(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月7日(07.03.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/047883 A1

(51) 国際特許分類:
C23C 2/06 (2006.01) *C22C 18/04* (2006.01)
C22C 18/00 (2006.01) *C23C 2/26* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/046531

(22) 国際出願日： 2022年12月16日(16.12.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2022-138732 2022年8月31日(31.08.2022) JP

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社(**NIPPON STEEL CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 齊藤 完(**SAITO, Mamoru**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 後藤 靖人(**GOTO, Yasuto**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 新頭 英俊(**SHINDO, Hidetoshi**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 大和 真征(**YAMATO, Naoyuki**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 福田 悠人(**FUKUDA, Yuto**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 宮田 卓哉(**MIYATA, Takuya**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 眞嶋 康裕(**MAJIMA, Yasuhiro**); 〒1008071 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 Tokyo (JP). ▲徳▼田 公平(**TOKUDA, Kohei**); 〒1008071 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所(**TAIYO, NAKAJIMA & KATO**); 〒1600022 東京都新宿区新宿４丁目３番１７号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：
— 国際調査報告（条約第21条(3)）

(54) **Title:** PLATED STEEL MATERIAL AND METHOD FOR MANUFACTURING PLATED STEEL MATERIAL

(54) 発明の名称： めっき鋼材及びめっき鋼材の製造方法

(57) **Abstract:** The present invention provides a plated steel material and a method for manufacturing same, the plated steel material comprising a base steel material and a plating layer, wherein the plating layer includes a Zn-Al-Mg alloy layer disposed on a surface of the base steel material and a Mg-rich layer disposed on a surface of the Zn-Al-Mg alloy layer, and the thickness of the Mg-rich layer is 0.8 μm or more and is equal to or less than [the thickness of plating layer × 1/2].

(57) 要約：素地鋼材と、前記素地鋼材の表面に配されたＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及び前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に配されたＭｇ濃化層を含むめっき層と、を有するめっき鋼材であって、Ｍｇ濃化層の厚さが、０．８μｍ以上（めっき層の厚さ×１／２）以下であるめっき鋼材及びその製造方法。

WO 2024/047883 A1

明　細　書

発明の名称 ： めっき鋼材及びめっき鋼材の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、めっき鋼材及びめっき鋼材の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、建材分野では、多種多様なめっき鋼材が利用されている。その多くは、Ｚｎめっき鋼材である。建材の長寿命化ニーズから、Ｚｎめっき鋼材の高耐食性化の研究は古くから行われており、様々なめっき鋼材が開発されてきている。最初の建材用の高耐食性めっき鋼材は、Ｚｎ系めっき層中に、ＡｌをＺｎ－５％Ａｌめっき鋼材（ガルファンめっき鋼材）である。めっき層にＡｌを添加して耐食性を向上させることは周知の事実であり、５％Ａｌ添加でめっき層（具体的にはＺｎ相）中にＡｌ晶が形成し耐食性が向上する。Ｚｎ－５５％Ａｌ－１．６％Ｓｉめっき鋼材（ガルバリウム鋼材）も基本的には、同じ理由により耐食性が向上しためっき鋼材である。

[0003] ここで、Ｚｎ系めっき鋼材の魅力は、素地鋼材に対する犠牲防食効果である。すなわち、めっき鋼材の切断端面部、加工時のめっき層割れ部、および、めっき層の剥離等により現れる素地鋼材むき出し部において、素地鋼材の腐食前に周囲のめっき層が溶出しめっき溶出成分が保護皮膜を形成する。これにより、素地鋼材からの赤錆をある程度防ぐことが可能である。

[0004] この作用は、一般的にはＡｌ濃度が低く、Ｚｎ濃度が高い方が好ましい。従って、Ａｌ濃度を５％～２５％程度の比較的低い濃度等に抑えた高耐食化めっき鋼材が近年実用化されている。特に、Ａｌ濃度を低く抑え、さらに、１％～３％程度のＭｇを含有しためっき鋼材がガルファンめっき鋼材よりも優れた耐食性を有する。そのため、めっき鋼材として市場のトレンドとなり、現在市場で広く知られている。

[0005] この一定量のＡｌおよびＭｇを含有しためっき鋼材として、例えば、特許

文献１に開示されためっき鋼材も開発されている。

[0006] 具体的には、特許文献１は、「鋼材の表面に、Ａｌ：５～１８質量％、Ｍｇ：１～１０質量％、Ｓｉ：０．０１～２質量％、残部Ｚｎ及び不可避的不純物とからなるめっき層を有するめっき鋼材表面に、Ａｌ相が１ｍｍ^{2}当たり２００個以上存在する溶融Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｉめっき鋼材」が開示されている。

[0007] また、特許文献２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、めっき層が、Ｚｎ：６５．０％超、Ａｌ：５．０％超～２５．０％未満、Ｍｇ：３．０％超～１２．５％未満、及びＳｎ：０．１％～２０．０％を含有する化学組成を有し、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面を層厚の１／２まで研磨した後、走査型電子顕微鏡により倍率１００倍で観察したときに得られる、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、Ａｌ晶が存在し、前記Ａｌ晶の累計周囲長さの平均値が８８～１９５ｍｍ／ｍｍ^{2}であるめっき鋼材」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献１：特開２００１－３５５０５３号

特許文献２：ＷＯ２０１９／２２１１９３

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] Ａｌ濃度及びＭｇ濃度が高いＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ系合金めっき鋼材では、飛来塩分が多く厳しい腐食環境である重塩害地域ではＺｎ系めっき鋼材に比べ耐食性に優れるが、それでも、施工後早期に白錆が発生する傾向がある。また、Ｍｇ濃度が高いめっきは酸化変色しやすく、めっきが硬いため加工性に劣る場合がある。

[0010] そこで、本開示の課題は、重塩害地域でも耐食性に優れ、加工性と耐変色

性を両立できるめっき鋼材及びその製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題は、以下の手段により解決される。

＜１＞

素地鋼材と、前記素地鋼材の表面に配されたＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及び前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に配されたＭｇ濃化層を含むめっき層と、を有するめっき鋼材であって、

前記めっき層が、質量％で、

Ｚｎ：６５．００％超、

Ａｌ：５．００％超～２５．００％未満、

Ｍｇ：３．００％超～１２．５０％未満、

Ｓｎ：０％～３．０％、

Ｂｉ：０％～５．００％未満、

Ｉｎ：０％～２．００％未満、

Ｃａ：０％～３．００％、

Ｙ　：０％～０．５０％、

Ｌａ：０％～０．５０％未満、

Ｃｅ：０％～０．５０％未満、

Ｓｉ：０％～２．５％未満、

Ｃｒ：０％～０．２５％未満、

Ｔｉ：０％～０．２５％未満、

Ｚｒ：０％～０．２５％未満、

Ｍｏ：０％～０．２５％未満、

Ｗ　：０％～０．２５％未満、

Ａｇ：０％～０．２５％未満、

Ｐ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｉ：０％～０．２５％未満、

Ｃｏ：０％～０．２５％未満、

Ｖ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｂ：０％～０．２５％未満、

Ｃｕ：０％～０．２５％未満、

Ｍｎ：０％～０．２５％未満、

Ｌｉ：０％～０．２５％未満、

Ｎａ：０％～０．２５％未満、

Ｋ　：０％～０．２５％未満、

Ｆｅ：０％～５．０％、

Ｓｒ：０％～０．５％未満、

Ｓｂ：０％～０．５％未満、

Ｐｂ：０％～０．５％未満、

Ｂ　：０％～０．５％未満、及び

不純物からなる化学組成を有し、

前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層における、Ａｌ晶、$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の合計の面積率が９０％以上であり、

前記Ｍｇ濃化層の厚さが、０．８μｍ以上（めっき層の厚さ×１／２）以下である、めっき鋼材。

＜２＞

前記めっき層が、前記素地鋼材と前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間に、Ａｌ－Ｆｅ合金層を含む＜１＞に記載のめっき鋼材。

＜３＞

素地鋼材を、めっき浴に浸漬して、前記めっき浴から引き上げた後、

４５０～３９５℃の温度域を平均冷却速度１５℃／ｓ以下で冷却し、

３９５～３４０℃の温度域を平均冷却速度３℃／ｓ以下で冷却し、

３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度１０～２０℃／ｓ以上で冷却し、

冷却後、スキンパスロールの表面粗さＲａが１～５μｍ、及びスキンパス

圧下力が１００～５００ｔｏｎの条件で、スキンパス圧延する、＜１＞又は＜２＞に記載のめっき鋼材の製造方法。

発明の効果

[0012] 本開示によれば、重塩害地域でも耐食性に優れ、加工性と耐変色性を両立できるめっき鋼材及びその製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、Ｍｇ濃化層の厚さの測定方法を説明するためのグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示の一例について説明する。

なお、本開示において、化学組成の各元素の含有量の「％」表示は、「質量％」を意味する。

「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む範囲を意味する。

「～」の前後に記載される数値に「超」または「未満」が付されている場合の数値範囲は、これら数値を下限値または上限値として含まない範囲を意味する。

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。

[0015] 本開示のめっき鋼材は、素地鋼材と、素地鋼材の表面に配されたＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及びＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に配されたＭｇ濃化層を含むめっき層と、を有する。

そして、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層における、Ａｌ晶、$MgZn_2$晶 、Ｚｎ／Ａｌ／Ｍ

ｇZn_2三元共晶の合計の面積率が９０％以上である。

また、Ｍｇ濃化層の厚さが、０．８μｍ以上（めっき層の厚さ×１／２）以下である。

[0016] 本開示のめっき鋼材は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層のＭｇ濃化層を有するため、腐食初期にＭｇを含む緻密な腐食生

