

# 溶融亜鉛めっき

Hot dip galvanizing

小田川辰夫<sup>※1</sup>

Tatsuo Odagawa

国島 治<sup>※1</sup>

Osamu Kunishima

有延 友克<sup>※1</sup>

Tomokatsu Arinobu

Hot dip galvanizing is used for rust prevention of steel structures and iron and steel products. This is because of the superior rust preventive and economical aspects of the hot dip galvanizing method. Especially these days, increases in painting costs caused by deteriorating corrosive environments and that of labor costs have caused the method's superiority to be given a second look.

This paper describes the properties of zinc, hot dip galvanizing processes and work, quality and characteristics of hot dip galvanized products, as well as economic aspects, which, the authors hope, help produce further applications of hot dip galvanizing and help in the design of treated steel products.

## 1 はじめに

### 1.1 鉄鋼製品とさび

鉄鋼は、橋梁・構造物・建築などの材料としてよく使われている。それは鉄鋼が、機械的性質、物理的性質に優れ、熱処理によって適正な強度、硬さが得られ、ニッケル、クロムなどの元素を添加することによって更に優れた性質をもった特殊鋼ができるからである。しかも地殻中の埋蔵量も多く、経済的に大量生産され、入手しやすいからである。

しかし、この優れた性質をもった鉄鋼には、「さびる」という大きな弱点がある。「さび」の発生は外観を損なうばかりでなく、金属の強度などの性能を低下させる。最近では、地域によっては大気や河川水が汚染され腐食の環境も悪化しており、防食の必要性が高まっている。

### 1.2 防錆防食技術

表面処理方法として一般に使われているものに次のような方法がある。

金属被覆 クラッド  
電気めっき  
化学めっき  
溶融めっき

拡散被覆

無機物被覆 ガラスライニング  
コンクリート被覆  
セラミック被覆

有機物被覆 塗装  
ゴムライニング  
プラスチックライニング

このなかで鉄鋼製品や構造物については、品質、耐久性、外観、経済性からみて表面に亜鉛皮膜を形成するいわゆる「溶融亜鉛めっき」による方法が最も有効であるとされている。

## 2 溶融亜鉛めっきについて

### 2.1 溶融亜鉛めっきの特徴

(1) 鉄鋼に対する防錆皮膜として最も理想的な性質をもっている。その理由は、

- ① 鉄鋼素地上で、鉄と亜鉛の合金層を介して亜鉛層が皮膜を形成しており、密着性、加工性に優れている。
- ② 防食についても、他の金属皮膜にみられない優れた防食効果をもっている。このため大気中のみならず、水中、土中、コンクリート中などにおいてでも優秀な耐食性が発揮される。

- (2) めっき加工での被覆性が優れている。すなわち鋼材製品のすみずみまでめっきができる。中空体など手の届かない部分や目に見えない箇所まで均等にめっきができる。
- (3) めっき工程によって、通常の鋼材の機械的性質の変化はほとんど起こらない。
- (4) 必要であれば、めっき皮膜上に塗装することができ、この場合、両者の相乗効果により一層耐食性を増す。

## 2.2 亜鉛

### (1) 亜鉛の原料

亜鉛は自然界に比較的広く分布し、特定地域に偏在しない資源である。主として閃亜鉛鉱硫化亜鉛の形で産出される。

亜鉛の世界における生産量を表1に示す。

### (2) 亜鉛の物理的性質

亜鉛及び関連の金属の主要な物理的性質を表2に示す。

### (3) めっき材としての亜鉛の特徴と用途

亜鉛の大気中での腐食速度は鉄の1/10～1/25といわれている。亜鉛表面に緻密な酸化皮膜を作り、中性域では勿論、海水に対してもかなりの耐食性を示す。

表1 / 1993年各国別亜鉛鉱石生産量 (自由世界)

Tab.1/Annual output of zinc ore in each country

	地金換算 単位1,000トン
ヨーロッパ	777
カナダ	1,250
メキシコ	320
ペルー	601
米国	560
日本	116
オーストラリア	952
その他	981
合計	5,557

出典：国際鉛亜鉛研究会統計資料

亜鉛のめっき材としての最も大きな特徴は、亜鉛皮膜にキズがついても後述の犠牲防食作用をもっているということである。(6.1 亜鉛皮膜の防食機構参照)

このような特徴により亜鉛は鉄鋼製品の表面処理材料として鋼板、鋼管、鋼材のめっきに使用されている。

## 3 溶融亜鉛めっきの作業工程

溶融亜鉛めっきの作業工程は、図1に示す順序で行われる。

主な作業工程について以下説明をする。

### (1) 脱脂工程

溶融亜鉛めっきでは、製品の鉄表面に亜鉛を付着させるが、単なる物理的な付着でなく、鉄と亜鉛の合金化で皮膜を形成して付着させる。つまり亜鉛と鉄素地とを接触反応させてめっきをしている。そのためには鉄表面のさびや油脂類が完全除去されなければならない。油脂類は一般に鋼材の圧延工程やその後の加工工程で付着する。

脱脂法にはいろいろな方法がある。経済的な面を加味して一般に行われているのはアルカリ脱脂法で、苛性ソーダ[NaOH]やオルソ珪酸ソーダ[NaO・nSiO<sub>2</sub>]が使われている。

