

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7295471号  
(P7295471)

(45)発行日 令和5年6月21日(2023.6.21)

(24)登録日 令和5年6月13日(2023.6.13)

(51)国際特許分類	F I		
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 S
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 T
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 2 C	38/60	
	C 2 1 D	9/46	G
	C 2 1 D	9/46	J

請求項の数 9 (全32頁)

(21)出願番号	特願2021-571185(P2021-571185)	(73)特許権者	000006655 日本製鉄株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(86)(22)出願日	令和3年1月12日(2021.1.12)	(74)代理人	100149548 弁理士 松沼 泰史
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/000703	(74)代理人	100140774 弁理士 大浪 一徳
(87)国際公開番号	WO2021/145310	(74)代理人	100134359 弁理士 勝俣 智夫
(87)国際公開日	令和3年7月22日(2021.7.22)	(74)代理人	100188592 弁理士 山口 洋
審査請求日	令和4年6月10日(2022.6.10)	(74)代理人	100217249 弁理士 堀田 耕一郎
(31)優先権主張番号	特願2020-3677(P2020-3677)	(74)代理人	100221279 弁理士 山口 健吾
(32)優先日	令和2年1月14日(2020.1.14)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鋼板及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

化学組成が、質量%で、  
 C : 0 . 0 5 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、  
 S i : 0 . 0 1 % 以上、2 . 5 0 % 以下、  
 M n + C r : 1 . 2 0 % 以上、4 . 0 0 % 以下、  
 A l : 0 . 1 0 % 以上、2 . 0 0 % 以下、  
 P : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、  
 S : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 N : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、  
 O : 0 % 以上、0 . 0 0 6 % 以下、  
 M o : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、  
 T i : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、  
 N b : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、  
 B : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、  
 V : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、  
 C u : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、  
 W : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、  
 T a : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、  
 N i : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、

<p>           S n : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            C o : 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、            S b : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            A s : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            M g : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            C a : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            Y : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            Z r : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            L a : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、            C e : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下         </p>	10
<p>           を含み、残部が鉄および不純物からなり、            表面から板厚 1 / 4 の位置における金属組織が、体積率で、            フェライト及びエピタキシャルフェライト：1 0 % 以上、5 0 % 未満、            フェライト及びエピタキシャルフェライトの合計体積率に対するエピタキシャルフェ            ライトの割合：5 % 以上、3 0 % 以下、            マルテンサイト：2 0 % 以上、7 0 % 以下、            ベイナイト：5 0 % 以下、            残留オーステナイト：1 5 % 以下、及び、            残部組織：5 % 以下、         </p>	20
<p>           を含有し、前記ベイナイト、前記残留オーステナイトおよび前記残部組織の合計体積率は            5 0 % 以下であり、            前記表面から板厚 1 / 4 の位置における、圧延方向に沿っており、かつ、前記表面に対            して垂直な断面において、前記エピタキシャルフェライトと前記フェライトとの界面の長            さ A と前記エピタキシャルフェライトと前記マルテンサイトとの界面の長さ B との比であ            る A / B が 1 . 5 超であり、            前記マルテンサイトの短径に対する長径の比が 5 . 0 以上であり、かつ            引張強度が 9 8 0 M P a 以上である、            鋼板。         </p>	20
<p> <b>【請求項 2】</b>            前記化学組成が、質量%で、            M o : 0 . 0 1 0 ~ 1 . 0 0 0 %、            B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 %、            T i : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %、            N b : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %、            V : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %、            C u : 0 . 0 0 1 ~ 1 . 0 0 0 %、及び、            N i : 0 . 0 0 1 ~ 1 . 0 0 0 %         </p>	30
<p>           からなる群から選択される 1 種または 2 種以上を含有する、請求項 1 に記載の鋼板。         </p>	
<p> <b>【請求項 3】</b>            前記鋼板の表面に溶融亜鉛めっき層を有する、請求項 1 または 2 に記載の鋼板。         </p>	40
<p> <b>【請求項 4】</b>            前記鋼板の表面に合金化溶融亜鉛めっき層を有する、請求項 1 または 2 に記載の鋼板。         </p>	
<p> <b>【請求項 5】</b>            前記鋼板の表面に電気亜鉛めっき層を有する、請求項 1 または 2 に記載の鋼板。         </p>	
<p> <b>【請求項 6】</b>  <u>請求項 1 に記載の鋼板の製造方法であって、</u>            質量%で、            C : 0 . 0 5 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、            S i : 0 . 0 1 % 以上、2 . 5 0 % 以下、            M n + C r : 1 . 2 0 % 以上、4 . 0 0 % 以下、         </p>	50

Al : 0 . 1 0 % 以上、 2 . 0 0 % 以下、  
 P : 0 % 以上、 0 . 1 0 0 % 以下、  
 S : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 N : 0 % 以上、 0 . 0 1 0 % 以下、  
 O : 0 % 以上、 0 . 0 0 6 % 以下、  
 Mo : 0 % 以上、 1 . 0 0 0 % 以下、  
 Ti : 0 % 以上、 0 . 2 0 0 % 以下、  
 Nb : 0 % 以上、 0 . 2 0 0 % 以下、  
 B : 0 % 以上、 0 . 0 1 0 % 以下、  
 V : 0 % 以上、 0 . 2 0 0 % 以下、  
 Cu : 0 % 以上、 1 . 0 0 0 % 以下、  
 W : 0 % 以上、 0 . 1 0 0 % 以下、  
 Ta : 0 % 以上、 0 . 1 0 0 % 以下、  
 Ni : 0 % 以上、 1 . 0 0 0 % 以下、  
 Sn : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Co : 0 % 以上、 0 . 5 0 0 % 以下、  
 Sb : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 As : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Mg : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Ca : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Y : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Zr : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 La : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下、  
 Ce : 0 % 以上、 0 . 0 5 0 % 以下

10

を含み、残部が鉄および不純物からなる化学組成を有するスラブを熱間圧延して、旧オーステナイト粒径が  $30\ \mu\text{m}$  未満である熱延鋼板とする熱間圧延工程と、

前記熱延鋼板に対して平均冷却速度  $20\ \text{/秒}$  以上で  $500\ \text{以下}$  まで冷却する冷却工程と、

前記冷却工程後の前記熱延鋼板を、  $500\ \text{以下}$  で巻き取る巻き取り工程と、

前記巻き取り工程後の前記熱延鋼板を酸洗し、  $30\%$  以下の圧下率で冷間圧延して冷延鋼板とする冷間圧延工程と、

30

前記冷延鋼板を ( $A_c3$  点 -  $100$ )  $\sim 900$  の第1の温度域に加熱し、前記第1の温度域にて5秒以上均熱する焼鈍工程と、

前記焼鈍工程後の前記冷延鋼板を、  $750\ \sim 550$  の第2の温度域を  $2.5\ \text{/秒}$   $\sim 50\ \text{/秒}$  の平均冷却速度で冷却する焼鈍冷却工程と、

を有する、鋼板の製造方法。

#### 【請求項7】

前記熱間圧延工程は、複数の圧延スタンドに連続して前記スラブを通過させて圧延を行う仕上げ圧延工程を有し、

前記仕上げ圧延工程は：

40

最終の前記圧延スタンドから3段目の前記圧延スタンドにおける圧延開始温度が  $800\ \sim 1000$  であり；

前記仕上げ圧延工程の後段3段の前記圧延スタンドにおいて、それぞれ圧下率  $10\%$  超で圧延し；

前記仕上げ圧延工程の前記後段3段の圧延スタンドにおける各圧延スタンド間のパス間時間が  $3.0$  秒以内であり；

前記仕上げ圧延工程の前記後段3段の圧延スタンドにおける  $n$  段目の前記圧延スタンドの出側の温度  $T_n$  と、  $(n+1)$  段目の前記圧延スタンドの入側の温度  $T_{n+1}$  と、の差分である  $(T_n - T_{n+1})$  が  $10$  超である、

請求項6に記載の鋼板の製造方法。

50

## 【請求項 8】

前記焼鈍冷却工程後の前記冷延鋼板を、溶融亜鉛めっき浴に浸漬することにより溶融亜鉛めっきを形成する、請求項 6 又は 7 に記載の鋼板の製造方法。

## 【請求項 9】

前記溶融亜鉛めっきを、300 ~ 600 の温度域で合金化する、請求項 8 に記載の鋼板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、鋼板及びその製造方法に関するものである。

10

本願は、2020年1月14日に、日本に出願された特願2020-003677号、に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、環境保全につながる燃費向上の観点から、高強度鋼板を用いて車体を軽量化する取り組みがある。一般的に、強度が非常に高い鋼板の加工において、絞り成形や張出し成形といった軟鋼板に適用される成形手法を適用することは難しく、成形手法としては曲げ成形が主体となる。

## 【0003】

例えば、下記特許文献1には、高強度鋼板に対して曲げ加工を行って部品成形する技術が開示されている。

20

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【文献】国際公開第2017/195795号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、高強度鋼板に対して曲げ加工を行って部品を成形する場合には、曲げ加工された鋼板の外側における歪み速度が大きいため、その領域での板厚減少率が大きく、好適な部材剛性を得にくい場合があった。

30

## 【0006】

そこで、本発明は、引張強度が980MPa以上であり、かつ、曲げ加工を行っても好適な部材剛性を有する鋼板及びその製造方法を提供することを課題とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

本発明者らは、曲げ加工された鋼板の外側における板厚減少を防ぐことについて鋭意検討を行った。その結果、歪み速度の大きい部位で降伏強度(YP)が高くなるような鋼板とすることで、引張強度が980MPa以上の鋼板であっても、曲げ加工された鋼板の外側の領域で好適な部材剛性が得られると考えた。