成物皮膜が早期に形成される。緻密な腐食生成物皮膜により、腐食速度が低減される。そのため、飛来塩分が多く厳しい腐食環境である重塩害地域でも耐食性に優れる。そして、めっき層の化学組成及びＭｇ濃化層の範囲を適切な範囲とすることで、加工性と耐変色性を両立できる。

加えて、Ｍｇ濃化層の下層に、上記組織を有するＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層が存在することで、加工性を担保しつつ腐食中期から後期かけて、Ｍｇイオン及びＡｌイオンが腐食環境に供給される。それにより、緻密な腐食生成物皮膜を維持するため、耐食性が向上する。

[0017] 以下、本開示のめっき鋼材の詳細について説明する。

[0018] （素地鋼材）

素地鋼材の形状には、特に制限はない。素地鋼材は、鋼板の他、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、成形加工された素地鋼材が挙げられる。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が利用できる。

[0019] 素地鋼材の材質には、特に制限はない。素地鋼材は、例えば、一般鋼、プレめっき鋼、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）などの各種の素地鋼材が適用可能である。

素地鋼材は、素地鋼材の製造方法、素地鋼板の製造方法（熱延方法、酸洗方法、冷延方法等）等の条件についても、特に制限されるものではない。

なお、素地鋼材としては、ＪＩＳ　Ｇ　３３０２（２０１０年）に記載されている熱延鋼板、熱延鋼帯、冷延鋼板、冷延鋼帯も適用できる。

[0020] 素地鋼材は、プレめっきされたプレめっき鋼材でもよい。プレめっき鋼材は、例えば、電解処理方法または置換めっき方法により得られる。電解処理方法では、種々のプレめっき成分の金属イオンを含む硫酸浴又は塩化物浴に、素地鋼材を浸漬して電解処理することにより、プレめっき鋼材が得られる

。置換めっき方法では、種々のプレめっき成分の金属イオンを含み、硫酸でｐＨ調整した水溶液に、素地鋼材を浸漬して、金属を置換析出させて、プレめっき鋼材が得られる。

プレめっき鋼材としては、プレＮｉめっき鋼材が代表例として挙げられる。

[0021]（めっき層）

めっき層は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に配されたＭｇ濃化層とを含む。めっき層は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及びＭｇ濃化層に加え、Ａｌ－Ｆｅ合金層を含んでもよい。Ａｌ－Ｆｅ合金層は、素地鋼材とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間に配される。

[0022] つまり、めっき層は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層とＭｇ濃化層とＡｌ－Ｆｅ合金層とを含む積層構造であってもよい。

ただし、めっき層の表面にめっき層構成元素の酸化被膜が５０ｎｍ程度形成されていることもあるが、めっき層全体の厚さ（８～６０μｍ程度）に対して薄くめっき層の主体を構成していないと見なす。

[0023] めっき層の付着量は、片面あたり４０～３００ｇ／ｍ^{2}が好ましい。

めっき層の付着量を４０ｇ／ｍ^{2}以上にすると、より確実に耐食性が確保できる。また、めっき層の付着量を３００ｇ／ｍ^{2}以下にすると、めっき層の垂れ模様等の外観不良が抑制できる。

[0024] 次に、めっき層の化学組成について説明する。

めっき層の化学組成は、質量％で、

Ｚｎ：６５．００％超、

Ａｌ：５．００％超～２５．００％未満、

Ｍｇ：３．００％超～１２．５０％未満、

Ｓｎ：０％～３．００％、

Ｂｉ：０％～５．００％未満、

Ｉｎ：０％～２．００％未満、

Ｃａ：０％～３．００％、

Ｙ　：０％～０．５０％、

Ｌａ：０％～０．５０％未満、

Ｃｅ：０％～０．５０％未満、

Ｓｉ：０％～２．５％未満、

Ｃｒ：０％～０．２５％未満、

Ｔｉ：０％～０．２５％未満、

Ｚｒ：０％～０．２５％未満、

Ｍｏ：０％～０．２５％未満、

Ｗ　：０％～０．２５％未満、

Ａｇ：０％～０．２５％未満、

Ｐ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｉ：０％～０．２５％未満、

Ｃｏ：０％～０．２５％未満、

Ｖ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｂ：０％～０．２５％未満、

Ｃｕ：０％～０．２５％未満、

Ｍｎ：０％～０．２５％未満、

Ｌｉ：０％～０．２５％未満、

Ｎａ：０％～０．２５％未満、

Ｋ　：０％～０．２５％未満、

Ｆｅ：０％～５．００％、

Ｓｒ：０％～０．５０％未満、

Ｓｂ：０％～０．５０％未満、

Ｐｂ：０％～０．５０％未満、

Ｂ　：０％～０．５０％未満、及び

不純物からなる化学組成とする。

[0025] めっき層の化学組成において、Ｓｎ、Ｂｉ、Ｉｎ、Ｃａ、Ｙ、Ｌａ、Ｃｅ、Ｓｉ、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、

Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、Ｎａ、Ｋ、Ｆｅ、Ｓｒ、Ｓｂ、Ｐｂ、及びＢは、任意成分である。つまり、これら元素は、めっき層中に含まなくてもよい。これら任意成分を含む場合、任意元素の各含有量は、後述する範囲が好ましい。

[0026] ここで、めっき層の化学組成は、めっき層全体の平均化学組成（Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及びＭｇ濃化層の合計の平均化学組成、又はＡｌ－Ｆｅ合金層、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及びＭｇ濃化層の合計の平均化学組成）である。

[0027] 以下、めっき層の各元素について説明する。

[0028] Ｚｎ：６５．００％超

Ｚｎは、耐食性を得るために必要な元素である。Ｚｎ濃度は、原子組成比で考慮した場合、Ａｌ、Ｍｇ等の低比重の元素と共に構成されるめっき層であるので、原子組成比率でもＺｎ主体とする必要がある。

よって、Ｚｎ濃度は、６５．００％超とする。Ｚｎ濃度は、７０．００％以上が好ましい。なお、Ｚｎ濃度の上限は、Ｚｎを除く元素及び不純物以外の残部となる濃度である。

[0029] Ａｌ：５．００％超～２５．００％未満

Ａｌは、Ａｌ晶を形成し、耐食性を確保するために必須の元素である。そして、Ａｌは、めっき層の密着性を高め、加工性を確保するためにも、必須の元素である。よって、Ａｌ濃度の下限値は、５．００％超え(好ましくは１０．００％以上）とする。

一方、Ａｌ濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ａｌ濃度の上限値は、２５．００％未満（好ましくは２３．００％以下）とする。

[0030] Ｍｇ：３．００％超～１２．５０％未満

Ｍｇは、耐食性を確保するために必須の元素である。よって、Ｍｇ濃度の下限値は、３．００％超え(好ましくは４．００％超え）とする。

一方、Ｍｇ濃度が増加し過ぎると、加工性が劣化する傾向となる。よって、Ｍｇ濃度の上限は、１２．５０％未満(好ましくは１０．００％以下）とす

る。

[0031] Ｓｎ：０～３．００％

Ｓｎは、耐食性及び耐初期変色性に寄与する元素である。よって、Ｓｎ濃度の下限値は、０．００％超え（好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上）が好ましい。

一方、Ｓｎ濃度が増加し過ぎると、耐食性及び耐初期変色性が劣化する傾向となる。よって、Ｓｎ濃度の上限値は３．００％以下とする。

[0032] Ｂｉ：０％～５．００％未満

Ｂｉは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｂｉ濃度の下限値は、０．００％超え（好ましくは０．１０％以上、より好ましくは３．００％以上）が好ましい。

一方、Ｂｉ濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｂｉ濃度の上限値は５．００％未満（好ましくは４．８０％以下）とする。

[0033] Ｉｎ：０％～２．００％未満

Ｉｎは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｉｎ濃度の下限値は、０．００％超え（好ましくは０．１０％以上、より好ましくは１．００％以上）が好ましい。

一方、Ｉｎ濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｉｎ濃度の上限値は２．００％未満（好ましくは１．８０％以下）とする。

[0034] Ｃａ：０％～３．００％

Ｃａは、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。よって、Ｃａ濃度の下限値は、０．００％超え（好ましくは０．０５％以上）が好ましい。

一方、Ｃａ濃度が増加し過ぎると、耐食性および加工性が劣化する傾向となる。よって、Ｃａ濃度の上限値は３．００％以下（好ましくは１．００％以下）とする。

[0035] Ｙ　：０％～０．５０％

Ｙは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｙ濃度の下限値は、０．００％超え（好ましくは０．１０％以上）が好ましい。

一方、Ｙ濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｙ濃度の上限値は０．５０％以下（好ましくは０．３０％以下）とする。

[0036] ＬａおよびＣｅ：０％～０．５０％未満

ＬａおよびＣｅは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｌａ濃度およびＣｅ濃度の下限値は、各々、０．００％超え（好ましくは０．１０％以上）が好ましい。

一方、Ｌａ濃度およびＣｅ濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｌａ濃度およびＣｅ濃度の上限値は、各々、０．５０％未満（好ましくは０．４０％以下）とする。

[0037] Ｓｉ：０％～２．５０％未満

Ｓｉは、Ａｌ－Ｆｅ合金層の成長を抑制して耐食性向上に寄与する元素である。よって、Ｓｉ濃度は０．００％超え（好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上）が好ましい。特に、Ｓｎを含まない場合（つまり、Ｓｎ濃度が０％である場合）、耐食性の確
保の観点から、Ｓｉ濃度は０．１０％以上（好ましくは０．２０％以上）が好ましい。

