



(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 I872671 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 02 月 11 日

---

(21)申請案號：112132668 (22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 08 月 30 日  
(51)Int. Cl. : C23C2/06 (2006.01) C22C38/00 (2006.01)  
(30)優先權：2022/08/30 日本 2022-136497  
(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：石井康太郎 ISHII, KOTARO (JP)；德田公平 TOKUDA, KOHEI (JP)；光延卓哉  
MITSUNOBU, TAKUYA (JP)；後藤靖人 GOTO, YASUTO (JP)；齊藤完 SAITO,  
MAMORU (JP)  
(74)代理人：劉法正；尹重君  
(56)參考文獻：  
TW 202225424A WO 2022/080004A1  
審查人員：李定炘  
申請專利範圍項數：3 項 圖式數：0 共 51 頁

---

(54)名稱

鍍敷鋼材

(57)摘要

本案的鍍敷鋼材具有：鋼材、及配置於前述鋼材表面的鍍敷層；  
前述鍍敷層之平均化學組成是由預定組成所構成；  
前述鍍敷層其對前述鋼材表面為垂直的剖面中，以掃描型電子顯微鏡所觀察的組織以面積分率計  
為：  
MgZn<sub>2</sub> 相：10%以上且 50%以下、  
Al 相、Al-Zn 相及 Zn-Al 相之合計：15%以上且 75%以下、  
[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn 之三元共晶組織]：0%以上且 65%以下、  
剩餘部分：0%以上且 5.0%以下；  
前述 Al 相及前述 Zn-Al 相之合計相對於前述 Al-Zn 相的面積比( $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ )為 0.8 以上。



I872671

## 【發明摘要】

## 【中文發明名稱】

鍍敷鋼材

## 【中文】

本案的鍍敷鋼材具有：鋼材、及配置於前述鋼材表面的鍍敷層；  
前述鍍敷層之平均化學組成是由預定組成所構成；  
前述鍍敷層其對前述鋼材表面為垂直的剖面中，以掃描型電子顯微鏡所觀察的組織以面積分率計為：

MgZn<sub>2</sub>相：10%以上且50%以下、

Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計：15%以上且75%以下、

[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]：0%以上且65%以下、

剩餘部分：0%以上且5.0%以下；

前述Al相及前述Zn-Al相之合計相對於前述Al-Zn相的面積比( $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ )為0.8以上。

【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】 發明領域

本發明是有關於鍍敷鋼材。

本案基於2022年8月30日在日本提出申請的特願2022-136497號主張優先權，並在此援引其內容。

### 【先前技術】

#### 【0002】 發明背景

廣為人知的是，於鋼材表面上施予Zn鍍敷會改善鋼材的耐蝕性，而在這之中，Zn-Al-Mg系鍍敷鋼板是在Zn中添加Al、Mg而提升了耐蝕性，其被大量使用在汽車、家電、建材還有土木領域中。在這些用途的環境中，經常存在下列環境：雨水等積滯的水潤濕環境、水流動的水流環境；在這類環境下，即使是Zn-Al-Mg系鍍敷鋼板也有著耐蝕性不足的問題。

【0003】 例如，專利文獻1記載一種Zn-Al-Mg系鍍敷鋼板，具有：鋼板、含Fe及Si的合金層、及鍍敷層；鍍敷層及合金層之平均組成以質量%計含有：Al：45.0~65.0%、Si：0.50~5.00%、Mg：1.00~10.00%，剩餘部分由Zn、Fe及不純物所構成；鍍敷層以體積分率計含有：0.1~20.0%的Mg-Si相；鍍敷層表面起算在鍍敷層厚度方向上1  $\mu\text{m}$ 之範圍定義為鍍敷層之表層部，此時，在俯視表層部之鍍敷層的方向上，Mg-Si相之平均等效圓直徑為0.1~15.0  $\mu\text{m}$ ；鍍敷層表面起算朝向鍍敷層與合金層之界面在鍍敷層厚度1/2之位置定義為鍍敷層厚度中心，並橫跨整個鍍敷層厚度測定Si含量，此時，鍍敷層表面至鍍敷層厚度中心的Si含量累計值是鍍敷層表面至界面的Si含量累計值之0.55倍以上。

【0004】 專利文獻2記載一種熔融Al-Zn-Mg-Si鍍敷鋼板，是在鋼板表面具有鍍敷皮膜的熔融Al-Zn-Mg-Si鍍敷鋼板；鍍敷皮膜是由界面合金層與主層所構成，該界面合金層存在於其與母材鋼板之界面，該主層則存在於該合金層之上；鍍敷皮膜含有：25~80質量%的Al、大於0.6~15質量%的Si、及大於0.1~25質量%的Mg；主層表面之Mg<sub>2</sub>Si面積率為10%以上。

【0005】 專利文獻3記載一種金屬披覆帶材的形成方法，是用以形成鋼帶的方法，並且是由下列步驟所構成：

(a)步驟：使帶材通過熱浸漬披覆浴內，該熱浸漬披覆浴含有Al、Zn、Si及Mg且因應所需含有其他元素，進而在帶材上形成熔融Al-Zn-Si-Mg合金披膜；

(b)步驟：將披覆帶材進行冷卻而使熔融Al-Zn-Si-Mg合金於帶材上固化，並形成具有微觀結構的固化披膜，該微觀結構具有：

alpha-Al相樹枝狀晶、位於樹枝狀晶間區域(inter dendritic regions)的富Zn相(Zn-rich phases)、及位於樹枝狀晶間區域的Mg<sub>2</sub>Si相粒子；

(c)步驟：在下列溫度與時間將披覆帶材進行熱處理並促進塗膜中分散的Mg<sub>2</sub>Si相粒子產生球狀化；所述溫度與時間中會從alpha-Al相樹枝狀晶及富Zn-樹枝狀晶間相(Zn-rich interdendritic phases)的鑄造狀態(as-cast)微觀結構形成Al-Zn相固溶體；及

(d)步驟：將加熱處理後的帶材進行冷卻。

【0006】 專利文獻4記載一種高耐熱性熔融Zn-Al系合金鍍敷鋼板，是在鋼板表面形成有合金鍍敷層，該合金鍍敷層以質量%計是由Al：3.0~7.0質量%、Si：0.05~0.5質量%、Mg：0.01~0.5、剩餘部分的Zn所構成；該合金鍍敷層與鋼板基底之間形成有Si濃化的Fe-Al-Si系合金層。

【0007】 專利文獻5記載一種熔融Zn-Al-Mg系鍍敷鋼材，具有形成在鋼材表面的鍍敷層；鍍敷層以平均組成計含有：Mg：1~10質量%、Al：4~22質量%，

剩餘部分由Zn及不純物所構成；在鍍敷層中，[Al/Zn/MgZn<sub>2</sub>之三元共晶組織]之基底中含有：以鍍敷層剖面的面積率計為10~70%的[Al·Zn混合組織]；[Al·Zn混合組織]含有：Zn濃度為75質量%以上且小於85質量%之範圍的第1區域、及位於第1區域內側並且Zn濃度為67質量%以上且小於75質量%之範圍的第2區域；在第2區域中混合存在Zn相與Al相；在鍍敷層剖面中，第2區域每面積1  $\mu\text{m}^2$ 之Zn相與Al相的界面長度為20  $\mu\text{m}$ 以下。

【0008】 惟，在專利文獻1~5中並未曾探討過水潤濕環境或水流環境下的耐蝕性(以下稱為：水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性)。

[先行技術文獻]

【0009】 [專利文獻]

[專利文獻1]國際公開第2019/049307號

[專利文獻2]日本專利特開2016-166414號公報

[專利文獻3]日本專利特表2012-528244號公報

[專利文獻4]日本專利特開2000-265255號公報

[專利文獻5]日本專利特開2021-195564號公報

## 【發明內容】

【0010】 發明概要

發明所欲解決之課題

本發明是有鑑於上述情況所完成者，課題在於提供一種鍍敷鋼材，其水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性優異，還有犧牲防蝕性也很優異。

【0011】 用以解決課題之手段

為了解決上述課題，採用以下構成。

[1]一種鍍敷鋼材，具有：鋼材、及配置於前述鋼材表面的鍍敷層；

前述鍍敷層之平均化學組成以質量%計，是由下列所構成：

Al：10.0%~40.0%、

Mg：大於4.0%~8.5%、

Si：0%~5.0%、

Ca：0%~3.00%、

Sn：0%~3.00%、

Bi：0%~1.00%、

In：0%~1.00%、

Y：0%~0.50%、

La：0%~0.50%、

Ce：0%~0.50%、

Sr：0%~0.50%、

B：0%~1.00%、

P：0%~0.50%、

Cr：0%~0.25%、

Ti：0%~0.25%、

V：0%~0.25%、

Zr：0%~0.25%、

Ni：0%~1.00%、

Co：0%~0.25%、

Nb：0%~0.25%、

Cu：0%~1.00%、

Mn：0%~0.25%、

Mo：0%~0.25%、

W：0%~0.25%、

Ag：0%~1.00%、

Li：0%~0.50%、

Na：0%~0.05%、

K：0%~0.05%、

Fe：0%~5.00%、

Sb：0%~0.50%、

Pb：0%~0.50%、

Ba：0%~0.25%、

剩餘部分：Zn及不純物；

前述鍍敷層其對前述鋼材表面為垂直的剖面中，以掃描型電子顯微鏡所觀察的組織以面積分率計為：

MgZn<sub>2</sub>相：10%以上且50%以下、

Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計：15%以上且75%以下、

[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]：0%以上且65%以下、

剩餘部分：0%以上且5.0%以下；

前述Al相及前述Zn-Al相之合計相對於前述Al-Zn相的面積比( $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ )為0.8以上。

[2]如[1]所記載的鍍敷鋼材，其中，

在前述鍍敷層之平均化學組成中，Si為0.05%~5.0%；

前述鍍敷層表面至深度0.5  $\mu\text{m}$ 為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各元素之強度累計值滿足下述公式(1)：

$$I \Sigma (\text{Si}) / (I \Sigma (\text{Zn}) + I \Sigma (\text{Al})) \geq 0.005 \cdots (1)$$

其中，式(1)中的 $I \Sigma (\text{Si})$ 、 $I \Sigma (\text{Zn})$ 及 $I \Sigma (\text{Al})$ 分別是以GDS法所檢測出的Si、Zn及Al之強度累計值。

[3]如[1]或[2]所記載的鍍敷鋼材，其中，

在前述鍍敷層之平均化學組成中，Ca為0.01%~3%；

在鍍敷層中含有下列之中的任一者：Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>相、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>相、CaAl<sub>1-x</sub>Si<sub>1+x</sub>相(其中，x=0~0.2)；

前述鍍敷層表面至深度0.5 μm為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各元素之強度累計值滿足下述公式(2)：

$$I \Sigma (\text{Ca}) / I \Sigma (\text{Si}) \geq 2.0 \cdots (2)$$

其中，式(2)中的I Σ (Ca)及I Σ (Si)分別是以GDS法所檢測出的Ca及Si之強度累計值。

#### 【0012】 發明效果

依照本發明，就能提供一種鍍敷鋼材，其水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性優異，還有犧牲防蝕性也很優異。

#### 【實施方式】

##### 【0013】 本發明的實施形態

用以實施發明之形態

以往，專為水潤濕及水流環境設置的鍍敷材而言，已知有例如專為浪管 (corrugated pipe) 設置且被稱為Type2的純Al鍍敷材。惟，Al的犧牲防蝕性差，會有從鋼材端面產生紅鏽的外觀上問題。又，若鋼材板厚變厚，則從端面進展腐蝕的情況會變得顯著，會有製品壽命縮短之課題。

