

○	PVdF	Fluoro-carbon resin pre-painted steel sheet
△	PE	Polyester resin pre-painted steel sheet

Flat parts		Criteria of white rust --△--	
• Criteria of paint blister		Rating	Percentage of rust area (%)
5	No blister	5	0
4	Pinpoint blister under of 0.5mm in diameter	4	1 ~ 5
3	Scatter blister of 0.5mm in diameter	3	6 ~ 15
2	Scatter blister of 0.5~1mm in diameter	2	16 ~ 30
1	Blister of 0.5~1mm in diameter	1	31 ~ 50
0	Blister excess of 1mm in diameter	0	50~100

Fig. 6.14. Changes in surface appearance of fluoro-carbon resin pre-painted steel and polyester resin pre-painted steel sheet in the atmospheric exposure test., (Nisshin Steel Tech. Rep., (1993), No. 68, p. 1)

### 6.3.3 容器用鋼板

#### (1) はじめに

金属缶は、缶体と缶蓋の二つの部分からなる2ピース缶と、缶胴、缶底、缶蓋の三つの部分からなる3ピース缶に分

類される。前者は炭酸飲料やビールなどの陽圧缶に主として使用され、スチールとアルミニウムの競合分野である。一方、3ピース缶はコーヒー、お茶、果汁飲料などのレトルトやホットパックと呼ばれる熱殺菌を要する内容物に適用され、熱殺菌の結果、冷却後は減圧となるため、高強度のスチール

缶の独占分野であった。しかし、最近ではスポーツドリンクやお茶などを窒素充填して、陽圧缶の形で2ピース缶に詰められるようになり、2ピース缶と3ピース缶の飲料別用途がしだいに不明瞭になりつつある。

Fig. 6.15 に国内における缶種別の生産量と構成比の推移を示した。日本では、1993年頃に2ピース缶と3ピース缶の製造缶数は約半々となり、全体で約340億缶に達した。この内の約95%は飲料缶であり、食品缶の割合は年々微減の傾向にある。3ピース缶には接着缶、溶接缶、半田缶の3種があるが、半田缶はFDAによる鉛の使用規制計画の影響を受けて一部の食缶を除いてほとんど使用されなくなった。接着缶にはTFS-CT (Tin Free Steel Chromium Type)が、また、溶接缶にはぶりきが使用されていたが、ぶりきに代わる安価な溶接缶用材料が開発されたため、近年では、溶接缶の方が接着缶よりも増加しつつある。

スチール缶用材料はアルミ缶用材料との競合の外、一部海外から輸入される缶用材料との競合を強いられるようになり、材料面や製缶面を含めたトータルでのコストダウンが必要になってきている。また、最近のように世界的規模で地球環境問題が議論される状況下においては、脱塗料化や水性塗料化、さらには、缶のリサイクルの観点に立った新製品・新技術の研究開発に拍車がかけている。この約10年間に開発・実用化された製品を以下に紹介する。

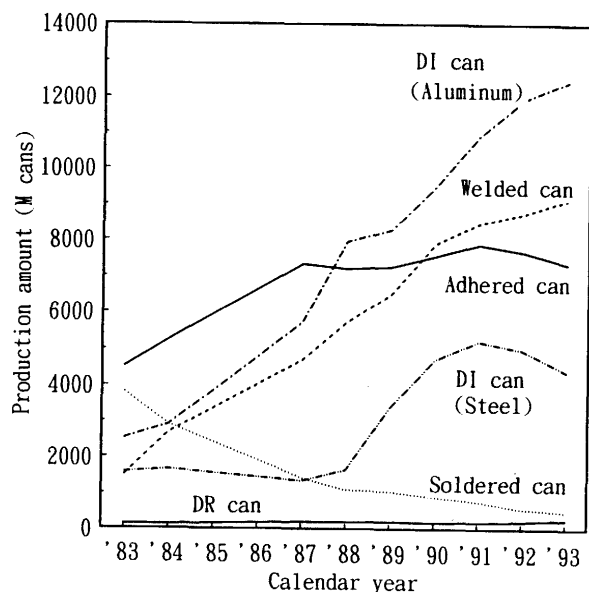


Fig. 6.15. Change of can production amount.

