

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-122280

(P2017-122280A)

(43) 公開日 平成29年7月13日(2017.7.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z	4 K O 3 2
C 2 2 C 38/06 (2006.01)	C 2 2 C 38/06	
C 2 2 C 38/58 (2006.01)	C 2 2 C 38/58	
C 2 1 D 8/02 (2006.01)	C 2 1 D 8/02 A	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2017-46818 (P2017-46818)	(71) 出願人	000006655 新日鐵住金株式会社
(22) 出願日	平成29年3月10日 (2017.3.10)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(62) 分割の表示	特願2013-23791 (P2013-23791) の分割	(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
原出願日	平成25年2月8日 (2013.2.8)	(74) 代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(31) 優先権主張番号	特願2012-24981 (P2012-24981)	(74) 代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
(32) 優先日	平成24年2月8日 (2012.2.8)	(74) 代理人	100134359 弁理士 勝俣 智夫
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100188592 弁理士 山口 洋

最終頁に続く

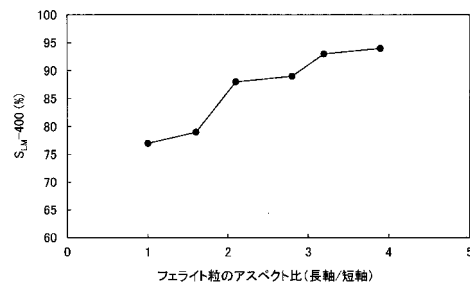
(54) 【発明の名称】 溶融亜鉛浴設備

(57) 【要約】

【課題】 溶融亜鉛浴設備を提供する。

【解決手段】 質量%で C : 0.10 ~ 0.30%、Si : 0.05%以下、Mn : 0.20 ~ 2.0%を含有し、P : 0.015%以下、S : 0.030%以下、Al : 0.070%以下に制限し、残部が Fe および不可避免の不純物からなり、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面において、板厚 (t) 方向で板面から t / 4 部までの表層の金属組織が、フェライト相およびパーライト相からなる混合組織であり、且つ、フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比が 2 以上である鋼板を用いて構成される溶融亜鉛浴設備。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で

C : 0.10 ~ 0.30 %、

Si : 0.05 % 以下、

Mn : 0.2 ~ 2.0 %

を含有し、

P : 0.015 % 以下、

S : 0.030 % 以下、

Al : 0.070 % 以下

10

に制限し、残部が Fe および不可避的不純物からなり、

圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面において、板厚 (t) 方向で板面から t / 4 部までの表層の金属組織が、フェライト相および、パーライト相からなる混合組織であり、且つ、前記フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比が 2 以上である鋼板を用いて構成される溶融亜鉛浴設備。

【請求項 2】

前記鋼板が、さらに、質量%で、

Nb : 0.003 ~ 0.050 %、

V : 0.01 ~ 0.10 %、

Ti : 0.005 ~ 0.050 %

20

のうちの 1 種または 2 種以上を含有する請求項 1 に記載の溶融亜鉛浴設備。

【請求項 3】

前記鋼板が、さらに、質量%で、

Cu : 0.1 ~ 0.5 %、

Ni : 0.1 ~ 2.0 %、

Cr : 0.1 ~ 2.0 %、

Mo : 0.02 ~ 1.0 %

のうちの 1 種または 2 種以上を含有する請求項 1 または請求項 2 に記載の溶融亜鉛浴設備

。

【請求項 4】

30

前記鋼板が、さらに、質量%で、

Ca : 0.0002 ~ 0.0030 %、

Mg : 0.0002 ~ 0.0030 %、

REM : 0.0002 ~ 0.0030 %

のうちの 1 種または 2 種以上を含有する請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の溶融亜鉛浴設備。

【請求項 5】

前記鋼板が、さらに、質量%で、

B : 0.0002 ~ 0.0010 %

を含有する請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の溶融亜鉛浴設備。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶融亜鉛浴設備に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、鉄鋼材料に施す経済的な防錆処理方法として、一般に溶融亜鉛めっき法が広く用いられている。このような溶融亜鉛めっき法は、溶融亜鉛が入れられた鋼製の浴槽に、めっきを施す鋼材を浸漬して行なわれる。

【0003】

50

上述のような鋼製の浴槽は、溶融亜鉛と接触する界面において、溶融亜鉛と浴槽の鉄とが反応し、鉄 - 亜鉛合金層を形成するため、腐食が進行してしまう。この際の腐食速度は、溶融亜鉛の温度が500 近傍である場合に非常に大きくなるので、浴槽の温度管理が適切でないと、短期間で減肉による破損が生じたり、穴あきが生じたりすることにより、浴槽が使用できなくなるという問題がある。

