



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I807512 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：110145087

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 12 月 02 日

(51)Int. Cl. : C22C18/04 (2006.01)

C23C2/06 (2006.01)

C23C2/26 (2006.01)

C23C2/40 (2006.01)

(30)優先權：2021/01/18 日本

2021-005575

(71)申請人：日商日本製鐵股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)  
日本(72)發明人：德田公平 TOKUDA, KOHEI (JP)；齊藤完 SAITO, MAMORU (JP)；光延卓哉  
MITSUNOBU, TAKUYA (JP)；鳥羽哲也 TOBA, TETSUYA (JP)；後藤靖人 GOTO,  
YASUTO (JP)；森下敦司 MORISHITA, ATSUSHI (JP)；河村保明 KAWAMURA,  
YASUAKI (JP)；中村文彰 NAKAMURA, FUMIAKI (JP)；川西孝二 KAWANISHI,  
KOJI (JP)

(74)代理人：劉法正；尹重君

(56)參考文獻：

TW 201831708A

JP 2021-4403A

WO 2008/111688A1

審查人員：黃怡菱

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：1 共 49 頁

(54)名稱

鍍敷鋼材

(57)摘要

本發明係採用一種鍍敷鋼材，該鍍敷鋼材之鍍敷層之平均化學組成以質量%計係由以下所構成：Zn：大於 50.00%、Al：大於 15.0%且小於 30.0%、Mg：大於 5.0%且小於 15.0%、Si：0.25%以上且小於 3.50%、及不純物，選自於由 Sn、Bi 及 In 所構成群組中之至少 1 種的合計量( $\Sigma A$ )小於 1.00%，選自於由 Ca、Y、La、Ce 及 Sr 所構成群組中之至少 1 種的合計量( $\Sigma B$ )為 0.02%以上且小於 0.60%，滿足  $2.0 \leq \text{Mg/Si} < 20.0$ (式 1)、 $3.0 \leq \text{Si}/\Sigma B < 24.0$ (式 2)、 $26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma B) \times (\text{Mg/Si}) < 375.0$ (式 3)，並且，在鍍敷層表面之 X 射線繞射圖譜中， $R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ)$ (式 4)所定義之繞射強度比 R1 滿足  $2.5 < R1$ (式 5)。

I807512

## 【發明摘要】

## 【中文發明名稱】

鍍敷鋼材

## 【中文】

本發明係採用一種鍍敷鋼材，該鍍敷鋼材之鍍敷層之平均化學組成以質量%計係由以下所構成：Zn：大於 50.00%、Al：大於 15.0%且小於 30.0%、Mg：大於 5.0%且小於 15.0%、Si：0.25%以上且小於 3.50%、及不純物，選自於由 Sn、Bi 及 In 所構成群組中之至少 1 種的合計量( $\Sigma A$ )小於 1.00%，選自於由 Ca、Y、La、Ce 及 Sr 所構成群組中之至少 1 種的合計量( $\Sigma B$ )為 0.02%以上且小於 0.60%，滿足  $2.0 \leq \text{Mg/Si} < 20.0$ (式 1)、 $3.0 \leq \text{Si}/\Sigma B < 24.0$ (式 2)、 $26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma B) \times (\text{Mg/Si}) < 375.0$ (式 3)，並且，在鍍敷層表面之 X 射線繞射圖譜中， $R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ)$ (式 4)所定義之繞射強度比 R1 滿足  $2.5 < R1$ (式 5)。

【指定代表圖】 無

【代表圖之符號簡單說明】

(無)

【特徵化學式】

(無)

# 【發明說明書】

## 【中文發明名稱】

鍍敷鋼材

## 【技術領域】

【0001】 本發明涉及一種鍍敷鋼材。

本案係依據已於2021年1月18日於日本提申之日本特願2021-005575號主張優先權，並於此援引其內容。

## 【先前技術】

【0002】 建築材料使用了許多金屬材。尤其在長期使用的外裝材、壁材、屋頂材方面係作為高級金屬材料使用有鈦素材、不鏽鋼素材、鋁等。該等材料一般係因金屬表面具有鈍化被膜而不易腐蝕且長期在戶外環境下外觀變化少之材料，但價格卻非常昂貴，施工成本有增加的傾向。

【0003】 另一方面，鐵的價格較低廉，因此，作為建築材料會使用鐵素材即鍍鋅鋼板、Al鍍敷鋼板、Galvalume鋼板(註冊商標)等。其中，Al鍍敷鋼板例如係於鋼板表面具備厚度20 $\mu$ m上下之Al層或Al-Zn合金層等，對母材之鐵在最表面存在大量Al，所以如鍍鋅鋼板這般的犧牲性防蝕作用小。因此，在Al鍍敷鋼板中會有以下問題：對於如加工部、裁切端面部等會露出鋼板(基鐵)之處必須進行防蝕處理，並且，在鹽害地區恐會發生Al鈍化被膜之破壞而推進腐蝕，而且不適合在牛舍或豬舍等會排出鹼性排水的環境下使用等。

【0004】 該等問題雖可透過使用例如專利文獻1及專利文獻2或專利文獻3等之高耐蝕性Zn系鍍敷鋼板來稍微解決，但Zn系鍍敷鋼板具有較Al系鍍敷鋼板更高的犧牲性防蝕作用，因此藉由腐蝕造成產生白鏽或變色等的情况容易引人注意。故而，Zn系鍍敷鋼板會有難以維持譬如對Al鍍敷鋼板或Galvalume鋼板(註冊商標)所期待之長期的美麗外觀的傾向。

【0005】為了長期維持外觀，可考慮對Zn鍍敷鋼板進行彩色塗裝處理等。然而，會有因塗裝處理造成喪失Zn鍍敷鋼板本身所具有之金屬光澤、因步驟增加造成成本提高、或因塗裝剝離或耐候性降低而產生褪色等的情形。因此，仍持續尋求一種富於犧牲性防蝕作用、廣用性高並且可長期維持金屬光澤之Zn鍍敷鋼材。

先前技術文獻

專利文獻

【0006】專利文獻1：日本專利特開平10-226865號公報

專利文獻2：國際公開第2000/71773號

專利文獻3：國際公開第2018/139619號

## 【發明內容】

【0007】發明欲解決之課題

本發明係有鑑於上述情況而做成者，其課題在於提供一種長期之外觀變化特別少之Zn系鍍敷鋼材。

用以解決課題之手段

【0008】為了解決上述課題，本發明採用以下構成。

[1]一種鍍敷鋼材，係於鋼材表面具有鍍敷層者；

前述鍍敷層之平均化學組成以質量%計係由以下所構成：

Zn：大於50.00%、

Al：大於15.0%且小於30.0%、

Mg：大於5.0%且小於15.0%、

Si：0.25%以上且小於3.50%、

Sn：0%以上且小於1.00%、

Bi：0%以上且小於1.00%、

In：0%以上且小於1.00%、  
Ca：0%以上且小於0.60%、  
Y：0%以上且小於0.60%、  
La：0%以上且小於0.60%、  
Ce：0%以上且小於0.60%、  
Sr：0%以上且小於0.60%、  
Cr：0%以上且小於0.25%、  
Ti：0%以上且小於0.25%、  
Ni：0%以上且小於0.25%、  
Co：0%以上且小於0.25%、  
V：0%以上且小於0.25%、  
Nb：0%以上且小於0.25%、  
Zr：0%以上且小於0.25%、  
Mo：0%以上且小於0.25%、  
W：0%以上且小於0.25%、  
Ag：0%以上且小於0.25%、  
Cu：0%以上且小於0.25%、  
Mn：0%以上且小於0.25%、  
Fe：0%以上且小於5.0%、  
Sb：0%以上且0.5%以下、  
Pb：0%以上且0.5%以下、  
B：0%以上且0.5%以下、  
P：0%以上且0.5%以下及  
不純物；並且，

選自於由Sn、Bi及In所構成群組中之至少1種的合計量( $\Sigma A$ )小於1.00%；

選自於由Ca、Y、La、Ce及Sr所構成群組中之至少1種的合計量( $\Sigma B$ )為0.02%以上且小於0.60%；

Mg含量、Si含量及前述 $\Sigma B$ 滿足下述式1~式3；

且在使用Cu-K $\alpha$ 線並以X射線輸出為40kV及150mA之條件測出之前述鍍敷層表面之X射線繞射圖譜中，下述式4所定義之繞射強度比R1滿足下述式5。

$$2.0 \leq \text{Mg}/\text{Si} < 20.0 \quad \cdots \text{式1}$$

$$3.0 \leq \text{Si}/\Sigma B < 24.0 \cdots \text{式2}$$

$$26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma B) \times (\text{Mg}/\text{Si}) < 375.0 \cdots \text{式3}$$

$$R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ) \quad \cdots \text{式4}$$

$$2.5 < R1 \cdots \text{式5}$$

惟，式1~式3中之Si及Mg為前述鍍敷層之Si及Mg的平均組成(質量%)，式4中之 $I(16.18^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=16.18^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(32.69^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=32.69^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(27.0^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度(cps)。此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式4中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。

[2]如[1]之鍍敷鋼材，其中在使用Cu-K $\alpha$ 線並以X射線輸出為40kV及150mA之條件測出之前述鍍敷層表面之X射線繞射圖譜中，下述式6所定義之繞射強度比R2滿足下述式7。

$$R2 = \{I(24.24^\circ) + I(28.07^\circ)\} / I(27.0^\circ) \quad \cdots \text{式6}$$

$$2.5 < R2 \cdots \text{式7}$$

惟，式6中之 $I(24.24^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=24.24^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(28.07^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=28.07^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(27.0^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度(cps)。此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強

度的繞射峰時，將式6中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。

[3]如[1]或[2]之鍍敷鋼材，其中前述式4所定義之前述R1滿足下述式8。

$$10 < R1 \quad \cdots \text{式8}$$

[4]如[1]至[3]中任一項之鍍敷鋼材，其滿足下述式9。

$$3.0 \leq Si / \Sigma A < 50.0 \quad \cdots \text{式9}$$

惟，式9中之Si為前述鍍敷層之Si的平均組成(質量%)。

發明效果

【0009】 根據本發明，可提供一種長期之外觀變化特別少的Zn系鍍敷鋼材。尤其，本發明可提供一種在戶外使用時長期之外觀變化仍少之美麗的鍍敷鋼材。

### 【圖式簡單說明】

【0010】 圖1係本發明實施形態之鍍敷鋼材之鍍敷層表面的X射線繞射圖。

### 【實施方式】

【0011】 在Zn系鍍敷鋼材之中，以高耐蝕性鍍敷為代表之Zn-Al-Mg系鍍敷鋼材的犧牲性防蝕作用高，隨著腐蝕在鍍敷層表面會逐漸形成薄薄的鏽層。因此，將Zn-Al-Mg系鍍敷鋼材使用在戶外環境等時，由於不易維持金屬光澤，在自施工起1年左右就會確認到喪失金屬光澤等外觀與施工當時的外觀稍微變化的情況。Zn-Al-Mg系鍍敷鋼材之外觀變化的原因在於：在鍍敷層表面不會充分形成如Al系鍍敷層這般的鈍化被膜( $Al_2O_3$ )，在無鈍化被膜之部分中鍍敷層表面容易腐蝕而會引起外觀變化。亦即，犧牲性防蝕性高之鍍敷層具有易溶出、易腐蝕且外觀易變化之正相反的特性。

【0012】 在Zn系鍍敷鋼材之中又以例如Galvalume鋼板(註冊商標)係於Zn鍍敷層內含有大量Al，故而可在鍍敷層表面形成某程度的鈍化被膜，但另一方

面，藉由大量含有Al會造成Zn量相對減少而幾乎喪失犧牲性防蝕性。亦即，表面外觀不易變化之鍍敷層會形成犧牲性防蝕性弱之正相反的效果。

【0013】於是，研討了藉由在將鍍敷層中的Al濃度維持得較低的狀態下，使會於鍍敷層表面形成鈍化被膜之化合物存在於鍍敷層中，來抑制鍍敷層腐蝕時的外觀變化。大量含有如上述之化合物的鍍敷層係被期待會於表層形成細密氧化被膜，而在腐蝕時不易發生外觀變化(可維持作為鍍敷金屬之金屬光澤)。在本案發明人等潛心研討之後理解到當係Zn-Al-Mg系鍍敷鋼材時，可藉由使Si系化合物存在於鍍敷層中來形成細密氧化被膜。惟，若在Zn系鍍敷層中Si與Mg共存，就會生成如 $Mg_2Si$ 這般的不參與形成氧化被膜之化合物，阻礙會形成氧化被膜之Si系化合物的生成，因而必須將 $Mg_2Si$ 控制成適當的析出形態。

【0014】另一方面， $Mg_2Si$ 係Mg大量鍵結於Si所以會提高犧牲性防蝕性，一般會造成外觀容易變化。 $Mg_2Si$ 本身係有助於犧牲性防蝕性之物質故為會促進黑變本身之金屬間化合物，但若控制其析出形態，便會均勻腐蝕，並且藉由同時形成之Si所參與之氧化被膜而具有防止鍍敷層表面變化成黑色之所謂黑變的效果。於是，本案發明人等進一步潛心研討之後，終於發現一種可不使防止由 $Mg_2Si$ 所致之黑變的效果降低且可於表面充分形成細密氧化被膜之鍍敷層成分組成及鍍敷層之形成方法。

以下，說明本發明實施形態之鍍敷鋼材。

【0015】本發明實施形態之鍍敷鋼材係於鋼材表面具有鍍敷層者，鍍敷層之平均化學組成以質量%計係由以下所構成：Zn：大於50.00%、Al：大於15.0%且小於30.0%、Mg：大於5.0%且小於15.0%、Si：0.25%以上且小於3.50%、Sn：0%以上且小於1.00%、Bi：0%以上且小於1.00%、In：0%以上且小於1.00%、Ca：0%以上且小於0.60%、Y：0%以上且小於0.60%、La：0%以上且小於0.60%、Ce：0%以上且小於0.60%、Sr：0%以上且小於0.60%、Cr：