【0014】 另一方面，關於Zn-Al-Mg系鍍敷材，其犧牲防蝕性能充足，且其在一般環境下具有優於Zn鍍敷的耐蝕性，但在水潤濕及水流環境下，腐蝕生成物容易流失，會有難以發揮高於一般環境之耐蝕性的課題。

【0015】 不過，Zn-Al-Mg系鍍敷層是由複數個構成相所形成。細節於後說明，其是以Al相、Al-Zn相、Zn-Al相、Mg<sub>2</sub>Zn相、Mg<sub>2</sub>Zn<sub>11</sub>相、Zn相、[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn

之三元共晶組織]這類相、組織佔相構成比例的大半數。

【0016】 本案發明人等著眼於水潤濕性環境下Zn-Al-Mg系鍍敷之水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性對於鍍敷層之構成相、構成組織的關係，經過精心探討後發現，透過使構成相及構成組織之比例變得適切，就能提升水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性。

【0017】 已知的是，鍍敷成分的Al在凝固時會以複數個相的形式析出，亦即以Al相、Al-Zn相、Zn-Al相的形式析出。其中，關於Al相，其耐水性、耐水流性最優異，另一方面其犧牲防蝕性匱乏。再者，關於Al-Zn相，雖然其犧牲防蝕性是3相中最高的，但水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性差。更甚者，關於Zn-Al相，其所具有的性質是：水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性、犧牲防蝕性相對於前述2相之性質皆為中間的性質。

【0018】 於是，若適宜調整Zn-Al-Mg系之鍍敷層中的Al相比例，就能獲得耐蝕性優異的鍍敷鋼材，考量此點而精心探討後發現，透過控制鍍敷層中的相比例，則鍍敷鋼材會具有優異的水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性、以及犧牲防蝕性。本發明之鍍敷鋼材所製造的鋼結構物，其水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性及犧牲防蝕性將會優異。以下，說明本發明實施形態之鍍敷鋼材。

【0019】 本實施形態之鍍敷鋼材具有：鋼材、及配置於鋼材表面的鍍敷層；  
鍍敷層之平均化學組成以質量%計，是由下列所構成：Al：10.0%~40.0%、Mg：大於4.0%~8.5%、Si：0%~5.0%、Ca：0%~3.00%、Sn：0%~3.00%、Bi：0%~1.00%、In：0%~1.00%、Y：0%~0.50%、La：0%~0.50%、Ce：0%~0.50%、Sr：0%~0.50%、B：0%~1.00%、P：0%~0.50%、Cr：0%~0.25%、Ti：0%~0.25%、V：0%~0.25%、Zr：0%~0.25%、Ni：0%~1.00%、Co：0%~0.25%、Nb：0%~0.25%、Cu：0%~1.00%、Mn：0%~0.25%、Mo：0%~0.25%、W：0%~0.25%、Ag：0%~1.00%、Li：0%~0.50%、Na：0%~0.05%、K：0%~0.05%、Fe：0%~5.00%、Sb：0%~0.50%、Pb：0%~0.50%、

Ba：0%~0.25%、剩餘部分：Zn及不純物；

鍍敷層其對鋼材表面為垂直的剖面中，以掃描型電子顯微鏡所觀察的組織以面積分率計為：

MgZn<sub>2</sub>相：10%以上且50%以下、

Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計：15%以上且75%以下、

[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]：0%以上且65%以下、

剩餘部分：0%以上且5.0%以下；

Al相及Zn-Al相之合計相對於Al-Zn相的面積比( $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ )為0.8以上。

再者，本實施形態之鍍敷鋼材宜為：在鍍敷層之平均化學組成中，Si為0.05%~5.0%；鍍敷層表面至深度0.5 μm為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各元素之強度累計值滿足下述公式(1)：

$$I \Sigma (Si)/(I \Sigma (Zn)+I \Sigma (Al)) \geq 0.005 \cdots (1)$$

其中，式(1)中的I Σ (Si)、I Σ (Zn)及I Σ (Al)分別是以GDS法所檢測出的Si、Zn及Al之強度累計值。

更甚者，本實施形態之鍍敷鋼材宜為：在鍍敷層之平均化學組成中，Ca為0.01%~3%；在鍍敷層中含有下列之中的任一者：Ca<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>相、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>相、CaAl<sub>1-x</sub>Si<sub>1+x</sub>相(其中，x=0~0.2)；鍍敷層表面至深度0.5 μm為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各元素之強度累計值滿足下述公式(2)：

$$I \Sigma (Ca)/I \Sigma (Si) \geq 2.0 \cdots (2)$$

其中，式(2)中的I Σ (Ca)及I Σ (Si)分別是以GDS法所檢測出的Ca及Si之強度累計值。

**【0020】** 在以下的說明中，化學組成的各元素含量之「%」標示意指：「質量%」。又，使用「~」所表示的數值範圍意指：「~」前後記載之數值作為下限

值及上限值所涵蓋的範圍。另外，「~」前後記載之數值標註「大於」或「小於」時之數值範圍意指：不含此等數值作為下限值或上限值的範圍。

【0021】另外，所謂「耐蝕性」是表示：鍍敷層本身難以腐蝕的性質。Zn系之鍍敷層由於對鋼材具有犧牲防蝕作用，因此在鋼材腐蝕前鍍敷層會腐蝕而白鏽化；白鏽化的鍍敷層消失後，鋼材會腐蝕而產生紅鏽，這就是鍍敷鋼板的腐蝕過程。

再者，所謂「犧牲防蝕性」是表示下列性質：在鋼材露出部(例如，鍍敷鋼材切斷端面部、加工時之熔融鍍敷層裂紋因而露出鋼材的部位)中抑制鋼材腐蝕的性質。

更甚者，所謂「水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性」是表示下列性質：有水滴下至鍍敷層表面且有水在鍍敷層上流動時，鍍敷層本身難以腐蝕的性質。

【0022】鋼材的材質並不特別限制。鋼材可應用例如：一般鋼、Ni預鍍敷鋼、鋁脫氧鋼(Al killed steel)、極低碳鋼、高碳鋼、各種高張力鋼、局部高合金鋼(含Ni、Cr等強化元素的鋼等)等各種鋼材。再者，關於鋼材，針對鋼材的製造方法、鋼板的製造方法(熱軋軋方法、酸洗方法、冷軋方法等)等條件也不特別限制。更甚者，鋼材亦可使用形成有金屬膜或合金膜的鋼材，且所述金屬膜或合金膜之Zn、Ni、Sn、或這些的合金系等為 $3\text{g}/\text{m}^2$ 以下。

【0023】接著說明鍍敷層。本實施形態之鍍敷層含有Zn-Al-Mg系合金層。又，鍍敷層亦可含有Al-Fe合金層。相對於一般Zn鍍敷層，在Zn中添加了Al、Mg等合金元素而成的Zn-Al-Mg系合金層會改善耐蝕性。例如，即使厚度為一般Zn鍍敷層的一半左右，Zn-Al-Mg系合金層也會具有等同於Zn鍍敷層的耐蝕性。據此，本實施形態之鍍敷層也具備等同或高於Zn鍍敷層的耐蝕性。

【0024】Zn-Al-Mg系合金層是由Zn-Al-Mg系合金所構成。所謂Zn-Al-Mg系合金意指：含Zn、Al及Mg的三元系合金。

【0025】 Al-Fe合金層是一種位於鋼材與Zn-Al-Mg合金層之間的界面合金層。

【0026】 也就是說，本實施形態之鍍敷層可為Zn-Al-Mg合金層的單層結構，亦可為含有Zn-Al-Mg合金層與Al-Fe合金層的積層結構。若為積層結構，則使Zn-Al-Mg合金層作為構成鍍敷層表面的層體即可。然而，在鍍敷層之最外表面雖會形成出鍍敷層構成元素的氧化披膜且厚度小於 $1\ \mu\text{m}$ 左右，但其相對鍍敷層整體厚度較薄，因此，從鍍敷層的主體來看多半會予以忽視。

【0027】 鍍敷層整體厚度宜設為 $5\sim 70\ \mu\text{m}$ 。鍍敷層整體厚度由於會受到鍍敷條件左右，故鍍敷層整體厚度並不限定於 $5\sim 70\ \mu\text{m}$ 之範圍。關於鍍敷層整體厚度，在一般熔融鍍敷法中會受到鍍敷浴之黏性及比重的影響。然後，可透過鋼材(鍍敷母板)的抽出速度及抹拭(wiping)的強弱來調整鍍敷層整體厚度。

【0028】 關於Al-Fe合金層，其形成於鋼材表面(具體而言，是鋼材與Zn-Al-Mg合金層之間)，就組織來說，其是一種 $\text{Al}_5\text{Fe}_2$ 相為主相的層體。Al-Fe合金層是因為基鐵(鋼材)及鍍敷浴相互原子擴散而形成。當製法使用熔融鍍敷法時，在含Al元素的鍍敷層中會容易形成出Al-Fe合金層。由於鍍敷浴中含有一定濃度以上的Al，因此 $\text{Al}_5\text{Fe}_2$ 相會形成最多。惟，原子擴散需要時間；又，靠近基鐵部分中，也會有Fe濃度變高的部分。因此，Al-Fe合金層有時也會局部少量含有AlFe相、 $\text{Al}_3\text{Fe}$ 相、 $\text{Al}_2\text{Fe}$ 相等。又，由於鍍敷浴中含有一定濃度的Zn，因此Al-Fe合金層也少量含有Zn。

【0029】 鍍敷層中含有Si時，Si尤其容易組入Al-Fe合金層中，有時會形成Al-Fe-Si金屬間化合物相。就可鑑別的金屬間化合物相來說，有AlFeSi相，並存在 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $q1, q2$ -AlFeSi相等作為異構物。因此，Al-Fe合金層有時會檢測出這些AlFeSi相等。含這些AlFeSi相等的Al-Fe合金層亦稱為Al-Fe-Si合金層。

【0030】 接著，說明鍍敷層之平均化學組成。當鍍敷層為Zn-Al-Mg合金層

之單層結構時，鍍敷層整體之平均化學組成是Zn-Al-Mg合金層之平均化學組成。又，當鍍敷層為Al-Fe合金層及Zn-Al-Mg合金層之積層結構時，則為Al-Fe合金層及Zn-Al-Mg合金層之合計的平均化學組成。

【0031】 在一般熔融鍍敷法中，由於形成鍍敷層的反應大致上在鍍敷浴內就完成，因此Zn-Al-Mg合金層之化學組成幾乎會等同於鍍敷浴。又，在熔融鍍敷法中，Al-Fe合金層在鍍敷浴浸漬後當下瞬間就形成、成長。然後，Al-Fe合金層在鍍敷浴內就完成形成反應，其厚度多半相對Zn-Al-Mg合金層也夠薄。據此，只要鍍敷後沒有進行加熱合金化處理等特殊熱處理，則鍍敷層整體之平均化學組成會實質等同於Zn-Al-Mg合金層之化學組成，可忽視Al-Fe合金層等的成分。

【0032】 Al：10.0%以上且40.0%以下

關於Al，其與Zn同樣是構成鍍敷層主體的元素。Al之犧牲防蝕作用雖小，但透過在鍍敷層中含有Al，會提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性還有平面部耐蝕性。又，Al不存在時，無法在鍍敷浴中穩定保持Mg，因此其係作為製造上不可欠缺的元素而被含於鍍敷浴中。Al含量設為10.0%以上，這是為了後述大量含有Mg所需的含量，或是為了確保某一程度之耐蝕性所需的含量；若在該含量以下，則作成鍍敷浴的建浴會有困難，而且會變得難以確保耐蝕性。又，Al含量設為40.0%以下，是因為Al對鋼板的犧牲防蝕作用弱，若為此以上的含量，就會變得無法充分獲得犧牲防蝕性，故上限設為40.0%以下。

