

## 明 細 書

発明の名称：Zn－Al－Mg系溶融めっき鋼部材

### 技術分野

[0001] 本発明は、Zn－Al－Mg系溶融めっき鋼部材に関する。

本願は、2023年2月9日に、日本に出願された特願2023-018261号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 耐食性の良好な鋼部材として使用されるものに溶融めっき鋼部材がある。

溶融めっき鋼部材の代表例である溶融亜鉛めっき鋼板は、自動車、家電、建材分野など種々の製造業において広く使用されている。

[0003] 溶融亜鉛めっき鋼部材の耐食性をさらに向上させることを目的として、溶融亜鉛めっき層にAlやMgを含有させたZn－Al－Mg系溶融亜鉛めっき鋼部材が提案されている。また、Zn－Al－Mg系溶融亜鉛めっき鋼部材のめっき表面の外観を向上させる技術も提案されている。

[0004] 特許文献1には、Mg、Al及びZnを含有し、防眩性を有する溶融Zn基めっき鋼板が記載されている。

特許文献2には、キメが細かく、かつ平滑な光沢部が多い梨肌を有するZn－Al－Mg系溶融めっき鋼板が記載されている。

特許文献3には、Mg、Al及びZnを含有し、外観品位に優れた溶融めっき鋼板が記載されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：日本国特開2015-193881号公報

特許文献2：国際公開第2011/001662号

特許文献3：日本国特開2004-143505号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献 1 ～ 3 に記載された溶融めっき鋼板は外観に関する技術であるが、近年、外観向上のほかに、より一層の耐食性向上と、耐食性を高めるために化成処理層の密着性向上とを求めるニーズが高まっている。また、スポット溶接などの電気抵抗溶接の溶接性を向上させるために、溶接電極に接触した場合の導電性の向上も必要とされている。そして、これらの特性をバランスよく改善することが溶融めっき鋼部材に求められている。

[0007] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、耐食性および化成処理層の密着性に優れ、化成処理層を形成した場合であっても溶接電極との導電性に優れ、更に、疵の目立ちにくい優れた外観を備えた  $Zn-Al-Mg$  系溶融めっき鋼部材を提供することを課題とする。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を採用する。

[1] 本発明の一態様に係る  $Zn-Al-Mg$  系溶融めっき鋼部材は、鋼部材と、前記鋼部材の表面に配置された溶融めっき層と、を備え、

前記溶融めっき層の平均組成は、質量％で、

$Al$  : 4 ～ 22 %、

$Mg$  : 1.0 ～ 10 %、

$Fe$  : 0.0001 ～ 2 %、

$Si$  : 0 ～ 2 %、

$Ni$  : 0 ～ 2 %、

$Ti$  : 0 ～ 2 %、

$Zr$  : 0 ～ 2 %、

$Sr$  : 0 ～ 2 %、

$Sb$  : 0 ～ 2 %、

$Pb$  : 0 ～ 2 %、

$Sn$  : 0 ～ 2 %、

$Ca$  : 0 ～ 2 %、

$Co$  : 0 ～ 2 %、

Mn : 0 ~ 2 %、  
P : 0 ~ 2 %、  
B : 0 ~ 2 %、  
Bi : 0 ~ 2 %、  
Cr : 0 ~ 2 %、  
Sc : 0 ~ 2 %、  
Y : 0 ~ 2 %、  
REM : 0 ~ 2 %、  
Hf : 0 ~ 2 %、および  
C : 0 ~ 2 %

を含有し、残部がZnおよび不純物を含み、

前記溶融めっき層の表面を撮像した画像データの二値化画像データにおいて、白画素の合計面積率が30%以上70%以下であり、

前記二値化画像データは、前記画像データを大津の二値化法により二値化処理して得られる。

[2] 上記[1]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記溶融めっき層の表面に、化成処理層を有してもよい。

[3] 上記[2]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材において、前記化成処理層は金属外観を有してもよい。

[4] 上記[1]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が150以下であり、黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上であってもよい。

[5] 上記[2]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が150以下であり、黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき

層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上であってもよい。

[6] 上記[1]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が70以下であり、黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上であってもよい。

[7] 上記[1]～[6]の何れかに記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記溶融めっき層が、平均組成で、下記A群、下記B群または下記C群から選択される1種または2種以上を含有してもよい。

A群: Si: 0.0001～2質量%

B群: Ni、Ti、Zr、Srのいずれか1種または2種以上を、合計で0.0001～2質量%

C群: Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、Sc、Y、REM、Hf、Cのいずれか1種または2種以上を、合計で0.0001～2質量%

[8] 上記[5]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記A群を含有してもよい。

[9] 上記[5]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記B群を含有してもよい。

[10] 上記[5]に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材は、前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記C群を含有してもよい。

### 発明の効果

[0009] 本発明によれば、耐食性および化成処理層の密着性に優れ、化成処理層を形成した場合であっても溶接電極との導電性にも優れ、更に、疵の目立ちにくい優れた外観を備えたZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材を提供できる

。

### 図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、Zn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材の製造方法を説明する模式図である。

[図2]図2は、白画素および黒画素の各集合領域を説明する画像データであって、溶融めっき層の表面を撮像した画像データを大津の二値化法によって二値化処理を行うことで得られた二値化画像データである。

### 発明を実施するための形態

[0011] Zn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材の溶融めっき層は、梨地状の外観を呈する。梨地状の外観は、溶融めっき層の表面に、微細な白色部分と光沢部分とが混在することによって現れる。白色部分では、表面粗さが比較的大きいために、入射した光が拡散反射することによって白色もしくは白色に近い色彩に見える。一方、光沢部分では、表面粗さが比較的小きいために、入射した光が拡散反射しにくくなり、これにより金属光沢もしくは金属光沢に近い形態を呈する。白色部分が多くなることで、疵が目立ちにくくなる。

[0012] ここで、溶融めっき層の上に化成処理層を形成する場合、一般的には、化成処理層の表面の高さが、溶融めっき層全体においてほぼ均一になるように形成する。

この場合に、溶融めっき層において白色部分が多くなると、溶融めっき層の表面粗さが全体的に大きくなるので、そのアンカー効果によって化成処理層の密着性が高まる。また、溶融めっき層の表面粗さが大きいため、化成処理層は比較的厚く形成する傾向になるが、これに伴い、溶融めっき層の耐食性も向上する傾向になる。

一方、溶融めっき層において、光沢部分が多くなると、溶融めっき層全体の表面粗さが小さくなるので、化成処理層を比較的薄くすることができる。その結果、溶融めっき鋼板に溶接電極を押し当てた際に、溶接電極と溶融めっき層との間の導電性が向上する。このため、光沢部分が多い溶融めっき層は、スポット溶接などの電気抵抗溶接の溶接性が向上する。

[0013] 以上のことから、溶融めっき層の白色部分と光沢部分との割合を適切な範囲に調整することが可能になれば、疵の目立ちにくい優れた外観、溶融めっき層の耐食性、溶融めっき層と化成処理層との密着性、および、溶融めっき層と溶接電極との間の導電性を備えることが可能になると考えられる。しかし従来、これらを全て満足する溶融めっき層を得ることが困難であった。

[0014] そこで本発明者らが更に検討したところ、鋼板などの鋼部材の表面に溶融めっき層を形成させる際、複数の噴射ノズルを備えた冷却装置から酸素を加えたエア－冷媒を噴霧することで、溶融めっき層の表面酸化が促進され、溶融めっき層の表面に白色部分が形成されやすくなる現象を確認した。ここで、冷媒を噴射する際、全ての噴射ノズルから一斉に噴射するのではなく、一部の噴射ノズルから冷媒を噴射しつつ、冷媒を噴射する噴射ノズルをランダムに切り替えることで、疵の目立ちにくい優れた外観、耐食性、化成処理層との密着性、溶接電極との間の導電性を同時に満足できることを見出した。さらに、この特長を有する溶融めっき層に対し、画像の二値化処理に使われる「大津の二値法」と呼ばれる二値化方法によって、溶融めっき層のデジタル画像を二値化処理することによって、白画素及び黒画素を含有する二値化画像を得た場合に、白画素の合計面積率が所定の範囲になることを併せて見出した。すなわち、前述の二値化画像において、白画素の合計面積率が所定の範囲であるめっき鋼板によれば、疵の目立ちにくい優れた外観、耐食性、化成処理層との密着性、溶接電極との間の導電性を同時に満足させることができる。

[0015] 以下、本実施形態のZn－Al－Mg系溶融めっき鋼部材について説明する。

本実施形態のZn－Al－Mg系溶融めっき鋼部材（以下、溶融めっき鋼部材という）は、鋼部材と、鋼部材の表面に配置された溶融めっき層と、を備え、溶融めっき層の平均組成は、質量％で、Al：4～22質量％、Mg：1.0～10質量％、Fe：0.0001～2％を含有し、残部がZnおよび不純物を含み、溶融めっき層の表面を撮像した画像データの二値化画像

データにおいて、白画素の合計面積率が30%以上70%以下である。

また、本実施形態の溶融めっき鋼部材は、上記の溶融めっき層の表面に更に化成処理層を備えてもよい。

また、溶融めっき層の表面を化成処理層の上から撮影した画像データの二値化画像データにおいて、白画素の合計面積率が30%以上70%以下であり、金属外観を有してもよい。

