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、ＡＩを添加し、耐食性を向上した、Ｚｎ－５％ＡＩめっき鋼材（ガルファンめっき鋼材）である。めっき層にＡＩ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％ＡＩ添加でめっき層（具体的にはＺｎ相）中にＡＩ晶が形成し耐食性が向上する。Ｚｎ－５５％ＡＩ－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]　一般的にはＡＩ濃度が低く、Ｚｎ濃度が高い方が、この作用が発現しやすく好ましい。従って、ＡＩ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、ＡＩ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ＡＩ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号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかし、めっき層中のＭｇ濃度が高いめっき鋼材では、めっき鋼材を加工すると、めっき層が剥離し、加工性が劣位となる。また、例えば、めっき鋼板を地面に対して平行な向きに設置して使用するなど、水が溜まりやすい環境では、耐食性が劣位となる。

[0010] そこで、本開示の課題は、加工性に優れると共に、水が溜まりやすい環境で使用しても耐食性に優れ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％～２．５０％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％～０．５％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、

前記めっき層の表面を層厚の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、前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が存在し、前記Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周
囲長さの平均値が１００～３００ｍｍ／ｍｍ^{2}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＞

前記素地鋼材と前記めっき層との界面粗さＲａが０．３～２．０μｍである＜１＞又は＜２＞に記載のめっき鋼材

＜４＞

被めっき処理面の表面粗さＲａが０．３～２．０μｍの素地鋼材を、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５～２０℃／ｓ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で冷却する、

＜１＞～＜３＞のいずれか１項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、加工性に優れると共に、水が溜まりやすい環境で使用しても耐食性に優れ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1A]図１（Ａ）は、本開示のＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ系めっき鋼材における、めっき層の表面を層厚の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である。

[図1B]、図１（Ｂ）は、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像を２値化した像である。

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、前記素地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。

そして、本開示のめっき鋼材は、めっき層が所定の化学組成を有し、めっき層の表面を層厚の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、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が存在し、前記Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が１００～３００ｍｍ／ｍｍ^{2}である。

[0016] 本開示のめっき鋼材は、上記構成により、加工性に優れると共に、水が溜まりやすい環境で使用しても耐食性に優れるめっき鋼材となる。そして、本開示のめっき鋼材は、次の知見により見出された。

[0017] めっき層中のＭｇ濃度が高いめっき鋼材では、めっき層中に硬い金属間化合物相が形成する。そのため、めっき鋼材を加工すると、金属間化合物相が割れて、めっき層が剥離し易くなる。

また、また、水が溜まりやすい環境での使用では、めっき層中のＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$

三元共晶が局所的に腐食し、腐食が早期に地鉄まで至る。

[0018] そこで、めっき層中における、局所的な腐食の原因となるＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶を均一に分散させる。つまり、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値を所定範囲内とする。

それにより、Ｚｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の局所腐食を低減できる。加えて、柔らかいＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が加工時に緩衝材として機能するため、周囲の金属間化合物相の割れを低減できる。

[0019] 以上の知見から、本開示のめっき鋼材は、上記構成により、加工性に優れると共に、水が溜まりやすい環境で使用しても耐食性に優れるめっき鋼材となることが見出された。

[0020] 以下、本開示のめっき鋼材の詳細について説明する。

[0021] （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。

[0022] 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、ＡＩ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。

[0023] 素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａは、０．３～２．０μｍが好ましい。

素地鋼材の表面粗さＲａを０．３μｍ以上とすることで、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇZn_2三元共晶の累計周囲長さの平均値を上記範囲に制御できる。

素地鋼材の表面粗さＲａを２．０μｍ以下とすることで、不めっきが抑制される。

なお、素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａの測定方法は、後述する通りである。

[0024] 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。

[0025] （めっき層）

めっき層は、Ｚｎ－ＡＩ－Ｍｇ合金層を含む。めっき層は、Ｚｎ－ＡＩ－Ｍｇ合金層に加え、ＡＩ－Ｆｅ合金層を含んでもよい。ＡＩ－Ｆｅ合金層は

、素地鋼材とＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層との間に配される。

[0026] つまり、めっき層は、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Ａｌ－Ｆｅ合金層とを含む積層構造であってもよい。積層構造の場合、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層は、めっき層の表面を構成する層とすることがよい。

