
A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO FRACTOGRÁFICO PARA EMBALAGENS DE VIDRO

As embalagens de vidro utilizadas no acondicionamento de bebidas e alimentos, em geral, estão sempre em constante aperfeiçoamento, principalmente, no que diz respeito ao formato ("design") da embalagem. Esse constante desenvolvimento visa, sobretudo, a obtenção de soluções para os problemas relacionados à fragilidade do material vítreo, a fim de garantir as características de resistência físico-mecânica das embalagens. Tais desenvolvimentos envolvem também o uso de novas composições químicas, alterações de formato (buscando proteger regiões mais frágeis e susceptíveis à fratura), aplicação de tratamentos superficiais e/ou revestimentos poliméricos, etc.

A resistência teórica à fratura dos materiais baseia-se na força necessária para quebrar as ligações químicas dos átomos que os constitui. No entanto, a resistência real dos sólidos frágeis (chamada de resistência de engenharia) é muito menor que a sua resistência teórica, uma vez que a exposição destes em condições ambientais severas, bem como seu contato com outros materiais podem degradar a sua resistência mecânica. Como exemplo, a resistência mecânica à fratura do vidro sem defeito atinge valores superiores a 7500MPa, enquanto logo após a sua utilização na fabricação de uma embalagem, sua resistência se reduz a aproximadamente 1,0% do valor original. Esta perda de resistência se deve à formação de imperfeições ocorridas na superfície (descontinuidade e/ou pequenas falhas) agravadas pelo manuseio (abrasão) e pelas condições ambientais (ataque químico atmosférico).

Tais processos de degradação ocorrem principalmente na superfície exposta e é por esta razão que materiais frágeis homogêneos, como é o caso do vidro, são vulneráveis à iniciação da trinca. A descontinuidade da superfície na forma de uma

microtrinca, ranhura ou simplesmente a falta de um átomo atuam como concentradores de tensão. Tais concentradores de tensão multiplicam, por muitas vezes, o efeito das tensões produzidas por diferentes cargas aplicadas ao material. A ruptura irá ocorrer quando a resistência inerente do material for excedida pela tensão concentrada na ponta da superfície descontínua (defeito).

Fractografia é o nome designado ao estudo e análise da forma e do tipo de fratura de um material. Um resultado gráfico obtido através de uma fotografia, por exemplo, pode trazer informações valiosas sobre a fratura do material, se analisada minuciosamente e interpretada de forma adequada.

Várias técnicas podem ser empregadas no estudo fractográfico de embalagens de vidro, desde a observação a olho nu até a observação por microscopia eletrônica.

Há pelo menos duas razões importantes pelas quais justifica-se o emprego de um estudo fractográfico em embalagens de vidro. Uma delas é auxiliar na solução dos problemas relacionados à quebra nas linhas de produção ou de acondicionamento, auxiliando na identificação das prováveis causas e reduzindo o índice de quebra das embalagens. Outra área importante, onde a análise de fratura pode ser de grande utilidade, é no atendimento e resolução de reclamações provenientes dos consumidores e usuários das embalagens de vidro. Os usuários, no caso as empresas que utilizam embalagens de vidro (indústrias de produtos alimentícios, bebidas e outras) podem, a partir de um razoável conhecimento dos motivos que levam o vidro a quebrar, orientar os operadores das linhas de produção a circunscrever e eliminar essas falhas. Assim, a informação poderá ser enviada ao fabricante da embalagem de forma minuciosa e completa, auxiliando na resolução do problema e reduzindo os

coeficientes de quebra.

A origem da fratura é ocasionada por um defeito (descontinuidade). Essa descontinuidade pode ser provocada por agentes mecânicos, térmicos ou mesmo químicos. Em geral, o aspecto da fratura é caracterizado por uma única origem, com exceção dos casos de severo choque térmico e impacto de elevada energia, que podem provocar o aparecimento de duas ou mais origens. A localização da origem da fratura se dá preferencialmente na superfície do vidro, uma vez que esta encontra-se mais exposta às condições ambientais, abrasão, etc. Em alguns casos, a origem pode ser observada no interior do mesmo, devido principalmente à presença de inclusões sólidas ou gasosas localizadas nessa região (descontinuidades).

Quando o vidro se rompe, certas "marcas" podem ser encontradas na superfície fraturada. Algumas vezes estas são tão fracas que somente podem ser vistas com ajuda de lupas ou de um microscópio ótico. Em muitos casos, contudo, pode-se observá-las a olho nu. Destas "marcas", conclusões importantes podem ser obtidas, como, por exemplo, a direção e a velocidade de propagação da trinca, o tipo de esforço aplicado e a energia utilizada para romper o material.

