

明 細 書

発明の名称：Zn-Al-Mg系めっき縞鋼板

技術分野

[0001] 本開示は、Zn-Al-Mg系めっき縞鋼板に関する。

背景技術

[0002] 縞鋼板は、圧延によって表面に連続した滑り止め用の凸部（つまり突起部）を付けた鋼板である。一般的には、一定の幅、一定の長さ、一定の高さの凸部が、圧延方向に対して、一定の角度および一定のピッチで設けられている。通常、縞鋼板は、熱間圧延により製造される。そして、縞鋼板は、大型車（バス、トラック等）の床板又はステップ、立体駐車場の敷板、工場の敷板、船舶の甲板、建設現場の仮設足場又は階段等に使用されている。

[0003] 例えば、特許文献1には、「母材鋼板と、前記母材鋼板の表面に配されたNiめっき層と、前記Niめっき層の表面に配された溶融めっき層とを有し、板面に凸部と平面部とを有する溶融めっき縞鋼板であって、前記凸部の前記Niめっき層の膜厚が片面当たり0.07～0.4 μ mであり、前記平面部の前記Niめっき層の膜厚が片面当たり0.05～0.35 μ mであり、前記凸部の前記Niめっき層の前記膜厚が、前記平面部の前記Niめっき層の前記膜厚に対して、100%超400%以下であり、前記溶融めっき層の付着量が片面当たり60～400g/m²であり、前記溶融めっき層が、化学組成として、質量%で、Al：1.0%超26%以下、Mg：0.05～1.0%、Si：0～1.0%、Sn：0～3.0%、Ca：0～1.0%を含み、残部がZnおよび不純物よりなる溶融めっき縞鋼板。」が開示されている。

[0004] また、特許文献2には、「帯状縞鋼板を酸洗処理した後、焼鈍温度：450～850℃、焼鈍炉内の鋼帯張力：0.3～2.0kg/mm²、めっきライン内の鋼帯張力：0.3～3.0kg/mm²、溶融金属ワイピング用ガス圧：0.02～1.5kg/cm²の要件を満たす条件で連続的に溶融金属め

つきを行なう帯状縞鋼板の連続溶融金属めっき方法。」が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公報第2019/054483号

特許文献2：特許第2743774号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 縞鋼板は、屋外で利用されることが多いため、耐食性が求められる。そのため、特許文献1～2で開示されているように、耐食性を向上させるために、縞鋼板に溶融めっきを施す。

[0007] 一方で、縞鋼板は、足場、滑り止め等に利用されるため、平坦度も求められる。

しかし、縞鋼板は、凸部及び平坦部による局所的な板厚の違いを有する鋼板である。そのため、耐食性を向上させるために、縞鋼板に溶融めっきすると、縞鋼板の凸部及び平坦部とで温度変化による膨張量及び収縮量に違いが生じ、縞鋼板は変形する。変形しためっき縞鋼板を製品にすると平坦度が悪くなる。また、平坦度が悪くなると、めっき層の層厚のバラツキが生じ、耐食性及び加工性が低下する。

特に、Zn-Al-Mg合金系めっき浴は、Zn系めっき浴に比べ、粘度が低いため、縞鋼板の平坦度が悪くなると、めっき層の層厚にバラツキが生じ易く、耐食性及び加工性が低下する。そのため、Zn-Al-Mg系めっき縞鋼板には、更なる平坦度の向上が求められる。

[0008] そこで、本開示の課題は、平坦度、耐食性及び加工性に優れたZn-Al-Mg系めっき縞鋼板を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題は、以下の手段により解決される。

<1>

一方の板面に凸部及び平坦部が設けられた素地縞鋼板と、前記素地縞鋼板の凸部及び平坦部が設けられた板面に配されたZn-Al-Mg合金層を含むめっき層と、を有するZn-Al-Mg系めっき縞鋼板であって、

前記めっき層が、質量%で、

Zn : 65.0%超、

Al : 1.0%超～25.0%未満、

Mg : 1.0%超～12.5%未満、

Sn : 0%～5.0%、

Bi : 0%～5.0%未満、

In : 0%～2.0%未満、

Ca : 0%～3.00%、

Y : 0%～0.5%、

La : 0%～0.5%未満、

Ce : 0%～0.5%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、

$L i$: 0%~0.25%未満、
 $N a$: 0%~0.25%未満、
 K : 0%~0.25%未満、
 $F e$: 0%~5.0%、
 $S r$: 0%~0.5%未満、
 $S b$: 0%~0.5%未満、
 $P b$: 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、

前記凸部の長手方向中央部で、前記凸部の長手方向と直交し、かつ板厚方向に沿って切断した切断面を観察したとき、前記凸部の左右における、前記平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）が0.2以上5.0以下であり、

前記凸部での前記素地縞鋼板の板厚を T 、前記平坦部での前記素地縞鋼板の板厚を t としたときの縞高さ $T-t$ と、めっき縞鋼板を静置したとき、静置面と前記静置面に対向するめっき縞鋼板の板面との隙間高さ x と、が下記式1及び式2を満たす $Z n-A l-M g$ 系めっき縞鋼板。

$$\text{式1: } x / (T - t) \leq 1.5$$

$$\text{式2: } 0.5 < T - t \leq t$$

式1及び式2中の、素地縞鋼板の板厚 T 、 t 、隙間高さ x の単位は、「mm」である。

<2>

前記 $A l$ の濃度が5.0%超~25.0%未満であり、 $M g$ の濃度が3.0%超~12.5%未満である<1>に記載の $Z n-A l-M g$ 系めっき縞鋼板。

<3>

前記めっき層が、前記素地縞鋼板と前記 $Z n-A l-M g$ 合金層との間に、 $A l-F e$ 合金層を含む<1>又は<2>に記載の $Z n-A l-M g$ 系め

つき縞鋼板。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、平坦度、耐食性及び加工性に優れた $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板を提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1A]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板の断面の一例を示すSEM写真（500倍）である。

[図1B]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板の断面の一例を示すSEM写真（2000倍）である。

[図2]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板における隙間高さ x の測定方法を説明するための模式図である。

[図3A]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板の素地縞鋼板の一例を示す平面模式図である。

[図3B]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板の素地縞鋼板の一例を示す断面模式図であって、図3AのG-G断面模式図である。

[図3C]本開示の $Zn-AI-Mg$ 系めっき縞鋼板の素地縞鋼板の一例を示す断面模式図であって、図3AのF-F断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 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。