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。

[0027] 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。

[0028] 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％～２．５０％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。

[0029] 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。

[0030] ここで、このめっき層の化学組成は、めっき層全体の平均化学組成（めっき層がＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の単層構造の場合、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の平均化学組成、めっき層がＡｌ－Ｆｅ合金層及びＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層

の積層構造の場合、Ａｌ－Ｆｅ合金層及びＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の合計の平均化学組成）である。

[0031] 以下、めっき層の各元素について説明する。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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、３．０％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。

[0035] 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。

[0036] 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。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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、０．００％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、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。

[0043] 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。

[0044] 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、０．００％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、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。

[0045] 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。

[0046] 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（めっき層がＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の単層構造の場合、Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の化学組成、めっき層がＡｌ－Ｆｅ合金層及びＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の積層構造の場合、Ａｌ－Ｆｅ合金層及びＺｎ－

Ａｌ－Ｍｇ合金層の合計の化学組成）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。

[0047] 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。

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、検量線を作製する。

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。得られためっき層１／２位置でのＮｉ濃度を、めっき層のＮｉ濃度と定義する。

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Ｎｌ濃度）

[0048] 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

[0049] 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。

[0050] Al_5Fe相、Al_3Fe相、ＡｌＦｅ相、およびAl_5Fe_2相の耐食性は、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。

[0051] 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、厚さは小さいため、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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 耐食性の観点からは、Ａｌ－Ｆｅ合金層は厚いほど好ましい。よって、Ａｌ－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Ａｌ－Ｆｅ合金層は著しく加工性を劣化させる原因となるから、Ａｌ－Ｆｅ合金層の厚さは７μｍ以下が好ましい。Ａｌ－Ｆｅ合金層の厚さが７μｍ以下であると、Ａｌ－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。Ａｌ－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。

[0059] Ａｌ－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（めっき層の厚さ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、Ａｌ－Ｆｅ合金層が視認される視野とする。）において、同定されたＡｌ－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Ａｌ－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。

[0060] （めっき鋼材の特性）

－Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値－

めっき層の表面を層厚の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、前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が存在し、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が１００～３００ｍｍ／ｍｍ^{2}である。

[0061] Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が１００ｍｍ／ｍｍ^{2}未満であると、局所的な腐食の原因となるＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が粗大化し、耐食性が劣化する。特に、水が溜まりやすい環境で使用すると、めっき層中のＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が局所的に腐食し、腐食が早期に地鉄まで至る。加えて、めっき鋼材を加工したとき、Ｚｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が緩衝材として機能せず、金属間化合物相が割れて、めっき層が剥離し易くなり、加工性が劣位となる。

[0062] Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が３００ｍｍ／ｍｍ^{2}を超えると、Ｚｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が微細化し過ぎるため、めっき鋼材を加工したとき、Ｚｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が緩衝材として機能せず、金属間化合物相が割れて、めっき層が剥離し易くなり、加工性が劣位となる。

[0063] よって、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値は、１００～３００ｍｍ／ｍｍ^{2}とする。Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値は、１０５～２９０ｍｍ／ｍｍ^{2}が好ましく、１１０～２８０ｍｍ／ｍｍ^{2}がより好ましい。

[0064] Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三

元共晶の面積分率は特に限定されないが、加工性及び耐食性の観点から、１０～５０％が好ましく、１３～４５％がより好ましい。

[0065] Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶以外の残部組織としては、Ａｌ晶、ＭｇＺｎ$_2$相などが挙げられる。

[0066] ここで、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値、およびＺｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の面積分率の測定方法について説明する。

[0067] Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値、およびＺｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の面積分率は、めっき層の表面を層厚の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を利用して測定される。具体的には、次の通りである。

[0068] 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。

[0069] 次に、試料のめっき層（実質的にはＺｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層）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。

[0070] 次に、研磨面を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）により倍率１００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：１０００μｍ×８００μｍとする。

[0071] 三谷商事製ＷｉｎＲＯＯＦ２０１５（画像解析ソフト）の２つのしきい値による２値処理機能を用いて、ＳＥＭの反射電子像（８ｂｉｔで保存されたグレースケール画像、２５６色表示）において、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶を識別する。なお、８ｂｉｔで保存されたグレースケール画像では、光度が０のときは黒、最大値２５５のときは白を表す。通常、原子番号が小さいＡｌ量、Ｍｇ量の含有量が多い相ほど黒色を呈し、Ｚｎ量が多い相ほど白色を呈する傾向がある。そして、めっき層の組織の内、もっとも白く呈する組織がＺｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶である（図１（Ａ）参照））。