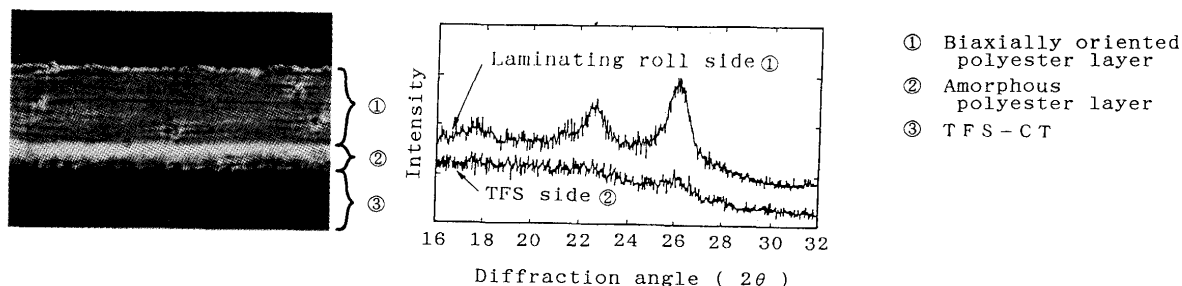


Fig. 6.16. Cross-section and XRD patterns of polyester film laminated TFS. (CAMP-ISIJ, 6 (1993), p. 538)

## (2) ラミネート鋼板

食缶用の金属缶はぶりき、TFSをはじめとして、ほとんどが塗装して使用される。塗料は溶剤型もしくは水性型の熱硬化性塗料であり、塗膜の形成に数分~数十分の長時間の加熱が必要である。水性型の塗料も多少の溶剤を使用しているため、塗料焼き付けの際に揮散する有機溶剤の処理の問題がある。このような熱硬化性樹脂の使用に代えて、各種の熱可塑性フィルムを鋼板にラミネートする方法が国内外で検討されている。フィルムの種類としては、ポリエステルフィルムが主として選択され、これらを直接、表面処理鋼板にラミネートしたものや接着剤を介してラミネートしたものが実用化されている。

ポリエステルフィルムラミネート鋼板は耐食性に優れるため、1986年頃より食缶分野で徐々に実用化され、しだいにエアゾールの缶底や浅絞り缶などの用途に拡大していった。とりわけ、国内外の関心を集めたのは、1991年に商品化された2ピース缶で、TFSの内外面にポリエステルフィルムをラミネートした薄肉化深絞り缶であった。薄肉化深絞り缶は絞りしごき缶 (DI缶: Drawn and Ironed Can) に比較すると、エネルギー、資源の消費量が格段に少なく、理想的な製缶プロセスにより製造される。DI缶製造プロセスでは不可欠な潤滑剤の洗浄工程や廃水処理工程、さらには、缶内面への塗装工程などが不要となる。

本ラミネート材の製造プロセスでは、ラミネート部にフィルムの融点以上に加熱した鋼板と、鋼板の両面に10~25 $\mu\text{m}$ の共重合ポリエステルフィルムを連続的に供給し、冷却したゴムロールでフィルムを圧下して鋼板表面にラミネートする。さらに、ラミネート後急冷して、鋼板側のフィルムは密着性確保のために非晶化し、表層側のフィルムは耐食性のため二軸配向層を残す方法が取られている (Fig. 6.16 参照)。

薄肉化深絞り缶の製缶プロセスを Fig. 6.17 に示す。薄肉化深絞り缶は3回の絞り成形工程を基本として缶体が成形される。次に、ヒートセット工程では絞り工程で使用された微量の潤滑剤の揮発と加工後のポリエステル層の残留ひずみが除去される。この後、トリミング、印刷、ネックング、フランジング、検査の各工程を経る。従来のDI缶の製造方法では、加工時に潤滑剤を含むクーラントを使用し、これを脱脂・洗浄するための装置とその排水・スラッジ処理設備が必

