

溶融亜鉛めっき製品の外観について 【ステンシル跡】

1. 溶融亜鉛めっきとは

溶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溶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、溶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。

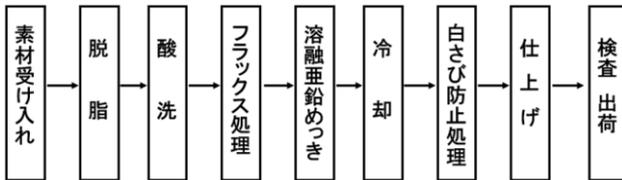


図1 めっき工程の概略

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、素材と密着性が高くなり、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溶融亜鉛めっきの組織を示します。

溶融亜鉛めっきの組織は、鉄鋼素材との界面から順に、 δ_1 （デルタ-1、FeZn₁₀）、 ζ （ツェータ、FeZn₁₃）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 δ_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。

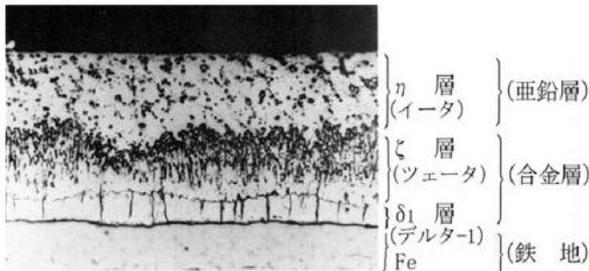


図2 溶融亜鉛めっき層の組織断面

2. ステンシル跡とは

溶融亜鉛めっきした鋼材の表面に、写真1のように、文字がそのまま視認できる状態が発生する現象のことです。



写真1 ステンシル跡の外観

3. ステンシル跡の発生原因

ステンシル跡の膜厚を測定すると、周辺部より約20μm薄いですが、めっき皮膜自体は形成されていることが確認できます。したがって、このステンシル跡は「不めっき」ではなく、「合金層の成長差」に起因して生じる現象です。

溶融亜鉛めっき皮膜は、鉄と亜鉛が反応して合金層（ δ_1 層・ ζ 層）が形成され、その上に純亜鉛層（ η 層）が付着しています（図2参照）。

この合金層の厚みは、めっき浴の温度の他、鋼材の板厚、鋼材成分、表面粗さなどの影響を受け、最終的な皮膜厚さを左右する主要因となります。

鋼材表面に赤さびが発生すると、表面が粗くなり、合金層が成長しやすくなります。一方、ステンシルで覆われていた部分は赤さびが発生せず表面が滑らかであるため、周辺部との合金層の成長に差が生じ、その結果が膜厚の差になります。

また、ステンシル跡が視認されるのは合金層（ δ_1 層・ ζ 層）が薄くなることで光学的特性が変化し、反射の違いとして現れるためです。周辺部との合金層の厚さ・結晶構造・表面粗さの差異が光の反射状態を変え、「跡」として見えるようになります。

なお、使用するマーカの種類によっては、文字の下の鋼材に錆を発生させる場合があります。この場合は、前述とは逆に、錆による表面荒れが合金層

の成長を促進し、文字が残る現象を引き起こします。一般に、錆びは塩素系や硫黄系成分を含むインクで発生しやすいとされています。

4. ステンシル跡の対策

前項で述べたとおり、ステンシル跡は鋼材素地の錆により表面粗さが変化し、合金層の成長に差が生じることで発生します。したがって、最も有効な対策は、鋼材を錆びさせないよう適切に保管・管理することです。

特に、湿度が高い場所、結露が発生しやすい環境、飛来塩分の影響を受ける地域では、**写真2**に示すような錆が通常よりも数倍の速度で進行します。このような環境下では、短期間でも表面状態が大きく変化するため、保管場所の選定や防錆対策に十分注意する必要があります。



写真2 錆が進行した外観

5. ステンシル跡の処置

ステンシル跡は、周囲と比較して外観が一時的に異なって見えるものの、実際の使用環境においては徐々に目立たなくなります。道路標識柱などの溶融亜鉛めっき製品を例にすると、設置後しばらく経

過した製品は全体が一様な灰色（保護皮膜による自然な灰色）へと変化していきます。この経時変化により、ステンシル跡も次第に周囲と馴染み、視認しにくくなります。一方、ステンシル跡を気にしてグラインダーなどの工具で削り取ったうえでめっきを行うと、削った際の刃跡が製品表面に残り、**写真3**のようにかえって目立つ場合があります。これらの刃跡は、自然な経時変化では消えにくく、外観上の不均一さが長時間残る可能性があります。

以上の理由から、ステンシル跡の手直しは行わず、そのまま使用されることをお勧めします。



写真3 きずの入った外観

以上