

(2) 塗料の硬化機構	144
(3) 焼付け硬化の要点	147
4. 塗膜性能	149
(1) 耐久性	149
(2) 加工性	153
〔練習問題〕	155
第11章 品質と検査	156
1. 規格	156
(1) 日本工業規格 (JIS)	156
(2) 各社規格	160
2. 主要品質特性と検査方法	161
(1) 表面性状	161
(2) 色調 (Color)	161
(3) 光沢度 (Gross)	163
(4) 塗料付着量のバラツキ	164
(5) 塗膜の物理的性質	164
(6) 耐食性	166
(7) 耐候性	166
(8) 寸法、形状	166
3. 主要な欠陥と発生原因	167
(1) 表面欠陥	167
(2) 塗膜密着不良	168
〔練習問題〕	168
第12章 将来の動向	169
1. 新しい需要および技術開発	169
2. 地球環境、省資源への対応	170
〔塗装編の参考文献〕	172
〔練習問題の解答〕	173

1. 熔融亜鉛めっき鋼板の歴史

熔融亜鉛めっき鋼板のことを、英語では“Hot Dip Galvanized Steel”というが、このGalvanizeはGalvanic action、Galvano meterなどとともによく聞く言葉である。イタリアの解剖学者であり生理学者である、Luigi Galvani (1737～1798)の研究と発見(1791年頃)から、彼の名に由来しているものである。実際は、同じイタリアの物理学者であるAlessandro Volta (1745～1827)は、Galvaniの発見を基礎として研究をすすめ、亜鉛と銅を希硫酸の中に浸すと、化学作用により定常電流を得ることがわかった。当時これをガルバーニ電流(Galvanic current)といったようで、溶液を介した異種金属間の起電力の発見や、つづいてVoltaの列、Voltaの電池などが生れるのである。

さて亜鉛めっきが発明されたのは、これより少し前1742年フランスの化学者P.J.Malouinであるといわれており、錫めっきが14世紀に製造されていたことを考えると比較的新しい。その後、1786年浸漬めっきのフラックスとして塩化アンモンの使用が英国で発明され1800年には、ドイツで塩化アンモンを使用した亜鉛めっきが工業化されるなど、主に欧州で発達していった。1846年には、亜鉛付着量のコントロールを行う方法として、亜鉛浴の出側に一對のロールを用いる方法が発明され、これを基本として、種々の改良があったものの約100年間は同じ方法が継承されるのである。

国内では、1906年官営八幡製鉄が40tの試験製造を行ったのをはじめとし、1911年には、日新製鋼の前身である亜鉛鍍株式会社が大坂において誕生し生産を開始した。当時は、鋼板の製造技術としては、いわゆるプルオーバー式熱間圧延機で圧延した熱延薄鋼板がめっき原板として使われていたが、米国において1930年頃より薄鋼板を高効率で量産するストリップ・ミルが出現し、亜鉛めっきも連続的にめっきする方法が開発されるにいたった。

まずゼンジマータイプであるが、ポーランド人Sendzimirの発明を、1936年米国ARMCO社が工業化に成功させ1938年には特許を取得した。従来のフラックス法では、第4章でくわしくのべるが、鉄-亜鉛の合金層の抑制が出来なかったの

で亜鉛の密着性は良くなかったが、めっき前処理として高温雰囲気中で酸化、還元をすることにより、フラックスを用いないでめっきすることに成功した。これは、亜鉛浴中にAlを添加することが可能になったことを意味し、このために合金層の抑制が出来たわけで、しかもめっき原板の焼鈍工程もライン内で行えるから、亜鉛の密着性の良い亜鉛鉄板が、工程省略を兼ねて経済的に製造出来たという点で画期的な発明といえよう。また1953年には、米国のホイーリング・スチール社が、クックノートマンタイプを世に出したが、これは水溶性フラックスを乾燥することにより亜鉛浴中にAlの添加を可能にしたもので、ドライフラックス方式（従来のものはウェットフラックス方式）ともいわれる。めっき原板は、ライン外焼鈍による焼鈍-調質圧延済み原板や、未焼鈍材、熱延鋼帯など自由に選択出来るなどの長所がある。

