

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5438302号  
(P5438302)

(45) 発行日 平成26年3月12日 (2014. 3. 12)

(24) 登録日 平成25年12月20日 (2013. 12. 20)

|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| (51) Int. Cl.            | F I                   |
| C 2 2 C 38/00 (2006. 01) | C 2 2 C 38/00 3 O 1 T |
| C 2 2 C 38/06 (2006. 01) | C 2 2 C 38/06         |
| C 2 2 C 38/60 (2006. 01) | C 2 2 C 38/60         |
| C 2 1 D 9/46 (2006. 01)  | C 2 1 D 9/46 J        |
| C 2 3 C 2/06 (2006. 01)  | C 2 3 C 2/06          |
| 請求項の数 8 (全 21 頁) 最終頁に続く  |                       |

|           |                               |           |                       |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2008-280028 (P2008-280028)  | (73) 特許権者 | 000001199             |
| (22) 出願日  | 平成20年10月30日 (2008. 10. 30)    |           | 株式会社神戸製鋼所             |
| (65) 公開番号 | 特開2010-106323 (P2010-106323A) |           | 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 |
| (43) 公開日  | 平成22年5月13日 (2010. 5. 13)      | (74) 代理人  | 100075409             |
| 審査請求日     | 平成23年2月4日 (2011. 2. 4)        |           | 弁理士 植木 久一             |
| 前置審査      |                               | (74) 代理人  | 100129757             |
|           |                               |           | 弁理士 植木 久彦             |
|           |                               | (74) 代理人  | 100115082             |
|           |                               |           | 弁理士 菅河 忠志             |
|           |                               | (74) 代理人  | 100125243             |
|           |                               |           | 弁理士 伊藤 浩彰             |
|           |                               | (74) 代理人  | 100125173             |
|           |                               |           | 弁理士 竹岡 明美             |
|           |                               | 最終頁に続く    |                       |

(54) 【発明の名称】 加工性に優れた高降伏比高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板とその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

C : 0. 0 5 ~ 0. 3 % (質量%の意味。化学成分組成について、以下同じ。)、  
S i : 3. 0 % 以下 (0 % を含まない)、  
M n : 1. 5 ~ 3. 5 %、  
A l : 0. 0 0 5 ~ 0. 1 5 %、  
P : 0. 1 % 以下 (0 % を含まない)、  
S : 0. 0 5 % 以下 (0 % を含まない)  
を含有し、残部は鉄および不可避不純物であって、  
金属組織がフェライトとマルテンサイトを含有する複合組織であるとともに、  
全組織に対する割合で、  
フェライトの面積率：5 ~ 8 5 %、  
マルテンサイトの面積率：1 5 ~ 9 0 %、  
残留オーステナイトの面積率：2 0 % 以下であり、  
フェライトとマルテンサイトと残留オーステナイトの面積率の合計：7 0 % 以上であり、  
フェライト組織において、結晶方位差が1 0 ° 以上の粒界の単位面積あたりの長さを  $L_a$ 、  
結晶方位差が1 0 ° 未満の粒界の単位面積あたりの長さを  $L_b$  としたとき、  
 $0. 2 \leq (L_b / L_a) \leq 1. 5$  を満たし、  
結晶方位差が1 0 ° 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径を D としたとき、 D

の平均値が  $25\ \mu\text{m}$  以下であるとともに、

結晶方位差が  $10^\circ$  以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち  $D \leq 30\ \mu\text{m}$  を満たす結晶粒が面積率で  $50\%$  以上であることを特徴とする、引張強度が  $980\text{MPa}$  以上の加工性に優れた高降伏比高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

【請求項 2】

さらに、 $\text{Cr} : 1.0\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) を含有する請求項 1 に記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

【請求項 3】

さらに、 $\text{Mo} : 1.0\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) を含有する請求項 1 または 2 に記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

10

【請求項 4】

さらに、 $\text{Ti} : 0.2\%$  以下 ( $0\%$  を含まない)、および  $\text{V} : 0.2\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) よりなる群から選ばれた少なくとも 1 種を含有する請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

【請求項 5】

さらに、 $\text{Cu} : 3\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) および／または  $\text{Ni} : 3\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) を含有する請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

【請求項 6】

さらに、 $\text{B} : 0.01\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) を含有する請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

20

【請求項 7】

さらに、 $\text{Ca} : 0.01\%$  以下 ( $0\%$  を含まない)、 $\text{Mg} : 0.01\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) および  $\text{REM} : 0.005\%$  以下 ( $0\%$  を含まない) よりなる群から選ばれる少なくとも 1 種を含有する請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板を製造する方法であって、

冷延鋼板を、昇温速度が下記 (1) ～ (3) 式を満たし、昇温時の最高到達温度が下記 (4) 式を満たすように昇温し、

30

$600^\circ\text{C}$  から最高到達温度までの温度域での滞在時間が  $400$  秒以下となるように焼鈍することを特徴とする高強度の溶融亜鉛めっき鋼板または合金化溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法。

室温から  $350^\circ\text{C}$  までの昇温速度： $\text{HR}1 \leq 900^\circ\text{C}/\text{分} \quad \dots (1)$

$350^\circ\text{C}$  から  $700^\circ\text{C}$  までの昇温速度： $\text{HR}2 \geq 60^\circ\text{C}/\text{分} \quad \dots (2)$

$700^\circ\text{C}$  から最高到達温度までの昇温速度： $5^\circ\text{C}/\text{分} \leq \text{HR}3 \leq 420^\circ\text{C}/\text{分} \quad \dots (3)$

$A_{c1}\text{点} \leq (\text{最高到達温度}) \leq (T_{\text{rec}} \text{ または } A_{c3}\text{ 点のいずれか低い方の温度}) \quad \dots (4)$

40

但し、 $T_{\text{rec}}$  は、

$T_{\text{rec}}$  および  $\text{V}$  のいずれも含有していない場合は、

$T_{\text{rec}} = -4 \times (\text{冷延率}) + 1000 + 3 \times (\text{Si}\%) + 14 \times (\text{Mn}\%) + 2 \times (\text{Cr}\%) + 19 \times (\text{Mo}\%) + 38 \times (\text{Cu}\%) + 2 \times (\text{Ni}\%)$

とし、

$T_{\text{rec}}$  および  $\text{V}$  のうち少なくとも一種を含有する場合は、

$T_{\text{rec}} = -10 \times (\text{冷延率}) + 1100 + 3 \times (\text{Si}\%) + 14 \times (\text{Mn}\%) + 2 \times (\text{Cr}\%) + 19 \times (\text{Mo}\%) + 38 \times (\text{Cu}\%) + 2 \times (\text{Ni}\%) + 5000 \times (\text{Ti}\%) + 4350 \times (\text{V}\%)$

とする。

50

（（元素名％）は、各元素の含有量（質量％）を表す。）

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車用鋼板に好適な、高降伏比を示し且つ高伸びを有する980MPa以上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も含む意味である。以下、同じ。）、並びにこの様な高強度溶融亜鉛めっき鋼板を製造するために有用な製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、地球環境問題に関する意識の高まりから、各自動車メーカーでは燃費向上を目的として車体の軽量化が進められている。また、乗客の安全性の観点からは自動車の衝突安全基準が強化され、衝撃に対する部材の耐久性も求められている。そのため、最近の車では高強度鋼板の使用比率が一段と上昇しており、なかでも防錆性が要求される車体骨格部材やレインフォース部材では高強度溶融亜鉛めっき鋼板が積極的に適用されている。高強度鋼板の用途拡大に伴い、求められる特性も高まっており、難成形部材では母材の加工性の改善が一層強く求められている。

【0003】

強度と加工性を兼ね備えたものとして開発された鋼として、フェライトとマルテンサイトを主体とする複合組織鋼板（以下、DP鋼板と呼ぶ場合がある。）がある。例えば特許文献1、2には強度－伸びバランスに優れた高強度亜鉛めっき鋼板とその製造方法が開示されている。一方、車体骨格用の高強度鋼板には、加工性とともには衝突時のエネルギー吸収能が要求され、降伏強度つまり降伏比が高いことも重要である。例えば、特許文献3では、析出粒子を利用した高降伏強度で加工性に優れた薄鋼板が開示されている。

【0004】

しかし、特許文献1や2の技術では、亜鉛めっき後もしくはその後の合金化処理後の冷却でマルテンサイトを生成させており、その際にフェライト中に可動転位が導入されるため、低降伏強度となる。また降伏強度を高めた特許文献3は、ナノレベルの析出粒子を利用しているが、熱延や冷延後に焼鈍する場合には析出粒子を微細に分散することが困難であり、高降伏強度と高延性を両立することは難しい。

【0005】

また、特許文献4ではスポット溶接性と高降伏比を兼ね備えた高強度溶融亜鉛めっき鋼板とその製造方法が開示されているが、金属組織中にアスペクト比が3以上の展伸した結晶粒を含んでおり組織的に不均一であることから、必ずしも加工性が良いとは言えない。

