

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7698235号
(P7698235)

(45)発行日 令和7年6月25日(2025.6.25)

(24)登録日 令和7年6月17日(2025.6.17)

| | |
|-------------------------|---------------|
| (51)国際特許分類 | F I |
| C 2 3 C 2/06 (2006.01) | C 2 3 C 2/06 |
| C 2 2 C 18/04 (2006.01) | C 2 2 C 18/04 |
| C 2 3 C 2/26 (2006.01) | C 2 3 C 2/26 |
| C 2 3 C 2/40 (2006.01) | C 2 3 C 2/40 |

請求項の数 6 (全21頁)

| | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2024-529009(P2024-529009) | (73)特許権者 | 000006655 日本製鉄株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 |
| (86)(22)出願日 | 令和5年6月19日(2023.6.19) | (74)代理人 | 100149548 弁理士 松沼 泰史 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2023/022632 | (74)代理人 | 100140774 弁理士 大浪 一徳 |
| (87)国際公開番号 | WO2023/248987 | (74)代理人 | 100134359 弁理士 勝俣 智夫 |
| (87)国際公開日 | 令和5年12月28日(2023.12.28) | (74)代理人 | 100188592 弁理士 山口 洋 |
| 審査請求日 | 令和6年11月29日(2024.11.29) | (74)代理人 | 100217249 弁理士 堀田 耕一郎 |
| (31)優先権主張番号 | 特願2022-100352(P2022-100352) | (74)代理人 | 100221279 弁理士 山口 健吾 |
| (32)優先日 | 令和4年6月22日(2022.6.22) | | |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 日本国(JP) | | |
| 早期審査対象出願 | | | |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 めっき鋼板

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼板と、前記鋼板の表面に配されためっき層と、を備え、
前記めっき層の化学組成が、質量%で、

Al : 10.0 ~ 30.0 %、

Mg : 3.0 ~ 15.0 %、

Fe : 0.01 ~ 2.0 %、

Si : 0超 ~ 2.0 %、

Ca : 0.05 ~ 2.0 %を含有し、

更に、下記A群、B群からなる群から選択される1種又は2種を含有し、

残部がZn及び不純物からなり、

前記めっき層の表面に露出した円相当径1µm以上のCa-Zn相の数密度が、10000µm²の面積あたり0個であり、

前記めっき層の化学組成のうち、Al、MgおよびSiが、Al : 15 ~ 25質量%、

Mg : 4.5 ~ 8質量%、Si : 0.1 ~ 2質量%であり、

前記めっき層の表面に露出した円相当径1µm以上のAl-Si-Zn-Ca相の数密度が10000µm²の面積あたり1 ~ 50個であることを特徴とする、めっき鋼板。

[A群] Ni : 0 ~ 1.0 %

[B群] Sb : 0 ~ 0.5 %、Pb : 0 ~ 0.5 %、Cu : 0 ~ 1.0 %、Sn : 0 ~ 2

.0 %、Ti : 0 ~ 1.0 %、Cr : 0 ~ 1.0 %、Nb : 0 ~ 1.0 %、Zr : 0 ~ 1

. 0 %、Mn : 0 ~ 1 . 0 %、Mo : 0 ~ 1 . 0 %、Ag : 0 ~ 1 . 0 %、Li : 0 ~ 1 . 0 %、La : 0 ~ 0 . 5 %、Ce : 0 ~ 0 . 5 %、B : 0 ~ 0 . 5 %、Y : 0 ~ 0 . 5 %、P : 0 ~ 0 . 5 %、Sr : 0 ~ 0 . 5 %、Co : 0 ~ 0 . 5 %、Bi : 0 ~ 0 . 5 %、In : 0 ~ 0 . 5 %、V : 0 ~ 0 . 5 %、W : 0 ~ 0 . 5 %の1種または2種以上を合計で0 ~ 5 %

【請求項2】

前記めっき層の表面に露出した長径2 μm以上のMg - Si - Zn - Al相の数密度が10000 μm²の面積あたり5 ~ 150個である、請求項1に記載のめっき鋼板。

【請求項3】

前記めっき層の化学組成のうち、Snが、Sn : 0 . 05 ~ 0 . 5質量%であり、前記めっき層に対するX線回折測定において、めっき層中にMg₂Sn相が検出される、請求項1又は2に記載のめっき鋼板。

10

【請求項4】

前記めっき層が、質量%で、前記A群を含有する化学組成を有する、請求項1に記載のめっき鋼板。

【請求項5】

前記めっき層が、質量%で、前記B群を含有する化学組成を有する、請求項1に記載のめっき鋼板。

【請求項6】

前記めっき層の表面に露出した円相当径1 μm未満のCa - Zn相の数密度が、10000 μm²の面積あたり1個以上である、請求項1に記載のめっき鋼板。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、めっき鋼板に関する。

本願は、2022年6月22日に、日本に出願された特願2022 - 100352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】

Al及びMgを含有する溶融Znめっき層を有するZn - Al - Mg系溶融めっき鋼板は、優れた耐食性を有する。そのため、例えば建材などの耐食性を求められる構造部材の材料として、Zn - Al - Mg系溶融めっき鋼板は幅広く用いられている。

30

【0003】

例えば特許文献1には、鋼材と、鋼材の表面に配されたZn - Al - Mg合金層を含むめっき層と、を有するめっき鋼材であって、Zn - Al - Mg合金層がZn相を有し、かつZn相中にMg - Sn金属間化合物相を含有し、めっき層が、質量%で、Zn : 65 . 0%超、Al : 5 . 0%超 ~ 25 . 0%未満、Mg : 3 . 0%超 ~ 12 . 5%未満、Sn : 0 . 1% ~ 20 . 0%及び不純物からなり、かつ下記式1 ~ 式5を満たす化学組成を有するめっき鋼材が記載されている。

$$\text{式1 : } Bi + In < Sn$$

40

$$\text{式2 : } Y + La + Ce \leq Ca$$

$$\text{式3 : } Si < Sn$$

$$\text{式4 : } O \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0 . 25$$

$$\text{式5 : } O \leq Sr + Sb + Pb + B < 0 . 5$$

【0004】

特許文献2には、鋼材と、鋼材の表面に配され、Zn - Al - Mg合金層を含むめっき層と、を有するめっき鋼材であって、Zn - Al - Mg合金層の断面において、MgZn₂相の面積分率が45 ~ 75%、MgZn₂相およびAl相の合計の面積分率が70%以上、かつZn - Al - MgZn₂三元共晶組織の面積分率が0 ~ 5%であり、めっき層が、質量%で、Zn : 44 . 90%超 ~ 79 . 90%未満、Al : 15%超 ~ 35%未満、

50

Mg : 5 % 超 ~ 20 % 未満、Ca : 0 . 1 % ~ 3 . 0 % 未満、及び不純物からなり、元素群 A を Y、La 及び Ce、元素群 B を Cr、Ti、Ni、Co、V、Nb、Cu 及び Mn、元素群 C を Sr、Sb 及び Pb、並びに元素群 D を Sn、Bi 及び In とした場合、元素群 A から選ばれる元素の合計の含有量が 0 % ~ 0 . 5 % であり、Ca と前記元素群 A から選ばれる元素との合計の含有量が 0 . 1 % ~ 3 . 0 % 未満であり、元素群 B から選ばれる元素の合計の含有量が 0 % ~ 0 . 25 % であり、元素群 C から選ばれる元素の合計の含有量が 0 % ~ 0 . 5 % であり、元素群 D から選ばれる元素の合計の含有量が 0 % ~ 20 . 00 % である化学組成を有するめっき鋼材が記載されている。

【0005】

近年、屋根や壁材などに使用される建材用途の溶融めっき鋼材には、めっき層そのものの耐食性である平面耐食性と、めっき表面に塗装した場合の塗膜の密着性（塗装密着性）の両方が求められる。一方で、平面耐食性と塗装密着性を高いレベルで両立する技術は、検討されていなかった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】国際公開第 2018 / 139619 号

【文献】国際公開第 2018 / 139620 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、平面耐食性と塗装密着性の両方に優れためっき鋼板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] 鋼板と、前記鋼板の表面に配されためっき層と、を備え、

前記めっき層の化学組成が、質量%で、

Al : 10 . 0 ~ 30 . 0 %、

Mg : 3 . 0 ~ 15 . 0 %、

30

Fe : 0 . 01 ~ 2 . 0 %、

Si : 0 超 ~ 2 . 0 %、

Ca : 0 . 05 ~ 2 . 0 % を含有し、

更に、下記 A 群、B 群からなる群から選択される 1 種又は 2 種を含有し、

残部が Zn 及び不純物からなり、

前記めっき層の表面に露出した円相当径 1 μm 以上の Ca - Zn 相の数密度が、10000 μm^2 の面積あたり 0 個であり、

前記めっき層の化学組成のうち、Al、Mg および Si が、Al : 15 ~ 25 質量%、Mg : 4 . 5 ~ 8 質量%、Si : 0 . 1 ~ 2 質量%であり、

前記めっき層の表面に露出した円相当径 1 μm 以上の Al - Si - Zn - Ca 相の数密度が 10000 μm^2 の面積あたり 1 ~ 50 個であることを特徴とする、めっき鋼板。

40

[A 群] Ni : 0 ~ 1 . 0 %

[B 群] Sb : 0 ~ 0 . 5 %、Pb : 0 ~ 0 . 5 %、Cu : 0 ~ 1 . 0 %、Sn : 0 ~ 2

. 0 %、Ti : 0 ~ 1 . 0 %、Cr : 0 ~ 1 . 0 %、Nb : 0 ~ 1 . 0 %、Zr : 0 ~ 1

. 0 %、Mn : 0 ~ 1 . 0 %、Mo : 0 ~ 1 . 0 %、Ag : 0 ~ 1 . 0 %、Li : 0 ~ 1

. 0 %、La : 0 ~ 0 . 5 %、Ce : 0 ~ 0 . 5 %、B : 0 ~ 0 . 5 %、Y : 0 ~ 0 . 5

%、P : 0 ~ 0 . 5 % および Sr : 0 ~ 0 . 5 %、Co : 0 ~ 0 . 5 %、Bi : 0 ~ 0 .