0%以上且小於0.25%、Ti：0%以上且小於0.25%、Ni：0%以上且小於0.25%、Co：0%以上且小於0.25%、V：0%以上且小於0.25%、Nb：0%以上且小於0.25%、Zr：0%以上且小於0.25%、Mo：0%以上且小於0.25%、W：0%以上且小於0.25%、Ag：0%以上且小於0.25%、Cu：0%以上且小於0.25%、Mn：0%以上且小於0.25%、Fe：0%以上且小於5.0%、Sb：0%以上且0.5%以下、Pb：0%以上且0.5%以下、B：0%以上且0.5%以下、P：0%以上且0.5%以下及不純物，並且，選自於由Sn、Bi及In所構成群組中之至少1種的合計量( $\Sigma A$ )小於1.00%，選自於由Ca、Y、La及Ce所構成群組中之至少1種的合計量( $\Sigma B$ )為0.02%以上且小於0.60%，Mg含量、Si含量及前述 $\Sigma B$ 滿足下述式1~式3，且在使用Cu-K $\alpha$ 線並以X射線輸出為40kV及150mA之條件測出之鍍敷層表面之X射線繞射圖譜中，下述式4所定義之繞射強度比R1滿足下述式5。

$$\text{【0016】 } 2.0 \leq \text{Mg/Si} < 20.0 \quad \cdots \text{式1}$$

$$3.0 \leq \text{Si}/\Sigma B < 24.0 \cdots \text{式2}$$

$$26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma B) \times (\text{Mg/Si}) < 375.0 \cdots \text{式3}$$

$$R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ) \quad \cdots \text{式4}$$

$$2.5 < R1 \cdots \text{式5}$$

【0017】 惟，式1~式3中之Si及Mg為鍍敷層之Si及Mg的平均組成(質量%)，式4中之 $I(16.18^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=16.18^\circ$ 之繞射強度， $I(32.69^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=32.69^\circ$ 之繞射強度， $I(27.0^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度。此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式4中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。

【0018】 此外，在以下說明中，化學組成之各元素含量之「%」的表示意指「質量%」。

又，使用「~」表示之數值範圍意指包含「~」前後所記載之數值作為下限值

及上限值之範圍。

【0019】 又，「~」前後所記載之數值附有「大於」或「小於」時之數值範圍意指不包含該等數值作為下限值或上限值之範圍。又，以下實施形態的各構成要素可相互組合。

【0020】 又，所謂「耐蝕性」係表示鍍敷層本身不易腐蝕之性質。此外，本實施形態之鍍敷層對鋼材具有犧牲性防蝕作用，因此其腐蝕過程會歷經以下過程：在鋼材腐蝕之前鍍敷層會腐蝕且白鏽化，進一步在白鏽化之鍍敷層消滅之後鋼材會腐蝕且產生紅鏽。

【0021】 此外，存在於本實施形態之鍍敷層表面的鈍化被膜為氧化被膜，其厚度最大也是小於 $1\mu\text{m}$ ，大多為數 $\text{nm}$ 左右，在使用SEM(反射型電子顯微鏡)之解析時難以確認有無存在該被膜。雖然推測可利用TEM(穿透型電子顯微鏡)或XPS解析等來掌握該被膜之形成情況，不過TEM或XPS的觀察視野皆狹窄，在定量性上有其課題。因此，在本實施形態中係設定成利用X射線繞射來鑑定會參與形成氧化被膜之化合物，藉此間接確認存在被膜的形成。

【0022】 首先，說明會成為鍍敷對象之鋼材。

鋼材形狀並無特別限制，鋼材除了為鋼板以外，還可為鋼管、土木/建築材(柵渠、波紋鋼管、排水溝蓋、防飛砂板、螺栓、鐵絲網、護欄、截水牆等)、組合屋用構件、住宅牆壁、屋頂材、家電構件(空調之室外機的殼體等)、汽車外板、汽車零件(底盤構件等)等，也可為被供於熔接而成形之鋼結構構件的材料。

【0023】 鋼材之原板材質並無特別限制。鋼材可應用例如一般鋼、Ni預鍍敷鋼、Al脫氧鋼(Al killed steel)、極低碳鋼、高碳鋼、各種高張力鋼及一部分的高合金鋼(含Ni、Cr等耐蝕性強化元素之鋼等)等各種鋼材。又，關於鋼材，針對鋼材之製造方法、鋼板之製造方法(熱軋延方法、酸洗方法、冷軋方法等)等條件亦無特別限制。並且，作為鋼材亦可使用預鍍鋼材，該預鍍鋼材係於上述

鋼材事先預鍍有Zn、Ni、Sn或該等之合金系等的小於 $1\mu\text{m}$ 之鍍敷層者。

【0024】 接著，說明鍍敷層。本實施形態之鍍敷層包含Zn-Al-Mg系合金層。若對Zn加入Al、Mg等合金元素會改善耐蝕性，因此以薄膜、譬如通常的Zn鍍敷層的一半左右就會具有同等之耐蝕性，所以本發明亦同樣以薄膜來確保有與Zn鍍敷層為同等以上之耐蝕性。又，鍍敷層亦可包含Al-Fe系合金層。

【0025】 Zn-Al-Mg系合金層係由Zn-Al-Mg系合金來形成。所謂的Zn-Al-Mg系合金意指包含Zn、Al及Mg之三元合金。又，Al-Fe系合金層係位於鋼材與Zn-Al-Mg系合金層之間的界面合金層。

【0026】 亦即，鍍敷層可為Zn-Al-Mg系合金層之單層結構，亦可為包含Zn-Al-Mg系合金層與Al-Fe系合金層之積層結構。當為積層結構時，Zn-Al-Mg系合金層可設為構成鍍敷層表面之層。並且，因鍍敷層構成元素氧化而形成之氧化被膜係以小於 $1\mu\text{m}$ 之厚度存在於鍍敷層之最表面。該氧化被膜之障壁性高且耐蝕性亦高，所以在鍍敷層中會維持金屬光澤，外觀不易變化。

【0027】 此外，當為以往之Galvalume鋼板(註冊商標)時，由於Zn鍍敷層中富含Al，位於鍍敷層表層之Al相會形成氧化被膜，因此會成為耐蝕性高之鍍敷層。另一方面，本實施形態之鍍敷層所含之Zn、Mg等亦為會形成鈍化被膜之元素，然而該等金屬係較Al更為活性之金屬，所以由Zn、Mg形成之鈍化被膜的障壁性低，只要未充分確保厚度就容易受到損傷，故而由Zn或Mg形成之鈍化被膜一般來說容易腐蝕且外觀容易發生變化。由此，在Al濃度被抑制得較低的鍍敷層中主要會形成Zn、Mg系之鈍化被膜，故須透過某種處理來提高障壁性。於本實施形態之鍍敷鋼材的鍍敷層表面所形成之氧化被膜可推測係由鍍敷層中所含之Al氧化物 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 所構成以外，還係由鍍敷層所含之Al-Si-O系之金屬間化合物所構成者，該氧化被膜會成為耐蝕性高且外觀變化少者。

【0028】 當鍍敷層中存在Al-Fe系合金層時，鋼材與Zn-Al-Mg系合金層會

藉由Al-Fe系合金層而結合。包含Al-Fe系合金層之界面合金層的厚度可藉由在製造鍍敷鋼材時之鍍敷浴溫及鍍敷浴浸漬時間以各種方式來控制厚度。在以森吉米爾法為中心之熔融鍍敷鋼板之製造方法中，Zn-Al-Mg系合金層會成為鍍敷層主體且Al-Fe系合金層厚度夠小，因此對鍍敷層之耐蝕性造成的影響小，並且Al-Fe系合金層係形成於界面附近，所以幾乎不會對腐蝕初始或鍍敷層外觀之耐蝕性造成影響。

【0029】 Al-Fe系合金層係形成於鋼材表面(具體而言為鋼材與Zn-Al-Mg系合金層之間)且作為組織係以 $\text{Al}_5\text{Fe}$ 相為主相之層。Al-Fe系合金層係透過基鐵(鋼材)及鍍敷浴之相互的原子擴散而形成。作為製法採用熔融鍍敷法時，在含有Al之鍍敷層中容易形成Al-Fe系合金層。由於鍍敷浴中含有一定濃度以上之Al，所以 $\text{Al}_5\text{Fe}$ 相會形成最多。但，原子擴散很耗時，而且在靠近基鐵之部分亦會有Fe濃度升高之部分。因此，Al-Fe系合金層有時也會局部包含少量AlFe相、 $\text{Al}_3\text{Fe}$ 相、 $\text{Al}_5\text{Fe}_2$ 相等。又，鍍敷浴中亦包含一定濃度之Zn，故在Al-Fe系合金層中亦會含有少量Zn。

【0030】 本實施形態之鍍敷層中含有Si，不過Si尤其容易被組入Al-Fe系合金層中，有時會形成Al-Fe-Si金屬間化合物相。作為所鑑定之金屬間化合物相有AlFeSi相，作為異構物係存在 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $q1$ 、 $q2$ -AlFeSi相等。因此，在Al-Fe系合金層中有時也會檢測出該等AlFeSi相等。包含該等AlFeSi相等之Al-Fe系合金層亦稱Al-Fe-Si系合金層。

【0031】 由於整個鍍敷層厚度會受到鍍敷條件的影響，故整個鍍敷層厚度之上限及下限並無特別限制。尤其在戶外之鍍敷在大氣環境使用時之歷時外觀變化等，由於鍍敷層之腐蝕非常緩慢，因此僅表層數 $\mu\text{m}$ 之鍍敷層狀態會相關，其厚度不易受到影響。又，例如整個鍍敷層厚度在通常的熔融鍍敷法中係與鍍敷浴之黏性及比重有關。而且，可藉由鋼材(鍍敷原板)的抽拉速度及拭焊的強

弱來調整單位面積之鍍數量。

【0032】 接著，說明鍍敷層之平均化學組成。當鍍敷層為Zn-Al-Mg系合金層之單層結構時，整個鍍敷層之平均化學組成為Zn-Al-Mg系合金層之平均化學組成。又，當鍍敷層為Al-Fe系合金層及Zn-Al-Mg系合金層之積層結構時，整個鍍敷層之平均化學組成為Al-Fe系合金層及Zn-Al-Mg系合金層之合計的平均化學組成。

【0033】 通常以熔融鍍敷法來說，幾乎所有情況都係鍍敷層之形成反應在鍍敷浴內完成，故Zn-Al-Mg系合金層之化學組成會成為與鍍敷浴幾乎同等。又，於熔融鍍敷法中，Al-Fe系合金層係在浸漬於鍍敷浴之後立即瞬間形成並成長。然後Al-Fe系合金層會在鍍敷浴內就完成形成反應，其厚度相對於Zn-Al-Mg系合金層也大多夠小。因此，於鍍敷之後，只要不進行加熱合金化處理等特別之熱處理，整個鍍敷層之平均化學組成實質上等同於Zn-Al-Mg系合金層之化學組成，可無視Al-Fe合金層等之成分。

【0034】 以下，說明鍍敷層所含之元素。在本實施形態中，為了要充分形成Al-Si-O系金屬間化合物，鍍敷層成分組成就變得很重要。鍍敷層成分組成若落在以下說明之範圍外，會較獲得Al-Si-O系化合物更優先獲得其他化合物、譬如Al-Ca-Si系化合物或 $Mg_2Si$ 等之不參與在鍍敷層表面形成含Si之氧化被膜的化合物，而變得無法獲得預定性能。

【0035】 Zn：大於50.00%

本實施形態之鍍敷鋼材係廣用性高的Zn系鍍敷鋼材，在確保犧牲性防蝕性之目的下會含有一定量以上的Zn。藉此會賦予鋼材適當之犧牲性防蝕性。例如，就算在1.6mm以上之裁切端面會露出的環境下，若Zn量大於50.00%，就會在裁切端面部出現充分之犧牲性防蝕性作用，可維持高耐蝕性。當Zn含量為50.00%以下時，在裁切端面露出等情況下依鍍敷層厚度而定有時耐蝕性會變差。因此，Zn

含量設為大於50.00%。Zn含量宜為65.00%以上，較佳為大於70.00%。Zn含量之上限無須特別限定，不過Zn含量若過高，其他合金元素的含量就會相對降低，因此亦可設為例如80.00%以下。

**【0036】 Al：大於15.0%且小於30.0%**

Al係與Zn同樣為構成鍍敷層主體之元素。在Zn-Al-Mg系鍍敷中，Al主要會在鍍敷層中形成Al相。Al相也會存在於鍍敷層表面，且在Al相周圍形成有 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 被膜。另一方面，本實施形態之鍍敷層中所含Al相之量無法形成會覆蓋整個鍍敷層表面之氧化被膜。亦即，在Al含量為15.0%以下時，未達足以形成Al-Si-O系化合物的Al含量而無法在鍍敷層中檢測出Al-Si-O系化合物，該Al-Si-O系化合物為會形成氧化被膜之化合物。另一方面，Al含量若成為30.0%以上，則如前述這般犧牲性防蝕性會降低，故Al含量要設為小於30.0%。較佳Al含量為17.0%以上、20.0%以上，且較佳Al含量為29.0%以下或25.0%以下。