ＳＥＭの反射電子像の場合、光度のしきい値として１６０と２１５とを設定すると、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が精度よく識別されることが、ＦＥ－ＳＥＭ又はＴＥＭによる同定結果から判明している。そこで、これらの光度１６０～２１５の範囲が色変わりするよう画像を処理し、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶を識別する（図１（Ｂ）参照）。

[0072] 次に、三谷商事製ＷｉｎＲＯＯＦ２０１５（画像解析ソフト）の自動形状特徴測定機能を用いて、上記画像処理により識別されたＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の周囲長さを累計し、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さを求める。そして、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さを視野の面積で除して、単位面積（ｍｍ^2）当たりのＺｎ/Ａｌ/ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さを算出する。

この操作を３視野で実施し、単位面積（ｍｍ^2）当たりのＺｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長の算術平均を「Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値」とする。

[0073] また、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の面積分率についても、三谷商事製ＷｉｎＲＯＯＦ２０１５（画像解析ソフト）の自動形状特徴測定機能を用い

て求めることができる。具体的には、上記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、２値化して識別されたＺｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の面積分率（視野面積に対する面積分率）を、本機能を用いて算出する。そして、この操作を３視野で実施し、その算術平均を「Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶」の面積分率とする。

[0074] （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。

[0075] 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。

[0076] 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。

例えば、被めっき処理面の表面粗さＲａが０．３～２．０μｍの素地鋼材を、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５～２０℃／ｓ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。

[0077] 素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａを０．３μｍ以上とすることで、めっき層の組織の凝固核が形成され易くなるため、Ａｌ初晶等が密に晶出する。それにより、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が微細分散し、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値を上記範囲に制御できる。

ただし、素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａが２．０μｍを超えると、めっきの濡れ性が悪く、不めっきになりやすい。

素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａは、ＪＩＳ　Ｂ　０６３３：２００１に準拠して次の通り測定される。めっき前の素地鋼材の被めっき処理

面に対して、接触式表面粗度計で、任意の９０°を成す２方向についてそれぞれ１０ｍｍ長さでの平均表面粗さを３回ずつ測定する。得られた平均表面粗さの測定値（２方向×３回の計６測定値）の算術平均値を算出する。この算術平均値を素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａとする。

[0078] 素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａを測定する場合、まず、めっき鋼材からめっき層を、インヒビターを添加した塩酸で溶解することにより除去する。その後、めっき層が除去された側の素地鋼材の表面を、上記と同様な方法で測定および平均値算出する。これを素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａとする。

本開示では、めっき鋼材における（すなわち、めっき後の）素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａと、めっき前の素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａとは、おおむね一致する。すなわち、被めっき処理面の表面粗さＲａが０．３～２．０μｍの素地鋼材を用いることで、得られるめっき鋼材における素地鋼材とめっき層との界面粗さＲａは０．３～２．０μｍとすることができる。

[0079] ここで、めっき層は、ＡＩ初晶、ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$相、ＡＩ初晶の周囲に晶出するＭｇＺｎ$_2$包晶、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の順に凝固する。

[0080] そのため、４５０～３９５℃の温度域を平均冷却速度５℃／ｓ以上で冷却することで、ＡＩ初晶、及びＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$相を微細に分散させる。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、ＡＩ初晶の周囲にＭｇＺｎ$_2$包晶を確実に晶出させる。それにより、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶を微細化することができる。

ただし、４５０～３９５℃の温度域での平均冷却速度が２０℃／ｓを超えると、ＡＩ初晶、及びＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$相が微細晶出しすぎて、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶も過度に微細化する。そうすると、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が上記範囲を上回ってしまう。

[0081] 次に、３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度１０～２０℃／ｓで冷却することで、Ｚｎ／ＡＩ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が微細化される。それにより、

Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が上記範囲に制御される。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] さらに、めっき層直上の皮膜の上に、有機樹脂皮膜を１層もしくは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。

