

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5552862号  
(P5552862)

(45) 発行日 平成26年7月16日(2014.7.16)

(24) 登録日 平成26年6月6日(2014.6.6)

(51) Int.Cl.	F 1	
C 2 3 C 2/02	(2006.01)	C 2 3 C 2/02
C 2 3 C 2/06	(2006.01)	C 2 3 C 2/06
C 2 3 C 2/28	(2006.01)	C 2 3 C 2/28
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00
C 2 2 C 38/06	(2006.01)	C 2 2 C 38/06

請求項の数 4 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-72873 (P2010-72873)  
 (22) 出願日 平成22年3月26日(2010.3.26)  
 (65) 公開番号 特開2010-255109 (P2010-255109A)  
 (43) 公開日 平成22年11月11日(2010.11.11)  
 審査請求日 平成25年2月21日(2013.2.21)  
 (31) 優先権主張番号 特願2009-85211 (P2009-85211)  
 (32) 優先日 平成21年3月31日(2009.3.31)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000001258  
 J F E スチール株式会社  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号  
 (74) 代理人 100126701  
 弁理士 井上 茂  
 (74) 代理人 100130834  
 弁理士 森 和弘  
 (72) 発明者 吉田 昌浩  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内  
 (72) 発明者 伏脇 祐介  
 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J  
 F E スチール株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高強度溶融亜鉛めっき鋼板およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C : 0.01 ~ 0.18%、Si : 0.02 ~ 2.0%、Mn : 1.0 ~ 3.0%、Al : 0.001 ~ 1.0%、P : 0.005 ~ 0.060%、S 0.01% を含有し、残部が Fe および不可避免的不純物からなる鋼板の表面に、片面あたりのめっき付着量が 20 ~ 120 g / m<sup>2</sup> の亜鉛めっき層を有する高強度溶融亜鉛めっき鋼板を製造する方法であって、鋼板に連続式溶融亜鉛めっき設備において焼鈍および溶融亜鉛めっき処理を施すに際し、加熱過程では、焼鈍炉内温度 : 650 以上 A 以下 ( A : 700 A 900 ) の温度域のみを雰囲気露点 : - 40 以下に制御することを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

【請求項2】

前記鋼板は、成分組成として、質量%で、さらに、B : 0.001 ~ 0.005%、Nb : 0.005 ~ 0.05%、Ti : 0.005 ~ 0.05%、Cr : 0.001 ~ 1.0%、Mo : 0.05 ~ 1.0%、Cu : 0.05 ~ 1.0%、Ni : 0.05 ~ 1.0% の中から選ばれる1種以上の元素を含有することを特徴とする請求項1に記載の高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

【請求項3】

溶融亜鉛めっき処理後、さらに、450 以上600 以下の温度に鋼板を加熱して合金化処理を施し、亜鉛めっき層の Fe 含有量を 7 ~ 15 質量% の範囲にすることを特徴とする請求項1または2に記載の高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

## 【請求項4】

請求項1～3に記載のいずれかの製造方法により製造され、亜鉛めっき層直下の、下地鋼板表面から100 $\mu\text{m}$ 以内の鋼板表層部に生成したFe、Si、Mn、Al、P、B、Nb、Ti、Cr、Mo、Cu、Niの中から選ばれる少なくとも1種以上の酸化物が、片面あたり0.060g/m<sup>2</sup>以下であることを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、SiおよびMnを含有する高強度鋼板を母材とする加工性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板およびその製造方法に関するものである。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、自動車、家電、建材等の分野において、素材鋼板に防錆性を付与した表面処理鋼板、中でも溶融亜鉛めっき鋼板、合金化溶融亜鉛めっき鋼板が広範に使用されている。また、自動車の燃費向上および自動車の衝突安全性向上の観点から、車体材料の高強度化によって薄肉化を図り、車体そのものを軽量化しかつ高強度化する要望が高まっている。そのため高強度鋼板の自動車への適用が促進されている。

## 【0003】

一般的に、溶融亜鉛めっき鋼板は、スラブを熱間圧延や冷間圧延した薄鋼板を母材として用い、母材鋼板を連続式溶融亜鉛めっきライン(以下、CGLと称す)の焼鈍炉にて再結晶焼鈍および溶融亜鉛めっき処理を行い製造される。合金化溶融亜鉛めっき鋼板の場合は、溶融亜鉛めっき処理の後、さらに合金化処理を行い製造される。

20

## 【0004】

ここで、CGLの焼鈍炉の加熱炉タイプとしては、DFF型(直火型)、NOF型(無酸化型)、オールラジアントチューブ型等があるが、近年では、操業のし易さやピックアップが発生しにくい等により低コストで高品質なめっき鋼板を製造できるなどの理由からオールラジアントチューブ型の加熱炉を備えるCGLの建設が増加している。しかしながら、DFF型(直火型)、NOF型(無酸化型)と異なり、オールラジアントチューブ型の加熱炉は焼鈍直前に酸化工程がないため、Si、Mn等の易酸化性元素を含有する鋼板についてはめっき性確保の点で不利である。

30

## 【0005】

Si、Mnを多量に含む高強度鋼板を母材とした溶融めっき鋼板の製造方法として、特許文献1および特許文献2には、還元炉における加熱温度を水蒸気分圧で表される式で規定し露点を上げることで、地鉄表層を内部酸化させる技術が開示されている。しかしながら、露点を制御するエリアが炉内全体を前提としたものであるため、露点の制御が困難であり安定操業が困難である。また、不安定な露点制御のもとでの合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造は、下地鋼板に形成される内部酸化物の分布状態にバラツキが認められ、鋼板の長手方向や幅方向でめっき濡れ性ムラや合金化ムラなどの欠陥が発生する懸念がある。

## 【0006】

また、特許文献3には、酸化性ガスであるH<sub>2</sub>OやO<sub>2</sub>だけでなく、CO<sub>2</sub>濃度も同時に規定することで、めっき直前の地鉄表層を内部酸化させ外部酸化を抑制してめっき外観を改善する技術が開示されている。しかしながら、特許文献1および2と同様に、特許文献3においても、内部酸化物の存在により加工時に割れが発生しやすくなり、耐めっき剥離性が劣化する。また、耐食性の劣化も認められる。さらにCO<sub>2</sub>は炉内汚染や鋼板表面への浸炭などが起こり機械特性が変化するなどの問題が懸念される。

