

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3600655号  
(P3600655)

(45) 発行日 平成16年12月15日(2004.12.15)

(24) 登録日 平成16年9月24日(2004.9.24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

C 2 1 D 8/04

C 2 1 D 8/04 A

C 2 2 C 38/00

C 2 2 C 38/00 3 O 1 A

C 2 2 C 38/14

C 2 2 C 38/14

請求項の数 6 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平7-74929	(73) 特許権者	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22) 出願日	平成7年3月31日(1995.3.31)	(74) 代理人	100062421 弁理士 田村 弘明
(65) 公開番号	特開平8-269551	(74) 代理人	100061930 弁理士 茶野木 立夫
(43) 公開日	平成8年10月15日(1996.10.15)	(72) 発明者	吉永 直樹 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
審査請求日	平成13年9月28日(2001.9.28)	(72) 発明者	川崎 薫 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工性に優れた熱延鋼板およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07%、

Mn : 0.03 ~ 2.0%、

Si 0.5%、

Al : 0.01 ~ 0.2%、

P 0.10%、

S 0.02%、

N 0.007%、

B : 0.0015超 ~ 0.01%、

かつ

$B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$

を満たす範囲で含有し、残部は鉄および不可避的不純物よりなり、加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が20μm超 ~ 35μm未満であることを特徴とする加工性に優れた熱延鋼板。

【請求項2】

上記成分にさらに加えて重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05%、

Nb : 0.003 ~ 0.05%

のうち1種または2種を含有することを特徴とする請求項1記載の加工性に優れた熱延鋼板。

【請求項3】

重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07 %、

Mn : 0.03 ~ 2.0 %、

Si 0.5 %、

Al : 0.01 ~ 0.2 %、

P 0.10 %、

S 0.02 %、

N 0.007 %、

B : 0.0015 超 ~ 0.01 %、

かつ

$$B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$$

を満たす範囲で含有し、残部は鉄および不可避免的不純物よりなるスラブを仕上げ熱延する際の900 以下での平均冷却速度を30 /s 超とし、仕上げ圧延温度FTを750

FT 840 で、かつ(Ar<sub>3</sub> - 20) FT (Ar<sub>3</sub> + 20) を満たす温度とする熱間圧延を行うことを特徴とする加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が20 μm 超 ~ 35 μm 未満であることを特徴とする加工性に優れた熱延鋼板の製造方法

10

20

【請求項4】

上記請求項3の成分にさらに加えて重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05 %、

Nb : 0.003 ~ 0.05 %

のうち1種または2種を含有することを特徴とする請求項3記載の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

【請求項5】

重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07 %、

Mn : 0.03 ~ 2.0 %、

Si 0.5 %、

Al : 0.01 ~ 0.2 %、

P 0.10 %、

S 0.02 %、

N 0.007 %、

B : 0.0015 超 ~ 0.01 %、

かつ

$$B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$$

を満たす範囲で含有し、残部は鉄および不可避免的不純物よりなるスラブを熱間にて粗圧延を行った後、コイル状に巻取り、その後、コイルの後末端より仕上げ熱延する際の900

以下での平均冷却速度を30 /s 超とし、仕上げ圧延温度FTを750 FT 840 で、かつ(Ar<sub>3</sub> - 20) FT (Ar<sub>3</sub> + 20) を満たす温度とする仕上げ熱間圧延を開始し、その後端に後続する粗圧延材を接続して、仕上げ熱延を連続的に行うことを特徴とする加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が20 μm 超 ~ 35 μm 未満の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

30

40

【請求項6】

上記請求項5の成分にさらに加えて重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05 %、

Nb : 0.003 ~ 0.05 %

のうち1種または2種を含有することを特徴とする請求項5記載の加工性に優れた熱延鋼

50

板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、自動車、家電、建材、容器等に用いられる加工性に優れた熱延鋼板およびこれを低コストで製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、自動車用鋼板に代表される加工用鋼板の分野においては、素材費削減の観点から、従来より用いられてきた冷延鋼板に代わって、薄手熱延鋼板の需要が増加しつつある。しかしながら、このような薄手熱延鋼板においては、圧延時の冷却が著しく速く進行するため、仕上げ温度が $A r_3$  変態点（以下、 $A r_3$  点という）を大きく下回ることが多く、伸びの劣化、材質特性の異方性、操業の不安定性等の問題の原因となっていた。

