

DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS DE DISTRIBUIÇÃO II - Especificação de materiais e teste de embalagem

No número anterior foi apresentado o Método de 5 etapas (1) para especificação de embalagens de distribuição, tendo sido discutidas as duas primeiras etapas, relativas à definição do ambiente de distribuição (altura de queda e vibrações inerentes ao sistema de transporte) e avaliação da fragilidade do produto (estabelecimento da curva limite de danos e identificação das frequências críticas de vibração). Como foi visto, a aplicação deste método, que visa ao projeto adequado e rápido de embalagens de distribuição, requer a utilização de um equipamento programador de choque mecânico e de um sistema de vibração eletro-hidráulico.

Neste artigo serão discutidas as três etapas seguintes do método apresentado, quais sejam:

3. Especificar o material apropriado
4. Dimensionar e fabricar o protótipo da embalagem
5. Ensaiar e aperfeiçoar o protótipo.

3. ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL APROPRIADO

Em embalagens de distribuição para alimentos, normalmente acondicionados em uma embalagem primária, em geral não se faz necessária a proteção conferida por materiais de acolchoamento, uma vez que a embalagem de papelão ondulado, utilizada na grande maioria dos casos, já confere certa proteção, absorvendo parte da energia resultante de choques e vibrações inerentes ao sistema de transporte e distribuição, sendo que a especificação do papelão ondulado deve levar em consideração também esse aspecto.

Para produtos eletrônicos e mecânicos, no entanto, esta etapa no desenvolvimento de embalagens de distribuição é fundamental.

Em qualquer caso, as características dinâmicas do produto determinarão a necessidade ou não do uso de materiais para acolchoamento, isto é, se a variação de velocidade crítica do produto for menor que as encontradas em sua distribuição, então há necessidade de acolchoamento.

Nesta etapa, os efeitos do choque e vibração devem ser considerados simultaneamente, devendo-se especificar um acolchoamento que confira proteção adequada contra ambos. Para tanto deve-se dispor de dados relativos aos materiais de acolchoamento existentes (curvas de

acolchoamento), analisando-as simultaneamente com Dados de Transmissão de Vibração, visando à seleção do material apropriado e mais econômico.

CHOQUE

Um exemplo de curva de acolchoamento para choque é apresentado na Figura 9. A curva de acolchoamento mostra o pico de aceleração que será transmitida por várias espessuras do material para diferentes valores de compressão estática, sendo:

$$\text{compressão estática} = \frac{\text{peso do produto (lbs)}}{\text{área efetiva do acolchoamento (pol}^2\text{)}}$$

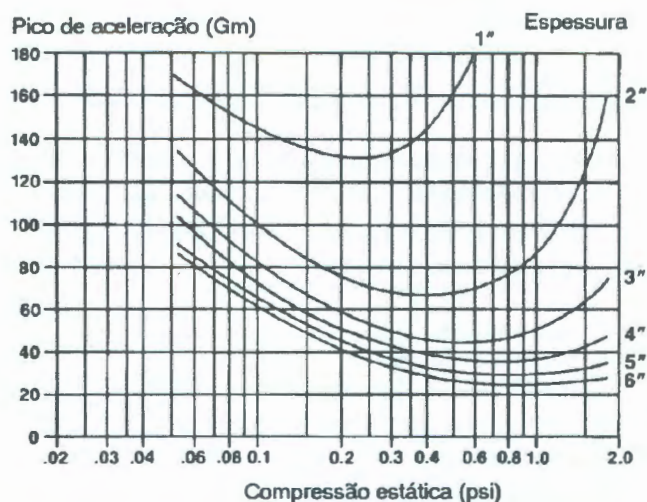


FIGURA 9. Curvas de acolchoamento para choques com altura de queda de 36" para polietileno com 2 libras por pé cúbico de densidade.

Para seleção do material de acolchoamento mais econômico deve-se analisar as curvas correspondentes a mesma altura de queda definida na Etapa 1 deste método. A partir destas curvas são selecionadas o tipo de acolchoamento e sua espessura, que limitam o pico de aceleração transmitido a um nível igual ou menor que o nível de dano determinado durante o ensaio de fragilidade descrito na Etapa 2. Deve-se considerar também a configuração de acolchoamento mais econômica, como proteção total ou parcial do produto, uso de cantoneiras, etc.

Um grande número de curvas de acolchoamento encontra-se disponível em literatura técnica especializada. Algumas vezes, entretanto, particularmente quando se visa à utilização de novos materiais, é necessário conduzir ensaios dinâmicos para desenvolver curvas de acolchoamento específicas. Estes ensaios são tipicamente executados de acordo com as normas ASTM D1596-78 (4), ASTM D4168-82 (5) ou MIL-C- 26861 (6) e consistem basicamente em ensaiar amostras do material de acolchoamento com dimensões (8x8) pol, na forma plana ou como envoltórios, nas quais se fixa uma peça metálica com peso ajustável. Equipamento para queda vertical e sistemas para choque mecânico têm sido utilizados nestes ensaios, de modo que a altura de queda e o peso da peça metálica são ajustados. A queda é monitorada por meio de um acelerômetro, registrando-se o pulso de aceleração do acolchoamento durante o impacto.

