

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5179331号  
(P5179331)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int. Cl.		F I	
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Y
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C 38/06
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/42</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C 38/42
<b>C 2 1 D</b>	<b>8/06</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 1 D 8/06 A
<b>B 2 1 B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 1 B 3/00 D

請求項の数 7 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-307702 (P2008-307702)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成20年12月2日(2008.12.2)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2010-132943 (P2010-132943A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
(43) 公開日	平成22年6月17日(2010.6.17)		6号
審査請求日	平成23年2月4日(2011.2.4)	(74) 代理人	100075409
			弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100115082
			弁理士 菅河 忠志
		(74) 代理人	100125184
			弁理士 二口 治
		(74) 代理人	100125243
			弁理士 伊藤 浩彰
		(74) 代理人	100129757
			弁理士 植木 久彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性に優れた熱間圧延線材およびその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

C : 0 . 6 ~ 1 . 1 % ( 質量 % の意味、以下同じ )、  
 Si : 0 . 1 ~ 0 . 5 %、  
 Mn : 0 . 1 0 ~ 1 . 0 %、  
 P : 0 . 0 2 0 % 以下 ( 0 % を含まない )、  
 S : 0 . 0 2 0 % 以下 ( 0 % を含まない )、  
 Al : 0 . 0 0 5 % 以下 ( 0 % を含まない )、  
 N : 0 . 0 0 5 % 以下 ( 0 % を含まない )、及び  
 O : 0 . 0 0 3 0 % 以下 ( 0 % を含まない )

10

を含有し、残部が Fe および不可避不純物からなる熱間圧延線材であり、

4 m 長さの線材において、下記 ( 1 ) ~ ( 4 ) の要件を満足することを特徴とする伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性に優れた熱間圧延線材。

- ( 1 ) 金属組織のパーライトラメラ間隔の平均値 : 1 6 0 ~ 2 5 0 n m
- ( 2 ) 前記パーライトラメラ間隔の標準偏差 : 6 0 n m 以下
- ( 3 ) 前記線材表層のスケール厚さの平均値 : 5 ~ 1 5 μ m
- ( 4 ) 前記スケール厚さの最小値 : 5 μ m 以上

## 【請求項2】

さらに Cr : 1 . 5 % 以下 ( 0 % を含まない ) を含むものである請求項 1 に記載の熱間圧延線材。

20

## 【請求項3】

さらにCu：1.0%以下(0%を含まない)および/またはNi：1.0%以下(0%を含まない)を含むものである請求項1又は2に記載の熱間圧延線材。

## 【請求項4】

さらにMg：5ppm(質量ppmの意味、以下同じ)以下(0ppmを含まない)、Ca：5ppm以下(0ppmを含まない)、及びREM：2ppm以下(0ppmを含まない)よりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含むものである請求項1～3のいずれかに記載の熱間圧延線材。

## 【請求項5】

前記線材表層のスケール中にファイヤライト( $Fe_2SiO_4$ )が存在する請求項1～4のいずれかに記載の熱間圧延線材。

10

## 【請求項6】

請求項1～4のいずれかに記載の成分組成の鋼材を1000～1100の温度で10～35分間加熱して熱間圧延し、900～1100の温度で仕上圧延した後、

900～950の温度域まで水冷して搬送装置上で線材リング状に連続的に巻取り、その後、

巻取温度から、600～650の制御温度T1までの温度域を、20/秒以上の平均冷却速度CRで冷却する際に、リング疎部の平均冷却速度CRn及びリング密部の平均冷却速度CRdが式(1)：

$$CRn/CRd \geq 2.0 \quad \dots \quad (1)$$

20

の関係を満たすように冷却し、その後、

前記制御温度T1よりも高く且つ700以下の制御温度T2に線材リングを加熱することを特徴とする伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性に優れた熱間圧延線材の製造方法。

## 【請求項7】

巻取り後の前記冷却工程において、冷媒としてミストまたは蒸気を用い、露点が30～80である雰囲気中で線材リングを冷却する請求項6に記載の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

30

本発明は、伸線加工に供される熱間圧延線材及びその製造方法に関するものである。本発明の熱間圧延線材は、乾式伸線前の熱処理が省略可能であり、熱間圧延ままで優れた伸線加工性を示す(断線しにくく、ダイス寿命にも優れる)。また本発明の熱間圧延線材は、メカニカルデスケラーによるメカニカルデスケーリング性にも優れる。そのため本発明の熱間圧延線材は、自動車のラジアルタイヤ、各種のベルト、ホースの補強材として用いられるスチールコード、ビードワイヤ、ベルトコード、ホースワイヤなどや、半導体用シリコンなどの切断に用いられるソーワイヤなどの高強度鋼線を製造する素材として有用である。

## 【背景技術】

## 【0002】

40

スチールコードなどに代表される高強度鋼線(伸線加工品)は、通常、熱間圧延 デスケーリング 熱処理 乾式伸線(一次伸線) 熱処理 乾式伸線(二次伸線) 熱処理 めっき 湿式伸線 より線の各工程によって製造される(非特許文献1を参照)。このうち乾式伸線は、サイズの調整や材質(物性)の調整などの目的で行われる。ここで、素材となる熱間圧延線材(鋼線材)の伸線加工性を改善することは極めて有用であり、これにより、乾式伸線前の熱処理(中間熱処理)の省略、乾式伸線速度の上昇、乾式伸線パス数の減少などを達成でき、生産性を向上できるだけでなく、ダイス寿命も延長できる。

## 【0003】

良好な伸線加工性を確保するためには、伸線加工前に線材表面に付着したスケールを十分に除去する必要がある。従来、一次伸線加工前のスケール除去は主に酸洗によって行わ

50

れていたが、酸洗は作業環境や使用後の酸の廃棄等の問題がある。このため酸洗に置き換わって、スケールを機械的に除去する機械的スケール除去（メカニカルデスケーリング）が広く行われるようになった。これに応じて、線材の搬送中やハンドリング時には剥離しにくい、曲げやねじりによるメカニカルデスケーリングの際には容易に剥離するスケールを有する熱間圧延線材が望まれている。

【0004】

上記のような事情の下で、優れた伸線加工性やメカニカルデスケーリング性を有する熱間圧延線材が要望されており、これまで様々な技術が提案されている。

【0005】

伸線加工性に関して、例えば特許文献1では、パーライトの平均ノジュール径及び平均ラメラ間隔を制御することによって、高炭素鋼線材の伸線加工性（耐断線性）を向上させる技術が開示されている。また特許文献2では、金属組織のbcc-Fe結晶粒において平均結晶粒径および最大結晶粒径を制御することによって、高炭素鋼線材の伸線加工性（ダイス寿命）を向上させる技術が開示されている。