【0004】

上述のような腐食の問題に対し、浴槽をなす鋼の化学成分組成において、Cの含有量を高め、且つ、Si及びPの含有量を抑えることにより、溶融亜鉛の温度が500 近傍である場合の腐食速度を低減させた鋼材が提案されている（例えば、特許文献1～4を参照）。特許文献1～4に記載の鋼材によれば、鋼成分を上記組成とすることにより、溶融亜鉛による腐食作用に対して優れた耐食性を有し、浴槽の減肉や穴あき等を抑制することが可能となる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開昭49 - 130310号公報

【特許文献2】特開昭53 - 8314号公報

【特許文献3】特開昭54 - 99031号公報

【特許文献4】特開2002 - 241888号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1～4に記載の鋼材では、浴槽の減肉や穴あき等を抑制できる一方で、亜鉛の作用による割れが生じ、浴槽の寿命が短くなる場合があった。本発明はこのような実情に鑑みてなされたものであり、溶融亜鉛浴設備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】

【0007】

本発明者等は、溶融亜鉛腐食性に優れる化学成分の鋼を用いて、亜鉛割れ性に及ぼす金属組織の影響について鋭意検討を行なった。その結果、金属組織中におけるフェライト粒の平均アスペクト比を2以上にすることにより、耐溶融亜鉛腐食性のみならず、耐亜鉛割れ性にも優れた鋼材が得られることを見出した。本発明は、かかる知見に基づいて完成されたものであり、その要旨とするところは以下の通りである。

30

【0008】

[1] 質量%でC:0.10～0.30%、Si:0.05%以下、Mn:0.20～2.0%を含有し、P:0.015%以下、S:0.030%以下、Al:0.070%以下に制限し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなり、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面において、板厚(t)方向で板面からt/4部までの表層の金属組織が、フェライト相および、パーライト相からなる混合組織であり、且つ、前記フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比が2以上である鋼板を用いて構成される溶融亜鉛浴設備。

40

[2] 前記鋼板が、さらに、質量%で、Nb:0.003～0.050%、V:0.01～0.10%、Ti:0.005～0.050%のうちの1種または2種以上を含有する上記[1]に記載の溶融亜鉛浴設備。

[3] 前記鋼板が、さらに、質量%で、Cu:0.1～0.5%、Ni:0.1～2.0%、Cr:0.1～2.0%、Mo:0.02～1.0%のうちの1種または2種以上を含有する上記[1]または[2]に記載の溶融亜鉛浴設備。

[4] 前記鋼板が、さらに、質量%で、Ca:0.0002～0.0030%、Mg:0.0002～0.0030%、REM:0.0002～0.0030%のうちの1種または2種以上を含有する上記[1]から[3]のいずれか一項に記載の溶融亜鉛浴設備。

[5] 前記鋼板が、さらに、質量%で、B:0.0002～0.0010%を含有する

50

上記 [1] から [4] のいずれか一項に記載の溶融亜鉛浴設備。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板を用いて溶融亜鉛浴用釜（浴槽）を構成することにより、腐食や割れ等が生じにくく、長寿命の溶融亜鉛浴用釜が得られるので、産業上の効果は極めて大きく、また、構造物の安全性の観点から社会に対する貢献も計り知れない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明に係る溶融亜鉛浴設備用鋼板の一例を模式的に説明するための図であり、金属組織におけるフェライト結晶粒のアスペクト比と溶融亜鉛腐食速度（腐食量）との関係を示すグラフである。

10

【図 2】本発明に係る溶融亜鉛浴設備用鋼板の一例を模式的に説明するための図であり、金属組織におけるフェライト結晶粒のアスペクト比と S L M - 4 0 0 値との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板（以下、単に溶融亜鉛浴設備用鋼板と略称することがある）とその製造方法の実施の形態について、図面を適宜参照しながら説明する。

20

なお、この実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために詳細に説明するものであるから、特に指定の無い限り、本発明を限定するものではない。

また、以下の説明において、化学成分組成における各成分の含有量を示す「%」は、特に指定の無い限り「質量%」を示す。

【 0 0 1 2 】

[溶融亜鉛浴設備用鋼板]

本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板は、質量%で C : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 %、S i : 0 . 0 5 % 以下、M n : 0 . 2 0 ~ 2 . 0 % を含有し、P : 0 . 0 1 5 % 以下、S : 0 . 0 3 0 % 以下、A l : 0 . 0 7 0 % 以下に制限し、残部が F e および不可避的不純物からなり、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面において、板厚 (t) 方向で板面から t / 4 部までの表層の金属組織が、フェライト相および、パーライト相からなる混合組織であり、且つ、フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比が 2 以上とされ、概略構成される。

30

【 0 0 1 3 】

< 化学成分組成 >

本発明の溶融亜鉛浴設備用鋼板は、C : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 %、S i : 0 . 0 5 % 以下、M n : 0 . 2 0 ~ 2 . 0 %、P : 0 . 0 1 5 % 以下、S : 0 . 0 3 0 % 以下、A l : 0 . 0 7 0 % 以下の各成分を必須元素（あるいは不可避的元素）として含有し、残部が F e および不可避的不純物からなる。