5 %、In : 0 ~ 0 . 5 %、V : 0 ~ 0 . 5 %、W : 0 ~ 0 . 5 % の 1 種または 2 種以上

を合計で 0 ~ 5 %

[2] 前記めっき層の表面に露出した長径 2 μm 以上の Mg - Si - Zn - Al 相の数

50

密度が $10000 \mu\text{m}^2$ の面積あたり $5 \sim 150$ 個である、[1] に記載のめっき鋼板。

[3] 前記めっき層の化学組成のうち、Sn が、 $\text{Sn} : 0.05 \sim 0.5$ 質量%であり、前記めっき層に対する X 線回折測定において、めっき層中に Mg_2Sn 相が検出される、[1] 又は [2] に記載のめっき鋼板。

[4] 前記めっき層が、質量%で、前記 A 群を含有する化学組成を有する、[1] に記載のめっき鋼板。

[5] 前記めっき層が、質量%で、前記 B 群を含有する化学組成を有する、[1] に記載のめっき鋼板。

[6] 前記めっき層の表面に露出した円相当径 $1 \mu\text{m}$ 未満の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の数密度が、 $10000 \mu\text{m}^2$ の面積あたり 1 個以上である、[1] に記載のめっき鋼板。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明の上記各態様によれば、平面耐食性と塗装密着性の両方に優れるめっき鋼板を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】本発明の実施形態であるめっき鋼板の断面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

めっき層に $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相が晶出し、これがめっき層の表面に露出すると、 $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相（特に円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相）の周囲にある組織または相の腐食を促進させることがある。このため、 $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相が露出しためっき層上に塗膜を形成すると、 $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の周囲に生成した腐食生成物の影響によって、塗装密着性が低下する可能性がある。本発明者らは、塗装密着性を改善するために、めっき層の表面において、周囲の金属組織または相の腐食を促進させる円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相をなるべく晶出させない必要があることを見出した。

20

【0012】

円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相を晶出させないためには、めっき層の Ca 含有量を少なくすればよいが、その一方で、めっき層に Ca を含有させると、平面耐食性の向上が見込まれる。そのため、 Ca を含有させつつ、めっき層の表面において円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の晶出を抑制できれば、平面耐食性と塗装密着性の両方を改善できることが期待される。

30

【0013】

そこで、本発明者らが、 Al 、 Mg 、 Ca および Zn を含有するめっき層の平面耐食性および塗装密着性の両方を向上させるために鋭意検討したところ、円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の晶出を抑制するために、 $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相を多量に形成させることが有効であることを見出した。 $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相を多く形成すると、めっき層に含まれる Ca がこの相の形成時に消費され、円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の晶出が少なくなると推測される。

【0014】

更に本発明者らが検討したところ、めっき層の製造条件を調整することによって、めっき層の表面に、多くの $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相を晶出させて、円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相を減少させることに成功した。めっき層の表面における $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相の数密度が少なくなることによって塗装密着性が改善され、また、 Ca を含有することにより平面耐食性も向上できるようになる。

40

【0015】

以下、本発明の実施形態であるめっき鋼板について説明する。

本実施形態のめっき鋼板は、鋼板と、鋼板の表面に配されためっき層と、を備え、めっき層の化学組成が、質量%で、 $\text{Al} : 10.0 \sim 30.0\%$ 、 $\text{Mg} : 3.0 \sim 15.0\%$ 、 $\text{Fe} : 0.01 \sim 2.0\%$ 、 $\text{Si} : 0 \text{超} \sim 2.0\%$ 、 $\text{Ca} : 0.05 \sim 2.0\%$ を含有

50

し、更に、下記A群、B群からなる群から選択される1種又は2種を含有し、残部がZn及び不純物からなり、めっき層の表面に露出した円相当径 $1\mu\text{m}$ 以上のCa-Zn相の数密度が、 $10000\mu\text{m}^2$ の面積あたり0~10個であり、めっき層の表面に露出した円相当径 $1\mu\text{m}$ 以上のAl-Si-Zn-Ca相の数密度が $10000\mu\text{m}^2$ の面積あたり1~50個である。

【0016】

[A群] Ni: 0~1.0%

[B群] Sb: 0~0.5%、Pb: 0~0.5%、Cu: 0~1.0%、Sn: 0~2.0%、Ti: 0~1.0%、Cr: 0~1.0%、Nb: 0~1.0%、Zr: 0~1.0%、Mn: 0~1.0%、Mo: 0~1.0%、Ag: 0~1.0%、Li: 0~1.0%、La: 0~0.5%、Ce: 0~0.5%、B: 0~0.5%、Y: 0~0.5%、P: 0~0.5%、Sr: 0~0.5%、Co: 0~0.5%、Bi: 0~0.5%、In: 0~0.5%、V: 0~0.5%、W: 0~0.5%の1種または2種以上を合計で0~5%

10

【0017】

以下の説明において、化学組成の各元素の含有量の「%」表示は、「質量%」を意味する。化学組成の元素の含有量は、元素濃度(例えば、Zn濃度、Mg濃度等)と表記することがある。「平面耐食性」とは、めっき層(具体的にはZn-Al-Mg合金層)自体の腐食し難い性質を示す。「塗装密着性」とは、めっき層に塗膜を形成した場合に塗膜の剥がれにくくなる性質を示す。「めっき層」とは、いわゆる溶融めっき処理によって製造されためっき皮膜を意味する。

20

【0018】

図1に示すように、本実施形態に係るめっき鋼板1は、鋼板11を有する。鋼板11の形状には、特に制限はない。また、鋼板11は例えば、鋼管、土木建築材(柵渠、コルゲートパイプ、排水溝蓋、飛砂防止板、ボルト、金網、ガードレール、止水壁等)、家電部材(エアコンの室外機の筐体等)、自動車部品(足回り部材等)などに成形加工された素地鋼板であってもよい。成形加工は、例えば、プレス加工、ロールフォーミング、曲げ加工などの種々の塑性加工手法である。

【0019】

鋼板11の材質には、特に制限はない。鋼板11は、例えば、一般鋼、Alキルド鋼、極低炭素鋼、高炭素鋼、各種高張力鋼、一部の高合金鋼(Ni、Cr等の強化元素含有鋼等)などの各種の鋼板とすることができる。鋼板11を、JIS G 3302:2010に記載されている熱延鋼板、熱延鋼帯、冷延鋼板、及び冷延鋼帯などとしてもよい。鋼板の製造方法(熱間圧延方法、酸洗方法、冷延方法等)、及びその具体的な製造条件等についても、特に制限されない。

30

【0020】

後述するように、めっき原板となる鋼板には、表面粗さを調整した鋼板11を用いる。鋼板の表面粗さの調整は、例えば、圧延ロールまたはスキンプラス用のロールの表面を所定の表面粗さにしておき、圧延時またはスキンプラス時にロールの表面形状を転写する等の方法により行うことが可能である。

40

【0021】

本実施形態に係るめっき鋼板1は、鋼板11の表面に配されためっき層12を有する。本実施形態に係るめっき鋼板1のめっき層12は、後述する化学組成に起因して、主にZn-Al-Mg合金層から構成される。また、本実施形態に係るめっき鋼板1のめっき層12は、鋼板11とZn-Al-Mg合金層との間にFeおよびAlを主成分とする界面合金層を含んでもよい。つまり、めっき層12は、Zn-Al-Mg合金層の単層構造であってもよく、Zn-Al-Mg合金層と界面合金層とを含む積層構造であってもよい。

【0022】

本実施形態に係るめっき層の化学組成は、Znと、その他の合金元素とから構成される。めっき層の化学組成について、以下に詳細に説明する。なお、濃度の下限値が0%であ

50

ると説明される元素は、本実施形態に係るめっき鋼板の課題を解決するために必須ではないが、特性の向上などを目的としてめっき層に含まれることが許容される任意元素である。

【0023】

< Al : 10.0 ~ 30.0 % >

Alは、平面耐食性、塗装密着性及び加工性の向上に寄与する。従って、Al濃度は10.0%以上とする。Al濃度を11.0%以上、12.0%以上、又は15.0%以上としてもよい。一方、Alが過剰である場合、Mg濃度およびZn濃度が相対的に低下して、塗装密着性が劣化する。よって、Al濃度は30.0%以下とする。Al濃度を24.0%以下、22.0%以下、又は20.0%以下としてもよい。