[0013] 本開示のZn-Al-Mg系めっき縞鋼板（以下、単に「めっき縞鋼板」とも称する）は、一方の板面に凸部及び平坦部が設けられた素地縞鋼板と、前記素地縞鋼板の凸部及び平坦部が設けられた板面に配されたZn-Al-Mg合金層を含むめっき層と、を有するめっき縞鋼板である。

そして、本開示のめっき縞鋼板は、めっき層が所定の化学組成を有し、前記凸部の長手方向中央部で、凸部の長手方向と直交し、かつ板厚方向に沿って切断した切断面を観察したとき前記凸部の左右における、平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）が0.2以上5.0以下であり、凸部での素地縞鋼板の板厚をT、平坦部での素地縞鋼板の板厚をtとしたときの縞高さ $T - t$ と、めっき縞鋼板を静置したとき、静置面と前記静置面に対向するめっき縞鋼板の板面との隙間高さxと、が下記式1及び式2を満たす。

$$\text{式1} : x / (T - t) \leq 1.5$$

$$\text{式2} : 0.5 < T - t \leq t$$

式1及び式2中の、素地縞鋼板の板厚T、t、隙間高さxの単位は、「mm」である。

[0014] 本開示のめっき縞鋼板は、上記構成により、平坦度、耐食性及び加工性に優れたZn-Al-Mg系めっき縞鋼板となる。そして、本開示のめっき縞鋼板は、次の知見により見出された。

[0015] 発明者らは、平坦度を更に高め、Zn系めっき浴に比べ粘度が低いZn-Al-Mg系めっきでも、めっき層の層厚にバラツキを抑制することを検討した。その結果、次の知見を得た。

[0016] めっき縞鋼板の平坦度の悪化は、めっき浴浸漬前の、素地縞鋼板の加熱温度だけではなく、加熱速度及び冷却速度にも影響する。具体的には、素地縞鋼板は、溶融めっきすると、めっき浴の浸漬前の急激な加熱及び冷却によっても、板厚が異なる凸部及び平坦部とで、急激な温度変化による膨張量及び収縮量に違いが生じ、変形する。加熱及び冷却するとき、通常の平坦な鋼板とは異なり、素地縞鋼板の凸部及び平坦部とで、加熱速度及び冷却速度に違

いが生じるためである。

[0017] そのため、素地縞鋼板に対して、めっき浴浸漬前の加熱及び冷却を緩やかな加熱速度及び冷却速度で実施すると、板厚が異なる凸部及び平坦部とで加熱速度及び冷却速度の違いが生じ難くなる。それにより、凸部及び平坦部が極力均一に加熱及び冷却されて、変形が抑制される。その結果、素地縞鋼板の平坦度が更に向上し、Zn-Al-Mg系めっきでも、めっき層の層厚にバラツキが低減され、耐食性及び加工性が向上する。

[0018] すなわち、発明者らは、上記平坦部のめっき層の層厚比、上記式1及び上記式2を満たすZn-Al-Mg系めっき縞鋼板が得られることを知見した。

[0019] 以上の知見から、本開示のめっき縞鋼板は、平坦度、耐食性及び加工性に優れたZn-Al-Mg系めっき縞鋼板となることが見出された。

[0020] 以下、本開示のめっき縞鋼板の詳細について説明する。

[0021] (素地縞鋼板)

素地縞鋼板は、めっきされる対象の鋼板である。素地縞鋼板は、一方の板面に凸部及び平坦部が設けられている。

素地縞鋼板は、通常、熱間圧延によって凸部の形状が付与される。素地縞鋼板の鋼種は特に限定されるものではない。素地縞鋼板は、例えば、JIS G3101:2015に規定される一般構造用圧延鋼材に相当する鋼種が挙げられる。

素地縞鋼板の凸形状は、例えば、熱間圧延の仕上げ段階で、作動ロールに形成された凹形状を鋼板面に転写することで付与される。

なお、凸部及び平坦部が設けられている板面と板厚方向に対向する対側の板面は、通常の鋼板の表面性状を有する面である。具体的には、凸部及び平坦部が設けられている板面と板厚方向に対向する対側の板面は、例えば、仕上熱間圧延の段階で、凸部及び平坦部が設けられる作動ロールに対向する通常の圧延用ロール（つまり通常の粗度を有するロール）によって付与される板面である。

[0022] 素地縞鋼板は、プレめっきされたプレめっき縞鋼板でもよい。プレめっき縞鋼板は、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、素地縞鋼板を浸漬して電解処理することにより、プレめっき縞鋼板が得られる。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、素地縞鋼板を浸漬して、金属を置換析出させて、プレめっき縞鋼板が得られる。

プレめっき縞鋼板としては、プレNiめっき縞鋼板が代表例として挙げられる。

[0023] (めっき層)

めっき層は、Zn-Al-Mg合金層を含む。めっき層は、Zn-Al-Mg合金層に加え、Al-Fe合金層を含んでもよい。Al-Fe合金層は、素地縞鋼板とZn-Al-Mg合金層との間に配される。

[0024] 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が、めっき層全体の厚さに対して厚さが薄くめっき層の主体を構成していないと見なす。

[0025] めっき層の付着量は、片面あたり60～500g/m²が好ましい。

めっき層の付着量を60g/m²以上にすると、より確実に耐食性が確保できる。一方、めっき層の付着量を500g/m²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。

[0026] 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：65.0%超、
Al：1.0%超～25.0%未満、

Mg : 1.0 %超～12.5 %未満、
Sn : 0 %～5.0 %、
Bi : 0 %～5.0 %未満、
In : 0 %～2.0 %未満、
Ca : 0 %～3.00 %、
Y : 0 %～0.5 %、
La : 0 %～0.5 %未満、
Ce : 0 %～0.5 %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とする。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 通常、溶融めっき法において、Zn-Al-Mg合金層の化学組成は、めっき層の形成反応がめっき浴内で完了することがほとんどであるため、ほぼめっき浴の化学組成と同等になる。また、溶融めっき法において、Al-Fe合金層は、めっき浴浸漬直後、瞬時に形成し成長する。そして、Al-Fe合金層は、めっき浴内で形成反応が完了しており、その厚さも、Zn-Al-Mg合金層に対して十分に小さいことが多い。

したがって、めっき後、加熱合金化処理等、特別な熱処理をしない限りは、めっき層全体の平均化学組成は、Zn-Al-Mg合金層の化学組成と実質的に等しく、Al-Fe合金層の成分を無視することができる。