【0033】 Mg：大於4.0%且為8.5%以下

Mg具有犧牲防蝕效果，是一種會提高鍍敷層耐蝕性的元素。含有一定以上的Mg，藉此會在鍍敷層中形成MgZn<sub>2</sub>相。鍍敷層中的Mg含量越高，就越會形成更多的MgZn<sub>2</sub>相。已知的是，MgZn<sub>2</sub>相具有所謂拉弗氏相(Laves' phases)的結構，其硬度高也廣為人知。Mg含量設為大於4.0%，是為了發揮耐蝕性所需的濃度，4.0%以下時無法獲得充分的耐蝕性。又，MgZn<sub>2</sub>相無法充分形成於鍍敷層中，鍍

敷層本身的耐蝕性也會變低。Mg含量過多時，會變得難以製造鍍敷層，而鍍敷層加工性會降低，因此，其上限為8.5%以下。較宜的Mg含量為5.0%以上且7.0%以下。

**【0034】 Si：0%~5.0%**

若Si含於鍍敷浴中，則會在鍍敷層中析出Si單相或 $Mg_2Si$ ；此外，若同時含有Si與Ca，則會析出Al-Ca-Si化合物。Si由於水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性優異，故透過在鍍敷層表層析出Si或Si系化合物，就能更加提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性。Si由於是任意添加元素而可為0%，不過若含有0.05%以上，則會更加提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性。但是，若Si大於5.0%，則會頻繁產生大量浮渣或頻繁產生未鍍。因此，Si濃度為0~5.0%，亦可為0.05%~5.0%，亦可為0.05%~小於1.0%，亦可為0.10%~0.50%。

**【0035】 Ca：0%~3.00%**

Ca容易在大氣中氧化，其若存在於鍍敷浴中，則會在浴表面形成緻密的氧化披膜，並具有防止Mg氧化的效果。透過前述效果，Mg濃度會穩定，且會使目標組成之鍍敷鋼板在製造上變得容易。Ca由於是任意添加元素而可為0%，不過為了適切發揮出如前所述之效果，Ca含量設為大於0%，較宜設為0.01%以上。又，含有Ca為0.01%以上時，就會變得容易形成出Al-Ca-Si系化合物或Ca-Al-Zn系化合物。其中，Al-Ca-Si系化合物由於水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性優異，因此透過此等化合物在鍍敷表層濃化，就能提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性。Ca之上限設為3.00%以下。

**【0036】 元素群A**

Sn：0%~3.00%

Bi：0%~1.00%

In：0%~1.00%

元素群A的元素具有提升犧牲防蝕性的功能。但是，這類元素比起Zn是更強烈傾向於Mg的結合，含有Mg的效果會變小，故此等元素含量存在上限。若大於上限，則浮渣等的附著情況會變多，水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性、加工性、熔接性也都會傾向惡化。據此，Sn設為0~3.00%，較宜設為大於0~小於3.00%。Bi設為0%~1.00%，較宜設為大於0~小於1.00%。In設為0%~1.00%，較宜設為大於0且小於1.00%。

#### 【0037】 元素群B

Y：0%~0.50%

La：0%~0.50%

Ce：0%~0.50%

Sr：0%~0.50%

元素群B的Y、La、Ce、Sr容易在大氣中氧化，其等若存在於鍍敷浴中，則會在浴表面形成緻密的氧化披膜，並具有防止Mg氧化的效果。透過前述效果，Mg濃度會穩定，且會使目標組成之鍍敷鋼板在製造上變得容易。為了適切發揮出如此效果，此等元素之含量設為大於0%，較宜設為0.01%以上。但是，各個元素之含量有上限，若大於含量上限，則鍍敷浴的建浴會傾向變得困難。又，浮渣等的附著情況會變多，水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性、加工性、熔接性也都會傾向惡化。因此，Y、La、Ce、Sr分別設為0%~0.50%，宜設為大於0且小於0.50%，較宜設為0.01%以上且小於0.50%。

#### 【0038】 元素群C

B：0%~1.00%

P：0%~0.50%

元素群C的B及P是一種屬於半金屬的元素。一般來說，此等元素也不會對水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性帶來影響，不過，各個元素之含量有上限，若大於含量

上限，則浮渣等的附著情況會變多，耐蝕性會傾向惡化。因此，B及P分別設為0%~1.0%、0%~0.50%。

【0039】 元素群D

Cr：0%~0.25%

Ti：0%~0.25%

V：0%~0.25%

Zr：0%~0.25%

Ni：0%~1.00%

Co：0%~0.25%

Nb：0%~0.25%

Cu：0%~1.00%

Mn：0%~0.25%

Mo：0%~0.25%

W：0%~0.25%

Ag：0%~1.00%

Li：0%~0.50%

Na：0%~0.05%

K：0%~0.05%

Fe：0%~5.00%

元素群D的Cr、Ti、V、Zr、Ni、Co、Nb、Cu、Mn、Mo、W、Ag、Li、Na、K及Fe是金屬元素，將此等元素組入鍍敷層中，便會作成置換固溶體或新的高熔點金屬間化合物。藉此，會改善水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性。各個元素之含量有上限，若大於含量上限，則浮渣等的附著情況會傾向變多。據此，Na、K分別設為0%~0.05%，宜設為大於0%且小於0.05%。Cr、Ti、V、Zr、Co、Nb、Mn、Mo、

W分別設為0%~0.25%，宜設為大於0%且小於0.25%。Li設為0%~0.50%以下，宜設為大於0%且小於0.50%。Ni、Cu、Ag分別設為0%~1.00%以下，宜設為大於0%且小於1.00%。又，Fe有時會不可避免含於鍍敷層中。這是因為在製造鍍敷時會有從基鐵擴散至鍍敷層中的情況。因此，Fe含量為0%~5.00%以下，亦可大於0%且小於5.00%。

**【0040】 元素群E**

Sb：0%~0.50%

Pb：0%~0.50%

Ba：0%~0.25%

元素群E的Sb、Pb、Ba是一種與Zn性質相似的元素。據此，幾乎不會因為含有此等元素而發揮出特殊效果，不過具有容易在鍍敷外觀形成鋅花紋樣等效果。但是，若過量含有，則有時耐蝕性會降低。據此，Sb、Pb分別設為0%~0.50%，宜設為大於0%且小於0.50%。Ba設為0%~0.25%，宜設為大於0%且小於0.25%。

**【0041】 剩餘部分：Zn及不純物**

Zn是低熔點金屬，其存在鋼材上並構成鍍敷層主相。Zn是一種為了確保耐蝕性並獲得對鋼材的犧牲防蝕作用所必需的元素。Zn定為剩餘部分，適宜的是含有50.00%以上為佳。若Zn小於50.00%，則Zn-Al-Mg合金層之金屬組織主體會變成Al相，用以展現犧牲防蝕性的Zn相有時會不足。較宜的是，設為65.00%以上或70.00%以上。另外，Zn含量之上限會是：非Zn元素及不純物以外之剩餘部分的量。

**【0042】** 又，鍍敷層中的不純物是原材料所含成分或製造步驟中混入的成分，且是指非刻意含有的成分。例如，在鍍敷層中，由時也會因為鋼材(基鐵)與鍍敷浴相互原子擴散，而微量混入Fe以外成分作為不純物。

**【0043】** 鍍敷層之平均化學組成在鑑別上，是使用酸且該酸含有可抑制基

鐵(鋼材)腐蝕的抑制劑，藉由該酸將鍍敷層剝離溶解而獲得酸溶液。接著，以ICP發光分光分析法或ICP-MS法對所得酸溶液進行測定，藉此可獲得化學組成。關於酸種類，若為能溶解鍍敷層的酸就不特別限制。事先測定剝離前後之面積與重量，也還能同時獲得鍍敷附著量( $\text{g}/\text{m}^2$ )。

**【0044】** 接著說明鍍敷層之組織形態。

鍍敷層中所含之相、組織的佔有比例會對鍍敷鋼材之水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性帶來大幅影響。即使是相同成分組成之鍍敷層，也會因為製法而使其金屬組織中所含之相或組織發生改變，變成性質相異的東西。鍍敷層之金屬組織在確認上，可透過附裝有能量分散型X射線分析裝置的掃描型電子顯微鏡(SEM-EDS)而容易確認。在鏡面加工後的鍍敷層任意垂直剖面中，獲得例如背向散射電子影像，藉此就能確認鍍敷層概略的金屬組織狀態。所謂鍍敷層垂直剖面是：鍍敷層其對鋼材表面為垂直的厚度方向剖面。本實施形態之鍍敷層厚度為 $3\sim 80\ \mu\text{m}$ ，宜為 $5\sim 70\ \mu\text{m}$ ，因此，在SEM中宜以 $500\sim 5000$ 倍之視野來確認其金屬組織。鍍敷層厚度下限設為 $3\ \mu\text{m}$ 以上，是因為若小於該厚度，則有時會難以確保耐蝕性。又，鍍敷層厚度上限設為 $80\ \mu\text{m}$ ，是因為若大於此，則在鍍敷鋼材加工時，恐有鍍敷剝離等情況，有時並不實用。例如，以 $2000$ 倍之倍率來確認厚度 $25\ \mu\text{m}$ 之鍍敷層時，每一視野可確認 $25\ \mu\text{m}$ (鍍敷厚度) $\times 40\ \mu\text{m}$ (SEM視野寬度) $= 1000\ \mu\text{m}^2$ 區域之鍍敷層剖面。就本實施形態的情況而言，對於鍍敷層的SEM視野有可能觀察到的是局部視野，故為了取得鍍敷層的平均資訊，從任意剖面選擇 $25$ 點的視野作成平均資訊即可。亦即，觀察合計 $25000\ \mu\text{m}^2$ 之視野中的金屬組織，來確定鍍敷層金屬組織之構成相或組織的面積率即可。

**【0045】** 透過SEM獲得的背向散射電子影像可簡單地辨別鍍敷層所含之相或組織，就此點而言很適宜。Al這種原子序小的元素成像較黑，Zn這種原子序大的元素則拍攝起來較白，因此就能簡單地讀取此等組織的比例。

【0046】 各個相在確認上，是在EDS分析中，是以精確標點(pinpoint)來確認相組成，並從元素分佈分析等讀取出大致相同的成分相來鑑別出相即可。能使用EDS分析，就是能透過進行元素分佈分析來辨別出大致相同組成的相。若能鑑別大致相同組成的相，就能獲知觀察視野中該結晶相之面積。若掌握面積，則可透過計算來求出等效圓直徑，藉此算出平均結晶粒徑。

【0047】 還能求出觀察視野中各相的面積比例。特定相佔鍍敷層的面積率會相當於該相在鍍敷層中的體積率。

#### 【0048】 Al相

本實施形態中的Al相是在鍍敷層中Al含有率大於35質量%的區域。該Al相亦可含有Zn，不過Zn含有率小於65%。Al相能明確地在SEM背向散射電子影像中與其他相、組織作區別。亦即，Al相在SEM背向散射電子影像中多半會呈現最黑。在本實施形態中，Al相在任意剖面中具有塊狀、或者以圓形及扁平形等樹枝狀剖面形式展現等各種形態。另外，在本實施形態中，[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]所含的Al並不含於Al相中。Al相的水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性優異。關於浴中的Al，其雖會以Al相還有後述之Al-Zn相、Zn-Al相形式析出，不過從確保水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性來看，則宜以Al相形式析出。