【0024】

< Mg : 3.0 ~ 15.0 % >

Mgは、平面耐食性および塗装密着性を確保するために必須の元素である。従って、Mg濃度は、3.0%以上とする。Mg濃度を4.0%以上、5.0%以上、又は6.0%以上としてもよい。一方、Mg濃度が過剰であると、加工性、特にパウダリング性が劣化し、更に平面耐食性が劣化する場合がある。よって、Mg濃度は15.0%以下とする。Mg濃度を10.0%以下または8.0%以下としてもよい。

【0025】

< Fe : 0.01% ~ 2.0 % >

Feの濃度は0%でもよいが、Feがめっき層に0.01%以上含有されてもよい。Fe濃度が2.0%以下であれば、めっき層の性能に悪影響がないことが確認されている。Fe濃度を例えば0.05%以上、0.1%以上、0.5%以上、又は1.0%以上としてもよい。Fe濃度は2.0%以下とする。Fe濃度は、1.8%以下または1.5%以下としてもよい。Feは、母材鋼板から混入する場合があるため、Fe濃度は0.05%以上でもよい。

【0026】

< Si : 0%超 ~ 2.0 % >

Siは、平面耐食性の向上に寄与する。また、Al-Si-Zn-Ca相を晶出させるためにも必要である。従って、Si濃度を0%超、0.01%以上、0.02%以上または0.06%以上としてもよい。一方、Si濃度が過剰であると、平面耐食性および塗装密着性が劣化する。従って、Si濃度は2.0%以下とする。Si濃度を1.8%以下、1.6%以下、1.2%以下または1.0%以下としてもよい。

【0027】

< Ca : 0.05% ~ 2.0 % >

Caは、平面耐食性の向上に寄与する元素であり、平面耐食性を付与するのに最適なMg溶出量を調整することができる元素である。また、Caは、Al-Si-Zn-Ca相を晶出させるためにも必要である。従って、Ca濃度は0.05%以上とする。Caは、0.10%以上でもよく、0.20%以上でもよい。Caを0.10%にしたとき、円相当径1μm未満のCa-Zn相の密度が1以上となりやすい。一方、Ca濃度が過剰であると、塗装密着性が劣化する。従って、Ca濃度は2.0%以下とする。Ca濃度を1.0%以下としてもよい。

【0028】

更に、本実施形態のめっき層は、下記A群またはB群から選択される1種又は2種を含有してもよい。

【0029】

[A群] Ni : 0 ~ 1.0 %

[B群] Sb : 0 ~ 0.5 %、Pb : 0 ~ 0.5 %、Cu : 0 ~ 1.0 %、Sn : 0 ~ 2.0 %、Ti : 0 ~ 1.0 %、Cr : 0 ~ 1.0 %、Nb : 0 ~ 1.0 %、Zr : 0 ~ 1.0 %、Mn : 0 ~ 1.0 %、Mo : 0 ~ 1.0 %、Ag : 0 ~ 1.0 %、Li : 0 ~ 1.0 %、La : 0 ~ 0.5 %、Ce : 0 ~ 0.5 %、B : 0 ~ 0.5 %、Y : 0 ~ 0.5 %、P : 0 ~ 0.5 %、Sr : 0 ~ 0.5 %、Co : 0 ~ 0.5 %、Bi : 0 ~ 0.5 %

10

20

30

40

50

、I n : 0 ~ 0 . 5 % 、 V : 0 ~ 0 . 5 % 、 W : 0 ~ 0 . 5 % の 1 種 または 2 種 以上 を 合 計 で 0 ~ 5 %

【 0 0 3 0 】

< N i : 0 ~ 1 . 0 % >

A 群 として の N i の 濃 度 は 0 % で も よ い 。 一 方 、 N i は 塗 装 密 着 性 の 向 上 に 寄 与 す る 。 従 っ て 、 N i 濃 度 を 0 . 0 5 % 以 上 、 0 . 0 8 % 以 上 、 又 は 0 . 1 % 以 上 と し て も よ い 。 一 方 、 N i 濃 度 が 過 剰 で あ る と 、 平 面 耐 食 性 が 劣 化 す る 。 従 っ て 、 N i 濃 度 は 、 1 . 0 % 以 下 と す る 。 N i 濃 度 を 0 . 8 % 以 下 、 0 . 6 % 以 下 、 又 は 0 . 5 % 以 下 と し て も よ い 。

【 0 0 3 1 】

更 に 、 本 実 施 形 態 に 係 る め っ き 層 に は 、 B 群 として 、 S b : 0 ~ 0 . 5 % 、 P b : 0 ~ 0 . 5 % 、 C u : 0 ~ 1 . 0 % 、 S n : 0 ~ 2 . 0 % 、 T i : 0 ~ 1 . 0 % 、 C r : 0 ~ 1 . 0 % 、 N b : 0 ~ 1 . 0 % 、 Z r : 0 ~ 1 . 0 % 、 M n : 0 ~ 1 . 0 % 、 M o : 0 ~ 1 . 0 % 、 A g : 0 ~ 1 . 0 % 、 L i : 0 ~ 1 . 0 % 、 L a : 0 ~ 0 . 5 % 、 C e : 0 ~ 0 . 5 % 、 B : 0 ~ 0 . 5 % 、 Y : 0 ~ 0 . 5 % 、 P : 0 ~ 0 . 5 % 、 S r : 0 ~ 0 . 5 % 、 C o : 0 ~ 0 . 5 % 、 B i : 0 ~ 0 . 5 % 、 I n : 0 ~ 0 . 5 % 、 V : 0 ~ 0 . 5 % 、 W : 0 ~ 0 . 5 % の う ち の 1 種 または 2 種 以上 の 元 素 が 含 有 さ れ て も よ い 。 こ れ ら の 元 素 の 合 計 は 0 ~ 5 % と さ れ る 。 合 計 が 5 % を 超 え る と 、 平 面 耐 食 性 または 塗 装 密 着 性 が 低 下 す る 場 合 が あ る 。

【 0 0 3 2 】

< S b 、 P b : そ れ ぞ れ 0 ~ 0 . 5 % >

S b 、 P b の 濃 度 は 0 % で も よ い 。 一 方 、 S b 、 P b は 、 塗 装 密 着 性 の 向 上 に 寄 与 す る 。 従 っ て 、 S b 、 P b そ れ ぞ れ の 濃 度 を 0 . 0 5 % 以 上 、 0 . 1 0 % 以 上 、 又 は 0 . 1 5 % 以 上 と し て も よ い 。 一 方 、 S b 、 P b の 濃 度 が 過 剰 で あ る と 、 平 面 耐 食 性 が 劣 化 す る 。 従 っ て 、 S b 、 P b そ れ ぞ れ の 濃 度 は 0 . 5 % 以 下 と す る 。 S b 、 P b そ れ ぞ れ の 濃 度 を 0 . 4 % 以 下 、 0 . 3 % 以 下 、 又 は 0 . 2 5 % 以 下 と し て も よ い 。

【 0 0 3 3 】

< C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i : そ れ ぞ れ 0 ~ 1 . 0 % >

C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i の 濃 度 は そ れ ぞ れ 0 % で も よ い 。 一 方 、 こ れ ら は 塗 装 密 着 性 の 向 上 に 寄 与 す る 。 従 っ て 、 C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i そ れ ぞ れ の 濃 度 を 0 . 0 5 % 以 上 、 0 . 0 8 % 以 上 、 又 は 0 . 1 0 % 以 上 と し て も よ い 。 一 方 、 C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i の 濃 度 が 過 剰 で あ る と 、 平 面 耐 食 性 が 劣 化 す る 。 従 っ て 、 C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i そ れ ぞ れ の 濃 度 は 、 1 . 0 % 以 下 と す る 。 C u 、 T i 、 C r 、 N b 、 Z r 、 M n 、 M o 、 A g お よ び L i そ れ ぞ れ の 濃 度 を 0 . 8 % 以 下 、 0 . 7 % 以 下 、 又 は 0 . 6 % 以 下 と し て も よ い 。

【 0 0 3 4 】

< S n : 0 ~ 2 . 0 % >

S n 濃 度 は 0 % で あ っ て も よ い 。 一 方 、 S n は 、 M g と 金 属 間 化 合 物 を 形 成 し 、 め っ き 層 の 塗 装 密 着 性 を 向 上 さ せ る 元 素 で あ る 。 従 っ て 、 S n 濃 度 を 0 . 0 5 % 以 上 、 0 . 1 % 以 上 または 0 . 2 % 以 上 と し て も よ い 。 た だ し 、 S n 濃 度 が 過 剰 で あ る と 、 平 面 耐 食 性 が 劣 化 す る 。 従 っ て 、 S n 濃 度 は 2 . 0 % 以 下 と す る 。 S n 濃 度 を 1 . 0 % 以 下 、 0 . 8 % 以 下 または 0 . 5 % 以 下 と し て も よ い 。

【 0 0 3 5 】

< L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r : そ れ ぞ れ 0 ~ 0 . 5 % >

L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r そ れ ぞ れ の 濃 度 は 0 % で も よ い 。 一 方 、 L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r は 、 塗 装 密 着 性 の 向 上 に 寄 与 す る 。 従 っ て 、 L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r の 濃 度 そ れ ぞ れ を 0 . 1 0 % 以 上 、 0 . 1 5 % 以 上 、 又 は 0 . 2 0 % 以 上 と し て も よ い 。 一 方 、 L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r の 濃 度 が 過 剰 で あ る と 、 平 面 耐 食 性 が 劣 化 す る 。 従 っ て 、 L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r の 濃 度 そ れ ぞ れ を 、 0 . 5 % 以 下 と す る 。 L a 、 C e 、 B 、 Y 、 P お よ び S r の 濃 度 そ れ ぞ れ を 0 . 4 % 以 下 、 0 .

