

軽量リターナブル罎の開発

キリンビール株式会社 包装開発部

Development of Light Weight Returnable Glass Bottles

Packaging Development Dept.
of KIRIN Brewery Co. Ltd.

Abstract

In answer to a great demand for light weight containers from consumers, distributors, etc. in the market, research for light weight returnable glass bottles has been carried out since 1985.

Recently, a light weight bottle has been developed, using SnO_2 coating by chemical vapor deposition method, the weight of which can be reduced by ca. 20% in comparison with that of a conventional bottle.

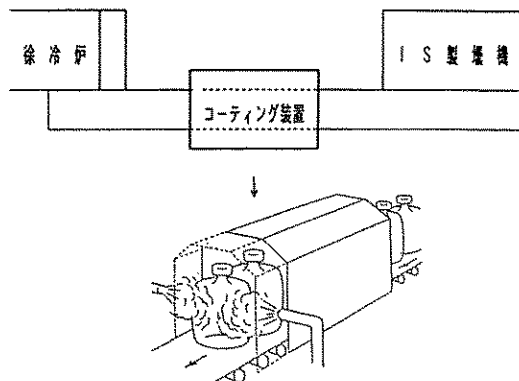
At present, trial market test has been taken in a limited area of Hokkaido district.

にトンネル状の反応装置を設置し、ガス状蒸着物質を露状にしてびんガラス外表面で化学反応を起こさせて薄膜蒸着処理を行うものである(図1)。この蒸着技術は業界では一般にホットエンド・コーティングと呼ばれており、ワンウェイびんの分野では周知の技術である。

*ホット・エンド・コーティング技術

概要：・耐擦傷性の付与を目的に、ガラス壘外表面に SnO_2 、 TiO_2 の保護膜をコーティング。

・製壘機～徐冷炉(ホット・エンド)のコンベア上に設置されたトンネル型の反応装置で蒸着処理。



化学反応式



図1 従来のワンウェイ壘軽量化技術

ところがこの従来技術はそのままではリターナブルびんには適用し得ない。なぜならばリターナブル壘は市場から繰り返しボトラーに回収されるたびに高温・高濃度のアルカリ溶液によって洗浄されるために、蒸着膜はボトラーでの2～3回の洗浄工程を通過することにより容易に剥離(部分的な剥離を含めて)してしまうのが通常であった。

3. リターナブルびんに要求される物性

今回開発したリターナブルびんの軽量化技術は原理的には気相蒸着法による金属酸化物による薄膜コーティングにある。

まずリターナブルびんに要求される物性を列

記すれば以下の通り。

① 物理的耐久性

ボトラーの充填(びん詰め)工程でびん同志の押し合い(ライン・プレッシャー)、衝撃等によりびんが加傷される際に薄膜層が緩衝的機能を果たし、クラックがびんガラス本体にまで達し難くすること。その結果、びんの強度劣化を低減し、且つ加傷による擦り傷発生を抑え、包装美観上の劣化をも低減すること。

② 化学的耐久性

市場から回収されたびんがボトラーでの高温・高濃度アルカリ溶液による洗浄工程で蒸着薄膜が剥離せず、その結果びんの強度劣化が緩和され且つガラスの白化現象が抑えられる(包装美観が維持される)こと。

③ 環境適性

びん廃棄時(カレット化時)に再使用が簡易であること。即ち環境適性を有すること。

④ 経済性

包装容器は価格的に高いものとは言えない。従って軽量化によって大幅なコスト・アップを招くような技術は実際上使用しない。

上記の項目を全て満足することが実用上の必須条件であるが、従来のホットエンド・コーティング技術でも化学的耐久性以外はこれらの要件をほぼ満足しており、従ってリターナブルびんの軽量化にはこの化学的耐久性の向上技術が開発上のキーポイントであった。

4. 実験方法

① 蒸着方法

蒸着物質としては四塩化スズ(SnCl_4)を用いた。 SnCl_4 (液体)を所定温度に保温し、蒸気圧に対応して発生する SnCl_4 (ガス)流量を一定に調整した後、導管を通じて反応装置に導き、予め所定温度にあるガラス・プレート面にガラスを吹き付けて SnO_2 薄膜を蒸着させた。

実際のガラスびんへの蒸着実験は製びん工

場で、製びん機から徐冷窯の間にびん外表面温度の均一化を図るための加熱炉並びに蒸着用のトンネル炉を設けて蒸着実験を実施した(図2)。なお蒸着膜の膜厚は光学的方法(島津製作所製、エリブソメーター)で測定した。