【特許文献1】特開昭55-122820号公報

【特許文献2】特開2001-220641号公報

【特許文献3】特開2002-322539号公報

【特許文献4】特開2006-274378号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は引張強度が980MPa以上の、高降伏比を示し且つ伸びに優れた高強度溶融亜鉛めっき鋼板を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決することのできた本発明に係る引張強度が980MPa以上の加工性に優れた高降伏比高強度溶融亜鉛めっき鋼板とは、C：0.05～0.3％（質量％の意味。化学成分組成について、以下同じ。）、Si：3.0％以下（0％を含まない）、Mn：1.5～3.5％、Al：0.005～0.15％、P：0.1％以下（0％を含まな

10

20

30

40

50

い)、S:0.05%以下(0%を含まない)を含有し、残部は鉄および不可避不純物であって、金属組織がフェライトとマルテンサイトを含有する複合組織であるとともに、フェライト組織において、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単位面積あたりの長さを $L_a$ 、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さを $L_b$ としたとき、 $0.2 \leq (L_b / L_a) \leq 1.5$ を満たし、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径をDとしたとき、Dの平均値が $25 \mu\text{m}$ 以下であるとともに、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち $D \leq 30 \mu\text{m}$ を満たす結晶粒が面積率で50%以上である点に特徴を有する。

#### 【0008】

また、本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板の組織は全組織に対する割合で、フェライトの面積率:5~85%、マルテンサイトの面積率:15~90%、残留オーステナイトの面積率:20%以下であり、フェライトとマルテンサイトと残留オーステナイトの面積率の合計:70%以上であることも好ましい。

#### 【0009】

本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板は必要に応じて、さらに(a)Cr:1.0%以下(0%を含まない)、(b)Mo:1.0%以下(0%を含まない)、(c)Ti:0.2%以下(0%を含まない)、Nb:0.3%以下(0%を含まない)、およびV:0.2%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれた少なくとも1種、(d)Cu:3%以下(0%を含まない)および/またはNi:3%以下(0%を含まない)、(e)B:0.01%以下(0%を含まない)、(f)Ca:0.01%以下(0%を含まない)、Mg:0.01%以下(0%を含まない)およびREM:0.005%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれる少なくとも1種、を含有していてもよい。

#### 【0010】

本発明における溶融亜鉛めっきは合金化溶融亜鉛めっきであってもよい。

#### 【0011】

また本発明は、本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板の製造方法をも包含するものであり、該製造方法は、上記成分組成を満たす冷延鋼板を、昇温速度が下記(1)~(3)式を満たし、昇温時の最高到達温度が下記(4)式を満たすように昇温し、 $600^\circ\text{C}$ から最高到達温度までの温度域での滞在時間が400秒以下となるように焼鈍することを特徴とするものである。

#### 【0012】

室温から $350^\circ\text{C}$ までの昇温速度: $HR1 \leq 900^\circ\text{C}/\text{分}$  ... (1)

$350^\circ\text{C}$ から $700^\circ\text{C}$ までの昇温速度: $HR2 \geq 60^\circ\text{C}/\text{分}$  ... (2)

$700^\circ\text{C}$ から最高到達温度までの昇温速度: $5^\circ\text{C}/\text{分} \leq HR3 \leq 420^\circ\text{C}/\text{分}$  ... (3)

$Ac_1$ 点 $\leq$ (最高到達温度) $\leq$ ( $T_{rec}$ または $Ac_3$ 点のいずれか低い方の温度) ... (4)

但し、 $T_{rec}$ は、

Ti、Nb、およびVのいずれも含有していない場合は、

$$T_{rec} = -4 \times (\text{冷延率}) + 1000 + 3 \times (Si\%) + 14 \times (Mn\%) + 2 \times (Cr\%) + 19 \times (Mo\%) + 38 \times (Cu\%) + 2 \times (Ni\%)$$

とし、

Ti、Nb、およびVのうち少なくとも一種を含有する場合は、

$$T_{rec} = -10 \times (\text{冷延率}) + 1100 + 3 \times (Si\%) + 14 \times (Mn\%) + 2 \times (Cr\%) + 19 \times (Mo\%) + 38 \times (Cu\%) + 2 \times (Ni\%) + 5000 \times (Ti\%) + 6200 \times (Nb\%) + 4350 \times (V\%)$$

とする。(元素名%)は、各元素の含有量(質量%)を表す。)

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板によれば、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単

10

20

30

40

50

位面面積あたりの長さ $L_a$ と、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さ $L_b$ の比( $L_b/L_a$ )を一定範囲に制御するとともに、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の粒径および粒度分布を適切に制御しているため、高降伏比かつ伸びに優れた $980\text{ MPa}$ 以上の溶融亜鉛めっき鋼板を提供することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明者らは、金属組織がフェライトとマルテンサイトを含有する複合組織鋼板において、高降伏比であり、且つ伸びに優れた $980\text{ MPa}$ 以上の高強度溶融亜鉛めっき鋼板を実現すべく鋭意研究を重ねた。その結果、鋼の成分組成を制御するとともに、(i)結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単位面積あたりの長さ $L_a$ と、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さ $L_b$ の比( $L_b/L_a$ ) (以下、「粒界頻度」と呼ぶ場合がある。)を所定の範囲内に制御することによって降伏比を向上させることができること、および(ii)結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径を $D$ としたとき、 $D$ の平均値が $25\text{ }\mu\text{m}$ 以下となるように小さくし、かつ結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち $D \leq 30\text{ }\mu\text{m}$ を満たす結晶粒が面積率で $50\%$ 以上となるように結晶粒の粒度分布 (以下、「粒度頻度」と呼ぶ場合がある。)を均一化することにより伸びを向上させることができることを見出し、本発明を完成した。

10

【0015】

まず、本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板の成分組成について以下に説明する。

【0016】

20

C:  $0.05 \sim 0.3\%$

Cは鋼板の強度を確保するために重要な元素である。また、マルテンサイト組織の生成量や形態に影響を与え、伸びを向上させる作用を有する。そこでC量を $0.05\%$ 以上と定めた。C量は好ましくは $0.06\%$ 以上であり、より好ましくは $0.07\%$ 以上である。一方、C量が過剰になると溶接性が低下する。そこでC量を $0.3\%$ 以下と定めた。C量は好ましくは $0.25\%$ 以下であり、より好ましくは $0.2\%$ 以下である。

【0017】

Si:  $3.0\%$ 以下 ( $0\%$ を含まない)

Siは伸びを低下させることなく固溶強化により鋼板の強度向上に寄与する元素である。このような効果を発揮させるために、好ましいSi量は $0.005\%$ 以上、より好ましくは $0.01\%$ 以上である。一方、Si量が過剰になると強度が高くなりすぎて圧延負荷が増大し、また熱間圧延時にスケールが発生して鋼板の表面性状を悪化させる。そこでSi量を $3.0\%$ 以下と定めた。Si量は好ましくは $2.5\%$ 以下、より好ましくは $2.0\%$ 以下である。

30

【0018】

Mn:  $1.5 \sim 3.5\%$

Mnは鋼板の強度を確保するために重要な元素である。そこでMn量を $1.5\%$ 以上と定めた。Mn量は、好ましくは $1.7\%$ 以上であり、より好ましくは $2.0\%$ 以上である。一方、Mn量が過剰になると伸びが劣化するため、Mn量を $3.5\%$ 以下と定めた。Mn量は、好ましくは $3.2\%$ 以下であり、より好ましくは $3.0\%$ 以下である。

40

【0019】

Al:  $0.005 \sim 0.15\%$

Alは脱酸作用を有する元素である。そこでAl量を $0.005\%$ 以上と定めた。Al量は、好ましくは $0.01\%$ 以上、より好ましくは $0.03\%$ 以上である。一方、Al量が過剰になるとコストアップを招くため、 $0.15\%$ 以下と定めた。Al量は、好ましくは $0.1\%$ 以下、より好ましくは $0.07\%$ 以下である。

【0020】

P:  $0.1\%$ 以下 ( $0\%$ を含まない)

Pは過剰になると溶接性が劣化する。そこでP量を $0.1\%$ 以下と定めた。P量は好ましくは $0.08\%$ 以下、より好ましくは $0.05\%$ 以下である。

50

## 【0021】

S : 0.05%以下(0%を含まない)

Sは過剰になると硫化物系介在物が増大して鋼板の強度が劣化する。そこでS量を0.05%以下と定めた。S量は、好ましくは0.01%以下であり、より好ましくは0.007%以下である。

## 【0022】

本発明に用いる鋼の基本成分は上記の通りであり、残部は実質的に鉄である。但し、原料、資材、製造設備等の状況によって持ち込まれる不可避不純物が鋼中に含まれることは、当然に許容される。不可避不純物としては、例えば、NやO、トラップ元素(Sn、Zn、Pb、As、Sb、Biなど)などが挙げられる。Nは窒化物として析出し鋼の強度を向上させる元素であるが、Nが過剰に存在すると窒化物も過剰となり伸びの低下を引き起こすので、0.01%以下とすることが好ましい。またOについても過剰になると伸びの低下を引き起こすので0.01%以下とすることが好ましい。