10

【0006】

またメカニカルデスケーリング性に関して、例えば特許文献3では、スケール中のFeO比率及びスケール厚さを制御することによって、ハンドリング時には剥離しにくい、メカニカルデスケーリング時には容易に剥離するスケールを形成する技術が開示されている。

【特許文献1】特許第3681712号

20

【特許文献2】特開2006-200039号公報

【特許文献3】特開平11-172332号公報

【非特許文献1】「引抜き加工」、コロナ社、日本塑性加工学会編、1990年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述のように伸線加工性やメカニカルデスケーリング性を高める技術はこれまで開示されているが、熱間圧延線材のユーザー（伸線加工品のメーカー）からはさらなる改良が求められている。そこで本発明の目的は、優れた伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性を兼備した熱間圧延線材、およびその製造方法を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成し得た本発明の伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性に優れた熱間圧延線材は、

C：0.6～1.1%（質量%の意味、以下同じ）、

Si：0.1～0.5%、

Mn：0.10～1.0%、

P：0.020%以下（0%を含まない）、

S：0.020%以下（0%を含まない）、

Al：0.005%以下（0%を含まない）、

N：0.005%以下（0%を含まない）、及び

O：0.0030%以下（0%を含まない）

40

を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる熱間圧延線材であり、

4m長さの線材において、下記(1)～(4)の要件を満足するところに要旨を有するものである。

(1) 金属組織のパーライトラメラ間隔の平均値：160～250nm

(2) 前記パーライトラメラ間隔の標準偏差：60nm以下

(3) 前記線材表層のスケール厚さの平均値：5～15μm

(4) 前記スケール厚さの最小値：5μm以上

【0009】

50

本発明の熱間圧延線材は、さらに

(a) Cr : 1.5%以下(0%を含まない)、

(b) Cu : 1.0%以下(0%を含まない)および/またはNi : 1.0%以下(0%を含まない)、

(c) Mg : 5ppm(質量ppmの意味、以下同じ)以下(0ppmを含まない)、Ca : 5ppm以下(0ppmを含まない)、及びREM : 2ppm以下(0ppmを含まない)よりなる群から選ばれる少なくとも1種の元素を含んでいてもよい。

【0010】

本発明の熱間圧延線材において、上記線材表層のスケール中にファイヤライト( $Fe_2SiO_4$ )が存在することが好ましい。

10

【0011】

また、上記目的を達成し得た本発明に係る熱間圧延線材の製造方法は、

上記成分組成の鋼材を1000~1100の温度で10~35分間加熱して熱間圧延し、900~1100の温度で仕上圧延した後、900~950の温度域まで水冷して搬送装置上で線材リング状に連続的に巻取り、その後、巻取温度から、600~650の制御温度T1までの温度域を、20/秒以上の平均冷却速度CRで冷却する際に、リング疎部の平均冷却速度CRn及びリング密部の平均冷却速度CRdが式(1)：

$$CRn / CRd \geq 2.0 \quad \dots (1)$$

の関係を満たすように冷却し、その後、前記制御温度T1よりも高く且つ700以下の制御温度T2に線材リングを加熱するところに要旨を有するものである。

20

【0012】

本発明の製造方法では、巻取り後の前記冷却工程において、冷媒としてミストまたは蒸気を用い、露点が30~80である雰囲気中で線材リングを冷却することが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、線材中の成分組成、金属組織のパーライトラメラ間隔、及び線材表面に付着したスケール厚さを適正に制御しているため、優れた伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性を兼備した熱間圧延線材が得られる。本発明の熱間圧延線材を用いれば、乾式伸線加工前のメカニカルデスケーリングでスケールを容易に剥離することができる。また、本発明の熱間圧延線材を用いれば、乾式伸線工程での伸線速度の上昇や伸線パス数の減少(1パスあたりの減面率を増大)、乾式伸線前の熱処理の省略が可能になるため、生産性を高めることができ、またダイス寿命の延長を図ることができる。

30

【0014】

さらに本発明の製造方法によれば、熱間圧延条件(熱間圧延前の加熱温度および時間、並びに仕上圧延温度)、リング載置条件、リングの冷却条件等を適正に制御しているため、上記のような伸線加工性およびメカニカルデスケーリング性に優れた熱間圧延線材を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下では、まず本発明において線材の化学成分を定めた理由を説明し、次いで金属組織のパーライトラメラ間隔やスケール厚さなどを定めた理由を説明する。

40

【0016】

C : 0.6~1.1%

Cは鋼材の強度を確保するために必要な元素である。伸線加工後のスチールコード、ビードワイヤなどに必要とされる強度を確保するために、C量は0.6%以上であることが必要である。一方C量が過剰であると延性が劣化するので、C量の上限を1.1%と定めた。C量は、好ましくは0.65%以上(より好ましくは0.70%以上)であり、好ましくは0.95%以下(より好ましくは、0.85%以下)である。

【0017】

50

Si : 0.1 ~ 0.5 %

Siは脱酸および鋼材強化の作用を有する元素である。これらの作用を十分に確保するために、Si量は0.1%以上であることが必要である。しかしSi量が過剰になると、線材が高強度化しすぎて伸線加工性が劣化すると共に、脱炭が促進される。そこでSi量を0.5%以下と定めた。Si量は、好ましくは0.15%以上（より好ましくは0.17%以上）であり、好ましくは0.4%以下（より好ましくは0.3%以下）である。

【0018】

Mn : 0.10 ~ 1.0 %

Mnは、脱酸作用、有害元素であるSをMnSとして固定して無害化させる作用、及び鋼中の炭化物を安定化させる作用を有する元素である。これらの作用を十分に確保するために、Mn量は0.10%以上であることが必要である。しかしMn量が過剰であると、偏析や過冷組織が生じて伸線加工性が劣化する。そこでMn量を1.0%以下と定めた。Mn量は、好ましくは0.15%以上（より好ましくは0.20%以上）であり、好ましくは0.9%以下（より好ましくは0.7%以下）である。

【0019】

P : 0.020%以下（0%を含まない）

Pは伸線加工性に有害な元素であり、多過ぎると鋼材の靱延性が劣化する。そこでP量の上限を0.020%と定めた。P量は、好ましくは0.015%以下、より好ましくは0.010%以下、更に好ましくは0.007%以下である。