一方、Ｓｉ濃度が増加し過ぎると、耐食性および加工性が劣化する傾向となる。よって、Ｓｉ濃度の上限値は、２．５０％未満とする。特に、耐食性の観点からは、Ｓｉ濃度は、好ましくは２．４０％以下、より好ましくは１．８０％以下、さらに好ましくは１．２０％以下である。

[0038] Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、Ｎａ、およびＫ：０％～０．２５％未満

Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、ＮａおよびＫは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、

Ｌｉ、ＮａおよびＫの濃度の下限値は、各々、０％超え（好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上）が好ましい。

一方、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、ＮａおよびＫの濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、Ｎａ、およびＫの濃度の上限値は、各々、０．２５％未満とする。Ｃｒ、Ｔｉ、Ｚｒ、Ｍｏ、Ｗ、Ａｇ、Ｐ、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｃｕ、Ｍｎ、Ｌｉ、Ｎａ、およびＫの濃度の上限値は、好ましくは０．２２％以下である。

[0039] Ｆｅ：０％～５．００％

溶融めっき法によって、めっき層を形成する場合、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層およびＡｌ－Ｆｅ合金層に一定のＦｅ濃度が含有される。

Ｆｅ濃度が５．００％までは、めっき層（特にＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層）に含まれても性能に悪影響がないことが確認されている。Ｆｅの多くは、Ａｌ－Ｆｅ合金層に含まれていることが多いため、この層の厚さが大きいと一般的にＦｅ濃度は大きくなる。

[0040] Ｓｒ、Ｓｂ、ＰｂおよびＢ：０％～０．５０％未満

Ｓｒ、Ｓｂ、ＰｂおよびＢは、耐食性に寄与する元素である。よって、Ｓｒ、Ｓｂ、ＰｂおよびＢの濃度の下限値は、各々、０％超え（好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上）が好ましい。

一方、Ｓｒ、Ｓｂ、ＰｂおよびＢの濃度が増加し過ぎると、耐食性が劣化する傾向となる。よって、Ｓｒ、Ｓｂ、ＰｂおよびＢの濃度の上限値は、各々、０．５０％未満とする。

[0041] 不純物

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、素地鋼材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。

[0042] めっき層の化学成分は、次の方法により測定する。

まず、素地鋼材の腐食を抑制するインヒビターを含有した酸で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ＩＣＰ分析で測定することで、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、化学組成は、平均化学組成として測定される。なお、ＩＣＰ分析でＺｎ濃度は、「式：Ｚｎ濃度＝１００％－他の元素濃度（％）」で求める。

[0043] ここで、素地鋼材として、プレめっき鋼材を用いた場合、そのプレめっきの成分も検出される。

例えば、プレＮｉめっき鋼材を用いた場合、ＩＣＰ分析では、めっき層中のＮｉだけでなく、プレＮｉめっき中のＮｉも検出される。具体的には、例えば、Ｎｉ付着量が１ｇ／m^2～３ｇ／m^2（厚さ０．１～０．３μｍ程度）のプレめっき鋼材を素地鋼材として使用したとき、仮にめっき層に含まれるＮｉ濃度が０％であっても、ＩＣＰ分析で測定するとＮｉ濃度が０．１～１５％として検出される。

ここで、素地鋼材がプレＮｉめっき鋼材か否かを判別する方法は、次の通りである。

対象となる鋼材から、めっき層の厚さ方向に沿って切断した断面が測定面となる試料を採取する。

試料の測定面に対して、電子線マイクロアナライザ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｐｒｏｂｅ ＭｉｃｒｏＡｎａｌｙｓｅｒ：ＦＥ－ＥＰＭＡ）により、鋼材におけるめっき層と素地鋼材との界面付近を線分析し、Ｎｉ濃度を測定する。測定条件は、加速電圧１５ｋＶ、ビーム径１００ｎｍ程度、１点あたりの照射時間１０００ｍｓ、測定ピッチ６０ｎｍである。なお、測定距離は、鋼材におけるめっき層と素地鋼材との界面でＮｉ濃度が濃化しているか否かが確認できる距離であればよい。

そして、鋼材におけるめっき層と素地鋼材との界面で、Ｎｉ濃度が濃化していれば、素地鋼材がプレＮｉめっき鋼材と判別する。

[0044] また、素地鋼材として、プレＮｉめっき鋼材を用いた場合、めっき層のＮｉ濃度は、次
の通り測定された値と定義する。

まず、高周波グロー放電発光表面分析装置（ＧＤＳ：堀場製作所製、型番：ＧＤ－Ｐｒｏｆｉｌｅｒ２）で、Ｎｉ濃度が異なる３種類以上の標準試料（ＢＡＳ製Ｚｎ合金標準試料　ＩＭＮ　ＺＨ１、ＺＨ２、ＺＨ４）に対してＮｉの発光強度を測定する。得られたＮｉの発光強度と標準試のＮｉ濃度との関係から、検量線を作成する。

次に、試料のめっき層の表面を、めっき層の厚み方向（以下「Ｚ軸方向」とも称する）に研磨する。

具体的には、めっき層の表面を、＃１２００番手の研磨シートで乾式研磨した後、平均粒径３μｍのアルミナを含む仕上げ液、平均粒径１μｍのアルミナを含む仕上げ液、コロイダルシリカを含む仕上げ液をそれぞれ、この順に用いて仕上げ研磨する。

なお、研磨前後で、めっき層の表面のＺｎ強度をＸＲＦ（蛍光Ｘ線分析）で測定し、研磨後のＺｎ強度が研磨前のＺｎ強度の１／２となったときを、めっき層の層厚の１／２とする。

次に、高周波グロー放電発光表面分析装置（ＧＤＳ：堀場製作所製、型番：ＧＤ－Ｐｒｏｆｉｌｅｒ２）により、測定対象のめっき鋼材のめっき層の膜厚１／２位置におけるＮｉの発光強度を測定する。得られたＮｉの発光強度と作成した検量線から、めっき層１／２位置でのＮｉ濃度を求める。

そして、素地鋼材として、プレＮｉめっき鋼材を用いた場合、めっき層のＺｎ濃度は、下記式から算出されるＺｎ濃度と定義する。

式：Ｚｎ濃度＝１００－（ＩＣＰ分析で求めたＺｎ及びＮｉ以外の元素濃度＋ＧＤＳで求めたＮｉ濃度）

[0045] なお、高周波グロー放電発光表面分析装置の測定条件は、次の通りとする。

・Ｈ．Ｖ．：６３０Ｖ

・アノード径：φ４ｍｍ

・ガス：Ａｒ

・ガス圧力：６００Ｐａ

・出力：３５Ｗ

[0046] 次に、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の組織について説明する。

Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層における、Ａｌ晶、$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の合計の面積率は、９０％以上である。

耐食性向上の観点から、当該面積率の下限値は、９２％、９５％、９８％が好ましい。当該面積率は、理想的には、特に１００％が好ましい。

また、Ｚｎ晶のように、上記Ａｌ晶、$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶を除く組織の面積率は、０～１０％が好ましく、０～８％、０～５％、さらには０～２％より好ましい。Ｚｎ晶の面積率は、理想的には、特に０％が好ましい（つまり、Ｚｎ晶は含まないことが特に好ましい。）

ここで、Ａｌ晶、Ｚｎ晶とは、各々、独立して晶出した晶を意味する。

[0047] Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の組織は、次の通り測定する。

まず、測定対象となる、めっき鋼材から試料を採取する。ただし、試料は、めっき鋼材の打ち抜き端面部近傍（端面から２ｍｍ）以外で、めっき層の欠陥部がない場所から採取する。

[0048] 次に、試料のめっき層の表面を、めっき層の厚み方向（以下「Ｚ軸方向」とも称する）に研磨する。

具体的には、めっき層の表面を、＃１２００番手の研磨シートで乾式研磨した後、平均粒径３μｍのアルミナを含む仕上げ液、平均粒径１μｍのアルミナを含む仕上げ液、コロイダルシリカを含む仕上げ液をそれぞれ、この順に用いて仕上げ研磨する。

なお、研磨前後で、めっき層の表面のＺｎ強度をＸＲＦ（蛍光Ｘ線分析）で測定し、研磨後のＺｎ強度が研磨前のＺｎ強度の１／２となったときを、めっき層の層厚の１／２とする。めっき層の層厚１／２以上をＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層が占めるので、めっき層の表面を層厚の１／２まで研磨した研磨

面は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の研磨面となる。そのため、当該研磨面を解析することで、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層に含まれる金属組織を把握することができる。

[0049] 次に、研磨面を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）により倍率５００倍で観察し、反射電子像（以下「ＳＥＭの反射電子像」とも称する）を得る。ＳＥＭ観察条件は、加速電圧：１５ｋＶ、照射電流：１０ｎＡ、視野の大きさ：２４４μｍ×１９８μｍとする。