**【0037】 Mg：大於5.0%且小於15.0%**

Mg具有犧牲性防蝕效果，係可提高耐蝕性之元素。本實施形態之鍍敷鋼材的高耐蝕性及高犧牲性防蝕性可透過含有Mg來達成。Mg若不足，犧牲性防蝕效果就會縮小而有耐蝕性降低的傾向，因此將其下限設為大於5.0%。另一方面，在Mg含量為15.0%以上時，鍍敷層中之Al含量會相對降低而變得無法在鍍敷層表層形成Al相，氧化被膜變得不穩定，在腐蝕時之外觀會大幅劣化。其原因在於Al相相對減少，取而代之的係 $\text{MgZn}_2$ 相會大量形成於鍍敷層表層。而且也無法形成Al-Si-O系化合物。因此，Mg含量要設為小於15.0%。較佳Mg含量為5.1%以上、6.0%以上，且較佳Mg含量為13.0%以下或12.5%以下。

**【0038】 Si：0.25%以上且小於3.50%**

Si會抑制Al-Fe合金層之成長，並且會提升耐蝕性。當含有微量Si時，除了會形成Al-Ca-Si系化合物等以外，也會間隙型固溶於Al-Fe合金層中。關於在Al-Fe

合金層中之Al-Fe-Si金屬間化合物相的形成等之說明係如先前所述。在會組入該等化合物的情況下，在作為鍍敷層之性能方面不會產生任何性能變化。因此，在Si小於0.25%時，大多的Si會被該等化合物捕捉住，在鍍敷層之外觀變化或犧牲性防蝕性、其他還有耐蝕性等的性能上無法帶來變化。因此，Si要設為0.25%以上。又，Si若大於其下限濃度，會於鍍敷層中形成Al-Si-O系化合物。該Al-Si-O系化合物會與源自鍍敷層中之Al的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 一同形成牢固的氧化被膜，而會抑制鍍敷層外觀劣化。因此，Si含量宜設為0.25%以上，較佳係Si含量設為0.50%以上、0.60%以上。

【0039】 另一方面，過多的Si會在鍍敷層中形成粗大 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 等金屬間化合物。粗大 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 極易溶出且會提高犧牲性防蝕性，但若 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 呈粗大之狀態直接分散於鍍敷層中的話，腐蝕會從鍍敷層表面輕易到達界面，進一步會促進Zn-Al-Mg $\text{Zn}_2$ 三元共晶組織的形成，而對用以維持平面部耐蝕性之基本構成相的比率造成不良影響，平面部耐蝕性因而稍微惡化。又，當含有Ca、Y、La及Ce之至少1種時，會形成 $\text{Ca}_2\text{Si}$ 相等金屬間化合物相，使含有Ca、Y等的效果降低而變得容易抹消掉原本只要微量添加就會產生效果之Ca等元素的效果。又，若含有過多Si，在鍍敷層中Si會與各種其他元素鍵結，有時也會變得無法充分獲得犧牲性防蝕性能。由此，Si含量要設為小於3.50%。由平面部耐蝕性及犧牲性防蝕性之觀點，Si含量較佳可為3.00%以下、2.50%以下、2.00%以下、1.50%以下或1.30%以下。

【0040】 又，若Si含量為0.25%以上且小於3.50%之範圍，於鍍敷層中形成之 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 就會微細分散，不會對Al-Si-O系化合物之外觀變化造成不良影響，可提高犧牲性防蝕性且可提升防止鍍敷層黑變的效果。由防止黑變之觀點，宜將Si含量設為0.40%以上，較佳係令其為0.80%以下。

【0041】 式1： $2.0 \leq \text{Mg}/\text{Si} < 20.0$

Mg與Si非常容易化合且會形成 $Mg_2Si$ ，但Mg與Si含量之比例會對鍍敷層特性帶來很大影響，因此必須將Mg與Si含量之比率(Mg/Si)設定成適當範圍。鍍敷層所含之Mg會有形成 $Mg_2Si$ 的傾向，但Mg/Si若過大(Mg相對於Si若過多)，有助於提升犧牲性防蝕性之 $Mg_2Si$ 會減少且變得不易形成，鍍敷層之犧牲性防蝕性恐會降低，另外，Si不足而亦無法期待由氧化被膜所帶來之效果，鍍敷層之外觀變化因而變得明顯。又，Mg/Si若過小，在鍍敷層中會大量形成Al-Si-O系化合物，該Al-Si-O系化合物係以粒狀形態附著於鍍敷層表面而使鍍敷層外觀惡化，而且也會使鍍敷層之耐蝕性降低。又，Si會與鍍敷層之各種其他添加元素鍵結，而亦難以維持鍍敷層之性質。由此，Mg/Si要設為2.0以上，設為6.0以上較佳，設為8.0以上更佳。並且，Mg/Si要設為小於20.0，設為16.0以下較佳，設為12.0以下更佳。

【0042】 元素群A(Sn：0%以上且小於1.00%、Bi：0%以上且小於1.00%、In：0%以上且小於1.00%、元素群A之合計量( $\Sigma A$ )：小於1.00%)

元素群A為可任意含有之元素(Sn、Bi、In)。若含有選自元素群A之元素中之至少1種，會提升犧牲性防蝕性。元素群A之各元素會與鍍敷層中之Mg一同形成化合物，該化合物容易溶出至水分等中且會使Mg輕易溶出，因此可賦予犧牲性防蝕性。藉由含有0.01%以上之各元素，在例如1.6mm之板厚的裁切端面部中可確認到犧牲性防蝕性之改善效果。然而，含有過多該等元素會提升鍍敷層之犧牲性防蝕性，結果鍍敷層變得更容易溶出而對平面部等之耐蝕性造成不良影響。並且，鍍敷層之外觀會容易變化。由此，元素群A之各元素含量各自設為小於1.00%。元素群A之合計量( $\Sigma A$ )亦設為小於1.00%。 $\Sigma A$ 若成為1.00%以上，鍍敷層之外觀會容易變化。

【0043】 又，藉由含有會提升犧牲性防蝕性之元素群A，可抑制伴隨Al-Si-O氧化物之形成而來的犧牲性防蝕性降低。在本實施形態之鍍敷層中，Al會在鍍敷層表面形成如 $Al_2O_3$ 這般的絕緣性優異之氧化被膜，該 $Al_2O_3$ 之氧化被膜

的障壁性優異。即便Al為表現出低電位的元素，該氧化被膜之障壁性高因而會使犧牲性防蝕性降低。若加入Al-Si-O系化合物作為氧化被膜之構成材料，氧化被膜之障壁效果會變得過高而犧牲性防蝕性會降低。因此，藉由含有元素群A來彌補伴隨氧化被膜的形成而來之犧牲性防蝕性降低，可獲得一種在維持犧牲性防蝕性的同時於外觀變化方面也較強之鍍敷層。

【0044】 元素群B(Ca：0%以上且小於0.60%、Y：0%以上且小於0.60%、La：0%以上且小於0.60%、Ce：0%以上且小於0.60%、Sr：0%以上且小於0.60%、元素群B之合計量( $\Sigma B$ )：0.02%以上且小於0.60%)

元素群B之元素(Ca、Y、La、Ce、Sr)為任意添加元素，透過與Mg一同含有選自元素群B之元素中之至少1種，會有耐蝕性及犧牲性防蝕性些微提升的傾向。然而，若含有過多該等元素，會形成各個元素主體之金屬間化合物相，鍍敷層會硬質化，在鍍敷層之加工時產生裂痕之後恐會引起粉化剝離。由此，該等元素之含量各自宜設為小於0.60%。各元素含量可設為0.01%以上，亦可設為0.02%以上。

【0045】 又，元素群B之合計量若增加，於鍍敷表面會附著粒狀物質而鍍敷性狀變差，故該等元素之合計量( $\Sigma B$ )要設為小於0.60%。另外，該等元素之合計量( $\Sigma B$ )若減少，在鍍敷層中就不會形成Al-Si-O系化合物。又，元素群B之元素原本就具有會使容易析出成塊狀之 $Mg_2Si$ 的穩定度降低，使 $Mg_2Si$ 微細分散而析出之效果，該元素群B之元素係要求微妙的成分平衡，可藉此抑制鍍敷層之黑變。由此，元素群B之合計量( $\Sigma B$ )要設為0.02%以上。當合計量 $\Sigma B$ 小於0.02%時，無法獲得外觀等預定性能。元素群B之合計量( $\Sigma B$ )可為0.04%以上，而且元素群B之合計量( $\Sigma B$ )可為0.50%以下，亦可為0.30%以下。

【0046】 式2： $3.0 \leq Si / \Sigma B < 24.0$

當Si含量與元素群B所含元素之合計量( $\Sigma B$ )之比例( $Si / \Sigma B$ )為24.0以上時(當Si過多且元素群B過少時)，鍍敷層中之Mg會有形成粗大 $Mg_2Si$ 的傾向，無法將

Mg-Si之間的鍵結反應抑制在可充分形成Al-Si-O系化合物的程度，無法獲得藉由元素群B所帶來之形成Al-Si-O系化合物的效果。十分粗大的Mg<sub>2</sub>Si也會消除Al-Si-O氧化物的效果。因此，不會出現由Al-Si-O系化合物所致之繞射峰，無法獲得抑制鍍敷層之外觀變化的效果。

【0047】 又，當 $\text{Si}/\Sigma\text{B}$ 小於3.0時(當Si過少且元素群B過多時)，Ca、Al及Si會鍵結形成Al-Ca-Si化合物等，無法充分生成Al-Si-O系化合物，而在鍍敷層表面進行X射線繞射測定時，不會出現由Al-Si-O系化合物所致之繞射峰，無法獲得抑制鍍敷層之外觀變化的效果。如先前所述，Si係被捕捉於化合物或界面中而無法對鍍敷層造成任何變化。由此， $\text{Si}/\Sigma\text{B}$ 要設為3.0以上且小於24.0。 $\text{Si}/\Sigma\text{B}$ 宜為4.0以上，較佳為5.0以上。 $\text{Si}/\Sigma\text{B}$ 宜為10.0以下，較佳為8.0以下。

【0048】 式3： $26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si}) < 375.0$

透過滿足式1及式2之兩者，可形成Al-Si-O系化合物之條件就備齊。然而，在式1及式2各自之上限值及下限值附近，依鍍敷層之Mg、Si、元素群B以外之其他構成元素的成分摻混而定，相較於Al-Si-O系化合物的形成，Mg<sub>2</sub>Si或Al-Ca-Si化合物的形成有時會變得較佔優勢。因此，作為用以確實使Al-Si-O系化合物的形成佔優勢之條件，係將 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 設為26.0以上且小於375.0之範圍。 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 為式2中之 $\text{Si}/\Sigma\text{B}$ 與式1中之 $\text{Mg}/\text{Si}$ 之乘積，為了要穩定獲得Al-Si-O系化合物，該乘積之下限必須成為26.0以上。在該乘積小於26.0時，Al-Si-O系化合物的形成會變得不穩定，有時無法維持鍍敷層外觀或無法獲得提升耐蝕性等預定性能。又，基於相同理由，上限也必須小於375.0。 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 較佳為30.0以上，更佳為35.0以上。 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 較佳為200.0以下，更佳為100.0以下。

【0049】 元素群C(Cr：0%以上且小於0.25%、Ti：0%以上且小於0.25%、Ni：0%以上且小於0.25%、Co：0%以上且小於0.25%、V：0%以上且小於

0.25%、Nb：0%以上且小於0.25%、Zr：0%以上且小於0.25%、Mo：0%以上且小於0.25%、W：0%以上且小於0.25%、Ag：0%以上且小於0.25%、Cu：0%以上且小於0.25%、Mn：0%以上且小於0.25%、Fe：0%以上且小於5.0%)

在元素群C中之元素當中，Fe除外之元素為可對鍍敷層任意含有之金屬元素。透過含有該等元素(Cr、Ti、Ni、Co、V、Nb、Zr、Mo、W、Ag、Cu、Mn)，會出現提升鍍敷層之平面耐蝕性的效果。由於透過含有0.10%以上便可確認到耐蝕性明顯改善之效果，因此宜可含有各0.10%以上之該等元素。只要在各小於0.25%之範圍內含有該等元素，就不會影響Al-Si-O系化合物的形成，所以Fe除外之該等元素之含量各自設為小於0.25%。

【0050】 關於Fe，在利用熔融鍍敷法製作鍍敷層時，有時會作為基鐵元素稍微擴散至鍍敷層中，通常在該等製法下會含有之Fe濃度範圍為小於5.0%，若為該濃度範圍就不會影響Al-Si-O系化合物的形成，故Fe含量要設為小於5.0%。

【0051】 元素群D(Sb：0%以上且0.5%以下、Pb：0%以上且0.5%以下、B：0%以上且0.5%以下、P：0%以上且0.5%以下)

元素群D所含之元素(Sb、Pb、B、P)為可添加於鍍敷層中之半金屬元素。透過含有該等元素，會出現提升鍍敷層之平面耐蝕性的效果。由於透過含有0.1%以上便可確認到耐蝕性明顯改善之效果，因此宜可含有各0.1%以上之該等元素。只要在各自為0.5%以下之範圍內含有該等元素，就不會影響Al-Si-O系化合物的形成，所以該等元素之含量各自設0.5%以下。

#### 【0052】 不純物

不純物係指原材料所含之成分或在製造步驟中混入之成分，而非刻意含有之成分。例如，於鍍敷層中有時會因鋼材(基鐵)與鍍敷浴之相互原子擴散而作為不純物亦混入微量的Fe以外之成分。又，不純物包含氧。本實施形態之鍍敷層係藉由在其製造步驟中從鍍敷浴取出時熔融狀態之鍍敷層接觸氧，而會包含不純