表2 / 亜鉛及び関連金属の物理的性質

Tab.2/Physical property of zinc and other metals

	亜鉛	アルミニウム	鉄	銅
記号	Zn	Al	Fe	Cu
原子番号	30	13	26	29
原子量	65.39	26.98	55.85	63.54
密度 × 10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>	7.12	2.69	7.86	8.93
融点 K	692.7	933.6	1808	1358
熱伝導率 W/m·K	117	236	83.5	403

出典：'94理科年表による

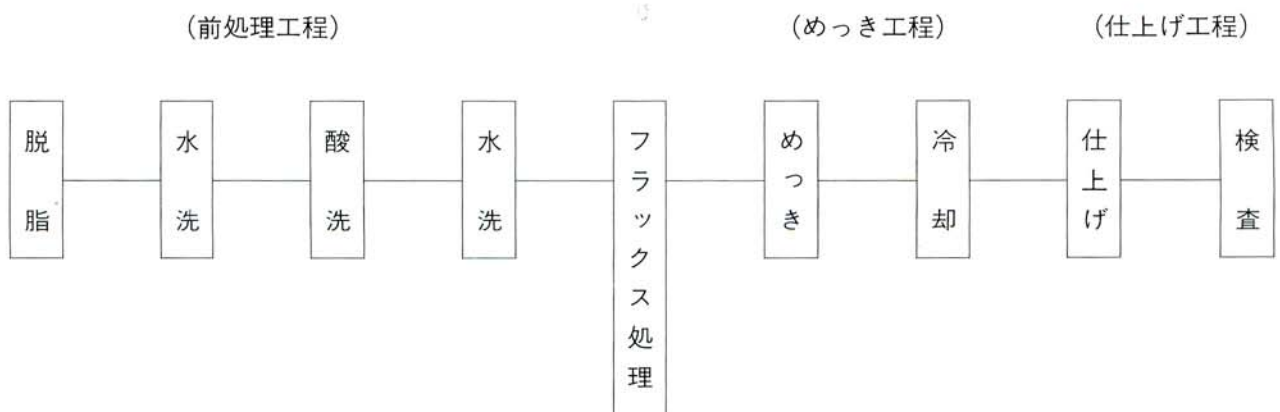


図1 / 溶融亜鉛めっきの作業工程

Fig.1/Process of galvanizing

(2) 酸洗工程

鉄の表面上に付着する異物の中で、めっきの反応を最も妨害するものは、錆やスケールである。これらの中で最も広く見られるのは赤錆で、これは空気中の湿気、酸素などの作用でできるもので水酸化第二鉄 $[Fe(OH)_3]$ 、炭酸第二鉄 $[Fe(CO_3)_3]$ などの混合物である。

また圧延鋼材、鍛造品、熱処理品の表面に密着しているさび、これらは黒くて固い酸化鉄皮膜（温度によって $FeO$ 、 $Fe_3O_4$ が生成）である。

鉄の除錆にはサンドブラスト、ショットブラストなど機械的に行う方法もあるが、作業性、経済性からみて、また特殊鋼のように品質上水素脆性を特に注意する必要もないので、酸洗による除錆方法がとられている。

酸洗剤として使用されるのは、硫酸 $[H_2SO_4]$ 、塩酸 $[HCl]$ である。

(3) フラックス処理

フラックスを使用する目的は製品表面の不めっきを少なくするためであって、フラックスの主要な役割は鉄表面から全ての不純物を除去するとともに、被めっき材が浴表面から入る部分の酸化物をなくすことである。

フラックスの役割や条件をもう少し述べると、

- ①酸洗後の水洗でもなお残っている鉄塩を溶解する。
- ②亜鉛浴に浸せきするまでの鉄表面の酸化を防ぐ。
- ③反応生成物が再析出しないように吸収する。
- ④被めっき材が入る部分の亜鉛浴表面の酸化亜鉛を除く。
- ⑤亜鉛浴に浸せきする際、品物から亜鉛を容易に分離するよう粘度、表面張力、融点を下げることがあげられる。

フラックスには塩化アンモニウム、塩化亜鉛を適当な割合に混合した複塩の塩化亜鉛アンモニウム $[ZnCl_2 \cdot 3NH_4Cl]$ が使用されている。

(4) 溶融亜鉛めっき工程

脱脂、水洗、酸洗、水洗、フラックス処理の前処理工程を終えた品物は乾燥後、 $460^{\circ}C$ 前後の溶融亜鉛浴中に速やかに浸せきされる。一定時間浸せきした後、引き上げて約 $80^{\circ}C$ の水槽につけて冷却する。

このめっき浴から引き上げの際、浴表面に浮遊している酸化物が付着しないようにかきのけて引き上げる。また余分な亜鉛が部分的に付着しないように、たらし落とした後、水槽に浸して冷却を行う。これらの一連の作業は製品の外観に大きな影響を与える。

また、めっき浴温、浸せき時間、引き上げ速度によって、皮膜組織つまり皮膜の性質が決まり、この皮膜組織がめっき製品の耐食性や加工性などの重要な性質を決める。

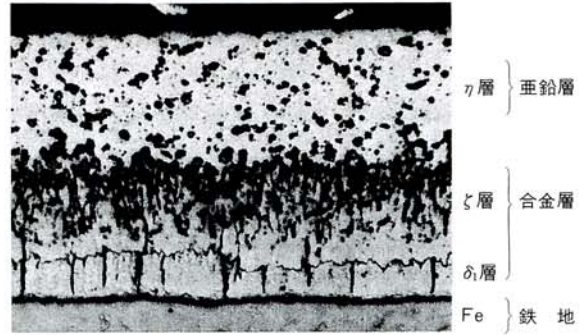


図2 / 溶融亜鉛めっき皮膜断面顕微鏡組織  
Fig.2/Microstructure of Fe-Zn alloy layer

## 4 皮膜と金属組織

めっき層の標準断面顕微鏡組織を図2に示す。溶融亜鉛めっき皮膜の断面を顕微鏡で見ると、鉄と亜鉛の反応で形成された金属間化合物の合金層と、合金層の上に付着する純亜鉛層からなっている。