#### 【0049】 Al-Zn相

本實施形態中的Al-Zn相是一種含65~75質量%之Zn且含Al的相。Al-Zn相是下列的集合體：粒徑1  $\mu$ m左右的微細Zn相(以下稱為微細Zn相)、與粒徑小於1  $\mu$ m的微細Al相(以下稱為微細Al相)。在熔融狀態之鍍敷層中，Al會變成是具有與室溫時之結晶結構相異的結構，且會變得能大量固溶Zn相，並以含Zn相之高溫穩定相的形式存在。另一方面，在室溫中，該高溫穩定相中的Zn相含量會極端減少，Al與Zn會平衡分離而變成是以含微細Al相及微細Zn相之Al-Zn相的形式存在。亦即，Al-Zn相是一種以65~75質量%之比例含有微細Zn相的相。該Al-Zn相

就Al-Zn狀態圖上來說是相當於 $\beta$ 相之組成的相，其性質也不同於鍍敷層所含之Al相、Zn-Al相，因而能以反射電子SEM影像或廣角X射線繞射上作區別。據此，在本實施形態中，Al成分為25~35質量%且Zn成分為65~75質量%的相定為Al-Zn相。

【0050】又，相較於Al相、Zn-Al相，Al-Zn相的水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性差，因此為了確保鍍敷的耐水流性，宜儘量使Al-Zn相不晶析(crystallize out)。因此，Al-Zn相、Al相、Zn-Al相佔組織之面積率的關係必須滿足下述公式(A)。

$$\text{【0051】 } ([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn] \geq 0.8 \dots (A)$$

【0052】其中，式(A)中的[Al]是Al相之面積率(%)，[Zn-Al]是Zn-Al相之面積率(%)，[Al-Zn]是Al-Zn相之面積率(%)。

#### 【0053】 Zn-Al相

本實施形態中的Zn-Al相是一種含75~85質量%之Zn且含Al的相。Zn-Al相是下列的集合體：粒徑 $1 \mu\text{m}$ 左右的微細Zn相(以下稱為微細Zn相)、與粒徑小於 $1 \mu\text{m}$ 的微細Al相。高溫穩定相的 $\beta$ 相會在 $250^\circ\text{C}$ 以下分離成Zn與Al相，不過此時會將周圍的Zn組入而形成Zn-Al相。Zn-Al相雖遜色於Al相，但水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性比Al-Zn相優異。又，若鍍敷浴中的Al濃度為15%以下，則難以析出Al相，故透過控制Zn-Al相的析出，即可提升水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性。

【0054】為了提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性同時確保犧牲防蝕性，Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計以面積分率計必須設為15%以上且75%以下。另外，並不一定需要Al相、Al-Zn相及Zn-Al相全部都晶析，亦可任一相為0%。

#### 【0055】 $\text{MgZn}_2$ 相

本實施形態之 $\text{MgZn}_2$ 相是在鍍敷層中的下述區域：Mg為11~21質量%且宜為16質量%、Zn為81~89質量%且宜為84質量%的區域。 $\text{MgZn}_2$ 相在SEM之背向散射電子影像中多半會被拍攝成Al與Zn之中間色的灰色。在SEM之背向散射電子影

像中， $MgZn_2$ 相可明確從Al-Zn相、Al相、[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]等作區別。

【0056】相較於Al相， $MgZn_2$ 相的犧牲防蝕性高，另一方面則水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性差。因此，從犧牲防蝕性之觀點來看， $MgZn_2$ 相越多越好，但另一方面，若 $MgZn_2$ 相變多則水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性會降低，故 $MgZn_2$ 相之面積率有上限。鍍敷層中之 $MgZn_2$ 相的佔有比例必須取得這兩種特性的平衡，因此， $MgZn_2$ 相之面積率必須設為10%以上且50%以下。

【0057】 [Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]

[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]是由Al相、 $MgZn_2$ 相及Zn相所構成的共晶組織，其在SEM之背向散射電子影像中能明確與作為鍍敷層主相所含之 $MgZn_2$ 相或上述Al相作區別。

【0058】使含Zn相之[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]存在一定程度，藉此就能確保犧牲防蝕性並提升端面耐蝕性。另一方面則水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性會降低，因此，若考量水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性，則[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]之面積率之上限設為65面積%以下，宜設為40面積%以下。[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]之面積率之下限無特別限制，亦可設為0%。

【0059】  $Mg_2Si$ 相

鍍敷層含Si時，Si有時會以 $Mg_2Si$ 相形式析出。 $Mg_2Si$ 相由於水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性優異，因此若表層存在 $Mg_2Si$ 相，會發揮出對水之障壁層的功能，具有抑制鍍敷層消耗的效果。因此，宜使 $Mg_2Si$ 在表層析出。

【0060】關於 $Mg_2Si$ 的存在，可透過X射線繞射測定來確認其存在。在X射線繞射測定中，使用Cu-K  $\alpha$  線並以X射線輸出為50kV及300mA之條件進行測定，在所測定出的鍍敷層表面之X射線繞射圖中，可透過是否出現 $Mg_2Si$ 相之繞射峰來辨別。X射線繞射裝置並不特別限制，例如可使用理科(Rigaku)(股)公司製之樣

品水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III。

【0061】關於鍍敷層表層中的Si濃化，可透過GDS(輝光放電發光分析)來確認。若想提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性，當鍍敷層表層有Si化合物即可，具體而言是鍍敷層表面至深度 $0.5 \mu\text{m}$ 為止之範圍中存在Si即可。若想以GDS來換算深度方向，則從Zn的濺射(sputter)秒數與深度之關係來推導即可。關於提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性所必需的Si量，可透過與主成分的Al還有與Zn的強度比的比較來掌握，具體而言，從鍍敷層表面至 $0.5 \mu\text{m}$ 之深度為止進行GDS測定時的元素X之強度累計值定為 $I \Sigma(X)$ ，此時宜滿足下述公式(1)。藉此，會更加提升水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性。

另外，本發明所示之元素X之強度累計值是指鍍敷層中的強度，並不含塗裝披膜、化學轉化處理披膜之強度累計值。施予塗裝、化學轉化處理後的鍍敷鋼材若想確認其鍍敷層之GDS強度累計值，則透過化學處理、磨削等去除塗裝披膜或化學轉化處理披膜或是這兩者後，再使用GDS進行測定即可。難以去除披膜時，則是以GDS測定結果來定義鍍敷層表面。具體而言，從鍍敷鋼材表面透過GDS實施測定直至鋼材，並將下述位置作為鍍敷表層：就本發明之鍍敷層主成分的Zn、Al、Mg的強度而言，前述所有元素的強度初次滿足各自峰值強度值之1/3以上的位置。

【0062】另外，下述公式(1)中的 $I \Sigma(\text{Si})$ 、 $I \Sigma(\text{Zn})$ 及 $I \Sigma(\text{Al})$ 分別是以GDS法在鍍敷層表面至深度 $0.5 \mu\text{m}$ 為止之範圍中所檢測出的Si、Zn及Al之強度累計值。

$$\text{【0063】 } I \Sigma(\text{Si}) / (I \Sigma(\text{Zn}) + I \Sigma(\text{Al})) \geq 0.005 \cdots (1)$$

【0064】另外，關於Si的強度，其會以尖峰形式出現於鍍敷層表面至深度 $0.5 \mu\text{m}$ 為止之範圍，還有鍍敷層與鋼材之界面。相較於鍍敷層厚度1/2之位置中的Si強度，鍍敷層表層側之Si峰值強度是達5倍以上的強度。

【0065】 Al-Ca-Si相

若鍍敷浴中含有Ca及Si，則在鍍敷層中會析出Al-Ca-Si相作為Si化合物。具體而言，是以 $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_{1-x}\text{Si}_{1+x}$ 相(其中， $x=0\sim 0.2$ )形式析出。Al-Ca-Si相的水潤濕耐蝕性、水流耐蝕性更優於前述 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 相。據此，若Al-Ca-Si相存在於鍍敷層表面至深度 $0.5\ \mu\text{m}$ 為止之範圍中，就會發揮出對水之障壁層的功能，並具有抑制鍍敷層消耗的效果。更具體而言，宜滿足下述(2)式。

【0066】 下述公式(2)中的 $I\Sigma(\text{Ca})$ 及 $I\Sigma(\text{Si})$ 分別是以GDS法在鍍敷層表面至深度 $0.5\ \mu\text{m}$ 為止之範圍中所檢測出的Ca及Si之強度累計值。

【0067】  $I\Sigma(\text{Ca})/I\Sigma(\text{Si})\geq 2.0\cdots(2)$

【0068】 以上的相及組織構成鍍敷層之主相，其等以面積分率計佔鍍敷層的90%以上。另一方面，透過在鍍敷層中含有Zn、Mg及Al以外的元素，會形成其他金屬相。此等之中，雖在提升耐水潤濕及耐水流性上、在提升耐蝕性上具有效果，但其影響不顯著。從鍍敷層之組成來看，此等剩餘部分合計難以設為大於5.0面積%，因而就會是5.0面積%以下。剩餘部分亦可為0%。

【0069】 鍍敷層中的相、組織之面積率的測定方法，已如上所述，是使鍍敷層其對鋼材表面為垂直的厚度方向剖面露出，並以500~5000倍之視野來確認其金屬組織。從任意剖面選擇25點的視野作成平均資訊。亦即，觀察合計 $25000\ \mu\text{m}^2$ 之視野中的金屬組織，來確定鍍敷層金屬組織之構成相或組織的面積率。各個相在確認上，是在EDS分析中，是以精確標點來確認相組成，從元素分佈分析等讀取出大致相同的成分相來鑑別出相。能使用EDS分析，就是能透過進行元素分佈分析來辨別大致相同組成的相。若能鑑別大致相同組成的相，就能獲知觀察視野中該結晶相之面積。若掌握面積，則可透過計算來求出等效圓直徑，藉此算出平均結晶粒徑，還能求出觀察視野中各相的面積比例。

【0070】 透過GDS分析來進行鍍敷層內部之深度方向的成分分析時，是使用輝光放電發光光譜分析裝置(GDS)。例如可使用LECO JAPAN 850A作為輝光

放電發光光譜分析裝置，不過測定裝置並不限於此。透過氬濺射進行深度方向分析時的分析條件定為：氬壓：0.27MPa、輸出電力：30W、輸出電壓：1000V、放電區域：直徑4mm之圓形區域內。測定是透過GDS分析，該GDS分析是從鍍敷層表面起算朝深度方向，一邊蝕刻至0.5  $\mu\text{m}$ 為止之深度，一邊進行分析，藉由該分析而獲得各元素之發光強度的累計值。基於該累計值來辨別是否滿足上述(1)及(2)之條件。

【0071】 又，關於Al-Ca-Si相( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_{1-x}\text{Si}_{1+x}$ 相)，除了SEM及ESD測定之外，也可透過X射線繞射測定來確認其存在。在X射線繞射測定中，使用Cu-K  $\alpha$  線並以X射線輸出為50kV及300mA之條件進行測定，在所測定出的鍍敷層表面之X射線繞射圖中，可透過是否出現Al-Ca-Si相之繞射峰來確認存在。X射線繞射裝置並不特別限制，例如可使用理科(股)公司製之樣品水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III，但不限於此。

【0072】 關於 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 的存在，除了SEM及ESD測定，也可透過X射線繞射測定來確認其存在。在X射線繞射測定中，使用Cu-K  $\alpha$  線並以X射線輸出為50kV及300mA之條件進行測定。在鍍敷層表面之X射線繞射圖中，可透過是否出現 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 相之繞射峰來確認存在。關於X射線繞射裝置，例如可使用理科(股)公司製之樣品水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III，但不限於此。