As "marcas" observadas em uma superfície fraturada do vidro são caracterizadas como: espelho, área cinzenta, estrias e costelas, conforme uma representação esquemática mostrada na Figura 1.

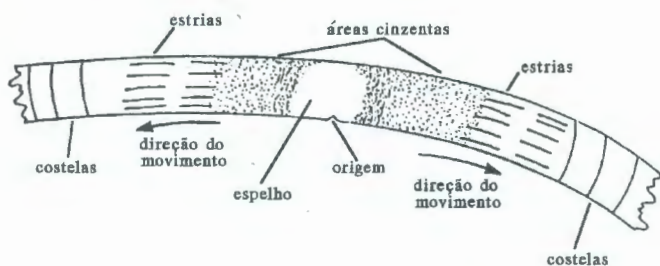


FIGURA 1. "Marcas" comuns observadas na superfície de fratura de uma embalagem de vidro.

A área chamada de espelho é lisa, contínua, reflete muita luz e envolve a origem da fratura. A partir da região do espelho, formam-se pequenas áreas cinzentas, devido à propagação da trinca. As estrias ocorrem paralelamente à direção de propagação da trinca e as costelas mostram-se como linhas curvas que têm sua face convexa mostrando a direção de propagação da trinca. Assim, a partir do exame das

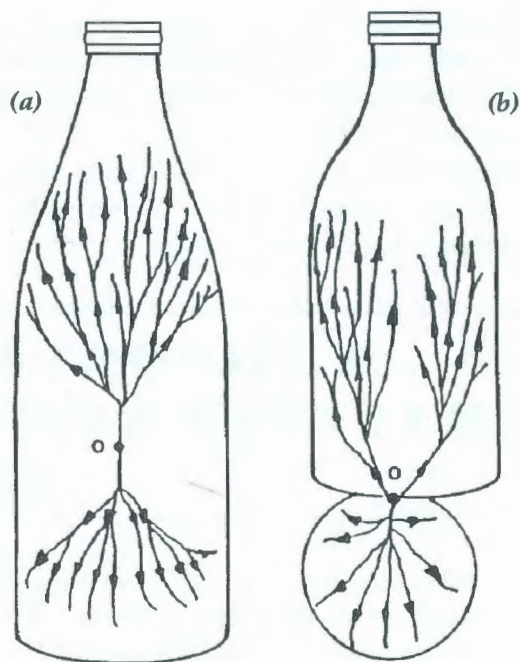


FIGURA 2. Fraturas típicas por pressão interna. (a) Fratura com origem (O) no corpo; (b) Fratura com origem (O) no fundo.

"marcas" das costelas, pode-se chegar ao ponto de origem da fratura e diagnosticar sua provável causa.

O princípio básico para se chegar à origem exata da fratura é observar o ponto de partida das ramificações da trinca principal ocorrida no processo de ruptura da embalagem. Nessa região, a possibilidade de se encontrar a origem da fratura é muito grande. Na Figura 2, encontra-se esquematizado uma ruptura típica por pressão interna.

Observando-se o fragmento de vidro proveniente da região de partida das ramificações da trinca, poderá ser identificada a provável causa de ruptura da embalagem: partícula estranha, superfície áspera devido ao impacto ou abrasão, parede fina, inclusão gasosa, etc. A partir dessa identificação, pode-se chegar com maior segurança e rapidez à causa da ruptura, direcionando-se, posteriormente, as atenções para resolução do problema detectado.

Durante os ensaios realizados em laboratório, para que não ocorra estilhaçamento dos fragmentos de vidro, faz-se necessário que a embalagem esteja envolta (protegida) por um filme de PVC esticável, facilitando assim a detecção da origem e provável causa da fratura. Quando isso não é possível, como no caso de acidentes com embalagem de vidro, é necessário que se faça uma reconstituição da garrafa.

Esta reconstituição é possível desde que a maioria dos fragmentos possa ser recuperada ou coletada para posterior análise dos mesmos e possível identificação da causa da fratura.

Pelos motivos expostos e cientes da importância de estudos nesta área, o Laboratório de Embalagens de Vidro do CETEA vem desenvolvendo pesquisas direcionadas ao estudo fractográfico de embalagens de vidro, podendo atender a futuras solicitações nesta área, por meio de laudos técnicos, análises ou estudos específicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RICE, R.M. Perspective on fractography - Advances in Ceramics, In: Fractography of glasses and ceramics. Westerville: The American Ceramic Society Inc., 1986, v.22, p.3-56.

XAVIER, R.L. Metodologia para avaliação do desempenho de embalagens de vidro sob impacto. Tese de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, 1990.

BALAN, S.