10

20

30

40

50

3%以下としてもよい。

【0036】

<Co、Bi、In、V、W：それぞれ0～0.5%>

Co、Bi、In、V、Wそれぞれの濃度は0%でもよい。一方、Co、Bi、In、V、Wは、塗装密着性の向上に寄与する。従って、Co、Bi、In、V、Wの濃度それぞれを0.10%以上、0.15%以上、又は0.20%以上としてもよい。一方、Co、Bi、In、V、Wの濃度が過剰であると、平面耐食性が劣化する。従って、Co、Bi、In、V、Wの濃度それぞれを、0.5%以下とする。Co、Bi、In、V、Wの濃度それぞれを0.4%以下、0.3%以下としてもよい。

【0037】

<残部：Zn及び不純物>

本実施形態に係るめっき層の成分の残部は、Zn及び不純物である。Znは、平面耐食性及び塗装密着性をめっき層にもたらず元素である。不純物は、原材料に含まれる成分、または、製造の工程で混入する成分であって、意図的に含有させたものではない成分を指す。例えば、めっき層には、素地鋼板とめっき浴との相互の原子拡散によって、不純物として、Fe以外の成分も微量混入することがある。

【0038】

めっき層の化学成分は、次の方法により測定する。まず、鋼板の腐食を抑制するインヒビターを含有した酸を用いて、めっき層を剥離溶解した酸液を得る。次に、得られた酸液を誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析する。これにより、めっき層の化学組成を得ることができる。酸種は、めっき層を溶解できる酸であれば、特に制限はない。なお、上述の手段により測定される化学組成は、めっき層全体の平均化学組成である。

【0039】

次に、めっき層の金属組織について説明する。

本実施形態に係るめっき層の表面には、円相当径1 μm 以上のCa-Zn相を、可能な限り晶出させるべきではない。表面において許容される円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の数密度は、10000 μm^2 あたり0～10個である。円相当径1 μm 以上のCa-Zn相がめっき層の表面に露出すると、めっき層の腐食初期において円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の周囲に腐食生成物が形成され、この腐食生成物によって塗装密着性が低下する。従って、円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の数密度は低いことが好ましく、数密度が0(個/10000 μm^2)であることが最も好ましい。数密度が10000 μm^2 あたり10個を超えると、塗装密着性が低下するので好ましくない。円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の数密度は、単位を(個/10000 μm^2)とする場合に、5以下でもよく、3以下でもよい。

【0040】

めっき層の表面におけるCa-Zn相の特定には、電子線マイクロアナライザー(EPMA)を用いる。EPMAに付属する走査型電子顕微鏡によってめっき層の表面を観察し、分析対象の金属間化合物を特定する。そして、特定した金属間化合物に対して元素分析を行うことにより、当該金属間化合物がCa-Zn相かどうかを判別する。Ca-Zn相の特定は、Caを35～65原子%、Znを35原子%以上含有する金属間化合物をCa-Zn相とする。Ca-Zn相には、Mg、Al、Si、Feをそれぞれ10原子%以下の範囲で含有していてもよい。

【0041】

Ca-Zn相は、円相当径1 μm 以上のものが塗装密着性に悪影響を与えることから、円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の晶出を制限する。一方、円相当径1 μm 未満のCa-Zn相は、塗装密着性にほとんど影響を及ぼさないため、本実施形態では問題にしない。円相当径1 μm 未満のCa-Zn相は、その周囲の金属組織や相の腐食が生じにくい。このため円相当径1 μm 未満のCa-Zn相がめっき層表面に形成されていることが好ましい。そのため、本実施形態に係るめっき層の表面には、円相当径1 μm 未満のCa-Zn相の数密度が10000 μm^2 あたり1個以上あることが好ましい。円相当径1 μm 未

10

20

30

40

50

満のCa-Zn相の数密度は、単位を(個/10000 μm^2)とする場合に、100以下でもよく、50以下でもよい。より好ましい円相当径1 μm 未満のCa-Zn相の数密度は、10個/10000 μm^2 以下である。

【0042】

Ca-Zn相の円相当径は、Ca-Zn相を走査型電子顕微鏡で観察した際のCa-Zn相の個々の面積を求め、その面積を有する円の直径をCa-Zn相の円相当径とする。

【0043】

めっき層の表面におけるCa-Zn相の数密度は、めっき層の平均化学組成の影響を受ける場合がある。めっき層の化学組成のうち、MgおよびSiが、Mg:4.5~8質量%、Si:0.1~2質量%である場合、めっき層の表面に露出する円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の数密度は、10000 μm^2 の面積あたり0~3個になる場合がある。

10

【0044】

また、めっき層の化学組成のうち、Al、MgおよびSiが、Al:15~25質量%、Mg:4.5~8質量%、Si:0.1~2質量%である場合、めっき層の表面に露出する円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の数密度は、10000 μm^2 の面積あたり0個になる場合がある。

【0045】

次に、本実施形態に係るめっき層の表面には、円相当径1 μm 以上のAl-Si-Zn-Ca相が露出する。表面におけるAl-Si-Zn-Ca相の数密度は、10000 μm^2 あたり1~50個である。Al-Si-Zn-Ca相がめっき層の表面に露出することで、めっき層に含まれるCaがこの相の生成のために消費され、円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の晶出が抑制される。これにより、塗装密着性が向上する。このようにして、めっき層の平面耐食性および塗装密着性を向上できる。

20

【0046】

めっき層中のAl-Si-Zn-Ca相の特定には、電子線マイクロアナライザー(EPMMA)を用いる。EPMMAに付属する走査型電子顕微鏡によってめっき層の表面を観察し、分析対象の金属間化合物を特定する。そして、特定した金属間化合物に対して元素分析を行うことにより、当該金属間化合物がAl-Si-Zn-Ca相かどうかを判別する。Al-Si-Zn-Ca相の特定は、Znを20~80原子%、Siを1~10原子%、Caを5~25原子%、残部がAl(Al:10原子%以上)および0~5原子%の他元素を含有する金属間化合物をAl-Si-Zn-Ca相とする。Al、Si、ZnおよびCa以外の他元素としては、めっき層に含まれる元素のいずれでもよい。

30

【0047】

Al-Si-Zn-Ca相の大きさが小さいと、Ca-Zn相の晶出を効果的に抑制できないことから、数密度を限定するAl-Si-Zn-Ca相の大きさは、円相当径で1 μm 以上である必要がある。円相当径1 μm のAl-Si-Zn-Ca相が数密度で1(個/10000 μm^2)以上あることで、円相当径1 μm 以上のCa-Zn相の晶出を十分に抑制できるようになる。Al-Si-Zn-Ca相の円相当径は、Al-Si-Zn-Ca相を走査型電子顕微鏡で観察した際のAl-Si-Zn-Ca相の個々の面積を求め、その面積を有する円の直径をAl-Si-Zn-Ca相の円相当径とする。

40

【0048】

めっき層の表面におけるAl-Si-Zn-Ca相の数密度は、10000 μm^2 あたり1~50個とする。数密度が1(個/10000 μm^2)未満では、Ca-Zn相の晶出を抑制できず塗装密着性が不十分になる。一方、Al-Si-Zn-Ca相の数密度が50(個/10000 μm^2)を超えても、塗装密着性向上の効果が飽和するので、50(個/10000 μm^2)以下を上限とする。Al-Si-Zn-Ca相の数密度は、単位を(個/10000 μm^2)とする場合に、3以上でもよく、5以上でもよい。また、Al-Si-Zn-Ca相の数密度は、40以下でもよく、30以下でもよく、20以下でもよい。

【0049】

50

次に、本実施形態に係るめっき層の表面には、長径 $2\mu\text{m}$ 以上のMg-Si-Zn-Al相が露出しているもよい。表面におけるMg-Si-Zn-Al相の数密度は、 $10000\mu\text{m}^2$ あたり $5\sim 150$ 個である。Mg-Si-Zn-Al相がめっき層の表面に露出すると、めっき層の腐食初期においてMg-Si-Zn-Al相が腐食されることにより、Mg、Si、Zn、Alによる緻密な腐食生成物が形成される。この腐食生成物が形成されることにより、めっき層の平面耐食性がより向上する。

【0050】

めっき層のMg-Si-Zn-Al相の特定には、電子線マイクロアナライザー（EPMA）を用いる。EPMAに付属する走査型電子顕微鏡によってめっき層の表面を観察し、分析対象の金属間化合物を特定する。そして、特定した金属間化合物に対して元素分析を行うことにより、当該金属間化合物がMg-Si-Zn-Al相かどうかを判別する。Mg-Si-Zn-Al相の特定は、Mg： $20\sim 45$ 原子%、Si： $15\sim 40$ 原子%、Zn： $15\sim 40$ 原子%、Al： $5\sim 20$ 原子%を含有する金属間化合物をMg-Si-Zn-Al相とする。