[0089] 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。

[0090] （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、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％未満）を使用し、ブラシ研磨し、めっき工程直前に、脱脂、酸洗を実施した。素地鋼材の被めっき処理面の表面粗さＲａ（表中「表面粗さＲａ」と表記）は、表１～表２に示す通りであった、

また、いくつかの例では、素地鋼材として、さらにプレ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、めっき鋼板作成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。

[0091] いずれのサンプル作製においても、素地鋼材について、めっき浴浸漬前に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、めっき浴温は５００℃を基本とし、一部の水準でさらに温度を上げためっき浴温度とした。めっき浴への浸漬時間は表中の時間（２秒）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）となるように調整した。

[0092] 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℃の温度域を平均冷却速度

・２段目平均冷却速度：３９５～３４０℃の温度域を平均冷却速度

・３段目平均冷却速度：３４０～２８０℃の温度域を平均冷却速度

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。

[0093] －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。

・Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値（表中「三元共晶の周囲長」と表記）

・Ｚｎ／Ａｌ／$MgZn_2$三元共晶の面積分率（表中「三元共晶の面積分率」と表記）

・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。）

[0094] －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。

[0095] －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、試料を平置きにして、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３５ｇ／ｍ^{2}以下の場合を「Ａ」と評価し、３５ｇ／ｍ^{2}超を「ＮＧ」と評価した。

[0096] 実施例について表１～表２に一覧にして示す。

[0097]

[表1-1]

No.	区分	素地鋼板	表面粗さ Ra	めっき浴温	浸漬時間	めっき冷却		
						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
		—	μm	(℃)	(秒)	(℃/s)	(℃/s)	(℃/s)
1	実施例	—	1.9	500	2	10	2	15
2	実施例	—	1.4	500	2	10	2	15
3	実施例	—	0.8	500	2	10	2	15
4	実施例	—	0.5	500	2	10	2	15
5	実施例	—	1.1	500	2	10	2	15
6	実施例	—	1.8	500	2	10	2	15
7	実施例	—	1.7	500	2	10	2	15
8	実施例	—	1.2	500	2	10	2	15
9	実施例	—	1	500	2	10	2	15
10	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
11	実施例	—	1.3	500	2	10	2	15
12	実施例	—	0.9	500	2	10	2	15
13	実施例	—	0.9	500	2	10	2	15
14	実施例	—	1.4	500	2	10	2	15
15	実施例	—	1.7	500	2	10	2	15
16	実施例	—	1.2	500	2	10	2	15
17	実施例	—	1.8	500	2	10	2	15
18	実施例	—	0.6	500	2	10	2	15
19	実施例	—	1.4	500	2	10	2	15
20	実施例	—	1.5	500	2	10	2	15
21	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
22	実施例	—	1.4	500	2	10	2	15
23	実施例	—	0.9	500	2	10	2	15
24	実施例	—	0.5	500	2	10	2	15
25	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
26	実施例	—	1.5	500	2	10	2	15
27	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
28	実施例	—	1.3	500	2	10	2	15
29	実施例	—	0.7	500	2	10	2	15
30	実施例	—	0.9	500	2	10	2	15
31	実施例	—	0.6	500	2	10	2	15
32	実施例	—	1.4	500	2	10	2	15
33	実施例	—	1.3	500	2	10	2	15
34	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
35	実施例	—	1.2	500	2	10	2	15
36	実施例	—	1	500	2	10	2	15
37	実施例	—	1.8	500	2	10	2	15
38	実施例	—	1.7	500	2	10	2	15
39	実施例	—	1.3	500	2	10	2	15
40	実施例	—	1.8	500	2	10	2	15
41	実施例	—	1.7	500	2	10	2	15
42	実施例	—	1.5	500	2	10	2	15
43	実施例	—	0.8	500	2	10	2	15
44	実施例	—	1.6	500	2	10	2	15
45	実施例	—	1.4	550	2	10	2	15
46	実施例	—	1.7	550	2	10	2	15
47	実施例	—	1.2	500	2	10	2	15
48	実施例	—	1.7	500	2	10	2	15
49	実施例	—	1.5	500	2	10	2	15
50	実施例	—	1.9	500	2	10	2	15
51	実施例	—	0.7	500	2	5	2	15
52	実施例	—	0.6	500	2	20	2	15
53	実施例	—	1.5	500	2	10	3	15
54	実施例	—	1.7	500	2	10	2	10
55	実施例	—	0.4	500	2	10	2	20
56	実施例	プレNi	0.5	500	2	10	2	15
57	実施例	プレNi	1.9	500	2	10	2	15
58	実施例	プレNi	1.5	500	2	10	2	15
59	実施例	プレNi	1.2	500	2	10	2	15