10

【0003】

このような問題を改善すべく、 $A r_3$  点を低下させる目的でBを添加した熱延鋼板が開発されている。特開昭63-76822号公報は、その代表的な技術を開示し、極低炭素鋼あるいは、低炭素鋼に0.0015~0.0045%のBを添加し、仕上げ温度を $A r_3$  点以上とすることにより、優れた加工性を有する熱延鋼板が得られることを明らかにしている。また、特開昭63-216925号公報、特開昭63-143224号公報、特開昭63-143225号公報には、Bの効果を助長する技術として、TiやNbを添加する方法や、熱延加熱温度を限定する方法についての開示がある。さらに、特開平2-104614号公報には、B添加鋼における材質の異方性を改善するために、仕上げ圧延の最終スタンドでの圧下率を規定する技術が開示されている。

20

【0004】

このようにBは $A r_3$  点を低下させるため、熱延の仕上げ温度を $A r_3$  点以上とすることにより、板厚方向に均一な組織を得ることが可能となる。しかしながら薄手熱延鋼板の場合、 $A r_3$  点が低下すると結晶粒径が著しく微細となり、十分な伸びが確保できなくなるといった問題点を有する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

30

従来の薄手熱延鋼板においては、板厚が薄いために、冷却が速く進行し、熱延仕上げ温度が $A r_3$  点を大きく下回り、加工性の劣化を招いたり、操業を不安定にする要因となっていた。

本発明の目的は、 $A r_3$  点を効果的にかつ安価に低下させること、また $A r_3$  点を十分に低下させても加工性に好ましい結晶粒径を有する薄手熱延鋼板およびその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本発明者らは、まず $A r_3$  点に及ぼすBの影響について調査した。すなわち種々のC量を含有する鋼を用いて、 $A r_3$  点に及ぼすBの影響について鋭意検討した。その結果、Bの $A r_3$  点に対する効果は、C量に極めて大きく依存することを発見した。すなわち、 $A r_3$  点を十分に低下せしめるためには、0.0015%超のB量が必要であり、かつ、0.01%以上のC量が必要であることが明らかとなった。C量が0.01%未満の場合には、たとえBを多量に添加しても $A r_3$  点はほとんど低下しないか、わずかに低下する程度である。さらに、BとCとは、 $B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$  を満たす必要がある。

40

【0007】

Bの効果にC量の依存性があること理由は、必ずしも明らかではないが、以下のような機構に基づくものと推測される。すなわち、変態の進行にはCの から への拡散を伴う。このCの拡散をBが抑制することによって変態が遅れ、 $A r_3$  点が低下するも

50

のと推定される。また、Bの $A r_3$  点に及ぼす効果には、冷却速度の影響も大きい。この観点で仕上げ熱延する際の900 以下での冷却速度は、30 /s 超とする必要がある。これが満たされないとたとえCやB量が適当であっても $A r_3$  点が十分に低下せず、仕上げ圧延温度が $A r_3$  点よりも大きく下回ってしまう。

#### 【0008】

ところで低炭素鋼にBを添加することによって $A r_3$  点を低下させた場合、結晶粒径が著しく微細となり、伸び等の加工性が劣化するという問題が生じた。これを改善するために本発明者らは、鋭意検討を進め、仕上げ温度を $A r_3$  点との関係において制御することによって加工性に好ましい結晶粒径を得ることができることを発見した。すなわち、仕上げ温度FTの適正範囲は、750 FT 840 で、かつ( $A r_3 - 20$ ) FT ( $A r_3 + 20$ ) とすることである。これによって結晶粒径は、20  $\mu$ m超 ~ 35  $\mu$ m未満とすることができる。

10

#### 【0009】

この理由は以下のように考えられる。すなわち、FTを十分に低下させ、かつ $A r_3 \pm 20$  の範囲とすることにより、変態前のオーステナイトを未再結晶組織または、著しく微細な再結晶組織とすることができる。その後、変態して形成されるフェライトにおける結晶粒径は、変態直後には著しく微細であるため、その後の冷却中または巻取り中に容易に粒成長を起こし、加工性に好ましい結晶粒径となる。したがって本発明における熱延鋼板は、伸びに優れていることはもちろんのこと、張出し成形性や穴抜き性にも優れている。

20

#### 【0010】

本発明による加工性に優れた熱延鋼板およびその製造方法は以下の通りである。すなわち、

(1) 重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07%、 Mn : 0.03 ~ 2.0%、  
Si 0.5%、 Al : 0.01 ~ 0.2%、  
P 0.10%、 S 0.02%、  
N 0.007%、 B : 0.0015超 ~ 0.01%、

かつ $B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$  を満たす範囲で含有し、

残部は鉄および不可避免的不純物よりなり、加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が20  $\mu$ m超 ~ 35  $\mu$ m未満であることを特徴とする加工性に優れた熱延鋼板。

30

(2) 前記(1) の成分に加えて、重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05%、 Nb : 0.003 ~ 0.05%

のうち1種または2種を含有する前項(1) 記載の加工性に優れた熱延鋼板。

(3) 重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07%、 Mn : 0.03 ~ 2.0%、  
Si 0.5%、 Al : 0.01 ~ 0.2%、  
P 0.10%、 S 0.02%、  
N 0.007%、 B : 0.0015超 ~ 0.01%、