[0030] 以下、めっき層の各元素について説明する。

[0031] Zn : 65.0%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ことから、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、65.0%超とする。Zn濃度は、70%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。

[0032] Al : 1.0%超～25.0%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、1.0%超え（好ましくは5.0%超え、より好ましくは10.0%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、25.0%未満（好ましくは23.0%以下）とする。

[0033] Mg : 1.0%超～12.5%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、1.0%超え（好ましくは3.0%超え、より好ましくは5.0%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、12.5%未満（好ましくは10.0%以下）とする。

[0034] Sn : 0～5.0%

Snは、耐食性に寄与する元素である。よって、Sn濃度の下限値は、0%超え（好ましくは0.1%以上、より好ましくは0.5%以上）が好ましい。

一方、Sn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、Sn濃度の上限値は5.0%以下（好ましくは3.0%以下）とする。

[0035] Bi : 0%～5.0%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%超え（好ましくは0.1%以上、より好ましくは3.0%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

、B i 濃度の上限値は5.0%未満（好ましくは4.8%以下）とする。

[0036] I n : 0%～2.0%未満

I n は、耐食性に寄与する元素である。よって、I n 濃度の下限値は、0%超え（好ましくは0.1%以上、より好ましくは1.0%以上）が好ましい。

一方、I n 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、I n 濃度の上限値は2.0%未満（好ましくは1.8%以下）とする。

[0037] C a : 0%～3.0%

C a は、耐食性を付与するのに最適なM g 溶出量を調整することができる元素である。よって、C a 濃度の下限値は、0%超え（好ましくは0.05%以上）が好ましい。

一方、C a 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、C a 濃度の上限値は3.0%以下（好ましくは1.0%以下）とする。

[0038] Y : 0%～0.5%

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%超え（好ましくは0.1%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0.5%以下（好ましくは0.3%以下）とする。

[0039] L a およびC e : 0%～0.5%未満

L a およびC e は、耐食性に寄与する元素である。よって、L a 濃度およびC e 濃度の下限値は、各々、0%超え（好ましくは0.1%以上）が好ましい。

一方、L a 濃度およびC e 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、L a 濃度およびC e 濃度の上限値は、各々、0.5%未満（好ましくは0.4%以下）とする。

[0040] S i : 0%～2.5%未満

S i は、A l -F e 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、S i 濃度は0%超え（好ましくは0.05%以上、より好ましくは0.1%以上）が好ましい。特に、S n を含まない場合（つまり、S n 濃度が0%である場合）、耐食性の確保の観点から、S i 濃度は0.1%以上（好ましくは0.2%以上）が好ましい。

一方、S i 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、S i 濃度の上限値は、2.5%未満とする。特に、耐食性の観点からは、S i 濃度は、好ましくは2.4%以下、より好ましくは1.8%以下、さらに好ましくは1.2%以下である。

[0041] 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0.1%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。

[0042] Fe：0%～5.0%

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5.0%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。

[0043] Sr、Sb、PbおよびB：0%～0.5%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0.1%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、0.5%未満とする。

[0044] 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、素地縞鋼板とめっき浴との相互の原子拡散によって、不純物として、Fe以外の成分も微量混入することがある。

[0045] めっき層の化学成分は、次の方法により測定する。

まず、素地縞鋼板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(a)：Zn濃度＝100%－他の元素濃度(%)」で求める。

[0046] ここで、素地縞鋼板として、プレめっき縞鋼板を用いた場合、そのプレめっきの成分も検出される。

例えば、プレNiめっき縞鋼板を用いた場合、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 $1\text{ g/m}^2 \sim 3\text{ g/m}^2$ （厚さ $0.1 \sim 0.3\text{ }\mu\text{m}$ 程度

）のプレめっき縞鋼板を素地縞鋼板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、Ni濃度が0.1～15%として検出される。従って、ICP分析の結果ではめっき層中のNi濃度が不明となる場合がある。そこで、プレNiめっき縞鋼板を素地鋼板として用いた場合のめっき層中のNi濃度は、グロー放電発光分析法（定量GDS）で測定する。具体的には、高周波グロー放電発光表面部分分析装置（堀場製作所製、型番：GD-Profiler 2）でNi濃度が異なる3種類以上の標準試料を使用して、Ni濃度とNiの発光強度との関係について検量線を作成する。標準試料は、BAS製Zn合金標準試料 IMN ZH1、ZH2、ZH4を用いる。GDSの測定条件は次のとおりとする。

H. V. : Feが785 V、Niが630 V、Coが720 V

アノード径：φ4 mm

ガス：Ar

ガス圧力：600 Pa

出力：35 W

次に、上記条件でGDSを用いて、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の発光強度を求める。得られたNiの発光強度と作成した検量線とから、めっき層1/2位置でのNi濃度を求める。めっき層1/2位置とは、上記条件でのGDS分析において、Feの強度が飽和した時間、すなわち、地鉄に到達した時間の1/2の時間での位置である。求めためっき層1/2位置でのNi濃度を、めっき層中のNi濃度とする。このとき、上述したZn濃度を求める式（1）における「他の元素濃度（%）」とは、ICP分析でのNi以外の元素の濃度（%）とGDS分析でのNi濃度（%）との合計となる。すなわち、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、「式（a'）：Zn濃度＝100－（ICP分析でのNi以外の元素の濃度（%）＋GDS分析でのNi濃度（%）」で求める。なお、プレNiめっき縞鋼板を素地縞鋼板として用いた場合、素地縞鋼板をめっき浴に浸漬した際に、プレNiめっき層中のNiが

めっき浴中に微量に溶解する。そのため、めっき浴中のNi濃度が、建浴しためっき浴中のNi濃度と比べて0.02~0.03%高くなる。したがって、プレNiめっき縞鋼板を用いた場合には、めっき層中のNi濃度は最大で0.03%高くなる。

ここで、素地縞鋼板がプレめっき縞鋼板か否かを判別する方法は、次の通りである。

対象となる縞鋼板から、縞鋼板の板厚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、縞鋼板におけるめっき層と素地縞鋼板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、縞鋼板におけるめっき層と素地縞鋼板との界面で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、縞鋼板におけるめっき層と素地縞鋼板との界面で、Ni濃度が濃化していれば、素地縞鋼板がプレめっき縞鋼板と判別する。