[0016] 溶融めっき層の下地となる鋼部材は、例えば鋼板、鋼材、もしくはこれら的加工して得られる部材であるが、その材質に特に制限はない。詳細は後述するが、鋼部材の材質として、一般鋼などを特に制限はなく用いることができ、A1キルド鋼や一部の高合金鋼も適用することも可能である。鋼部材の形状にも特に制限はない。鋼部材に対して後述する溶融めっき法を適用することで、本実施形態に係る溶融めっき層が形成される。溶融めっき層は、鋼部材の表面に形成される。すなわち、溶融めっき層は、鋼部材が鋼板の場合には、鋼板の両面に形成される。なお、鋼部材とは、鋼板、鋼材に加え、これら加工することで得られる部材も包含される。鋼部材は、例えば、自動車、家電、建材分野などで利用される鋼製品であってもよい。

[0017] 次に、溶融めっき層の化学成分について説明する。

溶融めっき層は、平均組成で、質量%で、Al:4~22%、Mg:1.0~10%、Fe:0.0001~2%を含有し、残部としてZnおよび不純物を含む。溶融めっき層は、平均組成で、Al:4~22%、Mg:1.0~10%、Fe:0.0001~2%を含有し、残部としてZnおよび不純物からなってもよい。

[0018] また、溶融めっき層は、平均組成で、下記A群、下記B群または下記C群から選択される1種または2種以上を含有してもよい。なお、溶融めっき層の化学成分において、下記A群、下記B群および下記C群の各元素の下限値は0%であってもよく、0%超であってもよい。また、溶融めっき層は、平均組成で、Al:4~22%、Mg:1.0~10%、Fe:0.0001~2%を含有し、さらに下記A群、下記B群または下記C群から選択される

1種または2種以上を含有し、残部としてZnおよび不純物からなってもよい。

[0019] A群：Si：0.0001～2質量%

B群：Ni、Ti、Zr、Srのいずれか1種または2種以上を、合計で0.0001～2質量%

C群：Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、Sc、Y、REM、Hf、Cのいずれか1種または2種以上を、合計で0.0001～2質量%

[0020] なお、溶融めっき層の組成は、次のような方法で測定できる。まず、溶融めっき鋼板から、腐食等の明らかな欠陥が無く、端部から50mm離れた50mm×50mmの矩形の領域を切断してサンプルを採取する。次に、めっき層を浸食しない塗膜剥離剤（例えば、三彩化工社製ネオリバーSP-751）を用いて、サンプルから表層の塗膜層および化成処理層を除去する。表層の塗膜層および化成処理層が十分に除去しきれない場合は、めっき層よりも硬度が低い研磨剤を用いた研磨を併用して除去する。その後、インヒビター（例えば、スギムラ化学工業社製ヒピロン）入りの5%塩酸にサンプルを浸漬することで溶融めっき層を溶解する。得られた溶液を誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析に供することで溶融めっき層の組成を求めることができる。ただし、上記方法では正確な分析ができないSiについては、得られた溶液に対して、さらに、JIS G1258-3に基づく酸分解・炭酸ナトリウム融解法で処理した後に分析することでSi含有量を求めることができる。

[0021] Alの含有量は、平均組成で4～22質量%である。Alは、耐食性を確保するために必要な元素である。溶融めっき層中のAlの含有量が4質量%未満では、耐食性を向上させる効果が不十分になり、22質量%を超えると耐食性を向上させる効果が飽和する。耐食性の観点から、好ましくは5～20質量%とする。より好ましくは6～20質量%とする。

[0022] Mgの含有量は、平均組成で1.0～10質量%である。Mgは、耐食性

を向上させるために必要な元素である。溶融めっき層中のMg含有量が1.0質量%未満では、耐食性を向上させる効果が不十分である。溶融めっき層中のMg含有量が1.0質量%を超えるとめっき浴でのドロスが著しく発生し、安定的に溶融めっき鋼部材を製造するのが困難となる。耐食性とドロス発生のバランスの観点から、Mg含有量は、好ましくは1.5～8質量%である。Mg含有量はより好ましくは2.0～7.0質量%である。

[0023] 溶融めっき層は、A群の元素として、Siを0.0001～2質量%の範囲で含有していてもよい。Siは、溶融めっき層の密着性を向上させるのに有効な元素である。Siを0.0001質量%以上含有することで溶融めっき層の密着性を向上させる効果が発現するため、Siを0.0001質量%以上含有することが好ましい。一方、2質量%を超えてSiを含有してもめっき密着性を向上させる効果が飽和するため、Siの含有量は2質量%以下である。めっき密着性の観点からは、Si含有量は0.0010～1質量%であることがより好ましく、0.0100～0.8質量%であることが更に好ましい。なお、Si含有量は0%であってもよく、0%超であってもよい。

[0024] 溶融めっき層中には、B群の元素として、平均組成で、Ni、Ti、Zr、Srのいずれか1種または2種以上を合計で、0.0001～2質量%含有してもよい。より好ましくは0.001～1質量%であり、さらに好ましくは0.002～0.10質量%である。これらのB群の元素を含有することで、さらに耐食性を改善することができる。なお、Ni、Ti、ZrおよびSrの含有量は0%であってもよく、0%超であってもよい。

[0025] 溶融めっき層中には、C群の元素として、平均組成で、Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、Sc、Y、REM、Hf、Cの1種又は2種以上を合計で0.0001～2質量%を含有してもよい。より好ましくは0.001～1質量%であり、さらに好ましくは0.002～0.10質量%である。これらC群の元素を含有することで、さらに耐食性を改善することができる。REMは、周期律表における原子番号57～71の

希土類元素の1種または2種以上である。なお、Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、Sc、Y、REM、Hf、Cの含有量は0%であってもよく、0%超であってもよい。

[0026] 溶融めっき層の化学成分の残部は、亜鉛及び不純物である。また、溶融めっき層の形成時、溶融めっき層には鋼部材の主成分であるFe（鉄）が混入する。本実施形態の溶融めっき層において、Feの含有量は、平均組成で0.0001～2質量%の範囲である。

[0027] 次に、溶融めっき層の外観について説明する。本実施形態に係る溶融めっき層においては、溶融めっき層の表面を撮像した画像データを、大津の二値化法により二値化処理することで二値化画像データとした場合に、その二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下である。なお、鋼部材が、鋼板のように上面および下面を持つような板状である場合には、二値化画像データは、溶融めっき層の表面を撮像した画像データのうち、鋼部材（鋼板）の一方の面側または両方の面側から撮像した画像データを大津の二値化法により二値化処理することで得てもよい。

[0028] ここで、「溶融めっき層の表面を撮像した画像データのうち、鋼部材（鋼板）の一方の面側または両方の面側から撮像した画像データ」について補足説明する。本実施形態に係る溶融めっき層は、鋼部材が鋼板である場合、鋼板の表面、すなわち、鋼板の板厚方向の一面側および他面側に形成される。このような場合、二値化処理に用いられる画像データは、一面側及び他面側に配置された溶融めっき層のいずれか一方の側の表面を撮像したデータでもよく、一面側および他面側に配置された溶融めっき層の両方の表面を撮像したデータでもよい。

[0029] すなわち、本実施形態に係る溶融めっき鋼部材は、溶融めっき層の表面を撮像した画像データのうち、鋼部材の一方の面側から撮像した画像データから得た二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下を満足すればよい。

また、溶融めっき層の表面を撮像した画像データのうち、鋼部材の両方の

面側から撮像した画像データから得た二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下を満足してもよい。

なお、本実施形態に係る溶融めっき鋼部材の形状が板状でない場合（例えば加工部材の場合）に上記画像データを撮像する際は、鋼部材の平坦部を撮像すればよい。

[0030] 溶融めっき層の表面の画像データを取得するための撮影領域は、腐食等の明らかな欠陥が無く、端部から50mm離れた100mm×100mmの矩形の領域を切断して、選定する。溶融めっき鋼部材が加工製品の場合は、端部または加工部から50mm離れた100mm×100mmの矩形の平坦部を切断して、選定する。撮影領域がこれよりも狭い場合、溶融めっき層の外観を適切に評価することが困難になる。また、撮影領域がこれよりも大きい場合は、データ量が増大して処理時間が増大するため好ましくない。

[0031] 選定した撮影領域及びその周囲を含むサンプルを溶融めっき鋼部材から切り出し、このサンプルを用いて撮影領域の画像データを取得する。

[0032] 画像データの取得は、コンピュータに接続されたスキャナーによってサンプルの溶融めっき層の表面を走査することにより行う。画像データは、例えば、解像度300dpi(dot per inch)のグレースケールの256階調の画像データとして抽出する。使用するスキャナーは例えばフラットベッド型のスキャナーがよい。鋼部材のゆがみ等の影響によって、画像データ中に局所的な明るさの斑が発生した場合は、画像補正によって局所的な明るさの斑を解消することが好ましい。

[0033] 一般に、画像データの抽出は、カメラによる写真撮影によっても可能であるが、カメラによる写真撮影の場合、被写体である溶融めっき層全体に撮影時の照明光を完全に均等に照射することが難しく、外観模様の評価を正確に行えなくなる可能性があるため、スキャナーによる画像データの抽出が好ましい。