δ<sub>1</sub>: 通常鉄地に接して存在する層で、緻密な組織を示し複雑な六方晶系の構造で、靱性、延性に富んでいる。FeZn<sub>7</sub>という化合物と考えられ、鉄含有量は7~11%である。

ζ: 層の中間に位置し、単斜晶系に属し柱状組織を示している。FeZn<sub>13</sub>という化合物と考えられ、鉄含有量は6%程である。

η: 最上部の亜鉛層で、稠密六方晶系に属し柔らかく展延性に富んでいる。亜鉛純度98%以上である。

この他、鉄地に接した部分でΓ層が生成されることもあるが、非常に薄い層なので通常は殆ど認められない。

## 5 溶融亜鉛めっきの品質

### 5.1 溶融亜鉛めっきの主な品質項目

(1) 外観…JIS規格 (JISH8641) では外観について「使用上有害な欠陥のないこと」と規定されている。外観不良として問題とされているものに不めっき、白さび、たれ、やけ等があるが、たれ、やけなど耐食性より美観上の問題として取り上げられている。

(2) 付着量…亜鉛めっきの付着量は、与えられた使用条件下でその寿命を決定する第一の要因である。めっきの寿命は付着量に比例して長くなる。

付着量は一般に単位面積 (m<sup>2</sup>) 当たり亜鉛がいくら付着しているかの量 (g) で表示され、JISH8641では、2種について最小付着量が規定されており、350g/m<sup>2</sup>以上、400g/m<sup>2</sup>以上…と、50g/m<sup>2</sup>きざみで5ランクに分けられている。

(3) 硫酸銅試験…めっきの付着量が同一でも均一に付着している程、めっき皮膜の品質がよいことは言うまでもない。JISH8641の規定では硫酸銅試験で行うよう規定されている。硫酸銅試験は、硫酸銅溶液に繰り返し浸して、皮膜の薄い部分で素地が規定回数まで露出しないよう規定づけられている。JISH8641では、1種について、4回と5回の2ランクが定められている。

(4) 密着性…めっき製品の取り扱いや加工で、皮膜が剥離しやすいかどうかを表わすものである。密着性は曲げ試験とハンマー試験で行われ、JISH8641では、当事者間の事前協議事項として規定されている。

## 5.2 外観における問題

溶融亜鉛めっきは電気めっきと違って耐食性を主目的にしているが、最近溶融亜鉛めっき製品に対して、実用価値以外に美観や外観など商品価値をも求めており、使用者の外観に関する水準は高まっている。

一般に溶融亜鉛めっきの外観上の欠陥には、不めっき、やけ、たれ、ざらつき、擦れ、ブリストア、めくれなどがあり、これらの欠陥の中で、特にやけ、たれが取り上げられる。また溶融亜鉛めっきの後に起こる白さびの問題があり以下これらについて述べる。

### (1) やけ

溶融亜鉛めっきの皮膜部分は顕微鏡組織で見られるように、鉄地の上の合金層、純亜鉛層からなっている。鉄地は黒く、合金層は灰色に見え、純亜鉛層は白い亜鉛色を呈している。

やけはこの合金層が成長して表層に出て来て純亜鉛層がなくなっていることをいう。やけはそれ自身、めっき層の耐食性にあまり悪影響はないが、通常のめっき表面に比して色むらがあることで嫌われる。

やけの発生は主として、鋼材の化学成分特に珪素によるところが大きい。そのためには、あらかじめ鋼材の成分に合わせてめっき条件を工夫することが大切である。

### (2) たれ

通常たれと呼ばれているものは、めっき層の表面に局部的に不均一な過剰付着の亜鉛が残留している状態のことである。たれはめっき浴から引き上げて冷却するまでの間に発生する。

たれをなくすために、いろいろな方法でたれ切りを行うが、製品の形状、寸法の影響も大きい。

### (3) 白さび

一般に、溶融亜鉛めっき製品は、大気中で使用していると次第にその光沢を失い、めっき層表面に緻密な亜鉛酸化皮膜が厚く形成されていく。この酸化皮膜が下地亜鉛を保護する。すなわち優れた耐食性を示す。この皮膜と白さびとは異なる。

白さびとは、白色または白色に一部淡褐色の斑点を伴う、かさばった亜鉛酸化物がめっき層表面に形成されたものであり、外観は白い粉をふいた状態になっている。

白さびは、めっき表面の一部が雨や露などで部分的に濡れて、乾きにくい状態のときに発生しやすい。

白さびの発生機構をもう少し説明すると、めっき表面の一部が濡れてまた一部が乾いている状態で、その状態の時間が長い場合発生しやすい。この状態では、水滴の中央部と外周部との間で水滴中の溶存酸素や大気中の酸素で、酸素濃淡電池ができ、水滴中央部の亜鉛がイオン化され、亜鉛が水中に溶出し、水酸基や炭酸イオンにより塩基性炭酸亜鉛に変わり、表面に沈着して粉がふいた状態になる。