【0020】

S : 0.020%以下（0%を含まない）

Sは、Pと同様に有害元素である。なおSはMnSに固定して無害化することができるが、S量が多くなると、MnSの量及びサイズが増大して、延性が劣化する。そこでS量の上限を0.020%と定めた。S量は、好ましくは0.015%以下、より好ましくは0.010%以下、更に好ましくは0.007%以下である。

【0021】

Al : 0.005%以下（0%を含まない）

Alは脱酸剤として有効であり、さらにNと結合してAlNを形成することで金属組織の微細化にも寄与する元素である。これらの作用を確保するためにAl量は、好ましくは0.0002%以上、より好ましくは0.0005%以上である。しかしAl量が過剰であると、粗大酸化物が生成し、伸線性が劣化する。そこでAl量の上限を0.005%と定めた。Al量は、好ましくは0.002%以下、より好ましくは0.001%以下である。

【0022】

N : 0.005%以下（0%を含まない）

Nは時効硬化によって強度上昇に寄与する元素である。この作用を確保するためにN量は、好ましくは0.0010%以上、より好ましくは0.0015%以上である。しかしN量が過剰であると延性が劣化するため、その上限を0.005%と定めた。N量は、好ましくは0.004%以下、より好ましくは0.003%以下である。

【0023】

O : 0.0030%以下（0%を含まない）

鋼中のO（酸素）量が多すぎると、粗大酸化物が形成されて伸線性が劣化する。そこでO量の上限を0.0030%と定めた。O量は、好ましくは0.002%以下、より好ましくは0.0015%以下である。

【0024】

本発明の熱間圧延線材の基本成分組成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線材中に含まれることは、当然に許容される。さらに本発明の線材は、必要に応じて以下の選択元素を含有していても良い。

【0025】

10

20

30

40

50

Cr : 1 . 5 % 以下

Cr は鋼材の高強度化に有効な元素であり、必要に応じて含有させても良い。Cr 量は、好ましくは 0 . 1 % 以上、より好ましくは 0 . 2 % 以上である。しかし Cr 量が過剰であると強度が増大しすぎて伸線加工性が劣化する。そこで Cr 量の上限を 1 . 5 % と定めた。Cr 量は、好ましくは 1 . 0 % 以下、より好ましくは 0 . 5 % 以下である。

【 0 0 2 6 】

Cu : 1 . 0 % 以下および / または Ni : 1 . 0 % 以下

Cu 及び Ni は、表層部の脱炭を抑制する作用、及び耐食性を高める作用を有する元素であり、必要に応じて添加する。これらは単独で添加しても良いし、併用しても良い。Cu 量及び Ni 量は、それぞれ、好ましくは 0 . 1 % 以上、より好ましくは 0 . 2 % 以上である。

10

【 0 0 2 7 】

しかし Cu 量及び Ni 量が過剰であると、過冷組織が形成されて伸線加工性に悪影響を及ぼす。また Cu 量が過剰であると、伸線加工性の劣化に加えて、熱間加工時に割れが発生し易くなる。そこで Cu 量及び Ni 量を、それぞれ 1 . 0 % 以下 (好ましくは 0 . 5 % 以下、より好ましくは 0 . 2 5 % 以下) と定めた。

【 0 0 2 8 】

Mg : 5 p p m 以下、Ca : 5 p p m 以下、および REM : 2 p p m 以下の少なくとも一種

Mg、Ca 及び REM (希土類元素) は、酸化物を軟質化させて伸線加工性を向上させる作用を有する元素であり、必要に応じて添加する。本発明において「希土類元素」とは、ランタノイド元素 (La から Ln までの 1 5 元素) および Sc (スカンジウム) と Y (イットリウム) を含む意味である。これらは単独で添加しても良いし、併用しても良い。Mg 量は、好ましくは 0 . 5 p p m 以上、より好ましくは 1 . 0 p p m 以上であり、Ca 量は、好ましくは 1 p p m 以上、より好ましくは 2 p p m 以上であり、REM 量は、好ましくは 0 . 2 p p m 以上、より好ましくは 0 . 5 p p m 以上である。

20

【 0 0 2 9 】

しかし Mg 量、Ca 量及び REM 量が過剰であると、酸化物の性質が変化して、却って伸線加工性が劣化する。そこで Mg 量及び Ca 量を、それぞれ 5 p p m 以下 (好ましくは 4 p p m 以下)、REM 量を 2 p p m 以下 (好ましくは 1 . 5 p p m、より好ましくは 0 . 5 p p m 以下) と定めた。

30

【 0 0 3 0 】

次に、線材の金属組織および表面に付着したスケール厚さについて説明する。本発明の熱間圧延線材は、4 m 長さの線材において、( 1 ) 金属組織のパーライトラメラ間隔の平均値 : 1 6 0 ~ 2 5 0 n m、( 2 ) 前記パーライトラメラ間隔の標準偏差 : 6 0 n m 以下、( 3 ) 前記線材表層のスケール厚さの平均値 : 5 ~ 1 5 μ m、及び ( 4 ) 前記スケール厚さの最小値 : 5 μ m 以上を満足していることが必要である。このように本発明では、連続した 4 m 長さの線材をサンプリングし、上記 ( 1 ) ~ ( 4 ) の物理的特性を「伸線加工性およびメカニカルデスケリング性の非常に優れた熱間圧延線材」を得るための指標の一つとして定めている。

40

【 0 0 3 1 】

ここで、サンプリング長さを 4 m (概ね線材リング一周の長さに相当する) に設定した理由は、線材リング全体の特性を推定するためには、4 m 長さが最小限必要であるという実験結果に基づくものである。これよりも短いと誤差が生じ易く、これよりも長いと実用的でない。具体的には線材リング全体のうち、任意に連続した 4 m 長さの線材から、5 0 0 m m 長さのカットサンプルに分割し、8 本 ( n = 8 ) 採取したときの各特性値を測定すればよい。金属組織およびスケール厚さは、分割したカットサンプル (線材) の横断面を観察する。

【 0 0 3 2 】

( 1 ) 金属組織のパーライトラメラ間隔の平均値 : 1 6 0 ~ 2 5 0 n m、および ( 2 )