10

【0051】

めっき層の表面におけるMg-Si-Zn-Al相の数密度は、めっき層の平均化学組成の影響を受ける。Mg-Si-Zn-Al相の数密度が $10000\mu\text{m}^2$ あたり $5\sim 150$ 個にするためには、めっき層の化学組成のうち、Al、MgおよびSiが、Al： $15\sim 25$ 質量%、Mg： $4.5\sim 8$ 質量%、Si： $0.1\sim 2$ %であるとよい。

【0052】

Mg-Si-Zn-Al相の形状は、長径が $2\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、長径 $2\mu\text{m}$ 以上の針状であることがより好ましい。更には、アスペクト比が2以上であることが好ましい。Mg-Si-Zn-Al相の形状が $2\mu\text{m}$ 以上の長径を有する形状とすることで、腐食初期にMg-Si-Zn-Al相が溶解されやすくなり、より多くの緻密な腐食生成物を形成することができ、平面耐食性を高めることができる。

20

【0053】

Mg-Si-Zn-Al相の長径とは、Mg-Si-Zn-Al相を電子顕微鏡で観察した際のMg-Si-Zn-Al相の最大長さとする。アスペクト比は、長径と短径の比（長径/短径）である。短径は、長径の方向と直交する方向の長さであり、より詳細には、長径方向の直交方向に対して $\pm 5^\circ$ の範囲内における最大長さとする。

30

【0054】

めっき層の表面におけるMg-Si-Zn-Al相の数密度は、 $10000\mu\text{m}^2$ あたり $5\sim 150$ 個であることが好ましい。数密度を 5 （個/ $10000\mu\text{m}^2$ ）以上にすることで、平面耐食性をより向上できる。一方、Mg-Si-Zn-Al相の数密度が 150 （個/ $10000\mu\text{m}^2$ ）を超えても、平面耐食性向上の効果が飽和するので、 150 （個/ $10000\mu\text{m}^2$ ）以下を上限とする。Mg-Si-Zn-Al相の数密度は、単位を（個/ $10000\mu\text{m}^2$ ）とする場合に、 10 以上でもよく、 15 以上でもよい。また、Mg-Si-Zn-Al相の数密度は、 120 以下でもよく、 100 以下でもよく、 80 以下でもよく、 70 以下でもよく、 50 以下でもよく、 30 以下でもよい。

【0055】

なお、Mg-Si-Zn-Al相は、めっき層の表面に $10000\mu\text{m}^2$ の面積あたり 0 超 ~ 5 個未満の数密度で存在しているもよい。

40

【0056】

Ca-Zn相、Al-Si-Zn-Ca相およびMg-Si-Zn-Al相の数密度の測定方法について述べる。めっき層の表面に、 $50\mu\text{m}$ 四方の正方形の測定領域を設ける。測定領域は8箇所とし、8箇所の測定領域をめっき層の表面にランダムに配置する。測定領域は、相互に重ならないように離間させる。設定した測定領域に対して走査型電子顕微鏡で観察を行うことで金属間化合物を確認する。そして、EPMAにより、金属間化合物の組成を分析して、Ca-Zn相、Al-Si-Zn-Ca相およびMg-Si-Zn-Al相を判別する。更に、各測定領域における円相当径 $1\mu\text{m}$ 以上のCa-Zn相、円

50

相当径 $1\ \mu\text{m}$ 以上の $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相および長径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相のそれぞれの個数を計測する。EPMAの測定条件は、例えば、加速電圧 $15\ \text{kV}$ 、電流 $0.05\ \mu\text{A}$ 、照射時間は $50\ \text{ms}$ とする。EPMAとしては、例えば、日本電子株式会社製の JXA-8230 を用いる。

【0057】

$\text{Ca} - \text{Zn}$ 相、 $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相および $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相はそれぞれ、各相の一部が測定領域内にあり、各相の残部が測定領域外にある場合があり得るが、このような相についても個数の計測対象に含める。

【0058】

また、 $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相が針状である場合に、複数の $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相が、相互に重なり合う場合があり得る。このような場合において、各相の長径方向が異なる方向を向いて重なっている場合は、重なり合うそれぞれの相を個数の計測対象とする。たとえば、2つの $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相が重なり合い、それぞれの長径方向が異なる方向である場合は、個数を2個とカウントする。

10

【0059】

そして、8箇所の測定領域において計測された円相当径 $1\ \mu\text{m}$ 以上の $\text{Ca} - \text{Zn}$ 相、円相当径 $1\ \mu\text{m}$ 以上の $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相および長径 $2\ \mu\text{m}$ 以上の $\text{Mg} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Al}$ 相のそれぞれの個数と、測定領域の合計面積に基づき、 $10000\ \mu\text{m}^2$ あたりの個数を数密度とする。

【0060】

20

また、めっき層に $0.05 \sim 0.5$ 質量%の Sn が含有される場合に、めっき層中に Mg_2Sn 相が含まれることが好ましい。 Mg_2Sn 相は少量であるため、X線回折測定によってその存在が検出・確認される。めっき層中に Mg_2Sn 相が含有されることにより、めっき層の耐食性がより向上する。めっき層中に Mg_2Sn 相が含まれるかどうかは、 Mg_2Sn に特有の回折ピークが現れるかどうかで判断する。ここで、 Mg_2Sn に特有の回折ピークは、例えば、回折角 2θ が 23.4 ± 0.3 度で現れるピークを指す。

【0061】

めっき層の片面当たりの付着量は、例えば $20 \sim 150\ \text{g}/\text{m}^2$ の範囲内とすればよい。片面当たりの付着量を $20\ \text{g}/\text{m}^2$ 以上とすることにより、めっき鋼板の平面耐食性および塗装密着性を一層高めることができる。一方、片面当たりの付着量を $150\ \text{g}/\text{m}^2$ 以下とすることにより、めっき鋼板の加工性を一層高めることができる。

30

【0062】

次に、本実施形態のめっき鋼板の製造方法について説明するが、本実施形態に係るめっき鋼板の製造方法は特に限定されない。例えば以下に説明する製造条件によれば、本実施形態に係るめっき鋼板を得ることができる。

【0063】

本実施形態のめっき鋼板の製造方法は、表面粗さが調整された鋼板を還元雰囲気中で焼鈍し、焼鈍直後の鋼板を溶融めっき浴に浸漬してから引き上げることで、鋼板の表面にめっき層を形成する。次いで、めっき層の温度が浴温から 300 以下になるまでの間に冷却ガスを吹き付けて冷却を行う。冷却ガスを吹き付ける際のガス流束は、浴温から制御冷却温度までのガス流束（制御冷却温度以上浴温以下の温度域におけるガス流速）を $100 \sim 5000\ \text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ の範囲とし、制御冷却温度から冷却停止温度（本実施形態では、 300 以下）までのガス流束（冷却停止温度以上制御冷却温度未満の温度域におけるガス流速）を $10000 \sim 80000\ \text{L}/\text{min}/\text{m}^2$ の範囲とする。

40

【0064】

制御冷却温度は、 $\text{Al} - \text{Si} - \text{Zn} - \text{Ca}$ 相の晶出温度に対して $-10 \sim -80$ の範囲内の温度とする。

【0065】

めっき原板となる鋼板表面の粗さは、基準長さ L_0 あたりの粗さ曲線の曲線長さ L_p の比 (L_p/L_0) を 1.0 以上とし、算術平均粗さ R_a を $0.1\ \mu\text{m}$ 以上とする。この範

50

囲を外れると、めっき層と鋼板との界面近くにAl-Si-Zn-Ca相が多く晶出し、めっき層の表面におけるAl-Si-Zn-Ca相の数密度が低下する場合がある。 (L_p/L_0) の上限は3.0以下であることが好ましく、2.5以下でもよく、2.0以下でもよい。算術平均粗さRaの上限は4.0 μm 以下であることが好ましく、3.5 μm 以下でもよい。鋼板表面の粗さの調整は、特に制限はないが、例えば、ロール表面を所望の粗さに調整した圧延ロールまたは調質圧延用のロールによって、めっき原板を圧延してロールの表面形状を転写することにより、調整してもよい。また、酸洗によって調整してもよい。

【0066】

(L_p/L_0) および算術平均粗さの測定は、例えば、株式会社キーエンス製の形状測定レーザマイクロスコープ(型番:VK-8700)を用いて測定する。測定条件としては、例えば、測定モード:レーザーコンフォーカル、測定品質:高精度、ピッチ:0.75 μm 、ダブルスキャン:ON、光学ズーム:1倍、対物レンズ名:Plan、係数:0.45、オフセット:0%として、測定を行う。なお、 (L_p/L_0) および算術平均粗さの測定に用いる測定装置は、上記の例に限定されるものではない。JIS B 0601:2013に準拠し、測定して得られた断面曲線にカットオフ値cおよびsの輪郭曲線フィルタを順次適用することによって粗さ曲線を得た。具体的には、得られた測定結果から、波長cが0.001mm以下の成分および波長sが0.2mm以上の成分を除去して、粗さ曲線を得た。得られた粗さ曲線をもとに、 (L_p/L_0) および算術平均粗さを算出した。