[0050] さらに、電子線マイクロアナライザ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｐｒｏｂｅ ＭｉｃｒｏＡｎａｌｙｓｅｒ：ＦＥ－ＥＰＭＡ）を用いて、加速電圧１５ｋＶ、照射電流を３０ｎＡ、ビーム径１００ｎｍ程度、１点あたりの照射時間５ｍｓ、測定ピッチ３００ｎｍとして倍率５００倍でマッピング分析を実施する。すると、ＭｇとＺｎの検出箇所が重なる領域、ＡｌとＺｎの検出箇所が重なる領域、およびＺｎが単独で検出される領域に大別することができる。このとき、ＭｇとＺｎの検出箇所が重なる領域を$MgZn_2$、ＡｌとＺｎの検出箇所が重なる領域をＡｌ晶とする。さらに、Ｚｎが単独で検出される領域には倍率２０００倍でFE-EPMAの線分析を１０μｍ長さ実施する。このとき、測定領域中でＭｇもしくは
Ａｌが１％以上検出される領域はＺｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶、ＭｇおよびＡｌのいずれも１％未満しか検出されない領域をＺｎ晶と判別できる。これらに対しコンピューター画像処理を実施して面積率を求める（視野における各相の面積（ピクセル）を算出する）。

[0051] 次に、Ｍｇ濃化層について説明する。

Ｍｇ濃化層は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表層に存在する、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶等のＭｇ含有相が緻密化し、Ｍｇ濃度が濃化した層である。

Ｍｇ濃化層が薄いと、耐食性が劣位となる。一方、Ｍｇ濃化層が厚すぎると、耐変色性が劣化となる。

よって、Ｍｇ濃化層の厚さは、０．８μｍ以上（めっき層の厚さ×１／２

）以下とする。Ｍｇ濃化層の厚さは、好ましくは０．９μｍ以上２５μｍ以下、より好ましくは１．０μｍ以上２２．５μｍ以下である。

なお、めっき層の厚さは、好ましくは５μｍ以上５０μｍ以下、より好ましくは１０μｍ以上４５μｍ以下である。

[0052] Ｍｇ濃化層は、次の通り定義される層である。

[0053] まず、めっき層の表面側から、グロー放電発光分析法（定量ＧＤＳ）にて深さ方向にスパッタし、各めっき層含有元素（Ｚｎ，Ａｌ，Ｍｇ，Ｆｅ等）の強度の深さ方向分布を測定する（図１参照）（測定機器：堀場製作所製、型番：ＧＤ－Ｐｒｏｆｉｌｅｒ２、測定条件：直流モード、電圧９００Ｖ、電流２０ｍＡ）。このとき、めっき層上に、化成処理皮膜等が存在する場合、皮膜の主成分となる元素（例えば、有機皮膜の場合、炭素（Ｃ）、無機皮膜の場合、その主成分となる元素）の強度の深さ方向分布も測定する。なお、無機皮膜の場合、その主成分となる元素とは、例えば、酸化ジルコニウム膜の場合、ジルコニウム（Ｚｒ）であり、シランカップリング剤を含む皮膜の場合、シリコン（Ｓｉ）である。

測定は、めっき層が消失して地鉄が十分に露出する深さまで実施する。このとき、測定後の穴の深さ［μｍ］を測定し、その値からＧＤＳ測定時間［ｓ］を除することでスパッタ速度［μｍ／ｓ］を求める。このスパッタ速度に、目的の測定位置における測定開始からの経過時間をかければ、目的の測定位置の表面からの深さ［μｍ］が求まる。

ここで、めっき表面方向からＦｅの強度変化を見たとき、０．１μｍあたりのＦｅの強度の増加量が０．００３を超える点を（Ａ）と定義する。上記点（Ａ）におけるＭｇの強度を１とし、地鉄（つまり素地鋼材）側からめっき層表面側にＭｇ強度を見たときのＭｇの相対強度が１．０３である点（Ｂ）をＭｇ濃化層とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の界面と定義する。この点からめっき層表面側を見たときに、Ｍｇの強度と炭素（Ｃ）の強度が同一になった点（Ｃ）をＭｇ濃化層の上端とする。なお、点（Ｃ）を決定する炭素（Ｃ）の強度（めっき層上に化成処理皮膜等が存在しない場合の炭素（Ｃ）の強度

）は、めっき層表面に付着したごみ又は油分に由来する炭素（Ｃ）の強度である。

ただし、めっき層上に、化成処理皮膜等が存在する場合、皮膜の主成分となる元素の強度と同一となった点を点（Ｃ）としＭｇ濃化層の上端とする。

そして、Ｍｇ濃化層は点（Ｂ）と点（Ｃ）との間の層と定義され、Ｍｇ濃化層の厚さは、３個所測定した点（Ｂ）と点（Ｃ）の深さの差分の平均値と定義する。

[0054] 次にＡｌ－Ｆｅ合金層について説明する。

Ａｌ－Ｆｅ合金層は、素地鋼材表面（具体的には、素地鋼材とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間）に形成されることがあり、組織としてAl_5Fe相が主相の層である。Ａｌ－Ｆｅ合金層は、素地鋼材およびめっき浴の相互の原子拡散によって形成する。本開示の鋼材は、溶融めっき法によりめっき層を形成するので、Ａｌ元素を含有するめっき層では、Ａｌ－Ｆｅ合金層が形成され易い。めっき浴中に一定濃度以上のＡｌが含有されるので、Al_5Fe相が最も多く形成する。しかし、原子拡散には時間がかかり、また、素地鋼材に近い部分では、Ｆｅ濃度が高くなる部分もある。そのため、Ａｌ－Ｆｅ合金層は、部分的には、ＡｌＦｅ相、Al_3Fe相、Al_5Fe_2相などが少量含まれる場合もある。また、めっき浴中にＺｎも一定濃度含まれるので、Ａｌ－Ｆｅ合金層には、Ｚｎも少量含有される。

[0055] 耐食性においては、Al_5Fe相、Al_3Fe相、ＡｌＦｅ相、およびAl_5Fe_2相のいずれの相であっても大差がない。ここでいう耐食性とは、溶接の影響を受けない部分での耐食性である。

[0056] ここで、めっき層中にＳｉを含有する場合、Ｓｉは、特にＡｌ－Ｆｅ合金層中に取り込まれ易く、Ａｌ－Ｆｅ－Ｓｉ金属間化合物相となることがある。同定される金属間化合物相としては、ＡｌＦｅＳｉ相があり、異性体として、α、β、ｑ１，ｑ２－ＡｌＦｅＳｉ相等が存在する。そのため、Ａｌ－Ｆｅ合金層は、これらＡｌＦｅＳｉ相等が検出されることがある。これらＡｌＦｅＳｉ相等を含むＡｌ－Ｆｅ合金層をＡｌ－Ｆｅ－Ｓｉ合金層

とも称する。

なお、Ａｌ－Ｆｅ－Ｓｉ合金層もＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層に対し、厚さが小さいため、めっき層全体における耐食性において与える影響は小さい。

[0057] また、素地鋼材に各種プレめっき鋼材を使用した場合、プレめっきの付着量により、Ａｌ－Ｆｅ合金層の構造が変化することがある。具体的には、Ａｌ－Ｆｅ合金層周囲に、プレめっきに用いた純金属層が残存する場合、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の構成成分とプレめっき成分が結合した金属間化合物相（例えば、Al_3Ni相等）が合金層を形成する場合、Ａｌ原子およびＦｅ原子の一部が置換したＡｌ－Ｆｅ合金層を形成する場合、または、Ａｌ原子、Ｆｅ原子およびＳｉ原子の一部が置換したＡｌ－Ｆｅ－Ｓｉ合金層を形成する場合等がある。

[0058] つまり、Ａｌ－Ｆｅ合金層とは、Al_5Fe相を主体とする合金層以外に、上記種々の態様の合金層を包含する層である。

[0059] なお、各種プレめっき鋼材のうち、プレＮｉめっき鋼材にめっき層を形成した場合、Ａｌ－Ｆｅ合金層として、Ａｌ－Ｎｉ－Ｆｅ合金層が形成されることになる。

[0060] Ａｌ－Ｆｅ合金層の厚さは、例えば、０μｍ以上７μｍ以下である。

Ａｌ－Ｆｅ合金層の厚さは、めっき層（具体的にはＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層）の密着性を高め、耐食性および加工性を確保する観点から、０．０５μｍ以上５μｍ以下が好ましい。

[0061] 通常、Ａｌ－Ｆｅ合金層よりもＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の厚さの方が厚いため、Ａｌ－Ｆｅ合金層のめっき鋼材としての耐食性への寄与は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層と比較すると小さい。しかし、Ａｌ－Ｆｅ合金層には、成分分析結果から推測されるように耐食性元素であるＡｌおよびＺｎを一定濃度以上含有する。そのため、Ａｌ－Ｆｅ合金層は、素地鋼材に対してある程度の耐食性を有している。

[0062] また、溶融めっき法により本開示で規定する化学組成のめっき層を形成すると、素地鋼材とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間に、１００ｎｍ以上のＡｌ

－Ｆｅ合金層が形成されることが多い。

[0063] 耐食性の観点からは、ＡＩ－Ｆｅ合金層は厚いほど好ましい。よって、ＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さは、好ましくは０．０５μｍ以上である。しかしながら、厚いＡＩ－Ｆｅ合金層は著しく加工性を劣化させる原因となるから、ＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さは７μｍ以下が好ましい。ＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さが７μｍ以下であると、ＡＩ－Ｆｅ合金層を起点に発生するクラック及びパウダリング量が減少し、加工性が向上する。ＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さは、さらに好ましくは５μｍ以下であり、さらに好ましくは２μｍ以下である。

[0064] ＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さは、次の通り測定する。

試料を樹脂埋め込み後、研磨してめっき層断面（めっき層の板厚方向に沿った切断面）のＳＥＭの反射電子像（ただし、倍率１００００倍、視野の大きさ：縦５０μｍ×横２００μｍで、ＡＩ－Ｆｅ合金層が視認される視野とする。）において、同定されたＡＩ－Ｆｅ合金層の任意の５箇所について、厚さを測定する。そして、５箇所の算術平均をＡＩ－Ｆｅ合金層の厚さとする。