40

## 【0008】

上述のようにして得られた本発明の要旨は以下のとおりである。

## 【0009】

[1] 本発明の一態様に係る鋼板は、化学組成が、質量%で、

C : 0.050%以上、0.500%以下、

Si : 0.01%以上、2.50%以下、

Mn + Cr : 1.20%以上、4.00%以下、

Al : 0.10%以上、2.00%以下

P : 0%以上、0.100%以下、

S : 0%以上、0.050%以下、

50

N : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、	
O : 0 % 以上、0 . 0 0 6 % 以下、	
Mo : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、	
Ti : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、	
Nb : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、	
B : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、	
V : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、	
Cu : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、	
W : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、	
Ta : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、	10
Ni : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、	
Sn : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
Co : 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、	
Sb : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
As : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
Mg : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
Ca : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
Y : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
Zr : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	
La : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、	20
Ce : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下	
を含み、残部が鉄および不純物からなり、	
表面から板厚 1 / 4 の位置における金属組織が、体積率で、	
フェライト及びエピタキシャルフェライト : 1 0 % 以上、5 0 % 未満、	
フェライト及びエピタキシャルフェライトの合計体積率に対するエピタキシャルフェ	
ライトの割合 : 5 % 以上、3 0 % 以下、	
マルテンサイト : 2 0 % 以上、7 0 % 以下、および	
ベイナイト : 5 0 % 以下、	
残留オーステナイト : 1 5 % 以下、	
残部組織 : 5 % 以下、	30
を含有し、前記ベイナイト、前記残留オーステナイトおよび前記残部組織の合計体積率は	
5 0 % 以下であり、	
前記表面から板厚 1 / 4 の位置における、圧延方向に沿っており、かつ、前記表面に対	
して垂直な断面において、前記エピタキシャルフェライトと前記フェライトとの界面の長さ	
A と前記エピタキシャルフェライトと前記マルテンサイトとの界面の長さ B との比である	
A / B が 1 . 5 超であり、	
前記マルテンサイトの短径に対する長径の比が 5 . 0 以上であり、かつ	
引張強度が 9 8 0 M P a 以上である。	
<b>【 0 0 1 0 】</b>	
[ 2 ] [ 1 ] に記載の鋼板は、前記化学組成が、質量 % で、	40
Mo : 0 . 0 1 0 ~ 1 . 0 0 0 %、	
B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 1 0 %、	
Ti : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %、	
Nb : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %、	
V : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 2 0 0 %	
Cu : 0 . 0 0 1 ~ 1 . 0 0 0 %、	
Ni : 0 . 0 0 1 ~ 1 . 0 0 0 %	
からなる群から選択される 1 種または 2 種以上を含有してもよい。	
[ 3 ] [ 1 ] または [ 2 ] に記載の鋼板は、前記鋼板の表面に溶融亜鉛めっき層を有して	
もよい。	50

[ 4 ] [ 1 ] または [ 2 ] に記載の鋼板は、前記鋼板の表面に合金化溶融亜鉛めっき層を有してもよい。

[ 5 ] [ 1 ] または [ 2 ] に記載の鋼板は、前記鋼板の表面に電気亜鉛めっき層を有してもよい。

【 0 0 1 1 】

[ 6 ] 本発明の別の態様に係る鋼板の製造方法は、[ 1 ] に記載の鋼板の製造方法であって、

質量%で、

C : 0 . 0 5 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、

Si : 0 . 0 1 % 以上、2 . 5 0 % 以下、

Mn + Cr : 1 . 2 0 % 以上、4 . 0 0 % 以下、

Al : 0 . 1 0 % 以上、2 . 0 0 % 以下、

P : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、

S : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

N : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、

O : 0 % 以上、0 . 0 0 6 % 以下、

Mo : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、

Ti : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、

Nb : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、

B : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下、

V : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、

Cu : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、

W : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、

Ta : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、

Ni : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、

Sn : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Co : 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、

Sb : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

As : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Mg : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Ca : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Y : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Zr : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

La : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、

Ce : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下

を含み、残部が鉄および不純物からなる化学組成を有するスラブを熱間圧延して、旧オーステナイト粒径が  $30 \mu\text{m}$  未満である熱延鋼板とする熱間圧延工程と、

前記熱延鋼板に対して平均冷却速度  $20$  / 秒以上で  $500$  以下まで冷却する冷却工程と、

前記冷却工程後の前記熱延鋼板を、 $500$  以下で巻き取る巻き取り工程と、

前記巻き取り工程後の前記熱延鋼板を酸洗し、 $30\%$  以下の圧下率で冷間圧延して冷延鋼板とする冷間圧延工程と、

前記冷延鋼板を ( $A c 3$  点 -  $100$ ) ~  $900$  の第 1 の温度域に加熱し、前記第 1 の温度域にて 5 秒以上均熱する焼鈍工程と、

前記焼鈍工程後の前記冷延鋼板を、 $750$  ~  $550$  の第 2 の温度域において  $2.5$  / 秒 ~  $50$  / 秒の平均冷却速度で冷却する焼鈍冷却工程と、

を有する。

【 0 0 1 2 】

[ 7 ] [ 6 ] に記載の鋼板の製造方法では、前記熱間圧延工程は、複数の圧延スタンドに連続して前記スラブを通過させて圧延を行う仕上げ圧延工程を有し、

前記仕上げ圧延工程は：

最終の前記圧延スタンドから3段目の前記圧延スタンドにおける圧延開始温度が800～1000であり；

前記仕上げ圧延工程の後段3段の前記圧延スタンドにおいて、それぞれ圧下率10%超で圧延し；

前記仕上げ圧延工程の前記後段3段の圧延スタンドにおける各圧延スタンド間のパス間時間が3.0秒以内であり；

前記仕上げ圧延工程の前記後段3段の圧延スタンドにおけるn段目の前記圧延スタンドの出側の温度 $T_n$ と、(n+1)段目の前記圧延スタンドの入側の温度 $T_{n+1}$ と、の差分である( $T_n - T_{n+1}$ )が10超であってもよい。

[8][6]又は[7]に記載の鋼板の製造方法では、前記焼鈍冷却工程後の前記冷延鋼板を、熔融亜鉛めっき浴に浸漬することにより熔融亜鉛めっきを形成してもよい。

[9][8]に記載の鋼板の製造方法では、前記熔融亜鉛めっきを、300～600の温度域で合金化してもよい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、引張強度が980MPa以上であり、かつ、曲げ加工を行っても好適な部材剛性を有する鋼板及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】エピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAと、エピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBと、の一例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態について説明する。なお、以下に例示する実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、以下の実施形態から変更、改良することができる。

【0016】

[鋼板]

本実施形態に係る鋼板は、化学組成が、質量%で、

C：0.050%以上、0.500%以下、

Si：0.01%以上、2.50%以下、

Mn+Cr：1.20%以上、4.00%以下、

Al：0.10%以上、2.00%以下、

P：0%以上、0.100%以下、

S：0%以上、0.050%以下、

N：0%以上、0.010%以下、

O：0%以上、0.006%以下、

Mo：0%以上、1.000%以下、

Ti：0%以上、0.200%以下、

Nb：0%以上、0.200%以下、

B：0%以上、0.010%以下、

V：0%以上、0.200%以下、

Cu：0%以上、1.000%以下、

W：0%以上、0.100%以下、

Ta：0%以上、0.100%以下、

Ni：0%以上、1.000%以下、

Sn：0%以上、0.050%以下、

Co：0%以上、0.500%以下

10

20

30

40

50

S b : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 A s : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 M g : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 C a : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Y : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Z r : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 L a : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 C e : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、及び  
 残部が F e 及び不純物からなり、  
 板厚 1 / 4 部における金属組織が、体積率で、  
 フェライト及びエピタキシャルフェライト : 1 0 % 以上、5 0 % 未満、  
 フェライト及びエピタキシャルフェライトの組織割合の和におけるエピタキシャルフェ  
 ライトの割合 : 5 % 以上、3 0 % 以下、  
 マルテンサイト : 2 0 % 以上、7 0 % 以下、  
 ベイナイト : 5 0 % 以下、  
 残留オーステナイト : 1 5 % 以下、及び、  
 残部組織 : 5 % 以下、  
 を含有し、ベイナイト、残留オーステナイトおよび残部組織の合計体積率は 5 0 % 以下で  
 あり、

10

板厚 1 / 4 部において、前記エピタキシャルフェライトと前記フェライトとの界面の長  
 さ A と、前記エピタキシャルフェライトと前記マルテンサイトとの界面の長さ B の比、す  
 なわち A / B が 1 . 5 超であり、

20

マルテンサイトの短径に対する長径の比が 5 . 0 以上であり、かつ

引張強度が 9 8 0 M P a 以上である。

以下に本実施形態に係る鋼板について説明する。

#### 【 0 0 1 7 】

< 化学組成 >

続いて、本発明の効果をj得るために望ましい鋼板の化学組成について述べる。鋼板の化  
 学組成とは鋼板中心部および表層部の化学組成であり、表層部の化学組成とは、表層部  
 のうち A 1 酸化物粒子を除くマトリックスの化学組成を意味する。鋼板中心部の化学組成と  
 表層部のマトリックスの化学組成とは、同様であってもよく、互いに異なりつつそれぞれ  
 が以下に説明する鋼板の化学組成の範囲内であってもよい。なお、元素の含有量に関する  
 「 % 」は、特に断りがない限り「質量 % 」を意味する。

30

#### 【 0 0 1 8 】

「 C : 0 . 0 5 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下 」

C は、鋼板の強度を高める元素であり、鋼板の強度を高めるために添加される。C の含  
 有量が 0 . 0 5 0 % 以上であることによって、鋼板の強度が十分に高められ得る。好まし  
 くは 0 . 1 0 0 % 以上であり、より好ましくは 0 . 1 5 0 % 以上である。また、C の含有  
 量が 0 . 5 0 0 % より多いと、マルテンサイトが非常に硬くなるため、弾性変形領域でも  
 割れやすく、生じた割れを起点に鋼板が破断して目的の強度が得られない。その観点から  
 、C の含有量は 0 . 5 0 0 % 以下であり、0 . 4 0 0 % 以下であることが好ましい。