40

## 【0007】

さらに、最近では、加工の厳しい箇所への高強度溶融亜鉛めっき鋼板、高強度合金化溶融亜鉛めっき鋼板の適用が進んでおり、高加工時の耐めっき剥離特性が重要視されるようになってきている。具体的にはめっき鋼板に90°超えの曲げ加工を行いより鋭角に曲げたときや衝撃が加わり鋼板が加工を受けた場合の、加工部のめっき剥離の抑制が要求される。

50

## 【0008】

このような特性を満たすためには、鋼中に多量にSiを添加し所望の鋼板組織を確保するだけでなく、高加工時の割れなどの起点になる可能性があるめっき層直下の地鉄表層の組織、構造のより高度な制御が求められる。しかしながら従来技術ではそのような制御は困難であり、焼鈍炉にオールラジアンチューブ型の加熱炉を備えるCGLでSi含有高強度鋼板を母材として高加工時の耐めっき剥離特性に優れた溶融亜鉛めっき鋼板を製造することができなかった。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

【特許文献1】特開2004-323970号公報

【特許文献2】特開2004-315960号公報

【特許文献3】特開2006-233333号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0010】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであって、Si、Mnを含有する鋼板を母材とし、めっき外観、耐食性および高加工時の耐めっき剥離性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板およびその製造方法を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

従来は、めっき性を改善する目的で積極的に鋼板の内部を酸化させていた。しかし、同時に、耐食性や加工性が劣化する。そこで、本発明者らは、従来の考えにとられない新たな方法で課題を解決する方法を検討した。その結果、焼鈍工程の雰囲気と温度を適切に制御することで、めっき層直下の鋼板表層部において内部酸化の形成を抑制し、優れためっき外観と、より高い耐食性と高加工時の良好な耐めっき剥離性が得られることを知見した。具体的には、加熱過程では、焼鈍炉内温度：650以上A以下(A：700 A 900)の温度域を露点：-40以下となるように制御して焼鈍、溶融亜鉛めっき処理を行う。焼鈍炉内温度：650以上A以下(A：700 A 900)の温度域を雰囲気の露点を-40以下とすることで、鋼板と雰囲気の界面の酸素ポテンシャルを低下させ、内部酸化を形成させずに、Si、Mnなどの選択的表面拡散、表面濃化を抑制する。また、同時に、結晶の粒径を粗大にさせることで、A超えの温度域での表面濃化を抑制する。

このように雰囲気の露点を制御することにより、内部酸化を形成させず、表面濃化を極力抑制し、めっき外観、耐食性および高加工時の耐めっき剥離性に優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板が得られることになる。なお、めっき外観に優れるとは、不めっきや合金化ムラが認められない外観を有することを言う。

そして、以上の方法により得られる高強度溶融亜鉛めっき鋼板は、亜鉛めっき層の直下の、下地鋼板表面から100 $\mu$ m以内の鋼板表層部において、Fe、Si、Mn、Al、P、さらには、B、Nb、Ti、Cr、Mo、Cu、Niの中から選ばれる1種以上(Feのみを除く)の酸化物の形成が抑制され、その形成量は合計で片面あたり0.060g/m<sup>2</sup>以下に抑制される。これにより、めっき外観に優れ、耐食性が著しく向上し、地鉄表層における曲げ加工時の割れ防止を実現させ、高加工時の耐めっき剥離性に優れることになる。

## 【0012】

本発明は上記知見に基づくものであり、特徴は以下の通りである。

[1] 質量%で、C：0.01～0.18%、Si：0.02～2.0%、Mn：1.0～3.0%、Al：0.001～1.0%、P：0.005～0.060%、S 0.01%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなる鋼板の表面に、片面あたりのめっき付着量が20～120g/m<sup>2</sup>の亜鉛めっき層を有する高強度溶融亜鉛めっき鋼板を

10

20

30

40

50

製造する方法であって、鋼板に連続式溶融亜鉛めっき設備において焼鈍および溶融亜鉛めっき処理を施すに際し、加熱過程では、焼鈍炉内温度：650 以上A 以下（A：700 A 900）の温度域を雰囲気露点：-40 以下とすることを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

〔2〕前記〔1〕において、前記鋼板は、成分組成として、質量％で、さらに、B：0.001～0.005％、Nb：0.005～0.05％、Ti：0.005～0.05％、Cr：0.001～1.0％、Mo：0.05～1.0％、Cu：0.05～1.0％、Ni：0.05～1.0％の中から選ばれる1種以上の元素を含有することを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

〔3〕前記〔1〕または〔2〕において、溶融亜鉛めっき処理後、さらに、450 以上600 以下の温度に鋼板を加熱して合金化処理を施し、亜鉛めっき層のFe含有量を7～15質量％の範囲にすることを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

〔4〕前記〔1〕～〔3〕に記載のいずれかの製造方法により製造され、亜鉛めっき層直下の、下地鋼板表面から100 μm以内の鋼板表層部に生成したFe、Si、Mn、Al、P、B、Nb、Ti、Cr、Mo、Cu、Niの中から選ばれる少なくとも1種以上の酸化物が、片面あたり0.060 g/m<sup>2</sup>以下であることを特徴とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板。

#### 【0013】

なお、本発明において、高強度とは、引張強度TSが340 MPa以上である。また、本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板は、溶融亜鉛めっき処理後合金化処理を施さないめっき鋼板（以下、GIと称することもある）、合金化処理を施すめっき鋼板（以下、GAと称することもある）のいずれも含むものである。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明によれば、めっき外観、耐食性および高加工時の耐めっき剥離性に優れる高強度溶融亜鉛めっき鋼板が得られる。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0015】

以下、本発明について具体的に説明する。なお、以下の説明において、鋼成分組成の各元素の含有量、めっき層成分組成の各元素の含有量の単位はいずれも「質量％」であり、以下、特に断らない限り単に「％」で示す。

#### 【0016】

まず、本発明で最も重要な要件である、めっき層直下の下地鋼板表面の構造を決定する焼鈍雰囲気条件について説明する。

鋼中に多量のSiおよびMnが添加された高強度溶融亜鉛めっき鋼板において、耐食性及び高加工時の耐めっき剥離性を満足させるためには、腐食や高加工時の割れなどの起点となる可能性があるめっき層直下の地鉄表層の内部酸化を極力少なくすることが求められる。