物等級之少量氧。藉由該不純物等級之氧，會形成Al-Si-O系化合物。可透過實施利用EPMA等所行之鍍敷層截面組織之氧定量分析來確認鍍敷層中含有氧。

**【0053】**  $3.0 \leq \text{Si} / \Sigma A < 50.0$

元素群A會形成與 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 同樣會於犧牲性防蝕性方面賦予巨大作用之化合物及非常容易與Mg化合，因此以結果而言會改變Si之效果，由此，元素群A之合計量( $\Sigma A$ )與Si之比率( $\text{Si} / \Sigma A$ )宜設定為適當範圍。藉由控制添加量，可使Si的效果發揮至最大限度且可使變化成性能優異的鍍敷層。藉由 $\text{Si} / \Sigma A$ 為3.0以上且小於50.0，可獲得犧牲性防蝕性優異之鍍敷層，且可在例如裁切端面部或鍍敷加工部等確保優異之犧牲性防蝕性的同時，製成於外觀變化方面較強之鍍敷層。 $\text{Si} / \Sigma A$ 若小於3.0，犧牲性防蝕效果過強，外觀有時會變得容易變化。又， $\text{Si} / \Sigma A$ 若成為50.0以上，無法預期提升犧牲性防蝕性的效果。較佳的 $\text{Si} / \Sigma A$ 之範圍為3.0以上。較佳的 $\text{Si} / \Sigma A$ 之範圍為10.0以下，更佳為7.0以下。

**【0054】** 在鍍敷層之平均化學組成的鑑定方面，係利用酸來獲得將鍍敷層剝離溶解後之酸液，該酸含有可抑制基鐵(鋼材)腐蝕之抑制劑。接著，利用ICP發光分光分析法或ICP-MS法測定所得之酸液而可獲得化學組成。關於酸種類，若為可溶解鍍敷層之酸則無特別限制。若預先測定剝離前後之面積與重量，也能同時獲得鍍敷附著量( $\text{g}/\text{m}^2$ )。

**【0055】** 接著，說明在Zn-Al-Mg系鍍敷層中會於鍍敷層表面形成細密氧化被膜的化合物。於鍍敷層表面所形成之氧化被膜的主要構成元素係鍍敷層中所含之Al。在鍍敷層中Al主要富含於以Al為主體之相(以下稱為Al相)中。該Al相所含之Al會形成氧化被膜中的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。但在以往之Zn-Al-Mg系鍍敷層中，鍍敷層中所含之Al相以面積率計為小於70%左右，因此為了要充分形成氧化被膜所需的Al量不足而氧化被膜產生缺陷。鍍敷層會以該缺陷當作基點發生腐蝕，鍍敷層外觀容易變化。另一方面，以往之Galvalume鋼板(註冊商標)等由於Al相

之面積率大於70%，因此不易發生外觀變化，但犧牲性防蝕性低。

【0056】 在本實施形態中，為了補足於Zn-Al-Mg系鍍敷層表面所形成之氧化被膜的缺陷，係使鍍敷層中形成Al-Si-O系化合物。透過XPS解析等已知若Al-Si-O系化合物存在於鍍敷層中， $\text{Al}_2\text{O}_3$ 或 $\text{SiO}_2$ 就會與Al-Si-O系化合物一同於鍍敷層表面形成細密氧化被膜，可補足以往之氧化被膜的缺陷。作為Al-Si-O系化合物，具體上可推測係形成 $\text{Al}_2\text{O}_5\text{Si}$ (JCPDS Card No.01-075-4827)。

【0057】 針對由該等化合物所形成之氧化被膜，難以利用TEM等來調查其與耐蝕性之關聯性，然而從包含Al-Si-O系化合物之鍍敷層係成為不易發生外觀變化之鍍敷層這點明白可知含有Al-Si-O系化合物會改善鍍敷層之外觀變化或耐蝕性。

【0058】 Al-Si-O系化合物之檢測若使用X射線繞射就可容易確認。亦即，在X射線繞射圖譜中，作為JCPDS Card No.01-075-4827所示之繞射角度檢測出例如 $16.18^\circ$ ((110)面)及 $32.69^\circ$ ((220)面)等之繞射峰時，可視為鍍敷層中包含Al-Si-O系化合物。其以外的繞射峰有時會與Zn-Al-Mg系鍍敷層中之Al、 $\text{MgZn}_2$ 等重複而不適於鑑定。

【0059】 例如，圖1所示之X射線繞射圖譜係各鍍敷層表面之X射線繞射測定結果，該各鍍敷層係含有21%之Al與7%之Mg，各自含有0%、0.2%、0.4%或0.6%之Si，且剩餘部分為Zn及不純物者。如圖1所示，可確認在Si含量增加的同時，在 $16.18^\circ$ 及 $32.69^\circ$ 之X射線繞射峰會變大，從而可確認作為Al-Si-O系化合物存在 $\text{Al}_2\text{O}_5\text{Si}$ (JCPDS Card No.01-075-4827)。此外，關於X射線繞射影像，依X射線照射條件之不同，所得之繞射影像會變化，故係將獲得X射線繞射影像之條件設定為如下述。

【0060】 作為X射線源，將Cu當作靶之X射線( $\text{CuK}\alpha$ 線)可獲得鍍敷層中之構成相的平均資訊，因此最適宜。作為其他測定條件係將X射線之輸出條件設

為電壓40kV、電流150mA。X射線繞射裝置並無特別限制，例如可使用Rigaku股份公司製之試料水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III。

【0061】 作為X射線源以外之測定條件，可使用測角儀TTR(水平測角儀)，K $\beta$ 濾光片之狹縫寬度設為0.05mm，長邊限制狹縫設為2mm，受光狹縫設為8mm，受光狹縫2設為開放，掃描速度設為5deg./分鐘，間距寬度設為0.01deg，掃描軸2 $\theta$ 設為5~90°。

【0062】 測定係在鍍敷層表面照射X射線。不進行試料調整就直接測定鍍敷層。依機種不同，繞射強度會不同，因此宜利用對特定角度之相對強度來判斷有無存在。具體而言，以本實施形態之鍍敷層而言，係如圖1所例示這般於繞射角度27.0°附近並未觀察到繞射峰，因此係將16.18°之繞射峰強度及32.69°之繞射峰強度(cps)的合計值相對於在27.0°之繞射強度(cps)的比率當作評估參數來使用。亦即，在本實施形態中，式4所定義之繞射強度比R1必須滿足式5。

【0063】 此外，在2 $\theta$ =27.0°出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式4中之I(27.0°)設為585cps。亦即，設定成如式4-1。在2 $\theta$ =27.0°出現1000cps以上之強度的繞射峰時，由於係於鍍敷層中例外含有某些化合物，所以無法獲得適當的繞射強度。用來代替之所謂的585cps之值係採用本實施形態鍍敷層的繞射強度之測定數據(實績值)的平均值，相當於背景強度。如上述，在2 $\theta$ =27.0°與其附近無法獲得由鍍敷層所含結晶相所致之繞射峰，因此可將在2 $\theta$ =27.0°之繞射強度當作空白平均值來使用，且可採用來當作繞射強度中之背景強度。

$$\text{【0064】 } R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ) \quad \cdots \text{式4}$$

$$2.5 < R1 \quad \cdots \text{式5}$$

$$\text{【0065】 } R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / 585 \quad \cdots \text{式4-1}$$

【0066】 惟，式4及式4-1中之I(16.18°)係X射線繞射圖譜之2 $\theta$ =16.18°之繞射強度，I(32.69°)為X射線繞射圖譜之2 $\theta$ =32.69°之繞射強度。並且，I(27.0°)為X射

線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度。

【0067】 藉由滿足式5，可確認於鍍敷層中存在以 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{Si}$ 為代表之Al-Si-O系化合物。含有越多Al-Si-O系化合物，氧化被膜會變得越細密且堅固而外觀不易變化，而且會提升耐蝕性。關於該等效果，Al-Si-O系化合物含量越多效果越高，長期外觀越不易變化。由此，較佳為繞射強度比R1係如式8所示這般大於10。繞射強度R1若大於10，於鍍敷層中就會充分包含Al-Si-O系化合物，可大幅抑制長期之鍍敷層之外觀變化。

【0068】  $10 < R1 \cdots$ 式8

【0069】 此外，繞射強度比R1之上限無須特別規定，R1可為20以下，亦可為15以下，亦可為12以下。

【0070】 又，本實施形態之鍍敷層亦可含有 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 。 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 可利用X射線繞射法來確認其存在。具體上，在JCPDS Card No.00-035-0773中，作為 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 之繞射強度已知繞射角度 $24.24^\circ$ ((111)面)、 $28.07^\circ$ ((200)面)之繞射峰，在對鍍敷層表面進行X射線繞射測定後，可藉由在X射線繞射圖譜上檢測出該等繞射峰來確認 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 的存在。當為本實施形態時，式6所示之繞射強度R2宜滿足式7。以本實施形態之鍍敷層而言，於繞射角度 $27.0^\circ$ 附近並未觀察到繞射峰，因此係將 $24.24^\circ$ 之繞射峰強度及 $28.07^\circ$ 之繞射峰強度(cps)的合計值相對於在 $27.0^\circ$ 之繞射強度(cps)的比率當作評估參數來使用。

【0071】 此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式6中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。亦即，設定成如式6-1。

【0072】  $R2 = \{I(24.24^\circ) + I(28.07^\circ)\} / I(27.0^\circ) \cdots$ 式6

$2.5 < R2 \cdots$ 式7

【0073】  $R2 = \{I(24.24^\circ) + I(28.07^\circ)\} / 585 \cdots$ 式6-1

【0074】 式6及式6-1中之 $I(24.24^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=24.24^\circ$ 之繞射強

度， $I(28.07^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=28.07^\circ$ 之繞射強度。並且， $I(27.0^\circ)$ 為X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度。又，求算繞射強度比R2時之X射線繞射測定的條件係設定成與求算繞射強度比R1時相同。

【0075】藉由使繞射強度比R2大於2.5，於鍍敷層中就會充分包含 $Mg_2Si$ ，可抑制鍍敷層的黑變。然而，若 $Mg_2Si$ 增加而繞射強度比R2變高，Al-Si-O系化合物就減少，有時會對鍍敷層之外觀變化造成影響，並且，鍍敷層中之Zn-Al-MgZn<sub>2</sub>三元共晶組織會減少，鍍敷層之耐蝕性有時會降低。因此，繞射強度比R2可為20以下，亦可為15以下，亦可為12以下。

【0076】接著，說明本實施形態之鍍敷鋼材之製造方法。

本實施形態之鍍敷鋼材具備鋼材與形成於鋼材表面之鍍敷層。通常，Zn-Al-Mg系鍍敷係透過金屬之堆積與凝固反應來形成。最容易形成鍍敷層之手段係利用熔融鍍敷方法於鋼板表面形成鍍敷層，可利用森吉米爾法或助熔劑法等來形成。又，本實施形態之鍍敷鋼材亦可應用蒸鍍鍍敷法或藉熔射所行之鍍敷皮膜形成法，可獲得與利用熔融鍍敷法來形成的情況同樣的效果。

【0077】以下，說明利用熔融鍍敷法來製造本實施形態之鍍敷鋼材的情況。本實施形態之鍍敷鋼材不論是利用浸漬式鍍敷法(分批式)或利用連續式鍍敷法皆可製造。

【0078】會成為鍍敷對象之鋼材的大小、形狀、表面形態等並無特別限制。通常的鋼材、不鏽鋼等也是若為鋼材就可加以應用。最佳為一般結構用鋼的鋼帶。可事先利用噴珠等進行表面精加工，在使Ni、Fe、Zn鍍敷等的 $3g/m^2$ 以下的金屬膜或合金膜附著表面之後再進行鍍敷也沒有問題。又，作為鋼材之事先處理，宜藉脫脂、酸洗將鋼材充分洗淨。

【0079】在藉由 $H_2$ 等還原性氣體將鋼板表面充分加熱及還原之後，使鋼材浸漬於調合成預定成分之鍍敷浴中。

【0080】關於鍍敷層之成分，當為熔融鍍敷法時可藉由所建浴之鍍敷浴成分來控制鍍敷層之成分。鍍敷浴之建浴係藉由混合預定量之純金屬，並利用譬如在非活性氣體環境下之熔解法來製作鍍敷浴成分之合金。由於鍍敷浴成分組成與鍍敷層成分組成幾乎一致，故鍍敷浴成分組成若配合上述鍍敷層成分組成即可。

【0081】藉由將表面經還原後的鋼材浸漬於維持在預定濃度的鍍敷浴中，會形成成分幾乎與鍍敷浴同等之鍍敷層。在浸漬時間之長時間化或是至凝固完成為止會耗費長時間的情況下，界面合金層之形成會變得活躍，因此Fe濃度有時也會升高，不過在鍍敷浴浴溫低於500℃時與鍍敷層之反應會急速變慢，故鍍敷層中所含有之Fe濃度通常會落在小於5.0%。

【0082】為了形成熔融鍍敷層，宜將還原後之鋼材浸漬於500℃~650℃之鍍敷浴中數秒。在還原後之鋼材表面中，Fe會擴散至鍍敷浴中與鍍敷浴行反應，而在鍍敷層與鋼板界面形成界面合金層(主要為Al-Fe系金屬間化合物層)。透過界面合金層，界面合金層之下方的鋼材與上方的鍍敷層會在金屬化學方面結合。

【0083】在將鋼材浸漬於鍍敷浴中預定時間之後將鋼材從鍍敷浴取出，在附著於表面之金屬呈熔融狀態時，藉由進行N<sub>2</sub>拭焊將鍍敷層調整為預定厚度。鍍敷層厚度宜調整成3~80μm。若換算成鍍敷層之附著量，會成為10~500g/m<sup>2</sup>(單面)。又，鍍敷層厚度亦可調整為5~70μm。若換算成附著量，會成為20~400g/m<sup>2</sup>(單面)。

