ラミネート鋼板

岡 裏 二*

Laminated Steel Sheet

Joji OKA*

Key Words : Laminating, Steel Sheet, Adhesive Bonding, Plastics

接着技術を適用した鉄鋼製品としてのラミネート鋼板について概説した。製品としてプラスチックフィルムを貼り合せた鋼板、断熱材を貼り合せた建材用鋼板、粘弾性樹脂を挟んだ制振鋼板、軽量化のためプラスチックを挟んだ鋼板がある。

図1 ラミネート鋼板皮膜構成模式図

1. はじめに

接着プロセスを鉄鋼の分野に適用した例として、最も古く、かつ大量に製造されているのは、鋼板の防錆や装飾を目的に、鋼板表面にプラスチックフィルムを貼り合わせた、いわゆるプラスチックラミネート鋼板であろう。最近では鋼板と鋼板の間にプラスチックを挟み、軽量化や、制振性の付与をした鋼板も開発、実用化されている。

本稿では、これらの鋼板について、概要を述べることとする。

2. プラスチックラミネート鋼板

防錆や装飾を目的に、図1に示すような鋼板にプラスチックを被覆した鋼板が、年間約150万トン生産されている。プラスチック被覆のポピュラーな方法は塗装であるが、表1に示すような、プラスチックフィルムを接着剤などで貼り合わせた

*新日本製鐵(株)表面処理研究センター (〒299-11 千葉県君津市君津1)
Nippon Steel Corp., Surface Treatment Research Lab. (1, Kimitsu, Kimitsu-shi, Chiba 299-11)

表1 ラミネート鋼板の種類

分類	皮膜構成	製造法
単層ラミネート	ポリ塩化ビニル	ラミネート法
	ポリフッ化ビニル	
	アクリル	
	ポリプロピレン	
	ポリエステル (PET)	
複層ラミネート	ポリエステル	Tダイ法
	ポリ塩化ビニル+アクリル	
	ポリ塩化ビニル+ポリプロピレン	
	ポリ塩化ビニル+ポリエステル	

もの(以下ラミネート法という)や、Tダイから溶融したプラスチックを押し出し、直接鋼板に貼り付けたもの(以下Tダイ法という)も年間約12～13万トン製造されている。

使用される鋼板は、用途によって様々あり、屋外建材用では溶融亜鉛めっき鋼板が主体であるが、屋内建材や家電器物用には電気亜鉛(合金)めっき鋼板や、少量ながら冷延鋼板も使われる。また、5ガロン缶などの容器用材料として使われるものもあり、この場合にはティンフリースティール(クロム系のめっきをした鋼板)が、原板として使われている。

一方、貼り合わせられるプラスチックも種々のものがある。最もポピュラーなものは塩化ビニ-

表2 プラスチックラミネート鋼板の防火材料認定

防火材料認定区分	プラスチックフィルムの厚み (片側, mm)
不燃材料	0.1以下
準不燃材料	0.1を越え0.25以下
難燃材料	0.25を越え0.40以下
屋根用不燃材料	0.25以下

ルで、JIS-K6744（ポリ塩化ビニル金属積層板）にも規定されている。フィルム厚さは100～350 μm のものが使用されており、これを貼り合わせた鋼板は、表2に示すように、フィルム厚さによって不燃ないし難燃建築材料に認定されており、屋内外の建材として、屋根壁、パーティションなどに広く使用されているほか、加工性の良さを買われて、家電器物にも使用されている。後者では表面に印刷をし、意匠性を高めたものが好んで使われている。欠点として、耐候性、耐汚染性がやや弱い点が挙げられる。

ポリ塩化ビニル以外のプラスチックフィルムとしては、ポリフッ化ビニル、アクリル、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート）などがある。

ポリフッ化ビニルは、優れた耐候性を有しており、これを貼り合わせた鋼板¹⁾は20年保証の屋外建材用材料として販売されている。また、耐薬品性の良さを利用し、5ガロン缶用材料としても使われている。フィルムはデュポン社製で、38 μm 厚のものが使用されている。アクリルもポリ塩化ビニルに比べ耐候性がよいので、主として建材用に50 μm のフィルムを貼り合わせた鋼板^{2,3)}が生産されているが、ポリ塩化ビニルに比べると加工性が若干劣り、加工部にクラックを生じる場合がある。最近では、ポリ塩化ビニル塗装鋼板の上にアクリルフィルムを貼り合わせた鋼板^{4,5)}も開発さ

れている。この鋼板はポリ塩化ビニル皮膜の加工性の良さとアクリルフィルムの耐候性の良さを生かし、それぞれの欠点である耐候性、加工性を補い合うことを狙いとしている。

ポリエチレンは安価であることに加え、透水性や透湿性が小さく、耐薬品性、加工性がよい特徴がある。一般にポリエチレンは耐候性が悪い欠点をもっているが、特殊なポリエチレン樹脂で屋外でも使用できるものが開発されている⁶⁾。