[0098]

[表1-2]

No.	区分	めっき層組成(質量%)																	
		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Zr	Mo	W	Ag	P
1	実施例	90.40	5.50	4.00	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	89.32	5.50	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	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	78.32	18.00	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	69.82	18.00	12.00	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
6	実施例	75.80	18.00	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	75.50	18.00	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	75.30	18.00	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	75.50	18.00	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	75.50	18.00	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	75.40	18.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	実施例	74.87	18.00	6.00	0.03	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	74.04	18.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	実施例	75.81	18.00	6.00	0.09	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	75.79	18.00	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
16	実施例	75.75	18.00	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
17	実施例	74.90	18.00	6.00	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	0.00	0.00
18	実施例	83.93	10.00	4.00	2.30	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
19	実施例	71.32	18.00	6.00	0.08	4.30	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
20	実施例	74.32	18.00	6.00	0.08	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	75.72	18.00	6.00	0.08	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	75.32	18.00	6.00	0.08	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	74.82	18.00	6.00	0.08	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	72.82	18.00	6.00	0.08	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	75.32	18.00	6.00	0.08	0.00	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
26	実施例	75.42	18.00	6.00	0.08	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	75.42	18.00	6.00	0.08	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	73.52	18.00	6.00	0.08	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	75.82	18.00	6.00	0.08	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	75.82	18.00	6.00	0.08	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	75.82	18.00	6.00	0.08	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	75.62	18.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
33	実施例	75.62	18.00	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	0.20	0.00	0.00
34	実施例	75.62	18.00	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	0.20	0.00
35	実施例	75.62	18.00	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	0.20
36	実施例	75.82	18.00	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
37	実施例	75.82	18.00	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
38	実施例	75.82	18.00	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
39	実施例	75.82	18.00	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
40	実施例	75.82	18.00	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
41	実施例	75.82	18.00	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
42	実施例	75.62	18.00	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
43	実施例	75.62	18.00	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
44	実施例	75.52	18.00	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
45	実施例	70.92	18.00	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
46	実施例	70.92	18.00	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
47	実施例	75.32	18.00	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
48	実施例	75.42	18.00	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
49	実施例	75.42	18.00	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
50	実施例	75.32	18.00	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
51	実施例	75.82	18.00	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
52	実施例	75.82	18.00	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
53	実施例	75.82	18.00	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
54	実施例	75.82	18.00	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
55	実施例	75.82	18.00	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
56	実施例	75.78	18.00	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
57	実施例	75.78	18.00	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
58	実施例	75.78	18.00	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
59	実施例	75.78	18.00	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

[0099]

[表1-3]

No.	区分	めっき層組成(質量%)													
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mo	Li	Na	K	Fe	Sr	Sb	Pb	B
1	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
2	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
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	0.08	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	0.07	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	5.00	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	5.00	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	0.40	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	0.40	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	0.40	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	0.40
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	0.04	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	0.03	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	0.04	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	0.03	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

[0100]

[表1-4]