【0067】

めっき原板となる鋼板に対する焼鈍は、還元雰囲気中で行う。還元雰囲気および焼鈍条件は特に限定されない。この焼鈍によって、鋼板表面に存在する酸化物をできる限り除去する。

【0068】

次いで、焼鈍直後の鋼板を、溶融めっき浴に浸漬する。溶融めっき浴の化学組成は、上述しためっき層の化学組成が得られるように、適宜調整すればよい。また、溶融めっき浴の温度も特に限定されず、溶融めっきを実施可能な温度を適宜選択することができる。例えば、めっき浴温を、めっき浴の融点より約20以上高い値としてもよい。

【0069】

次に、鋼板を溶融めっき浴から引き上げる。鋼板の引き上げ速度の制御を介して、めっき層の付着量を制御することができる。必要に応じて、めっき層が付着した鋼板にワイピングを行って、めっき層の付着量を制御してもよい。めっき層の付着量は特に制限されず、例えば上述した範囲内とすることができる。

【0070】

次いで、めっき層を冷却する。冷却は、溶融めっき浴から引き上げた直後の鋼板に対して、冷却ガスを吹き付ける冷却を行う。冷却ガスの吹き付けによる冷却は、鋼板の温度が浴温から300になるまでの間を、連続して行う。300未満の冷却条件は特に限定されず、引き続き冷却ガスを吹き付ける冷却を行ってもよく、自然放冷してもよい。

【0071】

冷却ガスを吹き付ける冷却では、鋼板の搬送路に沿って冷却帯を配置することにより行う。冷却帯には、冷却ガス用の吹付ノズルが複数備えられる。冷却ガスが噴き出すガスノズルの形状は、例えば、直径1~50mmの範囲とする。ガスノズル先端と鋼板の成す角度は、例えば、70~110°の範囲、より好ましくは90°(直角)とする。ガスノズル先端と鋼板の距離は30~1000mmの範囲とする。なお、ガスノズルの形状、角度、距離は、単なる一例であって、上記の範囲に限定されるものではない。

【0072】

吹き付ける冷却ガスは特に制限はなく、窒素などの非酸化性ガス、アルゴン等の不活性ガスまたは空気であってもよく、これらの混合ガスであってもよい。

【0073】

10

20

30

40

50

本実施形態では、冷却ガスを吹き付ける際のガス流束を2段階で制御する。すなわち、鋼板の温度を基準に、めっき浴温から制御冷却温度（Al-Si-Zn-Ca相の晶出温度に対して $-10 \sim -80$ の範囲の温度）までのガス流束を $100 \sim 5000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲、好ましくは $500 \sim 5000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲とし、制御冷却温度から 300 以下までのガス流束を $10000 \sim 80000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲とする。制御冷却温度は、Al-Si-Zn-Ca相の晶出開始温度と推測される温度である。

【0074】

ガス流束を 5000 L/min/m^2 以下の範囲とした場合、冷却中の鋼板に振動を与えることを抑制できる。一方、ガス流束を 10000 L/min/m^2 以上の範囲とした場合、冷却中の鋼板に振動を与えることが可能になる。

10

【0075】

そして、めっき浴温から制御冷却温度までのガス流束を $100 \sim 5000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲、好ましくは $500 \sim 5000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲とすることで、鋼板に振動を与えることなく、Al-Si-Zn-Ca相以外のCa含有相の核生成を促し、未凝固状態の液相にCaおよびSiを濃化させる。次いで、制御冷却温度から 300 以下までのガス流束を $10000 \sim 80000 \text{ L/min/m}^2$ の範囲とすることで、未凝固状態の液相の表面に振動を与えて、めっき層の表面にAl-Si-Zn-Ca相を多量に晶出させることができる。ガス流束の範囲が上記の範囲から外れると、めっき層の表面にAl-Si-Zn-Ca相を多量に晶出させることが困難になる。

20

【0076】

Al-Si-Zn-Ca相の晶出温度は、めっき層の化学組成により変化することから、計算状態図を利用して算出する。具体的には、Al-Mg-Zn系合金に含まれ得る金属間化合物相や金属相等の熱力学的データを集積した計算状態図データベースを構築し、CALPHAD法（CALCulation of PHase Diagram）の手法により計算を行うことで、めっき層の化学組成ごとに、Al-Si-Zn-Ca相の晶出温度を求める。より具体的には、熱力学平衡計算ソフトウェアである「Thermo-Calc」（Thermo-Calcは登録商標）Thermo-Calc Software社製）を使用することで、Al-Si-Zn-Ca相の晶出温度を推定できる。なお、計算に利用する熱力学平衡計算ソフトウェアは「Thermo-Calc」（登録商標）に限定されるものではなく、他のソフトウェアを利用してもよい。求められたAl-Si-Zn-Ca相の晶出温度に対して、 $-10 \sim -80$ の範囲内の温度を制御冷却温度とする。

30

【0077】

上記の製造方法では、あらかじめ、鋼板表面の表面粗さを調整することで、Al-Si-Zn-Ca相の核生成が抑制され、これによりめっき層内部におけるAl-Si-Zn-Ca相の晶出が抑制されるようになる。このような鋼板に対して溶融めっきを行い、更にめっき後の冷却条件を上述のように制御することで、めっき層の表面にAl-Si-Zn-Ca相を多量に晶出させる。これにより、めっき層の表面に、円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上のAl-Si-Zn-Ca相を数多く形成するとともに、円相当径 $1 \mu\text{m}$ 以上のCa-Zn相の晶出を抑制できるものと推測される。

40

【0078】

なお、本発明に示す要件を満たす限り、めっき鋼板の製造方法は上述の内容に限定されるものではなく、溶融めっき法に代えて、電気めっき法、蒸着めっき法、溶射法、コールドスプレー法などを採用してもよい。

【実施例】**【0079】**

以下、本発明の実施例を説明する。ただし、実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例に過ぎない。本発明は、この一条件例に限定されない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限り、種々の条件

50

を採用し得る。

【0080】

めっき原板には、板厚1.2mmの冷延鋼板(0.05C-0.1Si-0.2Mn)を用いた。めっき原板の一部は、スキンパスマルなどを用いて表面粗さを制御した。表面粗さを調整した鋼板に対して焼鈍を行った。焼鈍後の鋼板を種々の溶融めっき浴に浸漬してから引き上げることにより、鋼板表面にめっき層を付着させた。次いで、めっき浴の引き上げ直後からめっき層が300になるまでの間を、冷却ガスを用いて冷却することにより、種々のめっき鋼板を製造した。

【0081】

めっき原板となる鋼板表面の表面粗さは、基準長さ L_0 あたりの粗さ曲線の曲線長さ L_p の比(L_p/L_0)を1.1~2.6とし、算術平均粗さ R_a を0.6~3.7 μm の範囲とした。

10

【0082】

(L_p/L_0)および算術平均粗さの測定は、株式会社キーエンス製の形状測定レーザーマイクロスコープ(型番:VK-8700)を用いて測定した。測定条件としては、測定モード:レーザーコンフォーカル、測定品質:高精度、ピッチ:0.75 μm 、ダブルスキャン:ON、光学ズーム:1倍、対物レンズ名:Plan、係数:0.45、オフセット:0%として、測定を行った。

【0083】

鋼板に対して還元雰囲気中で焼鈍を行う際の焼鈍条件は、均熱温度を600とし、均熱時間は10秒とした。焼鈍雰囲気は5%水素及び残部窒素の混合ガスからなる還元雰囲気とした。そして、焼鈍後の鋼板を、窒素ガスで空冷して浸漬板温度が浴温+20に到達した後、溶融めっき浴に浸漬してから引き上げた。引上速度20~200mm/秒とした。

20

【0084】

溶融めっき層の化学組成は、表1の通りであった。製造条件は表2の通りとした。また、めっき層の金属組織を評価し、その結果を表3に示した。さらに、めっき鋼板の平面耐食性及び塗装密着性を評価し、その結果を表3に示した。

【0085】

めっき層の化学組成及びめっき層の金属組織の評価は、上述した手段により行った。なお、Ca-Zn相は、円相当径1 μm 以上のものおよび円相当径1 μm 未満のものを計測対象にした。Al-Si-Zn-Ca相は、円相当径1 μm 以上のものを計測対象にした。また、Mg-Si-Zn-Al相は、長径2 μm 以上のものを計測対象にした。なお、計測されたMg-Si-Zn-Al相は、いずれもアスペクト比が2以上であった。

30

【0086】

平面耐食性の評価は、以下の通りとした。得られためっき鋼板を、100mm×50mmに切断し、平面耐食性評価試験に供した。平面耐食性の評価はJASO-CCT-M609で規定された腐食促進試験で行い、150サイクル後、腐食減量を比較することで行った。評価基準は下記の通りとし、「AAA」「AA」および「A」を合格とした。

【0087】

AAA:腐食減量 50g/m²未満
AA :腐食減量 50g/m²以上90g/m²未満
A :腐食減量 90g/m²以上120g/m²未満
B :腐食減量 120g/m²以上