ポリプロピレン⁷⁾やポリエステルフィルム⁸⁾は表面硬度が硬く、耐汚染性も良いので、家電器物用途に適している。また、これらをポリ塩化ビニル皮膜に複層した鋼板もある。

ラミネート方式のフィルムの貼り合わせは接着剤を用いるのが最も一般的な方法である。図2に示すような工程で、溶剤に溶解した接着剤を化成処理した鋼板に塗布した後、熱風炉などによって溶剤を蒸発させると同時に活性化して、直ちにフィルムを貼り合わせ、冷却する。ポイントとなるのは接着剤の選択とフィルムならびに鋼板の表面処理である。特に、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリフッ化ビニル等では接着性が良くないので、特殊な接着剤が開発されており、コロナ放電処理や酸化炎処理などでフィルム表面を活性化するのが好ましい。熱融着タイプの接着剤層が塗布されたフィルムもある。このフィルムを使う場合には、接着剤を塗布することなく鋼板を加熱し、フィルムを貼り合わせて冷却することで、ラミネート鋼板が得られ、工程の簡略化や溶剤排気の問題がない利点がある⁹⁾。

Tダイ法では、押し出し機からTダイを介してポリエチレンをフィルム状に押し出し、直接鋼板に貼り合わせる。この方法では共押し出し式のTダイを使って、接着性の良い変性ポリエチレンと

図2 ラミネート鋼板製造工程模式図

表 3 断熱鋼板の種類

分 類	断熱材の種類	断熱材厚さ(mm)
発泡プラスチック断熱材	ポリエチレンフォーム	2～20
	難燃化ポリエチレンフォーム	2～20 (4)
	無機質充填フォームプラスチック	2～20 (4～9)
無機質断熱材	石膏フォームシート	2～10 (2～10)
	ガラス繊維シート	2～10 (2～10)
	ロックウールフェルト	2～10 (4～10)
	セラミックファイバーフェルト	2～10

ポリエチレンを重ねて押し出して密着性を確保している^{10～11)}。

3. 断熱鋼板

鋼板を屋根材として用いたときの問題点として、断熱性、防音性、防露性があり、建築現場で各種の断熱や遮音・吸音処理がなされていた。しかし、施工の信頼性に不安があるため、図3に示すような、予め断熱材をラミネートした鋼板が求められていた。

ラミネートされる断熱材としては表3に示すポリエチレンや難燃化ポリエチレンなどの発泡プラスチック断熱材と石膏フォーム、ガラス繊維、ロックウールやセラミックファイバーでできたフェルトなどの無機質断熱材がある。このうち、通常のポリエチレンを除き、これらの断熱材をラミネートした鋼板は、断熱材の厚さ制限はあるものの、建築基準法施工令に規定される不燃材料あるいは準不燃材料に認定されており、これらを使用した構造体は屋根30分耐火構造の指定も取得している¹²⁾。

ラミネートの方法は先に述べたラミネート鋼板の場合と同様接着剤を用いる方法と熱融着でラミネートする方法とがある。後者はポリエチレンフォ

図 3 断熱鋼板の皮膜構成模式図

ームと難燃化ポリエチレンフォームを断熱材として用いるときに使われている方法で、150～200℃に予熱された鋼板に直接断熱フォームを貼り合わせ、表面を溶融することによって接着させる¹³⁾。

貼り合わせる鋼板は、めっき鋼板の場合もあるが、予め塗装をした塗装鋼板や、先に述べたラミネート鋼板を使用する場合もある。後者を用いた断熱鋼板はそのまま屋根材として用いることができる。

断熱効果は熱貫流率で表すことができる。断熱材厚さ4mmの場合断熱材によって違いはあるが、3～4 kcal/m²・h・96(0℃)でコンクリートの約50倍、木目セメント板の約5倍の断熱性能を持っている。断熱材としてポピュラーなウレタンフォームと発泡ポリエチレン系の断熱材を比べると、前者は連続気泡であるのに比べ、後者は独立気泡であるので、例え結露が生じても後者は含水しない特徴も持っている。

4. 樹脂サンドイッチ制振鋼板

鋼板は強度、剛性があり、しかも成形しやすいため、最も広く使われている工業素材であるが、音や振動を伝え易い欠点を有している。自動車に例をとってみると、単なる輸送手段としての自動車から、動く空間としての乗り心地のよさ、快適性を追求されるようになって、エンジン、冷却ファン、排気系、駆動系からの振動、サスペンションを介して伝播されるロードノイズなどの振動、騒音が問題にされるようになってきた。振動の伝播は空気伝播と固体伝播に分類される。また伝播防止の方法としては振動を絶縁するか吸収するかの方法がある。固体伝播の吸収を目的とした鉄鋼材料として、図4に示すような高粘弾性樹脂をサンドイッチした制振鋼板が開発されている^{14～16)}。