また、本発明の溶融亜鉛浴設備用鋼板では、さらに、質量%で、N b : 0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 5 0 %、V : 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0 %、T i : 0 . 0 0 5 ~ 0 . 0 5 0 %、C u : 0 . 1 ~ 0 . 5 %、N i : 0 . 1 ~ 2 . 0 %、C r : 0 . 1 ~ 2 . 0 %、M o : 0 . 0 2 ~ 1 . 0 %、C a : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 3 0 %、M g : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 3 0 %、R E M : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 3 0 %、B : 0 . 0 0 0 2 ~ 0 . 0 0 1 0 % のうちの 1 種または 2 種以上を、適宜選択して含有する構成とすることができる。

40

以下に、本発明における鋼材の化学成分組成の限定理由を説明する。

【 0 0 1 4 】

「C : 炭素」 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 質量%

C は、鋼板の強度向上のために重要な元素である。C の含有量が 0 . 1 0 質量% 未満になると、鋼板の耐溶融亜鉛腐食性が大きく低下することから、0 . 1 0 質量% 以上の C を

50

添加する必要があるが、詳細を後述する目標の金属組織を得るためには、0.12質量%超の添加がより好ましい。但し、Cを0.30質量%以上添加すると、鋼板の溶接性が劣化するため、0.30質量%を上限とした。

【0015】

「Si：ケイ素」0.05質量%以下

Siは、脱酸作用を有するが、強力な脱酸元素であるAlが十分に添加されている場合には不要である。Siは、母材を強化する作用もあるが、他の元素に比べるとその効果は相対的に小さい。また、Siは、耐溶融亜鉛腐食性を大きく低下させることから、その含有量が少ない方が好ましく、操業上安定して低減可能な0.05質量%を上限とする。また、製鋼上の制限もあるが、Siの含有量を0.02質量%以下とすることがより好ましい。

10

【0016】

「Mn：マンガン」0.20～2.0質量%

Mnは、母材強度を確保する観点から添加する元素であり、母材強度に寄与するためには0.20質量%以上の添加が必要である。また、同時に添加するCの添加量が0.12質量%以下と低い場合には、目標となる組織を安定的に得るため、Mnを0.5質量%超で添加することが好ましい。但し、2.0質量%以上のMnの添加は、溶接性を大きく劣化させることから、Mnの添加範囲を0.20～2.0質量%とした。

【0017】

「P：リン」0.015質量%以下

Pは、不純物元素であり、不可避免的に鋼板中に含有されるが、Siと同様に耐溶融亜鉛腐食性を大きく低下させ、溶接性にも悪影響を及ぼすことから、その含有量は少ない方が好ましく、操業上安定して低減可能な0.015質量%を上限とした。また、製鋼上の制限もあるが、Pの含有量は0.008質量%以下とすることがより好ましい。

20

【0018】

「S：硫黄」0.030質量%以下

Sも、上記Pと同様、鋼板中に不可避免的に含有される元素であるが、Sは母材靱性や溶接性を低下させるため、少ない方が好ましいことから、操業上安定して低減可能な0.030質量%を上限とした。

【0019】

「Al：アルミニウム」0.070質量%以下

Alは、脱酸に用いられる元素であり、その脱酸効果を得るためには0.015質量%以上の添加が好ましい。しかしながら、0.070質量%以上のAlの添加は、鋼中に粗大な介在物を多く存在させ、靱性を低下させることから、その上限を0.070質量%とした。

【0020】

「Nb：ニオブ」0.003～0.050質量%

「V：バナジウム」0.01～0.10質量%

「Ti：チタン」0.005～0.050質量%

Nb、V、Tiは、本発明における選択的元素であり、母材強度を確保させるために必要に応じて添加するが、ともに多く添加すると母材靱性や溶接性を劣化させることから、Nbを0.003～0.050質量%、Vを0.01～0.10質量%、Tiを0.005～0.050質量%の添加量とした。また、これらの各元素は、母材強度確保の観点から、それぞれ単独で添加しても、複合添加しても良い。

40

【0021】

「Cu：銅」0.1～0.5質量%

「Ni：ニッケル」0.1～2.0質量%

「Cr：クロム」0.1～2.0質量%

「Mo：モリブデン」0.02～1.0質量%

Cu、Ni、Cr、Moも、本発明における選択的元素であり、上述したNb、V、T

50

iと同様に、母材強度を確保させるために必要に応じて添加するが、ともに多く添加すると母材靱性や溶接性を劣化させることから、Cuを0.1~0.5質量%、Niを0.1~2.0質量%、Crを0.1~2.0質量%、Moを0.02~1.0質量%の添加量とした。また、これらの各元素は、母材強度確保の観点から、それぞれ単独で添加しても、複合添加しても良い。