#### 【0017】

SiやMnの内部酸化を促進させることによりめっき性を向上させることは可能ではあるが、これは逆に耐食性や加工性の劣化をもたらすことになってしまう。このため、SiやMnの内部酸化を促進させる方法以外で、良好なめっき性を維持しつつ、内部酸化を抑制して耐食性、加工性を向上させる必要がある。検討した結果、本発明では、めっき性を確保するために、加熱過程における加熱炉内温度：650 以上A 以下（A：700 A 900）の温度域において、酸素ポテンシャルを低下させることで易酸化性元素であるSiやMn等の地鉄表層部における活量を低下させる。そして、これらの元素の外部酸化を抑制すると同時に、再結晶により結晶の粒径を粗大にさせる。つまり、SiやMn等の外部酸化を抑制した状態で、これらの元素の拡散経路となる結晶粒界の個数を減少させる。これにより、A 以下の温度域での選択的表面拡散が抑制され、結果的にめっき性が改善する。そして、地鉄表層部に形成する内部酸化も抑制され、耐食性及び高加工性が改

10

20

30

40

50

善することになる。

【0018】

このような効果は、連続式溶融亜鉛めっき設備において焼鈍および溶融亜鉛めっき処理を施すに際し、加熱過程において、焼鈍炉内温度：650 以上A 以下（A：700 A 900）の温度域を雰囲気露点：-40 以下となるように制御することにより得られる。焼鈍炉内温度：650 以上A 以下（A：700 A 900）の温度域を雰囲気露点：-40 以下となるように制御することにより、鋼板と雰囲気露点の界面の酸素ポテンシャルを低下させ、内部酸化を形成させずに、Si、Mnなどの選択的表面拡散、酸化（以後、表面濃化と呼ぶ）を抑制する。同時に、結晶の粒径を粗大にさせることで、A 以下の温度域での表面濃化を抑制する。そして、めっきのない、より高い耐食性と高加工時の良好な耐めっき剥離性が得られることになる。

露点を制御する温度域を650 以上とした理由は以下の通りである。650 を下回る温度域では、めっき発生、耐食性の劣化、耐めっき剥離性の劣化等が問題になる程度の表面濃化や内部酸化は、起こらない。よって、本発明の効果が発現する温度域である650 以上とする。

また、温度域をA 以下（A：700 A 900）とした理由は以下の通りである。A を超える温度域は、再結晶により結晶の粒径が粗大になることでSi、Mnなどの選択的表面拡散の経路となる粒界の個数が減少し表面濃化が抑制されるため、表面濃化抑制のための露点制御を必要としない。すなわち、上限温度Aは、結晶の粒径が再結晶により粗大になる温度である。一般に、再結晶温度は含有する成分元素の種類および質量の割合によって異なるので、Aは700 A 900の範囲に許容される。そして、下限を700 とした理由は、700 以下では再結晶が起こらないためである。一方、上限を900 とした理由は、900 超えでは効果が飽和するためである。

露点を-40 以下とした理由は以下の通りである。表面濃化の抑制効果が認められはじまるのが露点が-40 以下である。露点の下限は特に設けないが、-80 以下は効果が飽和し、コスト的に不利となるため、-80 以上が望ましい。

【0019】

次いで、本発明の対象とする高強度溶融亜鉛めっき鋼板の鋼成分組成について説明する。

C：0.01～0.18%

Cは、鋼組織としてマルテンサイトなどを形成させることで加工性を向上させる。そのためは0.01%以上必要である。一方、0.18%を超えると溶接性が劣化する。したがって、C量は0.01%以上0.18%以下とする。

【0020】

Si：0.02～2.0%

Siは鋼を強化して良好な材質を得るのに有効な元素であり、本発明の目的とする強度、加工性の両方を得るためには0.02%以上が必要である。Siが0.02%未満では本発明の適用範囲とする強度が得られず、高加工時の耐めっき剥離性についても特に問題とならない。一方、2.0%を超えると高加工時の耐めっき剥離性の改善が困難となってくる。したがって、Si量は0.02%以上2.0%以下とする。

【0021】

Mn：1.0～3.0%

Mnは鋼の高強度化に有効な元素である。機械特性や強度を確保するためには1.0%以上含有させることが必要である。一方、3.0%を超えると溶接性やめっき密着性の確保、強度と延性のバランスの確保が困難になる。したがって、Mn量は1.0%以上3.0%以下とする。

【0022】

Al：0.001～1.0%

Alは溶鋼の脱酸を目的に添加されるが、その含有量が0.001%未満の場合、その目的が達成されない。溶鋼の脱酸の効果は0.001%以上で得られる。一方、1.0%を

10

20

30

40

50

超えるとコストアップになる。したがって、Al量は0.001%以上1.0%以下とする。

【0023】

P: 0.005 ~ 0.060%以下

Pは不可避免的に含有される元素のひとつであり、0.005%未満にするためには、コストの増大が懸念されるため、0.005%以上とする。一方、Pが0.060%を超えて含有されると溶接性が劣化する。さらに、表面品質が劣化する。また、合金化処理を施さない時にはめっき密着性が劣化し、合金化処理時には合金化処理温度を上昇しないと所望の合金化度とすることができない。また所望の合金化度とするために合金化処理温度を上昇させると延性が劣化すると同時に合金化めっき皮膜の密着性が劣化するため、所望の合金化度と、良好な延性、合金化めっき皮膜を両立させることができない。したがって、P量は0.005%以上0.060%以下とする。

10

【0024】

S 0.01%

Sは不可避免的に含有される元素のひとつである。下限は規定しないが、多量に含有されると溶接性が劣化するため0.01%以下とする。

【0025】

なお、強度と延性のバランスを制御するため、B: 0.001 ~ 0.005%、Nb: 0.005 ~ 0.05%、Ti: 0.005 ~ 0.05%、Cr: 0.001 ~ 1.0%、Mo: 0.05 ~ 1.0%、Cu: 0.05 ~ 1.0%、Ni: 0.05 ~ 1.0%の中から選ばれる1種以上の元素を必要に応じて添加してもよい。

20

これらの元素を添加する場合における適正添加量の限定理由は以下の通りである。

【0026】

B: 0.001 ~ 0.005%

Bは0.001%未満では焼き入れ促進効果が得られにくい。一方、0.005%超えではめっき密着性が劣化する。よって、含有する場合、B量は0.001%以上0.005%以下とする。