[0034] また、画像データはグレースケールの256階調画像データとする。画像データには、グレースケールの他にカラー画像データもあるが、カラー画像

データでは、画素が色の情報を持つため、情報量が過剰となる。本実施形態の溶融めっき層の表面外観は彩度が低いので、情報量としてはグレースケールの階調画像データで十分である。よって、本実施形態では、情報量が適切で、コンピュータで取扱いやすい0～255段の階調であるグレースケールの256階調画像データが好ましい。

[0035] なお、画像データは、可視光を光源とする場合の画像データであることが好ましく、電子顕微鏡による二次電子像や反射電子像ではないことが好ましい。電子顕微鏡の二次電子像や反射電子像は、表面形状の微細観察や元素組成の差異を観察するには好都合だが、物体の色の情報は全く得られない。これに対して、本実施形態に係る画像データであれば、グレースケール化するものの、めっき層表面の色の情報を取り込むことができ、可視光下で肉眼によってめっき層を観察した場合の印象を反映させることができる。

[0036] 次に、得られた画像データに対して、大津の二値化法により二値化処理を行うことで、二値化画像データを得る。大津の二値化法による二値化処理は、予めプログラムを組み込んだコンピュータに実施させればよい。

[0037] 大津の二値化法は、一般には、濃淡画像を二値化して対象領域と背景に分離するしきい値レベルを選定する手法として知られる。詳細は、下記の文献に記載された方法である。

以下、その内容を簡単に述べる。

[0038] 大津展之，“判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法”，電子通信学会論文誌D, vol. 63, No. 4, pp. 349-356, 1980

[0039] 256段階（0～255）のグレースケールの階調画像を考える。画像全体の画素の全体集合を $U$ とする。0～255の範囲にある $k$ をしきい値として利用し、画素値が0～ $k$ である画素の集合を $A$ 、画素値が $k+1$ ～255である画素の集合を $B$ とする。 $U$ 、 $A$ 、 $B$ の総数をそれぞれ $N$ 、 $N_A$ 、 $N_B$ とし、 $U$ 、 $A$ 、 $B$ の平均画素値をそれぞれ $x$ 、 $x_A$ 、 $x_B$ とする。次に、以下の式のように $Y$ を定義する。この時、 $Y$ が最大となる $k$ によって階調画像を二値化する方法が大津の二値化法と同義である。下記の $Y$ は、上記文献におけ

る式（１６）に相当する。

[0040] 
$$Y = (N_A / N) (x_A - x)^2 + (N_B / N) (x_B - x)^2$$

[0041] 本実施形態では、二値化処理後の二値化画像データにおいて、画素値が０～ $k$ である画素の集合 $A$ に含まれる画素が黒画素となり、画素値が $k + 1 \sim 255$ である画素の集合 $B$ に含まれる画素が白画素となる。梨地状外観において、黒画素が光沢部分、白画素が白色部分に相当する。

[0042] そして、本実施形態では、溶融めっき層の二値化画像データにおいて、白画素が占める合計面積率が、３０％以上７０％以下の範囲である必要がある。白画素が占める合計面積率が３０％未満では、黒画素の領域が過剰に大きくなり、すなわち、光沢部分の領域が広くなり、溶融めっき層表面の疵が目立ちやすくなる。また、スポット溶接などの電気抵抗溶接の溶接性が向上するが、化成処理層の密着性及び溶融めっき層の耐食性が低下する。

[0043] 一方、白画素が占める合計面積率が７０％超では、白画素の領域が過剰に大きくなり、すなわち、白色部分の領域が広くなり、疵が目立ちにくくなり、化成処理層の密着性及び溶融めっき層の耐食性が向上するが、スポット溶接などの電気抵抗溶接の溶接性が低下する。よって、白画素の合計面積率は３０％以上７０％以下の範囲がよい。このような溶融めっき層は、光沢部分と白色部分とが混在した梨地状の外観を呈するようになる。また、溶融めっき層は、金属の質感を持った金属外観を持つようになる。

[0044] 本実施形態に係る溶融めっき層においては、白画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の６０度鏡面光沢 $G_s(60^\circ)$ が１５０以下であり、好ましくは７０以下である。また、黒画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の６０度鏡面光沢 $G_s(60^\circ)$ が白画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の６０度鏡面光沢 $G_s(60^\circ)$ の１．５倍以上であることが好ましく、２．１倍以上であることがさらに好ましい。可視光の透過性を有する化成処理層が溶融めっき層上に形成されている場合であって、化成処理層の除去が困難な場合は、化成処理上から光沢度を測定してもよい。

[0045] 白画素の集合領域とは、光沢計によって６０度鏡面光沢 $G_s(60^\circ)$ が

測定可能な程度の広さの領域において白画素が集合した画素領域である。具体的には、図2に示すように、白画素の集合領域とは、白画素が面積率で60%以上含まれる3mm四方の矩形の領域を示す。換言すると、この3mm四方の矩形の領域内に、白画素が面積率で60%以上含まれる場合、この領域を白画素の集合領域とする。同様に、黒画素の集合領域とは、黒画素が集合した画素領域であって、図2に示すように、黒画素が面積率で60%以上含まれる3mm四方の矩形の領域を示す。換言すると、3mm四方の矩形の領域内に、黒画素が面積率で60%以上含まれる場合、この領域を黒画素の集合領域とする。

[0046] そして、溶融めっき層の表面のうち、白画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)は150以下であることが好ましく、70以下であることがさらに好ましい。これにより、金属光沢感を過度に主張しない、落ち着いた雰囲気のある好印象の外観を得ることができる。白画素の集合領域について60度鏡面光沢Gs(60°)を測定した場合の下限値は特に限定されないが、10以上であってもよい。なお、ここでいう「白画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)」とは、10個の白画素の集合領域それぞれにおける60度鏡面光沢Gs(60°)の平均値を示す。黒画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)についても同様である。

[0047] また、溶融めっき層において、黒画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、白画素の集合領域に対応する溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上であることが好ましい。これにより、白画素の集合領域と黒画素の集合領域とが隣り合う場合、白画素の集合領域に相当する白色部分と黒画素の集合領域に相当する光沢部分の外観上のコントラストが明確化されるため、好印象の表面模様とすることができる。

[0048] 溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)は、光沢計を用い、JIS Z 8741に規定される方法に基づいて測定される。具体的には

、JIS Z 8741に規定される方法によって60°光沢度(%)を測定し、得られた光沢度(%)に基づきGs(60°)を算出する。なお、60度鏡面光沢Gs(60°)を測定する際、つまり白画素もしくは黒画素の集合領域を特定する際、測定対象である3mm四方の各矩形領域は、それぞれで重ならないように設定する。

[0049] また、本実施形態の溶融めっき鋼部材は、溶融めっき層の表面に化成処理層が備えられていてもよい。なお、化成処理層は、鋼部材の全体に備えられていなくともよく、例えば鋼板の場合、鋼板の一面側および他面側に配置された溶融めっき層の両方に化成処理層が備えられていてもよい。化成処理の種類は特に限定されず、公知の化成処理を用いることができるが、この場合の化成処理層は、可視光の透過性を有する化成処理層であることが好ましい。

[0050] 化成処理層を備えた溶融めっき鋼部材の溶融めっき層は、化成処理層の上から溶融めっき層の表面を撮影した画像データを大津の二値化法により二値化処理して得られる二値化画像データにおいて、前記二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下となるものである。すなわち、本実施形態の溶融めっき鋼部材に備えられる化成処理層は、溶融めっき層の表面の外観に影響を及ぼさないものであることが好ましい。このような化成処理層が配置された溶融めっき鋼部材は、金属外観を有するものとなる。また、溶融めっき層の表面や化成処理層の表面に塗膜層を形成する場合には、溶融めっき層を形成した後、又は、化成処理層を形成した後の溶融めっき鋼部材に対して、塗装処理を行う。塗装処理の種類は特に限定されず、公知の塗装処理を用いることができる。この場合の塗装処理は、可視光の透過性を有する塗装処理であることが好ましい。

[0051] 本実施形態に係る化成処理層としては、例えば、20質量%以上の樹脂と、1～20質量%の粒径5～200nmのシリカ粒子とが含有されているものを例示できる。この化成処理層は、樹脂およびシリカ粒子を含有する水性組成物を、溶融めっき層に塗布、乾燥することにより得られる。