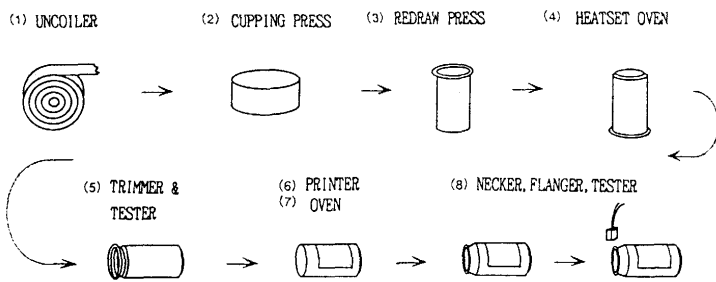


Fig. 6.17. The manufacturing process of the stretch-drawn can. (CAMP-ISIJ, 6 (1993), p. 541)

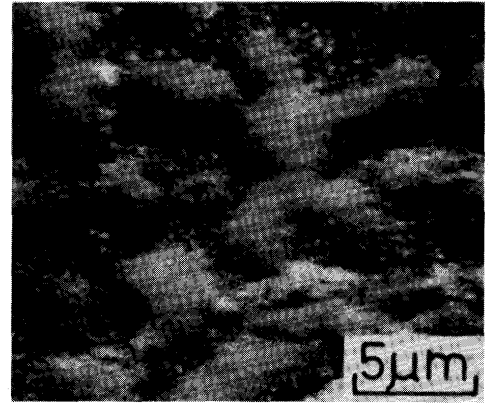


Fig. 6.18. Surface image of LTS by SEM. (Tetsu-to-Hagané, 72 (1986), p. 1169)

要であり、また、塗装工程および排気処理設備が不可欠であった。薄肉化深絞り缶の製缶プロセスはこれらの課題を克服し、さらにDI缶ラインと同じ生産能力で設備面積やエネルギー消費の削減が可能な優れたシステムである。容器性能もポリエステルフィルムを用いていることから、内容物の味や香りを長期間保持できる。ラミネート材の板厚の選択、缶底形状のデザインにより、炭酸飲料やビールなどの陽圧缶や、コーヒーやお茶などの陰圧缶の両方に適用できるのも、DI缶には無い特徴である。

一方、3ピース缶分野でもフィルムラミネートの研究開発がなされ、1994年にラミネート鋼板を使用した溶接缶が一部市場に出された。

### (3) 溶接缶用鋼板

連続的に供給される銅ワイヤーを中間電極とする溶接製缶法が1959年頃に開発されて連続製缶が可能になって以来、溶接機の高速度化、高性能化により溶接缶は全世界に広く普及している。当初はオーバーラップ部の板の重ね幅は2~3mmのバタフライシームであったが、その後改良されたスーパーウィマーシームと呼ばれる方法ではわずか0.4mmに縮小された。このことは材料の節約の他に天地蓋との巻き締め性を良くする利点を伴う。今日では製缶速度70m/minの高速度溶接機も作られているほか、周波数を可変にしたり、溶接電流波形を選択することにより、いっそうの高速度が可能になっている。

この溶接技術の改良とともに、それに適した溶接缶用表面処理鋼板の開発研究も積極的に行われ、それらの中から実用化されている代表的なものについて以下に示す。

#### 1. 極薄すずめっき鋼板 (Lightly Tin Coated Steel Sheet, LTS)

開発当初のLTSは、従来のぶりきのすずめっき量を0.3~0.8g/m<sup>2</sup>程度まで低下させたただけであったため、溶接前に施される塗装印刷などの加熱により、めっきされたすずが素地鋼板と合金化し溶接性が低下する問題があった。高速溶接性を付与するには加熱後に残存している金属すず量を最低でも0.1g/m<sup>2</sup>程度確保する必要がある。金属すずは軟らかい性質のほかに融点が低いため、溶接電極ロールを通過する時