40

#### 【 0 0 1 9 】

「 S i : 0 . 0 1 % 以上、2 . 5 0 % 以下 」

S i は、フェライトを安定化させる元素である。すなわち、S i は、A c 3 変態点を増  
 加させることから広い焼鈍温度範囲にて多量のフェライトを形成させることが可能であり  
 、鋼板の組織制御性向上の観点から添加される。こうした効果を得るため、本実施形態に  
 係る鋼板では、S i の含有量を 0 . 0 1 % 以上にする。加えて、S i は、鋼板中心部にお  
 ける鉄系炭化物の粗大化を抑制し、鋼板の強度と成形性を高めるために必要な元素でもあ  
 る。また、S i は、固溶強化元素として、鋼板の高強度化に寄与するために添加される。  
 これらの観点から、S i の含有量の下限値は、0 . 1 0 % 以上であることが好ましく、0

50

． 30%以上であることがより好ましい。Siの含有量が多くなると鋼板が脆化して鋼板の成形性が劣化するので、Siの含有量は2.50%以下とされ、1.80%以下であることが好ましい。

【0020】

「Mn+Cr：1.20%以上、4.00%以下」

MnとCrは、鋼板の焼入性を高め、強度を高めるために添加される元素である。こうした効果を得るため、本実施形態に係る鋼板では、Mn+Crの含有量は1.20%以上とされる。MnとCrの量が多すぎると、焼入性が過剰に高まり、エピタキシャルフェライトが十分に得られないので、Mn+Crの含有量は、4.00%以下とされ、3.50%以下であることが好ましい。また、十分な焼入れ性を確保するため、Mnの含有量は1.20%以上とすることが好ましい。Crは、含有しなくてもよく、その下限値は0%とする。

10

【0021】

「Al：0.10%以上、2.00%以下」

Alは、エピタキシャルフェライトの生成を促進する元素である。そのため、Alの含有量は0.10%以上である。Alの含有量は、0.30%以上であることが好ましく、0.40%以上であることがより好ましい。一方、Alの含有量を2.00%以下とすることによって、連続鋳造時のスラブ割れを抑制できる。

【0022】

「P：0%以上、0.100%以下」

Pは、鋼板の中央部に偏析する傾向があり、溶接部を脆化させる虞がある。Pの含有量が0.100%以下とされることによって、溶接部の脆化が抑制され得る。Pは含有されないことが好ましいため、Pの含有量の下限は0%である。ただし、経済的な観点から、Pの含有量の下限を0.001%としても良い。

20

【0023】

「S：0%以上、0.050%以下」

Sは、鋼板の溶接性ならびに鋳造時および熱延時の製造性に悪影響を及ぼすおそれがある元素である。このことから、Sの含有量は0.050%以下とされる。Sは含有されないことが好ましいため、Sの含有量の下限は0%である。ただし、経済的な観点から、Sの含有量の下限を0.001%としても良い。

30

【0024】

「N：0%以上、0.010%以下」

Nは、粗大な窒化物を形成し、鋼板の曲げ性を劣化させるおそれがあることから、添加量を抑える必要がある。Nの含有量が0.010%以下とされることにより、鋼板の曲げ性の劣化が抑制され得る。加えて、Nは、溶接時のブローホール発生の原因になる場合があることから、Nの含有量は少ない方が好ましく、理想的には0%である。ただし、経済的な観点から、Nの含有量の下限を0.0005%としても良い。

【0025】

「O：0%以上、0.006%以下」

Oは、粗大な酸化物を形成し、曲げ性や穴広げ性を阻害し、また、溶接時のブローホールの発生原因となる元素である。Oが0.006%を超えると、穴広げ性の低下や、ブローホールの発生が顕著となる。そのため、Oは0.006%以下とする。Oを含まない方が好ましいので、Oの含有量の下限は0%である。

40

【0026】

鋼板の化学組成の残部はFeおよび不純物である。ただし、Feの一部に代えて以下の量の元素を含有してもよい。ただし、含有しなくても良いため下限は0とする。

Mo：0%以上、1.000%以下、

Ti：0%以上、0.200%以下、

Nb：0%以上、0.200%以下、

B：0%以上、0.010%以下、

50

V : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、  
 Cu : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、  
 W : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、  
 Ta : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、  
 Ni : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、  
 Sn : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Co : 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下  
 Sb : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 As : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Mg : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Ca : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Y : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 Zr : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、  
 La : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下  
 Ce : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下。

10

## 【0027】

「Mo : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、B : 0 % 以上、0 . 0 1 0 % 以下」

Mo および B は、焼入性を高め、鋼板の強度の向上に寄与する元素である。これらの元素の効果は少量の添加でも得られるが、効果を十分に得るためにはMoの含有量は0 . 0 1 0 % 以上、Bの含有量は0 . 0 0 0 1 % 以上とすることが好ましい。一方、鋼板の酸洗性や溶接性、熱間加工性等の劣化を抑制する観点から、Moの含有量の上限は1 . 0 0 0 % 以下、Bの含有量の上限は0 . 0 1 0 % 以下とすることが好ましい。

20

## 【0028】

「Ti : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、Nb : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下、V : 0 % 以上、0 . 2 0 0 % 以下」

Ti、Nb および V は、それぞれ鋼板の強度の向上に寄与する元素である。これらの元素は、析出物強化、フェライト結晶粒の成長抑制による細粒強化および再結晶の抑制を通じた転位強化によって、鋼板の強度上昇に寄与する。これらの元素の効果は少量の添加でも得られるが、効果を十分に得るためにはTi、Nb、Vは0 . 0 1 0 % 以上添加することが好ましい。ただし、炭窒化物の析出が多くなることによって鋼板の成形性が劣化することを抑制する観点から、Ti、Nb、Vの含有量は0 . 2 0 0 % 以下であることが好ましい。

30

## 【0029】

「Cu : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下、Ni : 0 % 以上、1 . 0 0 0 % 以下」

Cu および Ni はそれぞれ鋼板の強度の向上に寄与する元素である。これらの元素の効果は少量の添加でも得られるが、効果を十分に得るためにはCu および Ni の含有量は、それぞれ0 . 0 0 1 % 以上であることが好ましい。一方、鋼板の酸洗性や溶接性、熱間加工性などの劣化を抑制する観点から、Cu および Ni の含有量はそれぞれ1 . 0 0 0 % 以下であることが好ましい。

## 【0030】

さらに、鋼板中心部および表層部には、本発明の効果を得られる範囲で以下の元素がFeの一部に代えて意図的または不可避免的に添加されてもよい。すなわち、W : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、Ta : 0 % 以上、0 . 1 0 0 % 以下、Sn : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、Co : 0 % 以上、0 . 5 0 0 % 以下、Sb : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、As : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、Mg : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、Ca : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、Zr : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、ならびにY : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、La : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下、およびCe : 0 % 以上、0 . 0 5 0 % 以下等のREM (希土類金属: Rare - Earth Metal) が添加されてもよい。

40

## 【0031】

< 金属組織 >

50

次に、本実施形態に係る鋼板の金属組織について説明する。金属組織の割合は、体積率で表す。画像処理により面積率を測定した場合は、その面積率を体積率と見なす。以下の体積率の測定手順の説明において、“体積率”と“面積率”が混在する場合がある。

本実施形態に係る鋼板では、鋼板の表面から板厚 1 / 4 位置における金属組織が、体積率で、

フェライトおよびエピタキシャルフェライト：10%以上、50%未満、

フェライトおよびエピタキシャルフェライトの合計体積率に対するエピタキシャルフェライトの割合：5%以上、30%以下、

マルテンサイト：20%以上、70%以下、

ベイナイト：50%以下、

残留オーステナイト：15%以下、及び、

残部組織：5%以下、

を含む。

ただし、ベイナイト、残留オーステナイトおよび残部組織の合計体積率は50%以下である。

#### 【0032】

(フェライト)

フェライトは、Ac1点以上、Ac3点未満の温度に加熱・保持する二相域焼鈍、もしくは焼鈍後の緩冷却で得られる軟質な相である。なお、本実施形態に係る鋼板では、少なくとも鋼板の表面から板厚 1 / 4 の位置の金属組織にフェライト及びエピタキシャルフェライトが含まれる。

フェライトは、鋼板の表面から板厚 1 / 4 の位置における金属組織に含まれていれば、特に体積率の下限は限定されない。しかしながら、鋼板の延性を好適に向上させるためには、フェライトが10%以上含まれていることが好ましい。

また、フェライトの体積率の上限も特に限定されないが、980MPa以上の強度を実現するためにはフェライトの体積率を限定する必要がある、フェライトの体積率が50%未満であることが好ましい。

#### 【0033】

(エピタキシャルフェライト：フェライトとの合計体積率が10%以上、50%未満、かつ、フェライトとの合計体積率に対するエピタキシャルフェライトの割合が5%以上、30%以下)

エピタキシャルフェライトは、二相域焼鈍中に得られたフェライトが、続く緩冷却中に成長することで得られる。本発明者らは、フェライト安定化元素であるAlを多く含む鋼板において、上記の緩冷却中におけるフェライトの成長速度が十分速いことにより、所望のエピタキシャルフェライトが得られることに気が付いた。本実施形態に係る組織では、二相域焼鈍後の緩冷却において、フェライトとオーステナイトとの界面からオーステナイト側に成長するフェライトをエピタキシャルフェライトと称する。つまり、エピタキシャルフェライトは、マルテンサイトとフェライトとの間に形成される。エピタキシャルフェライトの転位密度は、マルテンサイトよりも低く、フェライトよりも高くなる。そのため、エピタキシャルフェライトは、マルテンサイトよりも変形しやすいが、フェライトよりも高い降伏強度(YP)を有する。このように、マルテンサイトのような硬質組織とフェライトのような軟質組織の間に、両組織の中間の降伏強度を有する組織を配置することで、高歪速度領域における降伏強度を高めることができる。しかし以下に説明するように、適切な厚みのエピタキシャルフェライトが形成されないと、エピタキシャルフェライト中の転位密度が低くなる。エピタキシャルフェライト中の転位は、マルテンサイト変態による塑性変形を緩和するために導入されるが、エピタキシャルフェライトが適切な厚みを有さない場合、転位がエピタキシャルフェライトを越えてフェライト中へ移動してしまうため、エピタキシャルフェライト中の転位密度は減少する。エピタキシャルフェライトの転位密度が低いと、十分な降伏強度を有さず、上記効果が得られない。本実施形態のように、熱延後に巻取りされた鋼板内部の硬質組織を針状組織として、その後の焼鈍により生成