したがって白さびは、表面が乾燥状態とか全面水中にある場合は、酸素濃淡電池ができないので発生しない。また濡れてもすぐ拭き取るとか乾燥させることで妨げる。また白さびは酸化皮膜の薄いめっき初期段階で発生しやすい。

白さびも発生時の環境から解放されると次第に脱落し、あらたにめっき表面に緻密な保護性皮膜が形成されてくるので、耐食性も影響なく、日時とともに外観上、通常部との差もなくなる。

以上のとおり、白さびは耐食性には殆ど影響なく、外観的にも次第に解消することから、一般用途で品質上問題にする必要はないが、特定用途で防止したい場合、次のような対策がある。

#### ①環境の改善

めっき後、日数を経て光沢の鈍くなった製品には、白さびは殆ど発生しないが、めっき直後の製品には保護皮膜ができていないので、雨や結露で濡らしそのままの状態にしないよう環境に配慮する必要がある。

雨よけのシートかけもしみ込んだ雨や地面または内部の水分で、かえって白さびが発生しやすいことも多いから、晴天にはシートを除いて風通しをよくし乾燥させることが必要である。

亜鉛を腐食させる酸性物質や、海水や潮風も吸湿性があるので、そのような雰囲気での保管は注意を要する。

#### ②防止処理

更に積極的に対策をとるには化学薬品による化成処理と防錆塗装の二つの方法がある。化成処理でのクロム酸処理がよく用いられるが、クロム酸の廃液処理を要するため費用にはねかえってくる。

③白さび製品の処置

一般に白さびは、初期即ちあまり白さびの進行していない時期に発見されるので、まず乾燥させることである。日時とともに保護皮膜ができ、やがて外観も通常部との差もなくなってくる。

かなり進行して白さびの下が黒変している場合でも、外観からの感じより、腐食されている量ははるかに少ない。

## 6 溶融亜鉛めっきの耐食性

### 6.1 亜鉛めっきの防食機構

(1) 亜鉛皮膜の保護作用

亜鉛めっきの表面には図3のように緻密な薄膜が生成し、この薄膜が強力な保護皮膜となって、さびの進行を抑える。

(2) 犠牲的防食作用

亜鉛めっきになんらかの理由でキズが生じた場合、鉄よりもイオン化傾向の強い周囲の亜鉛が陽イオンとなって電気化学的に保護する犠牲的防食作用により鉄の腐食を抑える。この現象を塗装の場合と比較すると図4のようになる。

	亜鉛の場合	鉄の場合
さびの生成後	<p>さび <math>[ZnO + Zn(OH)_2]</math></p> <p>Zn</p> <p>緻密なさびの薄膜が保護皮膜となる</p>	<p>さび <math>[Fe_2O_3 \cdot nH_2O]</math></p> <p>Fe</p> <p>粗なさびが進行する</p>

図3 亜鉛と鉄のさびの相違

Fig.3/Difference of corrosion between zinc and iron

	亜鉛めっき	塗 装
キズの発生	<p>Zn</p> <p>Fe</p>	<p>塗膜</p> <p>Fe</p>
腐食の進行	<p>Zn</p> <p>Fe</p> <p>亜鉛の犠牲防食作用により鉄は腐食されない</p>	<p>さび</p> <p>塗膜</p> <p>Fe</p> <p>粗い鉄さびにより塗膜が大きく破れ腐食が進行する</p>

図4 キズが生じた場合の亜鉛めっき皮膜と塗装皮膜の腐食状態

Fig.4/Corrosion in case of damaged galvanized coating and damaged painted coating

## 6.2 環境と耐食性

(1) 大気中の耐食性

大気中における溶融亜鉛めっきの耐食性は使用環境によって大きく異なる。例えば気温、湿度、雨量などの気象要素の他に、大気汚染物質である大気中の亜硫酸ガス、窒素酸化物、塩分、降下塵埃などによって影響される。ある特定地点での耐用年数を知るには、その地点での実測結果で行っている。各環境下での大気暴露試験による推定耐用年数を図5に示す。

(2) 水中の耐食性

溶融亜鉛めっきは水中でもめっき表面に保護皮膜が形成され、優れた耐食性を示す。溶融亜鉛めっきの耐食性は、水中の含有成分の種類やその量、また水温や流速によって異なる。一般に水中の耐食性はpHと温度の影響が大きく、以下これについて述べる。

①pHの影響

亜鉛めっき皮膜はpHによって溶解速度は異なる。

溶解速度とpHの関係を図6に示す。

亜鉛は水中で $Zn(OH)_2$ の皮膜を生成する。 $Zn(OH)_2$ の溶解度は極めて小さいが溶解しているものは次のように電離し平衡になっている。



すなわち、Znは両性金属であるので水素イオンも水酸化イオンも生じ、つまり酸ともアルカリとも反応し、溶解する。したがって亜鉛めっきはpH 6～12の範囲で使用するのが得策である。

