

Fig. 6.13. Temperature dependence of loss factor of vibration damping steel sheet. (NKK Tech. Rep., (1989), No. 127, p. 7)

開発され、1980年代中頃に実用された。本鋼板は、2枚の薄鋼板（約0.15～1.6 mm厚）の中間に樹脂層（約50～100 μm厚）を挟んだもので、制振材料の中で最も高い制振性を備えている（振動エネルギーの損失係数=0.1～0.5）。

その制振機構は、振動に伴う曲げ変形で樹脂層にずれ変形として伝播される振動エネルギーを樹脂の粘弾特性（内部摩擦）により熱エネルギーに変換して、振動を減衰させるものである。したがって、制振性は樹脂物性によって大きな影響を受ける。制振性を向上するための樹脂物性のポイントは、①樹脂の損失正接（=動的損失/動的弾性率）が大で、同時に動的弾性率も適度に大であること、②樹脂のガラス転移温度域を使用温度範囲に合わせることである。

樹脂として、オレフィン系、エステル系、アクリル系、ゴム系などが使用される。樹脂の粘弾性が温度依存性を持つことより、本鋼板の制振性はガラス転移温度域をピークとする温度依存性を示す (Fig. 6.13)。このため、上記②の条件が必要となるが、製品は通常、使用温度により常温用（約0～60℃）と高温用（約60～120℃）に区分され、使い分けが行われる。

制振性のほか、プレス成形性と溶接性が主要特性として要求される。プレス成形性は通常鋼板のそれに近いが、絞り加工時にしわを、曲げ加工時に折れ曲がりを生じやすい傾向がある。その主因は、低強度の中間樹脂層の存在に基づくずれ発生にある。対策として、樹脂物性の観点から一般には変形抵抗の強化が、また剥離を起こすほどの大きな変形に対しては延性の向上が有効である。そのほか、表皮鋼板の材質選定、加工条件の適正化も効果的である。

制振鋼板の溶接は、中間樹脂層が電気絶縁性であるため、補助回路を設けた分流法によっていた。この分流法の抱える作業の煩雑性などの諸問題を解決するため、樹脂に金属粉末を添加し、導電性を持たせた導電型制振鋼板が開発された。同鋼板が良好な溶接性を発揮するには、樹脂層厚み T に対し金属粉末の平均粒径 D が、 $D/T \geq 1 \sim 1.5$ 程度を満足することが必要である。金属粉末として Ni, Fe, SUS304 などが適

している。

制振鋼板の自動車への適用はこれまで、オイルパン、タイミングベルトカバー、シリンダーヘッドカバーなどのエンジン回りの部品を中心に、一部ダッシュパネルインナーなどのボディパネルに展開されてきた。需要拡大に向けて今後は、使いやすさ向上に向けた特性改善、利用技術の向上、コストダウンなどが必要とされる。

(6) 塗装ターンめっき鋼板

石油資源節約対策に対応したガソホール（ガソリン+15%以下のメタノール）使用の動きと燃料タンク外面の塩害対策ニーズの高まりを背景に、塗装ターンめっき鋼板が米国の Magni 工業により開発され、我が国にもその技術が導入された。

同鋼板は両面ターンめっき鋼板を基板に、タンク外面側に Zn リッチ熱可塑性エポキシ樹脂を約 11 μm、タンク内面側に Al リッチ熱可塑性エポキシ樹脂を約 8 μm 塗装したうえで、さらに固体潤滑剤を薄く塗布したものである。樹脂はロールコートされ、220～250℃で焼き付けられる。

金属粉末含有樹脂層の機能は、成形性・溶接性を確保しつつ、タンク内・外面での耐食性を向上させることにある。金属種は、内・外面環境下での耐食性を考慮し、融雪塩にさらされる外面用には Zn が、燃料に接する内面用には Al が選択されている。ターンめっき単層に比べて、本鋼板の Al リッチ樹脂面と Zn リッチ樹脂面はそれぞれ、メタノール含有燃料中での耐食性、チップング後の耐食性において優れていることが確認されている。最表面の潤滑皮膜は本鋼板の潤滑性を著しく改善し、タンク材料に要求される深絞りを主体とした厳しいプレス成形を可能にする。