10

20

30

40

50

するオーステナイトも針状組織とすることにより、焼鈍後の冷却により生成するマルテンサイトも針状組織とすることができる。その結果、マルテンサイトの周囲に存在するエピタキシャルフェライトの幅（厚み）を適切な範囲に制御することができる。これにより、エピタキシャルフェライト内の転位密度が低くならず好適に制御され、鋼板を加工する際の歪速度が大きい領域における降伏強度を高めることができる。エピタキシャルフェライトとフェライトの識別方法は後述するが、転位密度の差によりエッチングにおける腐食の進行度合いが異なるため、組織写真で明瞭に区別することができる。

【0034】

鋼板の表面から板厚1/4の位置におけるフェライトおよびエピタキシャルフェライトの体積率の和は、10%以上および50%未満である。また、フェライトおよびエピタキシャルフェライトの合計体積率に対するエピタキシャルフェライトの割合は5%以上、30%以下である。上記のようにエピタキシャルフェライトの体積率を制御することで、歪速度が大きい領域においても高い降伏強度を示すことができる。

10

【0035】

（マルテンサイト：20%以上、70%以下）

マルテンサイトは、転位密度が高く硬質な組織であるので、引張強度の向上に寄与する組織である。マルテンサイトの体積率は、強度と加工性とのバランスを考慮し、20%以上、70%以下とする。本実施形態におけるマルテンサイトは、フレッシュマルテンサイトと焼き戻しマルテンサイトを含む。引張強度を980MPa以上とする観点から、マルテンサイトの体積率は30%以上であることが好ましい。また、マルテンサイトの体積率は、好適な曲げ性を確保する観点から55%以下が好ましい。

20

【0036】

（ベイナイト：50%以下）

ベイナイトは、転位密度が高く硬質な組織であるが、マルテンサイトに比べて転位密度が低く軟質であるため、延性を向上させる効果を有する。そのため、所望の特性を得るために、50%までベイナイトを含有しても良い。一方で、本実施形態の効果を得るための必須な金属組織ではないため、ベイナイトの割合は0%でも良い。

【0037】

（残留オーステナイト：15%以下）

残留オーステナイトは、TRIP効果により延性を向上させ、均一伸びの向上に寄与する。そのため、15%まで残留オーステナイトを含有しても良い。一方で、本実施形態の効果を得るための必須な金属組織ではないため、残留オーステナイトの割合は0%でも良い。

30

【0038】

（残部組織：5%以下）

残部組織としては、パーライトなどが挙げられる。これらの組織は、加工性を低下させるため、5%以下とする。

【0039】

ベイナイト、残留オーステナイトおよび残部組織の合計の体積率は、50%以下とする。当該体積率を50%以下とすることで、本実施形態における効果を確保することができる。

40

【0040】

次に、フェライト、エピタキシャルフェライト、およびマルテンサイトの判別方法および組織割合の算出方法について説明する。なお、これに該当しない組織を残部組織とする。組織割合の算出においては、組織写真から求めた面積率を体積率とみなす。

【0041】

各金属組織の同定と体積率の算出は、EBSD (Electron Back Scattering Diffraction)、X線測定、ナイタール試薬又はレペラ液を用いる腐食、及び、走査型電子顕微鏡により行う。観察領域は、板幅中央の位置であり、鋼板の圧延方向に沿っており、且つ、板面に垂直な断面の100 $\mu$ m $\times$ 100 $\mu$ m領域であ

50

る。観察は、3000倍の倍率で行う。板厚方向について、鋼板表面近傍および鋼板中心近傍では、それぞれミクロ組織（構成要素）がその他の部分と大きく異なる場合がある。そのため、本実施形態では、1/4の板厚位置を基準としたミクロ組織の観察を行う。

#### 【0042】

測定手順の概略は以下の通りである。

初めに、研磨後の試料に対してX線の回折強度を測定し、残留オーステナイトの体積率を求める。続いて、ナイタール試薬を用いたエッチングを行った後に、FE-SEMにより得られた二次電子像を観察し、(i)パーライト、(ii)エピタキシャルフェライトおよびフェライト、(iii)マルテンサイト、ベイナイトおよび残留オーステナイト、の3つに区別して、パーライトの面積率を求める。(ii)エピタキシャルフェライトとフェライトは、観察条件を制御した画像の明度により区別して、それぞれの面積率を求める。

10

その後、レペラ試薬を用いてエッチングを行い、FE-SEMにより得られた二次電子像を観察する。この観察では、ベイナイトと、マルテンサイトおよび残留オーステナイトと、を区別して、ベイナイトの面積率を求める。最後に、マルテンサイトおよび残留オーステナイトの面積率から、X線を用いて測定した残留オーステナイトの体積率を引算して、マルテンサイトの面積率を求める。

#### 【0043】

以下に具体的な手順を説明する。

残留オーステナイトの体積率は、X線を用いて回折強度を測定して算出することができる。

20

#### 【0044】

X線を用いる測定では、試料の板面から深さ1/4の位置までを機械研磨及び化学研磨により除去する。板厚1/4の位置において、MoK<sub>α</sub>線を用いて、bcc相の(200)、(211)、及び、fcc相の(200)、(220)、(311)の回折ピークの積分強度比から、残留オーステナイトの組織分率を算出することが可能である。一般的な算出方法として5ピーク法が利用される。

#### 【0045】

パーライトの同定は、以下の手順で行う。試料の観察面をナイタール試薬で腐食し、板厚1/4を中心とする板厚1/8～3/8の範囲で100μm×100μm領域を、FE-SEMを用いて、3000倍の倍率で観察する。組織内部に含まれるセメンタイトの位置およびセメンタイトの配列から、フェライトとセメンタイトがラメラ状に並んでいる領域を、パーライトと判別する。面積率は、画像解析ソフトウェアImage Jを用いて画像解析を行うことにより求める。

30

#### 【0046】

フェライトおよびエピタキシャルフェライトの同定は、以下の手順で行う。試料の観察面を、ナイタール試薬として特に3%硝酸とエタノールの混合液で腐食し、板厚の1/4を中心とする板厚1/8～3/8の範囲内で100μm×100μm領域を、FE-SEMを用いて、3000倍の倍率で観察する。均一なコントラストの部分（結晶粒内にブロックやパケットなどの下部組織やセメンタイト、残留オーステナイトを含まず、単一の均一なコントラストに表れる部分）がフェライトおよびエピタキシャルフェライトである。画像解析ソフトウェアImage Jを用いて画像解析により算出した面積率を、フェライトおよびエピタキシャルフェライトの面積率とみなす。

40

#### 【0047】

フェライトとエピタキシャルフェライトを区別するためには、観察条件を、加速電圧15kV、WD10mmに設定する。画像解析ソフトウェアImage Jを用いて画像解析した観察画像のなかで、明度が全体の85%以上にピークを持つ組織はマルテンサイト、60%以上85%未満にピークを持つ組織はフェライト、45%以上60%未満にピークを持つ組織はエピタキシャルフェライトである。これにより、フェライトとエピタキシャルフェライトを区別することができ、フェライトおよびエピタキシャルフェライト中の

50

エピタキシャルフェライトの割合を算出できる。

【0048】

ベイナイトの同定は、以下の手順で行う。試料の観察面をレペラ液でエッチングし、板厚1/4を中心とする板厚1/8～3/8の範囲内で100μm×100μmの領域を、FE-SEMを用いて、3000倍の倍率で観察する。組織内部に含まれるセメンタイトの位置およびセメンタイトの配列から、ベイナイトを判別できる。具体的には、セメンタイトが複数のバリエーションを有するものをベイナイトと判別し、画像解析ソフトウェアImage Jを用いてその面積率を求める。

【0049】

マルテンサイトの同定は、以下の手順で行う。試料の観察面をレペラ液でエッチングし、板厚1/4を中心とする板厚1/8～3/8の範囲内で100μm×100μmの領域を、FE-SEMを用いて、3000倍の倍率で観察する。レペラ腐食では、マルテンサイトおよび残留オーステナイトは腐食されにくく、これらの組織の面積率は、マルテンサイト及び残留オーステナイトの合計面積率である。この腐食されていない領域の面積率を画像解析ソフトウェアImage Jを用いて求め、X線で測定した残留オーステナイトの体積率を引算して、マルテンサイトの面積率を算出できる。

【0050】

<マルテンサイトの短径に対する長径の比が5.0以上>

本実施形態に係る鋼板では、マルテンサイトの短径に対する長径の比が5.0以上である。これはマルテンサイトのアスペクト比が大きく、いわゆる針状組織であることを示す。当該比が5.0未満の場合、本実施形態におけるマルテンサイトの針状組織が崩れていることを意味する。上記比を5.0以上とすることにより、フェライトとマルテンサイトとの間に形成されるエピタキシャルフェライトの幅(厚み)が薄くなり、エピタキシャルフェライト中の転位密度を高めることができる。これにより、フェライトとマルテンサイトとの間に好適な降伏強度を有するエピタキシャルフェライトを形成することができ、鋼板を加工する際の歪速度が大きい領域においても、高い降伏強度を得ることができる。上記比は好ましくは6.0以上であり、より好ましくは7.0以上である。