Cada teste fornece um ponto da curva. O pico de aceleração é lido diretamente no osciloscópio ou obtido do analisador de forma de onda acoplados ao equipamento de ensaio. A compressão estática é calculada dividindo-se o peso da peça fixada ao acolchoamento por sua área (lbs/pol²). Os pontos de pico de aceleração transmitida correspondentes às cargas de pressão estática são registrados para cada espessura do material e altura de queda, estabelecendo, assim, as curvas de acolchoamento.

VIBRAÇÃO

Um exemplo de curva que associa dados de transmissibilidade de vibração é apresentado na Figura 10, que mostra a frequência natural de um conjunto produto/acolchoamento para uma combinação específica acolchoamento/compressão estática.

Para seleção do acolchoamento mais econômico deve-se encontrar o tipo, configuração e espessura do

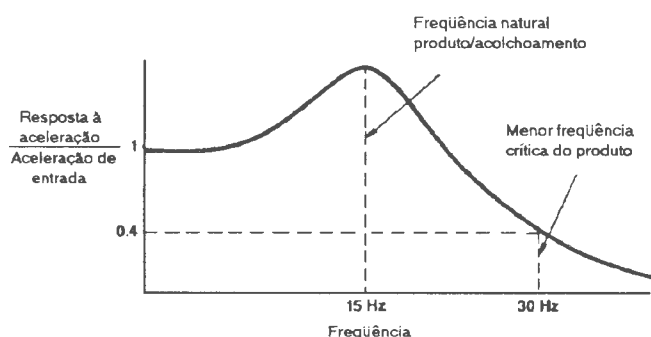


FIGURA 10. Exemplo de como um acolchoamento reduz a vibração na frequência crítica do produto.

material que produzirá uma frequência natural, no máximo, metade da menor frequência crítica de ressonância determinada na Etapa 2, o que assegura uma razoável atenuação da vibração nas frequências críticas (1). Por exemplo, se o conjunto produto/acolchoamento apresentar a curva da Figura 10 e a menor frequência crítica do produto for 30Hz, verifica-se que a aceleração no produto na frequência crítica é reduzida por um fator de 2,5. Naturalmente, esta redução seria maior para maiores frequências críticas.

Curvas como a apresentada na Figura 10 não são sempre confiáveis quando se encontram disponíveis, sendo indicada, na maioria das vezes, a condução de ensaios específicos para obtenção de dados de vibração relativos a acolchoamentos. O procedimento para a realização destes ensaios consiste em montar o material de acolchoamento em uma mesa de vibração, considerando vários níveis de compressão estática e monitorar a mesa de vibração e as acelerações, gerando uma curva similar à da Figura 10 durante o ensaio de varredura de frequências. Assim, a frequência natural poderá ser registrada em função da compressão estática.

Deve-se lembrar que a especificação do acolchoamento precisa satisfazer, ao mesmo tempo, os critérios de choque e vibração. Para qualquer acolchoamento e nível de compressão estática, deve-se examinar ambos os dados, de modo a assegurar que tanto o nível de aceleração (g) transmitido como a frequência natural estão corretos.

Em resumo, o acolchoamento mais econômico é selecionado utilizando-se as curvas de acolchoamento para choques, dados de vibração de acolchoamento e as informações obtidas nas Etapas 1 e 2 deste método.

4. DIMENSIONAMENTO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO DA EMBALAGEM

As informações obtidas nas etapas anteriores são utilizadas para fabricação do protótipo da embalagem de distribuição, em geral, confeccionada em papelão ondulado. Além do conjunto de informações disponíveis, outros fatores devem ser considerados, entre os quais:

- resistência à compressão necessária, dependendo do modo como as embalagens serão transportadas e armazenadas;
- número de produtos por embalagem;
- proteção da superfície do produto e de rótulos contra danos devido à vibração no transporte;
- acessórios, como cabos e conexões de componentes elétricos, a serem acondicionados na mesma embalagem;
- proteção contra descargas elétricas, se necessário;
- sistemas de fechamento e sua influência no

desempenho da embalagem;

- sistema de distribuição paletizado ou não;
- custo do material de embalagem.

O protótipo deve possuir características o mais próximo possível da embalagem final desejada - material, fechamento, dimensões, peso, etc devem ser os mesmos da embalagem final, assegurando que o ensaio a ser realizado será representativo da situação real. Finalmente, um número suficiente de protótipos é confeccionado e então ensaiado.

5. ENSAIO E APERFEIÇOAMENTO DO PROTÓTIPO

A última etapa consiste em testar o protótipo da embalagem completo, com o produto, verificando se seu desempenho é o desejado. Esta etapa se faz necessária porque algumas variáveis, como forma de acolchoamento, fricção das laterais do produto e confinamento do fundo do produto e seus efeitos no fluxo de ar não foram consideradas nas etapas anteriores. Em muitas situações estes efeitos serão desprezíveis e a embalagem especificada apresentará o desempenho esperado. Nos casos em que o desempenho da embalagem não for adequado, ela deve ser modificada e novamente ensaiada.