【0027】

Nb: 0.005 ~ 0.05%

Nbは0.005%未満では強度調整の効果やMoとの複合添加時におけるめっき密着性改善効果が得られにくい。一方、0.05%超えではコストアップを招く。よって、含有する場合、Nb量は0.005%以上0.05%以下とする。

30

【0028】

Ti: 0.005 ~ 0.05%

Tiは0.005%未満では強度調整の効果を得られにくい。一方、0.05%超えではめっき密着性の劣化を招く。よって、含有する場合、Ti量は0.005%以上0.05%以下とする。

【0029】

Cr: 0.001 ~ 1.0%

Crは0.001%未満では焼き入れ性効果が得られにくい。一方、1.0%超えではCrが表面濃化するため、めっき密着性や溶接性が劣化する。よって、含有する場合、Cr量は0.001%以上1.0%以下とする。

40

【0030】

Mo: 0.05 ~ 1.0%

Moは0.05%未満では強度調整の効果やNb、またはNiやCuとの複合添加時におけるめっき密着性改善効果が得られにくい。一方、1.0%超えではコストアップを招く。よって、含有する場合、Mo量は0.05%以上1.0%以下とする。

【0031】

Cu: 0.05 ~ 1.0%

Cuは0.05%未満では残留相形成促進効果やNiやMoとの複合添加時におけるめ

50

つき密着性改善効果が得られにくい。一方、1.0%超えではコストアップを招く。よって、含有する場合、Cu量は0.05%以上1.0%以下とする。

【0032】

Ni: 0.05 ~ 1.0%

Niは0.05%未満では残留相形成促進効果やCuとMoとの複合添加時におけるめつき密着性改善効果が得られにくい。一方、1.0%超えではコストアップを招く。よって、含有する場合、Ni量は0.05%以上1.0%以下とする。

【0033】

上記以外の残部はFeおよび不可避的不純物である。

【0034】

次に、本発明の高強度溶融亜鉛めつき鋼板の製造方法とその限定理由について説明する。

【0035】

上記化学成分を有する鋼を熱間圧延した後、冷間圧延し鋼板とし、次いで、連続式溶融亜鉛めつき設備において焼鈍および溶融亜鉛めつき処理を行う。なお、この時、本発明においては、加熱過程では、焼鈍炉内温度: 650 以上A 以下(A: 700 A 900)の温度域を雰囲気露点: -40 以下とする。これは本発明において、最も重要な要件である。

【0036】

熱間圧延

通常、行われる条件にて行うことができる。

【0037】

酸洗

熱間圧延後は酸洗処理を行うのが好ましい。酸洗工程で表面に生成した黒皮スケールを除去し、しかる後冷間圧延する。なお、酸洗条件は特に限定しない。

【0038】

冷間圧延

40%以上80%以下の圧下率で行うことが好ましい。圧下率が40%未満では再結晶温度が低温化するため、機械特性が劣化しやすい。一方、圧下率が80%超えでは高強度鋼板であるため、圧延コストがアップするだけでなく、焼鈍時の表面濃化が増加するため、めつき特性が劣化する。

【0039】

冷間圧延した鋼板に対して、焼鈍した後溶融亜鉛めつき処理を施す。

焼鈍炉では、前段の加熱帯で鋼板を所定温度まで加熱する加熱工程を行い、後段の均熱帯で所定温度に所定時間保持する均熱工程を行う。

そして、上述したように、焼鈍炉内温度: 650 以上A 以下(A: 700 A 900)の温度域を雰囲気露点: -40 以下となるように制御して焼鈍、溶融亜鉛めつき処理を行う。通常露点は-40 より高いので、炉内の水分を吸収剤で吸収除去する等により-40 以下の露点とする。なお、上記露点を-40 以下に制御する領域以外の焼鈍炉の露点は-40 より高い温度で構わない。通常の操業条件である-40超~-100でもよい。

【0040】

焼鈍炉内雰囲気の水素濃度が1vol%未満では還元による活性化効果が得られず耐めつき剥離性が劣化する。上限は特に規定しないが、50vol%超えではコストアップし、かつ効果が飽和する。よって、水素濃度は1vol%以上50vol%以下が好ましい。なお、焼鈍炉内の気体成分は、水素以外には窒素と不可避不純物気体からなる。本発明効果を損するものでなければ他の気体成分を含有してもよい。

溶融亜鉛めつき処理は、常法で行うことができる。

【0041】

次いで、必要に応じて合金化処理を行う。

10

20

30

40

50

溶融亜鉛めっき処理に引き続き合金化処理を行うときは、溶融亜鉛めっき処理をしたのち、450以上600以下に鋼板を加熱して合金化処理を施し、めっき層のFe含有量が7~15%になるよう行うのが好ましい。7%未満では合金化ムラが発生したりフレーキング性が劣化する。一方、15%超えは耐めっき剥離性が劣化する。

【0042】

以上により、本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板が得られる。本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板は、鋼板の表面に、片面あたりのめっき付着量が $20 \sim 120 \text{ g/m}^2$ の亜鉛めっき層を有する。 $20 \text{ g/m}^2$ 未満では耐食性の確保が困難になる。一方、 $120 \text{ g/m}^2$ を超えると耐めっき剥離性が劣化する。

そして、以下のように、めっき層直下の下地鋼板表面の構造に特徴を有することになる。亜鉛めっき層の直下の、下地鋼板表面から $100 \mu\text{m}$ 以内の鋼板表層部では、Fe、Si、Mn、Al、P、さらには、B、Nb、Ti、Cr、Mo、Cu、Niの中から選ばれる1種以上の酸化物の形成が合計で片面あたり $0.060 \text{ g/m}^2$ 以下に抑制される。