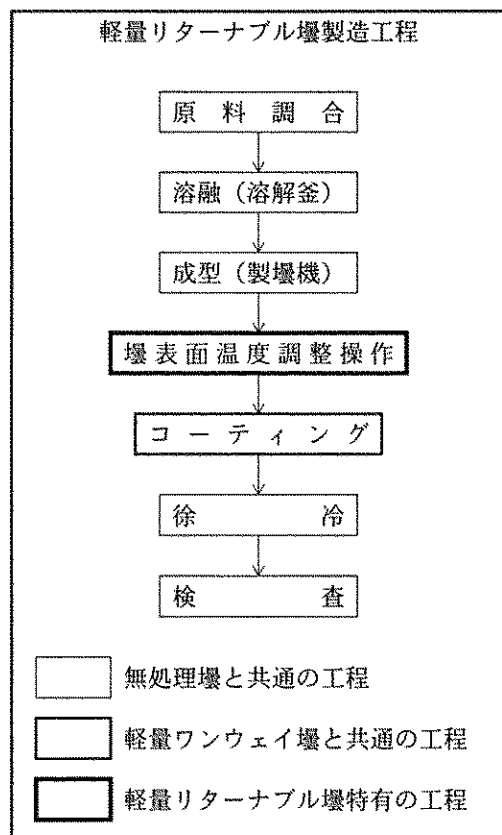


図2 軽量リターナブル壺製造工程

② 蒸着膜の化学的耐久性の測定方法

80℃、4%NaOH溶液中に薄膜蒸着のガラスプレートあるいはガラスびんを所定時間浸漬することにより、薄膜面に化学的加傷(アルカリ・アタック)を与えた後、加傷面を電子顕微鏡で観察した。

③ びんの強度測定方法

耐内圧力強度はAGR. (American Glass-

research社) 製インクレメント・プレッシャーテスターを用いて測定した。耐衝撃強度は同じくAGR. 製の振子衝撃試験機を用いて測定した。

5. 実験結果

① 蒸着温度の影響

図3は蒸着温度と薄膜の化学的耐久性の関係を検討した結果である。なお薄膜の厚さは一律に1000Åとした。図3から明らかなように化学的耐久性はガラスの表面温度が550℃(ガラス転移点に対応)付近から急激に上昇し、700℃付近まではほぼ直線的にこの傾向が認められた。700℃以上になるとガラスびんが変形を起し易くなるため実用的でなくなる。

ところで従来より業界で実施しているワンウェイびんの蒸着温度は一般的に500℃程度であり化学的耐久性に劣ることは図3より明らかである。

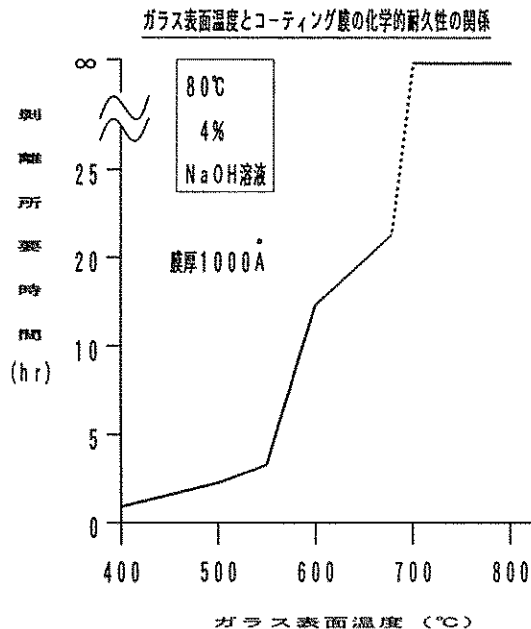


図3 コーティング膜の化学的耐久性に影響を及ぼす要因

② 膜厚の影響

図4は膜厚が化学的耐久性に与える影響について検討した結果である。図4から明らかなように化学的耐久性は600~1200Åの範囲で良好な結果が得られた。400Å以下では膜が完全には形成されておらず、一方1200Åを越えて厚くなると膜と母体ガラスの熱膨張係数の差に起因したクラックが膜に発生した(図4の電顕写真参照)。

