

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5472548号  
(P5472548)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.	F I
<b>B 2 2 D 11/00 (2006.01)</b>	B 2 2 D 11/00 A
<b>B 2 1 B 1/16 (2006.01)</b>	B 2 1 B 1/16 B
<b>B 2 1 C 1/00 (2006.01)</b>	B 2 1 C 1/00 L
<b>C 2 1 D 8/06 (2006.01)</b>	C 2 1 D 8/06 A
<b>C 2 1 D 9/52 (2006.01)</b>	C 2 1 D 9/52 1 O 3 B
請求項の数 6 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2013-546465 (P2013-546465)	(73) 特許権者	000006655
(86) (22) 出願日	平成25年4月10日(2013.4.10)		新日鐵住金株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/060808		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
審査請求日	平成25年11月8日(2013.11.8)	(74) 代理人	100064908
(31) 優先権主張番号	特願2012-89220 (P2012-89220)		弁理士 志賀 正武
(32) 優先日	平成24年4月10日(2012.4.10)	(74) 代理人	100108578
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 高橋 詔男
早期審査対象出願		(74) 代理人	100106909
			弁理士 棚井 澄雄
		(74) 代理人	100129403
			弁理士 増井 裕士
		(74) 代理人	100134359
			弁理士 勝俣 智夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 線材及びそれを用いた鋼線、並びに鋼片

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

C : 0 . 6 0 % 以上、1 . 1 5 % 以下、

S i : 0 . 3 0 % 以上、1 . 3 0 % 以下、

M n : 0 . 2 5 % 以上、0 . 9 0 % 以下、

を含有し、残部がF e 及び不純物からなる線材であって、

前記線材の表面から同心円状に内部に向かって形成され、前記線材の横断面の断面積に対する断面積比で13%以上56%以下の領域を、領域Iとし、

前記線材の中心軸を中心に同心円状に広がって、前記線材の前記断面積に対する断面積比で3%以上11%以下の領域を、領域IIとし、

前記領域Iと前記領域IIとの間の領域を領域IIIとしたとき、

前記領域Iは、前記線材の平均C濃度に対するC偏析度が0.75以上0.95以下の第1負偏析部であり、

前記領域IIは、前記C偏析度が1.00以上1.10以下の正偏析部であり、

前記領域IIIは、前記C偏析度が0.80以上0.95以下の第2負偏析部であり；

前記線材は、前記表面から、順に前記第1負偏析部、前記正偏析部、前記第2負偏析部であるサンドイッチ構造を有する；

ことを特徴とする線材。

【請求項2】

さらに、質量％で、  
 Cr：0.40％以下、  
 V：0.40％以下、  
 B：0.0030％以下、

の1種以上を含有することを特徴とする請求項1に記載の線材。

【請求項3】

請求項1または2に記載の前記線材を伸線することによって得られることを特徴とする鋼線。

【請求項4】

引張強度が、2000MPa以上であることを特徴とする請求項3に記載の鋼線。

10

【請求項5】

質量％で、  
 C：0.60％以上、1.15％以下、  
 Si：0.30％以上、1.30％以下、  
 Mn：0.25％以上、0.90％以下、  
 を含有し、残部がFe及び不純物からなり、

前記鋼片の表面から同心状に内部に向かって形成され、前記鋼片の横断面の断面積に対する断面積比で13％以上56％以下の領域を、領域Ⅰとし、

前記鋼片の中心軸を中心に同心状に広がって、前記鋼片の前記断面積に対する断面積比で3％以上11％以下の領域を、領域Ⅱとし、

20

前記領域Ⅰと前記領域Ⅱとの間の領域を領域Ⅲとしたとき、

前記領域Ⅰは、前記鋼片の平均C濃度に対するC偏析度が0.75以上0.95以下の第1負偏析部であり、

前記領域Ⅱは、前記C偏析度が1.00以上1.10以下の正偏析部であり、

前記領域Ⅲは、前記C偏析度が0.80以上0.95以下の第2負偏析部であり；

前記鋼片は、前記表面から、順に前記第1負偏析部、前記正偏析部、前記第2負偏析部であるサンドイッチ構造を有する；

ことを特徴とする鋼片。

【請求項6】

さらに、質量％で、  
 Cr：0.40％以下、  
 V：0.40％以下、  
 B：0.0030％以下、

30

の1種以上を含有することを特徴とする請求項5に記載の鋼片。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高強度ワイヤロープ、海底油田掘削プラットフォームの繫留索用ワイヤロープ、橋梁用PWS（プレファブリック平行ストランド）、高強度PC撚り線などの分野で使用する高強度鋼線の素材となる線材に関する。さらに、本発明は、この線材から製造される鋼線と、この鋼線の製造に用いることのできる鋼片とに関する。