10

## 【0023】

さらに本発明に用いる鋼は、必要に応じて、以下の任意元素を含有していても良い。

## 【0024】

Cr : 1.0%以下(0%を含まない)

Crは鋼の焼入性を高め、高強度化に有効な元素である。特に後述するMoと比較して中間段階変態組織であるベイナイト組織の形成を抑制する効果が顕著であり、フェライトとマルテンサイトを主体とする複合組織鋼板を得るのに有効な元素である。このような効果を発揮させるためCr量は0.04%以上とすることが好ましく、より好ましくは0.07%以上である。一方、Cr量が過剰になると延性が低下する。そこでCr量を1.0%以下とすることが好ましい。Cr量はより好ましくは0.8%以下であり、さらに好ましくは0.6%以下である。

20

## 【0025】

Mo : 1.0%以下(0%を含まない)

Moは鋼の焼入性を高め、高強度化に有効な元素である。このような効果を発揮させるためにMo量は0.04%以上とすることが好ましく、より好ましくは0.07%以上である。一方、Mo量が過剰になると延性が低下し、またコストも高くなる。そこでMo量を1.0%以下とすることが好ましい。Mo量は、より好ましくは0.8%以下であり、さらに好ましくは0.6%以下である。

30

## 【0026】

Ti : 0.2%以下(0%を含まない)、Nb : 0.3%以下(0%を含まない)、およびV : 0.2%以下(0%を含まない)よりなる群から選ばれた少なくとも1種

Ti、Nb、Vはいずれも炭化物や窒化物等の析出物を形成して鋼の強度を向上させるとともに、再結晶を抑制する作用を有する。つまり加工組織を残存させることができ、粒界頻度( $L_b/L_a$ )を高めて高降伏強度を達成することができる。Ti量は好ましくは0.01%以上、より好ましくは0.02%以上である。Nb量は好ましくは0.01%以上であり、より好ましくは0.03%以上である。またV量は好ましくは0.01%以上であり、より好ましくは0.03%以上である。一方、これらの元素が過剰になり、粒界頻度( $L_b/L_a$ )が高くなりすぎると伸びの低下を招く。そこで、Ti量を0.2%以下、Nb量を0.3%以下、V量を0.2%以下とすることが好ましい。Ti量はより好ましくは0.15%以下、さらに好ましくは0.1%以下である。Nb量はより好ましくは0.2%以下、さらに好ましくは0.15%以下である。V量はより好ましくは0.15%以下、さらに好ましくは0.13%以下である。

40

## 【0027】

Cu : 3%以下(0%を含まない) および/またはNi : 3%以下(0%を含まない)

Cu、Niは鋼板の高強度化に有効な元素である。このような効果を発揮させるため、Cu量は好ましくは0.05%以上、より好ましくは0.1%以上である。またNi量は好ましくは0.05%以上、より好ましくは0.1%以上である。一方、CuやNiが過

50

剰となると熱間加工性が低下してしまう。そこでCu量を3%以下、Ni量を3%以下とすることが好ましい。Cu量はより好ましくは2%以下、さらに好ましくは1%以下である。Ni量はより好ましくは2%以下、さらに好ましくは1%以下である。

**【0028】**

B：0.01%以下（0%を含まない）

BはCr、Moと同様に、鋼の焼入性を高め、高強度化に有効な元素である。このような効果を発揮させるため、B量は好ましくは0.001%以上、より好ましくは0.0015%以上である。一方、B量が過剰になるとホウ化物の生成が顕著となり、延性が低下する。そこでB量を0.01%以下とすることが好ましい。B量はより好ましくは0.008%以下、さらに好ましくは0.005%以下である。

10

**【0029】**

Ca：0.01%以下（0%を含まない）、Mg：0.01%以下（0%を含まない）  
およびREM：0.005%以下（0%を含まない）よりなる群から選ばれる少なくとも1種

Ca、Mg、REMは介在物の形態制御、特に微細分散化に寄与する元素である。このような効果を発揮するため、Ca量は好ましくは0.0005%以上、より好ましくは0.001%以上である。またMg量は好ましくは0.0005%以上、より好ましくは0.001%以上であり、REM量は好ましくは0.0005%以上、より好ましくは0.001%以上である。一方、これらの元素が過剰になると casting 性や熱間加工性を低下させたり、延性を低下させる。そこでCa量を0.01%以下、Mg量を0.01%以下、REM量を0.005%以下とすることが好ましい。Ca量はより好ましくは0.007%以下、さらに好ましくは0.005%以下である。またMg量はより好ましくは0.007%以下、さらに好ましくは0.005%以下である。REM量はより好ましくは0.007%以下、さらに好ましくは0.005%以下である。

20

**【0030】**

本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板の金属組織は、フェライトとマルテンサイトを含有する複合組織鋼板において、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単位面積あたりの長さ $L_a$ と、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さ $L_b$ の比 $(L_b/L_a)$ を $0.2 \leq (L_b/L_a) \leq 1.5$ の範囲内に制御することによって、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界を一定比率以上確保して降伏強度の向上、すなわち降伏比を向上させたところに第一の特徴を有する。さらに、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径をDとしたとき、Dの平均値が $25\mu\text{m}$ 以下となるように小さくし、かつ結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち $D \leq 30\mu\text{m}$ を満たす結晶粒が面積率で50%以上となるように結晶粒の粒度分布を均一化することによって伸びを向上させたところに第二の特徴を有する。以下、順を追って説明する。

30

**【0031】**

本発明において、結晶方位差を $10^\circ$ で区切るのは、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界と、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界とでは機械的性質（降伏比、引張強度、伸び）に対する影響が異なるからである。

**【0032】**

40

まず結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界は、焼鈍前の冷延工程で加工組織が導入され、その後の焼鈍工程で転位組織の回復によりサブグレイン化が生じることによって形成される。このような結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界は、低降伏強度化の原因となるフェライト中の可動転位の動きを抑制することができ、降伏強度を向上させ高降伏比とすることができる。このような効果を十分に発揮させるため、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単位面積あたりの長さを $L_a$ 、結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さを $L_b$ としたとき、 $L_a$ と $L_b$ の比 $(L_b/L_a)$ を0.2以上と定めた。結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界の単位面積あたりの長さ $(L_a)$ と結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の単位面積あたりの長さ $(L_b)$ の比は、一つのフェライト粒において可動転位の動きを抑制することのできる境界の割合を表しており、可動転位の抑制効果と降伏比との間に相関関係を見出したところ

50

に本発明の意義を有している。なお、本発明では弾性領域で転位の動きを止めることによって降伏強度を高めているので、その後の塑性領域における加工硬化の挙動には大きな影響を与えることはない。したがって、複合組織鋼板の優れた引張強度および伸び特性を維持しつつ、降伏強度を高めることができる。 $(L_b/L_a)$ は好ましくは0.25以上であり、より好ましくは0.30以上である。一方、 $(L_b/L_a)$ が大きくなりすぎる、つまり加工組織が残存しすぎると伸びが低下する。そこで、 $(L_b/L_a)$ を1.5以下と定めた。 $(L_b/L_a)$ は好ましくは1.4以下であり、より好ましくは1.3以下である。

#### 【0033】

次に、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれた結晶粒は鋼板の伸び特性に大きな影響を及ぼす。すなわち、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれた結晶粒が粗大になると、局所変形の際に応力集中が顕著となり、局所伸びの低下により全伸びも低下する。そこで、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径をDとした時、Dの平均値が $25\mu\text{m}$ 以下であると定めた。Dの平均値は好ましくは $20\mu\text{m}$ 以下であり、より好ましくは $15\mu\text{m}$ 以下である。Dの平均値の下限は特に限定されないが、例えば $0.5\mu\text{m}$ 程度であってもよい。

#### 【0034】

また、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の粒度分布について、粒度分布が不均一であると伸び(EL)が劣化する。そこで結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち $D \leq 30\mu\text{m}$ を満たす結晶粒が面積率で50%以上であると定め、好ましくは60%以上、より好ましくは70%以上であると良い。

#### 【0035】

結晶方位差が $10^\circ$ 以上である境界の単位面積あたりの長さ、結晶方位差が $10^\circ$ 未満である境界の単位面積あたりの長さは、SEM(走査型電子顕微鏡)－EBSP(電子後方散乱)法により結晶解析を行うことによって求めることができる。EBSP法では $1\mu\text{m}$ 以下のステップで $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 以上の範囲を3視野以上測定し、CI値 $\geq 0.1$ で結晶方位解析を実施すれば、粒界頻度 $(L_b/L_a)$ およびフェライト粒の認識を行うことができる。また結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒の平均粒径は、切断法、求積法、比較法など、通常の方法により求めることができる。さらに粒度分布については、結晶方位差が $10^\circ$ 以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち粒径が $30\mu\text{m}$ 以下のものの面積割合を求めた。

