EMBALAGENS METÁLICAS E A OTIMIZAÇÃO DE DESEMPENHO MECÂNICO

A evolução da embalagem metálica nos últimos 20 anos transcorreu com pleno êxito. A folha-de-flandres, principal matéria-prima, apresentou uma boa adaptação aos desenvolvimentos em tecnologias de fabricação de latas e às características requeridas da lata.

Durante mais de 70 anos, a quase totalidade da folha-de-flandres foi usada na produção de latas soldadas pelo processo convencional (solda Sn/Pb) e agrafadas com resina termoplástica, apresentando uma diversificação importante a partir do meio da década de 70.

A Figura 1 ilustra a distribuição da utilização do aço na Europa para as principais tecnologias de fabricação de latas (RENARD, GELLEZ, 1992), onde se verifica a grande diversificação ocorrida e, portanto, a boa adaptação aos novos processos pela folha-de-flandres.

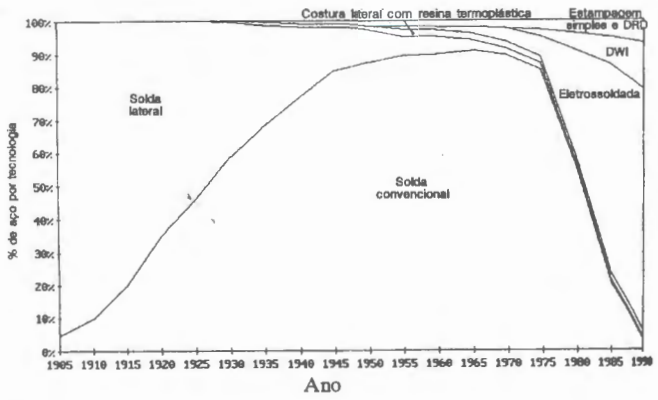

FIGURA 1. Evolução das tecnologias de fabricação de latas (RENARD; GELLEZ, 1992).

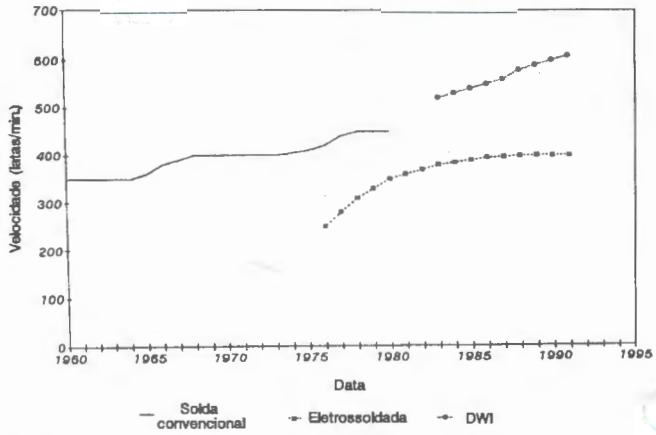

FIGURA 2. Evolução na velocidade das linhas de processamento de alimentos - exemplo para lata Ø73mm (RENARD; GELLEZ, 1992).

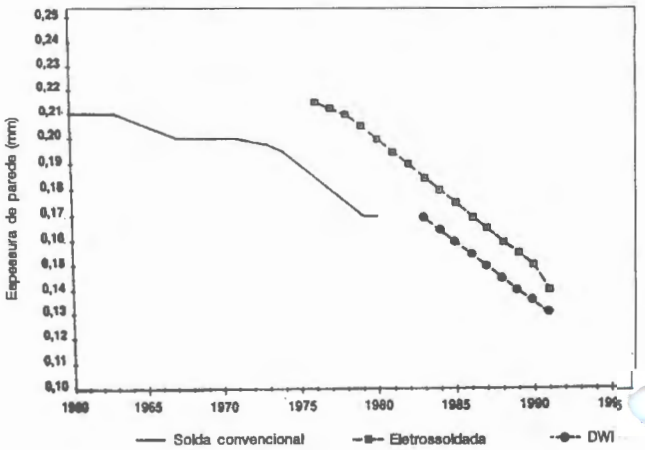

FIGURA 3. Evolução na espessura de parede das latas - exemplo para lata Ø73mm (RENARD; GELLEZ, 1992).