No.	区分	三元共晶の周囲長	三元共晶の面積分率	Al-Fe合金層の厚さ	加工性	耐食性
		(mm/mm2)	(%)	(μm)		
1	実施例	115	48	1	A	A
2	実施例	121	46	1	A	A
3	実施例	105	11	1	A	A
4	実施例	140	35	1	A	A
5	実施例	177	16	1	A	A
6	実施例	172	23	1	A	A
7	実施例	169	15	1	A	A
8	実施例	179	22	1	A	A
9	実施例	169	20	1	A	A
10	実施例	176	20	1	A	A
11	実施例	174	18	1	A	A
12	実施例	183	16	1	A	A
13	実施例	168	21	1	A	A
14	実施例	185	25	1	A	A
15	実施例	180	23	1	A	A
16	実施例	175	25	1	A	A
17	実施例	175	24	1	A	A
18	実施例	125	42	1	A	A
19	実施例	170	20	1	A	A
20	実施例	180	19	1	A	A
21	実施例	183	22	1	A	A
22	実施例	176	25	1	A	A
23	実施例	172	24	1	A	A
24	実施例	181	25	1	A	A
25	実施例	172	23	1	A	A
26	実施例	178	25	1	A	A
27	実施例	180	16	1	A	A
28	実施例	178	17	1	A	A
29	実施例	174	17	1	A	A
30	実施例	178	15	1	A	A
31	実施例	179	18	1	A	A
32	実施例	167	18	1	A	A
33	実施例	175	25	1	A	A
34	実施例	176	25	1	A	A
35	実施例	169	18	1	A	A
36	実施例	176	16	1	A	A
37	実施例	171	20	1	A	A
38	実施例	180	21	1	A	A
39	実施例	171	22	1	A	A
40	実施例	166	23	1	A	A
41	実施例	175	22	1	A	A
42	実施例	184	19	1	A	A
43	実施例	173	23	1	A	A
44	実施例	181	23	1	A	A
45	実施例	181	15	7	A	A
46	実施例	173	20	4	A	A
47	実施例	178	23	1	A	A
48	実施例	168	24	1	A	A
49	実施例	166	22	1	A	A
50	実施例	174	24	1	A	A
51	実施例	105	20	1	A	A
52	実施例	295	18	1	A	A
53	実施例	154	23	1	A	A
54	実施例	156	24	1	A	A
55	実施例	223	21	1	A	A
56	実施例	179	22	1	A	A
57	実施例	165	25	1	A	A
58	実施例	174	18	1	A	A
59	実施例	178	19	1	A	A

[0101]

[表2-1]

No.	区分	素地鋼板	表面粗さ Ra	めっき浴温	浸漬時間	めっき冷却		
						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
		—	μm	(℃)	(秒)	(℃/s)	(℃/s)	(℃/s)
60	比較例	—	1.3	500	2	10	2	15
61	比較例	—	1.7	500	2	10	2	15
62	比較例	—	1.1	500	2	10	2	15
63	比較例	—	1	500	2	10	2	15
64	比較例	—	0.7	500	2	10	2	15
65	比較例	—	1.8	500	2	10	2	15
66	比較例	—	1.3	500	2	10	2	15
67	比較例	—	0.5	500	2	10	2	15
68	比較例	—	0.8	500	2	10	2	15
69	比較例	—	1.4	500	2	10	2	15
70	比較例	—	1.6	500	2	10	2	15
71	比較例	—	0.9	500	2	10	2	15
72	比較例	—	1.6	500	2	10	2	15
73	比較例	—	1.8	500	2	10	2	15
74	比較例	—	1	500	2	10	2	15
75	比較例	—	0.7	500	2	10	2	15
76	比較例	—	1.5	500	2	10	2	15
77	比較例	—	1.6	500	2	10	2	15
78	比較例	—	1.3	500	2	10	2	15
79	比較例	—	1.1	500	2	10	2	15
80	比較例	—	0.4	500	2	10	2	15
81	比較例	—	1.6	500	2	10	2	15
82	比較例	—	1.8	500	2	10	2	15
83	比較例	—	1.2	500	2	10	2	15
84	比較例	—	1	500	2	10	2	15
85	比較例	—	0.7	500	2	10	2	15
86	比較例	—	0.9	500	2	10	2	15
87	比較例	—	1.3	500	2	10	2	15
88	比較例	—	1.6	500	2	10	2	15
89	比較例	—	0.8	570	2	10	2	15
90	比較例	—	1.4	500	2	10	2	15
91	比較例	—	0.7	500	2	10	2	15
92	比較例	—	0.6	500	2	10	2	15
93	比較例	—	1.1	500	2	10	2	15
94	比較例	—	0.1	500	2	10	2	15
95	比較例	—	2.5	500	2	10	2	15
96	比較例	—	0.9	500	2	3	2	15
97	比較例	—	1.5	500	2	25	2	15
98	比較例	—	1.9	550	2	10	4	15
99	比較例	—	1.5	500	2	10	2	35

[0102]

[表2-2]