【0051】

次に、マルテンサイトの短径に対する長径の比の測定方法について説明する。

まず、上記画像処理により特定した各マルテンサイトの面積を測定する。次に、各マルテンサイトにおける長径を測定する。ここで、長径とは、マルテンサイトの周上の二点を結ぶ線分の最大長さである。続いて、各マルテンサイトについて、その面積を長径で割った値を短径として算出する。最後に、各マルテンサイトにおいて、短径に対する長径の比を算出し、その平均値を求める。

【0052】

<圧延方向に垂直な方向の断面において、エピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAと、エピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBとの比であるA/B:1.5超>

本実施形態に係る鋼板では、圧延方向に沿った、鋼板の表面から垂直な断面において、エピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAとエピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBとの比であるA/Bが1.5超である。当該比が1.5超であると、マルテンサイトとフェライトとの界面にエピタキシャルフェライトが十分に存在することになり、曲げ加工などにより歪速度が大きい領域において降伏強度が好適に上昇する。この結果、当該部位における板厚の減少を抑制できるため、好適な部材剛性が得られる。

A/Bは好ましくは1.7以上であり、より好ましくは1.8以上である。

A/Bの上限は特に制限されないが、エピタキシャルフェライトの割合とマルテンサイトの長径と短径の比を考慮して、3.0としても良い。

【0053】

次に、上述のA/Bの測定方法について説明する。

10

20

30

40

50

図1は、エピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAと、エピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBと、の一例を示す模式図である。各組織の領域は画像処理ソフトで識別することができる。画像処理ソフトで得られる視野全体におけるエピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAと、エピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBの比がA/Bになる。

【0054】

<引張強度：980MPa以上>

本実施形態に係る鋼板の引張強度(TS)は、980MPa以上である。

なお、引張強度は、焼鈍鋼板から圧延方向に対し垂直方向にJIS Z 2201に記載のJIS 5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241：2011に沿って引張試験を行うことで測定する。

10

【0055】

<歪み速度0.001/秒と0.01/秒での0.2%耐力(YP)の差が7MPa以上>

本実施形態に係る鋼板では、鋼板を変形した際の高歪速度領域における板厚減少の抑制に寄与する優位な特性として、歪み速度0.001/秒と0.01/秒での0.2%耐力(YP)の差が7MPa以上となることがより好ましい。

YPの差は、焼鈍鋼板から圧延方向に対し垂直方向にJIS Z 2201に記載のJIS 5号引張試験片を採取し、歪み速度0.001/秒と0.01/秒でのYPを求め、これらの差を算出することで求められる。

20

【0056】

なお、本実施形態の鋼板は、表面に熔融亜鉛めっき層、合金化熔融亜鉛めっき層、または電気亜鉛めっき層を有していてもよい。このようにめっき層が形成される場合でも本実施形態の鋼板は所望の特性を発揮する。

【0057】

[鋼板の製造方法]

次に、本実施形態の鋼板を得るための製法の一例について説明する。

本実施形態に係る鋼板の製造方法は、上述の化学組成を有するスラブを熱間圧延して、旧オーステナイト粒径が30μm未満である熱延鋼板とする熱間圧延工程と、

前記熱延鋼板に対して平均冷却速度20 /秒以上の冷却速度で500 以下まで冷却する冷却工程と、

30

前記冷却工程後の前記熱延鋼板を500 以下で巻き取る巻き取り工程と、

前記巻き取り工程後の前記熱延鋼板を酸洗し、30%以下の圧下率で冷間圧延して冷延鋼板とする冷間圧延工程と、

前記冷延鋼板の板厚中心部を(Ac3点-100) ~ 900 の第1の温度域に加熱し、前記第1の温度域にて5秒以上均熱する焼鈍工程と、

前記焼鈍工程後の前記冷延鋼板を、750 ~ 550 の第2の温度域において2.5 /秒~50 /秒の平均冷却速度で冷却する焼鈍冷却工程と、

を有する。

【0058】

40

(熱間圧延工程)

熱間圧延工程では、上述の化学成分を有するスラブを熱間圧延して熱延鋼板とする。なお、熱延鋼板の光学顕微鏡写真を用いた線分法で求めた旧オーステナイト粒径の平均値が30μm未満となるよう熱間圧延を行う。この熱間圧延工程は、粗圧延工程および複数の圧延スタンドに連続してスラブを通過させて圧延を行う仕上げ圧延工程を含む。

熱延鋼板の旧オーステナイト粒径を30μm未満とすることで、その後の焼鈍工程において変態したオーステナイト同士が連結して塊状のオーステナイトとなることを抑制できる。塊状のオーステナイトへの連結を抑制することで、マルテンサイトのアスペクト比を大きくする(短径に対する長径の比が5.0以上)ことができる。

なお、熱延鋼板の旧オーステナイト粒径は、鋼板の圧延方向に沿っており、且つ、板面

50

に垂直な断面において、観察面をナイター腐食し、光学顕微鏡で100～500倍の倍率で組織を観察することにより、線分法にて測定する。以下に、熱延鋼板の旧オーステナイト粒径を30 μm未満とするために好適な熱間圧延条件の一例を示す。旧オーステナイト粒径は、熱延鋼板の板厚1/4位置で測定する。

【0059】

最終の圧延スタンドから3段目の圧延スタンドにおける圧延開始温度：800～1000

本実施形態に係る鋼板の製造方法では、最終の圧延スタンド（以下、最終圧延スタンドと呼称する場合がある）から3段目の圧延スタンドにおける圧延開始温度（以下、単に圧延開始温度と呼称する場合がある）を800～1000とする。圧延開始温度を800

以上とすることにより、圧延反力が高まることを抑制し、所望の板厚を安定して得ることが容易になるため、好ましい。一方、圧延開始温度を1000以下とすることにより、旧オーステナイト粒の粗大化を抑制できるため、好ましい。なお、仕上圧延完了温度は、硬質組織を確保する観点から800以上とする。

ここで、最終圧延スタンドから3段目の圧延スタンドとは、例えば、7台の圧延スタンドで連続圧延を行う場合は、5台目の圧延スタンドを指す。

【0060】

仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおける圧下率：それぞれ10%超

仕上げ圧延工程では、複数の圧延スタンドに連続してスラブを通過させて圧延を行う。このとき、後段3段の圧延スタンドにおける圧下率を、それぞれ10%超として圧延を行うことが好ましい。ここで、後段3段の圧延とは、最後の3段の圧延スタンドを用いた圧延を意味する。例えば、7台の圧延スタンドで連続圧延を行う場合は、5台目から7台目の圧延スタンドでの圧延を意味する。後段3段の圧下率をそれぞれ10%超とすることにより、十分な圧延歪みを導入できるため、オーステナイト粒を十分に細粒化することができる。仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおける圧下率は、より好ましくは20%以上とする。仕上げ圧延の後段3段の各圧延スタンドにおける圧下率の上限は特に限定されないが、製造性の観点から40%以下と定めてもよい。

【0061】

仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおける各圧延スタンド間のパス間時間：3.0秒以内

仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおける各圧延スタンド間のパス間時間は、好ましくは3.0秒以内である。これにより、パス間での回復・再結晶が抑制され、歪みを十分に累積することが容易となる。各圧延スタンド間のパス間時間は、より好ましくは2.0秒以内とする。各圧延スタンド間のパス間時間の下限は特に限定されず、短いほど好ましく、理想的には0であるが、圧延スタンドの性能上、0.1秒以上と定めてもよい。

【0062】

仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおけるn段目の圧延スタンドの出側の温度 $T_n$ と、(n+1)段目の圧延スタンドの入側の温度 $T_{n+1}$ と、の差分である( $T_n - T_{n+1}$ ): 10 超

仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおけるn段目の圧延スタンドの出側の温度 $T_n$ と、(n+1)段目の圧延スタンドの入側の温度 $T_{n+1}$ と、の差分である( $T_n - T_{n+1}$ )を制御することで、歪を好適に累積できる。 $(T_n - T_{n+1})$ を10 超とすることで、パス間での回復・再結晶が抑制され、仕上げ圧延工程における歪みを十分に累積できるため、好ましい。なお、n段目の圧延スタンドについて、スラブ（又は鋼板）の搬送方向へ向けてnが増加する。すなわち、スラブ（又は鋼板）は、n段目の圧延スタンドを通過した後に、n+1段目の圧延スタンド、n+2段目の圧延スタンドを順次通過する。

【0063】

（冷却工程）

熱間圧延工程後、上記のように熱間圧延された鋼板（以下、熱延鋼板と呼称する場合がある）を20 / 秒以上の冷却速度で500 以下の冷却停止温度まで冷却する。この冷

却工程は、鋼板の大部分を硬質組織（低温変態組織）とし、焼鈍中および冷却後の組織を針状組織とするために必要な工程である。平均冷却速度を20 /秒以上にするにより、フェライト変態やパーライト変態が抑制され、後の針状組織の元となる硬質組織が得られる。平均冷却速度は、好ましくは30 /秒以上、より好ましくは40 /秒以上である。上限は特に限定されないが、製造性の観点から、100 /秒以下としても良い。ただし、500 より低い温度では、低温変態組織に変態するため、平均冷却速度は限定されない。

#### 【0064】

（巻き取り工程）

次に、上記冷却工程において冷却された熱延鋼板を巻き取る。この巻取工程において、巻き取り温度は500 以下が好ましい。このようにして巻き取られた本実施形態の熱延鋼板は、針状組織を有するため、後の冷間圧延および連続焼鈍工程を経ることで、所定のアスペクト比を有する針状のマルテンサイト組織を得ることが可能となる。

10

#### 【0065】

（冷間圧延工程）

次に、巻き取り工程後の熱延鋼板を酸洗し、30%以下の圧下率で冷間圧延して冷延鋼板とする。なお冷延率0%とは冷延を行わないことを意味する。

酸洗は、熱延鋼板の表面の酸化物を除去するための工程であり、酸洗回数は1回でも複数回でもよい。

冷間圧延の圧下率を30%以下にすることで、熱間圧延工程で導入された針状組織が維持されるため、所望の金属組織を得ることができる。

20

#### 【0066】

（焼鈍工程）

上記工程の後に焼鈍工程を行い、所望の金属組織を得る。焼鈍工程では、鋼板を（Ac3点 - 100 ）以上かつ、900 以下の温度域（以下、第1の温度域と呼称する場合がある）に加熱した後、第1の温度域で5秒以上温度保持（均熱）する。第1の温度域における温度保持において、鋼板の温度は一定である必要はない。