②温度の影響

亜鉛の蒸留水の中での腐食速度は温度によって変化する。およそ60～80℃のあいだで非常に強い腐食域をもっている。蒸留水中の亜鉛の腐食と温度との関係を図7に示す。

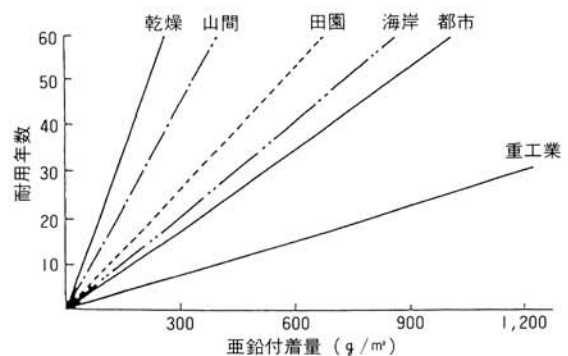


図5 溶融亜鉛めっき付着量と耐用年数の関係

Fig.5/Relation between weight of zinc coating and its life

これは亜鉛の腐食生成物の状態が温度によって変わり表面保護の程度が変化するためである。50℃付近まではゼラチン状の皮膜となって表面保護をするが50～90℃の範囲では密着性も保護性も悪い皮膜に変わり、90℃以上では再び保護性のよい水酸化皮膜になる。

### (3) 土壌中の耐食性

土壌中で腐食速度を支配する主な要因は、通気性、含水量、溶存物質の種類と量、電気伝導度、pHなどである。

土壌中の腐食速度は土壌の性質により広い範囲でばらつくが、一例として表4のようなものがある。

表4/亜鉛の土壌中の腐食速度

Tab.4/Corroding speed of zinc in soil

土壌の種類		mil/y
無機質酸化性酸性土壌	粘土ローム	0.29
	ローム	0.16
	粘土	0.22
無機質酸化性アルカリ性土壌	沈泥ローム	0.24
	砂利質ローム	0.72
無機質還元性酸性土壌	粘土	0.26
	粘土	0.26
無機質還元性アルカリ性土壌	粘土	1.18
	堆肥	0.61
有機質還元性酸性土壌	沼地	0.54
	堆肥	0.99

出典：亜鉛ハンドブック

## 7 溶融亜鉛めっきの経済性

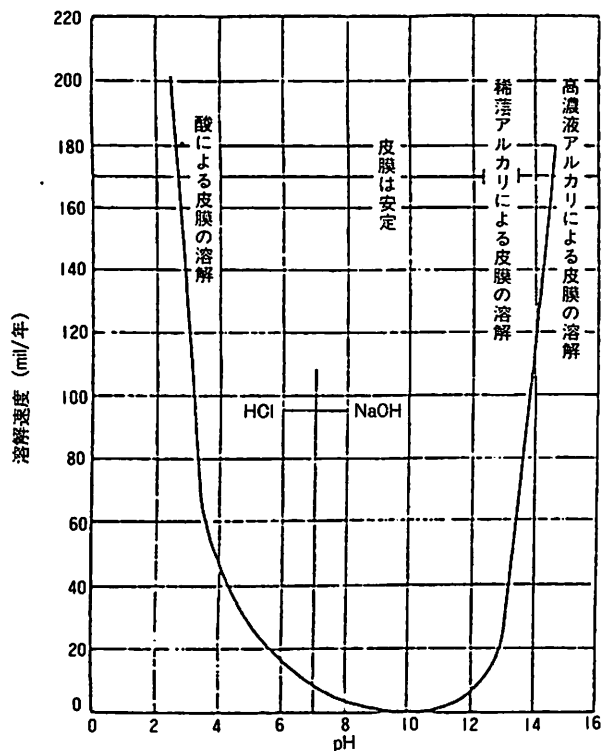
いろいろな防錆方の中で、溶融亜鉛めっきは最も経済的な方法といわれている。他に広く使われている塗装と溶融亜鉛めっきとについて、その経済性を比較する。一般に防錆の経済性について考える場合、次の初期費用と維持費用の二つの要素を併せて考える必要がある。

### 7.1 初期費用

亜鉛めっきは保守に殆ど費用はかからないが、初期費用が高いというのが、一般の通念であった。しかし最近人件費の高騰により、亜鉛めっきは工場内で加工されるため、塗装に比べて人件費の割合が少ないので、その費用の上昇は緩やかであり、現在では亜鉛めっきの方が安いという実績もでている。

### 7.2 維持費用

維持費に関しては、塗装は数年の周期で塗り替えが必要であるのに比べて、亜鉛めっきは殆ど補修が必要でないため、塗装の方が高いことはいうまでもない。



出典：さびを防ぐ事典

図6/亜鉛めっき皮膜のpHによる溶解速度

Fig.6/Dissolving speed of galvanized coating according to pH

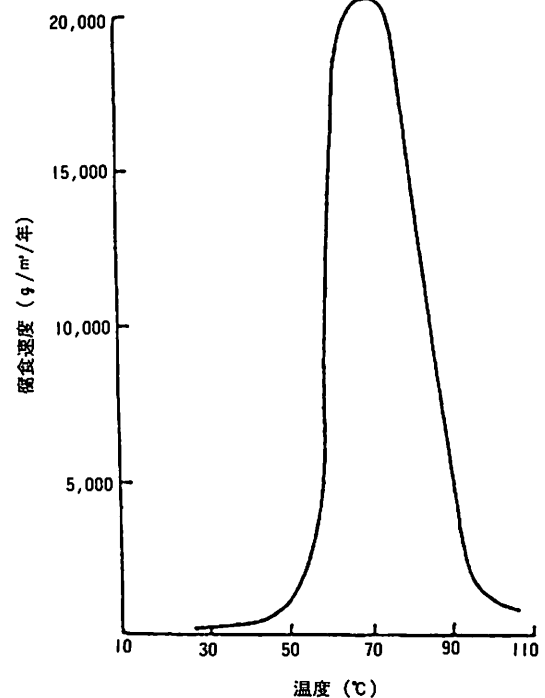


図7/亜鉛の温度と腐食速度の関係

Fig.7/Relation between temperature and corroding of zinc

表5、図8に亜鉛めっき鋼構造物研究会が出した総費用比較例を示す。この図をみると総費用において、亜鉛めっきの方が有利であることは一目瞭然であろう。

また工事施工上天候に左右される塗装に比べ、亜鉛めっきの方が影響が少なく、費用、工事計画においても有利である。

表5／溶融亜鉛めっきと直接経費の比較  
(期間：30年)