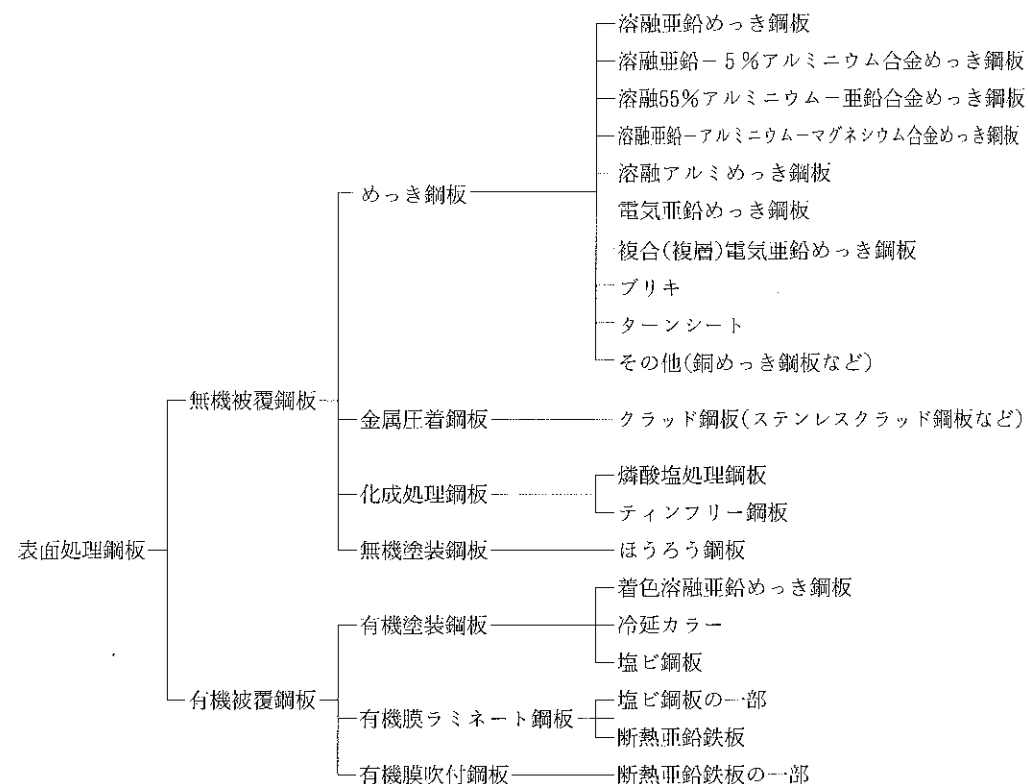
これらの他に、U.Sスチールタイプ、シーラタイプなど、数種のめっきラインが発展するが、詳しくは第2章でのべる。

国内における連続亜鉛めっきラインは、昭和30年代になると続々建設されていったが、これに伴いその需要も建築材料ばかりでなく、自動車、家庭電機製品にまで、比較的安価で錆びない鋼板として発展していった。その品質要求も、多種多様な用途に対応すべく、深絞り性に対しては、焼鈍サイクルの検討、原板の組成の改良が加えられ、溶接性に対しては、薄めっきや差厚めっき品の開発、塗装性については、ガルバニールド鋼板のごとき鉄-亜鉛合金層の形成による措置がとられ、従来のスパンクル（華模様）をもたない鋼板も好まれ出して、ゼロスパンクル亜鉛鉄板といわれる外観の改良が試みられるなど昭和40年代への発展につながっていた。一方建築材料については、昭和30年代後半より、亜鉛鉄板に塗料を焼付け塗装したカラートタンが本格的に連続ラインで製造されはじめ、屋根、下見、雨戸、とい、シャッターなど従来の亜鉛鉄板の需要分野はカラートタンに肩代わりされてきたが、近年、亜鉛めっきより耐食性に優れた溶融Zn-Al系合金めっき鋼板がカラー原板として採用される比率が増加している。現在の社会における重要課題は、温室効果ガス排出量の削減や資源循環型社会の形成など地球問題であり、表面処理鋼板においても、益々この社会的要求に応えることが求められるであろう。

解説-1 表面処理鋼板の体系

溶融亜鉛めっきを含む、表面処理鋼板の全体の体系について、紹介しよう。

表1-1 表面処理鋼板の体系



溶融亜鉛めっきの競合品もあり、溶融亜鉛めっきから発展した製品もあるのでよく理解しておきたい。表1-1に表面処理鋼板の体系を示す。

2. 溶融亜鉛めっきの目的

亜鉛は、大気中においてすぐれた耐食性をもっている。このことは、亜鉛による鋼板の溶融めっきが古くから行われ、屋根材料として長年の間大規模に用いられて来た事実によって明らかであろう。

亜鉛のすぐれた耐食性は、ごく薄い酸化被膜の形成によって外気を遮断して内部を保護するという性質と、鉄に対して局部電池を構成し陰極防食による防食作

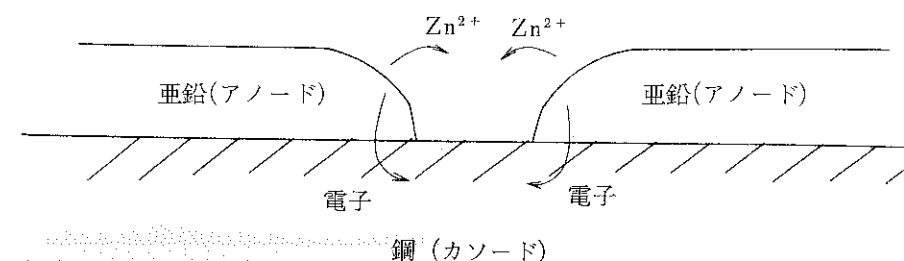


図1-1 亜鉛に対する鉄の陰極防食

用を果すからである。このことは第4章でさらに詳しい説明があるが、例えば図1-1のごとくめっき層に疵が生じ鋼の一部が露出している場合でも、局部電池が構成されて、亜鉛の犠牲の下に陰極の鋼は溶解侵食されないか、あるいは腐食はあまり進行しないですむ。

