ポリエステルフィルムラミネート鋼板を用いた薄肉化深絞り缶“TULC®”の開発

今津 勝宏*・佐藤 一弘*

1. はじめに

1809年に缶詰の原理がパスツールによって発明されて以来、缶詰用金属缶は食品の重要な長期保存法のひとつとして発展し、現在では、スチールを用い缶胴サイドシーム部を溶接、接着あるいは半田付けした3ピース缶とアルミやスチールを絞り・しごき加工したDI缶、絞り・再絞りしたDRD缶などの2ピース缶がある。

日本国内では、缶の利便性と消費者の飲料嗜好のニーズが相まって缶の需要は1975年代より急速に増加し、1994年の総生産量は380億缶にのぼる市場を形成するまでに発展してきている。図-1に1994年の製品別・缶種別の生産量を示した。全金属缶の生産量のうち、約90%強が飲料用缶詰であり、残りの7%弱が魚肉類に代表される一般食缶である。このことは、日本の金属缶市場は、飲料缶需要に大きく依存しており、その動向により市場は左右されるといえる。

また、このように大量生産・大量消費される製品に発展すると、その環境への負荷も大きくなり、生産者の環境保全への責務も大きくなる。一方、リサイクル法・廃掃法などが進行し、環境基本法の制定などにより、地球環境保護の具体的行動が推進され、消費者の意識も利便性の追求から環境保護へと着実に変わりつつある。

このような背景のもとでは、新しい金属容器の開発においても、いかに環境保全を考慮するかが重要な要素である。この考えのもとに、製造工程からできる限り環境負荷要素を排除し、省資源を実現したのが、東洋製罐が

独自に技術開発した薄肉化深絞り缶、Toyo Ultimate Can (TULC; 呼称タルク) と呼ばれる新しい2ピース缶である。

ここでは、新しく誕生した“環境に優しいTULC”について、その特徴となる技術的なポイントを中心に概説する。

2. コンセプト

TULCの開発においては、地球環境保全を開発の最重要課題のひとつに置き、製缶システムでの環境負荷要因を削減するための技術開発を行った。具体的には、地球温暖化への影響の大きい二酸化炭素排出、河川・土地・大気汚染で問題となる産業廃棄物・廃水・排気の削減である。このため、素材に関しては、従来の製缶工程から塗装・焼き付け工程を削減し、脱溶剤・脱排気を図ることを目指した開発を行った。また、加工技術に関して

〔氏名〕 いまづ かつひろ
〔現職〕 東洋製罐グループ総合研究所
主席研究員
〔趣味〕 アマチュア無線
〔経歴〕 昭和45年早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了、同年東洋製罐(株)に入社後、総合研究所に派遣。以後研究開発に従事。
平成5年日本塑性加工学会賞受賞

〔氏名〕 さとう かずひろ
〔現職〕 東洋製罐グループ総合研究所
研究員
〔趣味〕 スキー、テニス
〔経歴〕 昭和60年慶応大学卒業、同年総合研究所に入社後、有機材料の研究開発に従事。

平成7.5.30受理

Development of the Strech Draw Can made from a Polyester Film Laminated Steel.

Katsuhiro IMAZU and Kazuhiro SATOH

* 東洋製罐グループ総合研究所

神奈川県横浜市保土ヶ谷区岡沢町22-4 (〒240)

図-1 金属缶詰市場 (1994年)

図-2 TULC 開発コンセプト

図-3 材料構成

は、潤滑剤・クーラントなどをできるだけ用いず、可能な限りドライ状態で加工できる技術を開発し、産業廃棄物・廃水の削減に取り組んだ。図-2には、これらの関連要因の概念図を示した。これを基に得られた解が、高張力薄鋼板の両面にポリエステルフィルムをラミネートし、ストレッチドロー成形によって加工した薄肉深絞り缶の製缶システムである。このシステムの実現のため、素材開発・加工技術開発・これら素材、加工技術を採用するための製缶プロセス開発の3つを具体的開発課題とした。

3. 材料構成

図-3にTULCの材料構成の概略図を示した。高張力鋼板を電解クロム酸処理した Tin Fress Steel (TFS) を基材とし、缶内面側には透明なイソフタル酸共重合ポリエチレンテレフタレート (PET/I) 2

軸延伸フィルムを、缶外面側には酸化チタンを含有する PET/I 2 軸延伸フィルムをヒートラミネートしたラミネート材を基本構成としている。ここでの金属材料は、後述するストレッチドロー成形に適用できるものでなくてはならない。このためには、従来の薄鋼板を改良した高強度材が適しており、曲げ・曲げ戻し変形に対する材料強度が大きく、局部伸びの小さいものが良く、異方性も小さいものでなくてはならない。