Tab.5/Comparison of cost between galvanizing and painting

項目	溶融亜鉛めっき			塗 装	
	A鋼材	B鋼材	C鋼材	例1	例2
初期費用 (円/㎡)	1,218	2,440	4,670	2,470	3,275
塗替え	単価 (円/㎡)	—	—	1,923	2,325
	周期×回数	—	—	5×5	10×2
	小計 (円/㎡)	—	—	9,615	4,650
合計費用 (円/㎡)	1,218	2,440	4,670	12,085	7,925

- 注) 1 建築物価平成2年4月号  
 2 A, B, C鋼材は肉厚4, 8, 15mmで寿命36, 36, 48年とする  
 3 塗装例1 C種ディスクサンダー, 下, 中, 上ペイント各1回  
 例2 C種ディスクサンダー, エポキシ3回  
 塗り替えは同一仕様とし, 面積は半分ケレン3種

出典：鋼構造物の溶融亜鉛めっき

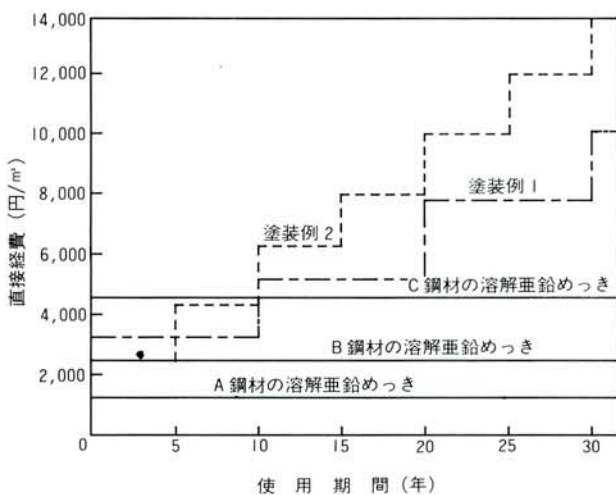


図8／溶融亜鉛めっきと塗装との直接経費の比較  
(一般鉄鋼製品)

Fig.8/Comparison of cost between galvanizing and painting

## 8 被めっき製品の設計と製作にあたって (めっき作業, 品質に及ぼす影響)

### 8.1 素材の材質

同一条件でめっきしても、めっき層の厚み、外観(やけ)、性質(密着性)などに異常が起こることがある。これは鋼材の化学成分によって大きく影響されるからである。特に高張力鋼は十分な注意が必要である。

一般に高張力鋼は炭素(C)、珪素(Si)、マンガン(Mn)が多く含有されており、以下主な成分の影響について説明する。

#### (1) 珪素 (Si)

最も影響の大きい元素である。図9に含有量と亜鉛付着量との関係の一例を示す。

図では0.05%以下、また0.15~0.30%の間以外のものは反応が激しく、異常に厚いめっき層になったり、やけが発生することがある。しかし作業条件である程度この現象を小さくすることができる。

#### (2) 炭素 (C)

一般のめっき用鋼材の炭素含有量は0.04~0.3%程度であるが、0.2%までは影響を及ぼさない。

#### (3) マンガン (Mn)

1.35%以下では影響が少ないが、多量になると合金化反応が激しくなる。

以上であるが、めっき作業条件である程度異常を押さえることができるので、めっき業者と連絡をとることが必要である。

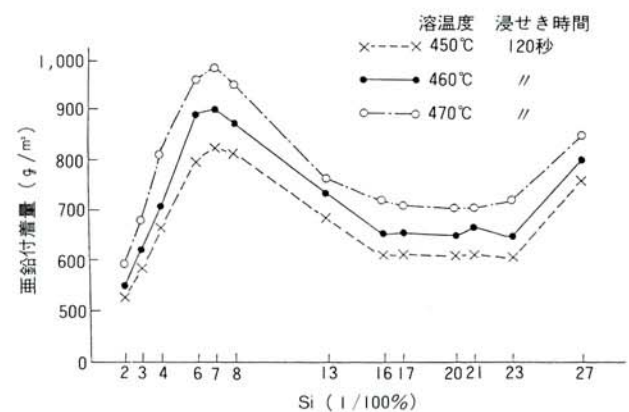


図9／Si量と亜鉛付着量との関係

Fig.9/Relation between silicon content and weight of zinc coating

## 8.2 寸法及び重量

めっき可能な製品の大きさ及び重量はそのめっき槽の寸法と、工場のクレーンなどの搬送設備で制限される。

寸法については、被めっき製品の寸法がめっき槽に全没できるものは1回の浸せきで均一なめっき層が得られる。長さについては、「2度浸せき法」とれば槽寸法より60%ぐらい長いものまでめっきできる。しかし「2度浸せき法」のものは重複部分は厚めっきになり、耐食性はよいが外観は1度浸せき製品よりも劣る。