#### 【0036】

本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板の金属組織は、フェライトとマルテンサイトを含有する複合組織鋼板であり、全組織に対してフェライトとマルテンサイトは合計で65面積%以上であることが好ましい。本発明におけるフェライトはポリゴナルフェライトを意味する。また本発明におけるマルテンサイトは焼入マルテンサイトを意味し、冷却中に自己焼戻されたマルテンサイトは含む意味であるが、 $200^\circ\text{C}$ 以上で焼戻された焼戻マルテンサイトは含まない。

#### 【0037】

本発明に係る高強度溶融亜鉛めっき鋼板は、フェライトとマルテンサイトのみから成っていてもよいが、延性の向上を狙って残留オーステナイトを含有してもよい。フェライトは延性を向上させる効果がある一方、過剰になると強度の低下を招く。マルテンサイトは強度を向上させる効果がある一方、過剰になると延性の低下を招く。また残留オーステナイトは延性を向上させる効果がある一方、過剰になると伸びフランジ性の低下を招くとともに残留オーステナイト中の炭素濃度が減少することによって伸びが低下する。従ってフェライトとマルテンサイト、及び残留オーステナイトの分率は、要求される強度と延性のバランスに応じて、フェライトの面積率：5～85%、マルテンサイトの面積率：15～90%、残留オーステナイトの面積率：20%以下の範囲から適宜調整することが好ましく、延性を高める観点からはフェライトとマルテンサイトと残留オーステナイトの合計面積率：70%以上とすることが好ましい。より好ましくは、フェライトとマルテンサイトと残留オーステナイトの合計面積率は75%以上である。

## 【0038】

また本発明において、フェライト、マルテンサイト及び残留オーステナイトの他、本発明の効果を阻害しない範囲内でベイナイト、パーライトを含有していてもよい。ベイナイトおよびパーライトの含有率は合計で30面積%以下とすることが好ましい。

## 【0039】

鋼板の金属組織は、鋼板の圧延方向に垂直な断面における $t/4$ 位置（ $t$ ：板厚）を走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて倍率3000倍で観察することにより、フェライトとマルテンサイトを判別することができる。また、残留オーステナイトについては、飽和磁化法（R&D神戸製鋼技報 Vol. 52 No. 3）により体積率を測定し、面積率に換算することによって求めることができる。

10

## 【0040】

本発明の高強度溶融亜鉛めっき鋼板を製造するためには、特に冷延後の焼鈍工程において昇温速度、最高到達温度、および所定の温度域での滞在時間を制御することが有効である。具体的には、上記成分組成の冷延鋼板を、昇温速度が下記（1）～（3）式を満たし、昇温時の最高到達温度が下記（4）式を満たすように昇温し、600℃から最高到達温度までの温度域での滞在時間が400秒以下となるように焼鈍することによって、本発明鋼板を製造することができる。以下、製造条件について詳述する。

## 【0041】

まず昇温は、室温から350℃まで、350℃から700℃まで、700℃から最高到達温度までの3つの温度領域に区分して、昇温速度が下記（1）～（3）式を満たすようにし、最高到達温度は下記（4）式を満たすように昇温する。

20

## 【0042】

室温から350℃までの昇温速度： $HR1 \leq 900^\circ\text{C}/\text{分}$ ・・・（1）

室温から350℃までの昇温では加工されたフェライト組織中の残留歪みを開放し、後述の組織の回復挙動を通じて良好な伸び（EL）を確保することができる。つまりHR1が900℃/分を超えると、後述する350℃から700℃までの昇温時に加工組織の回復が顕著となり、結晶方位差が10°未満の粒界の割合が小さくなって降伏強度が低下する。従ってHR1の上限を900℃/分と定めた。HR1は好ましくは750℃/分以下であり、より好ましくは600℃/分以下である。HR1の下限は特に限定されないが、例えば1℃/分程度であってもよい。

30

## 【0043】

350℃から700℃までの昇温速度： $HR2 \geq 60^\circ\text{C}/\text{分}$ ・・・（2）

350℃から700℃までの昇温速度は加工組織の回復挙動に大きな影響を与える。HR2が60℃/分未満となると、加工組織の回復が顕著となり結晶方位差が10°未満の粒界の割合が小さくなって降伏強度が低下する。そこでHR2を60℃/分以上と定めた。HR2は好ましくは90℃/分以上、より好ましくは120℃/分以上である。一方、HR2が速くなりすぎて加工組織の回復が起こり難いと、700℃から最高到達温度での再結晶が促進されるため、結果的に焼鈍後の組織として結晶方位差が10°未満の粒界を含まないこともありその場合、降伏強度が低下してしまう。従ってHR2は1500℃/分以下とすることが好ましい。

40

## 【0044】

700℃から最高到達温度までの昇温速度： $5^\circ\text{C}/\text{分} \leq HR3 \leq 420^\circ\text{C}/\text{分}$ ・・・（3）

700℃から最高到達温度までの温度域は、加工組織からオーステナイトが逆変態する温度域であり、該温度域での昇温速度は組織分率を確保して良好な伸び（EL）を実現する上で重要である。HR3が5℃/分を下回ると、逆変態の進行より組織の回復が顕著となるか、もしくは再結晶が生じて結晶方位差が10°より小さい境界の割合が小さくなる。そこでHR3を5℃/分以上と定めた。HR3は好ましくは7℃/分以上であり、より好ましくは10℃/分以上である。一方、HR3が420℃/分を超えると回復があまり起こらず、結晶方位差が10°より小さい境界が多く残ってしまい、伸びが劣化する。そ

50

ここでHR 3を420℃/分以下と定めた。HR 3は好ましくは400℃/分以下であり、より好ましくは350℃/分以下である。

【0045】

$A_{c1} \text{点} \leq (\text{最高到達温度}) \leq (T_{rec} \text{または} A_{c3} \text{点のいずれか低い方の温度}) \cdots$   
 ・(4)

$A_{c1}$ 点はオーステナイトへの逆変態が起こる下限の温度であり、最高到達温度が $A_{c1}$ 点を下回るとオーステナイトへの逆変態が起こらないため、DP組織を得ることができず、優れた伸びを確保することができない。最高到達温度の下限は、好ましくは $A_{c1}$ 点+20℃、より好ましくは $A_{c1}$ 点+50℃である。なお、 $A_{c1}$ 点は下記式により算出される。下記式中、(元素名%)は各元素の含有量(質量%)を表すものとする(以下、同じ)。

$$A_{c1} = 723 + 29.1 \times (Si\%) - 10.7 \times (Mn\%) + 16.9 \times (Cr\%) - 16.9 \times (Ni\%)$$

【0046】

最高到達温度は上限を、加工組織の再結晶が起こらない温度( $T_{rec}$ )またはオーステナイト単相になる下限温度( $A_{c3}$ 点)のいずれか低い方とする。

【0047】

まず最高到達温度が $T_{rec}$ を上回ると加工組織が再結晶し、所望の組織が得られなくなり、伸びは優れるものの高降伏強度を達成することができないか、または高降伏強度を達成できるものの伸びに劣るものとなる。

【0048】

ここで $T_{rec}$ は冷延率に大きく影響を受ける。つまり、冷延率が大きいくほど歪エネルギーが蓄積され、再結晶の駆動力が大きくなるため再結晶開始温度は低くなる。さらに $T_{rec}$ は合金元素の添加により上昇し、Si、Mn、Cr、Mo、Cu、Niの添加によって上昇し、特にTi、Nb、Vを添加すると $T_{rec}$ の上昇が顕著となる。下記の $T_{rec}$ を算出する式は、再結晶温度に影響する元素と冷延率を、それぞれの寄与率に応じた係数を乗じて加算したものである。なお、冷延率に乘じる係数について、Ti、Nb、およびVの少なくとも一種を含有する場合は、これら元素による析出物もしくは固溶元素の影響を受けるため、(i)冷延により導入される歪量が増大すること、また(ii)再結晶が生じるための臨界冷延率の感受性が高くなること等の理由から、Ti、Nb、およびVのいずれも含有しない場合と該係数が異なっている。

【0049】

具体的には、 $T_{rec}$ は、Ti、Nb、およびVのいずれも含有していない場合は、下記式により算出される。

$$T_{rec} = -4 \times (\text{冷延率}) + 1000 + 3 \times (Si\%) + 14 \times (Mn\%) + 2 \times (Cr\%) + 19 \times (Mo\%) + 38 \times (Cu\%) + 2 \times (Ni\%)$$

また、Ti、Nb、およびVのうち少なくとも一種を含有する場合は、

$$T_{rec} = -10 \times (\text{冷延率}) + 1100 + 3 \times (Si\%) + 14 \times (Mn\%) + 2 \times (Cr\%) + 19 \times (Mo\%) + 38 \times (Cu\%) + 2 \times (Ni\%) + 5000 \times (Ti\%) + 6200 \times (Nb\%) + 4350 \times (V\%)$$

により算出される。

【0050】

次に最高到達温度が $A_{c3}$ 点を上回ると加工組織が残存したフェライトが全てオーステナイトに変態してしまうため、所望の組織を得ることができない。なお $A_{c3}$ 点は下記式により算出される。

$$A_{c3} = 910 - 203 \times (C\%)^{1/2} + 44.7 \times (Si\%) - 30 \times (Mn\%) - 11 \times (Cr\%) + 31.5 \times (Mo\%) - 20 \times (Cu\%) - 15.2 \times (Ni\%) + 400 \times (Ti\%) + 104 \times (V\%) + 700 \times (P\%) + 400 \times (Al\%)$$