【0084】在調製鍍敷層之附著量之後，使附著之熔融金屬凝固。關於鍍敷凝固時之冷卻手段，可透過吹送氮、空氣、或氫及氮之混合氣體來進行，亦可為噴霧冷卻，亦可浸水。較佳為噴霧冷卻，且宜為使氮中包含水之噴霧冷卻。冷卻速度可藉由含水比率來調整。

【0085】 此外，關於Al-Si-O的形成，必須嚴密管理浸漬鍍敷浴後的氧濃度與溫度範圍。當為本實施形態之鍍敷組成時非常容易與氧鍵結，若未在適當溫度範圍內管理氧濃度與冷卻速度，在鍍敷層表面就會形成白濁狀氧化膜而產生外觀不良，且Al-Si-O的形成會變得不穩定而無法獲得所欲鍍敷層。因此，在本實施形態中係宜採用以下製造條件。

【0086】 關於與鍍敷浴面接觸之氣體環境，不可使氧濃度成為低濃度狀態，宜將鍍敷浴置於大氣中。由此，從將鋼材浸漬於鍍敷浴中的時間點起直到剛將鋼材從鍍敷浴取出之後，係使鋼材在大氣中通過。亦即，必須使剛從鍍敷浴取出之後的鋼材接觸大氣環境。

【0087】 從鍍敷浴取出鋼材之時間點起熔融金屬會開始冷卻，不過在本實施形態中，在將鋼材從鍍敷浴取出之後，必須於附著於鋼材表面之熔融金屬的溫度在490~400℃之範圍內的期間使鋼材進入低氧濃度的氣體環境中。具體而言，係將490~400℃之間的氣體環境中之氧濃度設為小於3000ppm。較佳係將490~400℃之間的氣體環境中之氧濃度設為小於2000ppm，更佳係設為小於1000ppm。此外，在剛從鍍敷浴取出之後必須使鋼材表面之熔融金屬接觸大氣，因此鍍敷浴溫必須維持在高於490℃，且宜維持在500℃以上。鍍敷浴溫~490℃之間的氣體環境中之氧濃度宜設為3000ppm以上。

【0088】 又，浴溫~400℃之間的平均冷卻速度設為低於15℃/秒。平均冷卻速度若為15℃/秒以上，容易形成Al-Ca-Si化合物或Mg<sub>2</sub>Si，Al-Si-O的形成變得不穩定。至400℃為止的平均冷卻速度經常設為低於15℃/秒較佳。

【0089】 在鍍敷層溫度為400~300℃之期間係於大氣中進行冷卻。又，在鍍敷層溫度為400℃以下之範圍中的冷卻必須進行急冷，且400~300℃之間的平均冷卻速度設為15℃/秒以上。其原因在於若使平均冷卻速度低於15℃/秒，於鍍敷層表層所形成之Al-Si-O系化合物會在熔融狀態的鍍敷層內部沉降，而變得

不易在鍍敷層表面形成氧化被膜。

【0090】 在本實施形態之鍍敷鋼材之製造方法中，係以如上述之方式來控制在剛從鍍敷浴取出鋼材之後至400℃為止的氧濃度、以及平均冷卻速度，並且在鍍敷層溫度為400~300℃之間係在大氣中進行冷卻，藉此在鋼材表面形成含Al-Si-O系化合物之鍍敷層。在低於300℃之溫度範圍下之條件無須特別限定。藉由以上可形成本實施形態之鍍敷層。

【0091】 藉由在剛從鍍敷浴取出之後立即將鋼材暴露於大氣中，大氣中之氧係氧會擴散到具有初生面之熔融金屬中，為最容易氧化之金屬之Al-Si-O氧化被膜或其化合物會稍微形成。後續藉由做成低氧濃度之氣體環境，可抑制熔融金屬過度氧化同時鍍敷層會凝固，可推測源自Al-Si-O系化合物之氧化被膜係形成於靠近鍍敷層表面。由於氧與熔融金屬中之各個元素擴散現象有關，故可認為根據元素的易動性，其製造溫度區及其各自的元素濃度會確定該化合物的形成行為。又，由於鍍敷層之組成及製造溫度範圍被限定在預定範圍內，故可認為會抑制析出過多的Mg<sub>2</sub>Si。

【0092】 在形成鍍敷層之後，可對鍍敷層進行各種化學轉化處理或塗裝處理。也可賦予利用鍍敷層表面之凹凸狀模樣而且為Cr、Ni、Au等之鍍敷層，且進一步進行塗裝來賦予設計。又，為了進一步提高防蝕性，亦可在熔接部、加工部等實施修補用之補漆塗覆、熔射處理等。

【0093】 於本實施形態之鍍敷鋼材中亦可在鍍敷層上形成皮膜。皮膜可形成1層或2層以上。作為鍍敷層正上方之皮膜種類，可舉例如鉻酸鹽皮膜、磷酸鹽皮膜及無鉻酸鹽皮膜。該等用以形成皮膜之鉻酸鹽處理、磷酸鹽處理、無鉻酸鹽處理可以已知之方法進行。

【0094】 鉻酸鹽處理有以下：利用電解來形成鉻酸鹽皮膜之電解鉻酸鹽處理；利用與素材之反應來形成皮膜，然後洗掉多餘的處理液之反應型鉻酸鹽處

理；將處理液塗佈於被塗物，然後不水洗就加以乾燥來形成皮膜之塗佈型鉻酸鹽處理。任一種處理皆可採用。

【0095】 作為電解鉻酸鹽處理，可例示使用以下之電解鉻酸鹽處理：鉻酸、氧化矽溶膠、樹脂(磷酸、丙烯酸樹脂、乙烯酯樹脂、乙酸乙烯酯丙烯酸乳液、羧基化苯乙烯丁二烯乳膠、二異丙醇胺改質環氧樹脂等)及硬質氧化矽。

【0096】 作為磷酸鹽處理，可例示譬如磷酸鋅處理、磷酸鋅鈣處理、磷酸錳處理。

【0097】 無鉻酸鹽處理不會對環境造成負荷而尤其適合。無鉻酸鹽處理有以下處理：藉由電解形成無鉻酸鹽皮膜之電解型無鉻酸鹽處理；利用與素材之反應來形成皮膜，然後洗掉多餘的處理液之反應型無鉻酸鹽處理；將處理液塗佈於被塗物，然後不進行水洗就加以乾燥而形成皮膜之塗佈型無鉻酸鹽處理。任一種處理皆可採用。

【0098】 亦可進一步在鍍敷層正上方之皮膜上具有1層或2層以上的有機樹脂皮膜。作為有機樹脂並無限定特定種類，可舉例如聚酯樹脂、聚胺甲酸酯樹脂、環氧樹脂、丙烯酸樹脂、聚烯烴樹脂或該等樹脂之改質物等。在此，所謂的改質物係指使該等樹脂之結構中所含反應性官能基與其他化合物(單體或交聯劑等)行反應而得之樹脂，該其他化合物係於結構中包含可與該官能基行反應之官能基者。

【0099】 作為如所述之有機樹脂，可混合1種或2種以上的有機樹脂(未改質者)來使用，亦可混合1種或2種以上的有機樹脂來使用，該有機樹脂係藉由在至少1種有機樹脂存在下，將至少1種的其他有機樹脂改質而獲得者。又，有機樹脂皮膜中亦可包含任意的著色顏料或防鏽顏料。亦可使用藉由溶解或分散於水中而水系化之物。

【0100】 關於鍍敷鋼板之基本耐蝕性，係利用暴露試驗、鹽水噴霧試驗

(JIS Z2371)或包含鹽水噴霧試驗之複合循環腐蝕試驗(CCT)等來評估裸平面部之耐蝕性即可。

又，為了確認犧牲性防蝕性，可藉由在裁切端面露出的狀態下對鍍敷鋼板實施該等之任一個試驗並且評估端面部之紅鏽面積率(面積率越小者，耐蝕性越優異)，來評估犧牲性防蝕性之優劣。

【0101】 鍍敷外觀變化宜利用腐蝕試驗後之色差變化來評估。例如，初始外觀變化係假設為濕氣所致之腐蝕等，因而係觀察在恆溫恆濕槽內放置前後的色差。使用色差計，藉由在 $L^*a^*b^*$ 顏色空間之變化量 $\Delta E$ 之絕對值來進行顏色判定。 $\Delta E$ 若少，意味著在腐蝕前後顏色變化小，反之，當 $\Delta E$ 大時意指在腐蝕前後顏色變化大。在調查長期腐蝕時，判定鹽水噴霧試驗、複合循環腐蝕試驗前後之色差即可。

【0102】 在令 $L^*a^*b^*$ 表色系統中的彩度指數(chromaticness index)為 $a^*$ 及 $b^*$ ，且令明度指數為 $L^*$ 時， $\Delta E$ 係以下述式表示。

$$\text{【0103】 } \Delta E^*_{ab} = \sqrt{((\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2)}$$

實施例

【0104】 製造表2A~表6B所示鍍敷鋼材(鍍敷鋼板)並評估性能。

在各種鍍敷浴之調合方面，係調合純金屬來進行建浴。關於鍍敷合金之成分，係在建浴之後添加Fe粉以使在試驗中Fe濃度不會上升。針對鍍敷鋼板成分，係利用溶解有抑制劑之鹽酸來剝離鍍敷層，然後以ICP實施剝離成分的成分分析。表中之「0」係表示該元素含量低於檢測極限。

【0105】 使用分批式熔融鍍敷模擬器(RHESCA CO.,LTD.製)，對180×100尺寸之熱軋後的原板(1.6~3.2mm)進行鍍敷鋼板之試驗。在一部分鍍敷原板中安裝K熱電偶，在 $N_2(H_2-5\%$ 還原)氣體環境下，在800℃之退火溫度下退火1分鐘之後，藉由氫將鍍敷原板表面充分還原，並浸漬於各條件之鍍敷浴中3秒。然

後，將鍍敷鋼板取出，再透過N<sub>2</sub>氣體抹拭將鍍敷厚度做成25~30μm。又，在從鍍敷浴取出鍍敷鋼板之後，以表1之A~K的各種冷卻條件製造出鍍敷鋼板。

【0106】 [表1]

| 條件 | 浴溫～490℃   | 490℃～400℃ | 400℃～300℃ | 低於300℃    |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| A  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 15℃/秒以上   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| B  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| C  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於1000ppm | 大氣        | 大氣        |
| D  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 小於1000ppm | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| E  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 小於3000ppm | 大氣        |
| F  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 小於3000ppm | 小於3000ppm | 小於3000ppm | 小於3000ppm |
| G  | 15℃/秒以上   |           | 15℃/秒以上   | 15℃/秒以上   |
|    | 15℃/秒以上   | 15℃/秒以上   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| H  | 低於15℃/秒   |           | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| I  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 15℃/秒以上   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| J  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 小於3000ppm | 大氣        | 大氣        |
| K  | 低於15℃/秒   |           | 15℃/秒以上   | 低於15℃/秒   |
|    | 低於15℃/秒   | 低於15℃/秒   |           |           |
|    | 大氣        | 大氣        | 大氣        | 大氣        |

上段及中段為平均冷卻速度，下段為氣體環境。

下段之ppm濃度為氧濃度。

底線部代表落在較佳製造條件外。

【0107】 條件D係從浴溫至490℃之間之氧濃度低的比較條件。

條件E係400~300℃之間之氧濃度低的比較條件。

條件F係從浴溫至490℃之間之氧濃度與400~300℃之間之氧濃度低的比較條件。

條件G係從浴溫至400℃之間之平均冷卻速度高的比較條件。

條件H係400~300℃之間之平均冷卻速度低的比較條件。

條件K係490~400℃之間之氧濃度高的比較條件。

除此之外的條件為較佳條件。

【0108】 將鍍敷後之鍍敷鋼板裁切成20mm見方，使用高角X射線繞射裝置(Rigaku公司製，型號RINT-TTR III)，在X射線輸出40kV、150mA、銅靶、測角儀TTR(水平測角儀)、K $\beta$ 濾光片之狹縫寬度0.05mm、長邊限制狹縫寬度2mm、受光狹縫寬度8mm、受光狹縫2開放之條件下，設定為掃描速度5deg./分鐘、間距寬度0.01deg.、掃描軸2 $\theta$ (5~90°)之測定條件來實施測定，獲得在各角度之繞射峰強度(cps)。然後，由繞射強度求算出R1、R2。此外，在表6A及表6B之BG採用值的欄位中，「27°」意指將式4及式6中之分母設為I(27.0°)(2 $\theta$ =27.0°之繞射強度(cps))。又，「585」係指將式4及式6中之分母設為585cps。

【0109】 關於鍍敷鋼板之平面部的耐蝕性，係從製出之鍍敷鋼板切出70×150mm尺寸之四角形試驗片，且以環氧樹脂系塗料保護試驗片端面，在實施5%鹽水噴霧試驗(JIS 2371)120小時之後，評估評估面之白鏽面積率。以下，列示白鏽面積率之評估基準。將「A」以上定為合格。

【0110】 白鏽面積率小於5%評為「AAA」。

白鏽面積率為5~10%評為「AA」。

白鏽面積率為10~20%評為「A」。

白鏽面積率為20%以上者評為「B」。

【0111】 在腐蝕過程的初始，鍍敷層越不易腐蝕者越不易產生白鏽。

【0112】 犧牲性防蝕性係從鍍敷鋼板切出70×150mm之四角形試驗片，在試驗片之4個端面露出的狀態下直接實施JASO試驗(M609-91)，評估30循環後之端面部的左右側面部之紅鏽面積率。以下，列示紅鏽面積率之評估基準。將「A」以上定為合格。