- [0052] 化成処理層に含まれる樹脂は、一般的な樹脂であればよく、例えば、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、水溶性樹脂であってもよく、本来水不溶性でありながらエマルジョンやサスペンションのように水中に微分散された状態になりうる樹脂（水分散性樹脂）であってもよい。水溶性樹脂のほか、本来水不溶性でありながらエマルジョンやサスペンションのように水中に微分散された状態になりうる樹脂（水分散性樹脂）を含めて言う。特に、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂のうちのいずれか1種以上の樹脂を含むことが耐候性に優れるため好ましい。
- [0053] 樹脂は、化成処理層中に、20質量%以上の割合で含有されるとよい。樹脂の含有量を20質量%以上にするすることで、化成処理層自体が脆くなることがなく、溶融めっき層を安定して被覆することができる。なお、化成処理層には、樹脂、シリカ粒子及び顔料とともに、Nb化合物、リン酸化合物等の樹脂以外の成分を含有させる場合があるところ、樹脂の含有量は、これらの成分の残部としてよい。
- [0054] シリカ粒子は、化成処理層の耐食性を向上させるために配合する。シリカ粒子としては、平均粒子径が5～200nmの範囲のものが好適である。シリカ粒子は、化成処理層中に1～20質量%の割合で含有させる。シリカ粒子の含有量を1質量%以上にするすることで、耐食性の向上効果が得られる。また、シリカ粒子の含有量を20質量%以下とすることで、化成処理層自体が脆くならず、Zn系めっき層を安定して被覆できる。平均粒子径5nm未満のシリカ粒子は入手自体が困難であり、平均粒径5nm未満のシリカ粒子を含む化成処理層は、事実上、作製・製造が困難であるため、シリカ粒子の平均粒径の下限は5nm以上にする。また、シリカ粒子の平均粒子径が200nmを超えると、化成処理層が白濁して溶融めっき層の金属外観が損なわれるおそれがある。
- [0055] 一般に、シリカ粒子のような無機顔料は粒径が小さいため、一次粒径より

も大きな粒径を持つ二次粒子の形態で化成処理層中に存在する場合がある。この二次粒子（無機顔料が凝集した粒子）の粒径を、以下「二次粒径」と記載する。本実施形態におけるシリカ粒子は、一次粒子及び二次粒子が混在していてもよく、また、一次粒子と二次粒子が混在していたとしても、平均粒子径が5～200nmの範囲であればよい。

[0056] また、化成処理層の耐食性を向上させるために、シリカ粒子以外に、チタニア粒子、アルミナ粒子、ジルコニア粒子等を含有させてもよい。

[0057] 化成処理層には、更に、Nb化合物、リン酸化合物のいずれか一方または両方が含まれていてもよい。Nb化合物、リン酸化合物を含有させた場合、Zn系めっき層の耐食性が向上する。

[0058] Nb化合物としては、従来公知のニオブ含有化合物を用いることができ、例えば、酸化ニオブ、ニオブ酸及びその塩、フルオロニオブ酸塩、フルオロオキシニオブ酸塩等を挙げることができる。なかでも、耐食性の向上の点から、酸化ニオブであることが好ましい。

[0059] リン酸化合物としては、例えば、オルトリン酸、メタリン酸、ピロリン酸、三リン酸、四リン酸等のリン酸類及びそれらの塩；アミノトリ（メチレンホスホン酸）、1-ヒドロキシエチリデン-1,1-ジホスホン酸、エチレンジアミンテトラ（メチレンホスホン酸）、ジエチレントリアミンペンタ（メチレンホスホン酸）等のホスホン酸類及びそれらの塩；フィチン酸等の有機リン酸類及びそれらの塩等を挙げることができる。塩類のカチオン種としては特に制限されず、例えば、Cu、Co、Fe、Mn、Sn、V、Mg、Ba、Al、Ca、Sr、Nb、Y、Ni及びZn等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0060] Nb化合物やリン酸化合物は、合計で、化成処理層中に0.5～30質量%の割合で含有されるとよい。0.5質量%以上であれば耐食性の向上効果が得られ30質量%以下であれば化成処理層が脆くならず、Zn系めっき層を安定して被覆できる。

[0061] 溶融めっき層の片面当たりに対する化成処理層の付着量は、0.1～15

$\text{g}/\text{m}^2$ であることが好ましい。付着量が $0.1 \text{ g}/\text{m}^2$ 以上であれば、化成処理層の付着量が十分となり、溶融めっき層の表面の黒変部分を目立たなくさせることができ、更に溶融めっき層の耐食性を向上できる。また、付着量が $15 \text{ g}/\text{m}^2$ 以下であれば、化成処理層表面での光の反射が少なくなり、溶融めっき層の表面の金属外観を視認できる。更に好ましい付着量は、 $0.2 \sim 2 \text{ g}/\text{m}^2$ である。

[0062] 化成処理層には、更に、シランカップリング剤、架橋性ジルコニウム化合物及び架橋性チタン化合物からなる群から選択される少なくとも1種の架橋剤を含有してもよい。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

[0063] 本実施形態の溶融めっき鋼部材の化成処理層は、上述したものに限定されるものではなく、例えば公知の化成処理層を用いてもよいことは言うまでもない。

[0064] 次に、本実施形態の溶融めっき鋼部材の製造方法を説明する。図1に、本実施形態の溶融めっき鋼部材の製造に好適な溶融めっき設備を示す。図1に示す溶融めっき設備は、溶融めっき浴2と、溶融めっき浴2内に配置されたシンクロール3と、溶融めっき浴2の上方に配置された一对のワイピングノズル4と、一对のワイピングノズル4のうち少なくとも一方のワイピングノズル4の上方に配置された冷却装置5と、冷却装置5の上方に配置されたトップロール7とを備えている。冷却装置5は、一对のワイピングノズル4の両方の上方に配置されていてもよい。

[0065] 溶融めっき浴2は、質量%で、Al :  $4 \sim 22\%$ 、Mg :  $1.0 \sim 10\%$ を含有し、残部としてZnおよび不純物を含む。更に、溶融めっき浴は、Si :  $0.0001 \sim 2$ 質量%を含有してもよい。更にまた、溶融めっき浴は、Ni、Ti、Zr、Srのいずれか1種または2種以上を、合計で $0.0001 \sim 2$ 質量%含有してもよい。また、溶融めっき浴は、Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、Sc、Y、REM、Hf、Cのいずれか1種または2種以上を、合計で $0.0001 \sim 2$ 質量%含有して

もよい。溶融めっき浴2の温度は、組成によって異なるが、例えば、400～500℃の範囲が好ましい。溶融めっき浴2の温度がこの範囲であれば、所望の溶融めっき層を形成できるためである。

[0066] 冷却装置5は、溶融めっき層を冷却するものであり、冷媒を鋼部材に向けて噴射する複数の冷却ノズルを有する。冷媒としては、26%酸素－74%窒素等の、酸素を添加したエアーを例示できる。

[0067] 以下、図1の製造設備を用いた溶融めっき鋼部材の製造方法について説明する。なお、本実施形態に係る溶融めっき鋼部材は、鋼部材の表面に溶融めっき層を有すればよく、例えば、鋼板の加工のタイミングは問われない。すなわち、鋼板／鋼材の表面に溶融めっき層を形成してめっき鋼板／鋼材を得た後に、これらを加工することで本実施形態に係る溶融めっき鋼部材としてもよいし、予め加工された鋼部材の表面に溶融めっき層を形成することで本実施形態に係る溶融めっき鋼部材を得てもよい。

以下の製造方法に関する説明では、鋼部材が板状の鋼板である場合を挙げて説明する。

まず、熱間圧延鋼板を製造し、必要に応じて熱延板焼鈍を行う。酸洗後、冷間圧延を行い、冷延板とする。冷延板を脱脂、水洗した後、焼鈍（冷延板焼鈍）する。

[0068] 次いで、図1に示すように、焼鈍された鋼板1を溶融亜鉛めっき浴2に浸漬させてから、シンクロール3により進行方向を変えて垂直方向に引き上げる。引き上げた鋼板1の表面に対して、溶融亜鉛めっき浴2の上方に配置したワイピングノズル4から、空気、窒素等の高圧ガスを吹き付けることにより、鋼板1の表面に付着した溶融めっきの過剰付着量を除去する。

[0069] 溶融めっき層の付着量は、鋼板両面の合計の付着量が30～600 g/m<sup>2</sup>の範囲になるように調整することが好ましい。付着量が30 g/m<sup>2</sup>未満の場合、溶融めっき鋼板の耐食性が低下するので好ましくない。付着量が600 g/m<sup>2</sup>超の場合、鋼板に付着した溶融金属の垂れが発生して、溶融めっき層の表面を平滑にすることができなくなるため好ましくない。なお、鋼部材が

板状でない場合には、溶融めっき層の付着量は、鋼部材全体の合計で30～600 g/m<sup>2</sup>になるように調整することが好ましい。

[0070] 次いで、図1に示すように、複数の噴射ノズルを備えた冷却装置5によって鋼板1の表面に付着した溶融めっき層を冷却する。このとき、全ての噴射ノズルから一斉に冷媒を噴射するのではなく、一部の噴射ノズルから冷媒を噴射しつつ、冷媒を噴射する噴射ノズルをランダムに切り替える。噴射ノズルからは、冷媒として、26%酸素－74%窒素等の、酸素を加えたエア－冷媒を噴射する。

[0071] 冷媒が噴射された箇所では、溶融めっき層の表面酸化が促進され、白色部分が形成されやすくなる。一方、冷媒が噴射されない箇所では、溶融めっき層の冷却速度が低くなり、光沢部分が形成されやすくなる。このようにして、冷媒を噴射する噴射ノズルをランダムに切り替えられることにより、所望の溶融めっき鋼部材を得ることができる。噴射ノズルは25 mm間隔で複数配置されることが好ましい。噴射ノズルのON、OFFは、0.1秒間隔で切り替え、全噴射ノズルに対して30～60%の噴射ノズルで冷媒を噴射するように乱数を使用してランダムに切り替えるように調整する。冷媒流量は鋼板全体の平均冷却速度として、5～20℃/sとなるように調整する。