【0073】 接著，說明本發明實施形態之鍍敷鋼材的製造方法。本實施形態之鍍敷鋼材可透過浸漬式熔融鍍敷法(批式熔融鍍敷法)、連續式熔融鍍敷法之任一者來製造。

【0074】 鍍敷對象的鋼材，其大小、形狀、表面形態等並不特別限制。即使是一般的鋼材、高張力鋼、不鏽鋼等，若為鋼材就能適用。更詳而言，可應用例如，一般鋼、Ni預鍍敷鋼、鋁脫氧鋼(Al killed steel)、極低碳鋼、高碳鋼、各種高張力鋼、局部高合金鋼(含Ni、Cr等強化元素的鋼等)等各種鋼材。一般結構

用鋼的鋼帶為最佳。

【0075】對於鋼材，亦可事前施行珠粒噴擊(shot blasting)、磨刷等來進行表面精加工；使Ni鍍敷、Zn鍍敷、Sn鍍敷等 $3\text{g}/\text{m}^2$ 以下的金屬膜或合金膜附著於表面後再實施鍍敷也不成問題。又，就鋼材之事前處理而言，宜以脫脂、酸洗將鋼材充分洗淨。

【0076】以 $\text{H}_2$ 等還原性氣體將鋼材表面充分加熱及還原後，將鋼材浸漬於已調配成預定成分的鍍敷浴中。關於高張力鋼等，一般也會將退火時之氣體環境予以加濕，並利用內部氧化法等來對高Si、Mn鋼等確保鍍敷附著性，透過如此處理就能如同通常一般鋼材來將未鍍、外觀不良情況少的鍍敷鋼材進行鍍敷。這樣的鋼材在基鐵側雖會觀察到結晶粒系細小的鋼材表面或內部氧化披膜層，不過並不會對本發明之性能帶來影響。

【0077】關於鍍敷層之成分，若是熔融鍍敷法，則可透過所建浴之鍍敷浴成分來加以控制。關於鍍敷浴之建浴，透過混合預定量的純金屬，例如非活性氣體環境下的熔解法，來製作鍍敷浴成分的合金。

【0078】將表面還原後的鋼材浸漬於已維持在預定濃度的鍍敷浴中，藉此形成出的鍍敷層其成分大致等同於鍍敷浴。若浸漬時間變成長時間、或至凝固完成為止耗費長時間，則形成界面合金層的情況會變得活耀，因此也會有Fe濃度變高的情況，不過若小於 $500^\circ\text{C}$ 則與鍍敷層的反應會急速變慢，因此，鍍敷層中所含Fe濃度一般會壓在小於5.00%。

【0079】為了形成熔融鍍敷層，鍍敷浴宜保持溫度在 $450^\circ\text{C}\sim 550^\circ\text{C}$ 。然後，宜將還原後的鋼材浸漬數秒鐘。在還原後的鋼材表面上，有時Fe會擴散至鍍敷浴而與鍍敷浴發生反應，而在鍍敷層與鋼材之界面形成界面合金層(主要是Al-Fe合金層)。若形成界面合金層，則界面合金層其下方鋼材與上方鍍敷層會因為金屬化學而更堅固地結合。

【0080】鋼材浸漬於鍍敷浴預定時間後，將鋼材從鍍敷浴提起，附著於表面的金屬還呈現熔融狀態時進行 $N_2$ 抹拭，藉此將鍍敷層調整至預定厚度。鍍敷層厚度宜調整成 $3\sim 80\ \mu m$ 。換算成鍍敷層之附著量時，會是 $10\sim 500g/m^2$ (單面)。又，鍍敷層厚度亦可調整成 $5\sim 70\ \mu m$ 。換算成附著量時，會是約 $20\sim 400g/m^2$ (單面)。

【0081】調整鍍敷層附著量後，使所附著之熔融金屬凝固。關於使熔融金屬凝固的冷卻手段，可吹噴氮、空氣、或者氮及氫混合氣體，也可透過水霧冷卻，亦可透過水淹。適宜的是，水霧冷卻為佳，氮中含水的水霧冷卻為佳。冷卻速度透過調整水霧中的水含有比例即可。

【0082】一般鍍敷凝固條件，例如鍍敷浴溫至 $150^\circ C$ 之間以平均冷卻速度 $5\sim 20^\circ C/秒$ 進行冷卻時，會有無法控制組織的情況，因而有時會變得難以滿足預定性能。於是，以下說明能獲得本實施形態之鍍敷層的冷卻條件。如以下所說明，在本案冷卻條件中，宜就各個溫度範圍調整平均冷卻速度。

【0083】浴溫 $\sim 380^\circ C$ 之間的平均冷卻速度： $10^\circ C/秒\sim 20^\circ C/秒$

在浴溫 $\sim 380^\circ C$ 之間，若含Si就會析出Si化合物。若冷卻速度快，就會在沒有析出充分的Si的情況下進展鍍敷的凝固，Si會傾向均勻分散於鍍敷層中。另一方面，若冷卻速度慢，則Si化合物會粗大化，Si會在鍍敷層與鋼材之界面濃化，於鍍敷層表層析出的Si化合物會傾向變少。因此，為了使Si化合物在表層析出，必須將浴溫 $\sim 380^\circ C$ 之間的平均冷卻速度設為 $10^\circ C/秒\sim 20^\circ C/秒$ 。另外，即使是鍍敷層不含Si之情況，浴溫 $\sim 380^\circ C$ 之間的平均冷卻速度設為 $10^\circ C/秒\sim 20^\circ C/秒$ 即可。平均冷卻速度適宜的下限值為 $15^\circ C/秒$ ，適宜的上限值為 $20^\circ C/秒$ 。平均冷卻速度設為適宜下限值以上，藉此Si化合物就會變得傾向在表面濃化，又， $MgZn_2$ 組織會微細化而能獲得傾向提升加工性的效果。平均冷卻速度設為適宜上限值以下，藉此Si化合物會變得傾向在表面濃化，還會抑制 $Mg_2Zn_{11}$ 析出而能獲得傾向提升加工性的效果；所述 $Mg_2Zn_{11}$ 會在過冷度大時析出。

【0084】 380°C~250°C之間的平均冷卻速度：20°C/秒以上

在380°C~250°C之間，會從附著於鋼材的熔融金屬之液相發生Al相析出，還會發生Zn-Al-MgZn<sub>2</sub>相之三元共晶反應，直到最後液相會消失而鍍敷層會完全凝固。又，在400°C~300°C之間之溫度區域中，Al相會變化成高溫穩定相的Al-Zn相，亦即，以[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]形式而形成的Zn相會被吸收至已析出的Al相中，而[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]會減少。若要提升水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性，則380°C~250°C之間的平均冷卻速度至少設為20°C/秒以上。較宜的是，平均冷卻速度設為30°C/秒以上即可。平均冷卻速度設為30°C/秒以上，藉此Al相之面積比例就會傾向變大。也就是說，宜使380°C~250°C之間的平均冷卻速度比浴溫~380°C之間的平均冷卻速度還快。平均冷卻速度之上限值並不特別限制，不過亦可為例如50/秒。

【0085】 250°C~150°C之間的平均冷卻速度：20°C/秒以下

Al-Zn相在250°C~150°C之溫度區域中並不穩定，會分離成Zn相與Al相。亦即，Al-Zn相會變態成Al相或Zn-Al相。據此，若要提升水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性，宜在該溫度區域中慢慢冷卻而促使Al相析出。據此，250~150°C之間的冷卻速度設為20°C/秒以下。藉此，Al-Zn相會分離成Al相與Zn相並變態成Al相或Zn-Al相。尤其是，Al濃度越高則該傾向就變得越強。較宜設為10°C/s以下，較宜設為小於5°C/秒。平均冷卻速度設為10°C/秒以下，藉此會減少Al-Zn相之面積比例，可獲得穩定且良好的水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性。平均冷卻速度之下限值並不特別限制，不過亦可為2.5°C/秒。若平均冷卻速度小於2.5°C，則鍍敷組織中的MgZn<sub>2</sub>相會粗大化，加工性會傾向變成劣等。

【0086】 小於150°C之溫度區域的平均冷卻速度

凝固過程中，小於150°C之溫度區域的平均冷卻速度並不會對鍍敷層內之構成相帶來影響，因而無需特別限定，亦可自然放涼。

【0087】 透過經歷以上冷卻條件，會形成出本實施形態之鍍敷層。

【0088】 鍍敷層在冷卻後亦可施行各種化學轉化處理、塗裝處理。又，為了進一步提高防蝕性，亦可在溶接部、加工部等實施：用以補修的修補塗裝(touch-up paint)塗佈或熔射處理等。

【0089】 本實施形態之鍍敷鋼材亦可在鍍敷層上形成皮膜。皮膜可形成1層或2層以上。鍍敷層正上方的皮膜種類可舉例如：鉻酸鹽皮膜、磷酸鹽皮膜、無鉻酸鹽皮膜。用以形成此等皮膜的鉻酸鹽處理、磷酸鹽處理、無鉻酸鹽處理可透過已知方法來進行。但是，鉻酸鹽處理多半會有下列情況：使熔接性在鍍敷層表面惡化的情況，故其厚度預先設為小於 $1\ \mu\text{m}$ 。

【0090】 就鉻酸鹽處理而言有下列的處理：透過電解來形成鉻酸鹽皮膜的電解鉻酸鹽處理、利用與素材反應來形成皮膜後沖洗剩餘處理液的反應型鉻酸鹽處理、將處理液塗佈於被塗物且不經水洗就進行乾燥來形成皮膜的塗佈型鉻酸鹽處理。可採用任一種處理。

【0091】 電解鉻酸鹽處理可例示使用下述成分之電解鉻酸鹽處理：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。

【0092】 磷酸鹽處理例如可例示：磷酸鋅處理、磷酸鋅鈣處理、磷酸錳處理。

【0093】 無鉻酸鹽處理尤其無環境負擔而為適宜。就無鉻酸鹽處理而言有下列的處理：透過電解來形成無鉻酸鹽皮膜的電解型無鉻酸鹽處理、利用與素材反應來形成皮膜後沖洗剩餘處理液的反應型無鉻酸鹽處理、將處理液塗佈於被塗物且不經水洗就進行乾燥來形成皮膜的塗佈型無鉻酸鹽處理。可採用任一種處理。

【0094】 此外，在鍍敷層正上方的皮膜之上，亦可具有1層或2層以上的有

機樹脂皮膜。有機樹脂並不限定特定種類，可舉例如：聚酯樹脂、聚胺甲酸乙酯樹脂、環氧樹脂、丙烯酸樹脂、聚烯烴樹脂、或此等樹脂之改質物等。在此所謂改質物是指：使此等樹脂結構中所含反應性官能基與其他化合物(單體或交聯劑等)反應而得之樹脂，所述其他化合物在結構中含有可與該官能基反應之官能基。

【0095】關於這種有機樹脂，可混用1種或2種以上的有機樹脂(未經改質者)，亦可混合使用1種或2種以上的下述有機樹脂：於至少1種有機樹脂存在下將至少1種其他有機樹脂改質而得者。又，有機樹脂皮膜中也可含有任意的著色顏料、防鏽顏料。亦可使用溶解或分散於水中而水系化的材料。