50

上記パーライトラメラ間隔の標準偏差：60 nm以下

熱間圧延線材の伸線加工性の向上を図るには、パーライトラメラ間隔の平均値を160 ~ 250 nmに制御することが有効である。

【0033】

伸線速度を上昇させたり、ダイス1パスあたりの減面率を増大させると、ボイドが発生したり、線材及びダイスの温度が上昇するために、断線（縦割れ・せん断割れ）が発生しやすくなる。また温度上昇はダイス寿命の低下につながる。この温度上昇は線材の金属組織及びその強度に影響を受ける。そしてパーライトラメラ間隔が大きいほど、線材強度が低く、伸線加工中の温度上昇（加工発熱）を低く抑えられると考えられる。そこで本発明では下記実施例に示すデータから、パーライトラメラ間隔の平均値を160 nm以上と定めた。この間隔は好ましくは170 nm以上、より好ましくは180 nm以上、更に好ましくは200 nm以上である。

10

【0034】

しかしパーライトラメラ間隔が大きすぎると、却って伸線加工性が劣化する。これは線材の延性が低下し、伸線加工中にボイドが発生し易くなるためであると考えられる。本発明では下記実施例に示すデータから、パーライトラメラ間隔の平均値を250 nm以下と定めた。この間隔は、好ましくは240 nm以下、より好ましくは230 nm以下である。

【0035】

更に、パーライトラメラ間隔の標準偏差を60 nm以下に抑えることによって、ダイス寿命を向上させることができる。これは、パーライトラメラ間隔のばらつき（標準偏差）を抑えることによって、加工歪分布の不均一性が減少し、温度上昇のばらつきが抑えられたためであると考えられる。パーライトラメラ間隔の標準偏差は、好ましくは50 nm以下、より好ましくは40 nm以下、更に好ましくは30 nm以下である。

20

【0036】

(3) 前記線材表層のスケール厚さの平均値：5 ~ 15  $\mu$ m、及び(4) 前記スケール厚さの最小値：5  $\mu$ m以上

熱間圧延線材の伸線加工性（ダイス寿命）を一層高め、良好なメカニカルデスケーリング性を確保するためには、スケール厚さを適切に制御することが必要である。メカニカルデスケーリング後に線材表面に残留するスケールは、ダイス欠損や潤滑不良による摩擦の原因となり、ダイス寿命に悪影響を及ぼすからである。

30

【0037】

メカニカルデスケーリング性はスケールが厚いほど良好であるが、スケールが厚くなりすぎると、運搬中にスケールが剥離して薄スケールの生成や発錆を招き、メカニカルデスケーリング性が劣化する。一方、スケールが薄すぎても同様に、運搬中にスケールが剥離してメカニカルデスケーリング性が劣化すると考えられる。そこでスケール厚さについて検討を続けたところ、表層のスケール厚さの平均値を5  $\mu$ m以上（好ましくは7  $\mu$ m以上、より好ましくは9  $\mu$ m以上）、15  $\mu$ m以下（好ましくは13  $\mu$ m以下、より好ましくは11  $\mu$ m以下）の範囲内に制御することによって、優れたメカニカルデスケーリング性を実現し、且つ薄スケールの生成や発錆を防止できることを見出した。

40

【0038】

また、上記と同様の観点から、スケール厚さの最小値を5  $\mu$ m以上（好ましくは6  $\mu$ m以上、より好ましくは7  $\mu$ m以上、更に好ましくは8  $\mu$ m以上）と定めた。スケール厚さの最小値の上限は特に限定されないが、おおむね、13  $\mu$ m（より好ましくは11  $\mu$ m）に定めた。

【0039】

なお、本発明では、上記のように線材のパーライトラメラ間隔および表面に付着したスケール厚さを規定したところに特徴があり、例えば、組織の構成は特に限定されない。本発明線材は、例えば、以下に記載の方法によって得られるが、パーライトを約85面積%以上含有し、残部組織（製造過程で不可避免的に生成される組織）は、フェライト、ベイナイ

50

ト、マルテンサイトなどである。これらの残部組織は少ない程良く、例えば、フェライトは約15面積%以下（より好ましくは10面積%以下）であることが好ましく、ベイナイトやマルテンサイトは合計で3面積%以下（より好ましくは0面積%）であることが好ましい。

#### 【0040】

また、本発明の熱間圧延線材では、線材表層のスケール中にファイヤライト（ $Fe_2SiO_4$ ）が存在することが好ましく、これにより、メカニカルデスケーリング性が一層高められる。通常、本発明のようなSi含有鋼では、Siがスケールと地鉄の界面または結晶粒界で酸化され、低融点酸化物のファイヤライトを含むスケールが形成されるが、このスケールは、地鉄に強固に密着し、剥離が困難なため、メカニカルデスケーリング性を阻害すると考えられていた。しかしながら、本発明の製造方法によれば、ファイヤライト層を形成させることでメカニカルデスケーリング性を向上できることが、本発明者らの検討結果により判明した。その理由は、地鉄/スケール界面に均一に生成したファイヤライトが、運搬中のスケール剥離を抑制し、薄スケールや錆の発生を防止するためと考えられる。

10

#### 【0041】

次に、図1を参照しながら、本発明の熱間圧延線材の製造方法について説明する。

本発明の製造方法は、上記成分組成の鋼材を1000～1100の温度で10～35分間加熱して熱間圧延し、900～1100の温度で仕上圧延した後、900～950の温度域まで水冷して搬送装置上で線材リング状に連続的に巻取り、その後、巻取温度（900～950）600～650の制御温度T1までの温度域を、20/秒以上の平均冷却速度CRで冷却する際に、リング疎部の平均冷却速度CRn及びリング密部の平均冷却速度CRdが式（1）：

20

$$CRn / CRd \geq 2.0 \quad \dots \quad (1)$$

の関係を満たすように冷却し、その後、制御温度T1よりも高く且つ700以下の制御温度T2に線材リング（リング状の線材）を加熱することを特徴とする。

#### 【0042】

なお、図1では、加熱仕上圧延の温度域について、一旦、仕上圧延温度よりも低い温度まで温度を下げた後、仕上圧延温度まで加熱するヒートパターンを示しているが、本発明はこれに限定する趣旨ではなく、加熱仕上圧延までの温度域を、連続的に低下させても良い。本発明では、上述したように加熱温度、仕上圧延温度、巻取温度、制御温度（T1、T2）、巻取温度T1までの平均冷却速度CRおよび（CRn/CRd）を適切に制御することが重要であって、本発明の効果を損なわない範囲で、他の工程を適宜変更する態様も本発明の範囲内に包含される。