塗装ターンめっき鋼板は GM などの米国自動車メーカーと韓国自動車メーカーの一部により採用されているが、現時点では主として通常のガソリン燃料タンクに適用されている。

6.3.2 家電・建材用鋼板

(1) 家電用表面処理鋼板

1. 動向

家電用に使われる表面処理鋼板は、主に亜鉛めっき鋼板とこれを母材としたプレコート鋼板である。亜鉛めっき鋼板（塗装鋼板を含む）の生産量約 1,200 万 t（年間）の中、家電用には約 130 万 t 程度が使用されている。

家電用に使われる薄板は、非塗装で使用されるもの、ポストコートされるもの、プレコート鋼板をそのまま利用するものがある。前 2 者には主に亜鉛めっき鋼板が使用されるが、近年各種の高機能化成処理鋼板が開発され、耐食性以外にも潤滑性・耐指紋性・意匠性などの要求性能に役立っている。家電用プレコート鋼板の生産量は 20 万 t 強である。主要な家電製品に使用されるプレコート鋼板の全塗装対象に対するプレコート化率は、平均 43% に達しており、着実に伸

びている。

家電用表面処理鋼板が発展していく上で、高機能化成処理・プレコートの占める比重は高い。新たなニーズに対応して、低コストかつ高機能な製品の開発が継続されている。

2. めっき鋼板

家電用で使用されるめっき鋼板は、加工性・溶接性・塗装性・耐食性に優れたバランスの良いものが望まれる。薄目付の溶融亜鉛めっき、合金化溶融亜鉛めっき、電気亜鉛めっきが主な品種であるが、最近蒸着亜鉛めっきや自動車用に開発された Zn-Ni 合金電気めっきも一部に使用されている。また石油ストーブなどの耐熱用途には、溶融アルミめっき、55%Al-Zn めっきも使用されている。

多くの家電製品には建材ほどの耐食性が不要なこと、および加工性・溶接性を考慮して、溶融めっきは 30~60 g/m²、電気めっきは 20 g/m² 程度の付着量ものが使用されている。合金化溶融亜鉛めっきは塗装後耐食性に優れるが、めっき界面合金層の構造によっては、加工時にめっき層の粉末状剥離（パウダリング）を生じやすい。しかし、近年自動車車体にも採用され、合金層制御技術には著しい進歩が見ら

Table 6.2. Types of pretreated zinc coated steel sheets.

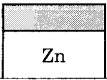
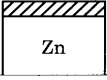
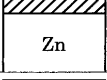
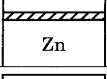
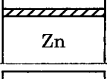
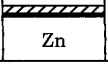
No.	Types of coating	Schematic view of coating
1	Phosphating	 →Phosphate 2 g/m ²
2	Chromate conversion coating	 →Chromate 10~20 mg/m ²
3	No-rinse chromate coating	 →Chromate 50 mg/m ²
4	Organic composite coating	 →Organic 0.5~2.0 μm →Chromate 10~100 mg/m ²
5	Lubricative organic coating	 →Organic 1~2.0 μm →Chromate 10~100 mg/m ²
6	Black colored	 →Organic 1~2.0 μm →Chromate Black plating

Table 6.3. Types of prepainted steel sheets.

	Substrates	Pretreatments	Paints
Prepainted steel sheets	Hot dip galvanized Electrogalvanized Zn-Ni alloy electroplated Galvannealed Zn-4.5%Al alloy plated	Phosphating Composite oxides film Chromate coating	Polyester PVC sol Silicone modified polyester Fluoro resin Acrylic resin High molecular weight polyester Urethane-modified polyester
	55%Al-Zn alloy plated Aluminized	Chromate coating	
Laminated steel sheets	Stainless steel Tin-free steel		PVC film Vinyl fluoride film Acrylic film Polypropylene film Polyester film Polyethylene film
	Cold rolled	Phosphating Chromate coating	