A fabricação das embalagens metálicas pode ter seu desenvolvimento quantificado pela verificação de dois critérios, quais sejam: o aumento da velocidade de produção e a redução de espessura, onde se observa uma aceleração nas mudanças, conforme ilustrado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

Paralelamente às modificações na embalagem, têm ocorrido alterações de processo, onde temperaturas de autoclavagem mais elevadas, utilizadas para viabilizar tempos mais curtos, implicam em maior pressão interna e, portanto, exige melhor desempenho mecânico de tampa, fundo e corpo da lata. Esse fato, associado à redução de espessura, requer adaptação tanto das características mecânicas do material quanto da estrutura da embalagem.

Em relação à característica do material, a dureza superficial Rockwell tem sido, por muito tempo, o principal critério de avaliação das propriedades mecânicas das folhas metálicas. Com o progresso da redução de espessura e a introdução de novas tecnologias de fabricação, a exemplo da soldagem elétrica, outros critérios passaram a ser considerados como, por exemplo, as propriedades observadas nos ensaios de tração desses materiais.

Atualmente, visando garantir um desempenho

adequado dos materiais nos diferentes processos envolvidos na fabricação de embalagens metálicas, há a necessidade de melhor conhecimento de outros parâmetros, além daqueles normalmente considerados (dureza superficial e limite de escoamento a 0,2% de alongamento) e específicos a cada processo envolvido, cuja definição deverá ser resultado de trabalho integrado entre o produtor do material metálico e fabricantes de latas.

Em relação à característica da embalagem vários são os parâmetros relacionados à sua estrutura, que têm influência no seu desempenho mecânico.

A resistência mecânica da lata é função do seu tamanho, formato, espessura e dureza do material.

É avaliada em relação às seguintes situações principais:

- resistência ao apainelamento, ou seja, deformação da parede lateral da lata devido ao gradiente entre a pressão externa e interna à lata, principalmente durante o processo de esterilização;
- resistência à compressão ou carga vertical representando as cargas resultantes do empilhamento, mantidas durante o transporte e distribuição;
- resistência ao empenamento ("buckling"), ou seja, a deformação permanente da tampa ou fundo na região próxima à recravação, que ocorre quando a pressão interna desenvolvida no processo de esterilização supera o limite de expansão da lata e, conseqüentemente, de resistência da tampa ou fundo.

A redução de espessura trouxe a necessidade de introdução de alterações estruturais no corpo, tampa e fundo das latas. Os frisos na tampa e fundo têm sido otimizados de forma a proporcionar maior capacidade de expansão do volume da lata.

No corpo foram inicialmente implementados frisos horizontais, e mais recentemente, têm-se verificado opções alternativas de frisos verticais.

A utilização de frisos horizontais na parede lateral da lata apresenta uma ampla gama de variáveis, onde os parâmetros geométricos envolvidos podem ser variados, objetivando-se a otimização de desempenho mecânico. Este mesmo conceito pode ser aplicado às tampas e fundos.

A Figura 4 apresenta uma representação gráfica de frisos no corpo de latas, identificando os parâmetros geométricos envolvidos, quais sejam:

- espessura do material
- comprimento de onda do friso
- raio do friso ou da ferramenta
- profundidade do friso
- número de frisos ou relação entre a altura frisada e a altura total da lata

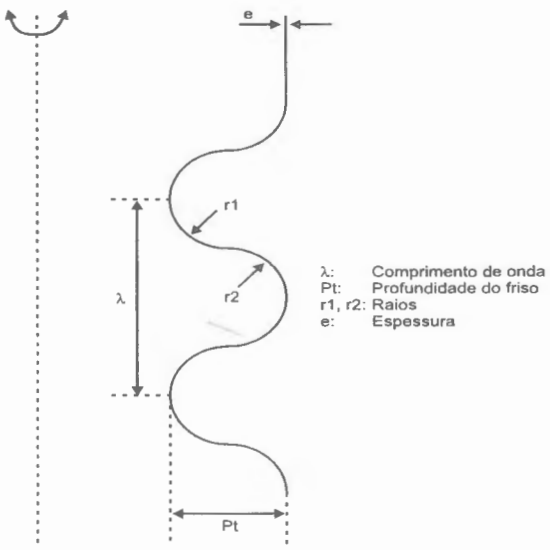

FIGURA 4. Representação gráfica de frisos no corpo da lata e identificação dos parâmetros geométricos.

Além destes, a distribuição dos frisos é outro fator de influência no desempenho mecânico. Embora, a princípio, fosse empregada uma grande diversidade de tipos, com o uso seqüencial de parede frisada alternada com parede lisa, ultimamente tem-se verificado que a grande maioria das latas apresenta frisos na região central da altura e em larga extensão, uma vez que quanto maior o comprimento da parede frisada maior a resistência ao choque da embalagem.