[0072] 溶融めっき層に対する上記の冷却制御は、例えば、鋼板の一面側に配置された溶融めっき層のみに行ってもよく、鋼板の一面側及び他面側の両方に配置された溶融めっき層に行ってもよい。

[0073] 溶融めっき後に鋼板を冷却する場合、通常は、鋼板の一面側および他面側に対して同じ条件で冷却を行うため、鋼板の両方の面側から撮像した画像データから得た二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下を満足するものとなる。一方、鋼板の一面側に対して上記の好ましい条件で冷却を行い、他方の面側に対しては好ましい条件から外れる条件で冷却を行った場合は、鋼板の両方の一方の面側から撮像した画像データから得た二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下を満足するものとなり得る。

[0074] 冷却後の溶融めっき層に、更に、化成処理層を形成してもよい。化成処理層の形成に使用する水性組成物の被覆方法は、水性組成物を溶融めっき層表面に塗布して皮膜を形成するものである。被覆方法は特に限定されず、一般に使用されるロールコート、エアスプレー、エアレススプレー、浸漬等を適宜採用することができる。水性組成物を塗布後の乾燥方法としては、熱風、誘導加熱、近赤外、遠赤外等のいずれの方法でもよいし、これらを併用してもよい。被塗物の加熱温度は50～250℃、好ましくは70～220℃である。

[0075] 本実施形態の溶融めっき鋼部材によれば、溶融めっき層の表面を撮像した画像データを大津の二値化法により二値化処理して得られる二値化画像データにおいて、二値化画像データに含まれる白画素の合計面積率が30%以上70%以下となるので、溶融めっき鋼部材の耐食性および化成処理層の密着性を向上させ、また、溶接電極との導電性を高め、更には、優れた外観を得ることができる。

### 実施例

[0076] 次に、本発明の実施例を説明する。なお、以下の実施例では、鋼部材が板状の鋼板である場合を例に挙げて説明する。

冷間圧延後の鋼板を脱脂、水洗した。その後、鋼板に対して冷延板焼鈍を行った。冷延板焼鈍後の鋼板を溶融めっき浴に浸漬してから引き上げた。その後、付着量をガスワイピングによって調整し、さらに冷却を行い鋼板上に溶融めっき層を形成した。このようにして、表1A～表3Cに示すNo. 1～110の試料（溶融めっき鋼部材）を製造した。

[0077] また、一部の試料については、溶融めっき層の形成後に、溶融めっき層の表面に化成処理層を形成した。化成処理層の形成に使用する水性組成物の被覆方法は、水性組成物を溶融めっき層表面にロールコートにより塗布した。塗布後の乾燥は熱風乾燥とした。被塗物の加熱温度は50～250℃とした。化成処理層は、20質量%以上の樹脂と、1～20質量%の粒径5～200nmのシリカ粒子とが含有されているものであった。化成処理層の付着量

は0.1～15 g/m<sup>2</sup>の範囲とした。形成した化成処理層は、No. 97を除き、目視した限り、無色透明であった。

[0078] 溶融めっき層の組成は、次の方法で測定した。まず、溶融めっき鋼部材から、腐食等の明らかな欠陥が無く、かつ、端部から50 mm離れた50 mm×50 mmの矩形の領域を切断してサンプルを採取した。次に、めっきを浸食しない塗膜剥離剤（三彩化工社製ネオリバーSP-751）を用いて、当該サンプルから表面塗膜および化成処理層を除去した。表層の塗膜層および化成処理層が十分に除去しきれなかった場合は、めっき層よりも硬度が低い研磨剤を用いた研磨を併用してこれらを除去した。その後、インヒビター（スギムラ化学工業社製ヒピロン）入りの5%塩酸にサンプルを浸漬することで溶融めっき層を溶解した。得られた溶液を誘導結合プラズマ（ICP）発光分光分析に供して溶融めっき層の組成を求めた。ただし、上記方法では正確な分析ができなかったSiについては、得られた溶液に対して、さらに、JIS G1258-3に基づく酸分解・炭酸ナトリウム融解法で処理した後に分析した。なお、溶融めっき層の平均組成のうちFe以外は、溶融めっき浴の組成とほぼ同じであった。溶融めっき層のFe含有量は、いずれの例においても、0.0001～2質量%含有していた。

[0079] ガスワイピング後の冷却は、冷媒を鋼板の一面及び他面に向けて噴射する複数の冷却ノズルを有する冷却装置を用いた。噴射ノズルは25 mm間隔で複数配置した。冷媒としては、空気に酸素を添加し、26%酸素-74%窒素の成分にしたガスを用いた。冷却は、全ての噴射ノズルから一斉に冷媒を噴射するのではなく、一部の噴射ノズルから冷媒を噴射しつつ、冷媒を噴射する噴射ノズルをランダムに切り替えた。噴射ノズルのON、OFFは、0.1秒間隔で切り替え、全噴射ノズルに対して30～60%の噴射ノズルで冷媒を噴射するように乱数を使用してランダムに切り替えた。冷媒流量は鋼板全体の平均冷却速度として、5～20℃/sとなるように調整した。

[0080] ただし、No. 103および109については、従来の条件にてガスワイピング後の冷却を行った。すなわち、冷媒として、追加の酸素を添加しない

空気そのままとした。また、噴射ノズルのランダムなON、OFFは行わなかった。冷媒流量は鋼板全体の平均冷却速度として、 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ となるように調整した。

[0081] また、No. 104および110については、空気に酸素を添加し、26%酸素－74%窒素の成分にしたガスを用いて冷却した。冷却は、全ての噴射ノズルから一斉に冷媒を噴射するのではなく、一部の噴射ノズルから冷媒を噴射しつつ、冷媒を噴射する噴射ノズルをランダムに切り替えた。噴射ノズルのON、OFFは、0.1秒間隔で切り替え、全噴射ノズルに対して80%の噴射ノズルで冷媒を噴射するように乱数を使用してランダムに切り替えた。冷媒流量は鋼板全体の平均冷却速度として、 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ となるように調整した。

[0082] 更に、No. 97は、上記の化成処理層に白色顔料を含有させて不透明の化成処理層とした。また、No. 97は、化成処理層の形成前に、白画素の合計面積率および光沢度の評価を行い、化成処理層の形成後に、以下に説明する耐食性、密着性、導電性の評価を行い、外観評価および疵の目立ちやすさの評価は省略した。

[0083] 得られた溶融めっき鋼部材の一方の面側の溶融めっき層に対して、一辺の長さが100mmの矩形の領域を撮影領域として設定した。設定した撮影領域及びその周囲を含むサンプルを溶融めっき鋼部材から切り出した。そして、コンピュータに接続されたフラットベッド型のスキャナーによって、切り出したサンプルの溶融めっき層の表面を走査することにより、画像データを得た。化成処理層を有するサンプルでは、化成処理層の上から走査を行って画像データを得た。画像データは、解像度300dpiのグレースケールの256階調の画像データとして抽出した。画像データ中に局所的な明るさの斑が発生した場合は、画像補正によって局所的な明るさの斑を解消した。

[0084] 次に、得られた画像データに対して、上述した大津の二値化法により二値化処理を行うことで、二値化画像データを得た。大津の二値化法による二値化処理は、予めプログラムを組み込んだコンピュータに実施させた。そして

、二値化画像データにおいて、白画素が占める合計面積率を求めた。結果を表 2 A～表 2 C に示す。

[0085] (金属外観)

金属外観の評価については、溶融めっき鋼部材の溶融めっき層の表面を 5 人のパネラーに見せたとき、表面の外観の見え方で判定した。すなわち、金属外観の評価は、各パネラーがめっき層表面の金属外観を視認できたか否かで判定した。評価は以下に示す評点づけで判定し、評点 3 または評点 2 を合格とした。結果を表 3 A～表 3 C に示す。

[0086] 3 : 5 人中 3 人以上がめっきの金属外観を視認できた。

2 : 5 人中 2 人がめっきの金属外観を視認できた。

1 : 5 人中 1 人以下がめっきの金属外観を視認できた。

[0087] (60 度鏡面光沢  $G_s(60^\circ)$ )

光沢計を用い、JIS Z 8741 に規定される方法に基づき、溶融めっき層の白画素の集合領域に対応する領域と、黒画素の集合領域に対応する領域についてそれぞれ、 $60^\circ$  光沢度 (%) を測定した。 $60^\circ$  鏡面光沢  $G_s(60^\circ)$  は、JIS Z 8741 の記載に基づき、得られた  $60^\circ$  光沢度 (%) から算出した。

[0088] 白画素の集合領域は、3 mm 四方の矩形の領域であって、二値化画像データにおいて白画素が面積率で 60 % 以上含まれる領域とした。黒画素の集合領域とは、3 mm 四方の矩形の領域であって、二値化画像データにおいて黒画素が面積率で 60 % 以上含まれる領域とした。

[0089] (外観評価)