【0022】

「Ca：カルシウム」0.0002~0.0030質量%

「Mg：マグネシウム」0.0002~0.0030質量%

「REM：希土類元素（ランタノイド系元素）」0.0002~0.0030質量%

Ca、Mg、REMも、本発明における選択的元素であり、大入熱溶接熱影響部の靱性を確保するために必要に応じて添加するが、大量に添加すると鋼中に粗大介在物が残留して母材や溶接熱影響部の靱性を低下させることから、Caを0.0002~0.0030質量%、Mgを0.0002~0.0030質量%、REMを0.0002~0.0030質量%の添加量とした。また、これらの各元素は、母材強度確保の観点から、それぞれ単独で添加しても、複合添加しても良い。

10

【0023】

「B：ボロン（ホウ素）」0.0002~0.0010質量%

Bも、本発明における選択的元素であり、鋼板の母材強度を確保するために必要に応じて添加する。その母材強度効果は、Bの0.0002%以上の添加から発現するが、大量に添加すると母材靱性や溶接性を劣化させることがあることから、0.0002~0.0010質量%の添加量とした。

20

【0024】

<金属組織>

本発明の溶融亜鉛浴設備用鋼板は、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面において、板厚(t)方向で板面からt/4部までの表層の金属組織が、フェライト相およびパーライト相からなる混合組織であり、且つ、フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比が2以上として構成されている。

【0025】

ここで、本実施形態では、フェライト相の結晶粒の前記平均アスペクト比は、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板厚断面の光学顕微鏡観察試料を作製し、表面直下25μm、板面からt/8部、板面からt/4部から板面側に25μmの位置を視野中心においた、50μm×50μm範囲の100倍の光学顕微鏡視野を、各3視野ずつ計9視野を光学顕微鏡観察し、画像処理により、各視野ごとにフェライト相の結晶粒の平均アスペクト比を測定した後、その9視野の視野ごとの平均アスペクト比を総加算した後、9で割って求めた。

30

【0026】

上述のような化学成分組成を有する鋼は、例えば、上記鋼成分とされた鋼塊を真空溶解炉で溶製することによって得られる。また、金属組織は、詳細を後述する製造方法において、鋼塊から鋼板を製造する際、鋼塊を種々の温度で加熱した後、仕上げ圧延温度を変え、空冷することで調整することができる。これにより、鋼板の金属組織をフェライト相、パーライト相および不可避的析出相の混合組織とし、且つ、フェライト相の結晶粒のアスペクト比を調整して鋼板を製造することが可能となる。

40

ここで、本発明で説明するフェライト相の結晶粒のアスペクト比とは、結晶粒の長軸と短軸との比である。

【0027】

本発明者等は、上記組成とされた溶融亜鉛浴設備用鋼板を用いて、溶融亜鉛腐食と亜鉛割れ試験を行い、この結果を図1及び図2のグラフに示した。ここで、溶融亜鉛腐食は、鋼板から採取した試験片を溶融した純亜鉛に浸漬し、単位面積当たりの重量の変化で耐溶融亜鉛腐食性を評価する試験である。また、亜鉛割れ試験は、切欠付き丸棒引張り試験の切欠きに溶融亜鉛を付着させ、高温で荷重を負荷する試験である。

50

図1は、板厚(t)方向で板面からt/4部までの表層におけるフェライト相の結晶粒のアスペクト比と、温度500に設定した溶融亜鉛中における腐食速度(腐食量)との関係を示すグラフである。図1のグラフに示すように、上記アスペクト比の違いによる腐食速度の変化は認められなかった。

図2は、板厚(t)方向で板面からt/4部までの表層におけるフェライト相の結晶粒のアスペクト比と、SLM-400値(%)との関係を示すグラフである。SLM-400値は溶融亜鉛割れ性の指標で、SLMとは、試験片に溶融亜鉛めっきを施した場合の破断強度を、めっきを施さない場合の破断強度で除した値であり、SLM-400値は、破断時間が400秒の際のSLMを表し、この数値が大きいほど耐亜鉛割れ性が高いことを示す。

10

【0028】

本発明者等は、図2のグラフに示すように、鋼板の耐亜鉛割れ性は、板厚(t)方向で板面からt/4部までの表層の金属組織において、フェライト相の結晶粒のアスペクト比が高くなるほど向上することを見出した。また、鋼板の耐亜鉛割れ性は、表層の金属組織におけるフェライト相の結晶粒のアスペクト比が2以上となることで改善され、さらに、上記アスペクト比が3以上となることでより大きく改善されることを見出した。本発明の溶融亜鉛浴設備用鋼板は、上述のような知見に基づいてなされたものであり、非常に優れた耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性を同時に実現できるものである。

【0029】

以上説明したように、本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板を用いて溶融亜鉛浴用釜(浴槽)を構成することにより、腐食や割れ等が生じにくく、長寿命の溶融亜鉛浴用釜が得られるので、産業上の効果は極めて大きく、また、構造物の安全性の観点から社会に対する貢献も計り知れない。

20

【0030】

[溶融亜鉛浴設備用鋼板の製造方法]