No.	区分	めっき層組成(質量%)																	
		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Zr	Mo	W	Ag	P
60	比較例	63.90	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
61	比較例	90.40	0.50	3.00	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
62	比較例	67.90	26.00	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
63	比較例	81.40	18.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
64	比較例	68.90	18.00	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
65	比較例	70.40	18.00	6.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
66	比較例	70.82	18.00	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
67	比較例	73.82	18.00	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
68	比較例	72.32	18.00	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
69	比較例	75.22	18.00	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
70	比較例	75.22	18.00	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
71	比較例	75.22	18.00	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
72	比較例	73.12	18.00	6.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
73	比較例	75.52	18.00	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
74	比較例	75.52	18.00	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
75	比較例	75.52	18.00	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
76	比較例	75.52	18.00	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
77	比較例	75.52	18.00	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
78	比較例	75.52	18.00	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
79	比較例	75.52	18.00	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
80	比較例	75.52	18.00	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
81	比較例	75.52	18.00	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
82	比較例	75.52	18.00	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
83	比較例	75.52	18.00	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
84	比較例	75.52	18.00	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
85	比較例	75.52	18.00	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	75.52	18.00	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	75.52	18.00	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	75.52	18.00	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	68.92	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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	75.32	18.00	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

[0103]

[表2-3]

No.	区分	めっき層組成(質量%)													
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Li	Na	K	Fe	Sr	Sb	Pb	B
60	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
61	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
62	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
63	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
64	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
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	0.30	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
81	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
82	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
83	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
84	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
85	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
86	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
87	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
88	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
89	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
90	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
91	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
92	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
93	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
94	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
95	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
96	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
97	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
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	0.00
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

[0104]

[表2-4]

No.	区分	三元共晶の周囲長	三元共晶の面積分率	Al-Fe合金層の厚さ	加工性	耐食性
		(mm/mm2)	(%)	(μm)		
60	比較例	95	8	1	NG	NG
61	比較例	65	75	1	NG	NG
62	比較例	90	9	1	NG	NG
63	比較例	178	20	1	A	NG
64	比較例	110	9	1	NG	A
65	比較例	176	15	1	A	NG
66	比較例	165	21	1	A	NG
67	比較例	174	23	1	A	NG
68	比較例	185	23	1	NG	NG
69	比較例	173	16	1	A	NG
70	比較例	171	23	1	A	NG
71	比較例	168	23	1	A	NG
72	比較例	168	16	1	NG	NG
73	比較例	184	21	1	A	NG
74	比較例	176	18	1	A	NG
75	比較例	168	24	1	A	NG
76	比較例	177	21	1	A	NG
77	比較例	171	23	1	A	NG
78	比較例	172	19	1	A	NG
79	比較例	169	15	1	A	NG
80	比較例	179	22	1	A	NG
81	比較例	177	18	1	A	NG
82	比較例	170	21	1	A	NG
83	比較例	165	15	1	A	NG
84	比較例	168	15	1	A	NG
85	比較例	183	18	1	A	NG
86	比較例	174	19	1	A	NG
87	比較例	183	19	1	A	NG
88	比較例	185	18	1	A	NG
89	比較例	174	17	8	NG	A
90	比較例	165	18	1	A	NG
91	比較例	180	21	1	A	NG
92	比較例	173	24	1	A	NG
93	比較例	174	21	1	A	NG
94	比較例	94	23	1	NG	NG
95	比較例	–	–	–	A	NG
96	比較例	90	24	1	NG	NG
97	比較例	325	18	1	NG	A
98	比較例	305	16	2.5	NG	A
99	比較例	314	24	1	NG	A

[0105] 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、加工性と共に、水が溜まりやすい環境で使用しても耐食性に優れることがわ

かる。

[0106] 試験Ｎｏ．９５では不めっきが多発して外観のばらつきが大きかったため、三元共晶の
周囲長及び面積分率を測定しなかった。

[0107] 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。

[0108] なお、日本国特許出願第２０２２－０４４２９５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％～２．５０％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、

前記めっき層の表面を層厚の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、前記Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金層の反射電子像において、Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶が存在し、前記Ｚｎ／Ａｌ／ＭｇＺｎ$_2$三元共晶の累計周囲長さの平均値が１００～３００ｍｍ／ｍｍ^{2}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] 前記素地鋼材と前記めっき層との界面粗さＲａが０．３～２．０μｍである請求項１又は請求項２に記載のめっき鋼材。

[請求項4] 被めっき処理面の表面粗さＲａが０．３～２．０μｍの素地鋼材を、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５～２０℃／ｓ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で冷却する、

請求項１又は請求項２に記載のめっき鋼材の製造方法。