なお、めっき層の厚さに関しても上記断面ＳＥＭの反射電子像（ただし、倍率５００倍、視野の大きさ：縦１９８μｍ×横２４４μｍで、めっき層全体が視認される視野とする。）において、任意の５箇所について厚さを測定する。そして、５箇所の算術平均をめっき層の厚さとする。

[0065]（めっき鋼材の製造方法）

以下、本開示のめっき鋼材の製造方法の一例について説明する。

[0066] 本開示のめっき鋼材は、素地鋼材（素地鋼板など）の表面（つまり、片面又は両面）に溶融めっき法により、上記所定の化学組成および金属組織を有するめっき層を形成することで得られる。

[0067] 具体的には、一例として、次の条件で溶融めっき処理を行う。以下、本開示のめっき鋼材の製造方法の一例として、めっき鋼板の製造方法について説明する。

まず、素地鋼材としての素地鋼板を、めっき浴に浸漬して、めっき浴から

引き上げた後、４５０～３９５℃の温度域を平均冷却速度１５℃／ｓ以下で冷却する。

次に、３９５～３４０℃の温度域を平均冷却速度３℃／ｓ以下で冷却する。

次に、３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度１０～２０℃／ｓ以上で冷却する。

ここで、めっきは、例えば、ゼンジミア法のような連続式溶融金属めっき法を実施する。

そして、冷却後、スキンパスロールの表面粗さＲａが１～５μｍ、及びスキンパス圧下力が１００～５００ｔｏｎの条件で、スキンパス圧延する。

[0068] ここで、めっき層は、Ａｌ晶、Ａｌ晶の周囲に晶出する$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の順に凝固する。

[0069] そのため、４５０～３９５℃の温度域を平均冷却速度１５℃／ｓ以下で冷却することで、Ａｌ晶を成長させる。そして、３９５～３４０℃の温度域を平均冷却速度３℃／ｓ以下で冷却することで、Ａｌ晶の周囲に$MgZn_2$晶を確実に晶出させる。それにより、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶を微細化することができる。

[0070] ４５０～３９５℃の温度域での平均冷却速度の上限値は、１５℃/ｓ、好ましくは１３
℃/ｓ、より好ましくは１１℃/ｓである。また、下限値は特に限定されないが、生産性の観点から１℃/ｓ、より好ましくは２℃/ｓ以上が好ましい。

なお、４５０～３９５℃の温度域での平均冷却速度が１５℃／ｓを超えると、Ａｌ晶が微細晶出しすぎて、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶も過度に微細化する。そうすると、後述するスキンパス圧延によるＭｇ濃化層が形成され難くなる。

[0071] ３９５℃～３４０℃の温度域での平均冷却速度の上限値は、３℃/ｓ、好ましくは２．
５℃/ｓである。また、下限値は特に限定されないが、生産性の観点から０．

５℃/ｓ、より好ましくは１℃/ｓ以上が好ましい。

なお、３９５℃～３４０℃の温度域での平均冷却速度が３℃/ｓを超えると、ＡＩ晶周

囲の$MgZn_2$晶を十分成長させることができず、Ｚｎ／ＡＩ／$MgZn_2$三元共晶の微細化が不十分になる。その結果、後述するスキンパス圧延によるＭｇ濃化層が形成され難くなる。

[0072] 次に、３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度１０℃／ｓ以上で冷却することで、Ｚｎ／ＡＩ／$MgZn_2$三元共晶が微細化される。そうすると、後述するスキンパス圧延によるＭｇ濃化層が形成され易くなる。

ただし、３４０～２８０℃の温度域での平均冷却速度が２０℃／ｓを超えると、Ｚｎ／ＡＩ／$MgZn_2$三元共晶が過度に微細化し、後述するスキンパス圧延によるＭｇ濃化層が形成され難くなる。

２８０℃未満の温度域での平均冷却速度は、限定されない。例えば，炉冷を用いてもよいし、鋼材の性質調整で保温をしてもよい。また、ミスト冷却などで水冷を実施してもよい。ここで例示したような方法での平均冷却速度は、例えば、５０℃／秒以下である。

[0073] 次に、冷却後、スキンパスロールの表面粗さＲａが１μｍ以上、スキンパス圧下力が１

００ｔｏｎ以上の条件で、スキンパス圧延を実施することで、Ｚｎ－ＡＩ－Ｍｇ合金層の表層に存在する、柔らかいＭｇ含有晶（Ｚｎ／ＡＩ／$MgZn_2$三元共晶等）が延ばされ、Ｍｇ濃化層が形成される。

ただし、スキンパスロールの表面粗さＲａが５μｍを超えると、めっき層表面の表面積が増えるため、Ｍｇ濃化層が厚膜化し過ぎて、耐変色性が劣化する。一方、スキンパスロールの表面粗さＲａが１μｍ未満では、スキンパス圧延時に素地鋼板がスリップして均一な圧延ができず耐食性及び耐変色性を担保することができない。

また、スキンパス圧下力が５００ｔｏｎを超えると、柔らかいＭｇ含有晶（Ｚｎ／ＡＩ／$MgZn_2$三元共晶等）が延び過ぎて、Ｍｇ濃化層が厚膜化し

難く、耐食性が劣化する。一方、スキンパス圧下力が１００ｔｏｎ未満でも、Ｍｇ濃化層が厚膜化し難く、耐食性が劣化する。

なお、スキンパス圧下力が適正範囲内で、スキンパスロールの表面粗さＲａが大きくなると、図１における点（Ｂ）が右側に移動する傾向となり、Ｍｇ濃化層の厚さが厚くなる。

[0074] スキンパスロールの表面粗さＲａは、次の通り測定される。スキンパスロールの表面に対して、触針式のポータブル粗度計でロールの幅方向に３か所粗度を測定し、その平均値をとる。

[0075] 以下、本開示のめっき鋼材に適用できる後処理について説明する。

[0076] 本開示のめっき鋼材は、めっき層上に皮膜を形成してもよい。皮膜は、１層または２層以上を形成することができる。めっき層直上の皮膜の種類としては、例えば、クロメート皮膜、りん酸塩皮膜、クロメートフリー皮膜が挙げられる。これら皮膜を形成する、クロメート処理、りん酸塩処理、クロメートフリー処理は既知の方法で行うことができる。

[0077] クロメート処理には、電解によってクロメート皮膜を形成する電解クロメート処理、素材との反応を利用して皮膜を形成させ、その後余分な処理液を洗い流す反応型クロメート処理、処理液を被塗物に塗布し水洗することなく乾燥して皮膜を形成させる塗布型クロメート処理がある。いずれの処理を採用してもよい。

[0078] 電解クロメート処理としては、クロム酸、シリカゾル、樹脂（アクリル樹脂、ビニルエステル樹脂、酢酸ビニルアクリルエマルション、カルボキシル化スチレンブタジエンラテックス、ジイソプロパノールアミン変性エポキシ樹脂等）、および硬質シリカを使用する電解クロメート処理を例示することができる。

[0079] りん酸塩処理としては、例えば、りん酸亜鉛処理、りん酸亜鉛カルシウム処理、りん酸マンガン処理を例示することができる。

[0080] クロメートフリー処理は、特に、環境に負荷がなく好適である。クロメートフリー処理には、電解によってクロメートフリー皮膜を形成する電解型ク

ロメートフリー処理、素材との反応を利用して皮膜を形成させ、その後、余分な処理液を洗い流す反応型クロメートフリー処理、処理液を被塗物に塗布し水洗することなく乾燥して皮膜を形成させる塗布型クロメートフリー処理がある。いずれの処理を採用してもよい。

[0081] さらに、めっき層直上の皮膜の上に、有機樹脂皮膜を１層又は２層以上有してもよい。有機樹脂としては、特定の種類に限定されず、例えば、ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂、又はこれらの樹脂の変性体等を挙げられる。ここで変性体とは、これらの樹脂の構造中に含まれる反応性官能基に、その官能基と反応し得る官能基を構造中に含む他の化合物（モノマーや架橋剤など）を反応させた樹脂のことを指す。

[0082] このような有機樹脂としては、１種又は２種以上の有機樹脂（変性していないもの）を混合して用いてもよいし、少なくとも１種の有機樹脂の存在下で、少なくとも１種のその他の有機樹脂を変性することによって得られる有機樹脂を１種又は２種以上混合して用いてもよい。また有機樹脂皮膜中には任意の着色顔料や防錆顔料を含んでもよい。水に溶解又は分散することで水系化したものも使用することができる。

実施例

[0083]（実施例）

表１～表２に示す化学組成のめっき層が得られるように、所定量の純金属インゴットを使用して、真空溶解炉で、インゴットを溶解した後、大気中でめっき浴を建浴した。めっき鋼板の作製には、溶融めっきシミュレータを使用した。