#### [實施例]

【0096】鍍敷鋼材的母板是採用：從厚度(t)3.2mm還有厚度(t)0.8mm的冷軋鋼板以180mm×100mm之尺寸切出而得者。其等皆為SS400(一般鋼)。使用批式熔融鍍敷模擬器(Rhesca公司製)，將K熱電偶安裝於一部分的鋼板，並在含H<sub>2</sub>為5%的N<sub>2</sub>還原氣體環境中，在800°C進行退火而使鋼板表面充分還原，之後再浸漬於各種組成的鍍敷浴3秒鐘，然後提起，並以N<sub>2</sub>氣體抹拭將鍍敷厚度調整成10~30 μm。其中，實施例55~58是將鍍敷厚度設為3 μm、5 μm、70 μm、80 μm。母板正反面的鍍敷厚度相同。從鍍敷浴提起後，依下述A~F之各種冷卻條件而製造出鍍敷鋼材。

【0097】鍍敷層之平均化學組成是依下列方式進行測定。使用酸且該酸含有可抑制基鐵(鋼材)腐蝕的抑制劑，藉由該酸將鍍敷層剝離溶解而獲得酸溶液。接著，以ICP發光分光分析法或ICP-MS法對所得酸溶液進行測定，藉此獲得鍍敷層之平均化學組成。

【0098】條件A：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~150°C之間的平均冷卻速度定為小於5°C/秒的任一數值(比較條件)。

【0099】條件B：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~150°C之間的平均冷卻速度定

為5~20°C/秒的任一數值(比較條件)。

【0100】 條件C：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~150°C之間的平均冷卻速度定為20°C/秒以上的任一數值(比較條件)。

【0101】 條件D：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~380°C之間(範圍T1)的平均冷卻速度定為10°C/秒~20°C/秒的任一數值，380°C~250°C之間(範圍T2)的平均冷卻速度定為20°C/秒~50°C/秒的任一數值，250°C~150°C之間(範圍T3)的平均冷卻速度定為小於5°C/秒的任一數值(適宜條件)。據此，在條件D中，就各個溫度範圍調整了平均冷卻速度。

條件D-2：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~380°C之間(範圍T1)的平均冷卻速度定為10°C/秒~20°C/秒的任一數值，380°C~250°C之間(範圍T2)的平均冷卻速度定為20°C/秒~50°C/秒的任一數值，250°C~150°C之間(範圍T3)的平均冷卻速度定為10°C/秒以下的任一數值。據此，在條件D-2中，就各個溫度範圍調整了平均冷卻速度。

【0102】 條件E：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~380°C之間(範圍T1)的平均冷卻速度定為小於10°C/秒的任一數值，380°C~250°C之間(範圍T2)的平均冷卻速度定為大於20°C/秒且至50°C/秒的任一數值，250°C~150°C之間(範圍T3)的平均冷卻速度定為小於5°C/秒的任一數值(比較條件)。據此，在條件E中，就各個溫度範圍調整了平均冷卻速度。

【0103】 條件F：鋼材從鍍敷浴提起後，浴溫~380°C之間(範圍T1)的平均冷卻速度定為20°C/秒以上的任一數值，380°C~250°C之間(範圍T2)的平均冷卻速度定為小於20°C/秒的任一數值，250°C~150°C之間(範圍T3)的平均冷卻速度定為5°C/秒以上的任一數值(比較條件)。據此，在條件F中，就各個溫度範圍調整了平均冷卻速度。

【0104】 關於鍍敷層中的相、組織(MgZn<sub>2</sub>相、含Al相、[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三

元共晶組織]、 $Mg_2Si$ 相、Al-Ca-Si相、剩餘部分)之面積率的測定方法，如上所述，是使鍍敷層其對鋼材表面為垂直的厚度方向剖面露出，並以500~5000倍之視野來確認其金屬組織。具體而言，觀察合計 $25000 \mu m^2$ 之視野中的金屬組織，來確定鍍敷層金屬組織之構成相或組織的面積率。各個相在確認上，是在EDS分析中，是以精確標點來確認相組成，從元素分佈分析等讀取出大致相同的成分相來鑑別出相。透過進行元素分佈分析，就能辨別大致相同組成的相。

【0105】關於 $Mg_2Si$ 的存在，也透過X射線繞射測定來確認其存在。在X射線繞射測定中，使用Cu-K  $\alpha$  線並以X射線輸出為50kV及300mA之條件進行測定，在所測定出的鍍敷層表面之X射線繞射圖中，透過是否出現 $Mg_2Si$ 相之繞射峰來辨別。關於X射線繞射裝置，是使用理科(股)公司製之樣品水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III。

【0106】關於 $I \Sigma (Si)/(I \Sigma (Zn)+I \Sigma (Al))$ 及 $I \Sigma (Ca)/I \Sigma (Si)$ ，是透過對鍍敷層在深度方向進行GDS分析來測定。具體而言，透過氬濺射進行深度方向分析時的分析條件定為：氬壓：0.27MPa、輸出電力：30W、輸出電壓：1000V、放電區域：直徑4mm之圓形區域內。一邊從鍍敷層表面蝕刻至 $0.5 \mu m$ 之深度一邊進行GDS測定，求算此時的Si、Zn及Al之強度累計值而算出 $I \Sigma (Si)/(I \Sigma (Zn)+I \Sigma (Al))$ 及 $I \Sigma (Ca)/I \Sigma (Si)$ 。

【0107】關於Al-Ca-Si相( $Ca_3Al_2Si_2$ 相、 $CaAl_2Si_2$ 相、 $CaAl_{1-x}Si_{1+x}$ 相)，是透過X射線繞射測定確認其存在。在X射線繞射測定中，使用Cu-K  $\alpha$  線並以X射線輸出為50kV及300mA之條件進行測定，在所測定出的鍍敷層表面之X射線繞射圖中，透過是否出現Al-Ca-Si相之繞射峰來辨別。關於X射線繞射裝置，是使用理科(股)公司製之樣品水平型強力X射線繞射裝置RINT-TTR III。

【0108】(犧牲防蝕性評價)

將板厚(t)3.2mm的受測材切成120mm×50mm，並將其接觸架台的1端面進行

塗裝而其他切斷端面則不予養護，透過實施JASO M609之試驗來評價犧牲防蝕性。透過複合循環試驗來確認平坦面產生紅鏽的狀況。5%以上的紅鏽面積率定為產生紅鏽。

犧牲防蝕性之評價定為如下所述。「B」定為不合格，「A」~「S」定為合格。

**【0109】**

在小於200循環就發現產生紅鏽：「B」

在200循環產生紅鏽：「A」

在200~小於350循環產生紅鏽：「AA」

在350~小於500循環產生紅鏽：「AAA」

在500循環也不產生紅鏽：「S」

**【0110】** (水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性的評價)

將板厚(t)0.8mm的受測材切成120mm×60mm並張貼在乙烯樹脂板上，作出寬20mm、長100mm的流道而作成樣品。將樣品設置成水平起算15°的斜度，並透過液滴噴嘴，以6ml/min斷續地從流道上游滴下人工雨水(調整成Cl<sup>-</sup>: 10ppm, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>: 40ppm, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: 20ppm之濃度；還添加NaOH水溶液而調整成pH=5)。液滴是調整成每1次100~200 μl。發現紅鏽為流道面積的5%以上者定為產生紅鏽；至產生紅鏽為止之期間中，依下述進行評價。關於水潤濕腐蝕的合格與否，下述「B」定為不合格，「A」~「S」定為合格。

**【0111】**

在小於8週就產生紅鏽：「B」

在8週~小於12週產生紅鏽：「A」

在12週~小於14週產生紅鏽：「AA」

在14週~小於16週產生紅鏽：「AAA」

16週以上也不產生紅鏽：「S」

**【0112】** (加工性評價)

將板厚(t)0.8mm的受測材切成30mm×100mm並施予2t 180°彎曲加工(夾入板厚2倍的間隔件而進行180°彎曲加工的試驗)，之後進行折回而使其平坦，施行內彎曲加工部的CELLOTAPE剝離試驗。剝離試驗後，測量內彎曲加工面中之鍍敷剝離面積。內彎曲加工面中，從彎曲部頂點起算3mm以內之區域，亦即30mm×6mm之面積定為內彎曲加工部，並透過鍍敷剝離面積相對內彎曲加工部的面積比例來評價加工性。關於加工性評價，下述「B」定為不合格，「A」~「S」定為合格。

**【0113】**

剝離面積大於10%：「B」

剝離面積大於5%且為10%以下：「A」

剝離面積為5%以下：「AA」

無剝離：「S」

**【0114】** 如表1A~表5B所示，No.4~25、27、28、30、32、33、35~37、39、40、43~45、47、48、53~58(皆為實施例)是依據本發明適宜的冷卻條件所製造，其等之鍍敷層的平均化學組成在適當範圍內，並且其等之鍍敷層的相、組織的面積率在適當範圍內。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性優異。另外，實施例之鍍敷層中的Zn含量皆為50%以上。

**【0115】** 關於No.1~3(比較例)，其等之Al量及Mg量少且MgZn<sub>2</sub>相及[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]之面積率落於適當範圍外。再者，製造條件落於適宜範圍外。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

**【0116】** 關於No.26(比較例)，其Mg量少且MgZn<sub>2</sub>相之面積率落於適當範圍外。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0117】 No.29(比較例)，其Sn量過多。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0118】 No.31(比較例)，其Bi量過多。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0119】 No.34(比較例)，其In量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。更甚者， $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ 小於0.8。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0120】 No.38(比較例)，其La量及Ce量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。更甚者， $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ 小於0.8。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0121】 No.41(比較例)，其Sr量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0122】 No.42(比較例)，其Mg量過多。更甚者，MgZn<sub>2</sub>相之面積率落於適當範圍外。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0123】 No.46(比較例)，其P量過多。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0124】 No.49(比較例)，其Al量及Ca量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。更甚者， $([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]$ 小於0.8。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0125】 No.50(比較例)，其Al量及Mg量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0126】 No.51(比較例)，其Al量過多。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0127】 No.52(比較例)，其Al量過多。再者，製造條件落於適宜範圍外。

更甚者，Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計大於75%。因此，犧牲防蝕性、水潤濕耐蝕性及水流耐蝕性及加工性低劣。

【0128】 [表1A]

No.	區分	浴溫 (°C)	製法 區分	平均冷卻速度 (°C/秒)			鍍敷層的平均化學組成(質量%)														
							元素群A						元素群B				元素群C				
				T1	T2	T3	Al	Mg	Si	Ca	Sn	Bi	In	Y	La	Ce	Sr	B	P		
1	比較例	500	A	1.5	1.5	1.5	4.0	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	比較例	500	A	4	4	4	6.0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	比較例	500	B	20	20	20	9.0	4.0	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	實施例	500	D	10	25	4	10.0	4.5	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0
5	實施例	500	D	10	25	4	10.0	4.5	0	0.10	0.10	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0
6	實施例	500	D	12.5	20	4	10.0	5.0	0.05	0.10	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0
7	實施例	500	D	12.5	30	4	10.0	6.0	0.30	0.20	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0
8	實施例	500	D	15	30	4	10.0	6.0	0.40	0.40	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	實施例	500	D	10	30	4	10.0	6.0	0.20	0.30	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	實施例	500	D	10	25	2	10.0	8.0	0.20	0.30	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	實施例	500	D	10	30	4	10.0	8.0	0.20	0.30	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	實施例	500	D	12.5	25	2	10.0	8.5	0.20	0.30	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	實施例	500	D	12.5	25	2	12.5	8.0	0.20	0.30	0.30	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	實施例	500	D	12.5	30	3	12.5	5.0	0	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	實施例	500	D	15	30	4	12.5	5.0	0.40	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	實施例	500	D	10	30	4	12.5	6.0	0.30	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	實施例	500	D	12.5	30	4	15.0	6.0	0.30	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	實施例	500	D	10	30	3	15.0	8.0	0.30	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	實施例	550	D	17.5	25	2	15.0	8.0	0.60	0.60	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