また、目視による疵の目立ちにくさの評価を行った。めっき外観を目視によって評価した。具体的には、めっき層表面に擦り疵をつけた後、2 m 離れた場所から当該擦り疵が視認されない場合を疵の目立ちにくさが良好である判断して F と評価した。一方、2 m 離れた場所からでも擦り疵が視認される場合を疵の目立ちにくさが不十分であるとして P とした。F を合格とした。

[0090] (耐食性)

溶融めっき鋼部材の耐食性は、CCT試験後の腐食減量で評価した。溶融めっき鋼部材を150×70mmに切断し、JASO-M609に準拠したCCTを用いて、CCT30サイクル後の腐食減量を調査した。腐食減量30g/m<sup>2</sup>未満の場合をF、腐食減量30g/m<sup>2</sup>以上50g/m<sup>2</sup>未満の場合をG、腐食減量50g/m<sup>2</sup>以上の場合をPと評価し、F及びGを合格と判定した。結果を表3A～表3Cに示す。化成処理層がある場合は除去した上で耐食性を評価した。

[0091] (密着性)

化成処理層の密着性は、以下のように評価した。まず試験片を、沸騰水に30分間浸漬させた後、試験片表面に対して1mm間隔の碁盤目状にカットを入れ、化成処理層が剥離せずに残った個数割合（残個数／カット数（100個））を調査した。すなわち、100個の碁盤目のうち、化成処理層の剥離が見られない個数の割合によって化成処理層の密着性を評価した。化成処理層の剥離は走査型電子顕微鏡で観察した。密着性の評価基準は下記の通りであり、FおよびGを合格と判定した。

<評価基準>

F = 95%以上

G = 90%以上95%未満

P = 90%未満

[0092] (導電性)

導電性は、以下のように評価した。まず化成処理層を形成した溶融めっき鋼部材から試験片を切り出し、得られた試験片を用いて、JIS C 2550:2019に規定されている表面絶縁抵抗の測定方法に準じて、層間抵抗値（Ω・cm<sup>2</sup>）を測定した。試験電圧は0.5V、測定電流範囲は0～1A、10本の接触子電極の接触面積は1cm<sup>2</sup>×10本、試験圧力は2N/mm<sup>2</sup>±5%とした。層間抵抗値が5Ω・cm<sup>2</sup>未満をP、Ω・cm<sup>2</sup>以上7Ω・cm<sup>2</sup>未満をG、7Ω・cm<sup>2</sup>以上をFとした。

[0093] 表1A～表3Cに示すように、No. 1～48は、化成処理層を形成しな

かった例である。N o. 1～48は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足し、また、製造条件を好ましい範囲としたため、白画素の合計面積率が30～70%の範囲となり、良好な外観を示した。また、耐食性にも優れていた。

[0094] また、表1B～3Cに示すように、N o. 49～98は、化成処理層を形成したものである。N o. 49～98は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足し、また、製造条件を好ましい範囲としたため、白画素の合計面積率が30～70%の範囲となり、良好な外観を示した。また、耐食性にも優れていた。更には、化成処理層の密着性に優れ、また、層間抵抗が低いことから溶接電極との導電性が良好になって溶接性にも優れるものであった。

[0095] N o. 99～102は、化成処理層を形成しなかったものである。N o. 99～102は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲から外れたため、耐食性が低下した。

[0096] N o. 103は、化成処理層を形成しなかったものである。N o. 103は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足したものの、熔融めっき後の冷却条件を従来の冷却条件としたため、白画素の合計面積率が30%未満になり、疵が目立ちやすくなった。

[0097] N o. 104は、化成処理層を形成しなかったものである。N o. 104は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足したものの、熔融めっき後の冷却条件が好ましい冷却条件から外れたため、白画素の合計面積率が70%超になり、金属外観が得られず、外観性が低下した。

[0098] N o. 105～108は、化成処理層を形成したものである。N o. 105～108は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲から外れたため、耐食性が低下した。

[0099] N o. 109は、化成処理層を形成したものである。N o. 109は、熔融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足したものの、熔融めっき後の冷却条件を従来の冷却条件としたため、白画素の合計面積率が30%未満になり、疵が目立ちやすくなった。また、化成処理層の密着性が低下した。

[0100] No. 110は、化成処理層を形成したものである。No. 110は、溶融めっき層の化学成分が本発明範囲を満足したものの、溶融めっき後の冷却条件が好ましい冷却条件から外れたため、白画素の合計面積率が70%超になり、金属外観が得られず、外観性が低下した。また、導電性が低下し、溶接性が劣るものとなった。

[0101]

[表1A]

| No. | 製造方法    | 化成処理層        | 溶融めっき層                |      |        |          |                                           |
|-----|---------|--------------|-----------------------|------|--------|----------|-------------------------------------------|
|     |         | 化成処理層<br>の有無 | 平均組成(質量%) 残部:Znおよび不純物 |      |        |          | めっき<br>付着量<br>(両面)<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|     |         |              | Al                    | Mg   | Si     | その他      |                                           |
| 1   | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | -        | 160                                       |
| 2   | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 3.0  | -      | -        | 30                                        |
| 3   | 局所噴射ノズル | 無し           | 5                     | 3.0  | -      | -        | 90                                        |
| 4   | 局所噴射ノズル | 無し           | 6                     | 3.0  | -      | -        | 40                                        |
| 5   | 局所噴射ノズル | 無し           | 19                    | 3.0  | -      | -        | 50                                        |
| 6   | 局所噴射ノズル | 無し           | 21                    | 3.0  | -      | -        | 250                                       |
| 7   | 局所噴射ノズル | 無し           | 22                    | 3.0  | -      | -        | 300                                       |
| 8   | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 1.0  | -      | -        | 270                                       |
| 9   | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 1.5  | -      | -        | 210                                       |
| 10  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 2    | -      | -        | 80                                        |
| 11  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 7.0  | -      | -        | 260                                       |
| 12  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 8.0  | -      | -        | 100                                       |
| 13  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 10.0 | -      | -        | 50                                        |
| 14  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.0001 | -        | 60                                        |
| 15  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.001  | -        | 150                                       |
| 16  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.01   | -        | 210                                       |
| 17  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.2    | -        | 230                                       |
| 18  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.8    | -        | 40                                        |
| 19  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 1      | -        | 40                                        |
| 20  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 2      | -        | 260                                       |
| 21  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Ni0.01%  | 220                                       |
| 22  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Ti0.01%  | 110                                       |
| 23  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Zr0.01%  | 220                                       |
| 24  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Sr0.01%  | 200                                       |
| 25  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Sb0.01%  | 250                                       |
| 26  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Pb0.01%  | 220                                       |
| 27  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Sn0.01%  | 100                                       |
| 28  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Ca0.01%  | 130                                       |
| 29  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Co0.01%  | 240                                       |
| 30  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Mn0.01%  | 210                                       |
| 31  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | P0.01%   | 80                                        |
| 32  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | B0.01%   | 80                                        |
| 33  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Bi0.01%  | 70                                        |
| 34  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Cr0.01%  | 250                                       |
| 35  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Sc0.01%  | 230                                       |
| 36  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Y0.01%   | 110                                       |
| 37  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | REM0.01% | 190                                       |
| 38  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Hf0.01%  | 130                                       |
| 39  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Co0.01%  | 100                                       |
| 40  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.2    | Ti0.01%  | 270                                       |

[0102]

[表1B]

| No. | 製造方法    | 化成処理層        | 溶融めっき層                |      |        |                     |                                           |
|-----|---------|--------------|-----------------------|------|--------|---------------------|-------------------------------------------|
|     |         | 化成処理層<br>の有無 | 平均組成(質量%) 残部:Znおよび不純物 |      |        |                     | めっき<br>付着量<br>(両面)<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|     |         |              | Al                    | Mg   | Si     | その他                 |                                           |
| 41  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.2    | Ni0.01%             | 230                                       |
| 42  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | -      | Ti0.01%<br>REM0.01% | 140                                       |
| 43  | 局所噴射ノズル | 無し           | 11                    | 3.0  | 0.2    | Ti0.01%<br>REM0.01% | 100                                       |
| 44  | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 3.0  | -      | -                   | 140                                       |
| 45  | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 3.0  | -      | -                   | 80                                        |
| 46  | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 3.0  | -      | -                   | 70                                        |
| 47  | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 3.0  | -      | -                   | 60                                        |
| 48  | 局所噴射ノズル | 無し           | 4                     | 1.0  | -      | -                   | 290                                       |
| 49  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | -                   | 110                                       |
| 50  | 局所噴射ノズル | 有り           | 4                     | 3.0  | -      | -                   | 100                                       |
| 51  | 局所噴射ノズル | 有り           | 5                     | 3.0  | -      | -                   | 200                                       |
| 52  | 局所噴射ノズル | 有り           | 6                     | 3.0  | -      | -                   | 180                                       |
| 53  | 局所噴射ノズル | 有り           | 19                    | 3.0  | -      | -                   | 100                                       |
| 54  | 局所噴射ノズル | 有り           | 21                    | 3.0  | -      | -                   | 130                                       |
| 55  | 局所噴射ノズル | 有り           | 22                    | 3.0  | -      | -                   | 90                                        |
| 56  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 1.0  | -      | -                   | 110                                       |
| 57  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 1.5  | -      | -                   | 40                                        |
| 58  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 2.0  | -      | -                   | 40                                        |
| 59  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 7.0  | -      | -                   | 70                                        |
| 60  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 8.0  | -      | -                   | 150                                       |
| 61  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 10.0 | -      | -                   | 90                                        |
| 62  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 0.0001 | -                   | 60                                        |
| 63  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 0.001  | -                   | 170                                       |
| 64  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 0.01   | -                   | 140                                       |
| 65  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 0.2    | -                   | 70                                        |
| 66  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 0.8    | -                   | 140                                       |
| 67  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 1      | -                   | 100                                       |
| 68  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | 2      | -                   | 110                                       |
| 69  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Ni0.01%             | 80                                        |
| 70  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Ti0.01%             | 170                                       |
| 71  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Zr0.01%             | 120                                       |
| 72  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Sr0.01%             | 50                                        |
| 73  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Sb0.01%             | 140                                       |
| 74  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Pb0.01%             | 130                                       |
| 75  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Sn0.01%             | 180                                       |
| 76  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Ca0.01%             | 40                                        |
| 77  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Co0.01%             | 190                                       |
| 78  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | Mn0.01%             | 190                                       |
| 79  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | P0.01%              | 160                                       |
| 80  | 局所噴射ノズル | 有り           | 11                    | 3.0  | -      | B0.01%              | 100                                       |