そこで最高到達温度は $T_{rec}$ または $A_{c3}$ 点のいずれか低い方の温度とした。好ましい上限温度は( $T_{rec} - 5^\circ\text{C}$ )または( $A_{c3}$ 点 $- 5^\circ\text{C}$ )のいずれか低い方の温度であ

10

20

30

40

50

り、より好ましくは ( $T_{rec} - 10^\circ\text{C}$ ) または ( $A_{c3}\text{点} - 10^\circ\text{C}$ ) のいずれか低い方の温度である。

#### 【0051】

600℃から最高到達温度までの温度域での滞在時間が400秒以下

600℃から最高到達温度までの温度域での滞在時間とは、600℃から最高到達温度への昇温に要する時間と、最高到達温度で保持する時間を合わせた時間を意味する。前記滞在時間は、加工組織の回復、再結晶挙動と相変態挙動を適切に制御する上で重要である。該温度域での時間が400秒を超えると、フェライトからオーステナイトへの逆変態の進行に対して、加工組織の回復が顕著となるか、もしくは再結晶が生じて結晶方位差が $10^\circ$ 未満の粒界の割合が少なくなる。従って600℃から最高到達温度までの温度域での滞在時間を400秒以下と定めた。前記滞在時間は好ましくは350秒以下であり、より好ましくは300秒以下である。該温度域での時間の下限は特に限定されないが例えば30秒程度であってもよい。

10

#### 【0052】

上記以外の製造条件については常法に従って行えばよく、特に限定されないが、熱間圧延については例えば800℃以上の仕上温度で熱間圧延し、700℃以下で巻き取りを行っても良い。熱間圧延後は必要に応じて酸洗し、例えば10～70%程度の冷延率で冷間圧延を行えばよい。また、焼鈍後の溶融亜鉛めっき工程または合金化溶融亜鉛めっき工程は本発明鋼板の組織に何ら影響を与えるものではなく、それらの条件は特に限定されないが、例えば、前記焼鈍後 $1^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上の平均冷却速度でめっき浴温度（例えば440～480℃）まで冷却して溶融亜鉛めっきを施し、 $3^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上の平均冷却速度で室温まで冷却することが好ましい。また合金化を行う場合は、前記溶融亜鉛めっきの後500～750℃程度の温度まで加熱後、20秒程度合金化を行い、 $3^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上の平均冷却速度で室温まで冷却することが好ましい。

20

#### 【実施例】

#### 【0053】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

30

#### 【0054】

表1、2に示す化学組成の鋼を通常の溶製方法に従って転炉で溶製し、連続鋳造してスラブとした（スラブ厚：230mm）。該スラブを1250℃に加熱した後、仕上温度900℃、累積圧下率99%で熱間圧延し、ついで平均冷却速度 $50^\circ\text{C}/\text{秒}$ で冷却した後、500℃で巻き取り、熱延鋼板を得た（板厚：2.5mm）。さらに得られた熱延鋼板を酸洗した後、表3、4に示す冷延率で冷間圧延し、冷延鋼板を得た。得られた冷延鋼板を、連続式溶融亜鉛めっきラインにて、表3、4に示す昇温速度、最高到達温度、及び滞在時間で焼鈍し、めっきを行った。表中、「GI」は溶融亜鉛めっきを表し、前記焼鈍後、 $5^\circ\text{C}/\text{秒}$ の平均冷却速度でめっき浴温度（460℃）まで冷却し、めっき後は $3^\circ\text{C}/\text{秒}$ の平均冷却速度で室温まで冷却した。また「GA」は合金化溶融亜鉛めっきを表し、焼鈍後、 $5^\circ\text{C}/\text{秒}$ の平均冷却速度でめっき浴温度（460℃）まで冷却し、550℃まで加熱して合金化し、その後 $3^\circ\text{C}/\text{秒}$ の平均冷却速度で室温まで冷却した。なお、表1、2中のREMは、Laを50%程度とCeを30%程度含有するミッシュメタルの形態で添加した。

40

#### 【0055】

【表 1】

| 鋼種 | 化学成分(質量%) (残部:鉄および不可避不純物) |      |      |      |       |      |      |      |      |      |        |        |        |        |       |
|----|---------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|-------|
|    | C                         | Si   | Mn   | P    | S     | Al   | Cr   | Mo   | Cu   | Ni   | B      | Ca     | Mg     | REM    | N     |
| 1  | 0.118                     | 0.22 | 2.85 | 0.02 | 0.001 | 0.06 | -    | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 2  | 0.096                     | 1.96 | 2.27 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | 0.20 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 3  | 0.089                     | 0.03 | 2.79 | 0.02 | 0.001 | 0.06 | 0.34 | 0.12 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 4  | 0.106                     | 2.37 | 2.20 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | -    | -    | -    | -    | 0.0018 | 0.0018 | -      | 0.0015 | 0.003 |
| 5  | 0.245                     | 0.01 | 1.57 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | 0.16 | 0.65 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 6  | 0.152                     | 1.12 | 1.87 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | 0.71 | -    | 0.08 | 0.05 | -      | -      | 0.0023 | -      | 0.004 |
| 7  | 0.106                     | 2.31 | 2.10 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | -    | 0.13 | -    | -    | 0.0015 | -      | -      | -      | 0.003 |
| 8  | 0.144                     | 0.02 | 2.35 | 0.02 | 0.002 | 0.06 | 0.22 | 0.27 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 9  | 0.069                     | 0.73 | 2.89 | 0.01 | 0.001 | 0.06 | 0.35 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.002 |
| 10 | 0.082                     | 0.82 | 3.25 | 0.02 | 0.001 | 0.04 | 0.28 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 11 | 0.214                     | 0.54 | 2.03 | 0.01 | 0.001 | 0.06 | 0.23 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 12 | 0.097                     | 1.89 | 2.50 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | 0.36 | 0.21 | -    | -    | -      | 0.0025 | -      | -      | 0.003 |
| 13 | 0.171                     | 1.33 | 2.63 | 0.01 | 0.002 | 0.05 | -    | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 14 | 0.132                     | 1.67 | 2.80 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | 0.30 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 15 | 0.153                     | 0.87 | 2.55 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | -    | 0.13 | 0.45 | 0.53 | -      | -      | -      | -      | 0.003 |

※「-」は無添加を意味する。

【表 2】

| 鋼種 | 化学成分(質量%) (残部:鉄および不可避免不純物) |      |      |      |       |      |      |      |      |      |        |        |        |        |       |
|----|----------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|-------|
|    | C                          | Si   | Mn   | P    | S     | Al   | Cr   | Mo   | Cu   | Ni   | B      | Ca     | Mg     | REM    | N     |
| 16 | 0.092                      | 0.01 | 2.76 | 0.02 | 0.001 | 0.06 | 0.35 | 0.13 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 17 | 0.095                      | 1.76 | 2.08 | 0.01 | 0.002 | 0.03 | 0.17 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 18 | 0.221                      | 0.25 | 2.13 | 0.02 | 0.001 | 0.06 | -    | -    | -    | -    | 0.0021 | -      | 0.0019 | -      | 0.005 |
| 19 | 0.121                      | 0.15 | 2.58 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | 0.28 | 0.09 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 20 | 0.184                      | 1.07 | 2.01 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | 0.56 | -    | 0.12 | 0.10 | -      | 0.0027 | -      | -      | 0.004 |
| 21 | 0.132                      | 0.78 | 2.27 | 0.01 | 0.002 | 0.04 | 0.22 | 0.05 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 22 | 0.145                      | 1.86 | 1.67 | 0.01 | 0.002 | 0.03 | -    | 0.31 | -    | -    | 0.0019 | -      | -      | -      | 0.004 |
| 23 | 0.086                      | 0.53 | 3.32 | 0.02 | 0.001 | 0.06 | -    | -    | -    | -    | -      | 0.0011 | -      | 0.0018 | 0.002 |
| 24 | 0.091                      | 1.54 | 2.87 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | 0.24 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 25 | 0.112                      | 1.98 | 2.15 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | 0.82 | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.003 |
| 26 | 0.077                      | 2.44 | 2.86 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | 0.21 | 0.22 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.002 |
| 27 | 0.215                      | 1.34 | 2.49 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | -    | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.002 |
| 28 | 0.035                      | 0.05 | 2.73 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | -    | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 29 | 0.089                      | 3.24 | 1.77 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | -    | -    | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 30 | 0.181                      | 1.38 | 1.26 | 0.01 | 0.001 | 0.04 | 0.33 | 0.72 | -    | -    | -      | -      | -      | -      | 0.004 |
| 31 | 0.086                      | 1.89 | 2.31 | 0.01 | 0.001 | 0.05 | 1.25 | -    | 0.08 | 0.05 | 0.0050 | 0.0030 | -      | -      | 0.004 |