【0113】 紅鏽面積率小於5%評為「AAA」。

紅鏽面積率為5~10%評為「AA」。

紅鏽面積率為10~20%評為「A」。

紅鏽面積率為20%以上者評為「B」。

【0114】 若藉由鍍敷鋼板之腐蝕造成白鏽以覆蓋之方式形成於端面部，就會抑制紅鏽產生，紅鏽面積率有降低的傾向。

【0115】 腐蝕外觀評估(短期)係從製出之鍍敷鋼板切出70×150mm尺寸之四角形試驗片並以環氧樹脂系塗料保護端面，在將鍍敷鋼板放置於濕度90%、溫度70度之恆溫恆濕槽內24、48、72、120小時之後測定試驗前後之色差。利用 $\Delta E$ (SCE方式)之變化量大小來評估鋼板的外觀變化。評估基準如下述。將「A」以上定為合格。

【0116】 在令 $L^*a^*b^*$ 表色系統中的彩度指數為 $a^*$ 及 $b^*$ ，且令明度指數為 $L^*$ 時， $\Delta E$ 係以下述式表示。將「A」以上定為合格。

【0117】  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{((\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2)}$

【0118】  $\Delta E < 5$ 持續120小時以上者評為「S」。

$\Delta E < 5$ 持續72小時以上者評為「AAA」。

$\Delta E < 5$ 持續48小時以上者評為「AA」。

$\Delta E < 5$ 持續24小時以上者評為「A」。

$\Delta E < 5$ 在24小時以內就未持續者評為「B」。

【0119】腐蝕外觀評估(長期)係從製出之鍍敷鋼板切出70×150mm尺寸之四角形試驗片並以環氧樹脂系塗料保護端面，在將鍍敷鋼板放置於JASO試驗中3、6、9、15循環之後，測定在未產生白鏽之部分中之試驗前後之色差 $\Delta E$ 。利用 $\Delta E$ (SCE方式)之變化量大小來評估鋼板的外觀變化。評估基準如下述。將「A」以上定為合格。

【0120】 $\Delta E < \text{小於} 5$ 持續15循環以上者評為「S」。

$\Delta E < \text{小於} 5$ 持續9循環以上者評為「AAA」。

$\Delta E < \text{小於} 5$ 持續6循環以上者評為「AA」。

$\Delta E < \text{小於} 5$ 持續3循環以上者評為「A」。

$\Delta E < \text{小於} 5$ 在3循環以內就未持續者評為「B」。

【0121】如表2A~表6B所示，實施例1~5、11、12、14~16、21、22、26~46、48~51滿足本發明範圍，耐蝕性、犧牲性防蝕性、腐蝕外觀評估(短期)及腐蝕外觀評估(長期)之各特性皆良好。

【0122】為比較例之6~10、13、17~21及24因製造條件不佳，故繞射強度比R1成為2.5以下，耐蝕性、犧牲性防蝕性、腐蝕外觀評估(短期)及腐蝕外觀評估(長期)之各特性皆無法令人滿意。

比較例25之 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 成為375.0以上，繞射強度比R1因而成為2.5以下，耐蝕性、犧牲性防蝕性、腐蝕外觀評估(短期)及腐蝕外觀評估(長期)之各特性皆無法令人滿意。

比較例47之 $(\text{Si}/\Sigma\text{B}) \times (\text{Mg}/\text{Si})$ 成為小於26.0，繞射強度比R1因而成為2.5以下，耐蝕性、犧牲性防蝕性、腐蝕外觀評估(短期)及腐蝕外觀評估(長期)之各特性皆無法令人滿意。

比較例52~78之鍍敷層之平均化學組成落在本發明範圍外，繞射強度比R1因而成為2.5以下，耐蝕性、犧牲性防蝕性、腐蝕外觀評估(短期)及腐蝕外觀評估(長

期)之各特性皆無法令人滿意。

【0123】 [表2A]

| No. | 區分  | 浴溫<br>(°C) | 製法       | 鍍敷層   |      |      |      |      |      |      |
|-----|-----|------------|----------|-------|------|------|------|------|------|------|
|     |     |            |          | Zn    | Al   | Mg   | 元素群A |      |      |      |
|     |     |            |          |       |      |      | Sn   | Bi   | In   | Σ A  |
| 1   | 實施例 | 550        | B        | 73.29 | 19.0 | 6.0  | 0.01 | 0    | 0    | 0.01 |
| 2   | 實施例 | 550        | B        | 65.42 | 20.0 | 12.5 | 0.03 | 0    | 0    | 0.03 |
| 3   | 實施例 | 600        | C        | 54.27 | 27.0 | 14.9 | 0.05 | 0    | 0    | 0.05 |
| 4   | 實施例 | 550        | B        | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 5   | 實施例 | 550        | A        | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 6   | 比較例 | 550        | <u>D</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 7   | 比較例 | 550        | <u>E</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 8   | 比較例 | 550        | <u>F</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 9   | 比較例 | 550        | <u>G</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 10  | 比較例 | 550        | <u>H</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 11  | 實施例 | 550        | I        | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 12  | 實施例 | 550        | J        | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 13  | 比較例 | 550        | <u>K</u> | 76.35 | 17.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 14  | 實施例 | 550        | B        | 67.12 | 18.0 | 12.5 | 0.02 | 0    | 0.09 | 0.11 |
| 15  | 實施例 | 550        | C        | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 16  | 實施例 | 550        | A        | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 17  | 比較例 | 550        | <u>D</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 18  | 比較例 | 550        | <u>E</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 19  | 比較例 | 550        | <u>F</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 20  | 比較例 | 550        | <u>G</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 21  | 比較例 | 550        | <u>H</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 22  | 實施例 | 550        | I        | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 23  | 實施例 | 550        | J        | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 24  | 比較例 | 550        | <u>K</u> | 67.69 | 18.0 | 12.5 | 0.05 | 0.09 | 0    | 0.14 |
| 25  | 比較例 | 550        | B        | 67.86 | 18.0 | 12.5 | 0.08 | 0    | 0    | 0.08 |
| 26  | 實施例 | 600        | B        | 56.89 | 25.0 | 14.8 | 0.20 | 0    | 0.10 | 0.30 |
| 27  | 實施例 | 550        | B        | 66.74 | 21.0 | 10.0 | 0.20 | 0    | 0.20 | 0.40 |
| 28  | 實施例 | 550        | B        | 69.34 | 21.0 | 7.0  | 0.10 | 0.30 | 0    | 0.40 |
| 29  | 實施例 | 550        | B        | 70.86 | 22.0 | 5.1  | 0.07 | 0    | 0.01 | 0.08 |
| 30  | 實施例 | 550        | B        | 70.85 | 22.0 | 5.1  | 0.08 | 0    | 0.01 | 0.09 |
| 31  | 實施例 | 550        | B        | 72.98 | 19.0 | 5.6  | 0.10 | 0.01 | 0    | 0.11 |
| 32  | 實施例 | 550        | B        | 73.08 | 19.0 | 5.5  | 0.10 | 0.01 | 0    | 0.11 |
| 33  | 實施例 | 550        | B        | 72.98 | 19.0 | 5.6  | 0.10 | 0.01 | 0    | 0.11 |
| 34  | 實施例 | 550        | B        | 72.98 | 19.0 | 5.6  | 0.10 | 0.01 | 0    | 0.11 |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量%。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0124】 [表2B]

| No. | 區分  | 浴溫<br>(°C) | 製法 | 鍍敷層          |             |             |             |             |             |             |
|-----|-----|------------|----|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|     |     |            |    | Zn           | Al          | Mg          | 元素群A        |             |             |             |
|     |     |            |    |              |             |             | Sn          | Bi          | In          | Σ A         |
| 35  | 實施例 | 550        | B  | 72.98        | 19.0        | 5.6         | 0.10        | 0.01        | 0           | 0.11        |
| 36  | 實施例 | 550        | C  | 72.80        | 19.0        | 6.5         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 37  | 實施例 | 550        | B  | 71.97        | 19.0        | 7.1         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 38  | 實施例 | 550        | B  | 70.87        | 19.0        | 6.2         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 39  | 實施例 | 600        | B  | 60.74        | 28.0        | 6.8         | 0.10        | 0           | 0.40        | 0.50        |
| 40  | 實施例 | 600        | C  | 55.25        | 29.0        | 12.0        | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 41  | 實施例 | 600        | B  | 62.00        | 25.0        | 10.0        | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 42  | 實施例 | 600        | B  | 62.00        | 25.0        | 10.0        | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 43  | 實施例 | 600        | B  | 53.92        | 29.5        | 12.5        | 0.10        | 0.50        | 0           | 0.60        |
| 44  | 實施例 | 550        | B  | 70.97        | 19.0        | 7.5         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 45  | 實施例 | 550        | C  | 74.49        | 15.5        | 7.5         | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 46  | 實施例 | 550        | B  | 66.97        | 23.0        | 8.0         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 47  | 比較例 | 600        | B  | 64.84        | 25.0        | 7.6         | 0.15        | 0.10        | 0           | 0.25        |
| 48  | 實施例 | 550        | B  | 73.71        | 19.0        | 5.1         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 49  | 實施例 | 550        | B  | 71.37        | 19.0        | 7.0         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 50  | 實施例 | 550        | B  | 71.34        | 19.0        | 7.0         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 51  | 實施例 | 550        | B  | 71.00        | 19.0        | 7.0         | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 52  | 比較例 | 550        | C  | 70.15        | 19.0        | 9.5         | 0.05        | 0           | 0           | 0.05        |
| 53  | 比較例 | 550        | B  | 74.35        | 18.0        | 6.0         | 0.50        | 0           | 0           | 0.50        |
| 54  | 比較例 | 550        | B  | 72.70        | 20.0        | 5.8         | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 55  | 比較例 | 550        | B  | 69.70        | 16.5        | 12.0        | 0.10        | 0           | 0           | 0.10        |
| 56  | 比較例 | 600        | B  | 67.10        | 24.5        | 5.1         | 0.90        | 0           | 0           | 0.90        |
| 57  | 比較例 | 600        | C  | 62.90        | 29.0        | 5.1         | 0           | 0           | 0           | 0           |
| 58  | 比較例 | 600        | B  | <u>49.90</u> | 29.0        | 14.5        | 0.90        | 0           | 0           | 0.90        |
| 59  | 比較例 | 550        | B  | 77.00        | <u>15.0</u> | 6.0         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 60  | 比較例 | 600        | B  | 58.20        | <u>30.0</u> | 10.0        | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 61  | 比較例 | 550        | B  | 73.20        | 20.0        | <u>5.0</u>  | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 62  | 比較例 | 600        | B  | 58.00        | 25.0        | <u>15.0</u> | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 63  | 比較例 | 550        | C  | 69.30        | 20.0        | 8.0         | <u>1.00</u> | 0           | 0           | <u>1.00</u> |
| 64  | 比較例 | 550        | B  | 70.40        | 20.0        | 7.0         | 0.80        | 0.20        | 0           | <u>1.00</u> |
| 65  | 比較例 | 550        | C  | 69.40        | 20.0        | 8.0         | 0           | <u>1.00</u> | 0           | <u>1.00</u> |
| 66  | 比較例 | 550        | B  | 70.40        | 20.0        | 7.0         | 0           | 0.80        | 0.20        | <u>1.00</u> |
| 67  | 比較例 | 550        | C  | 69.40        | 20.0        | 8.0         | 0           | 0           | <u>1.00</u> | <u>1.00</u> |
| 68  | 比較例 | 550        | B  | 70.40        | 20.0        | 7.0         | 0.80        | 0           | 0.20        | <u>1.00</u> |
| 69  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 70  | 比較例 | 550        | B  | 72.90        | 18.0        | 6.5         | 0.30        | 0           | 0           | 0.30        |
| 71  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 72  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 73  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 74  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 75  | 比較例 | 550        | B  | 72.10        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 76  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 77  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |
| 78  | 比較例 | 550        | B  | 71.50        | 19.0        | 7.5         | 0.20        | 0           | 0           | 0.20        |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量%。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0125】 [表3A]

| No. | 鍍敷層   |      |       |       |       |      |      |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
|     | 元素群B  |      |       |       |       |      | Si   |
|     | Ca    | Y    | La    | Ce    | Sr    | Σ B  |      |
| 1   | 0.10  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.10 | 0.60 |
| 2   | 0.21  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.21 | 0.63 |
| 3   | 0.57  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.57 | 2.90 |
| 4   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 5   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 6   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 7   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 8   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 9   | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 10  | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 11  | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 12  | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 13  | 0.16  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.16 | 0.51 |
| 14  | 0.11  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.11 | 0.63 |
| 15  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 16  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 17  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 18  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 19  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 20  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 21  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 22  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 23  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 24  | 0.04  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.04 | 0.63 |
| 25  | 0.027 | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.03 | 0.63 |
| 26  | 0.20  | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.20 | 1.80 |
| 27  | 0     | 0    | 0.027 | 0     | 0     | 0.03 | 0.63 |
| 28  | 0.027 | 0    | 0     | 0     | 0     | 0.03 | 0.63 |
| 29  | 0     | 0    | 0     | 0.027 | 0     | 0.03 | 0.63 |
| 30  | 0     | 0    | 0     | 0     | 0.027 | 0.03 | 0.63 |
| 31  | 0     | 0.20 | 0.01  | 0     | 0     | 0.21 | 1.60 |
| 32  | 0     | 0.20 | 0.01  | 0     | 0     | 0.21 | 1.60 |
| 33  | 0     | 0.20 | 0.01  | 0     | 0     | 0.21 | 1.60 |
| 34  | 0     | 0.20 | 0.01  | 0     | 0     | 0.21 | 1.60 |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量％。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0126】 [表3B]