本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板の製造方法は、上述した化学成分組成を有する鋼を鑄造してスラブとし、該スラブをそのままか、あるいは、冷片とした後、950以上に加熱し鋼板表面温度が、 A_{r3} 点未満、且つ、 A_{r3} 点-150以上の温度域で最終の仕上げ圧延を行い、その後、空冷する方法である。ここで、 A_{r3} 点は下記(1)式で規定される。

30

$$A_{r3}(\text{℃}) = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo - 0.35(t - 8) \dots\dots (1)$$

但し、上記(1)式において、tは仕上げ圧延後の板厚(mm)であり、各成分は質量%である。

以下に、本発明の溶融亜鉛浴設備用鋼板の製造方法における限定理由について説明する。

【0031】

「圧延前の鑄片の加熱温度」

本発明の製造方法においては、圧延前の鑄片の加熱温度を950以上とする。本発明では、規定の化学成分組成を有した鋼を鑄造して鑄片(スラブ)とした後、この鑄片をそのままか、あるいは冷片とした後、950以上に加熱し、圧延前の鑄片全体が950以上となるように、炉内に保持する。

40

このような圧延前の鑄片の加熱温度が低くなり過ぎると、鑄片の圧延時に、圧延機にかかる負荷が大きくなることから、下限温度を950とした。この加熱温度は、好ましくは1000以上、より好ましくは1100以上とする。なお、加熱温度の上限は、特に制限しないが、生産性を考慮すると、1250が好ましい。また、金属組織の粗大化を抑制するために、より好ましくは加熱温度の上限を1150とする。

【0032】

「仕上げ圧延温度」

本発明の製造方法においては、上述したように、最終の仕上げ圧延温度について、圧延

50

後の鋼板の板厚を t とした際の、鋼板の板厚 (t) 方向で板面から $t/4$ 部までの表層における A_{r3} 点の温度を、次式 $\{A_{r3}(\quad) = 910 - 310C - 80Mn - 20Cu - 15Cr - 55Ni - 80Mo - 0.35(t - 8)\}$ で規定したうえで、 A_{r3} 点未満、且つ、 A_{r3} 点 - 150 以上の温度域としている。最終の仕上げ圧延を行なう際の温度域をこの範囲とすることで、鋼板の表層、つまり、板面から $t/4$ 部までの層域における金属組織を、フェライト相、パーライト相および不可避的析出相の混合組織とし、且つ、フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比を 2 以上とすることが可能となる。

【0033】

本発明の製造方法では、鋼板表層の金属組織において、圧延中にフェライトを生成させてフェライト粒を扁平させ、板面から $t/4$ 部までの層域におけるフェライト粒の平均アスペクト比を 2 以上にするため、最終の仕上げ圧延温度を A_{r3} 点未満とした。また、仕上げ圧延温度が低くなり過ぎると、圧延機にかかる負荷が大きくなることから、下限を A_{r3} 点 - 150 とした。

10

なお、 A_{r3} 点を求めるための上記 (1) 式としては、参考文献 {「制御圧延・制御冷却」小指軍夫著、地人書館 (1997) } p. 26 に記載の式 (2-3) を用いた。

また、鋼板の表層で、フェライト粒の平均アスペクト比を 2 以上にするためには、 A_{r3} 点未満で 1 パス以上の圧延を行えばよいが、さらに、 A_{r3} 点未満の圧下率 (二相域圧下率) を、5% 以上にすることが好ましい。この二相域圧下率は、鋼板の温度が A_{r3} 点未満に低下し、且つ、圧延前の板厚と仕上げ圧延後の板厚の差から求めることができる。二相域圧下率の上限は特に制限しないが、生産性の観点から、30% 以下が好ましい。

20

【0034】

また、仕上げ圧延後の板厚は、鋼板を溶融亜鉛浴用釜に用いる場合、通常、例えば、6 mm ~ 70 mm 程度の板厚とすることができ、また、この際の総圧延率は、80 ~ 98% 程度とすれば、鋼板特性を損なうことなく、且つ、高い生産性で溶融亜鉛浴設備用鋼板を製造することが可能となる。

【0035】

「空冷条件」

本発明の製造方法においては、上記温度領域において最終の仕上げ圧延を行なった後、鋼板を空冷手段によって冷却することが好ましい。

【実施例】

30

【0036】

以下、本発明に係る耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板およびその製造方法の実施例を挙げ、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限定されるものではなく、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可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれるものである。

【0037】

[サンプルの製造]

製鋼工程において溶鋼の脱酸・脱硫と化学成分を制御し、連続鑄造によって下記表 1 に示す化学成分のスラブを製造した。この際、加熱温度は、下記表 2 に示す温度とした。次いで、下記表 2 及び表 3 に示す製造条件で前記スラブを再加熱 (仕上げ圧延温度) し、仕上げ圧延することで板厚 32 ~ 70 mm に仕上げた後、空冷による加速冷却を行い、溶融亜鉛浴設備用鋼板を製造した。ここで、表 2 に示す仕上げ圧延温度が、表 3 に示す A_{r3} よりも低い温度である例は、 A_{r3} 点未満で 1 パス以上の圧延を行っている例である。