※「-」は無添加を意味する。

【表 3】

| 試験No. | 鋼種 | 冷延率<br>(%) | 昇温速度(°C/分) |     |     | Ac <sub>1</sub><br>(°C) | Ac <sub>3</sub><br>(°C) | T <sub>rec</sub><br>(°C) | (4)式<br>下限(°C) | 最高到達<br>温度(°C) | (4)式<br>上限(°C) | 滞在時間<br>t(秒)※1 | めっき<br>区分 |
|-------|----|------------|------------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
|       |    |            | HR1        | HR2 | HR3 |                         |                         |                          |                |                |                |                |           |
| 1-1   | 1  | 30         | 600        | 600 | 60  | 699                     | 803                     | 921                      | 699            | 800            | 803            | 210            | GA        |
| 1-2   | 1  | 70         | 600        | 600 | 60  | 699                     | 803                     | 761                      | 699            | 800            | 761            | 210            | GA        |
| 2-1   | 2  | 40         | 600        | 600 | 60  | 759                     | 887                     | 878                      | 759            | 850            | 878            | 260            | GA        |
| 2-2   | 2  | 50         | 600        | 30  | 60  | 759                     | 887                     | 838                      | 759            | 820            | 838            | 350            | GA        |
| 2-3   | 2  | 30         | 600        | 600 | 60  | 759                     | 887                     | 918                      | 759            | 750            | 887            | 210            | GA        |
| 3-1   | 3  | 50         | 600        | 600 | 60  | 700                     | 802                     | 842                      | 700            | 800            | 802            | 210            | GA        |
| 3-2   | 3  | 70         | 600        | 600 | 60  | 700                     | 802                     | 762                      | 700            | 800            | 762            | 210            | GA        |
| 4-1   | 4  | 40         | 600        | 600 | 60  | 768                     | 907                     | 878                      | 768            | 850            | 878            | 260            | GA        |
| 4-2   | 4  | 50         | 600        | 600 | 600 | 768                     | 907                     | 838                      | 768            | 780            | 838            | 118            | GA        |
| 5-1   | 5  | 30         | 600        | 600 | 60  | 709                     | 809                     | 915                      | 709            | 800            | 809            | 210            | GA        |
| 6-1   | 6  | 20         | 600        | 600 | 60  | 747                     | 841                     | 954                      | 747            | 820            | 841            | 210            | GA        |
| 6-2   | 6  | 20         | 600        | 600 | 60  | 747                     | 841                     | 954                      | 747            | 820            | 841            | 210            | GI        |
| 7-1   | 7  | 40         | 600        | 600 | 60  | 768                     | 911                     | 879                      | 768            | 850            | 879            | 240            | GA        |
| 7-2   | 7  | 40         | 600        | 600 | 60  | 768                     | 911                     | 879                      | 768            | 850            | 879            | 240            | GI        |
| 8-1   | 8  | 50         | 600        | 600 | 60  | 702                     | 804                     | 839                      | 702            | 800            | 804            | 160            | GA        |
| 8-2   | 8  | 50         | 600        | 600 | 60  | 702                     | 804                     | 839                      | 702            | 800            | 804            | 160            | GI        |
| 9-1   | 9  | 30         | 600        | 600 | 60  | 719                     | 831                     | 923                      | 719            | 800            | 831            | 160            | GA        |
| 10-1  | 10 | 30         | 600        | 600 | 60  | 717                     | 816                     | 929                      | 717            | 800            | 816            | 160            | GA        |
| 11-1  | 11 | 50         | 600        | 600 | 60  | 721                     | 808                     | 831                      | 721            | 800            | 808            | 190            | GA        |
| 11-2  | 11 | 70         | 600        | 600 | 60  | 721                     | 808                     | 751                      | 721            | 900            | 751            | 310            | GA        |
| 11-3  | 11 | 50         | 600        | 600 | 60  | 721                     | 808                     | 831                      | 721            | 800            | 808            | 560            | GA        |
| 12-1  | 12 | 20         | 600        | 600 | 60  | 757                     | 884                     | 965                      | 757            | 850            | 884            | 210            | GA        |
| 13-1  | 13 | 30         | 600        | 600 | 60  | 734                     | 831                     | 921                      | 734            | 800            | 831            | 210            | GA        |
| 14-1  | 14 | 30         | 600        | 600 | 60  | 747                     | 846                     | 925                      | 747            | 820            | 846            | 210            | GA        |
| 15-1  | 15 | 30         | 600        | 600 | 60  | 712                     | 808                     | 939                      | 712            | 800            | 808            | 210            | GA        |

※1 600°Cから最高到達温度までの温度域での滞在時間

【表 4】

| 試験No. | 鋼種 | 冷延率<br>(%) | 昇温速度(°C/分) |     |     | Ac <sub>1</sub><br>(°C) | Ac <sub>3</sub><br>(°C) | T <sub>rec</sub><br>(°C) | (4)式<br>下限(°C) | 最高到達<br>温度(°C) | (4)式<br>上限(°C) | 滞在時間<br>t(秒)※1 | めっき<br>区分 |
|-------|----|------------|------------|-----|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
|       |    |            | HR1        | HR2 | HR3 |                         |                         |                          |                |                |                |                |           |
| 16-1  | 16 | 50         | 600        | 600 | 60  | 700                     | 828                     | 967                      | 700            | 800            | 828            | 210            | GA        |
| 16-2  | 16 | 50         | 600        | 600 | 60  | 700                     | 828                     | 967                      | 700            | 800            | 828            | 160            | GI        |
| 16-3  | 16 | 70         | 600        | 600 | 60  | 700                     | 828                     | 767                      | 700            | 800            | 767            | 260            | GI        |
| 17-1  | 17 | 20         | 600        | 600 | 60  | 755                     | 896                     | 1140                     | 755            | 850            | 896            | 240            | GA        |
| 17-2  | 17 | 30         | 600        | 600 | 60  | 755                     | 896                     | 1040                     | 755            | 850            | 896            | 240            | GA        |
| 17-3  | 17 | 50         | 600        | 600 | 60  | 755                     | 896                     | 840                      | 755            | 850            | 840            | 260            | GA        |
| 18-1  | 18 | 30         | 600        | 600 | 60  | 707                     | 802                     | 1209                     | 707            | 800            | 802            | 210            | GA        |
| 19-1  | 19 | 50         | 600        | 600 | 60  | 704                     | 821                     | 1004                     | 704            | 800            | 821            | 190            | GA        |
| 19-2  | 19 | 50         | 600        | 600 | 60  | 704                     | 821                     | 1004                     | 704            | 800            | 821            | 190            | GI        |
| 20-1  | 20 | 30         | 600        | 600 | 60  | 740                     | 831                     | 912                      | 740            | 800            | 831            | 210            | GA        |
| 20-2  | 20 | 50         | 600        | 600 | 60  | 740                     | 831                     | 712                      | 740            | 820            | 712            | 280            | GA        |
| 21-1  | 21 | 50         | 600        | 600 | 60  | 725                     | 839                     | 1184                     | 725            | 820            | 839            | 230            | GA        |
| 22-1  | 22 | 40         | 600        | 600 | 60  | 759                     | 894                     | 828                      | 759            | 820            | 828            | 230            | GA        |
| 22-2  | 22 | 40         | 600        | 600 | 60  | 759                     | 894                     | 828                      | 759            | 820            | 828            | 230            | GI        |
| 23-1  | 23 | 50         | 600        | 600 | 60  | 703                     | 846                     | 1098                     | 703            | 800            | 846            | 190            | GA        |
| 24-1  | 24 | 30         | 600        | 600 | 60  | 741                     | 870                     | 1050                     | 741            | 850            | 870            | 240            | GA        |
| 25-1  | 24 | 50         | 600        | 600 | 60  | 771                     | 934                     | 1970                     | 771            | 870            | 934            | 260            | GA        |
| 26-1  | 25 | 50         | 600        | 600 | 60  | 767                     | 934                     | 1037                     | 767            | 870            | 934            | 280            | GA        |
| 26-2  | 25 | 30         | 600        | 600 | 600 | 767                     | 934                     | 1237                     | 767            | 780            | 934            | 118            | GA        |
| 27-1  | 26 | 30         | 600        | 600 | 60  | 735                     | 828                     | 1322                     | 735            | 800            | 828            | 210            | GA        |
| 28-1  | 27 | 30         | 600        | 600 | 60  | 695                     | 820                     | 918                      | 695            | 800            | 820            | 210            | GA        |
| 29-1  | 28 | 30         | 600        | 600 | 60  | 798                     | 975                     | 915                      | 798            | 850            | 915            | 240            | GA        |
| 30-1  | 29 | 30         | 600        | 600 | 60  | 755                     | 894                     | 916                      | 755            | 800            | 894            | 190            | GA        |
| 31-1  | 30 | 30         | 600        | 600 | 60  | 774                     | 876                     | 924                      | 774            | 850            | 876            | 260            | GA        |