れる。

3. 高機能化成処理鋼板

電気亜鉛めっき・溶融亜鉛めっきの後処理としてインラインで行われる化成処理は、従来一時防錆および塗装下地としての機能が主目的であったが、近年各種の高機能化成処理を施した製品が開発されている (Table 6.2)。

高機能化成処理鋼板に求められる機能は、基本的な機能である耐食性、塗膜密着性の向上だけでなく、外観、加工性、接合性などがある。これらの機能を付与するために、塗布型クロメート処理あるいは下層にクロメート皮膜、上層に有機樹脂皮膜の 2 層皮膜を有する有機複合処理が活発に開発されている。

塗布型クロメート処理は、高耐食性のクロメート処理として広く開発されている。クロメート中には通常コロイダルシリカが添加され、腐食時に緻密な腐食生成物（塩基性塩化亜鉛）を形成することにより耐食性が向上する。またコロイダルシリカの添加は、塗膜密着性の向上にも非常に有効である。

有機複合処理は、クロメート皮膜の上にアクリル系樹脂等を膜厚 1 μm 程度被覆したものである。上層の有機皮膜は、そのバリアー性と共に下層クロメートの溶出を防止するため、耐食性を著しく向上させる。さらに、外観・耐指紋性・潤滑性などの性能も向上する。最近、フロン系洗浄剤全廃対策として、ワックスなどの潤滑剤を有機皮膜中に添加した潤滑鋼板が脚光を浴びている。無塗油でプレス成形が可能であり、脱脂不要となる。

非塗装用途では、光沢・耐指紋性などの外観が重要視されるが、さらに意匠性の高い黒色鋼板が開発されている。黒色化処理の方法としては、Zn-Ni 合金めっき鋼板を特殊処理する方法などが実用化されている。通常黒色層の上には、耐食性・外観を向上する目的でクロメート皮膜および樹脂皮膜が施される。

4. 家電用プレコート鋼板

家電用プレコート鋼板は、国内では約 15 年前から採用が開始された。ユーザーでの塗装省略が可能となり、対象製品

の拡大とともに各種の高性能プレコート鋼板が開発されている (Table 6.3)。

プレコート鋼板には、塗膜硬度・耐汚染性ととも高度の加工性が要求され、これらの両立がプレコート鋼板の永遠の課題である。一般に硬度・加工性の良好な塗料用樹脂として、高分子ポリエステルが使用されるが、最近架橋剤として配合するメラミンの濃化現象を利用して耐汚染性を改良する技術も開発されている。

プレコート鋼板にとってのもう一つの課題は、接合技術である。一般に溶接が不可能であるため、機械接合、接着接合が必要となる。塗膜・化成処理の工夫により、初期接着強度・湿潤耐久性共に実用に耐える接着用プレコート鋼板が開発されている。

また用途により、さらに新しい機能に対応した製品も開発されている。レンジなどの耐熱用途には、耐熱性・非粘着性を有する製品が開発されている。母材に溶融アルミめっき鋼板・ステンレスを用い、ポリエーテルサルホン樹脂にフッ素樹脂を組み合わせた塗料などが用いられる。また今後の伸びの期待されるエアコン室外機など屋外用途には、建材用のように耐候性・耐食性の良好な製品が開発されている。

プレコート鋼板は、ポストコートにはない高意匠性を有し、冷蔵庫・AV機器などで需要が伸びている。高鮮映性鋼板や印刷鋼板等である。塗装ではなく、高分子フィルムを貼合したラミネート鋼板も使用されている。印刷を施したポリエステルフィルムは、透明性・耐汚染性に優れ、高意匠性鋼板に用いられている。

(2) 建材用表面処理鋼板

1. 動向

外装建材用途では、大気環境の変化 (大気汚染、酸性雨、温暖化など)、海岸地域開発の増加、メンテナンスフリー材料の要求増加など、表面処理鋼板への長期耐久性の要求が高くなってきた。