40

【0088】

塗装密着性の評価は、以下の通りとした。得られためっき鋼板を、100mm×50mmに切断して、塗装密着性試験に供した。試験片に対して、塗膜層を形成した後、端面と裏面をシリコン樹脂でシールした。

【0089】

次に、おもて面に対して、カッターナイフで地鉄に達するカット疵を付与した。カット

50

疵は、間隔 1 mm で格子状に付与した。このようにして、カット疵によって区画された 1 平方ミリメートルの領域を 100 個形成した。次いで、50、5%の NaCl 水溶液に 500 時間連続して浸漬し、浸漬後、水洗、乾燥した。そして、乾燥後の試料に対し、カット疵部について粘着テープを貼り付けた後にはがすテープ剥離を行い、剥離面積率を測定した。

【0090】

<塗膜層>

めっき層の表面に、下記に記載のプライマー塗料樹脂及びトップコート塗料樹脂を塗布することで、塗膜層を形成した。プライマー塗料樹脂からなる層の厚みは 5 μm とし、トップコート塗料樹脂からなる層の厚みは 15 μm とし、合計で 20 μm とした。

10

【0091】

<塗膜層の造膜成分>

(1) おもて面・裏面のプライマー塗料樹脂

ポリエステル/メラミン+イソシアネート併用硬化型(日本ファインコーティングス社製 FLC687 塗料樹脂)

(2) おもて面のトップコート塗料樹脂

高分子ポリエステル/メラミン硬化型(日本ファインコーティングス社製 FLC700 塗料樹脂)

(3) 裏面のトップコート塗料樹脂

ポリエステル/メラミン硬化型(日本ファインコーティングス社製 FLC100HQ 塗料樹脂)

20

【0092】

塗装密着性の評価基準を以下に示す。以下に示す評点づけで判定した。「AAA」、「AA」および「A」を合格とした。

【0093】

AAA : 剥離面積率 10%未満

AA : 剥離面積率 10~20%未満

A : 剥離面積率 20~30%未満

B : 剥離面積率 30%以上

【0094】

表1~表3に示すように、めっき層の化学組成及び金属組織が適切に制御されていた、本発明に係る実施例1~30、および39は、平面耐食性、塗装密着性の両方が優れていた。なお、実施例のめっき層の片面当たりの付着量は、20~150 g/m²の範囲であった。

30

【0095】

比較例31では、めっき層のAl量が不足していた。このため、比較例31では、Ca-Zn相の晶出温度が上昇して円相当径1 μmのCa-Zn相が多く晶出した。これにより、平面耐食性が不足した。

【0096】

比較例32では、めっき層のAl量が過剰であった。このため、比較例32では、Alが固溶した円相当径1 μmのCa-Zn相が多く晶出した。これにより、塗装密着性が低下した。

40

【0097】

比較例33では、めっき層のMg量が不足していた。このため、比較例33では、Ca-Zn相の晶出温度が上昇して円相当径1 μmのCa-Zn相が多く晶出した。これにより、平面耐食性および塗装密着性が低下した。

【0098】

比較例34では、めっき層のMg量が過剰であった。そのため、比較例34ではめっき層の外観が著しく悪化した。

【0099】

50

比較例 35 では、めっき層の Si 量が過剰であった。そのため、比較例 35 では、Si が Al - Si - Zn - Ca 相ではなく Si 相として晶出し、これにより円相当径 1 μm の Ca - Zn 相の晶出が抑制されず、平面耐食性および塗装密着性が低下した。

【0100】

比較例 36 では、溶融めっき層の Ca 量が過剰であった。そのため、比較例 36 では、めっき層の表面に円相当径 1 μm の Ca - Zn 相が過剰に晶出し、平面耐食性および塗装密着性が低下した。

【0101】

比較例 37 では、浴温 ~ 制御冷却温度までの冷却ガス流束が過剰であった。そのため、比較例 37 では、振動の影響によりめっき層の表面において円相当径 1 μm の Ca - Zn 相の核生成が進み、平面耐食性および塗装密着性が低下した。

10

【0102】

比較例 38 では、制御冷却温度 ~ 300 までの冷却ガス流束が不足した。そのため、比較例 38 では、振動が十分与えられず Al - Si - Zn - Ca 相の形成が不十分になって円相当径 1 μm の Ca - Zn 相が過剰に晶出し、平面耐食性および塗装密着性が低下した。

【0103】

20

30

40

50

【表 1】

| 区分 | No. | めっき層成分(質量%) 残部:Znおよび不純物 | | | | | | | | | |
|-----|-----|-------------------------|------------|------------|------|------------|------------|-------|------|-------|-------|
| | | Zn | Al | Mg | Sn | Si | Ca | Ni | Fe | その他元素 | |
| | | | | | | | | | | 種類 | 合計(%) |
| 実施例 | 1 | 残 | 10.0 | 3.0 | 0 | 0.01 | 0.05 | 0 | 0.05 | - | - |
| 実施例 | 2 | 残 | 11 | 3.0 | 0.05 | 0.1 | 0.07 | 0 | 0.05 | Co | 0.006 |
| 実施例 | 3 | 残 | 10 | 4.5 | 0 | 0.02 | 0.10 | 0 | 0.05 | Bi | 0.004 |
| 実施例 | 4 | 残 | 10 | 5.0 | 0 | 0.06 | 0.2 | 0 | 0.08 | V | 0.008 |
| 実施例 | 5 | 残 | 11 | 5.0 | 0 | 0.08 | 0.2 | 0 | 0.08 | Pb | 0.03 |
| 実施例 | 6 | 残 | 11 | 5.0 | 0 | 0.08 | 0.2 | 0 | 0.08 | Pb | 0.02 |
| 実施例 | 7 | 残 | 12 | 6.0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 実施例 | 8 | 残 | 12 | 6.0 | 0 | 0.15 | 0.2 | 0 | 0.08 | Sr | 0.01 |
| 実施例 | 9 | 残 | 14 | 5.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.1 | Li | 0.01 |
| 実施例 | 10 | 残 | 16 | 5.0 | 0.07 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.2 | Ag | 0.01 |
| 実施例 | 11 | 残 | 16 | 5.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.001 | 0.2 | P | 0.001 |
| 実施例 | 12 | 残 | 18 | 6.0 | 0 | 0.4 | 0.2 | 0 | 0.2 | - | - |
| 実施例 | 13 | 残 | 19 | 6.0 | 0.2 | 0.6 | 0.2 | 0 | 0.1 | Sb | 0.01 |
| 実施例 | 14 | 残 | 19 | 6.0 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.1 | Mn | 0.02 |
| 実施例 | 15 | 残 | 19 | 6.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.1 | In | 0.02 |
| 実施例 | 16 | 残 | 19 | 6.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.3 | - | - |
| 実施例 | 17 | 残 | 20 | 10 | 0 | 1.4 | 2.0 | 0 | 0.1 | W | 0.02 |
| 実施例 | 18 | 残 | 20 | 7.0 | 0 | 0.4 | 0.2 | 0 | 0.1 | B | 0.01 |
| 実施例 | 19 | 残 | 20 | 3.0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.3 | P | 0.01 |
| 実施例 | 20 | 残 | 22 | 6.0 | 0 | 0.4 | 0.2 | 0 | 0.1 | La | 0.02 |
| 実施例 | 21 | 残 | 22 | 8.0 | 0 | 0.7 | 0.8 | 0 | 0.2 | Ce | 0.01 |
| 実施例 | 22 | 残 | 22 | 4.0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0 | 0.2 | Zr | 0.01 |
| 実施例 | 23 | 残 | 24 | 3.0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0 | 0.3 | W | 0.01 |
| 実施例 | 24 | 残 | 22 | 4.0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.01 | 0.4 | Cr | 0.05 |
| 実施例 | 25 | 残 | 22 | 4.0 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.01 | 0.4 | Mo | 0.01 |
| 実施例 | 26 | 残 | 23 | 8.0 | 0 | 0.7 | 0.8 | 0 | 0.6 | - | - |
| 実施例 | 27 | 残 | 23 | 8.0 | 0 | 0.7 | 0.8 | 0 | 0.6 | Ti | 0.02 |
| 実施例 | 28 | 残 | 24 | 8.0 | 0 | 1.2 | 0.8 | 0 | 1.0 | Cu | 0.2 |
| 実施例 | 29 | 残 | 28 | 7.0 | 0 | 1.6 | 1.0 | 0 | 1.4 | Y | 0.02 |
| 実施例 | 30 | 残 | 30 | 15.0 | 0 | 2.0 | 2.0 | 0 | 1.3 | Nb | 0.01 |
| 比較例 | 31 | 残 | <u>6.5</u> | 4 | 0 | <u>0</u> | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 32 | 残 | <u>32</u> | 7 | 0 | 0.1 | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 33 | 残 | 19 | <u>2.6</u> | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 34 | 残 | 19 | <u>16</u> | 0 | <u>0</u> | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 35 | 残 | 19 | 5 | 0 | <u>2.2</u> | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 36 | 残 | 20 | 5 | 0 | 0.2 | <u>2.5</u> | 0 | 0.1 | - | - |
| 比較例 | 37 | 残 | 20 | 5 | 0 | 0.6 | 0.2 | 0 | 0.8 | - | - |
| 比較例 | 38 | 残 | 20 | 5 | 0 | 0.6 | 0.2 | 0 | 0.8 | - | - |
| 実施例 | 39 | 残 | 19 | 6.7 | 0 | 0.3 | 0.2 | 0 | 0.1 | - | - |