鋼板を（Ac3点 - 100 ）以上900 以下に加熱する理由は、板厚中心部をフェライトおよびオーステナイトの二相域に加熱することで、所望の割合の金属組織を得るためである。また、焼鈍工程における加熱温度を900 以下とすることにより、オーステナイトの針状組織を維持することができる。

30

#### 【0067】

なお、Ac3点は下記（式1）によって求められる。

$$Ac3 = 910 - 203 C + 44.7 Si - 25 (Mn + Cr) + 700 P - 20 Cu - 15.2 Ni + 31.5 Mo + 400 Ti + 104 V + 120 Al \cdot \cdot \cdot \text{ (式1)}$$

ここで、C、Si、Mn、P、Cu、Ni、Cr、Mo、Ti、VおよびAlは各元素の含有量〔質量%〕である。

#### 【0068】

（焼鈍冷却工程）

焼鈍工程後の鋼板に対して、750 以下550 以上の温度域（以下、第2の温度域と呼称する場合がある）を平均冷却速度2.5 /秒以上50 /秒以下で冷却する。第2の温度域における冷却速度をこの範囲に制御することにより、フェライトの周囲に所望のエピタキシャルフェライトが生成する。本実施形態において、Alを一定量含有させることでエピタキシャルフェライトの生成が促進される。平均冷却速度を2.5 /秒以上にするにより、フェライトが過剰に生成して鋼板の強度が不足することを抑制できる。平均冷却速度の下限は、好ましくは5 /秒、より好ましくは10 /秒である。また、平均冷却速度を50 /秒以下とすることにより、十分な量のエピタキシャルフェライトを生成できる。そのため、平均冷却速度の上限は、好ましくは40 /秒である。なお均熱炉を出た時点焼鈍冷却工程の開始時とし、冷却帯を出た時点、または鋼板の温度が550 に達した時点の、どちらか早い時点焼鈍冷却工程の終了時とする。

40

50

## 【0069】

なお、A1含有量が十分ではない場合には、上記平均冷却速度を2.5 /秒以上50 /秒以下に制御しても、エビタキシャルフェライトは十分に生成しない。

所望の金属組織割合を得るために、750 より高い温度では、フェライト変態やパーライト変態を抑制できる平均冷却速度を適宜制御可能である。また、550 より低い温度では、所望の硬質組織の分率を得るために、平均冷却速度は適宜制御可能である。550 以下の温度域では、硬質組織としてマルテンサイトを得るため、20 /秒以上の平均冷却速度で100 以下まで冷却することがより好ましい。また硬質組織としてベイナイトを得るため、150 以上550 以下の温度域で10秒以上の等温保持を施しても良い。

10

## 【0070】

焼鈍冷却工程後の鋼板の表面に溶融亜鉛めっきや電気亜鉛めっきを施してもよい。これによって、溶融亜鉛めっき鋼板が得られる。溶融亜鉛めっきを施す場合、鋼板を浸漬する溶融亜鉛めっき浴の温度は従来から適用されている条件でよい。すなわち、溶融亜鉛めっき浴の温度は、例えば440 以上550 以下とされる。

## 【0071】

また、上記のように溶融亜鉛めっきを施した後、加熱合金化処理を施してもよい。これによって、合金化溶融亜鉛めっき鋼板が得られる。加熱合金化処理する場合の合金化の加熱温度は、従来から適用されている条件でよい。すなわち、合金化の加熱温度は、例えば300 以上600 以下とされる。合金化の加熱方式は特に限定されるものではなく、

20

## 【0072】

また、電気亜鉛めっき鋼板を製造する方法としては、次の例が挙げられる。例えば、上記の鋼板に対し、めっきの前処理として、アルカリ脱脂、水洗、酸洗、並びに水洗を実施する。その後、前処理後の鋼板に対し、例えば、液循環式の電気めっき装置を用い、めっき浴として硫酸亜鉛、硫酸ナトリウム、硫酸からなるものを用い、電流密度100 A / d m<sup>2</sup>程度で所定のめっき厚みになるまで電解処理する。

## 【実施例】

30

## 【0073】

本実施形態を、実施例を参照しながらより具体的に説明する。

## 【0074】

## &lt;製造方法&gt;

表1-1及び表1-2に示される化学組成を有するスラブを鋳造した。鋳造後のスラブに対して、表2-1～表2-3に記載の条件で熱間圧延工程、冷却工程及び巻き取り工程を施した。酸洗後、表2-1～表2-3に記載の圧下率で冷間圧延を施した。冷間圧延工程後、表2-1～表2-3に示す条件で冷延鋼板に焼鈍工程及び焼鈍冷却工程を施した。

一部の例については、焼鈍工程後に溶融亜鉛めっき及び合金化処理を行った。

## 【0075】

40

【表 1 - 1】

No.	C	Si	Mn+Cr	Mn	Al	P	S	N	O	Mo	Ti	Nb	B	V	Cu	備考
a	0.332	0.86	1.99	1.58	0.56	0.025	0.003	0.003	0.004							発明例
b	0.367	2.29	2.72	2.72	0.44	0.086	0.003	0.002	0.005		0.023		0.002			発明例
c	0.190	0.16	1.23	1.23	0.22	0.009	0.028	0.002	0.001							発明例
d	0.112	1.39	1.94	1.94	0.48	0.052	0.006	0.001	0.060							発明例
e	0.181	1.56	2.46	2.46	0.46	0.016	0.012	0.001	0.001		0.008	0.013				発明例
f	0.120	0.32	2.90	2.74	0.52	0.017	0.004	0.005	0.003			0.032		0.054	0.753	発明例
g	0.283	1.46	2.60	2.60	0.90	0.009	0.004	0.009	0.000							発明例
h	0.154	0.62	3.96	3.59	1.73	0.009	0.006	0.001	0.000							発明例
i	0.137	0.51	2.24	2.24	0.42	0.075	0.004	0.008	0.001			0.104		0.078	0.140	発明例
j	0.232	1.13	3.08	3.08	0.42	0.007	0.037	0.001	0.000	0.023						発明例
k	0.131	0.94	3.31	2.86	1.41	0.007	0.009	0.001	0.002		0.018		0.002			発明例
l	0.036	1.76	3.12	2.86	0.33	0.008	0.041	0.008	0.004			0.015		0.059	0.108	比較例
m	0.513	1.03	1.52	1.52	0.73	0.076	0.007	0.008	0.005		0.027	0.035	0.001			比較例
n	0.137	0.39	1.14	1.14	0.39	0.081	0.005	0.001	0.001	0.165				0.042		比較例
o	0.174	1.21	4.10	4.10	0.74	0.008	0.004	0.001	0.003	0.027				0.057		比較例
p	0.374	1.29	2.33	2.33	0.06	0.010	0.018	0.001	0.005							比較例
q	0.422	0.12	3.94	3.49	2.07	0.018	0.034	0.003	0.001							比較例

【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

【 表 1 - 2 】

No.	W	Ta	Ni	Sn	Co	Sb	As	Mg	Ca	Y	Zr	La	Ce	Ac3(°C)	Ac3-100(°C)	備考
a														866	766	発明例
b														944	844	発明例
c														831	731	発明例
d														952	852	発明例
e														901	801	発明例
f														846	746	発明例
g														917	817	発明例
h														973	873	発明例
i						0.003	0.006	0.008	0.012	0.004	0.043	0.005		910	810	発明例
j			0.099	0.003										840	740	発明例
k	0.012	0.009	0.037	0.026	0.081									977	877	発明例
l			0.131		0.030					0.003	0.008	0.003	0.003	919	819	比較例
m														924	824	比較例
n	0.010	0.080					0.006	0.005	0.016					937	837	比較例
o														878	778	比較例
p														799	699	比較例
q														946	846	比較例

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

【表 2 - 1】

鋼種	No.	熱延工程						冷却工程		巻取工程	冷延工程	焼鈍工程		焼鈍冷却工程	
		最終仕上げ 3段目における 圧延開始 温度 (°C)	後段 3段目の 圧下率 (%)	後段 2段目の 圧下率 (%)	後段 1段目の 圧下率 (%)	仕上げ圧延の 後段3段における スタンドにおける 時間の最大値 (秒)	仕上げ圧延の 後段3段における (n)段目出側温度(Tn) -(n+1)段目入側 温度(Tn+1) の最小値(°C)	旧 オーステン サイト粒径 (μm)	熱延後の 平均冷却 速度 (°C/s)			熱延後の 冷却 停止 温度 (°C)	巻取 温度 (°C)		冷延 圧延率 (%)
a	1	846	31	23	16	2.7	18	22	51	474	158	11	834	392	750~ 550°C における 冷却速度 (°C/s)
b	2	973	29	32	19	2.7	16	19	53	349	40	2	846	307	7
c	3	964	32	29	29	2.7	14	12	40	182	160	13	789	300	17
d	4	989	18	39	12	0.3	12	18	56	57	25	22	884	144	20
e	5	829	13	26	35	0.5	16	27	57	396	354	24	832	212	33
f	6	926	12	13	39	1.6	18	21	28	225	55	14	813	161	23
g	7	834	38	25	16	2.6	17	13	58	238	95	3	837	394	13
h	8	984	17	20	28	2.6	13	21	57	459	253	27	891	397	4
i	9	989	34	32	32	2.8	11	12	54	281	259	16	849	331	45
j	10	984	37	34	31	2.3	19	11	24	25	25	19	820	100	42
k	11	975	24	16	23	0.4	15	21	56	111	82	24	898	172	11
a	12	987	27	37	25	2.7	14	23	24	428	339	28	806	394	25
b	13	870	21	21	13	2.7	20	14	57	71	30	8	897	363	31
c	14	980	23	17	20	0.8	13	29	32	330	330	8	748	207	39
d	15	988	14	11	37	0.3	12	16	25	152	116	6	887	368	22
e	16	981	31	22	13	2.8	15	20	54	156	147	9	822	301	19
f	17	984	20	39	12	0.4	18	15	51	473	426	21	809	188	5
g	18	985	29	11	35	2.8	11	17	26	418	329	4	846	181	17
h	19	983	24	14	39	2.2	12	17	56	199	46	23	884	154	40
i	20	960	16	37	25	0.5	17	19	23	210	115	24	835	140	