30

#### 【0043】

熱間圧延前の加熱温度が1000未満では加熱が不十分であり、圧延後のスケール厚さも低減する。一方、この温度が1100を超えるとスケール厚さが過剰になることに加えて、表層脱炭域が広がるという問題も生じる。好ましい加熱温度は1020以上1080以下である。また熱間圧延前の加熱時間が長すぎるとスケール厚さが過剰になる。そこでこの上限を35分と定めた。一方、加熱時間が短すぎると鋼材を十分に加熱できない。そこでこの下限を10分と定めた。好ましい加熱時間は15分以上30分以下であり、より好ましくは17分以上25分以下である。

40

#### 【0044】

仕上圧延温度が低すぎると、表層脱炭が促進されると共に、スケール厚さが薄くなりメカニカルデスケーリング性が劣化する。そこで仕上圧延温度の下限を900と定めた。一方、この温度が1100を超えると、鋼材の焼入性が高くなってパーライトラメラ間隔が狭くなり、伸線加工性が劣化する。好ましい仕上圧延温度は950以上1050以下であり、より好ましくは970以上1030以下である。

#### 【0045】

仕上圧延後に線材を900～950に水冷してから、線材リング状に連続的に巻取っ

50



て搬送装置（コンベア等）に載置する。この巻取温度（ $900 \sim 950$ ）は、その後の変態制御とスケール制御のために管理する。巻取温度が $900$ を下回ると、表層スケール厚さが薄くなりメカニカルデスケーリング性が劣化する。一方、巻取温度が $950$ を超えると、スケール厚さが厚くなりすぎると共に、鋼線材の焼入性が高くなってパーライトラメラ間隔が狭くなり、伸線加工性が劣化する。好ましい巻取温度は $905$ 以上 $940$ 以下であり、より好ましくは $910$ 以上 $930$ 以下である。

#### 【0046】

上記巻取温度で搬送装置に載置してから、線材リングを $20$  /秒以上（好ましくは $25$  /秒以上、より好ましくは $30$  /秒以上、更に好ましくは $35$  /秒以上）の平均冷却速度 $CR$ で冷却することによって、金属組織（結晶粒）を均一に微細化し、粗大粒の発生を防止できる。ここで、「 $CR$ 」は、巻取温度から、 $600 \sim 650$ の制御温度 $T1$ までの温度域（巻取温度 $T1$ ）の平均冷却速度を意味する。後記する実施例では、リング疎部の平均冷却速度 $CRn$ とリング密部の平均冷却速度の両方が、 $20$  /秒以上のものを、「 $CR = 20$  /秒」と評価している。しかしこの $CR$ が速すぎると、線材内の冷却速度のばらつきが大きくなり易い。従ってこの $CR$ （特に冷却され易いリング疎部の平均冷却速度 $CRn$ ）を、好ましくは $100$  /秒以下、より好ましくは $80$  /秒以下、更に好ましくは $60$  /秒以下、更に好ましくは $50$  /秒以下にするのがよい。

#### 【0047】

圧延線材は、搬送装置（コンベア等）で非同心リング状態で搬送されるため、リング中央部が疎となり、リング端部が密になる（図2）。そのためリング疎部とリング密部とでは冷却速度にむらが生じ、線材の機械的性質（強度など）やスケール付着量にばらつきが生じる。そこでこれらのばらつきを抑制するために、冷却されにくいリング密部の平均冷却速度 $CRd$ を、リング疎部の平均冷却速度 $CRn$ にできるだけ近づけることが重要である。この両者の比である $CRn / CRd$ が $2.0$ を超えると、リング疎部と密部との間で十分な均一性を保つことができず、良好な伸線加工性とメカニカルデスケーリング性の兼備という本発明の目的を達成できない。好ましい $CRn / CRd$ は $0.5$ 以上 $1.8$ 以下であり、より好ましくは $0.7$ 以上 $1.5$ 以下である。

なお、 $CRn$ および $CRd$ の好ましい範囲は、それぞれ、以下のとおりである：

$CRn$ ：好ましくは $30$  /秒以上 $70$  /秒以下、より好ましくは $32$  /秒以上  
 $60$  /秒以下、更に好ましくは $35$  /秒以上 $55$  /秒以下

$CRd$ ： $25$  /秒以上 $50$  /秒以下、より好ましくは $27$  /秒以上  
 $45$  /秒以下、更に好ましくは $30$  /秒以上 $40$  /秒以下。

#### 【0048】

$CRn / CRd$ は、リング疎部よりも冷却速度が遅くなるリング密部に多くの風やミストを吹き付けたり、リング密部が載置される部位の搬送装置下面を水冷したりすることで調整できる。

#### 【0049】

上記のような平均冷却速度 $CR$ 並びにリング疎部および密部の平均冷却速度の比 $CRn / CRd$ で、線材リングを $600 \sim 650$ の制御温度 $T1$ まで冷却する。 $600$ 未満にまで冷却した場合、パーライトラメラ間隔が小さくなり過ぎ、逆に $650$ を超えると、パーライトラメラ間隔が大きくなり過ぎる。好ましい制御温度 $T1$ は $610$ 以上 $640$ 以下であり、より好ましくは $615$ 以上 $635$ 以下、更に好ましくは $620$ 以上 $630$ 以下である。

#### 【0050】

上記のようにして線材リングを制御温度 $T1$ まで冷却してから、引き続いて、 $T1$ よりも高く且つ $700$ 以下の制御温度 $T2$ （ $T1 < T2 < 700$ ）に再加熱することで、熱間圧延線材のパーライトラメラ間隔を有意に増加させることができる。この $T2$ が $T1$ よりも低いと、パーライトラメラ間隔が不十分であり、一方 $T2$ が $700$ を超えると、パーライトラメラ間隔が増大しすぎると共に、そのばらつき（標準偏差）も増大し、伸線加工性が劣化する。好ましい $T2$ は $650$ 以上 $690$ 以下であり、より好ましくは $6$

10

20

30

40

50

60 以上 680 以下である。

【0051】

上述した本発明の製造方法において、巻取後の冷却工程で、冷媒としてミストまたは蒸気を用い、露点が30～80（好ましくは40～70）である雰囲気中で線材リングを冷却することが、熱間圧延線材のメカニカルデスケーリング性をさらに向上させるために有効である。露点を上記範囲に制御することによって、スケール厚さの平均値を所定範囲内に維持しながら、スケール厚さの最小値を増加させる。更に露点制御によって、スケールと地鉄界面にファイヤライトを均一に生成させることができ、メカニカルデスケーリング性をさらに向上させることができる。