40

【0038】

[評価試験]

上記方法によって製造した溶融亜鉛浴設備用鋼板について、以下のような評価試験を行った。

金属組織の評価である、フェライト相の結晶粒の平均アスペクト比は、圧延方向に平行、且つ、板面に垂直な板断面の光学顕微鏡観察試料を作製し、表面直下 25 μ m、板面か

50

ら $t/8$ 部、板面から $t/4$ 部から板面側に $25\ \mu\text{m}$ の位置を視野中心においた、 $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 範囲の 100 倍の光学顕微鏡視野を、各 3 視野ずつ計 9 視野を光学顕微鏡観察し、画像処理により、各視野ごとにフェライト相の結晶粒の平均アスペクト比を測定した後、その 9 視野の視野ごとの平均アスペクト比を総加算した後、 9 で割って求めた。表 3 に、アスペクト比が 3 以上のものを「 \square 」、 2 以上 3 未満のものを「 \square 」とし、アスペクト比が 2 未満のものを「 \times 」として評価した。

【0039】

また、耐溶融亜鉛腐食性の評価については、鋼板の表層から採取した $40\ \text{mm} \times 25\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ の試験片を、温度が 500 とされた純度 99.99% の亜鉛中に 24 時間浸漬させた。そして、 24 時間浸漬後の腐食が $150\ \text{mg}/\text{cm}^2$ 以下であるものを「 \square 」、 $150\ \text{mg}/\text{cm}^2$ 超、 $200\ \text{mg}/\text{cm}^2$ 以下であるものを「 \square 」とし、 $200\ \text{mg}/\text{cm}^2$ 超であるものを「 \times 」として評価した。

10

また、耐亜鉛割れ性の評価については、NBT 試験（切欠付き丸棒引張り試験）で評価した（新日鉄技報 348 号、1993 年、p. 63 - 70 を参照）。そして、試験片の切欠に亜鉛線材を巻き付けて加熱し、溶融亜鉛を付着させ、試験温度を 500 として、破断時間 400 秒における SLM 値（SLM - 400 値）が 80% 以上であるものを「 \square 」とし、 80% 未満のものを「 \times 」として評価した。

【0040】

また、溶接性（耐溶接割れ性）の試験として、 y 型溶接割れ試験（JIS Z 3158）により、面割れの発生の有無で評価した。すなわち、それぞれの最終板厚のもので、ルート間隔 $1.0\ \text{mm}$ として開先を用意し、溶接材料として YGW15（JIS Z 3312）規格のソリッドワイヤ材を用いて、入熱量 $30 \sim 36\ \text{kJ}/\text{cm}$ で、MAG 溶接による多層盛溶接を行って y 型溶接試験片を作製し、 y 型溶接部の各 5 断面の鏡研磨面において、断面割れの有無を肉眼で確認した。そして、各 5 断面で断面割れが肉眼で全く観察されなかったものを「 \square 」とし、 1 断面以上で断面割れが肉眼で確認されたものは「 \times 」として評価した。

20

【0041】

本実施例における鋼板（本発明鋼および比較鋼）の化学成分組成の一覧を下記表 1 に示すとともに、仕上げ圧延前の加熱温度及び仕上げ圧延温度の圧延条件一覧を下記表 2 に示す。また、下記表 1 に示す化学成分組成を有する鋼の各々と製造条件の組み合わせの一覧、及び、各評価結果の一覧を下記表 3 に示す。