かつ $B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$  を満たす範囲で含有し、

40

残部は鉄および不可避免的不純物よりなるスラブを仕上げ熱延する際の900 以下での平均冷却速度を30 /s 超とし、仕上げ圧延温度FTを750 FT 840 で、かつ( $A r_3 - 20$ ) FT ( $A r_3 + 20$ ) を満たす温度とする熱間圧延を行うことを特徴とする、加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が20  $\mu$ m超 ~ 35  $\mu$ m未満の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

#### 【0011】

(4) 前項(3) の成分に加えて、重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05%、 Nb : 0.003 ~ 0.05%

のうち1種または2種を含有する前項(3) 記載の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

50

(5) 重量%で、

C : 0.01 ~ 0.07%、 Mn : 0.03 ~ 2.0%、  
 Si 0.5%、 Al : 0.01 ~ 0.2%、  
 P 0.10%、 S 0.02%、  
 N 0.007%、 B : 0.0015超 ~ 0.01%、

かつ  $B(\%) \times C(\%) > 8 \times 10^{-5}$  を満たす範囲で含有し、

残部は鉄および不可避的不純物よりなるスラブを熱間にて粗圧延を行った後、コイル状に巻取り、その後、コイルの後末端より仕上げ熱延する際の900以下での平均冷却速度を30/s超とし、仕上げ圧延温度FTを750 <math> <math> FT <math> 840 <math> で、かつ  $(Ar_3 - 20) <math> FT <math> (Ar_3 + 20) <math>$  を満たす温度とする仕上げ熱間圧延を開始し、その後端に後続する粗圧延材を接続して、仕上げ熱延を連続的に行うことを特徴とし、加工組織の面積率が3%未満、平均結晶粒径が25  $\mu\text{m}$ 超 ~ 35  $\mu\text{m}$ 未満の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

10

(6) 前項(5)の成分にさらに加えて重量%で、

Ti : 0.003 ~ 0.05%、 Nb : 0.003 ~ 0.05%

のうち1種または2種を含有する前項(5)記載の加工性に優れた熱延鋼板の製造方法。

【0012】

【作用】

本発明における熱延鋼板およびその製造方法は、C量、B量、およびC量とB量との関係、さらに仕上げ熱延する際の900以下での平均冷却速度を限定することにより、 $Ar_3$ 点を効率的に低下させて、かつ仕上げ温度FTを制御することにより加工性に優れた熱延鋼板を提供するものである。以下に本発明における限定理由を述べる。

20

【0013】

まず化学成分の限定理由について述べる。

Cは、本発明において最も重要な元素の1つである。Cは、Bとの複合添加によって、 $Ar_3$ 点を低下させる効果を有する。したがって、0.01%以上添加する。0.01%未満の添加では、 $Ar_3$ 点を低下させる効果が充分でなく、また、脱炭コストの上昇を招く。一方、Cが0.07%を超えると加工性や時効性の劣化を招くので、これを上限とする。 $Ar_3$ 点を充分に低減させ、優れた加工性を確保するために好ましいCの範囲は、0.020超 ~ 0.060%未満である。

30

【0014】

Siは、その量の増加に伴って降伏強度が上昇し、伸びが低下し、 $Ar_3$ 点を上昇させ、表面スケール起因の疵を誘発し、さらにめっき性を損なうので0.5%以下とする。好ましくは0.05%以下とする。

【0015】

Mnは、 $Ar_3$ 点を低下させるのに有効な元素であるので、積極的に添加してもよい。ただし、2.0%を超えると合金コストが著しく上昇し、伸びやめっき性の劣化を招くのでこれを上限とする。また、0.03%未満では、固溶Sに基づく熱間脆化を誘発し、また、製鋼コストを上昇させるので、これを下限とする。特に $Ar_3$ 点を著しく低下させたり、強度を高める必要がない場合には、0.10超 ~ 0.70%未満が好ましい範囲である。

40

【0016】

Pは、偏析の激しい元素であるため、0.10%超では熱間割れの原因となり、2次加工性も著しく阻害される。さらに、 $Ar_3$ 点も上昇してしまう。また、溶融亜鉛めっきの合金化速度が著しく遅滞化されるため0.10%以下とする。したがって、特に強度を上昇させる必要のない場合には、0.005 ~ 0.03%が適正な範囲である。