の高温、高加圧の環境下で容易に変形し、上層のクロム酸処理皮膜を破壊して通電面積を広げる結果、良好な溶接性が得られると考えられている。溶接缶用材料としては、単に溶接性が良好なだけでは不十分であり、耐糸状錆性や耐塗膜下腐食性(Underfilm Corrosion Resistance, UFC)が要求される。これらの特性を少ないすず量で満たすために、缶用材料供給メーカーの精力的な研究開発がなされ、1985年~1986年にかけて、微量のニッケルを前めっきした後、0.8~1.3g/m<sup>2</sup>のすずめっきを施し、さらに金属クロムとクロム水和酸化物を同時に析出する電解クロム酸処理を施した材料が相次いで製品化された。材料供給メーカーにより、製造法は若干異なるが、いずれも、10~70mg/m<sup>2</sup>の微量のニッケルまたはニッケル系の合金をめっきした後、すずめっきを施している。ニッケルめっき後に連続焼鈍ラインで熱処理をすることにより鋼板表面にニッケル拡散層を形成させ、すずめっき後の溶融処理時にすずを島状に分散させる製造法も実施されている(Fig. 6.18参照)。ニッケルは常温でもすずと合金化して金属すずを消費するが、すずを島状に分散させているため、加熱溶融処理後や塗装印刷後に、ニッケルの無い場合よりも金属すずを多く確保することができる。塗装後耐食性については、電解クロム酸処理を施すことにより塗料密着性を向上でき、その結果、耐塗膜下腐食性、耐糸状錆性を改善できる。すずを島状に分散させることは耐糸状錆性に特に有効であると考えられている。

#### 2. 微量錫被覆クロムめっき鋼板

鋼板上に100mg/m<sup>2</sup>程度のクロムめっき後、低濃度すずめっき浴を用いて100~300mg/m<sup>2</sup>のすずめっきを施し、さらに電解クロム酸処理を施した材料であり、1988年に商品化され、18リットル缶や美術缶などの溶接缶用材料として使われている。この表面処理鋼板はクロムめっき面上に密着性の良いすずめっき層を均一に形成させるため、すずの析出電流効率を下げた低濃度すずめっき浴を用い、電解時に発生する多量の水素ガスで金属クロム層上のクロム水和酸化物を溶解、除去しながらすずめっきすることを特徴としている。前述のLTSと違って、前めっき層にクロムを使用して

いるため塗装後も大部分が金属すずのまま残存し、溶接に最低限必要な量まですずめっき量を減少させることができる。また、高温加熱時のすずの合金化も抑制されるので、高温短時間焼付けなど塗装工程の短縮化が可能である。将来、板厚のゲージダウン化が進み、シートコートから高温短時間焼付けのコイルコート化された場合に有用な素材と考えられる。

### 3. TFS-CT

TFS-CT は最表層に導電性の悪いクロム水和酸化物を有するため、通常、皮膜を研磨除去して溶接される。しかし、研磨層による環境汚染や溶接の不安定さなどの理由により、無研磨溶接技術が望まれている。TFS-CT の表面抵抗を低下させるために、金属クロムを粒状の形態にした材料が 18 リットル缶などに一部使用され始めている。粒状クロムを高密度に分布させることにより、導電性の悪いクロム水和酸化物皮膜を溶接時の圧力により破壊し電流の経路を形成するため、溶接性が改善されるものと考えられる。

一方、平滑な金属クロム層の上に、導電性の悪いクロム水和酸化物を可能な限り少なく析出させて溶接性を改善する考え方もあり、極少量ながら使用されている。これらの難溶接材料は溶接機の改良（例えば、電流波形の制御や高加圧など）と組み合わせると、溶接電流範囲を実用に耐える程度まで広げることができれば、用途拡大が期待される材料である。

### (4) スチール・イーザーオープンエンド

スチールのイーザーオープンエンドはトマトジュースのように食塩を含有する飲料缶に 1972 年以来、一部用いられているが、開缶性やスコア部の補修塗装の点で普及していない。最近では、タブ公害、再資源化などの環境問題に端を発し、蓋を開口した際にタブの離れないアルミ材のスティオンタブエンド (SOT) が開発実用化されている。今後はこの SOT のニーズが強くなり、飲料缶用金属蓋として主流を占めるものと考えられる。