## 8.3 形状

(1) めっき素材が亜鉛と完全に接触しなければならない。また素材を槽に漬けたときに、ガスや水蒸気が閉じ込められることなく逃げ去る形状にしなければならない。

(図10)

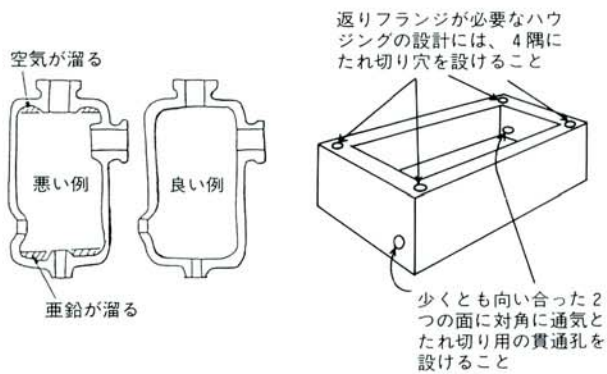


図10/空気・亜鉛溜まり

Fig.10/Collection of air or zinc

(2) めっき槽から引き上げるときに、亜鉛が溜まったりすくい出さねばならない形状は不相当である。亜鉛が流れ出るようにコーナー部に適当な穴や隙間をあけることが必要である。(図11)

(3) 管または組立品で密封された空洞部分があると非常に危険である。特に内部に水分が入っていると、めっき温度で急激に膨張して高い圧力を生じ、爆発を起こす。このような構造物には図12のように必ず空気抜きと亜鉛の流出・流入の穴をあけておくことが必要である。この場合、穴の位置や大きさに配慮する必要がある、めっき業者との打ち合わせが望ましい。

## 8.4 重ね合せ

重ね合せされる鋼板は、重ね合わせ部の油やグリースをあらかじめ完全に除いておかなければならない。油やグリースはめっき温度でガス化して、不めっきやときに

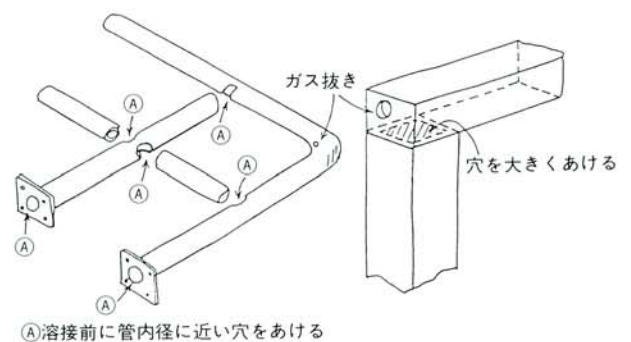


図12/空洞部分

Fig.12/Hollow Part

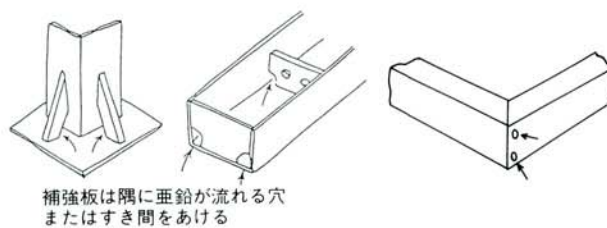


図11/亜鉛溜まりの防止

Fig.11/Prevention of Zinc collection

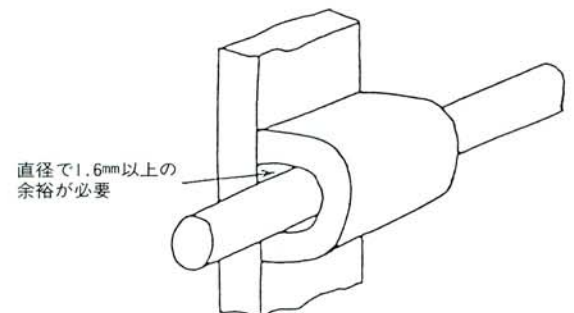


図13/可動部

Fig.13/Movable part

は素材の破損の原因となる。重ね合わせ部は全長を連続して完全に溶接すること、また接触面は密着させ、内部には水分が残らないようにすることである。

## 8.5 可動部

図13のように可動部のある製品が、めっき後も自由に動くためには、1.6mm～2mmの余裕が必要である。

## 8.6 歪みについて

鉄鋼製品を溶融亜鉛めっきすると歪みが発生することがある。これは440℃～470℃の亜鉛浴へ浸せし、引き続き水冷するという急激な熱変化のために生ずるが、また被めっき品の製作過程での残留応力も大きな原因となる。

歪みや変形を小さくするには次のような注意が必要である。

- (1) 左右対象な形状の部材を使用し、厚みの差の大きなものを組み合わせない。
- (2) 曲げ加工はできるだけ大きな曲率にする。
- (3) 溶接はその方法により図14のような歪みが発生する。スポット溶接は変形が発生しやすい。
- (4) タンク類は発生するガス、溶融亜鉛の流出入穴をできるだけ大きくする。