この金属材料の保護膜である有機材料としては、従来、缶用材料としてほとんど採用されていなかった熱可塑性樹脂である PET 系フィルムを使用している。このフィルムは、後述のストレッチドロー成形に十分耐え、容器性能上何ら問題のないことが要求される。PET 系フィルムでも、その組成により特性は変化し、特にプレス成形性において大きな相違が見られる。図-4にこの違いを示した。このため、PET 系フィルムとしては、

図-4 フィルム組成による成形性の違い

図-5 ラミネーションの概略

限界紋り比の大きい PET/I フィルムを適用した。また、PET 系フィルムでは適度に分子配向している方が伸び率が高くなることから、2 軸延伸フィルムを用いている。

TFS とのラミネーションはヒートラミネーションにより行っている。図-5 にラミネーションの概略を示した。TFS をフィルムの融点以上に加熱し、TFS の両側から供給されるフィルムをラミネーティングロールで圧着と同時に冷却することにより熱融着させ、その直後にクエンチし、ラミネート材料を得ている。このため、TFS 界面近傍のフィルム層は、熱によりほとんど 2 軸配向性を失い、非晶相となり、表層は 2 軸配向を留めている。図-6 はラミネートした後のフィルム断面を偏光顕微鏡により観察したものである。この表層側および TFS 側の状態を IR により調べた結果を表-1 に示した。それぞれの側を ATR 法により測定し、結晶量を評

図-6 偏光顕微鏡によるフィルム断面観察
(青の層：表層側、茶の層：TFS 側)

表-1 IR 測定結果

	結晶ピーク強度 973 cm ⁻¹ /795 cm ⁻¹
表層側	1.3
TFS 側	0.7

(795 cm⁻¹ は標準化ピーク)

図-7 フィルムの X 線回折パターン

価した。表層側では、結晶バンドの強度が強く、TFS 側では弱いことから、表層側では結晶を留め、TFS 側では結晶が溶融していると考えられる。また、図-7 では平行ビーム法を用い極低角度で X 線を入射する薄膜 X 線回折法によりフィルムの厚み方向の結晶構造を測定したものである。表層では、2 軸配向フィルムの 2 軸配向結晶に伴う (100) および (110) のピークが残存し、2 軸配向性を保ち、TFS 界面近傍では、これらのピークが消失しており、非晶相を呈していることが確認された。

この層構造は、成形性および成形後の諸特性に深く関係し重要である。例として図-8 に、フィルムの配向度

図-8 成形性、耐熱性と配向度の関係

図-9 リモネンの各種被膜への吸着

と成形性および耐熱性の関係を定性的に示した。成形性と耐熱性は相反する特性であり、両者が調和するラミネート材の配向度範囲が存在している。つまり、ラミネート材の諸特性を調和するようにラミネートを最適化することが必要であることを示している。

また、PET系ポリエステルフィルムの採用により、対内容物適性が良好になり、フレーバー保持性能が向上した。この一例として、リモネン（柑橘類のフレーバー成分に多く含有されるテルペン系炭化水素）の有機皮膜への吸着挙動を図-9に示した。従来の缶内面塗料であるエポキシ系およびビニル系に比較し、フレーバー成分の吸着が少なく、内容物の香りを保持する上で優れた性能を持っていることがわかる。

ストレッチドロー成形の工程図

薄肉化 ← (曲げ) + (バックテンション)
 r_d 縮みフランジ変形抵抗
 F_{bh} による摩擦抵抗
 r_h 部の曲げ変形抵抗

図-10 ストレッチドロー成形の概略

図-11 缶胴板厚分布

4. ストレッチドロー成形

図-10にストレッチドロー成形の概念図を示した。薄肉化深絞り缶は通常3回の絞り成形を基本として缶胴が成形される。この方法は、第1工程で通常の浅絞り成形を行い、その後の再絞り工程のダイラジラス付近での変形過程で強制的な引張り曲げ・曲げ戻し変形を行うことにより板厚を減少させる成形法である。図-11にストレッチドロー成形法と従来の絞り・再絞り成形法との缶胴板厚分布の比較を示した。総絞り比の差はあるが、従

図-12 DI缶製缶プロセス

図-13 3ピース缶製缶プロセス

来法では高さ方向にしたがい板厚が増加する傾向にあり、一方ストレッチドロー成形法では缶胴部の薄肉化がなされていることがわかる。

この成形法は、高強度材を採用することにより可能となる。このため、素材板厚も始めから薄くでき、缶の軽量化に有利な方法である。さらに、絞り・しごき成形法と異なりドライ状態で加工を行えることが特徴である。ドライ状態で加工を可能にした重要な点は、金属素材の両面に熱可塑性樹脂の有機被膜がラミネートされていることである。ストレッチドロー成形における変形部では、この熱可塑性樹脂が適度の流動性を生じ、成形性を確保するための工具と材料間に作用する摩擦に有効に働き、成形性を向上させる役割を果たしていると推定している。逆に有機被膜のない金属素材そのものをストレッチドロー成形し、板厚減少を図ろうとしても、成形性が極端に劣り十分な成形性を得ることが困難である。