素地鋼材としては、板厚２．３ｍｍの一般材熱延鋼板（Ｃ濃度＜０．１％）を使用した。素地鋼材の被めっき面をブラシ研磨した後、めっき工程直前に、脱脂、酸洗を実施した。

また、いくつかの例では、素地鋼材としては、板厚２．３ｍｍの一般材熱延鋼板にプレＮｉめっきを施したプレＮｉめっき鋼材を使用した。Ｎｉ付着

量は１ｇ／ｍ^2～３ｇ／ｍ^{2}とした。なお、素地鋼材として、プレＮｉめっき鋼材を使用した例は、表中の「素地鋼材」の欄に「プレＮｉ」と表記した。

素地鋼材の被めっき処理面の裏面には、めっき鋼板作製プロセスにおける鋼材の温度をモニタするため、接触型Ｋ熱電対を取り付けた。

[0084] いずれのサンプル作製においても、素地鋼材について、めっき浴浸漬時までの工程は同等の還元処理方法を実施した。すなわち、素地鋼材をN_2－H_2（５％）（露点－４０℃以下、酸素濃度２５ｐｐｍ未満）環境下、室温から８００℃までを通電加熱で昇温し、６０秒保持した後、N_2ガス吹き付けにて、めっき浴温＋１０℃まで冷却し、直ちにめっき浴に浸漬した。

なお、いずれのめっき鋼板も、めっき浴への浸漬時間は表中の時間とした。N_2ガスワイピング圧力を調整し、めっき厚みが３０μｍ（±１μｍ）となるようにめっき鋼板を作製した。

[0085] めっき浴温は５００℃とした。めっき浴浸漬時間は２秒とした。

そして、素地鋼材をめっき浴から引き上げ後、表１～表２に示す下記１～３段目の平均冷却速度を表１～表２に示す条件とする冷却プロセスでめっき層を得た。

・１段目平均冷却速度：４５０～３９５℃の温度域での平均冷却速度

・２段目平均冷却速度：３９５～３４０℃の温度域での平均冷却速度

・３段目平均冷却速度：３４０～２８０℃の温度域での平均冷却速度

なお、冷却プロセスでは、めっき後の鋼材にN_2ガスを吹き付けることにより、鋼材を冷却した。このとき、上記温度域で所定の冷却速度になるよう、N_2ガスの吹き付け量を調整しながら冷却した。

[0086] －各種の測定－

得られためっき鋼板から試料を切り出した。そして、既述の方法にしたがって、下記事項を測定した。

・めっき層の厚さ

・Ｍｇ濃化層の厚さ

・Ａｌ－Ｆｅ合金層の厚さ（ただし、素地鋼材としてプレＮｉめっき鋼板を

使用した例では、Ａｌ－Ｎｉ－Ｆｅ合金層の厚さを示す。）

・、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層における、Ａｌ晶、$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の合計の面積率（表中、特定組織面積率と表記）

[0087] －耐食性－

得られためっき鋼板から試料を切り出した。そして、試料を縦置きにして、腐食促進試験（ＪＡＳＯ　Ｍ６０９－９１）に準拠した複合サイクル腐食試験（ＣＣＴ）を２１サイクル実施した。腐食試験実施後、腐食減量が２０ｇ／m^2以下の場合を「Ａ」と評価し、

２０ｇ／m^2超を「ＮＧ」と評価した。

[0088] －加工性－

得られためっき鋼板から試料を切り出した。そして、試料を１Ｔ曲げ加工後、加工部をテープ剥離し、テープに付着しためっき層の面積率を評価した。付着しためっき層の面積率が５％以下を「Ａ」、５％超を「ＮＧ」と評価した。

[0089] －耐変色性－

得られためっき鋼板から試料を切り出した。そして、５０℃８０％ＲＨの恒温恒湿試験機（ＥＹＥＬＡ製ＫＣＬ－２０００）に、試料を水平方向に対して６０°の角度で立掛け、３日後の色差ΔＥを評価した。色差に関しては試験前後に測色計（コニカミノルタオプティクス製ＣＲ－４００）で試料の、ＳＣＥ（正反射光除去）方式におけるＬ値、ａ＊値、ｂ＊値を測定し、色差ΔＥを４箇所調査し、その平均値を求めた。

３日後の色差ΔＥの平均値が１０以下を「Ａ」と評価し、１０超えを「ＮＧ」と評価した。

[0090] 実施例について表１～表２に一覧にして示す。

[0091]

[表1-1]

表1-1

No	区分	素地鋼板	めっき冷却			スキンパス圧延	
			1段階目平均冷却速度	2段階目平均冷却速度	3段階目平均冷却速度	ロール表面粗さRa	注下方
		--	(℃/s)	(℃/s)	(℃/s)	(μm)	(mm)
1	実施例	--	9	2	15	3	300
2	実施例	--	9	2	15	3	300
3	実施例	--	9	2	15	3	300
4	実施例	--	9	2	15	3	300
5	実施例	--	9	2	15	3	300
6	実施例	--	9	2	15	3	300
7	実施例	--	9	2	15	3	300
8	実施例	--	9	2	15	3	300
9	実施例	--	9	2	15	3	300
10	実施例	--	9	2	15	3	300
11	実施例	--	9	2	15	3	300
12	実施例	--	9	2	15	3	300
13	実施例	--	9	2	15	3	300
14	実施例	--	9	2	15	3	300
15	実施例	--	9	2	15	3	300
16	実施例	--	9	2	15	3	300
17	実施例	--	9	2	15	3	300
18	実施例	--	9	2	15	3	300
19	実施例	--	9	2	15	3	300
20	実施例	--	9	2	15	3	300
21	実施例	--	9	2	15	3	300
22	実施例	--	9	2	15	3	300
23	実施例	--	9	2	15	3	300
24	実施例	--	9	2	15	3	300
25	実施例	--	9	2	15	3	300
26	実施例	--	9	2	15	3	300
27	実施例	--	9	2	15	3	300
28	実施例	--	9	2	15	3	300
29	実施例	--	9	2	15	3	300
30	実施例	--	9	2	15	3	300
31	実施例	--	9	2	15	3	300
32	実施例	--	9	2	15	3	300
33	実施例	--	9	2	15	3	300
34	実施例	--	9	2	15	3	300
35	実施例	--	9	2	15	3	300
36	実施例	--	9	2	15	3	300
37	実施例	--	9	2	15	3	300
38	実施例	--	9	2	15	3	300
39	実施例	--	9	2	15	3	300
40	実施例	--	9	2	15	3	300
41	実施例	--	9	2	15	3	300
42	実施例	--	9	2	15	3	300
43	実施例	--	9	2	15	3	300
44	実施例	--	9	2	15	3	300
45	実施例	--	9	2	15	3	300
46	実施例	--	9	2	15	3	300
47	実施例	--	9	2	15	3	300
48	実施例	--	9	2	15	3	300
49	実施例	--	9	2	15	3	300
50	実施例	--	9	2	15	3	300
51	実施例	--	15	2	15	3	300
52	実施例	--	9	3	15	3	300
53	実施例	--	9	2	10	3	300
54	実施例	--	9	2	20	3	300
55	実施例	--	9	2	15	1	300
56	実施例	--	9	2	15	5	300
57	実施例	--	9	2	15	3	100
58	実施例	--	9	2	15	3	500
59	実施例	--	9	2	15	3	300
60	実施例	--	9	2	15	3	300
61	実施例	プレNi	9	2	15	3	300
62	実施例	プレNi	9	2	15	3	300
63	実施例	プレNi	9	2	15	3	300
64	実施例	プレNi	9	2	15	3	300

[0092]

[表1-2]

表1-2

No.	区分	めっき層組成(mass%)																	
		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Zr	Mo	W	Ag	P
1	実施例	68.40	5.50	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	実施例	68.32	5.50	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	実施例	69.32	24.50	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	実施例	76.82	20.00	3.50	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	実施例	67.82	20.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	実施例	73.90	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	実施例	73.70	20.00	6.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	実施例	73.50	20.00	6.00	0.20	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	実施例	73.50	20.00	6.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	実施例	73.40	20.00	6.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	実施例	72.87	20.00	6.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	実施例	72.04	20.00	6.00	0.06	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	実施例	73.75	20.00	6.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	実施例	73.62	20.00	6.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	実施例	73.30	20.00	6.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	実施例	72.90	20.00	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18	実施例	63.93	10.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	実施例	69.30	20.00	6.00	0.10	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	実施例	72.30	20.00	6.00	0.10	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21	実施例	73.70	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	実施例	73.30	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	実施例	72.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	実施例	70.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	実施例	73.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	実施例	72.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	実施例	71.50	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	実施例	73.00	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
32	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
33	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
34	実施例	73.50	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
35	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
36	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
37	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
39	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
41	実施例	73.60	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	実施例	73.50	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	実施例	68.90	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
46	実施例	68.90	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
47	実施例	73.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	実施例	73.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	実施例	73.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50	実施例	73.40	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
52	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	実施例	73.80	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
61	実施例	73.78	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62	実施例	73.77	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	実施例	73.75	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	実施例	73.77	20.00	6.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

[0093]

[表1-3]

表1-3

No.	区分	めっき層組成(mass%)													
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Li	Na	K	Fe	Sr	Sb	Pb	B
1	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.50	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
2	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
3	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
4	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
5	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
6	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
7	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
8	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
9	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
10	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
12	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
13	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
14	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
15	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
16	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
17	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
18	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
19	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
20	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
21	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
22	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
23	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
24	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
25	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
26	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
27	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
28	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
29	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
30	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
31	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
32	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
33	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
34	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
35	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
36	実施例	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
37	実施例	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
38	実施例	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
39	実施例	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
40	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
41	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
42	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
43	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
44	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
45	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
46	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
47	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
48	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
49	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
50	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
51	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
52	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
53	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
54	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
55	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
56	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
57	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
58	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
59	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
60	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
61	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
62	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
63	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
64	実施例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

[0094]

[表1-4]