| No. | 鍍敷層         |             |             |             |             |             |      |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
|     | 元素群B        |             |             |             |             |             | Si   |
|     | Ca          | Y           | La          | Ce          | Sr          | Σ B         |      |
| 35  | 0           | 0.20        | 0.01        | 0           | 0           | 0.21        | 1.60 |
| 36  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0.80 |
| 37  | 0.13        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.13        | 1.20 |
| 38  | 0.10        | 0.01        | 0.01        | 0.01        | 0           | 0.13        | 3.00 |
| 39  | 0.26        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.26        | 3.40 |
| 40  | 0.25        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.25        | 3.00 |
| 41  | 0           | 0.10        | 0.10        | 0.10        | 0           | 0.30        | 2.30 |
| 42  | 0           | 0           | 0.10        | 0.10        | 0.10        | 0.30        | 2.30 |
| 43  | 0.13        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.13        | 3.00 |
| 44  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0.60 |
| 45  | 0           | 0.05        | 0           | 0.05        | 0           | 0.10        | 0.51 |
| 46  | 0           | 0           | 0.10        | 0.13        | 0           | 0.23        | 1.20 |
| 47  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 1.51 |
| 48  | 0.03        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.03        | 0.26 |
| 49  | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0           | 0.10        | 1.60 |
| 50  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.13        | 0.13        | 1.60 |
| 51  | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0           | 0.10        | 1.60 |
| 52  | 0.20        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.20        | 0.50 |
| 53  | 0.05        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.05        | 0.30 |
| 54  | 0.20        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.20        | 0.50 |
| 55  | 0.50        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.50        | 0.50 |
| 56  | 0.20        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.20        | 1.60 |
| 57  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 2.40 |
| 58  | 0.50        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.50        | 3.00 |
| 59  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0.90 |
| 60  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0.90 |
| 61  | 0.10        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.10        | 0.60 |
| 62  | 0.20        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.20        | 0.90 |
| 63  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.80 |
| 64  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.60 |
| 65  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.60 |
| 66  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.60 |
| 67  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.60 |
| 68  | 0.30        | 0           | 0           | 0           | 0           | 0.30        | 0.60 |
| 69  | <u>0.60</u> | 0           | 0           | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 70  | <u>0.90</u> | 0           | 0           | 0           | 0           | <u>0.90</u> | 0.90 |
| 71  | 0           | <u>0.60</u> | 0           | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 72  | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 73  | 0           | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0           | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 74  | 0           | 0           | 0           | 0           | <u>0.60</u> | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 75  | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | <u>0</u>    | 0.90 |
| 76  | 0.20        | 0.20        | 0.20        | 0           | 0           | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 77  | 0           | 0           | 0.20        | 0.20        | 0.20        | <u>0.60</u> | 0.90 |
| 78  | 0.20        | 0           | 0.20        | 0           | 0.20        | <u>0.60</u> | 0.90 |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量%。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0127】 [表4A]

| No. | 鍍敷層  |      |      |    |      |    |     |     |     |    |    |    |     |
|-----|------|------|------|----|------|----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|
|     | 元素群C |      |      |    |      |    |     |     |     |    |    |    |     |
|     | Cr   | Ti   | Ni   | Co | V    | Nb | Zr  | Mo  | W   | Ag | Cu | Mn | Fe  |
| 1   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.0 |
| 2   | 0.01 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.2 |
| 3   | 0    | 0.01 | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.3 |
| 4   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 5   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 6   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 7   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 8   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 9   | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 10  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 11  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 12  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 13  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.8 |
| 14  | 0    | 0    | 0.23 | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.3 |
| 15  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 16  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 17  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 18  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 19  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 20  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 21  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 22  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 23  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 24  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 25  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.9 |
| 26  | 0    | 0    | 0.01 | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.5 |
| 27  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.1 |
| 28  | 0.10 | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.5 |
| 29  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.3 |
| 30  | 0    | 0    | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 1.3 |
| 31  | 0    | 0.10 | 0    | 0  | 0.10 | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.3 |
| 32  | 0    | 0.10 | 0    | 0  | 0    | 0  | 0.1 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.3 |
| 33  | 0    | 0.10 | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0.1 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0.3 |
| 34  | 0    | 0.10 | 0    | 0  | 0    | 0  | 0   | 0   | 0.1 | 0  | 0  | 0  | 0.3 |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量%。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0128】 [表4B]

| No. | 鍍敷層  |      |      |      |   |      |    |    |   |     |      |      |     |
|-----|------|------|------|------|---|------|----|----|---|-----|------|------|-----|
|     | 元素群C |      |      |      |   |      |    |    |   |     |      |      |     |
|     | Cr   | Ti   | Ni   | Co   | V | Nb   | Zr | Mo | W | Ag  | Cu   | Mn   | Fe  |
| 35  | 0    | 0.10 | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0.1 | 0    | 0    | 0.3 |
| 36  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 37  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.5 |
| 38  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.2 |
| 39  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 40  | 0    | 0    | 0.10 | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 41  | 0    | 0    | 0    | 0.10 | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 42  | 0    | 0    | 0    | 0.10 | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 43  | 0    | 0    | 0.05 | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 44  | 0    | 0.23 | 0    | 0    | 0 | 0.10 | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 1.3 |
| 45  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 1.9 |
| 46  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.5 |
| 47  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.5 |
| 48  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 1.3 |
| 49  | 0.23 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0.10 | 0    | 0.4 |
| 50  | 0.23 | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0.10 | 0    | 0.4 |
| 51  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0.10 | 0.6 |
| 52  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.6 |
| 53  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.8 |
| 54  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.8 |
| 55  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 56  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.6 |
| 57  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.5 |
| 58  | 0    | 0    | 0.20 | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 1.0 |
| 59  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.8 |
| 60  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.6 |
| 61  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.9 |
| 62  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 63  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.6 |
| 64  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 65  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 66  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 67  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 68  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.7 |
| 69  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 70  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.5 |
| 71  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 72  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 73  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 74  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 75  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 76  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 77  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |
| 78  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0    | 0  | 0  | 0 | 0   | 0    | 0    | 0.3 |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量%。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0129】 [表5A]

| No. | 鍍敷層  |    |   |     |       |       |              |
|-----|------|----|---|-----|-------|-------|--------------|
|     | 元素群D |    |   |     | 式1    | 式2    | 式3           |
|     | Sb   | Pb | B | P   | Mg/Si | Si/ΣB |              |
| 1   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 6.0   | 60.0         |
| 2   | 0    | 0  | 0 | 0   | 19.8  | 3.0   | 59.5         |
| 3   | 0    | 0  | 0 | 0   | 5.1   | 5.1   | 26.1         |
| 4   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 5   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 6   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 7   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 8   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 9   | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 10  | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 11  | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 12  | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 13  | 0    | 0  | 0 | 0   | 10.0  | 3.2   | 31.9         |
| 14  | 0    | 0  | 0 | 0   | 19.8  | 5.7   | 113.6        |
| 15  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 16  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 17  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 18  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 19  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 20  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 21  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 22  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 23  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 24  | 0    | 0  | 0 | 0.1 | 19.8  | 15.8  | 312.5        |
| 25  | 0    | 0  | 0 | 0   | 19.8  | 23.3  | <u>463.0</u> |
| 26  | 0    | 0  | 0 | 0.5 | 8.2   | 9.0   | 74.0         |
| 27  | 0.1  | 0  | 0 | 0   | 15.9  | 23.3  | 370.4        |
| 28  | 0    | 0  | 0 | 0   | 11.1  | 23.3  | 259.3        |
| 29  | 0    | 0  | 0 | 0   | 8.1   | 23.3  | 188.9        |
| 30  | 0    | 0  | 0 | 0   | 8.1   | 23.3  | 188.9        |
| 31  | 0    | 0  | 0 | 0   | 3.5   | 7.6   | 26.7         |
| 32  | 0    | 0  | 0 | 0   | 3.4   | 7.6   | 26.2         |
| 33  | 0    | 0  | 0 | 0   | 3.5   | 7.6   | 26.7         |
| 34  | 0    | 0  | 0 | 0   | 3.5   | 7.6   | 26.7         |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量％。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0130】 [表5B]

| No. | 鍍敷層  |     |     |     |             |             |             |
|-----|------|-----|-----|-----|-------------|-------------|-------------|
|     | 元素群D |     |     |     | 式1          | 式2          | 式3          |
|     | Sb   | Pb  | B   | P   | Mg/Si       | Si/ΣB       |             |
| 35  | 0    | 0   | 0   | 0   | 3.5         | 7.6         | 26.7        |
| 36  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.1         | 8.0         | 65.0        |
| 37  | 0    | 0   | 0   | 0   | 5.9         | 9.2         | 54.6        |
| 38  | 0    | 0   | 0.5 | 0   | 2.1         | 23.1        | 47.7        |
| 39  | 0    | 0   | 0   | 0   | 2.0         | 13.1        | 26.2        |
| 40  | 0    | 0   | 0   | 0   | 4.0         | 12.0        | 48.0        |
| 41  | 0    | 0   | 0   | 0   | 4.3         | 7.7         | 33.3        |
| 42  | 0    | 0   | 0   | 0   | 4.3         | 7.7         | 33.3        |
| 43  | 0    | 0   | 0   | 0   | 4.2         | 23.1        | 96.2        |
| 44  | 0    | 0.1 | 0   | 0   | 12.5        | 6.0         | 75.0        |
| 45  | 0    | 0   | 0   | 0   | 14.7        | 5.1         | 75.0        |
| 46  | 0    | 0   | 0   | 0   | 6.7         | 5.2         | 34.8        |
| 47  | 0    | 0   | 0   | 0   | 5.0         | 5.0         | <u>25.3</u> |
| 48  | 0    | 0.5 | 0   | 0   | 19.6        | 8.7         | 170.0       |
| 49  | 0    | 0   | 0.1 | 0   | 4.4         | 16.0        | 70.0        |
| 50  | 0    | 0   | 0.1 | 0   | 4.4         | 12.3        | 53.8        |
| 51  | 0.5  | 0   | 0   | 0   | 4.4         | 16.0        | 70.0        |
| 52  | 0    | 0   | 0   | 0   | 19.0        | <u>2.5</u>  | 47.5        |
| 53  | 0    | 0   | 0   | 0   | <u>20.0</u> | 6.0         | 120.0       |
| 54  | 0    | 0   | 0   | 0   | 11.6        | <u>2.5</u>  | 29.0        |
| 55  | 0    | 0   | 0   | 0   | <u>24.0</u> | <u>1.0</u>  | <u>24.0</u> |
| 56  | 0    | 0   | 0   | 0   | 3.2         | 8.0         | <u>25.5</u> |
| 57  | 0    | 0   | 0   | 0   | 2.1         | <u>24.0</u> | 51.0        |
| 58  | 0.5  | 0   | 0   | 0.5 | 4.8         | 6.0         | 29.0        |
| 59  | 0    | 0   | 0   | 0   | 6.7         | 9.0         | 60.0        |
| 60  | 0    | 0   | 0   | 0   | 11.1        | 9.0         | 100.0       |
| 61  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | 6.0         | 50.0        |
| 62  | 0    | 0   | 0   | 0   | 16.7        | 4.5         | 75.0        |
| 63  | 0    | 0   | 0   | 0   | 10.0        | <u>2.7</u>  | 26.7        |
| 64  | 0    | 0   | 0   | 0   | 11.7        | <u>2.0</u>  | <u>23.3</u> |
| 65  | 0    | 0   | 0   | 0   | 13.3        | <u>2.0</u>  | 26.7        |
| 66  | 0    | 0   | 0   | 0   | 11.7        | <u>2.0</u>  | <u>23.3</u> |
| 67  | 0    | 0   | 0   | 0   | 13.3        | <u>2.0</u>  | 26.7        |
| 68  | 0    | 0   | 0   | 0   | 11.7        | <u>2.0</u>  | <u>23.3</u> |
| 69  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 70  | 0    | 0   | 0   | 0   | 7.2         | <u>1.0</u>  | <u>7.2</u>  |
| 71  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 72  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 73  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 74  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 75  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>—</u>    | <u>—</u>    |
| 76  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 77  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |
| 78  | 0    | 0   | 0   | 0   | 8.3         | <u>1.5</u>  | <u>12.5</u> |

表中之元素含量為平均化學組成，單位為質量％。  
表中之鍍敷層之平均化學組成的剩餘部分為不純物。  
底線部代表係在本發明範圍外。

【0131】 [表6A]

| No. | 鍍敷層 |            |       |     | 評估         |            |            |            |
|-----|-----|------------|-------|-----|------------|------------|------------|------------|
|     | BG  | 式4         | 式9    | 式6  | 平面部<br>防蝕性 | 犧牲性<br>防蝕性 | 腐蝕外觀<br>短期 | 腐蝕外觀<br>長期 |
|     | 採用值 | R1         | Si/ΣA | R2  |            |            |            |            |
| 1   | 27° | 10.2       | 60.0  | 2.1 | A          | A          | S          | S          |
| 2   | 27° | 2.8        | 21.0  | 2.1 | A          | A          | AAA        | A          |
| 3   | 27° | 2.9        | 58.0  | 2.1 | A          | A          | AAA        | A          |
| 4   | 27° | 3.9        | 6.4   | 2.1 | AA         | AAA        | S          | A          |
| 5   | 27° | 2.6        | 6.4   | 2.1 | A          | A          | A          | A          |
| 6   | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.0 | B          | B          | B          | B          |
| 7   | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.1 | B          | B          | B          | B          |
| 8   | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 9   | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.1 | B          | B          | B          | B          |
| 10  | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.1 | B          | B          | B          | B          |
| 11  | 27° | 2.7        | 6.4   | 2.2 | A          | A          | A          | A          |
| 12  | 27° | 2.6        | 6.4   | 2.1 | A          | A          | A          | A          |
| 13  | 27° | <u>2.0</u> | 6.4   | 2.1 | B          | B          | B          | B          |
| 14  | 27° | 3.8        | 5.7   | 2.1 | A          | AAA        | S          | A          |
| 15  | 27° | 2.6        | 4.5   | 2.2 | AA         | AAA        | A          | A          |
| 16  | 27° | 2.6        | 4.5   | 2.1 | A          | A          | A          | A          |
| 17  | 27° | <u>2.1</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 18  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 19  | 27° | <u>2.2</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 20  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 21  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 22  | 27° | 2.7        | 4.5   | 2.2 | A          | A          | A          | A          |
| 23  | 27° | 2.6        | 4.5   | 2.2 | A          | A          | A          | A          |
| 24  | 27° | <u>2.2</u> | 4.5   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 25  | 27° | <u>2.0</u> | 7.9   | 2.2 | B          | B          | B          | B          |
| 26  | 585 | 8.6        | 6.0   | 2.9 | AA         | AAA        | S          | AAA        |
| 27  | 27° | 2.7        | 1.6   | 2.2 | AA         | A          | AA         | A          |
| 28  | 585 | 2.9        | 1.6   | 2.3 | AA         | A          | AAA        | A          |
| 29  | 27° | 3.4        | 7.9   | 7.9 | A          | AA         | S          | A          |
| 30  | 27° | 3.4        | 7.0   | 7.9 | A          | AA         | S          | A          |
| 31  | 585 | 2.9        | 14.5  | 5.3 | AA         | A          | AAA        | A          |
| 32  | 585 | 2.9        | 14.5  | 5.3 | AA         | A          | AAA        | A          |
| 33  | 585 | 2.9        | 14.5  | 5.3 | AA         | A          | AAA        | A          |
| 34  | 585 | 2.9        | 14.5  | 5.3 | AA         | A          | AAA        | A          |