※1 600°Cから最高到達温度までの温度域での滞在時間

【0059】

金属組織の観察

フェライトおよびマルテンサイト組織については、上記で得られた鋼板の圧延方向に垂

10

20

30

40

50

直な断面の  $t/4$  位置 ( $t$ : 板厚) において、任意の測定領域 (約  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ ) を走査型電子顕微鏡 (SEM) により倍率 3000 倍で観察した。観察は 5 視野について行い、点算法によって測定した面積率の算術平均を求めた。また残留オーステナイトについては、飽和磁化法により体積率を測定し、面積率に換算した (R & D 神戸製鋼技報 Vol. 52 No. 3)。

#### 【0060】

##### 引張強度の測定

鋼板の  $t/4$  位置 ( $t$ : 板厚) から、JIS Z2201 の 5 号試験片を採取し、JIS Z2241 に従って引張強度 (TS)、降伏強度 (YP)、全伸び (EL) を測定した。これらの値から、降伏比 (YR) および  $TS \times EL$  を算出した。TS は  $980\text{MPa}$  以上を合格とし、YR は 60% 以上を合格とした。また EL については、強度レベルに応じて、 $980\text{MPa} \leq TS < 1180\text{MPa}$  の時は  $EL \geq 14\%$ 、 $1180\text{MPa} \leq TS < 1270\text{MPa}$  の時は  $EL \geq 12\%$ 、 $1270\text{MPa} \leq TS < 1370\text{MPa}$  の時は  $EL \geq 11\%$  を合格とした。

10

#### 【0061】

##### 粒界頻度の測定

結晶方位差が  $10^\circ$  以上の粒界の単位面積あたりの長さ、結晶方位差が  $10^\circ$  未満の粒界の単位面積あたりの長さは、鋼板の幅方向に垂直な断面の  $t/4$  位置付近 ( $t$ : 板厚) を、前述のように SEM-EBSP (走査型電子顕微鏡電子後方散乱) 法によって結晶方位解析を行い算出した。EBSP 法では、 $0.1\mu\text{m}$  ステップで  $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$  の範囲を 3 視野測定し、CI 値  $\geq 0.1$  以上で結晶方位解析を実施した。

20

#### 【0062】

結晶方位差が  $10^\circ$  以上の粒界で囲まれたフェライト粒の平均粒径および粒度頻度の測定

結晶方位差が  $10^\circ$  以上の粒界で囲まれたフェライト粒の平均粒径は、鋼板の幅方向に垂直な断面の  $t/4$  位置付近 ( $t$ : 板厚) を求積法によって求めた (測定領域:  $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ )。さらに粒度分布についても同じ視野において、結晶方位差が  $10^\circ$  以上の粒界で囲まれたフェライト粒のうち粒径が  $30\mu\text{m}$  以下のものの面積割合を求めた。測定は 5 視野について行い、前記粒径および粒度頻度のそれぞれについて算術平均を求めた。

30

#### 【0063】

結果を図 1 ~ 3、および表 5、6 に示す。

#### 【0064】

【表 5】

| 試験No. | ミクロ組織                 |                                |                 |                       |                         |                               | 機械的性質          |             |             |           |           |                 |
|-------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
|       | 粒界頻度<br>( $L_b/L_a$ ) | 平均フェライト<br>粒径<br>( $\mu m$ )※1 | 粒度頻度<br>の<br>合否 | ①フェライト<br>分率<br>(面積%) | ②マルテンサイト<br>分率<br>(面積%) | ③残留<br>オーステナイト<br>分率<br>(面積%) | ①+②+③<br>(面積%) | YP<br>(MPa) | TS<br>(MPa) | YR<br>(%) | EL<br>(%) | TS×EL<br>(GPa%) |
| 1-1   | 0.68                  | 8                              | ○               | 46                    | 35                      | 0                             | 81             | 655         | 996         | 66        | 18        | 18              |
| 1-2   | 0.08                  | 15                             | ○               | 54                    | 26                      | 0                             | 80             | 540         | 949         | 57        | 19        | 18              |
| 2-1   | 0.78                  | 12                             | ○               | 56                    | 32                      | 6                             | 94             | 655         | 988         | 66        | 18        | 18              |
| 2-2   | 0.12                  | 18                             | ○               | 48                    | 26                      | 0                             | 74             | 496         | 861         | 58        | 21        | 18              |
| 2-3   | 2.03                  | 5                              | ○               | 100                   | 0                       | 0                             | 100            | 1007        | 1044        | 96        | 9         | 9               |
| 3-1   | 0.23                  | 10                             | ○               | 47                    | 33                      | 0                             | 80             | 635         | 1035        | 61        | 19        | 20              |
| 3-2   | 0.06                  | 16                             | ○               | 51                    | 15                      | 0                             | 66             | 622         | 957         | 65        | 13        | 13              |
| 4-1   | 0.74                  | 10                             | ○               | 43                    | 37                      | 7                             | 87             | 648         | 994         | 65        | 18        | 18              |
| 4-2   | 1.58                  | 4                              | ○               | 57                    | 32                      | 6                             | 95             | 801         | 1098        | 73        | 8         | 9               |
| 5-1   | 0.53                  | 14                             | ○               | 45                    | 33                      | 0                             | 78             | 700         | 1063        | 66        | 17        | 18              |
| 6-1   | 0.95                  | 12                             | ○               | 44                    | 42                      | 4                             | 90             | 679         | 1021        | 66        | 18        | 18              |
| 6-2   | 0.89                  | 12                             | ○               | 44                    | 29                      | 5                             | 78             | 664         | 993         | 67        | 17        | 17              |
| 7-1   | 0.87                  | 8                              | ○               | 47                    | 41                      | 4                             | 92             | 685         | 1012        | 68        | 17        | 17              |
| 7-2   | 0.83                  | 8                              | ○               | 47                    | 28                      | 8                             | 83             | 659         | 986         | 67        | 17        | 16              |
| 8-1   | 0.51                  | 10                             | ○               | 36                    | 42                      | 0                             | 78             | 673         | 1046        | 64        | 18        | 19              |
| 8-2   | 0.72                  | 10                             | ○               | 36                    | 38                      | 0                             | 74             | 657         | 1029        | 64        | 17        | 18              |
| 9-1   | 0.86                  | 10                             | ○               | 47                    | 30                      | 1                             | 78             | 666         | 1011        | 66        | 16        | 17              |
| 10-1  | 0.89                  | 12                             | ○               | 38                    | 41                      | 2                             | 81             | 812         | 1224        | 66        | 14        | 17              |
| 11-1  | 0.47                  | 14                             | ○               | 41                    | 36                      | 3                             | 80             | 755         | 1192        | 63        | 16        | 19              |
| 11-2  | 0.02                  | 32                             | ×               | 58                    | 35                      | 2                             | 95             | 567         | 998         | 57        | 13        | 13              |
| 11-3  | 0.12                  | 17                             | ○               | 43                    | 39                      | 4                             | 86             | 613         | 1087        | 56        | 16        | 17              |
| 12-1  | 0.95                  | 10                             | ○               | 37                    | 56                      | 2                             | 95             | 816         | 1211        | 67        | 14        | 17              |
| 13-1  | 0.96                  | 10                             | ○               | 33                    | 49                      | 3                             | 85             | 798         | 1204        | 66        | 14        | 17              |
| 14-1  | 0.93                  | 12                             | ○               | 24                    | 66                      | 2                             | 92             | 849         | 1275        | 67        | 13        | 17              |
| 15-1  | 0.56                  | 10                             | ○               | 9                     | 78                      | 2                             | 89             | 843         | 1316        | 64        | 14        | 18              |

※1 結晶方位差が10°以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径をDとしたときの、Dの平均値