表1-4

No.	区分	Zn合金層厚さ	Mg濃化層厚さ	Al-Fe合金層の厚さ	特定結晶面積率	耐食性	加工性	耐変色性
		(μm)	(μm)	(μm)	(%)			
1	実施例	20	5	1	99	A	A	A
2	実施例	20	5	1	97	A	A	A
3	実施例	20	5	1	97	A	A	A
4	実施例	20	5	1	97	A	A	A
5	実施例	20	5	1	98	A	A	A
6	実施例	20	5	1	97	A	A	A
7	実施例	20	5	1	95	A	A	A
8	実施例	20	5	1	97	A	A	A
9	実施例	20	5	1	96	A	A	A
10	実施例	20	5	1	95	A	A	A
11	実施例	20	5	1	94	A	A	A
12	実施例	20	5	1	92	A	A	A
13	実施例	20	5	1	93	A	A	A
14	実施例	20	5	1	96	A	A	A
15	実施例	20	5	1	96	A	A	A
16	実施例	20	5	1	95	A	A	A
17	実施例	20	5	1	94	A	A	A
18	実施例	20	5	1	94	A	A	A
19	実施例	20	5	1	92	A	A	A
20	実施例	20	5	1	93	A	A	A
21	実施例	20	5	1	95	A	A	A
22	実施例	20	5	1	93	A	A	A
23	実施例	20	5	1	92	A	A	A
24	実施例	20	5	1	90	A	A	A
25	実施例	20	5	1	96	A	A	A
26	実施例	20	5	1	96	A	A	A
27	実施例	20	5	1	95	A	A	A
28	実施例	20	5	1	91	A	A	A
29	実施例	20	5	1	96	A	A	A
30	実施例	20	5	1	96	A	A	A
31	実施例	20	5	1	96	A	A	A
32	実施例	20	5	1	96	A	A	A
33	実施例	20	5	1	96	A	A	A
34	実施例	20	5	1	96	A	A	A
35	実施例	20	5	1	96	A	A	A
36	実施例	20	5	1	96	A	A	A
37	実施例	20	5	1	96	A	A	A
38	実施例	20	5	1	96	A	A	A
39	実施例	20	5	1	96	A	A	A
40	実施例	20	5	1	96	A	A	A
41	実施例	20	5	1	96	A	A	A
42	実施例	20	5	1	96	A	A	A
43	実施例	20	5	1	96	A	A	A
44	実施例	20	5	1	96	A	A	A
45	実施例	20	5	5	97	A	A	A
46	実施例	20	5	4	97	A	A	A
47	実施例	20	5	1	96	A	A	A
48	実施例	20	5	1	96	A	A	A
49	実施例	20	5	1	96	A	A	A
50	実施例	20	5	1	96	A	A	A
51	実施例	20	0.8	1	97	A	A	A
52	実施例	20	4	1	97	A	A	A
53	実施例	20	4	1	97	A	A	A
54	実施例	20	2	1	97	A	A	A
55	実施例	20	1.5	1	97	A	A	A
56	実施例	20	6	1	97	A	A	A
57	実施例	20	6	1	97	A	A	A
58	実施例	20	2	1	97	A	A	A
59	実施例	50	5	1	97	A	A	A
60	実施例	10	5	1	97	A	A	A
61	実施例	30	5	1	97	A	A	A
62	実施例	10	5	1	97	A	A	A
63	実施例	20	5	1	97	A	A	A
64	実施例	20	5	1	97	A	A	A

[0095]

[表2-1]

表2-1

No	区分	素地鋼板	めっき冷却			スキンパス圧延	
			1段階目平均冷却速度	2段階目平均冷却速度	3段階目平均冷却速度	ロール表面粗さ Ra	圧下力
		—	(℃/s)	(℃/s)	(℃/s)	(μm)	(ton)
65	比較例	—	9	2	15	3	300
66	比較例	—	9	2	15	3	300
67	比較例	—	9	2	15	3	300
68	比較例	—	9	2	15	3	300
69	比較例	—	9	2	15	3	300
70	比較例	—	9	2	15	3	300
71	比較例	—	9	2	15	3	300
72	比較例	—	9	2	15	3	300
73	比較例	—	9	2	15	3	300
74	比較例	—	9	2	15	3	300
75	比較例	—	9	2	15	3	300
76	比較例	—	9	2	15	3	300
77	比較例	—	9	2	15	3	300
78	比較例	—	9	2	15	3	300
79	比較例	—	9	2	15	3	300
80	比較例	—	9	2	15	3	300
81	比較例	—	9	2	15	3	300
82	比較例	—	9	2	15	3	300
83	比較例	—	9	2	15	3	300
84	比較例	—	9	2	15	3	300
85	比較例	—	9	2	15	3	300
86	比較例	—	9	2	15	3	300
87	比較例	—	9	2	15	3	300
88	比較例	—	9	2	15	3	300
89	比較例	—	9	2	15	3	300
90	比較例	—	9	2	15	3	300
91	比較例	—	9	2	15	3	300
92	比較例	—	9	2	15	3	300
93	比較例	—	9	2	15	3	300
94	比較例	—	9	2	15	3	300
95	比較例	—	9	2	15	3	300
96	比較例	—	9	2	15	3	300
97	比較例	—	9	2	15	3	300
98	比較例	—	9	2	15	3	300
99	比較例	—	18	2	15	3	300
100	比較例	—	9	8	15	3	300
101	比較例	—	9	2	28	3	300
102	比較例	—	9	2	15	8	300
103	比較例	—	9	2	15	0.8	300
104	比較例	—	9	2	15	3	80
105	比較例	—	9	2	15	3	700
106	比較例	-	9	2	7	3	300
107	比較例	-	9	2	15	3	300

[0096]

[表2-2]

表2-2

No.	区分	めっき層組成(mass%)																	
		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Zr	Mo	W	Ag	P
55	比較例	83.90	24.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	比較例	89.40	4.60	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	比較例	67.90	25.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
58	比較例	77.40	20.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
59	比較例	66.90	20.00	13.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70	比較例	70.40	20.00	6.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
71	比較例	66.82	20.00	6.00	0.08	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
72	比較例	71.82	20.00	6.00	0.08	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	比較例	70.32	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
74	比較例	73.22	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	比較例	73.22	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	比較例	73.22	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	比較例	71.12	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
78	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
79	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
81	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
82	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
83	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
84	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
85	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
86	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
87	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
88	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
89	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
91	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
92	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
93	比較例	73.52	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
94	比較例	66.92	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95	比較例	73.32	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96	比較例	73.32	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97	比較例	73.32	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	比較例	73.22	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
99	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
101	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
103	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
104	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
106	比較例	73.82	20.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
107	比較例	88.00	3.00	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

[0097]

[表2-3]

表2-3

No.	区分	めっき層組成(mass%)													
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Li	Na	K	Fe	Sr	Sb	Pb	B
65	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
66	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
67	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
68	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
69	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
70	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
71	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
72	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
73	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
74	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
75	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
76	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
77	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
78	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
79	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
80	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
81	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
82	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
83	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
84	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
85	比較例	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
86	比較例	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
87	比較例	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
88	比較例	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
89	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
90	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
91	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
92	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
93	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
94	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00
96	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
97	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00
98	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.80
99	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
100	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
101	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
102	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
103	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
104	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
105	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
106	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
107	比較例	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

[0098]

[表2-4]

表2-4

No.	区分	めっき層厚さ	Mg濃化層厚さ	Al-Fe合金層の厚さ	特定組織面積率	耐食性	加工性	耐変色性
		(μm)	(μm)	(μm)	(%)			
65	比較例	20	5	1	92	NG	A	A
66	比較例	20	5	1	60	NG	NG	A
67	比較例	20	5	1	97	NG	A	A
68	比較例	20	0	1	91	NG	A	A
69	比較例	20	5	1	96	A	NG	A
70	比較例	20	5	1	89	NG	A	NG
71	比較例	20	5	1	88	NG	A	A
72	比較例	20	5	1	92	NG	A	A
73	比較例	20	5	1	89	NG	NG	A
74	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
75	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
76	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
77	比較例	20	5	1	87	NG	NG	A
78	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
79	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
80	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
81	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
82	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
83	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
84	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
85	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
86	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
87	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
88	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
89	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
90	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
91	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
92	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
93	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
94	比較例	20	5	8	94	NG	NG	A
95	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
96	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
97	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
98	比較例	20	5	1	94	NG	A	A
99	比較例	20	0	1	97	NG	A	A
100	比較例	20	0.5	1	97	NG	A	A
101	比較例	20	0	1	97	NG	A	A
102	比較例	20	11	1	97	A	A	NG
103	比較例	-	-	-	97	NG	A	NG
104	比較例	20	0.3	1	97	NG	A	A
105	比較例	20	0.6	1	97	NG	A	A
106	比較例	20	0.6	1	97	NG	A	A
107	比較例	20	0.8	1	55	NG	A	A

[0099] 上記結果から、本開示のめっき鋼材に該当する実施例は、比較例に比べ、飛来塩分が多く厳しい腐食環境である海岸地域でも、耐食性に優れることが

わかる。また、加工性および耐変色性にも優れることもわかる。

[0100] なお、試験Ｎｏ．１０３では均一な圧延ができず外観のばらつきが大きかったため、各種めっき層厚さを測定しなかった。

[0101] 以上、添付図面を参照しながら本開示の好適な実施形態及び実施例について詳細に説明したが、本開示はかかる例に限定されない。本開示の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0102] なお、日本国特許出願第２０２２－１３８７３２号の開示はその全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1] 素地鋼材と、前記素地鋼材の表面に配されたＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層及び前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の表面に配されたＭｇ濃化層を含むめっき層と、を有するめっき鋼材であって、