5. 製缶プロセス

図-12に代表的な2ピース缶であるDI缶の製缶プロセスを示した。この図からわかるように、DI缶の製缶プロセスでは、しごき工程で多量の水系潤滑剤を使用しており、成形後にこの潤滑剤を除去しなければならない。このため、洗浄工程と乾燥工程さらには廃水処理工程が必要である。また、缶外面のホワイトコート・印刷・焼き付け工程、缶内面の塗装・焼き付け工程が必要である。このように工程数が多く設備も大規模である上、廃水処理・スラッジ処理、また焼き付け工程で発生する燃焼ガスの排熱処理、塗装工程での廃溶剤・廃塗料の処理が大きな問題であった。

図-13には3ピース缶の製缶プロセスを示した。3ピース缶の場合においても、大量の塗料、溶剤、インキを使用しており、焼き付け工程でのオープン・ガスおよび燃焼ガスの排熱処理設備、廃溶剤・廃塗料の処理が必要であった。

(1) アンコイラー (2) カッピングプレス (3) リドロープレス (4) ヒートセットオーブン

図-14 TULC 製缶プロセス

図-15 接着力変化

図-16 陽圧仕様と陰圧仕様 TULC
(左: 陽圧仕様, 右: 陰圧仕様)

TULC の新しい製缶プロセスの概略を図-14 に示した。カップングプレスで絞り加工されたカップをリドロープレスでストレッチドロー加工し、缶胴部が薄肉化されたカップが成形される。次に熱可塑性樹脂ラミネート材を用いているための特徴的な行程であるヒートセットが行われる。このヒートセットは、カップをガラス転移点以上に加熱し、加工により発生するフィルムの応力を緩和させるための工程である。つまり、加工により低下したフィルムと金属との接着性を回復させ、缶性能および後工程での加工・耐熱性を保証するため行うものである。図-15 にヒートセット前後でのフィルム接着力の変化を示した。ヒートセットにより接着力が回復していることがわかる。また、このヒートセット工程では、絞り・再絞り工程で使用された微量の潤滑剤の揮発を行っている。この後、トリミング、印刷、ネック・フランジ加工、全数検査の工程を経て最終製品となる。このプロセスでは、板厚などの若干の変更のみで缶仕様の変更ができる利点を有している。缶仕様は、内容物により、炭酸等を含み内圧がかかる陽圧仕様とお茶類などのレトルト殺菌を行う陰圧仕様がある。図-16 にそれぞれの仕様

		(%)	
		50	100
電力	TULC	59%	
	SDI 缶		
ガス	TULC	39%	
	SDI 缶		
水	TULC	0%	
	SDI 缶		

図-17 エネルギー及び資源の消費比較
—TULC とスチール DI (SDI) 缶—

の TULC を示した。

TULC 製造プロセスでは、従来の製缶プロセスに比較し、洗浄・廃水処理・塗装・焼き付け工程が削減されており、設備の設置面積も DI 缶の製造設備に比較し約半分である。

図-18 缶種別二酸化炭素の発生量比較

6. 環境への影響

図-17 は電力・ガス・水の消費量を TULC プロセスと DI 缶プロセスについて比較したものである。TULC プロセスでは、電気・ガスの消費量が DI 缶プロセスの約半分であり、水の消費はほとんどなく、資源およびエネルギーの大幅な節約ができた。

図-18 は缶種別の生産時に発生する二酸化炭素量につ

いて、スチール DI 缶を100とし比較したものである。従来の缶種に比べ、二酸化炭素量は半分以下となり、大幅な低減が可能となった。

7. まとめ

環境問題に正面から取り組み、省資源・省エネルギーを可能にし、経済性を兼ね備えた TULC 製缶システムは、21 世紀に向けた環境問題克服へのひとつの提案である。本システムが製缶技術の革新となるよう今後さらにハード面およびソフト面での技術確立を図っていくことが重要であると考えている。

参考文献

- 1) 今津勝宏：包装技術，30，29（1992）
- 2) 今津勝宏，佐藤信行：材料とプロセス，6-2（1993）
- 3) 今津勝宏：鉄と鋼，79-2，N103（1993）
- 4) 今津勝宏，金子俊治：塑性と加工，34-389，707（1993）
- 5) 今津勝宏：軽金属，44-2，110（1994）
- 6) 田中厚夫，英哲広，古城治則，乾恒夫：鉄と鋼，72-8，301（1986）
- 7) 特公昭 60-47103