【実施例】

10

【0052】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明は以下の実施例によって制限を受けるものではなく、上記・下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。

【0053】

表1に示す化学組成の鋼を溶製し、表2及び3に示す条件で直径5.5mmの熱間圧延線材を製造した。なおリング疎部および密部の平均冷却速度（CRnおよびCRd）は、リング疎部および密部に吹き付ける風量、或いは吹き付けるミスト又は蒸気量を調整することによって制御した。表1中、REMはCeを使用した。

【0054】

20

【表 1】

No	化学成分(単位:質量%,但しMg、Ca及びREMのみ質量ppm)													
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	Cu	Ni	Mg	Ca	REM
A1	0.60	0.19	0.52	0.017	0.015	0.0044	0.0038	0.0020	1.18	0.20	0.18	—	—	—
A2	0.61	0.40	0.18	0.010	0.010	0.0015	0.0019	0.0012	—	0.55	0.60	—	—	—
A3	0.63	0.18	0.29	0.004	0.004	0.0029	0.0025	0.0018	0.79	—	0.33	—	—	—
A4	0.70	0.20	0.52	0.011	0.007	0.0003	0.0020	0.0010	—	—	—	—	—	—
A5	0.72	0.21	0.50	0.005	0.003	0.0005	0.0022	0.0014	—	—	—	0.9	1.7	0.4
A6	0.74	0.03	0.51	0.012	0.010	0.0010	0.0019	0.0037	—	—	—	—	—	—
A7	0.76	0.17	0.49	0.008	0.006	0.0002	0.0025	0.0010	—	—	—	—	—	—
A8	0.79	0.22	0.45	0.007	0.006	0.0005	0.0022	0.0010	—	1.18	1.25	—	—	—
A9	0.81	0.19	0.49	0.009	0.005	0.0003	0.0019	0.0008	—	—	—	—	2.2	—
A10	0.82	0.21	0.50	0.010	0.009	0.0010	0.0022	0.0010	—	—	—	—	—	—
A11	0.82	0.19	0.51	0.003	0.003	0.0013	0.0027	0.0009	—	—	—	—	—	—
A12	0.83	0.17	0.05	0.009	0.014	0.0006	0.0020	0.0010	—	—	—	—	—	—
A13	0.84	0.21	0.65	0.010	0.024	0.0004	0.0019	0.0010	—	—	—	—	—	—
A14	0.84	0.19	0.50	0.024	0.010	0.0007	0.0019	0.0012	—	—	—	—	—	—
A15	0.87	0.19	0.80	0.010	0.008	0.0005	0.0030	0.0012	—	—	—	2.7	3.5	1.8
A16	0.88	0.25	0.49	0.011	0.007	0.0058	0.0019	0.0010	—	—	—	—	—	—
A17	0.90	0.20	0.51	0.006	0.004	0.0007	0.0020	0.0014	—	—	—	—	—	—
A18	0.90	0.17	0.45	0.012	0.006	0.0011	0.0028	0.0012	1.75	0.04	—	1.4	—	—
A19	0.92	0.22	0.50	0.005	0.003	0.0009	0.0025	0.0007	0.30	0.10	—	—	—	—
A20	0.93	0.15	0.45	0.010	0.007	0.0010	0.0017	0.0011	0.22	—	—	—	—	—
A21	0.94	0.20	1.48	0.007	0.008	0.0005	0.0020	0.0010	—	—	—	—	—	—
A22	0.94	0.21	0.50	0.007	0.005	0.0004	0.0058	0.0011	—	—	—	—	—	—
A23	0.95	0.22	0.47	0.012	0.009	0.0005	0.0022	0.0038	—	—	—	—	10.0	—
A24	0.97	0.27	0.47	0.005	0.003	0.0005	0.0020	0.0010	—	—	—	—	—	—
A25	1.06	0.16	0.32	0.006	0.004	0.0003	0.0020	0.0008	0.21	0.07	—	—	—	—
A26	1.21	0.20	0.50	0.005	0.004	0.0004	0.0019	0.0010	—	—	—	—	—	—

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

【表 2】

No.	鋼種	加熱温度	加熱時間	仕上圧延温度	巻取温度	CRn	CRd	CRn/CRd	T1	T2	特殊冷媒	
		°C	分	°C	°C	°C/s	°C/s		°C	°C	種類	露点 °C
1	A1	1040	10	1078	904	45	37	1.2	604	640	無	—
2	A2	1042	24	1083	902	42	37	1.1	610	662	無	—
3	A3	1047	25	1069	910	48	40	1.2	602	651	無	—
4	A4	1048	10	1058	911	28	24	1.2	641	678	無	—
5		1015	12	989	900	37	33	1.1	620	655	ミスト	19
6		1012	13	1005	902	45	36	1.3	615	650	ミスト	33
7		1010	11	1012	905	52	39	1.3	609	643	ミスト	54
8		1029	12	1022	907	61	49	1.2	605	640	ミスト	74
9		1052	11	1031	910	77	59	1.3	602	638	ミスト	85
10	A5	1055	20	1042	925	39	27	1.4	620	662	無	—
11		979	20	991	901	56	41	1.4	617	632	無	—
12		1180	22	1080	930	36	28	1.3	624	651	無	—
13		1029	18	975	905	50	24	2.1	605	634	無	—
14		1027	21	1019	913	14	10	1.4	640	652	無	—
15		1040	25	1025	917	17	25	0.7	605	634	ミスト	32
16		1028	20	1020	915	25	14	1.8	620	650	無	—
17	A6	1029	16	977	902	45	27	1.7	621	652	無	—
18	A7	1020	15	965	902	47	37	1.3	601	642	無	—
19	A8	1027	14	970	910	37	27	1.4	627	659	無	—
20	A9	1027	15	949	901	25	21	1.2	644	682	無	—
21		1061	12	1030	931	29	24	1.2	638	706	無	—
22		1030	16	1017	930	59	37	1.6	570	628	ミスト	50
23		1062	12	1032	930	27	25	1.1	655	671	無	—
24		970	17	951	912	47	29	1.6	610	634	無	—
25		1130	17	1070	930	34	27	1.3	617	642	無	—
26		1065	12	1033	935	51	42	1.2	610	650	ミスト	26
27	A10	1069	15	1030	930	37	27	1.4	620	649	無	—
28		1020	16	1020	930	44	35	1.3	645	686	ミスト	30
29		1019	16	1017	914	49	40	1.2	629	662	ミスト	42
30		1022	17	1005	915	59	49	1.2	607	648	ミスト	58