【 0 0 7 8 】

10

20

30

40

50

【表 2 - 2】

鋼種	No.	熱延工程						冷却工程		巻取工程	冷延工程	焼鈍工程		焼鈍冷却工程
		最終仕上げ 圧延機から 3段目における 圧延開始 温度 (°C)	後段 3段目の 圧下率 (%)	後段 2段目の 圧下率 (%)	後段 1段目の 圧下率 (%)	仕上げ圧延の 後段3段における スタンドにおける 圧延間のパス 時間の最大値 (秒)	仕上げ圧延の 後段3段における n段目出側温度(Tn) -(n+1)段目入側 温度(Tn+1) の最小値(°C)	旧 オーステン ナイト粒径 (μm)	熱延後の 平均冷却 速度 (°C/s)			熱延後の 冷却 停止 温度 (°C)	巻取 温度 (°C)	
j	21	832	21	18	37	0.9	14	15	25	15	4	781	61	33
k	22	867	17	27	33	2.9	19	18	30	53	19	882	200	45
a	23	984	11	32	21	0.3	14	15	56	369	13	786	399	8
b	24	983	33	19	27	2.7	17	21	58	237	15	878	397	36
c	25	982	25	13	31	2.8	18	13	56	349	8	778	88	28
d	26	846	40	33	19	1.7	16	20	26	110	1	886	58	14
e	27	984	13	25	22	0.3	11	18	58	433	17	832	329	42
f	28	971	26	36	15	2.6	12	25	56	76	28	837	399	48
g	29	933	37	20	17	2.8	13	13	57	307	29	824	188	11
h	30	821	36	29	29	2.5	19	11	40	280	12	885	181	28
i	31	986	26	37	27	2.7	15	25	55	250	4	854	394	31
j	32	964	29	28	36	0.5	18	27	58	230	6	791	156	12
k	33	989	18	16	32	0.5	11	17	56	35	29	891	99	20
a	34	927	39	23	11	2.4	14	24	40	479	14	806	395	22
b	35	980	34	31	14	0.8	20	19	55	45	22	849	247	34
c	36	984	17	21	30	0.3	12	29	24	426	18	790	70	47
d	37	984	28	19	20	2.8	17	13	32	354	14	887	314	27
e	38	867	31	17	14	2.7	18	12	27	327	0.3	821	78	38
f	39	986	20	12	30	2.8	14	13	53	145	26	840	256	4
g	40	974	37	34	38	2.3	13	25	57	84	21	846	400	45

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50



により除去した。板厚 1 / 4 の位置において、M o K 線を用いて、b c c 相の ( 2 0 0 )、( 2 1 1 )、及び、f c c 相の ( 2 0 0 )、( 2 2 0 )、( 3 1 1 ) の回折ピークの積分強度比から、残留オーステナイトの組織分率を算出した。一般的な算出方法として 5 ピーク法を用いた。

#### 【 0 0 8 3 】

パーライトの同定は、以下の手順で行った。試料の観察面をナイトール試薬で腐食し、板厚 1 / 4 を中心とする板厚 1 / 8 ~ 3 / 8 の範囲で 1 0 0 μ m × 1 0 0 μ m 領域を、F E - S E M を用いて、3 0 0 0 倍の倍率で観察した。組織内部に含まれるセメントタイトの位置およびセメントタイトの配列から、フェライトとセメントタイトがラメラ状に並んでいる領域を、パーライトと判別した。面積率は、画像解析ソフトウェア I m a g e J を用いて

10

#### 【 0 0 8 4 】

フェライトおよびエピタキシャルフェライトの同定は、以下の手順で行った。試料の観察面を、ナイトール試薬として特に 3 % 硝酸とエタノールの混合液で腐食し、板厚の 1 / 4 を中心とする板厚 1 / 8 ~ 3 / 8 の範囲内で 1 0 0 μ m × 1 0 0 μ m 領域を、F E - S E M を用いて、3 0 0 0 倍の倍率で観察した。均一なコントラストの部分 ( 結晶粒内にブロックやパケットなどの下部組織やセメントタイト、残留オーステナイトを含まず、単一の均一なコントラストに表れる部分 ) をフェライトおよびエピタキシャルフェライトと判断した。画像解析ソフトウェア I m a g e J を用いて画像解析により算出した面積率を、フェライトおよびエピタキシャルフェライトの面積率とみなした。

20

#### 【 0 0 8 5 】

フェライトとエピタキシャルフェライトを区別するために、観察条件を、加速電圧 1 5 k V、W D 1 0 m m に設定した。画像解析ソフトウェア I m a g e J を用いて画像解析した観察画像のなかで、明度が全体の 8 5 % 以上にピークを持つ組織はマルテンサイト、6 0 % 以上 8 5 % 未満にピークを持つ組織はフェライト、4 5 % 以上 6 0 % 未満にピークを持つ組織はエピタキシャルフェライトと判断した。これにより、フェライトとエピタキシャルフェライトを区別することができ、フェライトおよびエピタキシャルフェライト中のエピタキシャルフェライトの割合を算出した。

#### 【 0 0 8 6 】

ベイナイトの同定は、以下の手順で行った。試料の観察面をレペラ液でエッチングし、板厚 1 / 4 を中心とする板厚 1 / 8 ~ 3 / 8 の範囲内で 1 0 0 μ m × 1 0 0 μ m の領域を、F E - S E M を用いて、3 0 0 0 倍の倍率で観察した。組織内部に含まれるセメントタイトの位置およびセメントタイトの配列から、ベイナイトを判別した。具体的には、セメントタイトが複数のバリエーションを有するものをベイナイトと判別し、画像解析ソフトウェア I m a g e J を用いてその面積率を求めた。

30

#### 【 0 0 8 7 】

マルテンサイトの同定は、以下の手順で行った。試料の観察面をレペラ液でエッチングし、板厚 1 / 4 を中心とする板厚 1 / 8 ~ 3 / 8 の範囲内で 1 0 0 μ m × 1 0 0 μ m の領域を、F E - S E M を用いて、3 0 0 0 倍の倍率で観察した。レペラ腐食では、マルテンサイトおよび残留オーステナイトは腐食されにくく、これらの組織の面積率を、マルテンサイト及び残留オーステナイトの合計面積率とした。この腐食されていない領域の面積率を画像解析ソフトウェア I m a g e J を用いて求め、X 線で測定した残留オーステナイトの体積率を引算して、マルテンサイトの面積率を算出した。

40

#### 【 0 0 8 8 】

< 圧延方向に垂直な方向の断面において、エピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さ A とエピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さ B との比である A / B >

以下の方法でエピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さ A とエピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さ B との比である A / B を測定した。

前述のように、各組織の領域を画像処理ソフトで識別し、画像処理ソフトで得られるエ

50

ピタキシャルフェライトとフェライトとの界面の長さAとエピタキシャルフェライトとマルテンサイトとの界面の長さBとの比をA / Bとした。

結果を表3に示した。

【0089】

<マルテンサイトの短径に対する長径の比>

以下の方法でマルテンサイトの短径に対する長径の比(アスペクト比)を測定した。

上記画像処理により特定した各マルテンサイトの面積を測定した。次に、各マルテンサイトにおける長径を測定した。ここで、長径とは、マルテンサイトの周上の二点を結ぶ線分の最大長さとした。続いて、各マルテンサイトについて、その面積を長径で割った値を短径として算出した。最後に、各マルテンサイトにおいて、短径に対する長径の比率を算出し、その平均値を求めた。

10

結果を表3-1~表3-3に示した。

【0090】

<引張強度>

鋼板から圧延方向に対し垂直方向にJIS5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241:2011に沿って引張試験を行うことで、引張強度を測定した。

引張強度の測定結果を表3-1~表3-3に示した。

【0091】

<歪み速度0.001/秒と0.01/秒での0.2%耐力(YP)の差>

歪み速度0.001/秒と0.01/秒での0.2%耐力(YP)の差は、鋼板から圧延方向に対し垂直方向にJIS Z 2201に記載のJIS5号引張試験片を採取し、歪み速度0.001/秒と0.01/秒でのYPの差を求めた。

20

【0092】

30

40

50

【表 3 - 1】

鋼種	No.	組織分率(%)						界面長の比	マルテンサイト	機械特性		備考
		フェライト +エピタキシャル フェライト	フェライト +エピタキシャル フェライト の割合	マルテンサイト	ベイナイト	残留 オーステ ナイト	残部			強度 (MPa)	降伏 強度の 上昇量 (MPa)	
a	1	23	16	37	38	1	1	1.7	9.0	1453	9	発明例
b	2	42	11	41	13	0	4	1.9	9.0	1244	12	発明例
c	3	26	13	30	30	10	4	1.7	10.0	1107	10	発明例
d	4	21	18	32	36	9	2	1.7	5.0	981	10	発明例
e	5	17	13	33	33	13	4	1.8	9.0	1055	9	発明例
f	6	35	15	25	39	0	1	2.2	12.0	985	14	発明例
g	7	42	21	41	13	0	4	2.0	12.0	1132	12	発明例
h	8	17	14	45	37	0	1	2.1	11.0	1131	13	発明例
i	9	30	14	60	7	0	3	1.9	7.0	995	12	発明例
j	10	36	10	24	38	0	2	2.1	12.0	1066	12	発明例
k	11	29	16	56	13	0	2	2.1	12.0	986	13	発明例
a	12	31	18	27	32	7	3	1.9	7.0	1309	10	発明例
b	13	20	10	40	30	7	3	2.0	11.0	1581	11	発明例
c	14	36	11	27	33	0	4	2.1	11.0	994	13	発明例
d	15	22	16	47	27	0	4	1.9	8.0	992	10	発明例
e	16	24	12	42	30	0	4	1.7	10.0	987	10	発明例
f	17	32	16	39	26	0	3	1.9	12.0	1035	10	発明例
g	18	28	11	23	35	11	3	2.1	11.0	1143	13	発明例
h	19	28	13	34	36	0	2	1.8	6.0	1013	11	発明例
i	20	31	11	43	10	14	2	2.1	11.0	984	13	発明例