Os efeitos dos parâmetros geométricos dos frisos sobre o desempenho mecânico da lata foram estudados por vários autores, cujas observações são resumidas a seguir (SODEIK; SAUER, 1984; RONDE OUSTOU, 1988; TRAVERSIN *et al.*, 1992).

Influência dos parâmetros geométricos na resistência ao apainelamento da lata

- aumento com o aumento da profundidade do friso;
- nenhuma influência quando do pequeno aumento (no máximo 3 frisos) na relação entre a altura da parte frisada e a altura total da lata;
- aumento com a redução do comprimento de onda;
- efeito pouco significativo da modificação do raio do friso;
- redução devido à redução da espessura de parede.

Dentre estes, a profundidade do friso tem importância destacada. Exemplificando, estudo realizado por SODEIK, SAUER (1984) mostrou que, para um corpo de espessura de 0,20mm, a redução na profundidade do friso de 0,90mm para 0,75mm (17%) resultou na mesma percentagem de redução na resistência ao apainelamento, ou seja, de 2,1 para 1,75 bar. Assim, de forma a garantir o controle adequado da dimensão do friso devem ser utilizados equipamentos de alta precisão na sua produção.

Influência dos parâmetros geométricos na resistência à carga vertical da lata

- redução quando do aumento da profundidade do friso;
- efeito pouco significativo do pequeno aumento na relação entre a altura da parte frisada e a altura total da lata.
- aumento com a redução do comprimento de onda
- nenhum efeito quando da modificação do raio do friso.

Alguns parâmetros geométricos dos frisos estão interligados, sendo que a modificação de um traz a necessidade de ajuste de outros, como a redução do comprimento de onda, que requer um ajuste no raio do friso.

A observação de que a modificação do raio do friso tem efeito pouco significativo sobre a resistência ao apainelamento e à carga vertical, citada por TRAVERSIN *et al.*, (1992), deve estar relacionada a alterações muito pequenas, provavelmente efetuadas por meio de simulação numérica (elementos finitos), caso contrário, também incorreria na alteração do comprimento de onda.

Enquanto por um lado o uso de comprimento de onda do friso pequeno e de profundidade grande leva à redução necessária do seu raio, por necessidade de desenho, por outro lado deve-se considerar a importância da manutenção de raios relativamente grandes, de forma a evitar o estiramento do material e a danificação do verniz. Estes parâmetros devem ser otimizados para cada aplicação particular.

A Figura 4 apresenta uma representação de friso de formato senoidal, onde os dois raios de curvatura têm a mesma dimensão. Outros formatos também têm sido utilizados, alterando a complexidade de estudo dos parâmetros geométricos de influência no desempenho mecânico das latas.

A resistência ao empenamento da tampa é função, principalmente, do perfil dos seus frisos e/ou do perfil do fundo, para latas de duas peças, além das características de espessura e dureza do material.

Além dos parâmetros geométricos dos frisos da tampa e fundo merecem menção os seguintes fatores de influência no desempenho mecânico das latas:

Espaço-livre

Quanto maior o espaço-livre menor a resistência ao apainelamento.

Produto

O produto apresenta um efeito de suporte, influenciando a resistência à carga vertical, se a pressão interna à lata for diferente da atmosférica, aumentando-a para pressões positivas e reduzindo-a, no caso de vácuo.

Inclinação da lata

A resistência à carga vertical é reduzida significativamente se a carga for aplicada com um ângulo em relação ao eixo da lata.

Com base no exposto verifica-se que, com o contínuo desenvolvimento das embalagens metálicas, onde a redução de espessura de folha tem um papel prioritário, há a necessidade de que o desempenho mecânico seja considerado, quando da especificação de material e desenho das embalagens e que os diferentes parâmetros geométricos sejam incluídos nesta avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RENARD, J.F.; GELLEZ, J. Tinplate specification for new applications. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 5, 1992, London, 1992. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute, 1992. p.111-123.

RONDE OUSTAU. Improving the performance of steel cans through shape optimisation using numerical methods. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 4, London, 1988. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute, 1988. p.439-445.

SODEIK, M,; SAUER, R. Mechanical behavior of food cans under radial and axial load. In:INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 3, London, 1984. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute, 1984. p.152-167.

TRAVERSIN, M.; MAGAIN, D.; JODOGNE, P. Mechanical behavior optimisation of the three-piece tinplate cans using numerical simulations. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 5, London, 1992. **Proceedings....** Middlesex: International Tin Research Institute, 1992. p.148-163.

DANTAS, S.T.