鋼中にSi及び多量のMnが添加された溶融亜鉛めっき鋼板において、耐食性および高加工時の耐めっき剥離性を満足させるためには、腐食や高加工時の割れなどの起点になる可能性があるめっき層直下の地鉄表層の内部酸化を極力少なくすることが求められる。そこで、本発明では、まず、めっき性を確保するために焼鈍工程において酸素ポテンシャルを低下させることで易酸化性元素であるSiやMn等の地鉄表層部における活量を低下させる。同時に結晶の粒径を粗大にさせることで、これらの元素の拡散経路となる粒界の個数を減少させる。そして、これらの元素の外部酸化を抑制し、結果的にめっき性を改善する。さらに、地鉄表層部に形成する内部酸化も抑制され、耐食性及び高加工性が改善することになる。このような効果は、下地鋼板表面から $100 \mu\text{m}$ 以内の鋼板表層部に、Fe、Si、Mn、Al、P、さらには、B、Nb、Ti、Cr、Mo、Cu、Niの中から選ばれる少なくとも1種以上の酸化物の形成量を合計で $0.060 \text{ g/m}^2$ 以下に抑制することで認められる。酸化物形成量の合計（以下、内部酸化量と称す）が $0.060 \text{ g/m}^2$ 超では、耐食性及び高加工性が劣化する。また、内部酸化量を $0.0001 \text{ g/m}^2$ 未満に抑制しても、耐食性及び高加工性向上効果は飽和するため、内部酸化量の下限は $0.0001 \text{ g/m}^2$ が好ましい。

【0043】

さらに、上記に加え、本発明では、耐めっき剥離性を向上させるために、Si、Mn系複合酸化物が成長する地鉄組織は軟質で加工性に富むフェライト相が好ましい。

【0044】

以下、本発明を、実施例に基づいて具体的に説明する。

【実施例1】

【0045】

表1に示す鋼組成からなる熱延鋼板を酸洗し、黒皮スケール除去した後、表2に示す条件にて冷間圧延し、厚さ $1.0 \text{ mm}$ の冷延鋼板を得た。

【0046】

【表 1】

鋼記号	C	Si	Mn	Al	P	S	Cr	Mo	B	Nb	Cu	Ni	Ti
A	0.05	0.03	2.0	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
C	0.15	0.1	2.1	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
D	0.05	0.25	2.0	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
E	0.05	0.39	2.1	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
F	0.05	0.1	2.9	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
G	0.05	0.1	2.0	0.9	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
H	0.05	0.1	2.1	0.03	0.05	0.004	-	-	-	-	-	-	-
I	0.05	0.1	1.9	0.03	0.01	0.009	-	-	-	-	-	-	-
J	0.05	0.1	1.9	0.02	0.01	0.004	0.8	-	-	-	-	-	-
K	0.05	0.1	1.9	0.03	0.01	0.004	-	0.1	-	-	-	-	-
L	0.05	0.1	2.2	0.03	0.01	0.004	-	-	0.003	-	-	-	-
M	0.05	0.1	2.0	0.05	0.01	0.004	-	-	0.001	0.03	-	-	-
N	0.05	0.1	1.9	0.03	0.01	0.004	-	0.1	-	-	0.1	0.2	-
O	0.05	0.1	1.9	0.04	0.01	0.004	-	-	0.001	-	-	-	0.02
P	0.05	0.1	1.9	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	0.05
R	0.02	0.1	3.1	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
S	0.02	0.1	1.9	1.1	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
T	0.02	0.1	1.9	0.03	0.07	0.004	-	-	-	-	-	-	-
U	0.02	0.1	1.9	0.03	0.01	0.02	-	-	-	-	-	-	-

10

20

30

40

次いで、上記で得た冷延鋼板を、焼鈍炉にオールラジアントチューブ型の加熱炉を備えるCGLに装入した。CGLでは、表2に示す通り、650以上A以下(A:700A900)の温度域の露点を制御して通板して焼鈍したのち、460のAl含有Zn浴にて溶融亜鉛めっき処理を施した。上記のように露点を制御した領域以外の焼鈍炉内雰囲気露点は-35を基本とした。

なお、雰囲気露点の気体成分は窒素と水素および不可避不純物気体からなり、-40以下の露点は雰囲気中の水分を吸収除去して制御した。雰囲気中の水素濃度は10vol%を基本とした。

また、GAは0.14%Al含有Zn浴を、GIは0.18%Al含有Zn浴を用いた。付着量はガスワイピングにより調節し、GAは合金化処理した。

10

## 【0048】

以上により得られた溶融亜鉛めっき鋼板(GAおよびGI)に対して、外観性(めっき外観)、耐食性、高加工時の耐めっき剥離性、加工性を調査した。また、めっき層直下の100μmまでの地鉄鋼板表層部に存在する酸化物の量(内部酸化量)を測定した。測定方法および評価基準を下記に示す。

## 【0049】

## &lt;外観性&gt;

外観性は、めっきや合金化ムラなどの外観不良が無い場合は外観良好(記号○)、ある場合は外観不良(記号×)と判定した。

## 【0050】

## &lt;耐食性&gt;

寸法70mm×150mmの合金化溶融亜鉛めっき鋼板について、JIS Z 2371(2000年)に基づく塩水噴霧試験を3日間行い、腐食生成物をクロム酸(濃度200g/L、80℃)を用いて1分間洗浄除去し、片面あたりの試験前後のめっき腐食減量(g/m<sup>2</sup>・日)を重量法にて測定し、下記基準で評価した。

(良好): 20g/m<sup>2</sup>・日未満

×(不良): 20g/m<sup>2</sup>・日以上

## 【0051】

## &lt;耐めっき剥離性&gt;

高加工時の耐めっき剥離性は、GAでは、90°を超えて鋭角に曲げたときの曲げ加工部のめっき剥離の抑制が要求される。本実施例では120°曲げた加工部にセロハンテープを押し付けて剥離物をセロハンテープに転移させ、セロハンテープ上の剥離物量をZnカウント数として蛍光X線法で求めた。なお、この時のマスク径は30mm、蛍光X線の加速電圧は50kV、加速電流は50mA、測定時間は20秒である。下記の基準に照らして、ランク1、2のものを耐めっき剥離性が良好(記号○)、3以上のものを耐めっき剥離性が不良(記号×)と評価した。

30

蛍光X線Znカウント数 ランク

0-500未満: 1(良)

500以上-1000未満: 2

1000以上-2000未満: 3

2000以上-3000未満: 4

3000以上: 5(劣)

40

GIでは、衝撃試験時の耐めっき剥離性が要求される。ボールインパクト試験を行い、加工部をテープ剥離し、めっき層の剥離有無を目視判定した。ボールインパクト条件は、ボール重量1000g、落下高さ100cmである。

○: めっき層の剥離無し

×: めっき層が剥離

## 【0052】

## &lt;加工性&gt;

加工性は、試料から圧延方向に対して90°方向にJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z 224