コーティング膜厚と化学的耐久性の関係

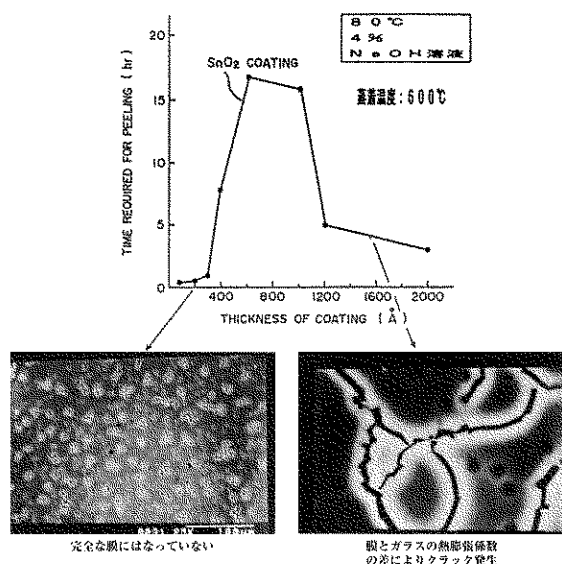


図4 コーティング膜厚の影響

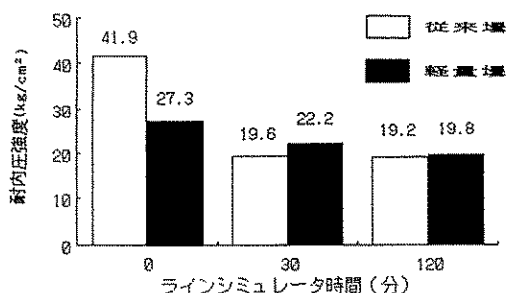
③ びんの強度特性

今回当社で開発した軽量リターナブルびんの特徴を表1にまとめて示す。またびんの強度特性を従来びんとの比較において図5に示す。

図5から明らかなように薄膜蒸着した軽量リターナブルびんの耐内圧力強度は、初期強度の時点では従来びんにやや劣るが、加傷度の増加とともに従来びんとほぼ同程度の強度に収斂していくことが分かった。

一方、耐衝撃強度は加傷度の増加とともに従来びんより明らかに高い値に収斂する傾向

(1) 耐内圧強度 (JIS S2302)



(2) 衝撃強度 (JIS S2303)

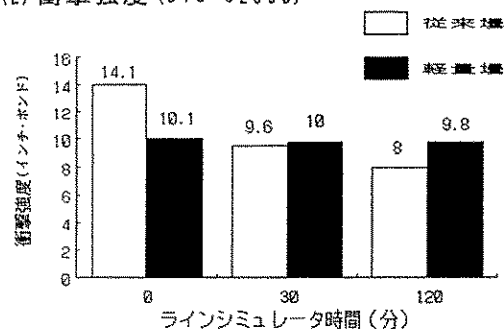


図5 従来リターナブル壺と軽量リターナブル壺の強度特性

にあることが分かった。またこの軽量リターナブルびんは従来びんに比べて擦り傷がつき難いことも大きな特徴として挙げることが出来る。

6. 考 察

① 薄膜の化学的耐久性は図3から明らかなように母体ガラスの表面温度(550°C)付近から急激に上昇しているが、この温度は母体ガラスの転移点に対応しており薄膜成分であるSnがガラス中へ拡散し、拡散層が温度の上昇とともに深くなり薄膜と母体ガラスとの接着性がより強固になると考えられる。

② 薄膜蒸着壺の耐擦り傷性については、充填工場の壺詰め工程を繰返し送壺して壺同志の衝撃、押し合い等を与えた後、傷の母体ガラスへの発生深さを顕微鏡で観察してみると、従来壺(無蒸着壺)では、傷がかなり深く、多数発生しているが、一方薄膜蒸着壺では傷

表1 ビール用軽量リターナブル壺の特徴

1) 重 量	475 g (従来壺 : 605 g)	21% 重量減
2) 形 状	壺高は従来壺と同等	胴径は薄肉化のため1.7mm縮小
3) 外 観	コーティング膜の影響で光沢有り	
4) 強 度	従来壺と同等以上	
5) 擦 り 傷	従来壺より付きにくい	
6) 輸送効率	従来壺より12%向上	
7) 環境適性	従来壺動揺カレット(屑ガラス)として再使用可能	
8) 衛 生 性	中味に対する安全性も問題なし	

の発生が殆ど認められなかった。従ってこの薄膜に加傷緩和効果があり、その原因としては薄膜の摩擦係数の低さに起因すると考えられる。

7. まとめ

今回当社で開発した軽量リターナブルびんは軽量化の度合いを従来びんに比べて約20% (びん重量) に設定したが、その理由は充填工場での従来びんとの混用を前提としたためである(20%軽量化することによりびんの胴部の径が1.7 mm小さくなり、この値が混用の限界であるため)。従ってびん形状に制約を設けなければ20%以上の軽量化が可能である。最後にこの軽量リターナブルびんの特徴をまとめて表1に示す。

参考文献

- 1) H.P.Williams : Glass Technol. 16(1975) 34
- 2) S.M.Budd : J.Non-Crystalline Solids 19 (1975) 55

- 3) A.Bauer, 他 : Glastechn. Ber. 49(1976) 43
- 4) R.N.Ghoshtagore : J.Electrochem. Soc. 125(1978)110
- 5) S.M.Budd : Thin Solid Films 77(1981)13
- 6) A.S.Sanyal他 : Glass Technol. 23(1982) 271
- 7) J.Zurbig : Glastechn. Ber. 57(1984)237
- 8) A.S.Sanyal他 : Glass Technol. 26(1985) 152
- 9) K.H.Kim 他 : Thin Solid Films 77(1981) 13
- 10) H.Franz : Glastechn. Ber. 60(1987)182
- 11) B.E.Moody : J.Soc. Dairy Technol. 12 (1959)15
- 12) N.A.Hurt他 : The Industrial Chemist (1959)581
- 13) S.Yokokura : Rept. Res. Lab. Kirin Brewery Co., Ltd 24(1982)21