この要求に対し、表面処理鋼板の被覆された部分の耐食性向上はもちろんのこと、被覆欠損部 (切断端面、折曲げ加工部、疵付き部) での耐食性向上研究を行い、対応してきた。その成果は生産量の増加として表れている。

今後は、表面処理鋼板を景観材料 (ファッショナブルスチール)、地球環境保護材料 (プラスチックの鉄化) と位置付け、顧客ニーズに応じた機能性付与に取り組むことになる。

2. めっき鋼板

従来から、構造物用途に Zn 付着量の多い溶融 Zn めっき鋼板が使用されている。近年、Zn-Al 合金めっき鋼板、Al 合金めっき鋼板が耐食性に優れていることから、使用量が大幅に増加している。めっき金属中の Al 濃度が高くなるほど、めっき表面の耐食性が高くなるが、切断端面部などでの素地鋼の腐食 (赤さび) が発生しやすくなる。ただ、Al を含有した不活性な腐食生成物が素地鋼を被覆して防食するため、素地鋼の腐食速度は遅く、長期の耐食性を示すことが明らかに

なってきた。

さらに、耐食性を向上させる目的で、10~18%Cr 系ステンレス鋼板に、Zn, Al をめっきした材料が開発され、建材用途に使用され始めている。

3. 発色処理鋼板

ステンレス鋼板の発色処理は、化学発色によるインコ法の開発により一般化し、内装用装飾材 (エレベーターホールのパネル、玄関ドアなど) として使用されている。

従来は、切板材によるバッチ製造が主体であったが、広幅鋼帯への連続着色ラインが稼動した。長尺材が製造可能となり、外装建材への適用が進められている。

最近、ステンレス広幅鋼帯へ、セラミックスをスパッタリングにより物理的に蒸着する設備が稼動した。種々のセラミックス被覆が可能であり、TiN (TiAl) N (Ti, Al) (C, N) などの皮膜組成により、ゴールド、ブロンズ、ブラックなどの色調が得られる。化学発色に比べて、明るく鮮やかな色調が特徴であり、装飾部材として使用されている。