このように溶融亜鉛めっきの目的は、耐食性、耐候性の向上という、鋼の持つ欠点、錆びやすさの克服であって、さらには、表面外観の美しさ、意匠性などの付加価値を与え、特徴を発揮させることにあるといえよう。電気亜鉛めっきとの使用分野の境界については、亜鉛付着量の違いであって、電気亜鉛めっきが、亜鉛付着量を多くすればする程、生産性が悪くなるのに対し、溶融亜鉛めっきは、亜鉛付着量が多くてもその生産性はほぼ変わらず、逆に薄い付着量を得ることは困難である。前者が主として塗装下地鋼板など屋内用に使用されるのに対し、後者はその大部分が屋外用に使用される。亜鉛付着量の境界は、片面の付着量で30g/m²、これより厚いものは溶融めっき、薄いものは電気めっきであり、30~50g/m²近辺は用途に応じてどちらの製品も販売されているようである。

3. 溶融亜鉛めっき鋼板の製造工程

溶融亜鉛めっき鋼板の製造工程は、めっきラインの型式によってかなり様子が異なるが、設備は第2章にゆずるとして、ここでは概括的に一貫製造工程を把握しておきたい。まず表1-2にめっきラインの方式と製造工程を示す。熱延鋼帯にめっきする場合、冷延鋼帯にめっきする場合、めっきラインにおける焼鈍炉の有無により製造工程は異なってくる。また最近では、ラインスピードの高速化と設備の大型化のため、剪断は別ラインで行う方式をとる傾向がある。

表1-2 めっきラインの方式と製造工程

焼 鈍	表面清浄化	表面活性化	還元炉形成	名 称	
ライン内	酸化炉方式	水素還元炉方式	ラジアントチューブ炉	ゼンジマー方式	
	無酸化炉方式			NOF方式	
	湿式洗浄方式			U.S.Steel タイプ	
ライン外			シーラス炉	シーラスタイプ	
			乾式フラックス方式	—	ホイーリングタイプ
			湿式フラックス方式	—	エコノミータイプ

4. 溶融亜鉛めっき鋼板の製品体系と用途

溶融亜鉛めっき鋼板は、JISではG3302溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯として規定されているが、JIS以外の製品も多く、ここでは個々の品質特性についてのべる。

(1) 表面外観

表面外観について、JISでは表1-3に示すタイプがある。

表1-3 溶融亜鉛めっき鋼板の表面外観による分類

区 分	特 徴	別 称	
1. 非合金化 Galvanize (GI)	(1)レギュラー スパングル製品	スパングル、いわゆる華模様のある亜鉛鉄板であり、亜鉛結晶が通常の凝固過程で無制限に生成した結晶のスパングル肌である。	(狭い意味での) ・亜鉛鉄板 (ミニマイズドスパングル製品を含む広い意味での)
	(2)ミニマイズド スパングル製品	華模様のない亜鉛鉄板であり、亜鉛の凝固過程において、通常のスパングルの生成を制限するよう処理して得られる製品。	・ゼロスパングル製品 ・ミニマムスパングル製品
2. 合金化 Galvanneal (GA)	めっき直後ライン中で加熱して、鉄-亜鉛合金層を発達させ、合金のめっき層ができるように処理された製品。スパングルはない。	・ガルバニールド鋼板 ・鉄-亜鉛合金製品	

ミニマイズドスパングル製品および合金化処理製品は、各社別名称で販売しているケースが多い。また合金化処理製品は、通常鈍い灰色の外観をしており、普通の清浄処理のみで良好な塗装ができるなどの利点がある。

(2) 亜鉛付着量

亜鉛は、板の両面に付着しているので、通常は両面 (Both Side) の付着量の合計で呼称されることになる。しかし、差厚めっきのごとく、おもて面とうら面との付着量が異なる場合は、それぞれの面を表示しなければならないし、差厚めっきでない場合でも、実際の腐食環境では、片側の面だけの腐食の進行が大きいので、片側の付着量を表示する方が便利である。

なお、付着量は、ASTMではoz/ft²であらわし、JISではg/m²であらわされる。換算は、1.0oz/ft²は305g/m²に相当する。

(3) 化学成分と機械的性質

a. 化学成分

JISでは機械的性質のみの保証であるが、ASTM (A446) の構造用品質