

熔融亜鉛めっき製品の外観について 【やけ】

1. 熔融亜鉛めっきとは

熔融亜鉛めっきの歴史は古く、1742年フランスのP.J.Malouinによって発明され、日本では1906年に官営八幡製鉄所で鉄鋼板への熔融亜鉛めっきが始まり、100年以上の実績を持つ防錆方法です。

この処理は、前処理した鉄鋼素材を、熔融した液体金属亜鉛（約450℃）のめっき浴へ一定時間浸漬し、その後引き上げ、素材表面で液体金属を凝固させて金属被覆するめっき方法です。図1にめっき工程の概略を示します。

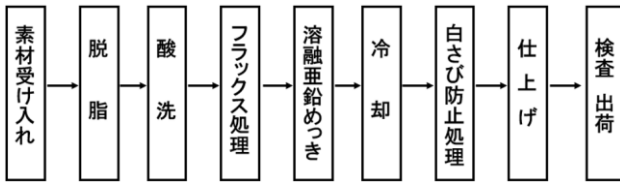


図1 めっき工程の概略

亜鉛めっき浴に鉄鋼素材が浸漬されると、鉄鋼素材とめっき浴（液体金属亜鉛）との界面で合金反応（素材中の鉄成分と液体亜鉛の拡散反応）が進み、鉄-亜鉛合金層が形成され、素材と密着力が高い、また比較的厚いめっき層の形成が可能となります。図2に光学顕微鏡で観察された熔融亜鉛めっきの組織を示します。

熔融亜鉛めっきの組織は、鉄鋼素材との界面から順に、 $\delta 1$ （デルタ-1、 $FeZn_{10}$ ）、 ζ （ツェータ、 $FeZn_{13}$ ）および主に亜鉛（めっき浴）が凝固した η （イータ）層から構成されています。即ち、合金層とは $\delta 1$ および ζ を指し、その合金層（膜厚）の発達は、めっき浴温度およびめっき浴への浸漬時間に比例して増減し、かつ鉄鋼素材中の成分（Si や P）等の影響により活発になる場合があります。

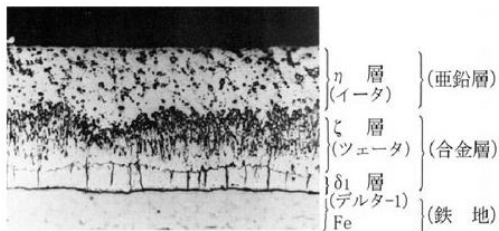


図2 熔融亜鉛めっき層の組織断面

2. やけとは

やけとは、図3のように、合金層がめっき表面まで発達したものです。写真1のように、やけの程度によって亜鉛光沢の失われた灰色や亀甲模様のような外観になる場合があります。

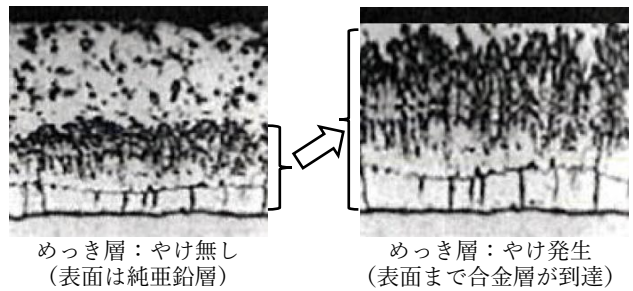


図3 やけの組織断面



写真1 やけの外観

2-1 やけの発生原因

鋼材の成分等の影響により鉄と亜鉛の合金反応が活発になることが原因です。鋼材の製造工程によってけい素（Si）やりん（P）の含有量に違いがあり、やけの発生具合に差が生じることがあります。

(1) けい素の影響

けい素は、他の元素に比べ最もやけに影響を及ぼすといわれています。JIS H 8641：2021 解説より抜粋したやけとけい素量との関係を図4に示します。

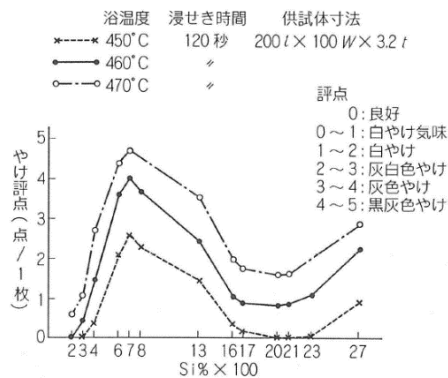


図4 やけとけい素量との関係

図4のように、けい素量が0.02%以下であれば問題はありません。0.05%~0.12%の範囲では、鉄と亜鉛との合金反応が非常に活発になり、やけやすい傾向を示します。また、0.16%~0.23%の範囲では合金反応がやや抑制されますが、0.24%以上では再び活発になります。

(2) りんの影響

りんは、含有量が増加すると合金反応が活発になる傾向を示します。激しい場合、めっき皮膜が剝離することもあります。

(3) その他

炭素、マンガン等もやけに影響するといわれていますが、けい素やりん程顕著ではありません。

また、液体金属亜鉛と直接接触する鋼材表面の化学成分は、製鋼工程の影響により鋼材中央部とは異なる場合もあるため、化学成分の値だけで、やけ発生の有無を判断することはできない場合があります。

写真2は同じ製鋼ロットの鋼管を2本同時にめっきしましたが片側のみやけが発生した事例です。2本同時にめっきしたため、前処理およびめっき条件は同じでしたが、鋼材表面の化学成分の違いにより片側にやけが発生したものと推測しています。程度の差はありますが、このような事例は時々発生していて珍しいことではありません。



写真2 片側のみが発生したやけ

2-2 やけが発生した部分の耐食性

やけが発生した部分とやけが発生していない部分の耐食性は、通常の大気中ではほとんど変わらず、大気汚染の激しい工業地帯では、むしろ、やけが発生した部分の方が優れていることが確認されています。¹⁾

また、やけやすい鉄鋼素材は、合金層の成長が早く、非常に厚いめっき皮膜が得られることとなりますので耐食性が高いというのが一般的な傾向です。

JIS H 8641:2021には、「めっきの目的は、耐食性の付与にあり、装飾の目的で施されるものではないため、外観の規定は、美観的要求事項を満足させるものではない。」との記載があります。また、やけについては、「防食性能には悪影響を及ぼさないため、補修などは不要である。」とも記載されています。

3. やけに関するまとめ

やけに関しては外観上の違いはありますが、やけが発生した部分とやけが発生していない部分の耐食性には差がありません。

また、実際に施工された道路の標識柱等の溶融亜鉛めっき製品を見ると製品全体が一様に灰色になっているように、他のめっき部分も時間の経過とともに本来のめっき色(亜鉛の保護皮膜²⁾の灰色)に徐々に変化していきますので、やけによる外観の違いは殆ど目立たなくなります。

銀色の塗料等を用いてやけ部分の色合わせ補修を行った場合、経時変化によってめっき部分は灰色になり、色合わせを行った部分のみ塗料色が残り(写真3)、目立つことがありますので、補修せずに使用されることをお勧めします。



写真3 経時変化後の外観

注¹⁾ 昭和39~49年の10年間の日本溶融亜鉛鍍金協会による大気暴露試験結果による。

注²⁾ 溶融亜鉛めっきは大気中の酸素、二酸化炭素、水分等と反応し、表面に腐食生成物が形成されます。この腐食生成物はやがて薄く緻密な保護皮膜となり、亜鉛めっきの減耗をさらに低下させます。