50

1の規定に準拠してクロスヘッド速度  $10 \text{ mm/min}$  一定で引張試験を行い、引張り強度 ( $TS / \text{MPa}$ ) と伸び ( $EL \%$ ) を測定し、 $TS \times EL \geq 22000$  のものを良好、 $TS \times EL < 22000$  のものを不良とした。

【0053】

<めっき層直下  $100 \mu\text{m}$  までの領域における内部酸化量>

内部酸化量は、「インパルス炉溶融 - 赤外線吸収法」により測定した。ただし、素材（すなわち焼鈍を施す前の高強度鋼板）に含まれる酸素量を差し引く必要があるため、本発明では、連続焼鈍後の高強度鋼板の両面の表層部を  $100 \mu\text{m}$  以上研磨して鋼中酸素濃度を測定し、その測定値を素材に含まれる酸素量  $OH$  とし、また、連続焼鈍後の高強度鋼板の板厚方向全体での鋼中酸素濃度を測定して、その測定値を内部酸化後の酸素量  $OI$  とした。このようにして得られた高強度鋼板の内部酸化後の酸素量  $OI$  と、素材に含まれる酸素量  $OH$  とを用いて、 $OI$  と  $OH$  の差 ( $= OI - OH$ ) を算出し、さらに片面単位面積（すなわち  $1 \text{ m}^2$ ）当たりの量に換算した値 ( $\text{g/m}^2$ ) を内部酸化量とした。

10

【0054】

以上により得られた結果を製造条件と併せて表 2 に示す。

【0055】

【表 2】

No.	鋼			製法			内部酸化 量 ( $\frac{g}{m^2}$ )	付着量 ( $\frac{g}{m^2}$ )	めっき 種類	めっき層中 Fe含有率 (質量%)	めっき 外観	耐食性	耐めっき 剥離性	TS (MPa)	EI (%)	TS×EI	加工性	備考	
	記号	Si (質量%)	Mn (質量%)	冷間圧延 圧下率 (%)	650~A°C の露点 (°C)														合金化温 度(°C)
					温度A (°C)	温度B (°C)													
1	A	0.03	2.0	50	-25	800	500	GA	10	x	○	x	646	23.5	15181	不良	比較例		
2	A	0.03	2.0	50	-35	800	500	GA	10	x	○	○	639	35.5	22685	良好	比較例		
3	A	0.03	2.0	50	-38	800	500	GA	10	x	○	○	646	38.8	25065	良好	比較例		
4	A	0.03	2.0	50	-40	800	500	GA	10	○	○	○	651	36.9	24022	良好	発明例		
5	A	0.03	2.0	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	656	37.1	24338	良好	発明例		
6	A	0.03	2.0	50	-60	800	500	GA	10	○	○	○	649	38.4	24922	良好	発明例		
7	A	0.03	2.0	50	-45	700	500	GA	10	○	○	○	645	36.8	23736	良好	発明例		
8	A	0.03	2.0	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	647	37.5	24263	良好	発明例		
9	A	0.03	2.0	50	-45	900	500	GA	10	○	○	○	642	38.3	24589	良好	発明例		
10	A	0.03	2.0	50	-45	800	-	GI	1	○	○	○	667	36.8	24546	良好	発明例		
11	A	0.03	2.0	50	-45	800	460	GA	8	○	○	○	654	37.7	24656	良好	発明例		
12	A	0.03	2.0	50	-45	800	550	GA	13	○	○	○	660	36.8	24288	良好	発明例		
13	C	0.1	2.1	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	800	30.1	24080	良好	発明例		
14	D	0.25	2.0	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	662	43.6	28863	良好	発明例		
15	E	0.39	2.1	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	670	44.8	30016	良好	発明例		
16	F	0.1	2.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	699	33.5	23417	良好	発明例		
17	G	0.1	2.0	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	670	34.5	23115	良好	発明例		
18	H	0.1	2.1	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	812	28.5	23954	良好	発明例		
19	I	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	671	36.0	24156	良好	発明例		
20	J	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	665	34.9	23209	良好	発明例		
21	K	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	700	33.5	23450	良好	発明例		
22	L	0.1	2.2	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	691	33.6	23218	良好	発明例		
23	M	0.1	2.0	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	696	32.2	22411	良好	発明例		
24	N	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	686	33.6	23050	良好	発明例		
25	O	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	667	35.0	23345	良好	発明例		
26	P	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	656	36.0	23616	良好	発明例		
27	R	0.1	3.1	50	-45	800	500	GA	10	x	○	○	711	34.4	24458	良好	比較例		
28	S	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	x	○	○	660	35.0	23100	良好	比較例		
29	T	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	x	○	○	893	22.0	19646	不良	比較例		
30	U	0.1	1.9	50	-45	800	500	GA	10	○	○	○	664	25.7	17065	不良	比較例		

表 2 から明らかなように、本発明法で製造された G I、G A (本発明例) は、S i、M n 等の易酸化性元素を多量に含有する高強度鋼板であるにもかかわらず、耐食性、加工性および高加工時の耐めっき剥離性に優れ、めっき外観も良好である。