[0047] 次にAl-Fe合金層について説明する。

Al-Fe合金層は、素地縞鋼板表面（具体的には、素地縞鋼板と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Al₅Fe相が主相の層である。Al-Fe合金層は、素地縞鋼板およびめっき浴の相互の原子拡散によって形成する。本開示の縞鋼板は、熔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が含有されることから、Al₅Fe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、素地縞鋼板に近い部分では、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、Al₃Fe相、Al₅Fe₂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

ることから、Al-Fe合金層には、Znも少量含有される。

[0048] Al₅Fe相、Al₃Fe相、AlFe相、およびAl₅Fe₂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。

[0049] 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 、 q_1 、 q_2 -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。

[0050] また、素地縞鋼板に各種プレめっき縞鋼板を使用した場合、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、Al₃Ni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合金層が形成する場合、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。

[0051] つまり、Al-Fe合金層とは、Al₅Fe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。

[0052] なお、各種プレめっき縞鋼板のうち、プレNiめっき縞鋼板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。

[0053] Al-Fe合金層の厚さは、例えば、0 μ m以上7 μ m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、 $0.05\mu\text{m}$ 以上 $5\mu\text{m}$ 以下が好ましい。

[0054] 通常、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層よりも $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 合金層の厚さの方が厚いため、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層のめっき縞鋼板としての耐食性への寄与は、 $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 合金層と比較すると小さい。しかし、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 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、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層は、素地縞鋼板に対してある程度の耐食性を有している。

[0055] 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、素地縞鋼板と $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 合金層との間に、 100nm 以上の $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層が形成されることが多い。

[0056] 耐食性の観点からは、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層は厚いほど好ましい。よって、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層の厚さは、好ましくは $0.05\mu\text{m}$ 以上である。しかしながら、厚い $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層は著しくめっき加工性を劣化させる原因となるから、一定厚さ以下が好ましい。加工性の観点から、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層の厚さは $7\mu\text{m}$ 以下が好ましい。 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層の厚さが $7\mu\text{m}$ 以下であると、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 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。 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層の厚さは、さらに好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下であり、さらに好ましくは $2\mu\text{m}$ 以下である。

[0057] $\text{Al}-\text{Fe}$ 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 $50\mu\text{m}$ ×横 $200\mu\text{m}$ で、 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層が視認される視野とする。)において、同定された $\text{Al}-\text{Fe}$ 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 $\text{Al}-\text{Fe}$ 合金層の厚さとする。

[0058] (めっき縞鋼板の特性)

—平坦部のめっき層の層厚比—

本開示のめっき縞鋼板において、平坦部で局所的にめっき層が薄い個所、厚い個所が生じている場合、耐食性が劣化する。加えて、加工性も劣化する。

そのため、凸部の左右における、平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）は、0.2以上5.0以下とする。

平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）は、耐食性向上及び加工性向上の観点から、好ましくは0.25以上4.00以下であり、より好ましくは0.33以上3.00以下である。

[0059] ここで、耐食性及び加工性の観点から、平坦部のめっき層の層厚は、1.0～300.0 μm が好ましく、2.0～200.0 μm がより好ましい。

[0060] 平坦部のめっき層の層厚比は、次の通り測定される。

まず、測定対象のめっき縞鋼板の板面中央部から、凸部の長手方向中央部で、凸部の長手方向と直交し、かつ板厚方向に沿って切断した切断面（具体的には、図3A中、F-F断面に相当する切断面）が観察面となる試料を採取する。

次に、試料を樹脂埋め込みして、走査型電子顕微鏡（SEM）により倍率500倍又は2000倍で試料の観察面を観察する（図1A及び図1B参照）。

次に、左右の平坦部のめっき層の層厚を測定し、左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚の比を求める。

ここで、凸部と平坦部との境界（具体的には、板厚方向に対向する一対の板面が平行である平坦部の端（図1A中、EG参照））から、3mm離れた個所（図1中、FP参照）で、左右の平坦部のめっき層の層厚（図1B中、FT参照）を測定する。

なお、図1中、Bは素地縞鋼板、Cはめっき層、Qは凸部、Pは平坦部を示す。

[0061] そして、この操作を、互いに100mm以上離れた個所で採取した3つの試料に対して実施し、得られた「左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚

の比」の算出平均値を「平坦部のめっき層の層厚比」とする。

[0062] 一式1及び式2－

本開示のめっき縞鋼板において、凸部での素地縞鋼板の板厚 T と平坦部での素地縞鋼板の板厚 t との差で示される縞高さ $T - t$ が大きすぎると、凸部と平坦部の熱膨張量差が大きくなりすぎる。その結果、めっき浴浸漬前の加熱及び冷却により変形して、平坦度が悪化する。そのため、縞高さ $T - t$ は、平坦部での素地縞鋼板の板厚と同等以下とする。

一方、縞高さ $T - t$ の下限は、めっき縞鋼板の機能（例えば耐滑り性）を確保するために、 0.5 mm 超とする。

[0063] 本開示のめっき縞鋼板において、めっき縞鋼板を静置したときの静置面との隙間高さ x が大きすぎると、平坦度が悪化する。よって、隙間高さ x は、縞高さ $T - t \times 1.5$ 以下とする。

[0064] そして、本開示のめっき縞鋼板の平坦度が悪化すると、凸部の左右における、平坦部のめっき層の層厚比が大きくなり、耐食性及び加工性も劣化する。

[0065] よって、凸部での素地縞鋼板の板厚を T 、平坦部での前記素地縞鋼板の板厚を t としたときの縞高さ $T - t$ と、めっき縞鋼板を静置したとき、静置面と前記静置面に対向するめっき縞鋼板の板面との隙間高さ x とは、下記式1及び式2を満たすようにする。

$$\text{式1} : x / (T - t) \leq 1.5$$

$$\text{式2} : 0.5 < T - t \leq t$$

式1及び式2中の、素地縞鋼板の板厚 T 、 t 、隙間高さ x の単位は、「 mm 」である。

[0066] 式1中、平坦度向上、耐食性向上、加工性向上の観点から、「 $x / (T - t)$ 」値は、 1.2 以下が好ましく、 1.0 以下がより好ましい。なお、同観点から、「 $x / (T - t)$ 」値は 0 に近いことが好ましい。

式2中、平坦度向上、耐食性向上、加工性向上の観点から、「 $T - t$ 」値は $0.8t$ 以下が好ましく、 $0.7t$ 以下がより好ましい。なお、縞高さ T