10

20

30

【 0 0 5 6 】

【表 3】

No.	鋼種	加熱温度	加熱時間	仕上圧延温度	巻取温度	CRn	CRd	CRn/CRd	T1	T2	特殊冷媒	
		°C	分	°C	°C	°C/s	°C/s		°C	°C	種類	露点 °C
31	A10	1020	16	890	887	32	27	1.2	621	643	無	—
32		1021	15	1025	965	33	28	1.2	637	655	無	—
33		1068	24	1115	915	37	27	1.4	625	648	無	—
34		1050	42	1068	932	28	24	1.2	633	640	無	—
35	A11	1006	32	1020	912	30	30	1.0	615	639	無	—
36		1010	25	1030	905	22	21	1.0	647	683	蒸気	30
37		1015	14	972	910	33	27	1.2	632	658	蒸気	41
38		1019	18	990	930	39	32	1.2	635	672	蒸気	57
39		1022	12	967	913	42	39	1.1	602	660	蒸気	69
40		1010	25	1035	910	52	25	2.1	609	638	無	—
41	A12	1040	18	1020	920	32	23	1.4	622	649	無	—
42	A13	1044	18	1021	922	34	25	1.4	625	672	無	—
43	A14	1043	12	1017	921	45	30	1.5	617	641	無	—
44	A15	1051	12	1010	919	48	39	1.2	614	664	無	—
45	A16	1051	15	1019	930	48	37	1.3	625	644	無	—
46	A17	1039	15	1006	931	37	20	1.9	625	657	無	—
47		1040	18	1020	920	55	40	1.4	587	638	無	—
48		1042	14	1015	990	35	24	1.5	640	664	無	—
49		1040	15	1019	870	27	22	1.2	632	652	無	—
50	A18	1038	18	1014	921	39	35	1.1	608	639	無	—
51	A19	1078	18	1060	910	40	22	1.8	607	648	無	—
52	A20	1074	20	1068	914	42	23	1.8	603	650	無	—
53	A21	1040	21	1020	921	38	28	1.4	634	666	無	—
54	A22	1047	21	1021	922	35	30	1.2	630	657	無	—
55	A23	1049	20	1017	924	30	26	1.2	634	661	無	—
56	A24	1061	20	1033	905	27	25	1.1	612	649	無	—
57	A25	1065	24	1030	902	22	20	1.1	615	653	無	—
58	A26	1065	20	1038	902	27	21	1.3	605	648	無	—

10

20

30

## 【 0 0 5 7 】

製造した熱間圧延線材のパーライトラメラ間隔の平均値および標準偏差、並びにスケール厚さの平均値および最小値を下記のようにして測定した。結果を表 4 及び 5 に示す。

## 【 0 0 5 8 】

## パーライトラメラ間隔の測定

4 m 長さの線材から、500 mm 長さのカットサンプルを 8 本採取する。8 本のカットサンプルの任意の位置から横断面が観察できるように切断片を採取し、切断片を樹脂に埋め込み、鏡面研磨した 8 個の試料を作製する。次いでピクルールでエッチングして、組織を現出させ、8 個の観察用試料を完成する。SEM（走査型電子顕微鏡）を用いて観察倍率 2000 ~ 7000 倍にて、D/4 位置（D：線材の直径）で、1 試料あたり 5 視野以上観察する。そして 1 試料あたり 20 箇所以上のコロニーからラメラ間隔を測定する。ラメラ間隔は、ラメラに直角に線を引いて、ラメラの本数で線分長さを割ることで求める。このようにして合計 160 箇所以上のコロニーから求めたラメラ間隔の値から、ラメラ間隔の平均値および標準偏差を算出する。

40

## 【 0 0 5 9 】

## スケール厚さの測定

上記「パーライトラメラ間隔の測定」と同様にして、鏡面研磨した 8 個の試料を作製する。観察倍率 2000 倍で SEM を用いて、表層部で 1 試料あたり 4 箇所観察する。このようにして合計 32 箇所の表層部から求めたスケール厚さの値から、最小値を定め、平均

50

値を算出する。

【 0 0 6 0 】

ファイヤライトの有無

線材表層のスケールの一部をサンプリングし、X線分析によって線材スケール組成の体積比を測定し、ファイヤライトの存在の有無を確認した。X線分析の結果、ファイヤライトが0.5体積%以上と算出された場合にファイヤライト有、0.5体積%未満の場合はファイヤライト無と判別した。

【 0 0 6 1 】

直径5.5mmの熱間圧延線材を、メカニカルデスクレーリングしてから伸線条件1～3で伸線加工して、直径0.95mmの鋼線を製造した。このときの熱間圧延線材のメカニカルデスクレーリング性(MD性)、断線の有無およびダイス寿命を評価した。結果を表4及び5に示す。

