

多段階最適化法による2ピース飲料用アルミボトル底部の最適設計

研究・開発機関 : ユニバーサル製缶(株)(当時:三菱マテリアル(株))
 利用施設 : 社内設備
 計算規模 :
 利用ソフトウェア : 汎用非線形構造解析プログラムMSC.Marc

Before

●再び蓋をしめて密封可能な飲料用アルミボトルが近年登場しています。充てん後密封する過程で受ける軸荷重によってボトルの底部が変形してボトル全体が沈下し、正常にキャッピングできない場合があります。そのためアルミボトルの底部形状を最適設計する事が望まれていました。

After

○コンピュータシミュレーションによりボトル底部の最適設計を行った結果、コラム強度(軸力による座屈時の軸力値)が55%以上増加し、バルジ強度(内圧による座屈時の内圧値)は制約空間に止まりながら、ボトムグロースと缶胴壁の軸変位も約50%減少した最適設計結果を効率的に得ることができました。

背景と目的

一度で飲み切らずに済むリシール可能な飲料用アルミボトル(図1)が近年登場しています。しかしキャッピング過程で受ける軸荷重によってボトルの底部が変形してボトル全体が沈下する、あるいは内容物を充てんしてキャッピングされた後では、流通・保管時あるいは飲用のため加温されるなど、温度による内圧上昇が起こる場合もあり、特に炭酸飲料のようにガス発生が顕著な場合には底部のバルジ強度が高すぎると、キャップが突然、飛び出す危険性があります。

したがって、キャッピング時の軸力に対して強い底部、しかも内圧が何かの原因で高くなると、底部が座屈するよう底部形状を最適設計する必要があります。



図1. リシール可能な飲料用アルミボトル

利用成果

汎用非線形構造解析プログラムMSC.Marcを用いてボトル底部の軸荷重による座屈挙動と内圧による座屈挙動をシミュレーションにより解析を行いました。

軸荷重による座屈挙動シミュレーション

解析モデル(缶底部)を図2に示します。缶底部は剛体壁と接触することで支持し、荷重条件としては缶胴壁上端部の節点に軸方向の強制変位を与えました。変形過程を図3に示します。軸荷重を受けると、缶胴壁下端部が少々外側へ膨張し、ボトル全体が徐々に沈下するのがわかります。

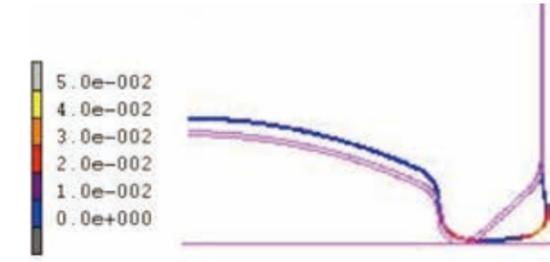


図3. 軸方向の強制変位によるアルミ缶底部の変形

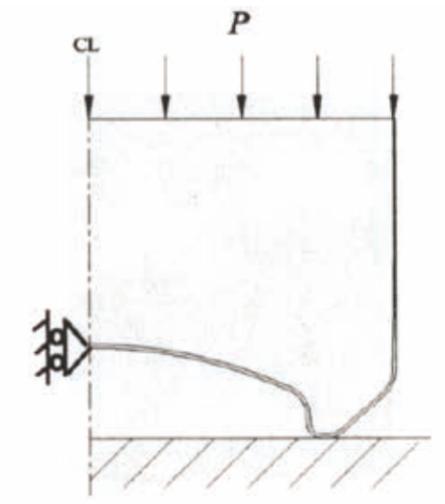


図2. 軸荷重変化の解析モデル

内圧による底部の座屈挙動シミュレーション

解析モデルを図4に示します。変形過程を図5に示します。内圧を負荷すると、ドーム部は変形せずに下方に移動し、内圧が最大値を超えるとドーム部の移動が反転し始めます。塑性変形は、インナノーズ部から始まり、内圧の増加によって両側へ少々拡大しているのがわかります。

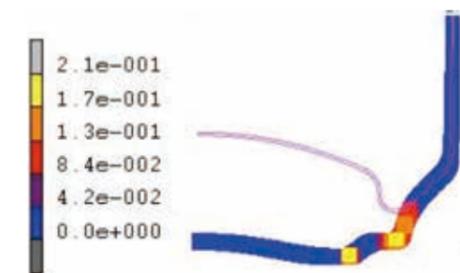


図5. 内圧によるアルミ缶底の変形

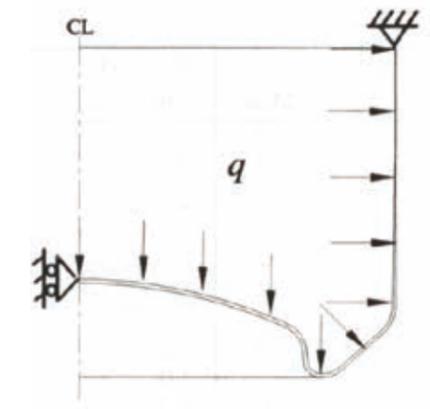


図4. 内圧変化の解析モデル

ボトル底部寸法がコラム強度、バルジ強度および剛性に与える影響を考察しました。底部のバルジ強度を一定範囲内に押さえつつ、剛性の制約のもとに、コラム強度が最大となるボトル底部の形状寸法最適設計を行いました。ボトル底部の最適設計を行った結果、コラム強度が55%以上増加し、バルジ強度は制約空間に止まりながら、ボトムグロースと缶胴壁の軸変位も約50%減少した最適設計結果を効率的に得ることができました。

■出典: 日本機械学会論文集 (A編), 71-701, p43(2005)