【0017】

Sは、その添加量を0.02%以下とする。S量が0.02%超では、熱間割れが生じやすくなり、またSをMnSとして無害化するために必要なMn量も増加するので0.02

50

%を上限とする。好ましくは0.015%以下とする。

【0018】

A1は、脱酸剤として少なくとも0.01%を添加することが必要である。また、Nを固定するためにも0.01%の添加が必須である。A1が0.01%未満では、NがA1N以外にBNを形成してしまい、Bの効果が低下する。しかし、0.2%を超えるとコストアップとなるばかりか介在物の増加を招き、加工性を劣化させる。0.03~0.07%がA1の好ましい範囲である。

【0019】

Nは、その増加とともにA1等の窒化物形成元素を増量せねばならずコスト高となるし、BNとして析出するB量が増加し、Ar<sub>3</sub>点を低下させるのに有効な固溶B量が減ってしまうので少ないほど望ましい。したがって、0.007%以下とする。好ましくは0.0025%未満とする。

10

【0020】

Bは、本発明において最も重要な元素の1つである。Bは、Cとの複合添加によって、Ar<sub>3</sub>点を低下させる効果を有する。したがって、0.0015%超添加する。0.0015%以下の添加では、Ar<sub>3</sub>点を低下させる効果が充分でない。一方、Bが0.01%を超えると加工性の劣化を招くので、これを上限とする。Ar<sub>3</sub>点を十分に低減させ、優れた加工性を確保するために好ましいBの範囲は、0.0020超~0.0050%未満である。

【0021】

さらに、BとCは、 $B(\%) \times C(\%)$ が、 $8 \times 10^{-5}$ 以上となるように添加しなくてはならない。すなわち、BやCは、いずれもAr<sub>3</sub>点を低下させる元素であるが、両者が複合添加されてはじめて顕著な効果を発現するからである。 $B(\%) \times C(\%) > 1 \times 10^{-4}$ がさらに好ましい範囲である。

20

【0022】

Ti, Nbは、0.003~0.05%の範囲で添加してもよい。Ti, Nbはそれ自身がAr<sub>3</sub>点を低下させる効果を有する他、Nを化合物として固定する効果をも有し、BNとして析出するB量を減少させることを通じてAr<sub>3</sub>点を低下させる。0.003%未満の添加では、Ar<sub>3</sub>点を低下させる効果が充分ではなく、0.05%超添加しても大きな効果はなく、微細析出物が増加し、加工性を劣化させたり、コストアップを招くのでこれを上限とする。0.005超~0.025%未満がより好ましい範囲である。

30

【0023】

なお、本発明における鋼のAr<sub>3</sub>点は、830未満で、必要に応じて800以下とすることも可能である。

上記成分を得るための原料は特に限定しないが、鉄鉱石を原料として、高炉転炉法により成分を調製する方法以外にスクラップを原料としてもよいし、これを電炉で溶製してもよい。スクラップを原料の全部または一部として使用する際には、Cu, Cr, Ni, Sn, Sb, Zn, Pb, Mo等の元素を含有してもよい。

【0024】

つぎに製造プロセスに関する限定理由を述べる。

40

熱間圧延に供するスラブは、特に限定するものではない。すなわち、連続铸造スラブや薄スラブキャストで製造したもの等であればよい。また、铸造後に直ちに熱間圧延を行う、連続铸造-直接圧延(CC-DR)のようなプロセスにも適合する。

熱間圧延における加熱温度は、1000~1300の範囲で、仕上げ熱延温度をAr<sub>3</sub>点以上とするために必要な温度とすればよい。固溶Bを確保する観点で、加熱温度は1200超とすることが好ましい。

【0025】

仕上げ熱延する際の900以下での冷却速度は、本発明において特に重要である。すなわちこれを30/s超とする必要がある。30/s以下では、たとえC量とB量が適当であっても、Ar<sub>3</sub>点が十分に低下せず、圧延中にAr<sub>3</sub>点を下回ったり、製品板

50

の結晶粒径が著しく微細になったりする。冷却速度を30 / s以上とするためには、鋼板温度が900 となる前に鋼板の板厚をなるべく薄くしておくことが1つの方法である。この観点では、数スタンドからなる仕上げ熱延工程において、前段(3または4スタンドまで)での圧下率を高めることにより900 になる前の板厚を薄くしておくことが肝要である。また、前段の圧下率を高めることは、仕上げ圧延中の900 超の温度域を確保する観点からも重要である。この他に、スタンド間冷却等を用いて、冷却速度を制御してもよい。なお、 $A r_3$  点をより効果的に低下させるためには、冷却速度を40 / s以上とすることが好ましい。冷却速度の上限は特に限定するものではないが操業の安定性や鋼板の加工性の観点から60 / s程度までとするのがよい。