30

【0042】

【表 1】

鋼種	(元素の添加量の単位はmass%)																
	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo	Ca	Mg	REM	B
A1	0.02	0.02	0.41	0.006	0.004	0.017											
A1-2	0.32	0.04	0.43	0.006	0.005	0.018											
A1-3	0.20	0.08	0.42	0.006	0.006	0.017											
A1-4	0.19	0.03	2.30	0.007	0.015	0.019											
A2	0.04	0.03	0.43	0.007	0.005	0.022											
A3	0.16	0.25	0.42	0.006	0.005	0.050											
A4	0.16	0.02	0.45	0.016	0.006	0.053											
A6	0.28	0.02	0.34	0.008	0.004	0.048											
A8	0.15	0.02	1.05	0.006	0.012	0.029											
A9	0.20	0.03	0.44	0.006	0.004	0.033											0.0009
A10	0.10	0.05	0.84	0.003	0.011	0.029											
A11	0.18	0.03	0.24	0.007	0.014	0.059								0.0015			
A12	0.21	0.01	0.31	0.008	0.010	0.039				0.86							
A13	0.21	0.02	0.26	0.006	0.005	0.027		0.04	0.050	0.17	0.67	0.13	0.14	0.0011	0.0003	0.0003	0.0006
A14	0.24	0.01	0.21	0.002	0.006	0.067			0.026								
A15	0.26	0.03	0.72	0.004	0.010	0.055			0.035			0.14				0.0007	
A16	0.20	0.01	0.81	0.003	0.022	0.019											
A17	0.13	0.02	1.11	0.001	0.016	0.058				0.21		0.34					
A18	0.25	0.02	0.27	0.011	0.004	0.059			0.014				0.41				0.0007
A19	0.29	0.01	0.32	0.009	0.007	0.046				0.11	0.49						
A20	0.12	0.01	0.57	0.001	0.004	0.029	0.044						0.25			0.0009	0.0002
A21	0.24	0.04	0.72	0.008	0.023	0.017									0.0015		
A22	0.22	0.03	0.74	0.011	0.013	0.061	0.018										
A23	0.14	0.01	1.11	0.012	0.009	0.015		0.09		0.18							
A24	0.11	0.04	0.98	0.003	0.016	0.026		0.10	0.011		0.56				0.0019		
A25	0.30	0.04	0.34	0.010	0.008	0.019											
A26	0.10	0.04	1.06	0.009	0.026	0.063	0.024								0.0012	0.0011	
A27	0.11	0.04	0.55	0.004	0.006	0.036	0.014		0.007	0.11	1.02			0.0010			0.0007
A28	0.17	0.01	0.33	0.011	0.004	0.061	0.022		0.036								
A29	0.28	0.03	0.32	0.011	0.001	0.028											
A30	0.17	0.01	0.53	0.006	0.004	0.057	0.027		0.011				0.57				0.0010
A31	0.11	0.04	0.63	0.005	0.009	0.035				0.29							
A32	0.13	0.02	0.24	0.008	0.018	0.052							0.71				
A33	0.13	0.03	0.28	0.012	0.002	0.067			0.016		1.21	0.85				0.0004	0.0008
A34	0.12	0.03	1.05	0.011	0.023	0.029					0.99						
A35	0.24	0.04	0.51	0.003	0.007	0.026					0.39			0.0002			
A36	0.17	0.03	1.12	0.003	0.029	0.026	0.035	0.04									

【 0 0 4 3 】

【表 2】

圧延条件	加熱温度(°C)	仕上げ圧延温度(°C)
B1	1150	890
B1-2	1150	650
B2	1150	780
B3	1130	730

【 0 0 4 4 】

【表 3】

鋼板	鋼板記号	鋼種	最終板厚 (mm)	Ar ₃ (°C)	製造条件	金属 組織 (注1)	耐溶融 亜鉛 腐食性 (注2)	耐亜鉛 割れ性 (注3)	耐溶接 割れ性 (注4)
比較鋼	C1	A1	50	857	B2	◎	×	○	○
	C2	A2	50	849	B2	◎	×	○	○
	C3	A3	40	816	B2	○	×	○	○
	C4	A4	32	816	B2	○	×	○	×
	C6	A6	50	783	B1	×	○	×	○
	C6-2	A8	50	765	B1	×	○	×	○
	C7	A7	40	817	B1	×	○	×	○
	C8	A8	32	771	B1	×	○	×	○
	C9	A1-2	50	762	B3	○	○	○	×
	C10	A1-3	50	800	B2	○	×	○	○
	C11	A1-4	50	652	B1-2	○	○	○	×
本発明鋼	D1	A5	50	821	B2	◎	○	◎	○
	D2	A5	50	821	B3	◎	○	◎	○
	D3	A6	50	783	B2	○	○	○	○
	D4	A6	40	786	B3	◎	○	◎	○
	D5	A7	40	817	B2	○	○	○	○
	D6	A7	50	814	B3	◎	○	◎	○
	D7	A8	50	765	B3	○	○	○	○
	D8	A9	50	799	B2	○	○	○	○
	D9	A10	50	797	B2	○	○	○	○
	D10	A11	50	819	B2	◎	○	◎	○
	D11	A12	50	759	B3	○	○	○	○
	D12	A13	60	753	B3	○	○	○	○
	D13	A14	70	798	B2	○	○	○	○
	D14	A15	70	748	B3	○	○	○	○
	D15	A16	50	769	B3	◎	○	◎	○
	D16	A17	50	757	B3	○	○	○	○
	D17	A18	50	763	B3	○	○	○	○
	D18	A19	50	751	B3	○	○	○	○
	D19	A20	40	796	B2	○	○	○	○
	D20	A21	40	768	B3	◎	○	○	○
	D21	A22	40	772	B3	◎	○	◎	○
	D22	A23	32	766	B3	○	○	○	○
	D23	A24	32	758	B3	○	○	○	○
	D24	A25	32	783	B3	◎	○	◎	○
	D25	A26	32	785	B3	◎	○	◎	○
	D26	A27	50	759	B3	○	○	○	○
	D27	A28	50	817	B2	○	○	○	○
	D28	A29	50	783	B2	○	○	○	○
	D29	A30	50	755	B3	○	○	○	○
	D30	A31	60	800	B2	○	○	○	○
	D31	A32	60	776	B3	◎	○	◎	○
	D32	A33	60	750	B3	○	○	○	○
	D33	A34	60	756	B3	○	○	○	○
	D34	A35	70	752	B3	○	○	○	○
	D35	A36	70	746	B3	○	○	○	○