— t の下限は、めっき縞鋼板の機能（例えば耐滑り性）向上を考慮して設定される。

[0067] ここで、平坦部での素地縞鋼板の板厚 t は、 $1.6 \sim 6.0 \text{ mm}$ が好ましい。

隙間高さ x は、平坦度、耐食性及び加工性の観点から、 3.0 mm 以下が好ましく、 2.0 mm 以下がより好ましい。

なお、めっき縞鋼板の機能（例えば耐滑り性）を考慮すると、凸部（つまり縞部）の面積占有率は $15 \sim 60\%$ が好ましい。

[0068] 凸部での素地縞鋼板の板厚 T 、平坦部での素地縞鋼板の板厚 t 、縞高さ $T - t$ 、及び隙間高さ x は、次の通り測定される。

[0069] まず、測定対象のめっき縞鋼板の板面中央部から、 300 mm 角の試料を採取する。

次に、採取した試料を、水平な面（静置面）に静置する。ただし、静置面に対向する試料の板面は、めっき縞鋼板における、凸部及び平坦部が設けられていない板面に相当する面とする。

静置した試料を、静置面と水平方向から観察し、静置面と静置面に対向する試料の板面との隙間高さを測定する（図2参照）。

そして、この操作を、試料の4辺方向から実施し、隙間高さの最大値を隙間高さ x とする。

ここで、図2中、 CS はめっき縞鋼板の試料、 Su は静置面を示す。

[0070] 一方、 300 mm 角の試料から、凸部の長手方向中央部で、凸部の長手方向と直交し、かつ板厚方向に沿って切断した切断面（具体的には、図3A中、 $F-F$ 断面に相当する切断面）が観察面となる試料を採取する。

次に、試料を樹脂埋め込みして、光学顕微鏡により倍率 25 倍で試料の観察面を観察する（図1参照）。

次に、凸部の幅方向中央部での素地縞鋼板の板厚、平坦部の幅方向中央部での素地縞鋼板の板厚を各々測定する。

[0071] そして、この操作を、3つの試料に対して実施し、得られた「凸部の幅方

向中央部での素地縞鋼板の板厚」及び「平坦部の幅方向中央部での素地縞鋼板の板厚」の最大値を、各々、凸部での素地縞鋼板の板厚 T 、平坦部での素地縞鋼板の板厚 t とし、その差分を縞高さ $T - t$ とする。

[0072] (めっき縞鋼板の製造方法)

以下、本開示のめっき縞鋼板の製造方法の一例について説明する。

[0073] 本開示のめっき縞鋼板の製造方法は、例えば、素地縞鋼板を、めっき浴の温度 $+20^{\circ}\text{C}$ 以上 850°C 以下まで、加熱速度 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ で加熱して保持した後、めっき浴の温度以上めっき浴の温度 $+10^{\circ}\text{C}$ 以下の範囲まで冷却速度 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ で冷却し、冷却した前記素地縞鋼板を、めっき浴に浸漬して、めっき浴から引き上げた後、めっき浴の温度が 500°C 超の場合、 500°C まで冷却速度 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ で冷却して、めっき縞鋼板を製造する。

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。

[0074] 具体的な製造方法の一例は、次の通りである。

まず、縞高さ $T - t$ が式 1 を満たす素地縞鋼板を準備する。

次に、素地縞鋼板を酸洗した後、素地縞鋼板を加熱し、加熱到達温度で保持する。

ここで、酸洗後、加熱前に、素地縞鋼板に、プレめっき（例えば、プレ Ni めっき）を施してもよい。

[0075] 加熱到達温度は、めっき浴の温度 $+20^{\circ}\text{C}$ 以上 850°C 以下とする。加熱到達温度を 850°C 以下とすることで、素地縞鋼板の変形を抑制し、平坦度が向上する。

加熱速度は、 $5 \sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。加熱速度 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下で緩やかに加熱することで、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に昇温し、凸部と平坦部との熱膨張差による変形が抑制される。その結果、更なる平坦度の悪化が抑制される。

一方、過度に加熱速度を緩やかにすると、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に昇温し難く、凸部と平坦部との熱膨張差による変形が生じやすくなる

。よって、加熱速は $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。

プレめっきをしない場合、加熱保持時間は、 $10\sim120$ 秒とする。加熱保持時間を $10\sim120$ 秒とすることで、表面の酸化被膜を還元してめっき性を良好にすることができる。

[0076] 素地縞鋼板の加熱は、例えば、通電加熱、無酸化直火加熱、輻射加熱で実施する。

[0077] 次に、めっき浴の温度以上めっき浴の温度 $+10$ 以下の範囲まで、素地縞鋼板を冷却する。

冷却速度は、 $5\sim20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。冷却速度 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下で緩やかに冷却することで、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に冷却し、凸部と平坦部との熱収縮差による変形が抑制される。その結果、更なる平坦度の悪化が抑制される。

一方、過度に冷却速度を緩やかにすると、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に冷却し難く、凸部と平坦部との熱収縮差による変形が生じやすくなる。よって、冷却速度は $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。

[0078] 素地縞鋼板の冷却は、例えば、窒素ガス冷却で実施する。

[0079] 以上のように、めっき前の素地縞鋼板に対し、加熱及び冷却が実施されることで、平坦度の悪化が抑制されるため、隙間高さ x が式2を満たすめっき縞鋼板が得られる。

[0080] 次に、冷却した素地縞鋼板を、上記本開示のめっき縞鋼板におけるめっき層の化学組成と同等の化学組成を有するめっき浴に浸漬する。

[0081] 次に、素地縞鋼板を、めっき浴から引き上げた後、ワイピングによりめっき付着量を調整して、冷却する。

めっき浴の温度が 500°C 以下の場合、めっき後の冷却条件については特に制限はない。一方、めっき浴の温度が 500°C 超の場合、めっき後、 500°C までの冷却速度は、 $5\sim20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。冷却速度 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以下で緩やかに冷却することで、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に冷却し、凸部と平坦部との熱膨張差による変形が抑制される。その結果、更なる平坦度

の悪化が抑制される。

一方、過度に冷却速度を緩やかにすると、素地縞鋼板の凸部と平坦部とが均一に冷却し難く、凸部と平坦部との熱膨張差による変形が生じやすくなる。よって、冷却速度は $5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。