#### 【0026】

熱間圧延は、次のように粗圧延終了後にバー接合して連続的に仕上げ熱延を行うとさらに優れた加工性が確保され、また、コイル長手方向における材質の均一性も向上する。すなわち、スラブを熱間にて粗圧延を行った後、コイル状に巻取り、その後、コイルの後末端より仕上げ熱延する際の900 以下での平均冷却速度を30 / s超、仕上げ圧延温度FTを750 FT 840 で、かつ( $A r_3 - 20$ ) FT ( $A r_3 + 20$ ) を満たす温度とする仕上げ熱間圧延を開始し、その後端に後続する粗圧延材を接続して、仕上げ熱延を連続的に行う。

#### 【0027】

このように一度、粗圧延バーをコイル状に巻取ることによって保熱の効果が生ずるため、AlN等の窒化物の析出が促進され、そのサイズが粗大となるため、仕上げ圧延後の粒成長が容易となり、25  $\mu$ m超の結晶粒径を得ることができる。この観点で仕上げ連続熱延を行う場合には、Alを0.05超~0.10%含有することが望ましい。その結果延性や穴抜け性に優れた薄手熱延鋼板を得ることが可能となる。また、粗圧延バーをコイル状に巻取り、連続的に仕上げ熱延を行うことによって、コイル長手方向の温度分布が均一となり、全長にわたって優れて材質が確保されることはいうまでもない。さらに、コイル状に巻取られた粗圧延バーは、保温または加熱能力を有する設備内に移された後、接合され、仕上げ熱延に供されてもよい。

#### 【0028】

仕上げ温度FTは750 FT 840 かつ( $A r_3 - 20$ ) FT ( $A r_3 + 20$ ) とする必要がある。これは、変態前のオーステナイトの組織を未再結晶組織または微細な再結晶組織として、変態直後の結晶粒径を微細化させ、冷却中もしくは巻取り中の粒成長を促すためである。770 FT 840 、 $A r_3$  FT ( $A r_3 + 20$ ) がより好ましい範囲である。

#### 【0029】

仕上げ熱延後の冷却速度は、特に限定するものではないが、材質上は、なるべく徐冷するのがよい。これは、冷却速度が速すぎると、粒成長が起き難く、著しく微細な結晶粒になったり、一部だけが粒成長して混粒組織となったりして、鋼板の加工性が劣悪なものとなる。

熱延後の巻取り温度も特に限定するものではない。しかし、時効性を確保するためには250 以上で巻取り、また、粒成長を促し、より優れた加工性を確保するためには550 以上で巻取るのがよい。さらに、優れた深絞り性の必要な冷延鋼板用の素材として用いる場合には、650 以上で巻取ることが好ましい。

#### 【0030】

調質圧延は目的に応じて行う。すなわち、形状矯正や表面粗度の調整、さらには時効性の確保の観点から圧下率0.5%以上の調質圧延を施すことが好ましい。なお、調質圧延は、仕上げ熱延後にインラインで行ってもよいし、巻取り後や酸洗後にオフラインで行ってもよい。

なお、巻取り後には酸洗してもよい。

#### 【0031】

本発明における熱延鋼板の平均結晶粒径は、20  $\mu$ m超~35  $\mu$ m未満である。20  $\mu$ m

10

20

30

40

50

未満では、良好な加工性を確保できず、 $35\ \mu\text{m}$ 以上では、加工後に肌荒れ等が発生し、表面性状が劣悪になる。なお、粗圧延バーを接合することによって連続的に仕上げ熱延を行う場合の熱延鋼板の平均結晶粒径は、 $25\ \mu\text{m}$ 超～ $35\ \mu\text{m}$ 未満である。加工組織は残存しないことが望ましく、その面積率は3%未満である。加工組織の面積率が3%以上となると硬質化し、伸び等の加工性が劣悪となる。面積率は、板の長手方向および板厚方向からなる断面(L断面)における面積率を指す。

【0032】

本発明による熱延鋼板は、巻取り後や酸洗後あるいは調質圧延後にそのまま製品としてもよいし、これに種々の表面処理を施してもよい。さらに、この熱延鋼板を冷延素材として用いても構わない。

10

本発明における熱延鋼板は、延性、張出し成形性、穴揚げ性等の加工性に優れ、かつ常温非時効性をも兼ね備えている。

【0033】

【実施例】

以下に本発明を実施例をもって詳細に述べる。

(実施例1)

表1に示す化学成分を有する極低炭素鋼および低炭素鋼を実機にて出鋼し、実機熱間圧延機にて、加熱温度が $1220$ 、仕上げ熱延する際の $900$ 以下での後段2スタンド間での平均冷却速度が $41\sim 45$  / s、仕上げ圧延後の冷却速度が $11\sim 14$  / s、巻取り温度が約 $610$ の熱間圧延を施した。なお、板厚は $1.2\ \text{mm}$ とし、仕上げ圧延温度は種々変化させた。巻取り後、酸洗し、圧下率1.2%の調質圧延を施し、引張試験に供した。ここで、引張試験は、JIS5号試験片を用いて行った。結果を表2に示す。