## 8.7 ラジエータ及び変圧器ケースの製作留意点

### (1) ラジエータ

ラジエータのめっきは、450℃以上の高温の浴槽に浸して、薄い空洞のパネル部の外面にめっきするので、変形や破損が懸念される。

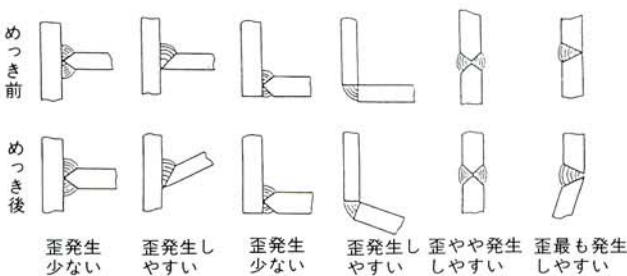


図14/溶接方法と歪み

Fig.14/Welding method and distortion

- ①溶接部のスケールを完全に除去しておく。溶接部のスケールは通常の酸洗工程では除去できず、不めっきの原因となる。溶接時にハンマーやショットで除去しておくことが必要である。
- ②ワニス類の除去。鋼材特にヘッダーの鋼管に塗られているワニス類は脱脂槽への長時間浸せきができないので、事前除去が望ましい。
- ③ラジエータパネル変形防止用の部材を溶接付する。熱歪み等による変形を防止するために鋼材を斜めに溶接付しておく。(図15)

この変形防止用の部材の数や当て方は、ラジエータの大きさによって決めることが必要である。部材が不足すると変形防止の効果を少なくなるが、逆に小さなラジエータに多くの部材を付けると、部材の間隙が小さくなり、めっき時の浴槽への沈めこみの治具が入らなくなったり、ラジエータパネルが破損しやすくなる。事前の打ち合わせが望ましい。

- ④エア抜き用パイプ取り付け。めっき時にラジエータ内部の高温になったエアを抜くためにパイプを取り付ける。めっき前にフランジのめくら板をパイプに取り替える。パッキングは高温に耐えるものを使う。フランジの厚さは適当な厚さ(16mm以上)でないと、フランジが変形して内部に液などが侵入するおそれがある。(図16)
- ⑤漏れテスト用の液抜き。ラジエータの漏れテストに液体を使用した場合、抜いておかないと破損など危険性がある。
- ⑥取り扱いの注意。パネルの変形や破損を防ぐため、運搬時直にワイヤを使ったり、堅いものへぶっつけたりすることのないように注意する。  
ラジエータの積み重ねも木材などを介するのが望ましい。

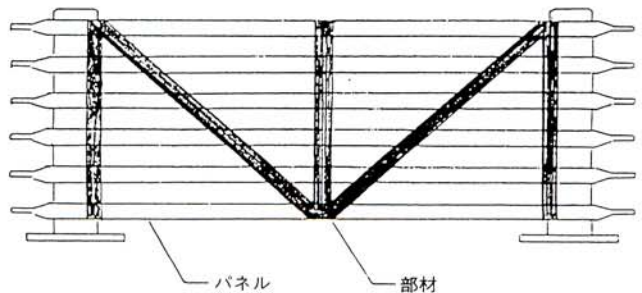


図15/パネル変形防止用部材

Fig.15/Protector against fins distortion

## (2) 変圧器ケース

変圧器ケースは、ラジエータパネルなどいろいろな鋼板が組み合わされて出来ているので、最も懸念することは高温のめっき槽での熱歪みによる変形や割れである。

- ①鋼材の化学成分。めっきやけに影響の大きいものは化学成分のSi含有量である。しかし、めっき後塗装しないものでめっきやけを問題としない場合はこの限りでない。
- ②溶接部のスケール除去。ラジエータでも述べたように、不めっき防止のために除去する。
- ③板の交差部に切り欠きをつくる。板の交差部やコーナーに亜鉛溜まりができないように、貫通穴又は切り欠きをつくる。とくに変圧器ケースは割れや変形防止のため低温でめっきを行うので、亜鉛の流動性が悪くなりこの配慮が必要である。
- ④エア抜き用の穴を適所に設ける。液槽やめっき槽に浸せきしたとき、内部にエア溜まりができると不めっきになる。
- ⑤割れや変形防止のために次の事項を配慮することが望ましい。
  - ・鋼板の板厚差に注意する。
  - ・熱歪みに耐えるよう溶接部の肉盛りをとる。
  - ・パネル寸法のあまり長いものは、短くしたり分割する。

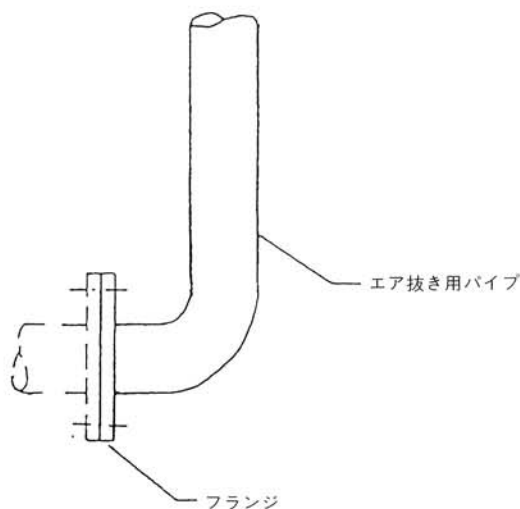


図16/エア抜き用パイプ  
Fig.16/Air extracting pipe

## 9 おわりに

以上溶融亜鉛めっきの技術的な知識及びめっき製品の設計製作にあたっての留意点などについて述べてきたが、より良い製品にするためにも事前の打ち合わせが望ましい。

### 参考文献

- (1) 亜鉛ハンドブック1992年版：日本鉛亜鉛需要研究会編
- (2) さびを防ぐ辞典：(株)産業調査会出版部
- (3) 鋼構造物の溶融亜鉛めっき：亜鉛めっき鋼構造物研究会