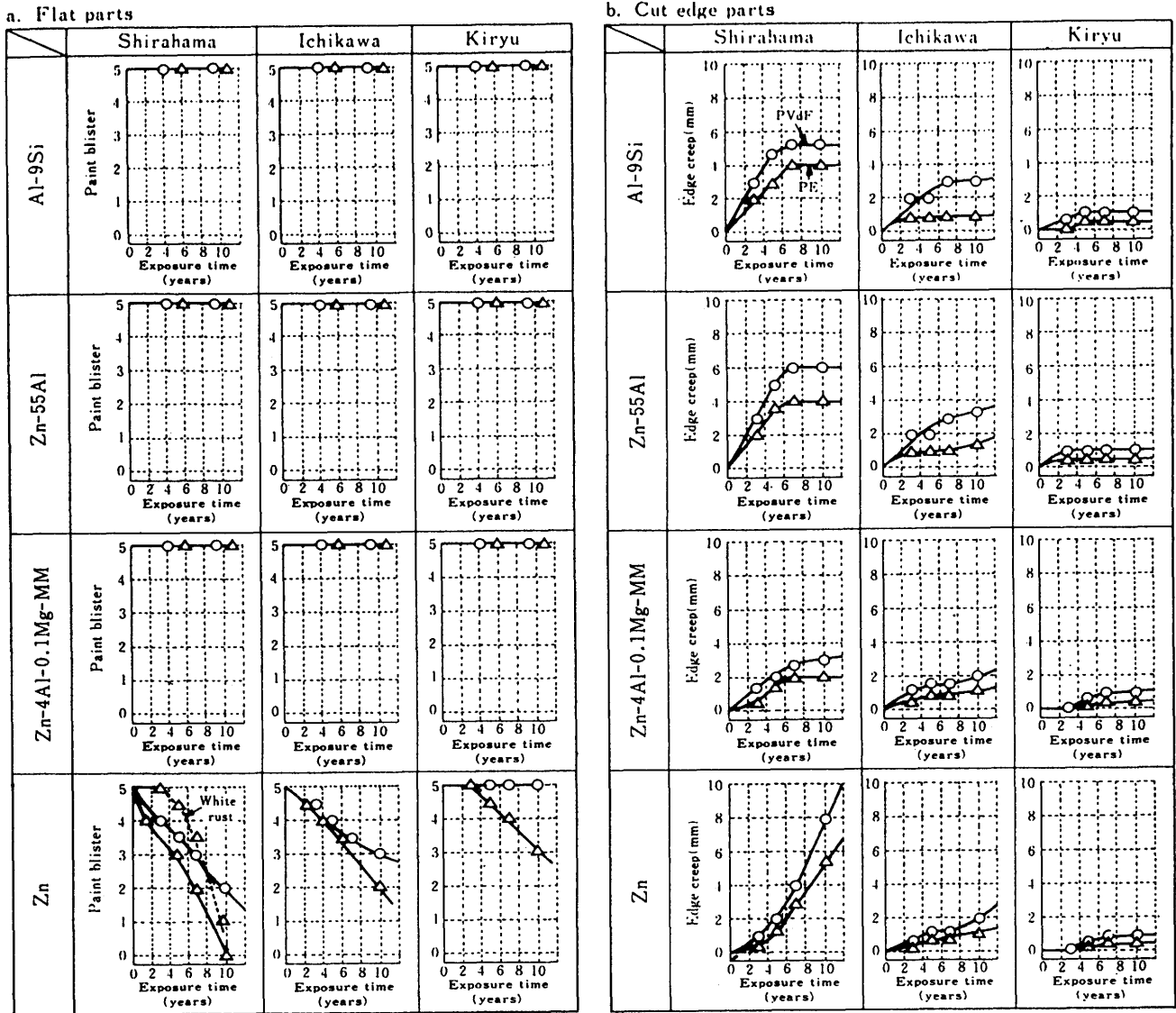
4. 塗覆装鋼板

従来から、建材用塗装鋼板の原板には、ミニマイズドスパンゲル処理した溶融 Zn めっき鋼板が使用されている。近年、耐食性に優れた Zn-Al 合金めっき鋼板、Al 合金めっき鋼板が使用される傾向にある。さらに、ステンレス鋼板 (SUS 304) に塗装を施し、塗膜欠損部での原板の腐食を無くし、メンテナンスフリー材の要求に対応している。

適用される塗料は、耐食性、耐候性を中心に、種々の改良がなされてきた。耐食性は下塗り塗膜や塗装前処理の改良により、高いレベルまで向上してきた。耐候性は上塗り塗膜に依存し、改良型ポリエステル樹脂系塗料、厚膜型の塩ビ塗料、耐候性に優れたフッ化ビニリデン樹脂系塗料などの適用が行われてきた。

ところで、めっき鋼板の耐久性は素地鋼の腐食による機能低下で評価されるが、塗装鋼板の場合には、塗膜表面の外観変化 (光沢、色差など) で評価されることが多い。現在、塗膜表面の外観変化が経時的に小さいフッ化ビニリデン樹脂系塗装鋼板では、塗膜を 20 年保証することが行われている。

塗覆装鋼板の弱点は塗膜欠損部 (切断端面、折曲げ加工部、疵付き部) での耐食性である。この弱点を補う最善策は補修塗装である。しかし、補修塗装が施されないのが現状である。対策の一案として、溶融 Zn めっき鋼板より耐食性の高いめっき鋼板を塗装原板に適用する試みが始まっている。塗装した Zn-Al 系合金めっき鋼板の大気暴露試験結果 (10 年間) を Fig. 6.14 に示す。この結果から、塗装原板に Zn-Al 合金めっき鋼板、Al 合金めっき鋼板を適用した場合、塗膜欠損部において、鋼およびめっき金属が Al を含有した腐食生成物で被覆され、塗装 Zn めっき鋼板に比較して長期耐食性を示すことがわかってきた。



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

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