【表 6】

| 試験No. | ミクロ組織                 |                                |                 |                       |                         |                               | 機械的性質          |             |             |           |           |                 |
|-------|-----------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
|       | 粒界頻度<br>( $L_b/L_a$ ) | 平均フェライト<br>粒径<br>( $\mu m$ )※1 | 粒度頻度<br>の<br>合否 | ①フェライト<br>分率<br>(面積%) | ②マルテンサイト<br>分率<br>(面積%) | ③残留<br>オーステナイト<br>分率<br>(面積%) | ①+②+③<br>(面積%) | YP<br>(MPa) | TS<br>(MPa) | YR<br>(%) | EL<br>(%) | TS×EL<br>(GPa%) |
| 16-1  | 0.69                  | 4                              | ○               | 45                    | 49                      | 0                             | 94             | 692         | 1067        | 65        | 17        | 18              |
| 16-2  | 0.95                  | 4                              | ○               | 45                    | 31                      | 0                             | 76             | 700         | 1025        | 68        | 17        | 17              |
| 16-3  | 0.03                  | 10                             | ○               | 43                    | 24                      | 0                             | 67             | 652         | 984         | 66        | 12        | 12              |
| 17-1  | 1.11                  | 6                              | ○               | 48                    | 43                      | 5                             | 96             | 683         | 1020        | 67        | 18        | 18              |
| 17-2  | 1.07                  | 7                              | ○               | 46                    | 40                      | 6                             | 92             | 666         | 1007        | 66        | 17        | 17              |
| 17-3  | 0.12                  | 12                             | ○               | 59                    | 32                      | 4                             | 95             | 507         | 910         | 56        | 20        | 19              |
| 18-1  | 0.72                  | 8                              | ○               | 46                    | 39                      | 0                             | 85             | 667         | 1054        | 63        | 18        | 19              |
| 19-1  | 1.28                  | 5                              | ○               | 44                    | 42                      | 0                             | 86             | 708         | 1025        | 69        | 17        | 17              |
| 19-2  | 1.19                  | 5                              | ○               | 44                    | 34                      | 0                             | 78             | 723         | 1012        | 71        | 15        | 16              |
| 20-1  | 0.93                  | 6                              | ○               | 45                    | 43                      | 4                             | 92             | 699         | 1044        | 67        | 17        | 18              |
| 20-2  | 0.02                  | 15                             | ○               | 37                    | 56                      | 0                             | 93             | 607         | 1050        | 58        | 16        | 17              |
| 21-1  | 0.98                  | 6                              | ○               | 48                    | 28                      | 3                             | 79             | 651         | 990         | 66        | 18        | 18              |
| 22-1  | 0.74                  | 6                              | ○               | 44                    | 41                      | 5                             | 90             | 645         | 1017        | 63        | 18        | 19              |
| 22-2  | 0.68                  | 6                              | ○               | 44                    | 36                      | 5                             | 85             | 643         | 994         | 65        | 18        | 18              |
| 23-1  | 0.98                  | 2                              | ○               | 36                    | 54                      | 1                             | 91             | 828         | 1216        | 68        | 14        | 17              |
| 24-1  | 0.92                  | 3                              | ○               | 35                    | 52                      | 4                             | 91             | 808         | 1213        | 67        | 14        | 17              |
| 25-1  | 1.43                  | 4                              | ○               | 33                    | 47                      | 2                             | 82             | 835         | 1199        | 70        | 13        | 16              |
| 26-1  | 0.87                  | 4                              | ○               | 25                    | 68                      | 4                             | 97             | 847         | 1284        | 66        | 14        | 18              |
| 26-2  | 1.98                  | 3                              | ○               | 58                    | 39                      | 2                             | 99             | 752         | 909         | 83        | 7         | 6               |
| 27-1  | 0.86                  | 4                              | ○               | 18                    | 75                      | 3                             | 96             | 889         | 1318        | 67        | 13        | 17              |
| 28-1  | 0.62                  | 24                             | ○               | 83                    | 14                      | 0                             | 97             | 473         | 547         | 86        | 23        | 13              |
| 29-1  | 0.78                  | 6                              | ○               | 78                    | 8                       | 4                             | 90             | 447         | 564         | 79        | 27        | 15              |
| 30-1  | 0.83                  | 14                             | ○               | 42                    | 7                       | 0                             | 49             | 481         | 583         | 83        | 23        | 14              |
| 31-1  | 0.65                  | 12                             | ○               | 46                    | 49                      | 5                             | 100            | 660         | 1092        | 60        | 12        | 13              |

※1 結晶方位差が10°以上の粒界で囲まれたフェライト粒の円相当径をDとしたときの、Dの平均値

## 【0066】

成分組成が本発明で規定する範囲を外れる鋼種28～31を用いた例では、引張強度または伸びにおいて劣った結果となっている。具体的には、No. 28-1はC量が少ない例であり、強度が低くなっている。No. 29-1はSi量が多い例であり、Ac<sub>1</sub>点が高くなることによってフェライト分率が高くなり伸びは良好なものの、十分な強度が得られていない。No. 30-1はMn量が少ない例であり、十分な焼入れ性が確保できないためマルテンサイト分率が低くなり、強度が低くなっている。No. 31-1はCr量が

10

20

30

40

50

多い例であり、強度は良好なものの、伸びが低くなっている。

【0067】

また、No. 1-2、3-2、11-2、16-3、17-3、20-2は、冷延率と鋼中成分のバランスから $T_{re}$ が低くなった例である。その結果、最高到達温度が $T_{re}$ を超えてしまい、粒界頻度、平均フェライト粒径、または粒度頻度が本発明範囲を外れることとなり、強度、降伏比、または伸びが低くなっている。

【0068】

No. 2-2はHR2が遅くなった例であり、粒界頻度が低くなったため降伏比が低くなっている。

【0069】

No. 2-3は最高到達温度が $A_{c1}$ 点より低かったためオーステナイトへの逆変態が起こらず、DP組織を得ることができなかった例である。

【0070】

No. 11-3は600℃から最高到達温度までの温度域での滞在時間が長かったため、加工組織の回復が顕著となり、粒界頻度が低くなった例であり、降伏比が低くなっている。

【0071】

No. 4-2と26-2はHR3が高かったため回復があまり起こらず、結晶方位差が10°未満の境界が多く残存し、伸びが劣化してしまった例である。

【0072】

本実施例で用いた鋼板について、粒界頻度と降伏比の関係を図1に示し、粒界頻度と $TS \times EL$ の関係を図2に示し、降伏比と $TS \times EL$ の関係を図3に示す。

【0073】

図1より粒界頻度( $L_b/L_a$ )が高くなるにしたがって降伏比が上昇していることがわかる。また図2より粒界頻度( $L_b/L_a$ )が一定以上に高くなると伸び(EL)が低下することがわかる。さらに図3より明らかなように、本発明鋼板は、比較鋼板に比べて同じYRでも高い $TS \times EL$ を示しており、また本発明鋼板の中でもTi、Nb、およびVのうち少なくとも1種以上を含有する鋼板は、Ti、Nb、およびVのいずれも含まない鋼板に比較してYRと $TS \times EL$ のバランスが良好である。これはTi、Nb、Vの添加により、 $T_{re}$ が上昇し粒界頻度( $L_b/L_a$ )が高くなることに起因すると考えられる。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明鋼板は、高降伏比を示し且つ高伸びを有する高強度溶融亜鉛めっき鋼板であり、その用途としては自動車のフロントやリア部サイドメンバやクラッシュボックスなど正突部品をはじめ、センターピラーRFなどのピラー類、ルーフレールRF、サイドシル、フロアメンバー、キック部などの車体構成部品、バンパーRFやドアインパクトビームなどの耐衝撃吸収部品などが考えられる。

【図面の簡単な説明】

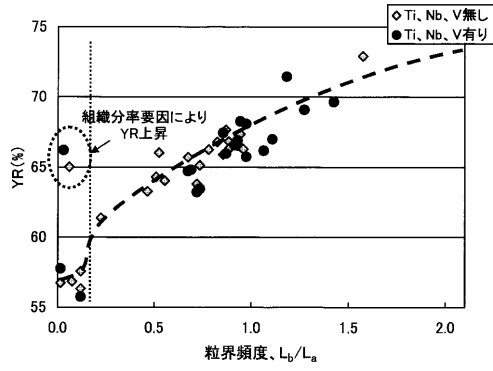
【0075】

【図1】粒界頻度( $L_b/L_a$ )と降伏比(YR)の関係を示したグラフである。

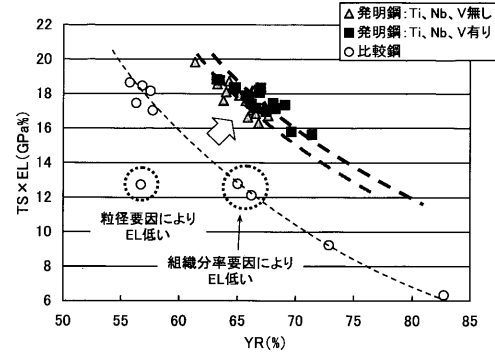
【図2】粒界頻度( $L_b/L_a$ )と $TS \times EL$ の関係を示したグラフである。

【図3】降伏比(YR)と $TS \times EL$ の関係を示したグラフである。

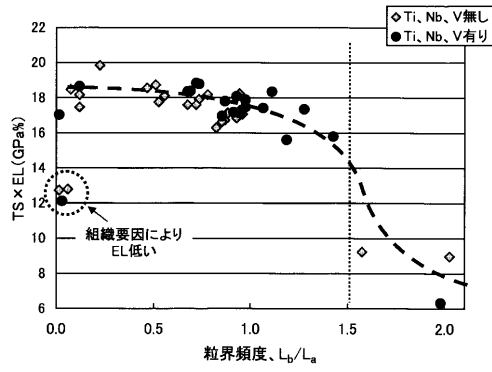
【図 1】



【図 3】



【図 2】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 3 C 2/28 (2006.01) C 2 3 C 2/28  
C 2 3 C 2/40 (2006.01) C 2 3 C 2/40

(72)発明者 二村 裕一  
兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所 加古川製鉄所内  
(72)発明者 三浦 正明  
兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所 加古川製鉄所内

審査官 伊藤 真明

(56)参考文献 特開2007-262494 (JP, A)  
特開2006-183131 (JP, A)  
特開2008-240123 (JP, A)  
特開2006-257488 (JP, A)  
特開2008-280608 (JP, A)  
特開2007-092128 (JP, A)  
特開2005-314792 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C 2 2 C 38/00-38/60  
C 2 1 D 9/46- 9/48