10

【 0 0 6 2 】

伸線条件

伸線条件1：ダイス数：18個、最終伸線速度：1000m/分

伸線条件2：ダイス数：18個、最終伸線速度：1100m/分

伸線条件3：ダイス数：15個、最終伸線速度：1100m/分

【 0 0 6 3 】

メカニカルデスクレーリング性(MD性)の評価

上記伸線条件ごとに、メカニカルデスクレーリング機を通した後の線材の外観から、MD性を下記基準によって評価した。

20

：スケール残りがほとんど無し

：スケール残りがわずかに有り

：スケール残りの多い部分がある

×：スケール残りが全体的に多い

【 0 0 6 4 】

断線の評価

上記伸線条件ごとに、断線の有無を評価した。

【 0 0 6 5 】

ダイス寿命の評価

上記伸線条件ごとに、伸線後のダイスの外観(摩耗、キズ、割れ)から、ダイス寿命を下記基準によって評価した。

30

：ダイスの摩耗、キズ無し

：ダイスの摩耗が多少有り

：ダイスの摩耗が多い

×：ダイス割れ

【 0 0 6 6 】

【表4】

No.	ラム間隔		スケール厚さ		ファイヤ ライトの 有無	伸線条件1			伸線条件2			伸線条件3		
	平均 値	標準 偏差	平均 値	最小 値		MD 性	断線 有無	ダイ 寿命	MD 性	断線 有無	ダイ 寿命	MD 性	断線 有無	ダイ 寿命
	nm	nm	μm	μm										
1	175	21	10	8	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
2	239	50	10	8	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
3	189	21	9	7	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
4	247	53	9	7	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
5	212	42	10	8	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
6	204	39	12	10	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
7	183	20	14	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
8	175	20	13	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
9	168	19	9	8	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
10	244	49	10	7	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
11	170	40	7	3	無	△	無	△	—	—	—	—	—	—
12	207	40	17	13	無	△	無	△	—	—	—	—	—	—
13	168	64	8	6	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
14	152	14	9	7	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
15	147	12	9	6	有	○	無	△	—	—	—	—	—	—
16	157	19	8	6	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
17	205	42	7	5	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
18	181	25	7	5	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
19	182	27	8	6	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
20	248	56	6	5	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
21	270	73	10	8	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
22	151	17	9	7	有	○	無	×	—	—	—	—	—	—
23	259	67	10	8	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
24	158	21	6	3	無	△	無	△	—	—	—	—	—	—
25	181	29	16	13	無	△	無	△	—	—	—	—	—	—
26	195	26	11	9	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
27	201	39	10	8	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
28	245	50	13	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
29	230	45	12	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
30	198	27	13	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○

10

20

30

【 0 0 6 7 】

【表5】

No.	ラメラ間隔		スケール厚さ		ファイヤライトの有無	伸線条件1			伸線条件2			伸線条件3		
	平均値	標準偏差	平均値	最小値		MD性	断線有無	ダイス寿命	MD性	断線有無	ダイス寿命	MD性	断線有無	ダイス寿命
	nm	nm	μm	μm										
31	183	22	3	2	無	×	無	×	—	—	—	—	—	—
32	159	13	18	13	無	△	無	×	—	—	—	—	—	—
33	158	12	9	7	無	○	無	×	—	—	—	—	—	—
34	175	18	17	12	無	△	無	△	—	—	—	—	—	—
35	167	10	9	7	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
36	246	51	12	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
37	230	45	12	11	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
38	247	52	15	14	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
39	238	43	13	12	有	◎	無	◎	◎	無	◎	◎	無	○
40	168	63	8	6	無	○	無	△	—	—	—	—	—	—
41	201	39	9	7	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
42	240	47	9	7	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
43	182	20	9	7	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
44	239	42	9	7	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
45	190	30	10	9	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
46	221	39	10	9	無	○	無	○	—	—	—	—	—	—
47	155	18	9	7	無	○	無	×	—	—	—	—	—	—
48	157	17	19	14	無	△	無	×	—	—	—	—	—	—
49	211	41	3	2	無	×	無	×	—	—	—	—	—	—
50	170	20	9	7	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
51	198	31	8	6	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
52	204	40	8	6	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
53	196	32	9	6	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
54	202	36	9	6	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
55	221	46	9	6	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—
56	197	35	7	6	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
57	191	32	7	5	無	○	無	○	○	無	○	○	無	△
58	186	28	7	6	無	○	有	—	—	—	—	—	—	—

10

20

30

## 【0068】

表4及び5に示す結果から、本発明の製造方法の要件を満たして製造した線材No. 1～10、18、20、26～30、35～39、44、46、51、52、56及び57は、いずれも断線しにくく、MD性およびダイス寿命に優れていることが分かる。特に露点が30～80である雰囲気中で巻取り後の線材リングを冷却して製造した線材No. 6～8、No. 28～30、及び36～39は、いずれも、線材表層のスケール中にファイヤライトが確認され、スケール厚さも高くなった例であるが、MD性が良好( )であり、最も過酷な伸線条件3でもダイス寿命が良好( )である。

40

## 【0069】

一方、本発明の要件を満たさない線材は、断線が起こりやすく、またMD性やダイス寿命も不十分である。詳しくは成分組成の要件を満たさない線材No. 17、19、41～43、45、50、53～55及び58は、最も緩やかな伸線条件1でも断線が発生した。また熱間圧延前の加熱時間および温度、仕上圧延温度、巻取り温度、冷却速度(CR及びCRn/CRd)並びに制御温度T1及びT2のいずれかの要件を満たさない方法で製造した線材No. 11～16、21～25、31～34、40及び47～49は、パーライトラメラ間隔の平均値および標準偏差、並びにスケール厚さの平均値および最小値のいずれかが本発明の要件を満たさず、MD性やダイス寿命が不十分である。このうちNo. 15および22は、ファイヤライトが存在するが、パーライトラメラ間隔が微細で、スケ

50



ール厚さもNo. 6 ~ 8、28 ~ 30、36 ~ 39に比べて薄いため、MD性は（スケール残りがわずかに有り）にとどまるうえ、ダイス寿命が悪い。

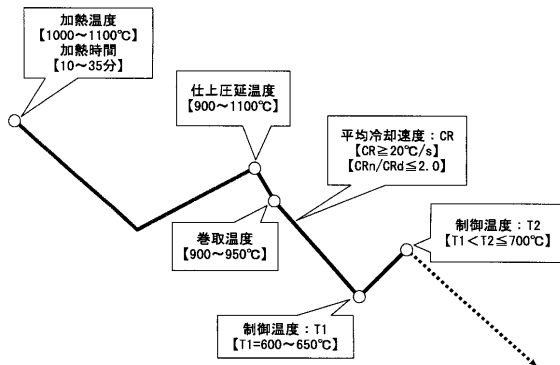
【図面の簡単な説明】

【0070】

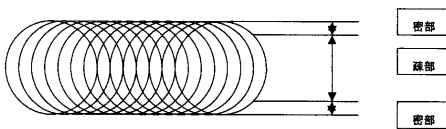
【図1】本発明の製造方法の製造パターンの一例を示す概略図である。

【図2】リング疎部及びリング密部を説明するための概略図である。

【図1】



【図2】



## フロントページの続き

(74)代理人 100125173

弁理士 竹岡 明美

(72)発明者 高 知 琢哉

神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

(72)発明者 西村 益美

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 丸尾 知忠

神戸市灘区灘浜東町 2 番地 株式会社神戸製鋼所 神戸製鉄所内

審査官 伊藤 真明

(56)参考文献 特開 2007 - 327084 (JP, A)

特開 2006 - 200039 (JP, A)

特開 2004 - 149816 (JP, A)

特開 2005 - 281793 (JP, A)

特開平 11 - 172332 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00 - 38/60

C21D 8/06 - 8/08

C21D 9/52 - 9/66