一方、比較例では、めっき外観、耐食性、加工性、高加工時の耐めっき剥離性のいずれか一つ以上が劣る。

【実施例 2】

【0057】

表 3 に示す鋼組成からなる熱延鋼板を酸洗し、黒皮スケール除去した後、表 4 に示す条件にて冷間圧延し、厚さ 1 . 0 mm の冷延鋼板を得た。

【0058】

【表 3】

鋼記号	C	Si	Mn	Al	P	S	Cr	Mo	B	Nb	Cu	Ni	Ti
A	0.05	0.03	2.0	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AA	0.12	0.8	1.9	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AB	0.02	0.4	1.9	0.04	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AC	0.17	1.2	1.9	0.03	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AD	0.10	1.6	2.0	0.04	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AE	0.05	2.0	2.1	0.04	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AF	0.12	0.8	2.9	0.04	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AG	0.12	0.8	1.9	0.90	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
H	0.05	0.1	2.1	0.03	0.05	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AH	0.12	0.8	2.1	0.04	0.05	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AI	0.12	0.8	2.1	0.03	0.01	0.009	-	-	-	-	-	-	-
AJ	0.12	0.8	2.1	0.02	0.01	0.003	0.6	-	-	-	-	-	-
AK	0.12	0.8	1.9	0.04	0.01	0.004	-	0.1	-	-	-	-	-
AL	0.12	0.8	2.2	0.03	0.01	0.004	-	-	0.004	-	-	-	-
M	0.05	0.1	2.0	0.05	0.01	0.004	-	-	0.002	0.02	-	-	-
AM	0.12	0.8	2.0	0.05	0.01	0.004	-	-	0.001	0.03	-	-	-
AN	0.12	0.8	2.1	0.03	0.01	0.003	-	0.1	-	-	0.1	0.2	-
AO	0.12	0.8	2.1	0.04	0.01	0.003	-	-	0.002	-	-	-	0.02
AP	0.12	0.8	1.9	0.03	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	0.04
AQ	0.20	0.8	2.2	0.04	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AR	0.12	2.1	2.0	0.04	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AS	0.12	0.8	3.1	0.04	0.01	0.004	-	-	-	-	-	-	-
AT	0.12	0.8	2.1	1.1	0.01	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AU	0.12	0.8	2.1	0.03	0.07	0.003	-	-	-	-	-	-	-
AV	0.12	0.8	2.1	0.04	0.01	0.02	-	-	-	-	-	-	-

次いで、上記で得た冷延鋼板を、焼鈍炉にオールラジアントチューブ型の加熱炉を備えるCGLに装入した。CGLでは、表4に示す通り、650以上A以下(A:700A900)の温度域の露点を制御して通板して焼鈍したのち、460のAl含有Zn浴にて熔融亜鉛めっき処理を施した。上記のように露点を制御した領域以外の焼鈍炉内雰囲気露点は-35を基本とした。

なお、雰囲気露点の気体成分は窒素と水素および不可避不純物気体からなり、-40以下の露点は雰囲気中の水分を吸収除去して制御した。雰囲気中の水素濃度は10vol%を基本とした。

また、GAは0.14%Al含有Zn浴を、GIは0.18%Al含有Zn浴を用いた。付着量はガスワイピングにより調節し、GAは合金化処理した。

10

## 【0060】

以上により得られた熔融亜鉛めっき鋼板(GAおよびGI)に対して、外観性(めっき外観)、耐食性、高加工時の耐めっき剥離性、加工性を調査した。また、めっき層直下の100μmまでの地鉄鋼板表層部に存在する酸化物の量(内部酸化量)を測定した。測定方法および評価基準を下記に示す。

## 【0061】

## &lt;外観性&gt;

外観性は、めっきや合金化ムラなどの外観不良が無い場合は外観良好(記号○)、ある場合は外観不良(記号×)と判定した。

## 【0062】

## &lt;耐食性&gt;

寸法70mm×150mmの合金化熔融亜鉛めっき鋼板について、JIS Z 2371(2000年)に基づく塩水噴霧試験を3日間行い、腐食生成物をクロム酸(濃度200g/L、80℃)を用いて1分間洗浄除去し、片面あたりの試験前後のめっき腐食減量(g/m<sup>2</sup>・日)を重量法にて測定し、下記基準で評価した。

(良好): 20g/m<sup>2</sup>・日未満

×(不良): 20g/m<sup>2</sup>・日以上

## 【0063】

## &lt;耐めっき剥離性&gt;

高加工時の耐めっき剥離性は、GAでは、90°を超えて鋭角に曲げたときの曲げ加工部のめっき剥離の抑制が要求される。本実施例では120°曲げた加工部にセロハンテープを押し付けて剥離物をセロハンテープに転移させ、セロハンテープ上の剥離物量をZnカウント数として蛍光X線法で求めた。なお、この時のマスク径は30mm、蛍光X線の加速電圧は50kV、加速電流は50mA、測定時間は20秒である。下記の基準に照らして、ランク1、2のものを耐めっき剥離性が良好(記号○)、3以上のものを耐めっき剥離性が不良(記号×)と評価した。

30

蛍光X線Znカウント数 ランク

0-500未満: 1(良)

500以上-1000未満: 2

1000以上-2000未満: 3

2000以上-3000未満: 4

3000以上: 5(劣)

40

GIでは、衝撃試験時の耐めっき剥離性が要求される。ボールインパクト試験を行い、加工部をテープ剥離し、めっき層の剥離有無を目視判定した。ボールインパクト条件は、ボール重量1000g、落下高さ100cmである。

○: めっき層の剥離無し

×: めっき層が剥離

## 【0064】

## &lt;加工性&gt;

加工性は、試料から圧延方向に対して90°方向にJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z 224

50

1の規定に準拠してクロスヘッド速度 $10\text{ mm/min}$ 一定で引張試験を行い、引張り強度( $TS/\text{MPa}$ )と伸び( $EL\%$ )を測定し、 $TS \times EL \geq 18000$ のものを良好、 $TS \times EL < 18000$ のものを不良とした。

【0065】

<めっき層直下 $100\text{ }\mu\text{m}$ までの領域における内部酸化量>

内部酸化量は、「インパルス炉溶融 - 赤外線吸収法」により測定した。ただし、素材(すなわち焼鈍を施す前の高強度鋼板)に含まれる酸素量を差し引く必要があるので、本発明では、連続焼鈍後の高強度鋼板の両面の表層部を $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上研磨して鋼中酸素濃度を測定し、その測定値を素材に含まれる酸素量 $OH$ とし、また、連続焼鈍後の高強度鋼板の板厚方向全体での鋼中酸素濃度を測定して、その測定値を内部酸化後の酸素量 $OI$ とした。このようにして得られた高強度鋼板の内部酸化後の酸素量 $OI$ と、素材に含まれる酸素量 $OH$ とを用いて、 $OI$ と $OH$ の差( $=OI - OH$ )を算出し、さらに片面単位面積(すなわち $1\text{ m}^2$ )当たりの量に換算した値( $\text{g/m}^2$ )を内部酸化量とした。