前記めっき層が、質量％で、

Ｚｎ：６５．００％超、

Ａｌ：５．００％超～２５．００％未満、

Ｍｇ：３．００％超～１２．５０％未満、

Ｓｎ：０％～３．００％、

Ｂｉ：０％～５．００％未満、

Ｉｎ：０％～２．００％未満、

Ｃａ：０％～３．００％、

Ｙ　：０％～０．５０％、

Ｌａ：０％～０．５０％未満、

Ｃｅ：０％～０．５０％未満、

Ｓｉ：０％～２．５％未満、

Ｃｒ：０％～０．２５％未満、

Ｔｉ：０％～０．２５％未満、

Ｚｒ：０％～０．２５％未満、

Ｍｏ：０％～０．２５％未満、

Ｗ　：０％～０．２５％未満、

Ａｇ：０％～０．２５％未満、

Ｐ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｉ：０％～０．２５％未満、

Ｃｏ：０％～０．２５％未満、

Ｖ　：０％～０．２５％未満、

Ｎｂ：０％～０．２５％未満、

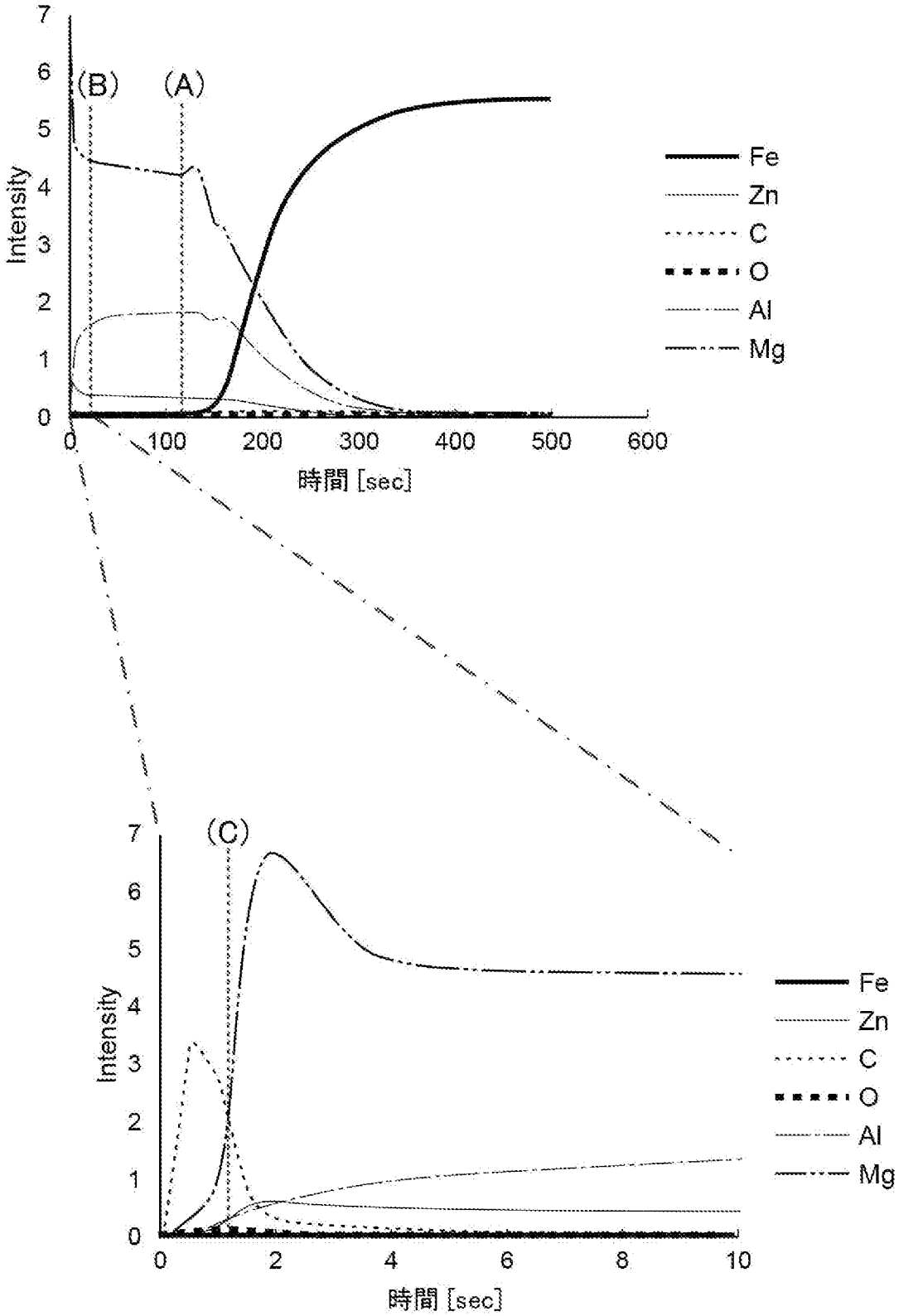
Ｃｕ：０％～０．２５％未満、

Ｍｎ：０％～０．２５％未満、
Ｌｉ：０％～０．２５％未満、
Ｎａ：０％～０．２５％未満、
Ｋ　：０％～０．２５％未満、
Ｆｅ：０％～５．００％、
Ｓｒ：０％～０．５０％未満、
Ｓｂ：０％～０．５０％未満、
Ｐｂ：０％～０．５０％未満、
Ｂ　：０％～０．５０％未満、及び
不純物からなる化学組成を有し、
前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層における、Ａｌ晶、$MgZn_2$晶、Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の合計の面積率が９０％以上であり、
前記Ｍｇ濃化層の厚さが、０．８μｍ以上（めっき層の厚さ×１／２）以下である、めっき鋼材。

[請求項2] 前記めっき層が、前記素地鋼材と前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間に、Ａｌ－Ｆｅ合金層を含む請求項１に記載のめっき鋼材。

[請求項3] 素地鋼材を、めっき浴に浸漬して、前記めっき浴から引き上げた後、
４５０～３９５℃の温度域を平均冷却速度１５℃／ｓ以下で冷却し、
３９５～３４０℃の温度域を平均冷却速度３℃／ｓ以下で冷却し、
３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度１０～２０℃／ｓ以上で冷却し、
冷却後、スキンパスロールの表面粗さＲａが１～５μｍ、及びスキンパス圧下力が１００～５００ｔｏｎの条件で、スキンパス圧延する、請求項１又は請求項２に記載のめっき鋼材の製造方法。

[図1]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/046531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C 2/06(2006.01)i; ***C22C 18/00***(2006.01)i; ***C22C 18/04***(2006.01)i; ***C23C 2/26***(2006.01)i
FI: C23C2/06; C22C18/04; C22C18/00; C23C2/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23C2/06; C22C18/00; C22C18/04; C23C2/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-501296 A (POSCO) 17 January 2019 (2019-01-17) paragraphs [0006], [0016], [0025], [0030]-[0060], fig. 1	1-2
A		3
Y	WO 2022/085386 A1 (NIPPON STEEL CORP) 28 April 2022 (2022-04-28) paragraphs [0025], [0035], [0047]-[0053], tables 1-1, 1-4	1-2
A		3
A	WO 2018/131171 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 19 July 2018 (2018-07-19) table 1	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 February 2023	**07 March 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/046531

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-501296 A	17 January 2019	EP 3396004 A1 paragraphs [0006], [0017], [0027], [0033]-[0063], fig. 1A US 2019/0010595 A1 WO 2017/111400 A1 KR 10-2017-0076924 A CN 108474093 A ES 2893003 T	
WO 2022/085386 A1	28 April 2022	TW 202223117 A	
WO 2018/131171 A1	19 July 2018	US 2019/0368007 A1 table 1 JP 6176424 B1 EP 3569729 A1 AU 2017392662 A CN 110191973 A SG 11201906466X A KR 10-2019-0102239 A MX 2019008300 A BR 112019014494 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/046531

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C23C 2/06(2006.01)i; C22C 18/00(2006.01)i; C22C 18/04(2006.01)i; C23C 2/26(2006.01)i
FI: C23C2/06; C22C18/04; C22C18/00; C23C2/26

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

C23C2/06; C22C18/00; C22C18/04; C23C2/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2019-501296 A (ポスコ) 17.01.2019 (2019-01-17) [0006]、[0016]、[0025]、[0030]－[0060]、[図1]	1-2
A		3
Y	WO 2022/085386 A1 (日本製鉄株式会社) 28.04.2022 (2022-04-28) [0025]、[0035]、[0047]－[0053]、[表1-1]－[表1-4]	1-2
A		3
A	WO 2018/131171 A1 (新日鐵住金株式会社) 19.07.2018 (2018-07-19) [表1]	1-3

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
17.02.2023	07.03.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
池田　安希子 4E 4175
電話番号 03-3581-1101 内線 3425

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2022/046531

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-501296 A	17.01.2019	EP 3396004 A1 [0006]、[0017]、[0027]、[0033]－[0063]、[FIG.1A] US 2019/0010595 A1 WO 2017/111400 A1 KR 10-2017-0076924 A CN 108474093 A ES 2893003 T	
WO 2022/085386 A1	28.04.2022	TW 202223117 A	
WO 2018/131171 A1	19.07.2018	US 2019/0368007 A1 TABLE 1 JP 6176424 B1 EP 3569729 A1 AU 2017392662 A CN 110191973 A SG 11201906466X A KR 10-2019-0102239 A MX 2019008300 A BR 112019014494 A	