底線部代表係在本發明範圍外。

【0132】 [表6B]

| No. | 鍍敷層 |            |       |      | 評估         |            |            |            |
|-----|-----|------------|-------|------|------------|------------|------------|------------|
|     | BG  | 式4         | 式9    | 式6   | 平面部<br>防蝕性 | 犧牲性<br>防蝕性 | 腐蝕外觀<br>短期 | 腐蝕外觀<br>長期 |
|     | 採用值 | R1         | Si/ΣA | R2   |            |            |            |            |
| 35  | 585 | 2.9        | 14.5  | 5.3  | AA         | A          | AAA        | A          |
| 36  | 27° | 10.9       | 8.0   | 10.3 | A          | AA         | S          | S          |
| 37  | 27° | 3.6        | 12.0  | 11.0 | A          | A          | S          | A          |
| 38  | 27° | 2.8        | 30.0  | 3.7  | AA         | A          | AAA        | A          |
| 39  | 27° | 2.9        | 6.8   | 2.6  | A          | AAA        | AAA        | A          |
| 40  | 27° | 3.0        | 30.0  | 2.8  | AA         | A          | AAA        | A          |
| 41  | 27° | 3.2        | —     | 4.9  | AA         | A          | S          | A          |
| 42  | 27° | 3.2        | —     | 4.9  | AA         | A          | S          | A          |
| 43  | 27° | 2.9        | 5.0   | 2.6  | AAA        | AAA        | AAA        | A          |
| 44  | 585 | 8.0        | 6.0   | 2.2  | AAA        | AAA        | S          | AAA        |
| 45  | 27° | 7.6        | —     | 2.1  | A          | A          | S          | AAA        |
| 46  | 27° | 4.5        | 12.0  | 2.3  | A          | A          | S          | AA         |
| 47  | 27° | <u>2.0</u> | 6.0   | 2.3  | B          | B          | B          | B          |
| 48  | 27° | 2.9        | 2.6   | 2.3  | A          | A          | AAA        | A          |
| 49  | 585 | 3.1        | 16.0  | 7.9  | AAA        | A          | AAA        | A          |
| 50  | 585 | 3.1        | 16.0  | 7.9  | AAA        | A          | AAA        | A          |
| 51  | 27° | 3.2        | 16.0  | 2.1  | AA         | A          | AAA        | A          |
| 52  | 27° | <u>2.0</u> | 10.0  | 2.2  | B          | B          | B          | B          |
| 53  | 27° | <u>2.1</u> | 0.6   | 2.3  | B          | B          | B          | B          |
| 54  | 27° | <u>2.0</u> | —     | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 55  | 27° | <u>2.1</u> | 5.0   | 2.2  | B          | B          | B          | B          |
| 56  | 27° | <u>2.0</u> | 1.8   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 57  | 27° | <u>2.0</u> | —     | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 58  | 585 | <u>2.2</u> | 3.3   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 59  | 27° | <u>2.2</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 60  | 27° | <u>2.1</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 61  | 27° | <u>2.1</u> | 3.0   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 62  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 63  | 27° | <u>2.4</u> | 0.8   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 64  | 27° | <u>2.0</u> | 0.6   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 65  | 27° | <u>2.0</u> | 0.6   | 2.3  | B          | B          | B          | B          |
| 66  | 27° | <u>2.0</u> | 0.6   | 2.2  | B          | B          | B          | B          |
| 67  | 27° | <u>2.0</u> | 0.6   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 68  | 27° | <u>2.0</u> | 0.6   | 2.3  | B          | B          | B          | B          |
| 69  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 70  | 27° | <u>2.0</u> | 3.0   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 71  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 72  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 73  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 74  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 75  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 76  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 77  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |
| 78  | 27° | <u>2.0</u> | 4.5   | 2.1  | B          | B          | B          | B          |

底線部代表係在本發明範圍外。

產業上之可利用性

【0133】 根據本發明，可提供一種長期之外觀變化特別少之Zn系鍍敷鋼材，因此本發明在產業上之可利用性高。

【符號說明】

(無)

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種鍍敷鋼材，係於鋼材表面具有鍍敷層者；

前述鍍敷層之平均化學組成以質量%計係由以下所構成：

Zn：大於50.00%、

Al：大於15.0%且小於30.0%、

Mg：大於5.0%且小於15.0%、

Si：0.25%以上且小於3.50%、

Sn：0%以上且小於1.00%、

Bi：0%以上且小於1.00%、

In：0%以上且小於1.00%、

Ca：0%以上且小於0.60%、

Y：0%以上且小於0.60%、

La：0%以上且小於0.60%、

Ce：0%以上且小於0.60%、

Sr：0%以上且小於0.60%、

Cr：0%以上且小於0.25%、

Ti：0%以上且小於0.25%、

Ni：0%以上且小於0.25%、

Co：0%以上且小於0.25%、

V：0%以上且小於0.25%、

Nb：0%以上且小於0.25%、

Zr：0%以上且小於0.25%、

Mo：0%以上且小於0.25%、

W：0%以上且小於0.25%、

Ag：0%以上且小於0.25%、

Cu：0%以上且小於0.25%、

Mn：0%以上且小於0.25%、

Fe：0%以上且小於5.0%、

Sb：0%以上且0.5%以下、

Pb：0%以上且0.5%以下、

B：0%以上且0.5%以下、

P：0%以上且0.5%以下及

不純物；並且，

Sn、Bi及In的合計量( $\Sigma A$ )小於1.00%；

Ca、Y、La、Ce及Sr的合計量( $\Sigma B$ )為0.02%以上且小於0.60%；

Mg含量、Si含量及前述 $\Sigma B$ 滿足下述式1~式3；

且在使用Cu-K $\alpha$ 線並以X射線輸出為40kV及150mA之條件測出之前述鍍敷層表面之X射線繞射圖譜中，下述式4所定義之繞射強度比R1滿足下述式5；

$$2.0 \leq \text{Mg}/\text{Si} < 20.0 \quad \cdots \text{式1}；$$

$$3.0 \leq \text{Si}/\Sigma B < 24.0 \cdots \text{式2}；$$

$$26.0 \leq (\text{Si}/\Sigma B) \times (\text{Mg}/\text{Si}) < 375.0 \cdots \text{式3}；$$

$$R1 = \{I(16.18^\circ) + I(32.69^\circ)\} / I(27.0^\circ) \quad \cdots \text{式4}；$$

$$2.5 < R1 \cdots \text{式5}；$$

其中，式1~式3中之Si及Mg為前述鍍敷層之Si及Mg的平均組成(質量%)，式4中之 $I(16.18^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=16.18^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(32.69^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=32.69^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(27.0^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度(cps)；此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式4中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。

【請求項2】 如請求項1之鍍敷鋼材，其中在使用Cu-K $\alpha$ 線並以X射線輸出為40kV及150mA之條件測出之前述鍍敷層表面之X射線繞射圖譜中，下述式6所定義之繞射強度比R2滿足下述式7；

$$R2=\{I(24.24^\circ)+I(28.07^\circ)\}/I(27.0^\circ) \quad \cdots\text{式6}；$$

$$2.5<R2\cdots\text{式7}；$$

其中，式6中之 $I(24.24^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=24.24^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(28.07^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=28.07^\circ$ 之繞射強度(cps)， $I(27.0^\circ)$ 為前述X射線繞射圖譜之 $2\theta=27.0^\circ$ 之繞射強度(cps)；此外，在 $2\theta=27.0^\circ$ 出現1000cps以上之強度的繞射峰時，將式6中之 $I(27.0^\circ)$ 設為585cps。

【請求項3】 如請求項1或請求項2之鍍敷鋼材，其中前述式4所定義之前述R1滿足下述式8；

$$10<R1 \quad \cdots\text{式8}。$$

【請求項4】 如請求項1或請求項2之鍍敷鋼材，其滿足下述式9；

$$3.0 \leq Si/\Sigma A < 50.0 \quad \cdots\text{式9}；$$

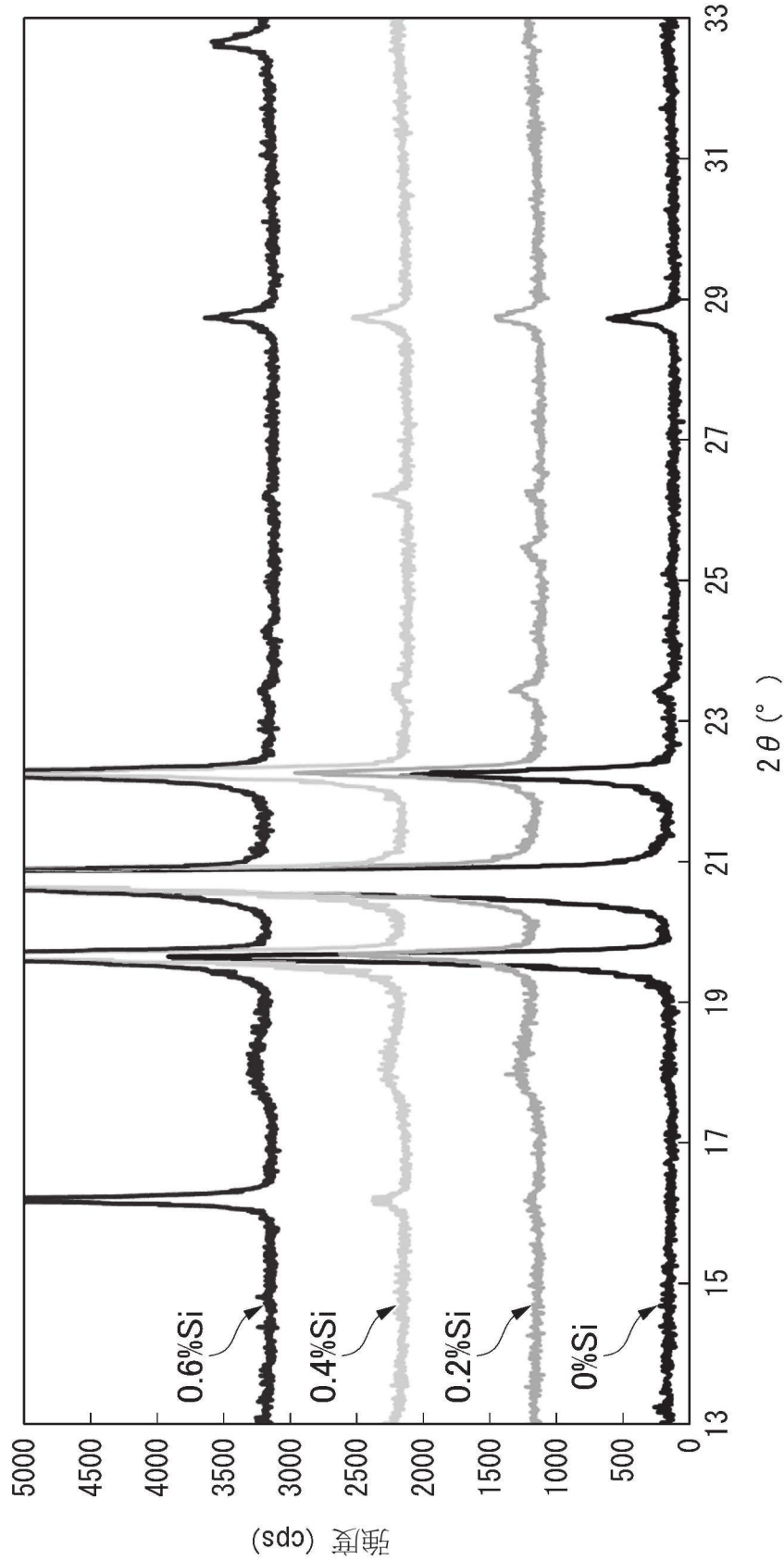
其中，式9中之Si為前述鍍敷層之Si的平均組成(質量%)。

【請求項5】 如請求項3之鍍敷鋼材，其滿足下述式9；

$$3.0 \leq Si/\Sigma A < 50.0 \quad \cdots\text{式9}；$$

其中，式9中之Si為前述鍍敷層之Si的平均組成(質量%)。

【發明圖式】



【圖1】