なお、 500°C 以下の冷却条件については、特に制限はない。

めっき後の冷却は、例えば、空冷、窒素ガス冷却で実施する。

[0082] ここで、素地縞鋼板の平坦度が悪いと、めっき後のワイピング時に、ワイピングノズルと素地縞鋼板との距離が場所により変化するため、めっき層が局所的に薄い個所及び厚い個所が生じ、平坦部間でめっき層の層厚にばらつきが生じる。

また、ガス冷却する場合も、冷却ノズルと素地縞鋼板との距離が場所により変化するため、めっき層が局所的に薄い個所及び厚い個所が生じ、平坦部間でめっき層の層厚にばらつきが生じる。

特に、 $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 系めっき浴は、 Zn 系めっき浴に比べ、粘度が低いため、めっき層の層厚にばらつきが生じ易い。

[0083] しかし、上述のように、めっき浴浸漬前の加熱及び冷却時に、素地縞鋼板が更なる平坦度の悪化が抑制されているため、 $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 系めっきしても、平坦部間でめっき層の層厚にばらつきが生じ難く、凸部の左右における、平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）が上記範囲を満たす $\text{Zn}-\text{Al}-\text{Mg}$ 系めっき縞鋼板が得られる。

[0084] 以下、本開示のめっき縞鋼板に適用できる後処理について説明する。

[0085] 本開示のめっき縞鋼板には、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。

[0086] 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。

[0087] 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、カルボキシシ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。

[0088] リン酸塩処理としては、例えば、リン酸亜鉛処理、リン酸亜鉛カルシウム処理、リン酸マンガン処理を例示することができる。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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

[0092] 本開示の実施例について説明するが、実施例での条件は、本開示の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本開示は、この一条件例に限定されるものではない。本開示は、本開示の要旨を逸脱せず、本開示の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

[0093] (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、インゴットを溶解した後、大気中でめっき浴を建浴した。めっき縞鋼板の作製には、バッチ式溶融めっき装置を使用した。

[0094] そして、表1～表2に示す条件で、めっき縞鋼板を作製した。具体的には、次の通りである。

素地縞鋼板を、 N_2-H_2 (5%) (露点 $-40^{\circ}C$ 以下、酸素濃度25ppm未満) 環境下、室温から通電加熱で昇温し、60秒保持した後、 N_2 ガス吹き付けにて、めっき浴温 $+10^{\circ}C$ まで冷却し、直ちにめっき浴に浸漬した。その後、めっき浴から素地縞鋼板を引き上げ、 N_2 ガスワイピング圧力を調整し、凸部及び平坦部が設けられた板面のめっき付着量が $250g/m^2$ 程度になるようにとなるようにして、めっき縞鋼板を作製した。

[0095] なお、素地縞鋼板として、凸部の板厚 T 、平坦部の板厚 t が異なる種々の熱延縞鋼板を使用した。

使用した素地縞鋼板の形状は、図3A～図3Cと同等であった。図中では、A、B、C、D、E、Hは、それぞれ、以下のとおりである。

A：圧延方向に対する凸部の配列角度。

B：凸部1つ分の長さ。

C：凸部1つ分の最大幅。

D：凸部1つ分の最小幅。

E：凸部の配列ピッチ。

H：凸部の高さ（つまり、縞高さ）。

この縞鋼板は、熱延 A I キルド鋼であり、角度 $A = 45^\circ$ 、長さ $B = 25.3 \text{ mm}$ 、最大幅 $C = 5.1 \text{ mm}$ 、最小幅 $D = 2.5 \text{ mm}$ 、ピッチ $E = 28.6 \text{ mm}$ であった。また、凸部の面積占有率は 40% であった。

ただし、凸部の高さ H（つまり、縞高さ $T - t$ ）は、表 1 に示す通りとした。

[0096] また、いくつかの例では、素地縞鋼板としては、上記熱延縞鋼板にプレ Ni めっきを施したプレ Ni めっき縞鋼板を使用した。Ni 付着量は $1 \text{ g/m}^2 \sim 3 \text{ g/m}^2$ とした。なお、素地縞鋼板として、プレ Ni めっき縞鋼板を使用した例は、表中の「素地縞鋼板」の欄に「プレ Ni」と表記した。

[0097] ー各種の測定ー

得られためっき縞鋼板について、既述の方法にしたがって、下記事項を測定した。

- ・凸部の左右における、平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）
- ・凸部での素地縞鋼板の板厚 T（表中、「凸部板厚 T」と表記）
- ・平坦部での素地縞鋼板の板厚 t（表中、「平坦部板厚 T」と表記）
- ・隙間高さ x

[0098] ー平坦度ー

平坦度を比較するために、平坦な台に試料を設置し、上から試料を押してがたつきの程度を評価した。がたつきがない場合を「A+」、若干がたつく場合を「A」、がたつきが大きい場合を「NG」評価とした。

[0099] ー耐食性ー

耐食性を比較するため、製造サンプルを腐食促進試験（JASO M609-91）に 30 サイクル供して、赤錆発生面積率の平均値を評価した。赤錆発生面積率が 3.0% 以下を「A+」評価、 5.0% 以下を「A」評価、 7.0% 以下を「B」評価、 7.0% 超以上を「NG」評価とした。

[0100] ー加工性ー

めっき層の加工性を評価するために、めっき縞鋼板を、凸部及び平坦部が設けられた板面を山側にして90° V曲げし、V曲げ山部に幅24 mmのセロハンテープを押し当てて引き離した。押し当てたセロハンテープの面積に対する、めっき縞鋼板から引き離してセロハンテープに付着しためっき層の面積率が3.0%以下を「A+」評価、5.0%以下を「A」評価、10.0%以下を「B」評価、10.0%超以上を「NG」評価とした。

[0101] 実施例について表1～表2に一覧にして示す。

[0102]

[表1-1]