底線部分表示本發明之範圍外或適宜製造條件之範圍外。

【0129】 [表1B]

No.	區分	浴溫 (°C)	製法 區分	平均冷卻速度 (°C/秒)			鍍敷層的平均化學組成(質量%)																
							元素群A						元素群B				元素群C						
				T1	T2	T3	Al	Mg	Si	Ca	Sn	Bi	In	Y	La	Ce	Sr	B	P				
20	實施例	550	D	12.5	25	2	15.0	8.5	0.20	0.20	0.20	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	實施例	550	D	10	30	4	20.0	5.0	0.05	0.30	0.30	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	實施例	550	D	12.5	30	4	20.0	5.0	0.30	1.00	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	實施例	550	D	17.5	30	4	20.0	6.0	0.50	1.50	1.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	實施例	550	D	20	30	3	20.0	6.0	2.30	1.80	1.80	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	實施例	550	D	10	25	2	20.0	8.0	0.20	0.50	0.50	2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0
26	比較例	500	D	10	20	4	25.0	<u>3.0</u>	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	實施例	500	D	10	30	4	25.0	6.5	0.10	0	1.50	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
28	實施例	550	D	12.5	30	4	25.0	6.0	0	0	2.50	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0
29	比較例	550	D	15	25	2	25.0	8.0	0.40	0.50	0.50	<u>3.50</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	實施例	500	D	20	25	2	25.0	8.0	0.20	0	0	0	0.80	0	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0
31	比較例	500	D	10	25	2	30.0	4.5	0	0	0	<u>1.50</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	實施例	500	D	12.5	30	4	30.0	5.0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	實施例	500	D	15	30	4	30.0	6.0	0.5	0	0	0	0	0.80	0	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0
34	比較例	500	E	<u>25</u>	<u>15</u>	<u>25</u>	30.0	6.0	0	0	0	0	0	<u>1.50</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	實施例	500	D	12.5	50	4	30.0	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	實施例	550	D	20	25	2	30.0	8.0	1.50	0.20	0.20	0	0	0	0	0.20	0.20	0	0	0	0	0	0
37	實施例	550	D	20	25	2	30.0	8.0	2.0	0	0	0	0	0	0	0.40	0.40	0	0	0	0	0	0
38	比較例	550	B	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>	<u>12.5</u>	30.0	8.5	0	0	0	0	0	0	0	<u>0.60</u>	<u>0.60</u>	0	0	0	0	0	0
39	實施例	550	D	10	30	4	35.0	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0

底線部分表示本發明之範圍外或適宜製造條件之範圍外。

【0130】 [表1C]

No.	區分	浴溫 (°C)	製法 區分	平均冷卻速度 (°C/秒)			鍍敷層的平均化學組成(質量%)										剩餘部分：Zn及不純物						
				T1	T2	T3	元素群A				元素群B						元素群C						
							Al	Mg	Si	Ca	Sn	Bi	In	Y	La	Ce	Sr	B	P				
40	實施例	550	D	12.5	30	4	35.0	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40	0	0
41	比較例	550	C	<u>30</u>	<u>30</u>	<u>30</u>	35.0	8.0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<u>0.60</u>	0	0
42	比較例	550	D	20	20	4	35.0	<u>12.0</u>	3.0	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	實施例	500	D	10	20	4	35.0	8.0	0.10	0.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	實施例	500	D	15	30	4	40.0	8.0	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	實施例	500	D	15	30	4	40.0	8.0	0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.40
46	比較例	500	D	12.5	25	2	40.0	8.0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<u>0.60</u>
47	實施例	500	D	10	40	4	40.0	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	實施例	500	D	12.5	40	4	40.0	6.0	0.20	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	比較例	550	A	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>45.0</u>	7.0	0.10	<u>3.50</u>	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	比較例	550	C	50	50	50	<u>45.0</u>	<u>10.0</u>	0.10	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	比較例	550	D	15	20	4	<u>50.0</u>	6.0	0.10	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	比較例	550	E	<u>7.5</u>	<u>35</u>	<u>1</u>	<u>55.0</u>	4.5	0.10	0.20	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	實施例	550	D-2	15	30	10	15.0	6.0	0.30	0.20	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	實施例	550	D-2	12.5	30	7.5	30.0	5.0	0.05	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	實施例	500	D	10	30	3	15.0	8.0	0.3	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	實施例	550	D	20	30	3	20.0	6.0	2.3	1.8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	實施例	500	D	12.5	30	4	10.0	6.0	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02
58	實施例	550	D	12.5	30	4	35.0	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0

底線部分表示本發明之範圍外或適宜製造條件之範圍外。

【0131】 [表2A]

No.	區分	鍍敷層的平均化學組成(質量%) 剩餘部分：Zn及不純物																		
		元素群D														元素群E				
		Cr	Ti	V	Zr	Ni	Co	Nb	Cu	Mn	Mo	W	Ag	Li	Na	K	Fe	Sb	Pb	Ba
1	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.30	0.01	0	0
2	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.30	0	0	0
3	比較例	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.43	0	0	0
4	實施例	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.45	0.02	0	0
5	實施例	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
6	實施例	0.10	0.10	0	0.10	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
7	實施例	0.20	0.20	0	0.20	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0.01	0
8	實施例	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.45	0	0	0
9	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
10	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
11	實施例	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
12	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0
13	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
14	實施例	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
15	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0.20	0
16	實施例	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
17	實施例	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.50	0	0	0
18	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
19	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0

底線部分表示本發明之範圍外。

【0132】 [表2B]

No.	區分	鍍敷層的平均化學組成(質量%) 剩餘部分：Zn及不純物																		
		元素群D															元素群E			
		Cr	Ti	V	Zr	Ni	Co	Nb	Cu	Mn	Mo	W	Ag	Li	Na	K	Fe	Sb	Pb	Ba
20	實施例	0.20	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0.40	0	0
21	實施例	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0.40	0
22	實施例	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0.20	0	0
23	實施例	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
24	實施例	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
25	實施例	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
26	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
27	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0	0
28	實施例	0	0.1	0	0.01	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0.83	0.05	0	0	0
29	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.83	0	0	0	0
30	實施例	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.83	0	0	0	0.1
31	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
32	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
33	實施例	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
34	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
35	實施例	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
36	實施例	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
37	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
38	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0
39	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.08	0	0	0	0

底線部分表示本發明之範圍外。

【0133】 [表2C]

No.	區分	鍍敷層的平均化學組成(質量%) 剩餘部分：Zn及不純物																		
		元素群D														元素群E				
		Cr	Ti	V	Zr	Ni	Co	Nb	Cu	Mn	Mo	W	Ag	Li	Na	K	Fe	Sb	Pb	Ba
40	實施例	0.20	0.20	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.08	0	0	0
41	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.08	0	0	0
42	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.08	0	0	0
43	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.08	0	0	0
44	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	1.20	0	0	0
45	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0
46	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0
47	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0
48	實施例	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0
49	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0	0
50	比較例	0.05	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0.05	0
51	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45	0.05	0	0
52	比較例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	1.58	0	0	0
53	實施例	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.58	0	0	0
54	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0.95	0	0	0
55	實施例	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
56	實施例	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0
57	實施例	0.2	0.2	0	0.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45	0	0.01	0
58	實施例	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.05	0	1.08	0	0	0

底線部分表示本發明之範圍外。

【0134】 [表3A]

No.	區分	鍍敷層構成												
		鍍敷層厚度(單面)		MgZn <sub>2</sub>				含Al相				相構成		
		$\mu\text{m}$	(面積%)	Al-Zn相 (面積%)	Al相 (面積%)	Zn-Al相 (面積%)	含Al相 合計 (面積%)	([Al]+[Zn-Al]) /[Al-Zn]比	3元共晶 (面積%)	Mg <sub>2</sub> Si 相 (面積%)	Al-Ca-Si 相 (面積%)	剩餘 部分 (面積%)		
1	比較例	10	5	0	0	10	10	-	80	0	0	5.0		
2	比較例	20	5	0	0	10	10	-	80	0	0	5.0		
3	比較例	20	5	15	0	5	20	0.333	70	0.1	0.1	4.8		
4	實施例	20	10	10	5	5	20	1.0	65	0.1	0.1	4.8		
5	實施例	20	10	10	5	5	20	1.0	65	0	0	5.0		
6	實施例	20	15	10	0	10	20	1.0	60	0.1	0.1	4.8		
7	實施例	20	20	5	10	5	20	3.0	55	0.2	0.1	4.7		
8	實施例	20	20	5	10	5	20	3.0	55	0.1	0.4	4.5		
9	實施例	20	20	5	10	5	20	3.0	55	0.1	0.3	4.6		
10	實施例	30	30	5	10	5	20	3.0	45	0.1	0.3	4.6		
11	實施例	20	30	5	10	5	20	3.0	45	0.1	0.3	4.6		
12	實施例	20	30	5	10	5	20	3.0	45	0.1	0.3	4.6		
13	實施例	20	30	10	10	5	25	1.5	40	0.1	0.3	4.6		
14	實施例	20	15	10	10	5	25	1.5	55	0	0	5.0		
15	實施例	20	15	10	10	5	25	1.5	55	0.3	0.2	4.5		
16	實施例	20	20	10	10	5	25	1.5	50	0.2	0.2	4.6		
17	實施例	20	20	10	15	5	30	2.0	45	0.2	0.2	4.6		
18	實施例	30	30	10	15	5	30	2.0	35	0.2	0.2	4.6		
19	實施例	20	30	10	15	5	30	2.0	35	0.1	0.6	4.3		

底線部分表示本發明之範圍外。

【0135】 [表3B]

No.	區分	鍍敷層構成											
		鍍敷層厚度(單面)		相構成								MgZn <sub>2</sub>	剩餘部分(面積%)
		μm	MgZn <sub>2</sub> (面積%)	含Al相				3元共晶(面積%)			Al-Ca-Si相(面積%)		
		Al-Zn相(面積%)	Al相(面積%)	Zn-Al相(面積%)	含Al相合計(面積%)	([Al]+[Zn-Al])/[Al-Zn]比							
20	實施例	20	35	10	15	5	30	2.0	30	0.1	0.2	4.7	
21	實施例	20	15	5	20	5	30	5.0	50	0	0.1	4.9	
22	實施例	20	15	5	20	10	35	6.0	45	0.1	0.6	4.3	
23	實施例	20	20	5	20	10	35	6.0	40	0.1	1.5	3.4	
24	實施例	20	20	5	20	10	35	6.0	40	1	2	2.0	
25	實施例	20	30	5	20	10	35	6.0	30	0.1	0.5	4.4	
26	比較例	20	5	15	15	5	35	1.3	55	0	0	5.0	
27	實施例	20	25	5	25	10	40	7.0	30	0.1	0	4.9	
28	實施例	20	20	5	25	10	40	7.0	35	0	0	5.0	
29	比較例	20	35	5	25	10	40	7.0	20	0.1	0.5	4.4	
30	實施例	20	35	5	25	10	40	7.0	20	0.2	0	4.8	
31	比較例	20	10	15	30	15	60	3.0	25	0	0	5.0	
32	實施例	20	20	15	30	15	60	3.0	15	0.1	0	4.9	
33	實施例	20	30	10	30	15	55	4.5	10	0.5	0	4.5	
34	比較例	20	30	35	25	0	60	0.7	5	0	0	5.0	
35	實施例	20	30	15	35	10	60	3.0	5	0	0	5.0	
36	實施例	20	40	10	30	10	50	4.0	5	1	0.2	3.8	
37	實施例	10	40	10	30	10	50	4.0	5	2	0	3.0	
38	比較例	20	40	30	15	5	50	0.7	5	0	0	5.0	
39	實施例	20	30	10	40	15	65	5.5	0	0	0	5.0	