20

【0034】

表2から明らかのように、本発明の成分を有する鋼を適切な条件で熱延した場合には、変態後の粒成長を促すことを通じて、優れた材質を得られることが分かる。これに対して、比較例では、 $A_{r3}$  点が十分に低下しないため、仕上げ温度が $A_{r3}$  点を大きく下回ったり、仕上げ温度が高すぎて変態後に粒成長が進行せず、材質が劣悪なものになった。なお、加工組織が多量に残存した場合には結晶粒径を評価することができず、「測定不能」と記した。

【0035】

30

【表1】



化学成分 (mass%)

鋼No	C	Si	Mn	P	S	A $\ell$	B	N	Ti	Nb	B (%) × C (%)	備考
1	0.0018	0.01	0.24	0.012	0.008	0.074	0.0054	0.0019	-	-	9.72E-06	比較例
2	<u>0.0054</u>	0.01	0.16	0.020	0.010	0.019	0.0041	0.0020	-	-	2.21E-05	比較例
3	<u>0.013</u>	0.02	0.23	0.008	0.007	0.045	0.0035	0.0022	-	-	4.55E-05	比較例
4	0.024	0.01	0.40	0.022	0.011	0.054	0.0036	0.0025	-	-	8.64E-05	本発明
5	0.039	0.02	0.31	0.007	0.013	0.013	0.0021	0.0017	-	-	8.19E-05	本発明
6	0.045	0.01	0.26	0.011	0.008	0.014	0.0019	0.0019	-	-	8.55E-05	本発明
7	0.059	0.01	0.25	0.009	0.006	0.039	0.0030	0.0018	-	-	1.77E-04	本発明
8	<u>0.080</u>	0.03	0.50	0.012	0.009	0.046	0.0020	0.0024	-	-	1.60E-04	比較例
9	0.022	0.01	0.16	0.008	0.008	0.042	0.0009	0.0022	-	-	1.98E-05	比較例
10	0.027	0.02	0.25	0.007	0.008	0.025	<u>0.0032</u>	0.0019	-	-	8.64E-05	本発明
11	0.025	0.02	0.30	0.007	0.010	0.079	0.0040	0.0017	-	-	1.00E-04	本発明
12	0.030	0.01	0.17	0.009	0.012	0.025	0.0105	0.0022	-	-	3.15E-04	比較例
13	0.058	0.02	0.25	0.007	0.015	0.082	<u>0.0014</u>	0.0019	-	-	8.12E-05	比較例
14	0.044	0.01	0.30	0.006	0.010	0.022	<u>0.0024</u>	0.0018	-	-	1.06E-04	本発明
15	0.051	0.03	0.19	0.009	0.009	0.016	0.0060	0.0023	-	-	3.06E-04	本発明
16	0.040	0.01	0.25	0.008	0.008	0.033	0.0113	0.0022	-	-	4.52E-04	比較例
17	0.045	0.01	0.58	0.007	0.011	0.022	0.0023	0.0018	-	-	1.04E-04	本発明
18	0.045	0.01	1.37	0.009	0.008	0.020	0.0019	0.0025	-	-	8.55E-05	本発明
19	0.044	0.01	<u>2.51</u>	0.010	0.008	0.019	0.0021	0.0024	-	-	9.24E-05	比較例
20	0.045	0.01	0.25	0.045	0.009	0.015	0.0025	0.0026	-	-	1.13E-04	本発明
21	0.047	0.02	0.26	<u>0.113</u>	0.008	0.015	0.0027	0.0025	-	-	1.27E-04	比較例
22	0.045	0.01	0.40	0.007	0.007	0.013	0.0021	0.0021	0.014	-	9.45E-05	本発明
23	0.046	0.01	0.25	0.008	0.008	0.015	0.0024	0.0022	0.011	0.010	1.10E-04	本発明
24	0.045	0.01	0.27	0.008	0.007	0.014	0.0022	0.0022	-	0.009	9.90E-05	本発明
25	0.045	0.01	0.23	0.010	0.007	0.016	0.0025	0.0019	0.059	0.021	1.13E-04	比較例