10

【0066】

以上により得られた結果を製造条件と併せて表4に示す。

【0067】

【表 4】

No.	鋼			製法			内部酸化量 (g/m <sup>2</sup> )	付着量 (g/m <sup>2</sup> )	めっき 種類	めっき層 中Fe含有 率(質量%)	めっき 外観	耐食性	耐め き割 れ性	TS (MPa)	EI (%)	TS×EI	加工性	備考	
	記号	Si (質量%)	Mn (質量%)	冷間圧延 圧下率 (%)	650~A°C の露点 (°C)														合金化温 度(°C)
					温度A (°C)	温度B (°C)													
31	A	0.03	2.0	50	-45	800	500	0.007	40	GA	10	○	○	660	37.0	24420	良好	発明例	
32	AA	0.8	1.9	50	-25	800	500	0.126	40	GA	10	×	×	1057	16.2	17123	不良	比較例	
33	AA	0.8	1.9	50	-35	800	500	0.071	40	GA	10	○	○	1026	19.8	19699	良好	比較例	
34	AA	0.8	1.9	50	-38	800	500	0.062	40	GA	10	×	×	1031	19.8	20414	良好	比較例	
35	AA	0.8	1.9	50	-40	800	500	0.055	40	GA	10	○	○	1041	20.6	21445	良好	発明例	
36	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.026	40	GA	10	○	○	1022	19.4	19827	良好	発明例	
37	AA	0.8	1.9	50	-60	800	500	0.011	40	GA	10	○	○	1036	19.8	20513	良好	発明例	
38	AA	0.8	1.9	50	-45	700	500	0.008	40	GA	10	○	○	1024	20.1	20582	良好	発明例	
39	AA	0.8	1.9	50	-45	900	500	0.082	40	GA	10	○	○	1022	19.8	20236	良好	発明例	
40	AA	0.8	1.9	50	-45	800	-	0.021	50	GI	1	○	○	1066	19.6	20894	良好	発明例	
41	AA	0.8	1.9	50	-45	800	460	0.036	40	GA	8	○	○	1028	19.8	20354	良好	発明例	
42	AA	0.8	1.9	50	-45	800	550	0.024	40	GA	13	○	○	1025	19.2	19680	良好	発明例	
43	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.028	50	GI	1	○	○	1038	20.3	21071	良好	発明例	
44	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.031	60	GI	1	○	○	1021	19.4	19807	良好	発明例	
45	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.019	80	GI	1	○	○	1019	19.9	20278	良好	発明例	
46	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.022	100	GI	1	○	○	1034	18.9	19543	良好	発明例	
47	AA	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.028	140	GI	1	○	×	1029	19.4	19963	良好	比較例	
48	AB	0.4	1.9	50	-45	800	500	0.007	40	GA	10	○	○	1001	21.2	21221	良好	発明例	
49	AC	1.2	1.9	50	-45	800	500	0.008	40	GA	10	○	○	1225	17.6	21560	良好	発明例	
50	AD	1.6	2.0	50	-45	800	500	0.045	40	GA	10	○	○	1014	19.5	19773	良好	発明例	
51	AE	2.0	2.1	50	-45	800	500	0.056	40	GA	10	○	○	1002	20.3	20341	良好	発明例	
52	AF	0.8	2.9	50	-45	800	500	0.034	50	GA	10	○	○	1126	19.8	22295	良好	発明例	
53	AG	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.046	60	GA	10	○	○	1084	19.2	20813	良好	発明例	
54	H	0.1	2.1	50	-45	800	500	0.010	40	GA	10	○	○	815	29.4	23961	良好	発明例	
55	AH	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.025	40	GA	10	○	○	1169	17.4	20341	良好	発明例	
56	AI	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.028	40	GA	10	○	○	1012	18.7	19936	良好	発明例	
57	AJ	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.035	40	GA	10	○	○	1041	20.1	20924	良好	発明例	
58	AK	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.021	40	GA	10	○	○	1024	21.1	21606	良好	発明例	
59	AL	0.8	2.2	50	-45	800	500	0.023	40	GA	10	○	○	1032	18.4	18989	良好	発明例	
60	M	0.1	2.0	50	-45	800	500	0.009	40	GA	10	○	○	698	32.1	22406	良好	発明例	
61	AM	0.8	2.0	50	-45	800	500	0.018	40	GA	10	○	○	1068	17.6	18797	良好	発明例	
62	AN	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.016	40	GA	10	○	○	1025	18.4	18878	良好	発明例	
63	AO	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.021	40	GA	10	○	○	1044	20.1	20984	良好	発明例	
64	AP	0.8	1.9	50	-45	800	500	0.023	40	GA	10	○	○	1034	19.1	19749	良好	発明例	
65	AQ	0.8	2.2	50	-45	800	500	0.021	40	GA	10	○	○	1362	12.7	17297	不良	比較例	
66	AR	2.1	2.0	50	-45	800	500	0.057	40	GA	10	○	○	998	20.6	20559	良好	比較例	
67	AS	0.8	3.1	50	-45	800	500	0.026	40	GA	10	×	×	1164	17.6	20486	良好	比較例	
68	AT	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.021	40	GA	10	×	×	1091	18.6	20293	良好	比較例	
69	AU	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.019	40	GA	10	×	×	1392	11.8	16426	不良	比較例	
70	AV	0.8	2.1	50	-45	800	500	0.019	40	GA	10	○	○	1001	14.2	14214	不良	比較例	

【0068】

表 4 から明らかなように、本発明法で製造された GI、GA (本発明例) は、Si、Mn 等の易酸化性元素を多量に含有する高強度鋼板であるにもかかわらず、耐食性、加工性

10

20

30

40

50

および高加工時の耐めっき剥離性に優れ、めっき外観も良好である。  
一方、比較例では、めっき外観、耐食性、加工性、高加工時の耐めっき剥離性のいずれか一つ以上が劣る。

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板は、めっき外観、耐食性、加工性および高加工時の耐めっき剥離性に優れ、自動車の車体そのものを軽量化かつ高強度化するための表面処理鋼板として利用することができる。また、自動車以外にも、素材鋼板に防錆性を付与した表面処理鋼板として、家電、建材の分野等、広範な分野で適用できる。

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 2 C 38/58 (2006.01) C 2 2 C 38/58  
C 2 1 D 9/46 (2006.01) C 2 1 D 9/46 J

(72)発明者 杉本 芳春  
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内  
(72)発明者 鈴木 善継  
東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社内

審査官 川村 健一

(56)参考文献 特開2008-156734(JP,A)  
特開2007-070732(JP,A)  
特開平05-009693(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C 2 3 C 2 / 0 0 - 2 / 4 0  
C 2 1 D 9 / 4 6  
C 2 2 C 3 8 / 0 0  
C 2 2 C 3 8 / 0 6  
C 2 2 C 3 8 / 5 8