注1) ○印は、板厚表層近傍および $t/4$ (t は板厚)の金属組織を100倍で観察した場合でフェライト粒のアスペクト比が2以上であるもの。

◎印は、同観察でフェライト粒のアスペクト比が3以上であるもの。

注2) ○印は、亜鉛純度99.99%、温度500度の溶融亜鉛中に24時間浸漬試験した場合における腐食量が $200\text{mg}/\text{cm}^2$ 以下であるもの。

注3) ○印は、500°CのNBT試験で破断時間400秒の S_{LM} 値(S_{LM-400})が80%以上のもの。

◎印は、同浸漬試験で、 S_{LM} 値(S_{LM-400})が88%以上のもの。

【 0 0 4 5 】

[評価結果]

10

20

30

40

50

表 1 ~ 表 3 に示すように、本発明で規定する化学成分組成を有し、本発明で規定する製造条件によって作製した溶融亜鉛浴設備用鋼板（本発明鋼）は、鋼板表層の金属組織におけるフェライト結晶粒の平均アスペクト比が 2 以上であり、金属組織が「 $\text{A} < \text{B}$ 」または「 $\text{A} < \text{C}$ 」の評価となった。また、本発明鋼からなる溶融亜鉛浴設備用鋼板は、耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性の評価が何れも「 $\text{A} < \text{B}$ 」または「 $\text{A} < \text{C}$ 」であり、耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れていることが明らかとなった。

【 0 0 4 6 】

これに対し、比較鋼である鋼板記号 C 1 および C 2 は C 量が少なく、C 3 および C 1 0 は Si 量が多いため、耐溶融亜鉛腐食性が劣っている。C 4 は P 量が多いため、耐溶融亜鉛腐食性および溶接性（耐溶接割れ性）が劣っている。また、C 9 は C 量が多く、C 1 1 は Mn 量が多いため、溶接性が劣っている。

10

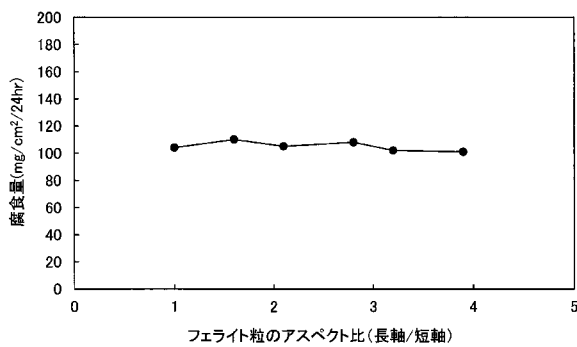
また、比較鋼である鋼板記号 C 6、C 6 - 2、C 7、C 8 は、化学成分組成は本発明で規定する範囲に含まれているものの、仕上げ圧延温度が何れも A c 3 点を超える温度であり、製造条件が本発明で規定する範囲に含まれていないため、鋼板表層の金属組織におけるフェライト結晶粒のアスペクト比が 2 未満となり、耐溶融亜鉛腐食性は良好であるものの、耐亜鉛割れ性が劣っている。

【 0 0 4 7 】

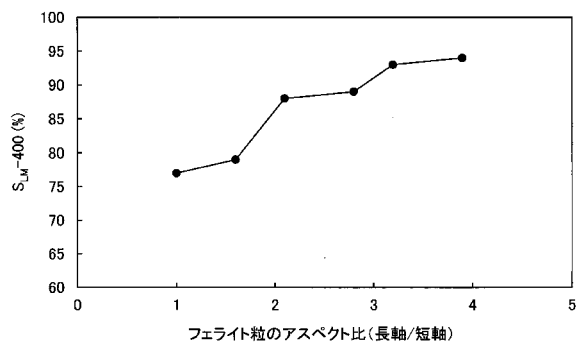
以上説明した実施例の結果より、本発明の耐溶融亜鉛腐食性および耐亜鉛割れ性に優れた溶融亜鉛浴設備用鋼板が、溶融亜鉛による腐食に対して優れた耐食性を有し、且つ、溶融亜鉛に起因した割れが生じにくく、優れた鋼板特性を有していることが明らかである。

20

【 図 1 】



【 図 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 伊藤 実
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 加藤 謙治
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 斎藤 直樹
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 児玉 正行
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 田巻 耐
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 楠 隆
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 岡山 豊
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内
- (72)発明者 田中 睦人
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA05 AA08 AA11 AA12 AA14 AA16 AA19 AA22
AA23 AA24 AA27 AA29 AA31 AA35 AA36 AA40 BA01 CA01
CA02 CA03 CC02 CC03 CD05