[0103]

[表1C]

| No. | 製造方法             | 化成処理層        | 溶融めっき層                |             |     |                     |                                           |
|-----|------------------|--------------|-----------------------|-------------|-----|---------------------|-------------------------------------------|
|     |                  | 化成処理層<br>の有無 | 平均組成(質量%) 残部:Znおよび不純物 |             |     |                     | めっき<br>付着量<br>(両面)<br>(g/m <sup>2</sup> ) |
|     |                  |              | Al                    | Mg          | Si  | その他                 |                                           |
| 81  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Bi0.01%             | 160                                       |
| 82  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Cr0.01%             | 140                                       |
| 83  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Sc0.01%             | 190                                       |
| 84  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Y0.01%              | 40                                        |
| 85  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | REM0.01%            | 80                                        |
| 86  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Hf0.01%             | 110                                       |
| 87  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Co0.01%             | 60                                        |
| 88  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | 0.2 | Ti0.01%             | 80                                        |
| 89  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | 0.2 | Ni0.01%             | 120                                       |
| 90  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | Ti0.01%<br>REM0.01% | 140                                       |
| 91  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | 0.2 | Ti0.01%<br>REM0.01% | 100                                       |
| 92  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 3.0         | -   | -                   | 130                                       |
| 93  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 3.0         | -   | -                   | 100                                       |
| 94  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 3.0         | -   | -                   | 190                                       |
| 95  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 3.0         | -   | -                   | 100                                       |
| 96  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 3.0         | -   | -                   | 120                                       |
| 97  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | -                   | 110                                       |
| 98  | 局所噴射ノズル          | 有り           | 4                     | 1.0         | -   | -                   | 290                                       |
| 99  | 局所噴射ノズル          | 無し           | <u>3</u>              | 3.0         | -   | -                   | 40                                        |
| 100 | 局所噴射ノズル          | 無し           | <u>23</u>             | 3.0         | -   | -                   | 160                                       |
| 101 | 局所噴射ノズル          | 無し           | 11                    | <u>0.5</u>  | -   | -                   | 80                                        |
| 102 | 局所噴射ノズル          | 無し           | 11                    | <u>11.0</u> | -   | -                   | 100                                       |
| 103 | 従来ノズル            | 無し           | 11                    | 3.0         | -   | -                   | 120                                       |
| 104 | 局所噴射ノズル<br>出力数過多 | 無し           | 11                    | 3.0         | -   | -                   | 140                                       |
| 105 | 局所噴射ノズル          | 有り           | <u>3</u>              | 3.0         | -   | -                   | 40                                        |
| 106 | 局所噴射ノズル          | 有り           | <u>23</u>             | 3.0         | -   | -                   | 160                                       |
| 107 | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | <u>0.5</u>  | -   | -                   | 80                                        |
| 108 | 局所噴射ノズル          | 有り           | 11                    | <u>11.0</u> | -   | -                   | 100                                       |
| 109 | 従来ノズル            | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | -                   | 120                                       |
| 110 | 局所噴射ノズル<br>出力数過多 | 有り           | 11                    | 3.0         | -   | -                   | 140                                       |

下線部は本発明の範囲外であることを示す。

[0104]

[表2A]

| No. | 溶融めっき層                 |                 |                     |                     |             |
|-----|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|
|     | 白画素の<br>合計面積率<br>(面積%) | 金属<br>外観の<br>有無 | 60度鏡面光沢Gs(60° )     |                     |             |
|     |                        |                 | 白画素の<br>集合領域<br>(W) | 黒画素の<br>集合領域<br>(B) | 倍率<br>(B/W) |
| 1   | 65                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.8         |
| 2   | 45                     | 有               | 40                  | 80                  | 2.1         |
| 3   | 55                     | 有               | 50                  | 90                  | 1.7         |
| 4   | 55                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.9         |
| 5   | 60                     | 有               | 40                  | 80                  | 2.0         |
| 6   | 45                     | 有               | 50                  | 90                  | 1.7         |
| 7   | 65                     | 有               | 50                  | 80                  | 1.6         |
| 8   | 45                     | 有               | 40                  | 80                  | 2.1         |
| 9   | 35                     | 有               | 40                  | 70                  | 1.7         |
| 10  | 55                     | 有               | 70                  | 110                 | 1.6         |
| 11  | 60                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.4         |
| 12  | 40                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.9         |
| 13  | 35                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.2         |
| 14  | 40                     | 有               | 50                  | 100                 | 2.0         |
| 15  | 60                     | 有               | 40                  | 80                  | 1.9         |
| 16  | 55                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.4         |
| 17  | 55                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 18  | 50                     | 有               | 50                  | 100                 | 2.0         |
| 19  | 45                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.2         |
| 20  | 50                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 21  | 40                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.8         |
| 22  | 55                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.9         |
| 23  | 45                     | 有               | 50                  | 100                 | 1.9         |
| 24  | 65                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 25  | 60                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.9         |
| 26  | 50                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 27  | 45                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 28  | 65                     | 有               | 40                  | 80                  | 2.0         |
| 29  | 65                     | 有               | 70                  | 110                 | 1.6         |
| 30  | 40                     | 有               | 50                  | 80                  | 1.6         |
| 31  | 35                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.2         |
| 32  | 65                     | 有               | 60                  | 120                 | 2.0         |
| 33  | 50                     | 有               | 70                  | 110                 | 1.6         |
| 34  | 50                     | 有               | 40                  | 80                  | 1.9         |
| 35  | 65                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 36  | 45                     | 有               | 60                  | 120                 | 2.0         |
| 37  | 50                     | 有               | 40                  | 70                  | 1.7         |
| 38  | 40                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 39  | 40                     | 有               | 50                  | 130                 | 2.5         |
| 40  | 55                     | 有               | 70                  | 150                 | 2.2         |

[0105]

[表2B]

| No. | 溶融めっき層                 |                 |                     |                     |             |
|-----|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|
|     | 白画素の<br>合計面積率<br>(面積%) | 金属<br>外観の<br>有無 | 60度鏡面光沢Gs(60° )     |                     |             |
|     |                        |                 | 白画素の<br>集合領域<br>(W) | 黒画素の<br>集合領域<br>(B) | 倍率<br>(B/W) |
| 41  | 65                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.2         |
| 42  | 60                     | 有               | 50                  | 130                 | 2.5         |
| 43  | 65                     | 有               | 60                  | 140                 | 2.4         |
| 44  | 30                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 45  | 70                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.2         |
| 46  | 60                     | 有               | 50                  | 150                 | 2.2         |
| 47  | 40                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.5         |
| 48  | 50                     | 有               | 160                 | 240                 | 1.5         |
| 49  | 35                     | 有               | 70                  | 110                 | 1.6         |
| 50  | 65                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 51  | 65                     | 有               | 50                  | 110                 | 2.1         |
| 52  | 65                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 53  | 55                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.6         |
| 54  | 35                     | 有               | 50                  | 100                 | 1.9         |
| 55  | 55                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.4         |
| 56  | 35                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 57  | 55                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.3         |
| 58  | 40                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 59  | 40                     | 有               | 50                  | 100                 | 2.0         |
| 60  | 65                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.5         |
| 61  | 60                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.1         |
| 62  | 65                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 63  | 65                     | 有               | 50                  | 90                  | 1.8         |
| 64  | 35                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.5         |
| 65  | 50                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.4         |
| 66  | 55                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.3         |
| 67  | 50                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.6         |
| 68  | 40                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.6         |
| 69  | 50                     | 有               | 50                  | 130                 | 2.5         |
| 70  | 50                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 71  | 60                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.2         |
| 72  | 65                     | 有               | 40                  | 70                  | 1.7         |
| 73  | 35                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.8         |
| 74  | 50                     | 有               | 40                  | 90                  | 2.3         |
| 75  | 50                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.8         |
| 76  | 65                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.1         |
| 77  | 40                     | 有               | 40                  | 70                  | 1.7         |
| 78  | 55                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.2         |
| 79  | 40                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.8         |
| 80  | 35                     | 有               | 60                  | 100                 | 1.6         |