【 0 0 3 6 】

【 表 2 】

## 試験結果

鋼No	A r <sub>3</sub> °C	仕上げ温度 °C	FT - A r <sub>3</sub> °C	T S MPa	Y S MPa	E ℓ %	結晶粒径 μm	加工組織面積率 %	備考
1	883	855	-28	343	264	22	測定不能	13	比較例
2	873	824	-49	357	279	16	測定不能	24	比較例
3	858	860	2	336	245	31	9.5	0	比較例
4	824	818	-6	320	176	43	22.4	0	本発明
5	820	826	6	308	168	45	25.8	0	本発明
6	805	814	9	315	190	47	30.3	0	本発明
7	785	779	-6	331	203	44	21.5	0	本発明
8	779	790	11	356	234	30	16.6	0	比較例
9	880	821	-59	401	322	25	測定不能	79	比較例
10	822	830	8	322	206	45	31.2	0	本発明
11	804	799	-5	333	194	44	27.7	0	本発明
12	722	785	63	467	405	12	10.6	0	比較例
13	851	842	-9	348	261	31	8.1	0	比較例
14	790	797	7	311	184	47	28.9	0	本発明
15	775	772	-3	356	225	42	22.2	0	本発明
16	754	750	-4	512	433	11	6.7	0	比較例
17	782	789	7	338	216	43	27.1	0	本発明
18	741	750	9	381	240	41	21.9	0	本発明
19	617	762	145	486	412	28	6.8	0	比較例
20	823	819	-4	360	229	42	25.5	0	本発明
21	889	840	-49	522	467	10	測定不能	55	比較例
22	791	795	4	325	193	46	26.4	0	本発明
23	777	771	-6	344	240	40	23.7	0	本発明
24	785	793	8	302	176	46	24.6	0	本発明
25	751	760	9	463	410	13	8.3	0	比較例

【0037】

(実施例2)

仕上げ熱延中の900以下での冷却速度の影響について調査するために、実施例1の表1に示した鋼No. 6, 11, 18, 20, 22を用いて、加熱温度1210、巻取り温度570とする熱間圧延を施した。仕上げ温度および板厚は表3に示すとおりである。なお、仕上げ圧延後の冷却速度は、約15 / sとした。仕上げ圧延は、6スタンドか

らなる圧延機で行い、1スタンド目の入り側温度を960、4スタンド出側の温度を910とし、1～4スタンド間では、温度が900以下としないようにした。巻取り後、酸洗し、圧下率0.8%の調質圧延を施し、引張試験に供した。ここで、引張試験は、JIS5号試験片を用いて行った。

【0038】

表3から明らかのように、本発明の熱延条件、すなわち、仕上げ圧延中の900以下の冷却速度を30/s超とし、かつ、仕上げ圧延温度を適正範囲に制御した場合には、優れた材質を得られることが分かる。これに対して、比較例では、仕上げ温度を確保することができずしたがって材質が著しく劣化した。なお、加工組織が多量に残存した場合には結晶粒径を評価することができず、「測定不能」と記した。

10

【0039】

【表3】

圧延中の 900℃以下での冷却速度の影響

鋼No	平均冷却速度 ℃/s	A r <sub>3</sub> 点 ℃	仕上げ温度 ℃	FT-A r <sub>3</sub> ℃	T S MPa	Y S MPa	E <sub>l</sub> %	結晶粒径 μm	加工組織 面積率 %	板厚 mm	備考
6	55	795	799	4	320	188	47	29.5	0	1.2	本発明
	43	801	801	0	313	179	48	31.1	0	1.2	本発明
	32	813	803	-10	323	190	47	30.6	0	1.2	本発明
	25	834	805	-29	385	325	17	測定不能	23	1.2	比較
	14	858	808	-50	436	382	9	測定不能	76	1.2	比較
11	50	799	811	12	329	195	43	27.1	0	1.4	本発明
	41	804	815	11	339	202	42	25.3	0	1.4	本発明
	33	816	815	-1	325	204	44	28.5	0	1.4	本発明
	22	839	816	-23	360	283	30	測定不能	17	1.4	比較
	9	867	822	-45	415	336	18	測定不能	36	1.4	比較
17	61	764	780	16	356	244	41	22.3	0	1.2	本発明
	45	782	789	7	338	216	43	27.1	0	1.2	本発明
	34	806	794	-12	337	223	43	26.8	0	1.2	本発明
	24	831	796	-35	398	327	23	測定不能	22	1.2	比較
	11	849	800	-49	452	401	10	測定不能	51	1.2	比較
20	59	801	814	13	341	208	45	29.5	0	1.0	本発明
	44	819	819	0	355	220	44	28.1	0	1.0	本発明
	31	826	817	-9	337	205	46	29.6	0	1.0	本発明
	19	840	819	-21	374	286	31	測定不能	8	1.0	比較
	13	863	822	-41	444	376	15	測定不能	35	1.0	比較
22	52	777	785	8	336	209	43	25.1	0	0.8	本発明
	42	792	789	-3	324	195	45	27.0	0	0.8	本発明
	34	812	793	-19	346	228	42	22.0	2	0.8	本発明
	23	832	796	-36	398	314	20	測定不能	39	0.8	比較
	15	854	801	-53	467	407	9	測定不能	77	0.8	比較

【0040】

(実施例3)