【 0 0 9 3 】

10

20

30

40

50

【表 3 - 2】

鋼種	No.	組織分率(%)						界面長の比	マルテンサイト	機械特性		備考
		フェライト +エビタキシャル フェライト	フェライト +エビタキシャル フェライトに 対する エビタキシャル フェライト の割合	マルテンサイト	ベイナイト	残留 オーステ ナイト	残部			強度 (MPa)	降伏 強度の 上昇量 (MPa)	
j	21	38	12	28	21	10	3	1.8	6.0	1086	11	発明例
k	22	26	13	25	34	14	1	1.7	9.0	997	10	発明例
a	23	41	18	22	21	12	4	2.2	12.0	1079	14	発明例
b	24	33	12	30	34	0	3	2.1	11.0	1366	9	発明例
c	25	32	12	24	31	11	2	2.0	10.0	1075	11	発明例
d	26	23	18	52	24	0	1	2.1	12.0	990	13	発明例
e	27	16	11	34	35	12	3	2.0	10.0	1056	12	発明例
f	28	31	14	27	30	10	2	1.7	11.0	1031	10	発明例
g	29	41	28	20	22	13	4	1.8	6.0	1006	11	発明例
h	30	15	11	39	30	13	3	2.0	10.0	1154	12	発明例
i	31	27	11	36	33	0	4	2.1	12.0	990	9	発明例
j	32	32	11	24	30	12	2	2.1	11.0	1066	13	発明例
k	33	29	13	47	10	10	4	1.7	12.0	992	10	発明例
a	34	28	17	34	31	7	0	1.9	11.0	1311	9	発明例
b	35	32	12	29	26	11	2	2.0	9.0	1150	10	発明例
c	36	28	10	32	30	8	2	2.1	11.0	1084	13	発明例
d	37	25	11	44	16	12	3	2.0	12.0	982	12	発明例
e	38	27	12	34	28	11	0	1.8	6.0	989	11	発明例
f	39	24	14	38	24	13	1	2.1	11.0	1134	13	発明例
g	40	48	26	47	3	0	2	2.2	12.0	1045	14	発明例

【 0 0 9 4 】

10

20

30

40

50

【表 3 - 3】

鋼種	No.	組織分率(%)						界面長の比	マルテンサイト	機械特性		備考
		フェライト +エビタキシャル フェライト	フェライト +エビタキシャル エビタキシャル フェライト の割合	マルテンサイト	ベイナイト	残留 オーステ ナイト	残部			A/B	アスペクト比	
h	41	29	11	24	30	13	4	1.8	6.0	1000	11	発明例
i	42	29	12	24	33	12	2	1.7	7.0	988	10	発明例
j	43	13	13	47	30	7	3	1.7	11.0	1364	10	発明例
l	44	54	11	4	33	0	9	2.2	12.0	625	10	比較例
m	45	27	21	63	0	6	4	2.2	12.0	弾性域で破断	—	比較例
n	46	44	10	17	31	0	8	2.1	11.0	826	12	比較例
o	47	34	4	38	28	0	0	1.3	11.0	1001	5	比較例
p	48	12	3	58	23	7	0	1.2	11.0	1734	4	比較例
q	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	比較例
a	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	比較例
b	50'	36	14	22	36	6	0	1.6	3.0	1366	4	比較例
c	51	12	11	38	40	9	1	1.6	3.0	1271	4	比較例
e	52	24	13	44	29	0	3	1.7	4.0	989	5	比較例
g	53	34	23	26	28	11	1	1.8	3.0	1059	4	比較例
i	54	27	13	36	34	0	3	1.6	4.0	990	4	比較例
j	55	37	11	21	39	0	3	1.6	4.0	1049	5	比較例
k	56	22	22	39	36	0	3	1.8	3.0	1024	5	比較例
b	57	41	13	35	20	0	4	1.7	3.0	1256	4	比較例
d	58	24	19	69	3	0	4	1.7	4.0	1003	4	比較例
f	59	29	17	28	27	12	4	1.6	2.0	1064	3	比較例
g	60	73	0	0	23	0	4	マルテンサイトなし	—	300	5	比較例
a	61	4	12	90	2	0	4	1.6	2.0	1877	5	比較例
i	62	74	44	4	18	0	4	1.9	7.0	534	11	比較例
j	63	15	4	72	9	0	4	1.3	11.0	1381	4	比較例

10

20

30

40

【0095】

表 1 - 1 ~ 表 3 - 3 に示したように、本実施形態の要件を充足する実施例では、所望の特性が得られていた。一方、本実施形態の要件を少なくとも一つでも充足しない比較例では、所望の特性が得られていなかった。具体的には以下の通りである。

【0096】

No. 44 は、C 量が少なかったために、所望の金属組織が得られず、所望の強度が得られなかった。

No. 45 は、C 量が多かったために、引張試験において弾性域で破断した。

No. 46 は、Mn と Cr の合計量が少ないために、所望の金属組織が得られず、所望

50

の強度が得られなかった。

No. 47は、MnとCrの合計量が多かったために、エピタキシャルフェライトが十分に生成せず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 48は、Al量が少なかったために、エピタキシャルフェライトが十分に生成せず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 49は、Al量が多かったために、Alによる脆化が顕著でスラブが割れたため、その後の試験を中止した。

【0097】

No. 50は、最終圧延スタンドから3段目の圧延スタンドにおける圧延の開始温度が低く、圧延荷重が高まったことで圧延不可であったため、その後の試験を中止した。

10

No. 50'は最終圧延スタンドから3段目の圧延スタンドにおける圧延の開始温度が高かったため、マルテンサイトのアスペクト比が5.0以上とならず、またマルテンサイトの周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 51は、仕上げ圧延の後段3段目の圧延スタンドでの圧下率が低かったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 52は、仕上げ圧延の後段2段目の圧延スタンド及び後段1段目(つまり、最終圧延スタンド)での圧下率が低かったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

20

No. 53は、仕上げ圧延の後段1段目(つまり、最終圧延スタンド)の圧下率が低かったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 54は、圧延スタンド間のパス間時間の最大値が3.0秒超であったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 55は、仕上げ圧延の後段3段の圧延スタンドにおけるn段目の前記圧延スタンドの出側の温度 $T_n$ と、(n+1)段目の前記圧延スタンドの入側の温度 $T_{n+1}$ と、の差分である( $T_n - T_{n+1}$ )の最大値が10以下であったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

30

【0098】

No. 56は、冷却工程の平均冷却速度が20 /秒未満であったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 57は、冷却工程の冷却停止温度が500 超であったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 58は、巻取温度が500 超であったため、針状のマルテンサイトおよびその周囲の好適なエピタキシャルフェライトが得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

40

No. 59は、冷間圧延工程の圧下率が30%超であったため、熱延鋼板で生成させた針状組織を維持することができず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

No. 60は、焼鈍工程における均熱温度が(Ac3点 - 100) 未満であったため、所望の金属組織が得られず、引張強度が不十分であり、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

【0099】

No. 61は、焼鈍工程における均熱温度が900 超であったため、所望の金属組織が得られず、また熱延鋼板で生成させた針状組織を維持することができず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

50

No. 62は、焼鈍冷却工程における平均冷却速度が2.5 / 秒未満であったため、所望の金属組織が得られず、引張強度が不十分であった。

No. 63は、焼鈍冷却工程における平均冷却速度が50 / 秒超であったため、エピタキシャルフェライトが十分に得られず、所望の降伏強度の増加量が得られなかった。

【産業上の利用可能性】

【0100】

本発明によれば、引張強度が980MPa以上であり、かつ、曲げ加工を行っても好適な部材剛性を有する鋼板及びその製造方法を提供できるため、産業上極めて有用である。

10

20

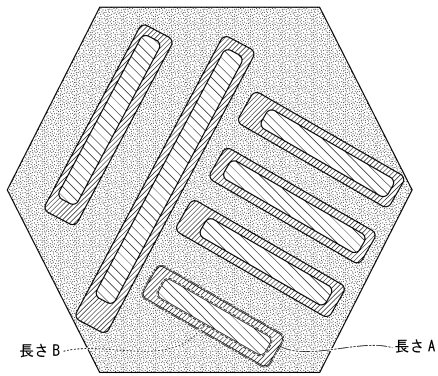
30




40

50

【図面】

【図 1】



-  フェライト
-  マルテンサイト
-  エピタキシャルフェライト

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- (74)代理人 100207686  
弁理士 飯田 恭宏
- (74)代理人 100224812  
弁理士 井口 翔太
- (72)発明者 鈴木 裕也  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 竹田 健悟  
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- 審査官 鈴木 毅
- (56)参考文献 国際公開第2009/099251(WO, A1)  
中国特許出願公開第102605240(CN, A)  
国際公開第2016/010144(WO, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |         |           |   |           |
|---------|-----------|---|-----------|
| C 2 2 C | 3 8 / 0 0 | - | 3 8 / 6 0 |
| C 2 1 D | 8 / 0 0   | - | 8 / 0 4   |
| C 2 1 D | 9 / 4 6   | - | 9 / 4 8   |