表1-1

No.	区分	薬地 細鋼板	めっき溶 融点	めっき 溶温	めっき前加熱及び冷却			浸漬 時間	めっき後冷却 500℃までの 冷却速度
					加熱到達 温度	加熱 速度	冷却 速度		
		—	(℃)	(℃)	(℃)	(℃/s)	(℃/s)	(秒)	(℃/s)
1	実施例	—	360	380	820	10	10	2	—
2	実施例	—	360	380	820	10	10	2	—
3	実施例	—	380	400	820	10	10	2	—
4	実施例	—	380	400	820	10	10	2	—
5	実施例	—	470	490	820	10	10	2	—
6	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
7	実施例	—	465	485	820	10	10	2	—
8	実施例	—	480	490	820	10	10	2	—
9	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
10	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
11	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
12	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
13	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
14	実施例	—	470	490	820	10	10	2	—
15	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
16	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
17	実施例	—	450	470	820	10	10	2	—
18	実施例	—	440	460	820	10	10	2	—
19	実施例	—	390	410	820	10	10	2	—
20	実施例	—	365	385	820	10	10	2	—
21	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
22	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
23	実施例	—	480	490	820	10	10	2	—
24	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
25	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
26	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
27	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
28	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
29	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
30	実施例	—	470	490	820	10	10	2	—
31	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
32	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
33	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
34	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
35	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
36	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
37	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
38	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
39	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
40	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
41	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
42	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
43	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
44	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
45	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
46	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
47	実施例	—	460	550	820	10	10	2	5
48	実施例	—	460	550	820	10	10	2	18
49	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
50	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
51	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
52	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
53	実施例	—	460	480	820	20	10	2	—
54	実施例	—	460	480	820	20	10	2	—
55	実施例	—	460	480	820	20	20	2	—
56	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
57	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
58	実施例	—	460	480	820	10	10	2	—
59	実施例	プレNi	460	480	500	15	5	2	—
60	実施例	プレNi	460	480	500	15	5	2	—
61	実施例	プレNi	460	480	500	15	5	2	—
62	実施例	プレNi	460	480	500	15	5	2	—

[0103] [表1-2]

表 3-2

[illegible]

[0104] [表1-3]

表1-3

めっき層組成(質量%)															
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Li	Na	K	Fe	Gr	Sb	Pb	B
1	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
2	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
3	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
4	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
5	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
6	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
7	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
8	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
9	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
10	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
11	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
12	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
13	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
14	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
15	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
16	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
17	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	0
18	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
19	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
20	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0
21	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
22	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
23	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
24	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
25	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
26	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
27	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
28	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
29	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
30	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
31	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
32	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
33	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
34	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
35	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
36	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
37	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
38	実施例	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
39	実施例	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
40	実施例	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
41	実施例	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
42	実施例	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
43	実施例	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.1	0	0	0	0
44	実施例	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.1	0	0	0	0
45	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0	0	0	0
46	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0	0	0
47	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0	0	0
50	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.4	0	0
51	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.4	0
52	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.4
53	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
54	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
55	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
56	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
57	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
58	実施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
59	実施例	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
60	実施例	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
61	実施例	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
62	実施例	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0

[0105] [表1-4]

表1-4

No.	区分	平組部 めっき層 層厚比	凸部板厚T	平組部板厚t	隙間高さx	$x/(T-t)$	T-t	Al-Fe 合金層 の厚さ	平組度	耐食性	加工性
			(mm)	(mm)	(mm)			(μm)			
1	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	B	A+
2	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	B	A+
3	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A	A
4	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A	A
5	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
6	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
7	実施例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	B
8	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
9	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
10	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
11	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
12	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
13	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
14	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
15	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
16	実施例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
17	実施例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
18	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
19	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
20	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
21	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
22	実施例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
23	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
24	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
25	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
26	実施例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
27	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
28	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
29	実施例	2.4	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
30	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
31	実施例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
32	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
33	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
34	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
35	実施例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
36	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
37	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
38	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
39	実施例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
40	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
41	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
42	実施例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
43	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
44	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
45	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
46	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
47	実施例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	5	A+	A	B
48	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	4	A+	A	B
49	実施例	2.4	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
50	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
51	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
52	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
53	実施例	0.25	3.6	2.3	1.4	1.06	1.3	1	A+	A	B
53	実施例	4	3.6	2.3	1.5	1.15	1.3	1	A+	A	B
54	実施例	4	3.6	2.3	1.5	1.15	1.3	1	A+	A	B
55	実施例	4.7	3.6	2.3	1.8	1.46	1.3	1	A	B	B
56	実施例	2	2.5	1.6	0.7	0.78	0.9	1	A+	A	A
57	実施例	3.5	6	4.5	1.9	1.27	1.5	1	A	A	A
58	実施例	4.2	7.7	6	2.1	1.24	1.7	1	A	B	B
59	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
60	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
61	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A
62	実施例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	A

[0106] [表2-1]

表2-1

No.	区分	素地 焼鋼板	めっき溶 融点	めっき 浴温	めっき前加熱及び冷却			浸漬 時間	めっき後冷却 500℃までの 冷却速度
					加熱到達 温度	加熱 速度	冷却 速度		
		—	(℃)	(℃)	(℃)	(℃/s)	(℃/s)	(秒)	(℃/s)
63	比較例	—	480	500	820	10	10	2	—
64	比較例	—	380	400	820	10	10	2	—
65	比較例	—	470	490	820	10	10	2	—
66	比較例	—	450	470	820	10	10	2	—
67	比較例	—	470	490	820	10	10	2	—
68	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
69	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
70	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
71	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
72	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
73	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
74	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
75	比較例	—	470	490	820	10	10	2	—
76	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
77	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
78	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
79	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
80	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
81	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
82	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
83	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
84	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
85	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
86	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
87	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
88	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
89	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
90	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
91	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
92	比較例	—	460	570	820	10	10	2	10
93	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
94	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
95	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
96	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
97	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
98	比較例	—	460	480	820	30	10	2	—
99	比較例	—	460	480	820	10	30	2	—
100	比較例	—	460	480	820	30	30	2	—
101	比較例	—	460	550	820	10	10	2	30
102	比較例	—	460	480	820	10	10	2	—
103	比較例	—	460	480	820	4.3	10	2	—
104	比較例	—	460	480	820	10	4.1	2	—
105	比較例	—	460	550	820	10	10	2	4

[0107]

[表2-2]

表2-2

No.	区分	めっき層組成(質量%)																	
		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Cu	Y	La	Ce	Eu	Cr	Ti	Zr	Mo	W	Ag	P
63	比較例	83.8	24	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	比較例	93.4	0.5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	比較例	87.9	28	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	比較例	81.4	18	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	比較例	88.9	18	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	比較例	70.4	18	5	5.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	比較例	70.82	18	5	0.08	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	比較例	73.82	18	5	0.08	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	比較例	72.32	18	5	0.08	0	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	比較例	75.22	18	5	0.08	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	比較例	75.22	18	5	0.08	0	0	0	0	5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	比較例	75.22	18	5	0.08	0	0	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0
75	比較例	73.12	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	2.1	0	0	0	0	0	0	0
76	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0
77	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0
78	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0
79	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0
80	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0
81	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0
82	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
83	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91	比較例	75.52	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	比較例	68.92	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	比較例	75.33	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	比較例	75.33	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	比較例	75.33	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	比較例	75.22	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	比較例	75.22	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	比較例	75.82	18	5	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[0108]