スチールの SOT も国内外で研究開発されているが、現時点では米国で少量実用化されているに過ぎない。欧州ではスチールを使用したプッシュボタン式のイーザーオープンエンドが少量実用化されているに過ぎない。食缶分野においてもフルオープン形式の蓋材の開発が積極的になされ、NRC (Non-repair coat) を特徴としたスチールフルオープン用ラミネート材も 1988 年頃より実用化されている。

### (5) おわりに

飲料缶の 2 ピース化およびアルミ 2 ピース缶の容器市場への拡大が予測される環境の中で、缶用表面処理鋼板の需要の伸びを持続するためには、今後は缶コスト低減に重点を置いた研究開発が必要である。鋼板の板厚減少および表面皮膜量の低減と、それに伴う製造上、成形加工上、搬送上の問題などを製缶メーカーと連携して解決していくことが必要であろう。連続高速安定生産技術の確立、製造プロセスの単純化、合理化を追求し、より低コストで高品質を維持した製造面の工夫も重要である。

コスト面の外、飲料容器の製造エネルギー、環境への負荷、リサイクル問題など“地球にさらに優しい缶用材料”の出現に向けて、スチール缶用表面処理鋼板メーカーは今までに築いてきた実績に甘んじること無く、さらなる研究開発を継続することが必要であろう。

## 6.3.4 塗覆装鋼材

### (1) 概要

鋼管に代表される塗覆装鋼材は、長期防食を目的とした外面被覆と、防食と内部流送物の抵抗減少による輸送効率の改善を目的とした内面被覆がある。その用途は、従来の配管用鋼管に加え、土木建材用の鋼管杭、鋼管矢板などへの塗覆装鋼材の利用が増加している。これらの被覆には、高い防食作用を持つ有機被覆材料が使用される。ここ 10 年間でも、有機被覆材料は、その被覆プロセスおよび材料自体の改良が進められ、防食性や耐熱性の向上、カラー化などの高機能を付加した製品が開発された。加えて、重防食被覆鋼材の実暴露、埋設試験データの蓄積、寿命推定評価方法の改良による性能確認が行われ、その高い防食性が一般に評価されるようになってきた。

### (2) 外面被覆

防食被覆は、昭和 30～40 年代にはアスファルトなどの瀝青質による鋼管の内・外面塗装が実施されていた。昭和 40 年代後半から塗覆装の主流は、瀝青質から外面プラスチック被覆へと徐々に変わり、現在に至っている。プラスチック被覆には、熱硬化性のエポキシ、熱可塑性のポリエチレンなどの合成樹脂が使用されている。また、異形鋼管や鋼管杭、鋼管矢板の塗覆装には、厚膜塗装が可能であるポリウレタンが被覆材料として多用される。

ポリエチレンはプラスチック材料の中でも、吸水率などの防食特性に優れ、安価であり、重防食被覆材料に適している。また、押出被覆により、数 mm の厚膜被覆が可能であることから、ポリエチレン被覆鋼材は優れた防食性と耐傷性を持ち、現在の主流な被覆製品となっている。ポリエチレン押出被覆は、鋼材表面をブラスト処理で除錆し、化成処理した後、プライマーを塗装し、変性ポリエチレン接着剤を介してポリエチレンを押し出被覆した多層構造を持つことにより、被覆と鋼材が強固に接着し、数十年の防食が期待できる。このため、ポリエチレン押出被覆は、ロシアなどの寒冷地から、サウジアラビアなどの熱帯地域まで幅広く適用されている。

特に近年、ラインパイプの施工現場での防食テープによる簡易被覆での腐食事故が多発し、ポリエチレン押出被覆のように性能の安定した被覆鋼管が求められている。その結果、さらに接着性、耐陰極剥離性などの防食性能の向上が期待されている。また、ポリエチレン被覆に対し、氷の凍着、砂による摩耗などの種々の環境に対する適用評価試験とその改良も行われている。

一方、防食以外の機能を持つ被覆鋼管では、外面に従来の