仕上げ圧延温度が A r<sub>3</sub> 点との関係において最終の結晶粒径ならびに延性にいかなる影響を及ぼすかについて詳細に調査するために表1に示した鋼4, 6, 17を用いて検討した。加熱温度1250、巻取り温度を560とした。仕上げ熱延中の900以下の冷却速度は41~45とした。仕上げ温度は種々変化させ、仕上げ後の平均冷却速度

10

20

30

40

50

は、約 12 / s (放冷) とした。調質圧延の圧下率は、1.2% とし、板厚は 1.2 mm とした。

【0041】

表 4 から明らかなように、仕上げ圧延温度を適正範囲に制御した場合には、優れた材質を得られることが分かる。これに対して、比較例では、仕上げ温度が不適切で結晶粒を成長させることができず材質が著しく劣化した。なお、加工組織が多量に残存した場合には結晶粒径を評価することができず、「測定不能」と記した。

【0042】

【表 4】

仕上げ圧延温度の影響

鋼No.	A r <sub>3</sub> °C	仕上げ温度 °C	F T - A r <sub>3</sub> °C	T S MPa	Y S MPa	E ℓ %	結晶粒径 μm	加工組織面積率 %	備考
4	824	846	22	351	225	34	9.6	0	比較例 本発明 本発明 比較例
	824	822	-2	309	171	45	25.6	0	
	824	809	-15	325	194	44	23.9	1	
	824	799	-25	372	283	26	測定不能	26	
6	805	832	27	352	232	33	8.4	0	比較例 本発明 本発明 比較例
	805	810	5	303	179	48	31.5	0	
	805	796	-9	315	188	46	30.7	0	
	805	771	-34	389	223	14	測定不能	43	
17	782	823	41	389	264	32	9.1	0	比較例 本発明 本発明 比較例
	782	792	10	340	220	43	27.3	0	
	782	775	-7	330	208	45	30.6	0	
	782	739	-43	429	347	11	測定不能	36	

【0043】

(実施例4)

表1に示した鋼4, 6, 17を加熱温度1230、粗圧延バーの巻取り温度1060、仕上げ熱延中の900以下での冷却速度は41~45、長手方向中央部の仕上げ温度をAr<sub>3</sub> ~ (Ar<sub>3</sub> + 10)、巻取り温度を580とする熱間圧延を行い、圧下率1.0%の調質圧延を施した。板厚は1.2mmとした。仕上げ圧延では、粗圧延後

10

20

30

40

50

巻取った粗バーの末端部を先行材および後続材に接合し連続的に仕上げ熱延を行った。また、比較として粗圧延後に巻取りを行わず、かつ先行材、後続材との接合も行わずに単独での熱延も行った。

【0044】

表5から明らかなように、連続的に仕上げ熱延を施すとより一層、長手方向に均一でかつ優れた延性が得られることが分かる。これに対して単独で圧延した場合には、特に末端部での温度低下が激しく仕上げ温度が $A r_3$ 点を大きく下回り、加工組織が残存して材質が劣悪となった。なお、加工組織が多量に残存した場合には結晶粒径を評価することができず、「測定不能」と記した。

【0045】

【表5】

鋼No.	仕上げ後先端10m位置				仕上げ後中央部				仕上げ後末端10m位置				備考
	T S MPa	Y S MPa	E <sub>ℓ</sub> %	結晶粒径 μm	T S MPa	Y S MPa	E <sub>ℓ</sub> %	結晶粒径 μm	T S MPa	Y S MPa	E <sub>ℓ</sub> %	結晶粒径 μm	
4	284	162	48	30.7	289	165	47	30.5	285	170	47	30.2	仕上げ連続熱延 単独圧延
	326	188	43	22.3	314	180	44	24.9	378	255	31	測定不能	
6	306	179	48	31.8	295	171	49	33.5	298	167	48	33.3	仕上げ連続熱延 単独圧延
	314	180	47	30.3	303	179	48	31.5	392	286	25	測定不能	
17	323	202	45	30.2	316	197	46	31.4	330	202	45	30.1	仕上げ連続熱延 単独圧延
	385	284	33	測定不能	340	220	43	27.3	416	310	22	測定不能	

10

20

30

40

【0046】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、 $A_{r3}$  点を効果的に低下させることによって、加工性に優れた熱延鋼板を低コストで安定して得ることができ、冷延鋼板の代替として使用することも可能である。



---

フロントページの続き

(72)発明者 橋本 夏子

千葉県富津市新富20-1

新日本製鐵株式会社 技術開発本部内

審査官 木村 孔一

(56)参考文献 特開平02-104614(JP,A)

特開平04-337037(JP,A)

特開昭63-216925(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, DB名)

C21D 8/00-8/10

C21D 9/46-9/48

C22C 38/00-38/60