CHOQUE

Como discutido na Etapa 1 deste Método, o choque mais severo de uma embalagem ocorre quando há impacto de sua região plana, devendo-se, então, ensaiar o protótipo de embalagem neste tipo de choque.

É difícil submeter uma embalagem repetidamente a um mesmo tipo de queda sem um meio apropriado. O uso de equipamento para choque mecânico é o meio mais preciso para gerar quedas direcionadas e repetidas. Neste equipamento, a embalagem deve ser colocada na mesa de choques, sendo submetida a uma rápida variação de velocidade quando a mesa sofre o impacto programado. O ensaio com rápida variação de velocidade consiste o chamado ensaio de "quedas sucessivas".

O equipamento de choque pode ser o mesmo utilizado nos ensaios de fragilidade, usando, porém, um programador de choque diferente, o qual deve produzir um pulso de choque de duração muito curta (2 mili-segundos ou menor). A resposta da embalagem a estes pulsos curtos será similar à variação instantânea de velocidade que a embalagem é submetida durante a queda livre e impacto de sua região plana sobre uma superfície rígida.

Nestes ensaios, o equipamento de choque deve ser monitorado para verificação de que a variação de velocidade induzida está correta. O produto também deve ser monitorado com um acelerômetro para verificar se o pico de aceleração transmitido pela embalagem

permanece dentro do limite de fragilidade. Se o produto a ser acondicionado for de custo elevado deve-se substituí-lo por uma peça mecânica de mesmo peso, dimensão e centro de gravidade, para execução dos primeiros testes.

Nos ensaios de quedas sucessivas, a altura de queda desejada é programada no equipamento e a mesa de choque submetida ao impacto, que causa seu recocheteio que por sua vez aciona um sistema de freios. O pulso de aceleração transmitido ao produto acondicionado na embalagem e a variação de velocidade da mesa de choque são registrados. O produto deve ser inspecionado a fim de verificar se a embalagem lhe confere uma proteção efetiva. O ensaio deve ser repetido de modo a multiplicar os resultados do impacto.

VIBRAÇÃO

O ensaio de vibração do conjunto produto/embalagem é normalmente executado de acordo com o procedimento padronizado pela ASTM D-999, Método B (7), que consiste em aplicar uma série de ensaios de varredura em frequência em um nível de aceleração predeterminado, mantendo-se, em seguida, fixos nas frequências de ressonância, uma vez que normalmente as falhas ocorrem nestas frequências. Para tanto, a embalagem é fixada à mesa do mesmo equipamento de vibração utilizado na Etapa 2 deste Método e o sistema primeiramente submetido ao perfil aceleração-frequência da Etapa 1 para verificar a frequência natural do conjunto produto/acolchoamento. Isto deve ser efetuado para cada um dos três eixos da embalagem. O equipamento deve, então, ser ajustado em cada ponto de ressonância (combinação da frequência natural do conjunto produto/acolchoamento e todas as ressonâncias do produto) durante um certo período de tempo.

A amplitude senoidal e o tempo de residência nas frequências de ressonância são arbitrários, entretanto, a experiência de muitos laboratórios tem demonstrado que os níveis padronizados pela ASTM (7, 8) têm sido efetivos nos testes de embalagens para avaliação do potencial ocorrência de problemas de danos ao produto (1).

Se a embalagem apresentar um bom desempenho nos ensaios de choque e vibração, ela encontrar-se-á, então, adequada para execução de outros ensaios (compressão, temperatura, umidade, etc). Caso contrário, deverá ser modificada e ensaiada novamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Método de 5 Etapas é um procedimento racionalizado, que visa ao desenvolvimento econômico e rápido de embalagens de distribuição adequadas à proteção do produto, garantindo níveis mínimos de perdas devido aos sistemas de transporte e distribuição. Sua

aplicação depende de conhecimentos técnicos e equipamentos sofisticados e onerosos, capacitação esta que o CETEA do ITAL já possui, estando apto a atender as empresas interessadas.

LITERATURA CITADA

1. MTS Systems Corporation. 5 Step Packaging Development. 11p.
2. ASTM D 3332-83, **Standard Test Methods for Mechanical Shock Fragility of Products, Using Shock Machines**, American Society for Testing and Materials, 1985.
3. ASTM D 3580-80, **Standard Method of Vibration (Vertical Sinusoidal Motion) Test of Products**, American Society for Testing and Materials, 1985.
4. ASTM D 1596-78a, **Standard Test Method Shock Absorbing Characteristics of Package Cushioning Materials**, American Society for Testing and Materials, 1985.
5. ASTM D 4168-82, **Standard Test Method for Transmitted Shock Characteristics of Foam-in-place Cushioning Materials**, American Society for Testing and Materials, 1985.
6. Military Specification - Cushioning Material, Elastic Type, General. USAF Specification MIL - 26861.
7. ASTM D 999-75, **Standard Test Methods for Vibration Testing of Shipping Containers**, American Society for Testing and Materials, 1985.
8. ASTM D 4169-84, **Standard Practices for Performance Testing of Shipping Containers and Systems**, American Society for Testing and Materials, 1985.

GARCIA, A.E. & FARIA, E.V.