[表2-3]

表2-3

めっき層組成(mass%)															
		Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Li	Na	K	Fe	Sr	Sb	Pb	B
63	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
64	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
65	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
66	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
67	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
68	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
69	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
70	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
71	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
72	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
73	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
74	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
75	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
76	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
77	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
78	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
79	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
80	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
81	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
82	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
83	比較例	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
84	比較例	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
85	比較例	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
86	比較例	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
87	比較例	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
88	比較例	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.1	0	0	0	0
89	比較例	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0.1	0	0	0	0
90	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0.1	0	0	0	0
91	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0	0
92	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
93	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
94	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0
95	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0
96	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.5
97	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
98	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
99	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
100	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
101	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
102	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
103	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
104	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0
105	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0

[0109]

[表2-4]

表2-4

No.	区分	平均部めっき 層 厚率比	凸部板厚T	平坦部板厚t	應力高さx	$x/(T-t)$	T-t	Al-Fe 合金層 の厚さ	平坦度	耐食性	加工性
			(mm)	(mm)	(mm)			(μm)			
63	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	B
64	比較例	2.4	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
65	比較例	2	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
66	比較例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A+
67	比較例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	A+	NG
68	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
69	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
70	比較例	2.4	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
71	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
72	比較例	2.2	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
73	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
74	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
75	比較例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
76	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
77	比較例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
78	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
79	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
80	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
81	比較例	2.3	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
82	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
83	比較例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
84	比較例	2.4	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
85	比較例	2.1	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
86	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
87	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
88	比較例	2.8	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
89	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
90	比較例	2.5	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
91	比較例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
92	比較例	2.2	3.6	2.3	1	0.77	1.3	8	A+	NG	NG
93	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
94	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
95	比較例	2.7	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
96	比較例	2.6	3.6	2.3	1	0.77	1.3	1	A+	NG	A
97	比較例	5.5	3.6	2.3	3.2	2.46	1.3	1	NG	NG	NG
98	比較例	5.3	3.6	2.3	4.2	3.23	1.3	1	NG	NG	NG
99	比較例	5.4	3.6	2.3	3.9	3.08	1.3	1	NG	NG	NG
100	比較例	6	3.6	2.3	4.5	3.84	1.3	1	NG	NG	NG
101	比較例	5.2	3.6	2.3	2.3	1.77	1.3	2.5	NG	NG	NG
102	比較例	7.1	5.3	2.3	5.3	4.8	3	1	NG	NG	NG
103	比較例	5.5	3.6	2.3	3.5	2.7	1.3	1	NG	NG	NG
104	比較例	5.4	3.6	2.3	4.1	3.2	1.3	1	NG	NG	NG
105	比較例	5.4	3.6	2.3	3.7	2.8	1.3	2.5	NG	NG	NG

[0110] 上記結果から、本開示のめっき鋼板に該当する実施例は、比較例に比べ、平坦度、耐食性及び加工性に優れることがわかる。

[0111] また、試験No. 97（比較例）はめっき前の加熱到達温度が850℃以上と高い例である。

試験No. 98（比較例）は、めっき前の加熱速度が30℃/sと高い例である。

試験No. 99（比較例）は、めっき前の加熱後の冷却速度が30℃/sと高い例である。

試験No. 100（比較例）は、めっき前の加熱速度及びめっき前の加熱後の冷却速度が $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ と高い例である。

試験No. 101（比較例）は、めっき後の冷却速度が $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ と高い例である。

試験No. 102（比較例）は、 $T-t$ が板厚 t 以上と大きい例である。

試験例No. 103（比較例）～No. 105（比較例）は、めっき前の加熱速度、めっき前の加熱後の冷却速度、めっき後の冷却速度が遅い例である。

これら、試験No. 97～103は、いずれも、本開示のめっき層の組成を満たしているが、平坦部のめっき層の層厚比及び「 $x/(T-t)$ 」値が大きく、平坦度、耐食性、及び加工性が劣化した。

[0112] 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。

[0113] なお、日本国特許出願第2021-064721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] 一方の板面に凸部及び平坦部が設けられた素地縞鋼板と、前記素地縞鋼板の凸部及び平坦部が設けられた板面に配されたZn-Al-Mg合金層を含むめっき層と、を有するZn-Al-Mg系めっき縞鋼板であって、

前記めっき層が、質量%で、

Zn : 65.0%超、

Al : 1.0%超～25.0%未満、

Mg : 1.0%超～12.5%未満、

Sn : 0%～5.0%、

Bi : 0%～5.0%未満、

In : 0%～2.0%未満、

Ca : 0%～3.00%、

Y : 0%～0.5%、

La : 0%～0.5%未満、

Ce : 0%～0.5%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、

前記凸部の長手方向中央部で、前記凸部の長手方向と直交し、かつ板厚方向に沿って切断した切断面を観察したとき、前記凸部の左右における、前記平坦部のめっき層の層厚比（左側めっき層の層厚／右側めっき層の層厚）が0.2以上5.0以下であり、

前記凸部での前記素地縞鋼板の板厚をT、前記平坦部での前記素地縞鋼板の板厚をtとしたときの縞高さ $T-t$ と、めっき縞鋼板を静置したとき、静置面と前記静置面に対向するめっき縞鋼板の板面との隙間高さxと、が下記式1及び式2を満たすZn-AI-Mg系めっき縞鋼板。

$$\text{式1 : } x / (T - t) \leq 1.5$$

$$\text{式2 : } 0.5 < T - t \leq t$$

式1及び式2中の、素地縞鋼板の板厚T、t、隙間高さxの単位は、「mm」である。

[請求項2] 前記AIの濃度が5.0%超～25.0%未満であり、Mgの濃度が3.0%超～12.5%未満である請求項1に記載のZn-AI-Mg系めっき縞鋼板。

[請求項3] 前記めっき層が、前記素地縞鋼板と前記Zn-AI-Mg合金層と

の間に、A l - F e 合金層を含む請求項 1 又は請求項 2 に記載の Z n - A l - M g 系めっき縞鋼板。