下線部は本発明の範囲外であることを示す。

【 0 1 0 4 】

10

20

30

40

50

【表 2】

| 区分 | No. | 製造条件 | | | | | | | |
|-----|-----|--|------------------|------------------------------|--|--|---|--|---|
| | | めっき 原板 粗さ Ra (μm) | L_p/L_0 (-) | 浴温 ($^{\circ}\text{C}$) | 制御 冷却 温度 ($^{\circ}\text{C}$) | 浴温～制御 冷却温度 までの冷却 ガス流束 ($\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$) | 浴温～制御 冷却温度 までの 冷却速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{秒}$) | 制御冷却 温度～ 300°C までの冷却 ガス流束 ($\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$) | 制御冷却 温度～ 300°C までの 冷却速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{秒}$) |
| 実施例 | 1 | 1.1 | 2.0 | 460 | 400 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 2 | 1.2 | 1.5 | 480 | 420 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 3 | 2.2 | 1.6 | 500 | 440 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 4 | 1.5 | 1.6 | 500 | 440 | 2500 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 5 | 1.6 | 1.6 | 530 | 470 | 2000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 6 | 3.7 | 2.6 | 530 | 470 | 2000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 7 | 1.7 | 1.5 | 530 | 470 | 1000 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 8 | 1.2 | 1.2 | 530 | 470 | 500 | 15 | 10000 | 10 |
| 実施例 | 9 | 1.4 | 1.6 | 530 | 470 | 4000 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 10 | 1.2 | 1.6 | 530 | 470 | 4000 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 11 | 0.9 | 1.6 | 530 | 470 | 500 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 12 | 0.6 | 1.1 | 530 | 470 | 4000 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 13 | 1.2 | 1.2 | 530 | 470 | 4000 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 14 | 1.6 | 1.6 | 530 | 470 | 500 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 15 | 1.7 | 1.6 | 530 | 470 | 500 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 16 | 1.7 | 1.2 | 530 | 490 | 500 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 17 | 1.7 | 1.4 | 590 | 530 | 1000 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 18 | 1.6 | 1.6 | 540 | 480 | 500 | 15 | 10000 | 12 |
| 実施例 | 19 | 1.7 | 1.7 | 540 | 480 | 1000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 20 | 1.9 | 1.3 | 540 | 480 | 500 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 21 | 1.9 | 1.9 | 540 | 480 | 500 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 22 | 1.9 | 1.6 | 540 | 480 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 23 | 1.7 | 1.5 | 560 | 500 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 24 | 1.7 | 1.6 | 540 | 480 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 25 | 1.6 | 1.6 | 540 | 480 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 26 | 3.6 | 2.1 | 550 | 490 | 1000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 27 | 1.8 | 1.6 | 550 | 490 | 1000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 28 | 1.1 | 1.7 | 550 | 490 | 900 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 29 | 1.9 | 1.8 | 550 | 490 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 実施例 | 30 | 2.4 | 1.8 | 600 | 540 | 5000 | 20 | 10000 | 14 |
| 比較例 | 31 | 1.8 | 1.6 | 450 | 390 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 32 | 1.7 | 1.7 | 600 | 540 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 33 | 1.8 | 1.8 | 540 | 480 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 34 | 1.8 | 1.2 | 540 | 480 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 35 | 1.6 | 1.5 | 510 | 450 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 36 | 1.8 | 1.6 | 540 | 480 | 5000 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 37 | 1.8 | 1.7 | 520 | 460 | 5500 | 15 | 10000 | 10 |
| 比較例 | 38 | 1.8 | 1.8 | 520 | 460 | 5000 | 15 | 5000 | 10 |
| 実施例 | 39 | 1.7 | 1.6 | 530 | 470 | 500 | 15 | 80000 | 12 |

下線部は好ましい製造条件の範囲外であることを示す。

【 0 1 0 5 】

10

20

30

40

50

【表 3】

| 区分 | No. | めっき層の表面組織 | | | | | 性能 | | |
|--------|-----|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-------|-------|--|
| | | Al-Si-Zn-Ca相 | 円相当径1μm以上のCa-Zn相 | 円相当径1μm未満のCa-Zn相 | Mg-Si-Zn-Al相 | Mg ₂ Sn相 | 平面耐食性 | 塗膜密着性 | |
| | | 数密度 (個/(10000μm ²)) | 数密度 (個/(10000μm ²)) | 数密度 (個/(10000μm ²)) | 数密度 (個/(10000μm ²)) | 有無 | | | |
| 実施例 1 | 1 | 1 | 10 | 0 | 0 | 無 | A | A | |
| 実施例 2 | 2 | 1 | 9 | 0 | 0 | 有 | A | AA | |
| 実施例 3 | 3 | 2 | 6 | 2 | 5 | 無 | AA | A | |
| 実施例 4 | 4 | 1 | 3 | 3 | 14 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 5 | 5 | 2 | 2 | 4 | 15 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 6 | 6 | 2 | 8 | 2 | 0 | 無 | A | A | |
| 実施例 7 | 7 | 3 | 0 | 4 | 24 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 8 | 8 | 2 | 0 | 5 | 22 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 9 | 9 | 3 | 3 | 4 | 31 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 10 | 10 | 2 | 3 | 5 | 21 | 有 | AA | AAA | |
| 実施例 11 | 11 | 3 | 0 | 5 | 1 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 12 | 12 | 4 | 2 | 6 | 41 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 13 | 13 | 5 | 0 | 3 | 61 | 有 | AA | AAA | |
| 実施例 14 | 14 | 4 | 0 | 5 | 23 | 有 | AAA | AAA | |
| 実施例 15 | 15 | 5 | 0 | 5 | 30 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 16 | 16 | 6 | 0 | 4 | 28 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 17 | 17 | 41 | 10 | 50 | 122 | 無 | A | A | |
| 実施例 18 | 18 | 21 | 0 | 5 | 32 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 19 | 19 | 5 | 1 | 4 | 19 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 20 | 20 | 11 | 0 | 5 | 21 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 21 | 21 | 24 | 0 | 4 | 35 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 22 | 22 | 2 | 7 | 2 | 1 | 無 | A | A | |
| 実施例 23 | 23 | 3 | 6 | 1 | 2 | 無 | A | A | |
| 実施例 24 | 24 | 2 | 6 | 2 | 1 | 無 | A | A | |
| 実施例 25 | 25 | 3 | 4 | 3 | 2 | 無 | A | A | |
| 実施例 26 | 26 | 19 | 1 | 3 | 4 | 無 | AA | AA | |
| 実施例 27 | 27 | 29 | 1 | 3 | 56 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 28 | 28 | 34 | 1 | 4 | 72 | 無 | AAA | AAA | |
| 実施例 29 | 29 | 41 | 1 | 4 | 122 | 無 | AA | AAA | |
| 実施例 30 | 30 | 50 | 1 | 5 | 150 | 無 | A | A | |
| 比較例 31 | 31 | <u>0</u> | <u>11</u> | 2 | 0 | 無 | B | A | |
| 比較例 32 | 32 | <u>0</u> | <u>15</u> | 2 | 0 | 無 | AA | B | |
| 比較例 33 | 33 | <u>0</u> | <u>13</u> | 2 | 0 | 無 | B | B | |
| 比較例 34 | 34 | 外観不良 | | | | | | | |
| 比較例 35 | 35 | <u>0</u> | <u>15</u> | 1 | 0 | 無 | B | B | |
| 比較例 36 | 36 | <u>0</u> | <u>40</u> | 2 | 0 | 無 | B | B | |
| 比較例 37 | 37 | <u>0</u> | <u>12</u> | 2 | 0 | 無 | B | B | |
| 比較例 38 | 38 | <u>0</u> | <u>18</u> | 1 | 0 | 無 | B | B | |
| 実施例 39 | 39 | 5 | 0 | 5 | 30 | 無 | AAA | AAA | |

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】

【0106】

本開示のめっき鋼板は、平面耐食性と塗装密着性の両方に優れるので、産業上の利用可能性が高い。

【符号の説明】

【0107】

1...めっき鋼板、11...鋼板、12...めっき層。

10

20

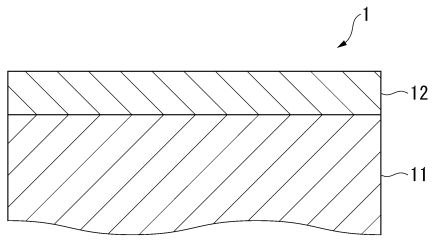
30

40

50

【図面】

【図 1】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100207686
弁理士 飯田 恭宏
- (74)代理人 100224812
弁理士 井口 翔太
- (72)発明者 光延 卓哉
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 浦中 将明
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 徳 田 公平
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- 審査官 宮部 裕一
- (56)参考文献 国際公開第2021/171514 (WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-----------|
| C 2 3 C | 2 / 0 6 |
| C 2 2 C | 1 8 / 0 4 |
| C 2 3 C | 2 / 2 6 |
| C 2 3 C | 2 / 4 0 |