底線部分表示本發明之範圍外。

【0136】 [表3C]

No.	區分	鍍敷層構成											
		鍍敷層厚度(單面)		MgZn <sub>2</sub>				相構成				Al-Ca-Si相 (面積%)	剩餘部分 (面積%)
		μm	(面積%)	Al-Zn相 (面積%)	Al相 (面積%)	Zn-Al相 (面積%)	Al含有相 合計 (面積%)	([Al]+[Zn-Al]) /[Al-Zn]比	3元共晶 (面積%)	Mg <sub>2</sub> Si 相 (面積%)			
40	實施例	20	30	10	40	15	65	5.5	0	0	0	5.0	
41	比較例	20	40	15	30	10	55	2.7	0	0.3	0	4.7	
42	比較例	20	55	10	25	5	40	3.0	0	2.5	0.5	2.0	
43	實施例	20	40	15	30	10	55	2.7	0	0.1	0.3	4.6	
44	實施例	20	40	10	35	10	55	4.5	0	0.5	0	4.5	
45	實施例	20	40	10	35	10	55	4.5	0	0.4	0	4.6	
46	比較例	20	40	10	35	10	55	4.5	0	0.2	0	4.8	
47	實施例	20	30	15	40	10	65	3.3	0	0	0	5.0	
48	實施例	20	30	15	40	10	65	3.3	0	0.1	0.2	4.7	
49	比較例	20	30	40	15	10	65	0.6	0	0	0.2	4.8	
50	比較例	20	50	10	30	5	45	3.5	0	0.1	0.1	4.8	
51	比較例	10	30	15	35	15	65	3.3	0	0.1	0.1	4.8	
52	比較例	20	10	10	65	10	85	7.5	0	0.1	0.2	4.7	
53	實施例	20	20	15	10	5	30	1.0	45	0.1	0.2	4.7	
54	實施例	20	20	20	25	10	55	1.8	20	0.1	0.1	4.8	
55	實施例	3	30	10	15	5	30	2.0	35	0.2	0.2	4.6	
56	實施例	5	20	5	20	10	35	6.0	40	1	2	2.0	
57	實施例	70	20	5	10	5	20	3.0	55	0.2	0.1	4.7	
58	實施例	80	30	10	40	15	65	5.5	0	0	0	5.0	

底線部分表示本發明之範圍外。

【0137】 [表4A]

No.	區分	鍍敷層構成			
		$\frac{I \Sigma (\text{Si})}{(I \Sigma (\text{Zn}) + I \Sigma (\text{Al}))}$	$\frac{I \Sigma (\text{Ca})}{I \Sigma (\text{Si})}$	有無 Mg <sub>2</sub> Si相	有無 Al-Ca-Si 化合物
1	比較例	0.002	1.0	×	×
2	比較例	0.001	1.0	×	×
3	比較例	0.005	3.0	○	○
4	實施例	0.008	3.5	○	○
5	實施例	0.003	8.5	×	×
6	實施例	0.007	3.5	○	○
7	實施例	0.015	3.0	○	○
8	實施例	0.020	4.0	○	○
9	實施例	0.010	6.5	○	○
10	實施例	0.011	6.0	○	○
11	實施例	0.010	6.5	○	○
12	實施例	0.010	6.5	○	○
13	實施例	0.010	6.5	○	○
14	實施例	0.003	20.0	×	×
15	實施例	0.020	2.0	○	○
16	實施例	0.015	3.0	○	○
17	實施例	0.016	3.0	○	○
18	實施例	0.015	3.0	○	○
19	實施例	0.030	4.0	○	○
20	實施例	0.010	4.5	○	○
21	實施例	0.007	9.0	×	○
22	實施例	0.016	12.0	○	○
23	實施例	0.024	12.0	○	○
24	實施例	0.120	3.0	○	○
25	實施例	0.009	12.0	○	○
26	比較例	0.003	8.5	×	×
27	實施例	0.007	0.8	○	×
28	實施例	0.003	2.0	×	×
29	比較例	0.020	5.0	○	○

底線部分表示本發明之範圍外。

【0138】 [表4B]

No.	區分	鍍敷層構成			
		$I \Sigma (\text{Si}) / (I \Sigma (\text{Zn}) + I \Sigma (\text{Al}))$	$I \Sigma (\text{Ca}) / I \Sigma (\text{Si})$	有無 $\text{Mg}_2\text{Si}$ 相	有無 Al-Ca-Si 化合物
30	實施例	0.200	0.1	○	×
31	比較例	0.003	2.0	×	×
32	實施例	0.005	1.0	○	×
33	實施例	0.025	0.2	○	×
34	比較例	0.002	20.0	×	×
35	實施例	0.003	2.0	×	×
36	實施例	0.075	0.5	○	○
37	實施例	0.100	0.1	○	×
38	比較例	0.002	3.0	×	×
39	實施例	0.003	2.0	×	×
40	實施例	0.003	2.0	×	×
41	比較例	0.015	0.4	○	×
42	比較例	0.150	0.7	○	○
43	實施例	0.008	8.0	○	○
44	實施例	0.025	0.2	○	×
45	實施例	0.020	0.3	○	×
46	比較例	0.011	0.5	○	×
47	實施例	0.003	2.0	×	×
48	實施例	0.010	4.5	○	○
49	比較例	0.002	20.0	×	○
50	比較例	0.002	20.0	○	○
51	比較例	0.007	3.5	○	○
52	比較例	0.004	20.0	○	○
53	實施例	0.020	3.0	○	○
54	實施例	0.007	3.5	○	○
55	實施例	0.015	3.0	○	○
56	實施例	0.120	3.0	○	○
57	實施例	0.015	3.0	○	○
58	實施例	0.003	2.0	×	×

底線部分表示本發明之範圍外。

【0139】 [表5A]

No.	區分	性能		
		犧牲 防蝕性	水潤濕耐蝕性 水流耐蝕性	加工性
1	比較例	B	B	B
2	比較例	B	B	B
3	比較例	B	B	B
4	實施例	A	AAA	S
5	實施例	A	A	S
6	實施例	A	AAA	S
7	實施例	AAA	AAA	S
8	實施例	AAA	AAA	S
9	實施例	AAA	AAA	S
10	實施例	S	AAA	A
11	實施例	S	AAA	A
12	實施例	S	AAA	A
13	實施例	S	AAA	A
14	實施例	A	A	S
15	實施例	A	AAA	S
16	實施例	AAA	AAA	S
17	實施例	AAA	AAA	S
18	實施例	S	AAA	A
19	實施例	S	AAA	A
20	實施例	S	AAA	A
21	實施例	A	AAA	S
22	實施例	A	AAA	S
23	實施例	S	AAA	S
24	實施例	S	AAA	S
25	實施例	S	AAA	A
26	比較例	B	B	B
27	實施例	S	AA	S
28	實施例	S	A	S
29	比較例	B	B	B

【0140】 [表5B]

No.	區分	性能		
		犧牲 防蝕性	水潤濕耐蝕性 水流耐蝕性	加工性
30	實施例	AAA	AA	A
31	比較例	B	B	B
32	實施例	A	AAA	S
33	實施例	AAA	AAA	S
34	比較例	B	B	B
35	實施例	S	AA	S
36	實施例	AAA	S	AA
37	實施例	AAA	AAA	AA
38	比較例	B	B	B
39	實施例	AAA	AA	S
40	實施例	AAA	AA	S
41	比較例	B	B	B
42	比較例	B	B	B
43	實施例	S	S	S
44	實施例	AAA	AAA	S
45	實施例	AAA	AAA	AA
46	比較例	B	B	B
47	實施例	S	AA	S
48	實施例	S	S	S
49	比較例	B	B	B
50	比較例	B	B	B
51	比較例	B	B	B
52	比較例	B	B	B
53	實施例	S	AAA	S
54	實施例	A	S	S
55	實施例	A	A	AA
56	實施例	S	AAA	S
57	實施例	S	S	S
58	實施例	AAA	AA	A

**【發明申請專利範圍】**

【請求項1】 一種鍍敷鋼材，具有：鋼材、及配置於前述鋼材表面的鍍敷層；

前述鍍敷層之平均化學組成以質量%計，是由下列所構成：

Al：10.0%~40.0%、

Mg：大於4.0%~8.5%、

Si：0%~5.0%、

Ca：0%~3.00%、

Sn：0%~3.00%、

Bi：0%~1.00%、

In：0%~1.00%、

Y：0%~0.50%、

La：0%~0.50%、

Ce：0%~0.50%、

Sr：0%~0.50%、

B：0%~1.00%、

P：0%~0.50%、

Cr：0%~0.25%、

Ti：0%~0.25%、

V：0%~0.25%、

Zr：0%~0.25%、

Ni：0%~1.00%、

Co：0%~0.25%、

Nb：0%~0.25%、

Cu：0%~1.00%、

Mn：0%~0.25%、

Mo：0%~0.25%、

W：0%~0.25%、

Ag：0%~1.00%、

Li：0%~0.50%、

Na：0%~0.05%、

K：0%~0.05%、

Fe：0%~5.00%、

Sb：0%~0.50%、

Pb：0%~0.50%、

Ba：0%~0.25%、

剩餘部分：Zn及不純物；

前述鍍敷層其對前述鋼材表面為垂直的剖面中，以掃描型電子顯微鏡所觀察的組織以面積分率計為：

MgZn<sub>2</sub>相：10%以上且50%以下、

Al相、Al-Zn相及Zn-Al相之合計：15%以上且75%以下、

[Al/MgZn<sub>2</sub>/Zn之三元共晶組織]：0%以上且65%以下、

剩餘部分：0%以上且5.0%以下；

前述Al相及前述Zn-Al相之合計相對於前述Al-Zn相的面積比( $\frac{[Al]+[Zn-Al]}{[Al-Zn]}$ )為0.8以上。

**【請求項2】** 如請求項1之鍍敷鋼材，其中，

在前述鍍敷層之平均化學組成中，Si為0.05%~5.0%；

前述鍍敷層表面至深度0.5  $\mu\text{m}$ 為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各

元素之強度累計值滿足下述公式(1)：

$$I \Sigma (\text{Si}) / (I \Sigma (\text{Zn}) + I \Sigma (\text{Al})) \geq 0.005 \cdots (1)$$

其中，式(1)中的 $I \Sigma (\text{Si})$ 、 $I \Sigma (\text{Zn})$ 及 $I \Sigma (\text{Al})$ 分別是以GDS法所檢測出的Si、Zn及Al之強度累計值。

【請求項3】 如請求項1或請求項2之鍍敷鋼材，其中，

在前述鍍敷層之平均化學組成中，Ca為0.01%~3%；

在鍍敷層中含有下列之中的任一者： $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2$ 相、 $\text{CaAl}_{1-x}\text{Si}_{1+x}$ 相(其中， $x=0\sim 0.2$ )；

前述鍍敷層表面至深度 $0.5 \mu\text{m}$ 為止的表層中，以GDS法進行深度分析時，各元素之強度累計值滿足下述公式(2)：

$$I \Sigma (\text{Ca}) / I \Sigma (\text{Si}) \geq 2.0 \cdots (2)$$

其中，式(2)中的 $I \Sigma (\text{Ca})$ 及 $I \Sigma (\text{Si})$ 分別是以GDS法所檢測出的Ca及Si之強度累計值。