[表2C]

| No. | 溶融めっき層                 |                 |                     |                     |             |
|-----|------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------|
|     | 白画素の<br>合計面積率<br>(面積%) | 金属<br>外観の<br>有無 | 60度鏡面光沢Gs(60° )     |                     |             |
|     |                        |                 | 白画素の<br>集合領域<br>(W) | 黒画素の<br>集合領域<br>(B) | 倍率<br>(B/W) |
| 81  | 40                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.6         |
| 82  | 45                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.2         |
| 83  | 45                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 84  | 65                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.1         |
| 85  | 50                     | 有               | 60                  | 120                 | 2.0         |
| 86  | 50                     | 有               | 50                  | 100                 | 2.0         |
| 87  | 60                     | 有               | 60                  | 130                 | 2.2         |
| 88  | 65                     | 有               | 50                  | 120                 | 2.4         |
| 89  | 50                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 90  | 40                     | 有               | 50                  | 90                  | 1.8         |
| 91  | 35                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.9         |
| 92  | 30                     | 有               | 50                  | 100                 | 2.0         |
| 93  | 70                     | 有               | 40                  | 100                 | 2.4         |
| 94  | 65                     | 有               | 50                  | 150                 | 1.8         |
| 95  | 60                     | 有               | 50                  | 80                  | 1.5         |
| 96  | 45                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 97  | 60                     | 有               | 60                  | 80                  | 1.3         |
| 98  | 55                     | 有               | 160                 | 200                 | 1.3         |
| 99  | 50                     | 有               | 60                  | 90                  | 1.5         |
| 100 | 60                     | 有               | 70                  | 130                 | 1.9         |
| 101 | 45                     | 有               | 60                  | 110                 | 1.8         |
| 102 | 50                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.5         |
| 103 | <u>20</u>              | 有               | 60                  | 90                  | 1.5         |
| 104 | <u>80</u>              | 有               | 30                  | 50                  | 1.8         |
| 105 | 60                     | 有               | 50                  | 90                  | 1.8         |
| 106 | 65                     | 有               | 40                  | 70                  | 1.7         |
| 107 | 40                     | 有               | 70                  | 140                 | 2.0         |
| 108 | 50                     | 有               | 40                  | 60                  | 1.6         |
| 109 | <u>20</u>              | 有               | 80                  | 160                 | 2.0         |
| 110 | <u>80</u>              | 有               | 40                  | 60                  | 1.5         |

下線部は本発明の範囲外であることを示す。

[0107]

[表3A]

| No. | 評価       |                  |     |     |     | 備考  |
|-----|----------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|     | 金属<br>外観 | 疵の<br>目立ち<br>にくさ | 耐食性 | 密着性 | 導電性 |     |
| 1   | 3        | F                | F   | －   | －   | 発明例 |
| 2   | 3        | F                | G   | －   | －   |     |
| 3   | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 4   | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 5   | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 6   | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 7   | 3        | F                | G   | －   | －   |     |
| 8   | 3        | F                | G   | －   | －   |     |
| 9   | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 10  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 11  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 12  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 13  | 3        | F                | G   | －   | －   |     |
| 14  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 15  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 16  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 17  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 18  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 19  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 20  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 21  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 22  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 23  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 24  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 25  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 26  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 27  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 28  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 29  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 30  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 31  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 32  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 33  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 34  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 35  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 36  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 37  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 38  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 39  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 40  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |

[0108]

[表3B]

| No. | 評価       |                  |     |     |     | 備考  |
|-----|----------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|     | 金属<br>外観 | 疵の<br>目立ち<br>にくさ | 耐食性 | 密着性 | 導電性 |     |
| 41  | 3        | F                | F   | －   | －   | 発明例 |
| 42  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 43  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 44  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 45  | 2        | F                | F   | －   | －   |     |
| 46  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 47  | 3        | F                | F   | －   | －   |     |
| 48  | 3        | F                | G   | －   | －   |     |
| 49  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 50  | 3        | F                | G   | F   | F   |     |
| 51  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 52  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 53  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 54  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 55  | 3        | F                | G   | F   | F   |     |
| 56  | 3        | F                | G   | F   | F   |     |
| 57  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 58  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 59  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 60  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 61  | 3        | F                | G   | F   | F   |     |
| 62  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 63  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 64  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 65  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 66  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 67  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 68  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 69  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 70  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 71  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 72  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 73  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 74  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 75  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 76  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 77  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 78  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 79  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 80  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |

[0109]

[表3C]

| No. | 評価       |                  |     |     |     | 備考  |
|-----|----------|------------------|-----|-----|-----|-----|
|     | 金属<br>外観 | 疵の<br>目立ち<br>にくさ | 耐食性 | 密着性 | 導電性 |     |
| 81  | 3        | F                | F   | F   | F   | 発明例 |
| 82  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 83  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 84  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 85  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 86  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 87  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 88  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 89  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 90  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 91  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 92  | 3        | F                | F   | G   | F   |     |
| 93  | 2        | F                | F   | F   | G   |     |
| 94  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 95  | 3        | F                | F   | F   | F   |     |
| 96  | －        | －                | F   | F   | F   |     |
| 97  | 2        | F                | F   | F   | F   |     |
| 98  | 3        | F                | G   | G   | F   |     |
| 99  | 3        | F                | P   | －   | －   | 比較例 |
| 100 | 3        | F                | P   | －   | －   |     |
| 101 | 3        | F                | P   | －   | －   |     |
| 102 | 3        | F                | P   | －   | －   |     |
| 103 | 3        | P                | F   | －   | －   |     |
| 104 | 1        | F                | F   | －   | －   |     |
| 105 | 3        | F                | P   | F   | F   |     |
| 106 | 3        | F                | P   | F   | F   |     |
| 107 | 3        | F                | P   | F   | F   |     |
| 108 | 3        | F                | P   | F   | F   |     |
| 109 | 3        | P                | F   | P   | F   |     |
| 110 | 1        | F                | F   | F   | P   |     |

下線部は本発明の範囲外であることを示す。

産業上の利用可能性

[0110] 本開示のZn－Al－Mg系溶融めっき鋼部材は、耐食性および化成処理層の密着性に優れ、化成処理層を形成した場合であっても溶接電極との導電性にも優れ、更に、疵の目立ちにくい優れた外観を備えるので、産業上の利用可能性が高い。

## 符号の説明

- [0111]    1…鋼板  
          2…溶融亜鉛めっき浴  
          3…シンクロール  
          4…ワイピングノズル  
          5…冷却装置

## 請求の範囲

[請求項1] 鋼部材と、前記鋼部材の表面に配置された溶融めっき層と、を備え

、

前記溶融めっき層の平均組成は、質量%で、

A l : 4 ~ 2 2 %、

M g : 1 . 0 ~ 1 0 . 0 %、

F e : 0 . 0 0 0 1 ~ 2 %、

S i : 0 ~ 2 %、

N i : 0 ~ 2 %、

T i : 0 ~ 2 %、

Z r : 0 ~ 2 %、

S r : 0 ~ 2 %、

S b : 0 ~ 2 %、

P b : 0 ~ 2 %、

S n : 0 ~ 2 %、

C a : 0 ~ 2 %、

C o : 0 ~ 2 %、

M n : 0 ~ 2 %、

P : 0 ~ 2 %、

B : 0 ~ 2 %、

B i : 0 ~ 2 %、

C r : 0 ~ 2 %、

S c : 0 ~ 2 %、

Y : 0 ~ 2 %、

R E M : 0 ~ 2 %、

H f : 0 ~ 2 %、および

C : 0 ~ 2 %

を含有し、残部がZ nおよび不純物を含み、

前記溶融めっき層の表面を撮像した画像データの二値化画像データにおいて、白画素の合計面積率が30%以上70%以下であり、

前記二値化画像データは、前記画像データを大津の二値化法により二値化処理して得られる、Zn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項2] 前記溶融めっき層の表面に、化成処理層を有する、請求項1に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項3] 前記化成処理層は金属外観を有する、請求項2に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項4] 前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が150以下であり、

黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上である、請求項1に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項5] 前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が150以下であり、

黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上である、請求項2に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項6] 前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が70以下であり、

黒画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)が、前記白画素の集合領域に対応する前記溶融めっき層の表面の60度鏡面光沢Gs(60°)の1.5倍以上である、請求項1に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項7] 前記溶融めっき層の前記平均組成が、下記A群、下記B群または下記C群から選択される1種または2種以上を含有する、請求項1～6

の何れか一項に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

A群：Si：0.0001～2%

B群：Ni、Ti、Zr、Srのいずれか1種または2種以上を、  
合計で0.0001～2%

C群：Sb、Pb、Sn、Ca、Co、Mn、P、B、Bi、Cr、  
Sc、Y、REM、Hf、Cのいずれか1種または2種以上を、合  
計で0.0001～2%

[請求項8] 前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記A群を含有する、請求項  
5に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項9] 前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記B群を含有する、請求項  
5に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。

[請求項10] 前記溶融めっき層の前記平均組成が、前記C群を含有する、請求項  
5に記載のZn-Al-Mg系溶融めっき鋼部材。