使用する粘弾性樹脂の種類によって制振効果が得られる温度領域と制振効果が異なるので使用部

図 4 樹脂サンドイッチ制振鋼板の模式断面図

図5 樹脂サンドイッチ鋼板製造工程模式図

図6 樹脂サンドイッチ軽量鋼板の模式断面図

位によって適切な樹脂を選択する必要がある。既にオイルパンに実用されており^{16, 17)}、サンルーフなど他の部品にも適用が検討されている。また、最近では家電や建材分野でも、洗濯機や屋根、シャッター、体育館の床などに適用が進められている。粘弾性樹脂層が挟まれているため、通常の鋼板に比べ成形性と溶接性に欠点があるが、成形性は形状や工程面の工夫で、溶接性は溶接方法の工夫で欠点を克服している。また、樹脂層に金属粉を混合して溶接を可能にした制振鋼板もある¹⁸⁾。

製造は図5に示した工程で行われ、2つの方法がある。1つはラミネート方式のラミネート鋼板製造法と同様の方法で、接着剤の代わりに溶剤に溶かした粘弾性樹脂を、プラスチックフィルムの代わりに予熱された鋼板を用いる。もう1つは熱融着タイプの粘弾性樹脂フィルムを使う方法で、予熱された2枚の鋼板の間にフィルムを挟み込みながら接着する方法である。

5. 樹脂サンドイッチ軽量鋼板

自動車の軽量化はガソリンの消費量を減少する意味から、特にオイルショックを契機として真剣に取り組まれてきた。この目的に開発された鉄鋼材料が図6に示した断面構成を持つ樹脂サンドイッチ鋼板である^{15, 19)}。

これは0.2mm程度の2枚の鋼板の間に0.4mm程度のポリプロピレンやナイロンなどの樹脂を、前記の制振鋼板と同様の方法で、サンドイッチしたもので、同一板厚の鋼板と同等の曲げ剛性を持ちながら40%程度の軽量化がはかれる特徴を持っている。しかし、制振鋼板の項でも述べたように、成形性や溶接性などが鋼板に比べると劣ることやコスト高などのため使用の拡大は当初の予測に比べ緩やかである。

6. おわりに

接着技術を使ってプラスチックや無機材料を複合した鋼板について概略を述べた。ここで述べた接着技術の適用は鋼板に限られたことではなく、同様の技術が他の鉄鋼製品にも応用されている。石油や天然ガスを輸送するラインパイプにはTダイから押し出したポリエチレンなどが、接着剤や粘着剤を介してラミネートされているし、海洋構造物として使用するパイプや鋼矢板にも、腐食やエロージョンから鋼材を守るため、プラスチックのライニングがされている。建築材料の分野でも、塗装鋼板などを成形加工した後、ウレタンを注入して発泡、接着させた断熱サイディング材や断熱パネルが製造されている。

鋼板と多種材料との複合化は今後益々必要とされることは疑いがなく、必須技術としての接着技術の一層の進歩を期待している。

(1989-10-27 受理)

参考文献

- 1) 亜鉛鉄板; 29, No. 9, 28 (1985), 日鐵建材工業カ

- タログ
- 2) 大同鋼板カタログ
- 3) 亜鉛鉄板; 29, No.5, 22 (1985), 東洋鋼板カタログ
- 4) 関本和郎, 竹島鋭機, 遠藤孝一; 日新製鋼技術, No.37, p.86 (1977)
- 5) 神田勝美, 中本哲男, 杉本義之; 金属表面技術, 38, 318 (1987)
- 6) 大洋製鋼カタログ
- 7) 東洋鋼板カタログ
- 8) 神田勝美, 南木 孝, 岡村高明; 東洋鋼板, No.28, p.48 (1989)
- 9) 関本和郎, 大塚一仁, 守利靖朗, 山吉和雄; 日新製鋼技報, No.29, p.38 (1973)
- 10) 鮎沢三郎, 清水尚徳, 小林広和, 土屋幸男; 工業材料, 32, 133 (1984)
- 11) S. Ayusawa, H. Shimizu, H. Kobayashi and Y. Tsuchiya; Paper NCCA Ann. Meet. (1984)
- 12) 亜鉛鉄板; 33, No.3, 14 (2989)
- 13) 守利靖朗; 日新製鋼技報, No.19, p.49 (1968)
- 14) 菅 輝夫; 工業材料, 36, No.1, 36 (1988)
- 15) 浦山 登; 工業材料, 36, No.1, 40 (1988)
- 16) 八木三哉, 小永井正夫, 西谷 守, 山内孝三郎; いすゞ技報, No.75, 87 (1985)
- 17) 武田耕一; いすゞ技報, No.78, 37 (1987)
- 18) 篠崎正利, 松本義裕, 西田 稔, 入江敏夫, 古川幸夫, 高崎順介; 川崎製鉄技報, 16, 288 (1894)
- 19) W. K. Miller; SAE Paper, 800077 (1980)
- ~~~~~