40

本願は、2012年04月10日に、日本に出願された特願2012-089220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】

上記した分野に用いられる鋼線は、高強度（例えば引張強度で2000MPa以上）が要求される。このような高強度が要求される鋼線に用いられる線材では、中心偏析部に存在するマイクロマルテンサイトによって、マイクロボイドの生成が助長されることがある。

このマイクロボイドは、その後の伸線加工時にシェブロンクラック（素材中心付近に発

50

生する空洞欠陥の１種）の起点となり、断線や強度不足を引き起こす問題点があった。

【０００３】

このような問題点を解決するために、特許文献１には、マクロ偏析部を形成する偏析ピークに注目し、均熱拡散処理を施して偏析ピークを臨界濃度以下にコントロールする方法が開示されている。

【０００４】

特許文献１に記載された偏析ピークのコントロール法では、高強度化のために炭素含有量が増加するに従って、中心部のマクロ偏析粒径のピーク値高さを減少させるための均熱拡散処理などの工程に要する時間が長くなる。そのため、製造コストの上昇など、経済面でのデメリットを招くことになる。

【０００５】

また、別の方法として、特許文献２には、鑄造時に連続的に鍛圧しながら中心部の偏析を低減する技術が開示されている。

【０００６】

特許文献２に開示の技術では、鑄造時に連続的に鍛圧しながら中心部の偏析を低減する場合、理想的な鍛圧効果を発揮するためには、クレーターエンドポイント（鑄片内部の固液境界線の末端）を高い精度で予測することが不可欠である。鑄造時の製造条件が微妙にずれている場合には、クレーターエンドポイントが鍛圧ポイントに対して前後するおそれが生じる。

【０００７】

クレーターエンドポイントと鍛圧ポイントとのズレは、中心偏析部の悪化を招くことがある。そのため、特許文献２の技術では、中心部の偏析を改善する効果が得られずに悪化させる場合がある。

【０００８】

また、特許文献２のような連続的に鍛圧しながら中心部の偏析を低減する方法では、最適条件で実施しても、表層部と中心部とを同時に負偏析とすることは困難であった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００９】

【特許文献１】日本国特公平６－７６６４３号公報

【特許文献２】日本国特開平９－１７４２１３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、中心部に負偏析領域が生成されることで高い伸線加工性能を有し、さらに、表層部にも負偏析領域が生成されることで、伸線によって高強度と優れた耐遅れ破壊特性とを両立する鋼線となる線材を提供することを目的とする。また、本発明は、上記線材から得られた、優れた耐遅れ破壊特性を有する高強度鋼線を提供することを目的とする。また、本発明は、中心部と表層部とに負偏析領域が生成された鋼片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】

【００１１】

本発明者らは、線材の中心偏析の断面内プロフィールと伸線加工性能及び伸線後（鋼線）の耐遅れ破壊特性との関係に着目して鋭意検討を行った。

なお、評価方法については、伸線条件において、中心偏析部を通常よりも厳しく加工する評価方法を用いた。すなわち、ダイスのアプローチ角度が、通常用いるダイス角度１０°よりも大きいダイス角度４０°のダイスを用いて、線材の中心軸近傍に引張力を付与する伸線条件で評価した。

その結果、線材の径方向に切断した断面（横断面）内の炭素の偏析プロフィール、すなわち偏析プロフィールを適正に付与することにより、伸線加工性能が向上することを明

10

20

30

40

50

らかにした。

【0012】

さらに、本発明者らは、C 偏析プロファイルを適正制御することにより、表面の局所的な軟質化及び線材中心部の局所的な軟質化を同時に行えば、伸線加工性能の改善と、伸線後の耐遅れ破壊特性の改善との両方を、同時に、且つ効率的に達成できることを新たに見出した。

また、本発明者らは、鋼片の段階で適正なC 偏析プロファイルが得られていれば、この鋼片から得られる線材でも、C 偏析プロファイルは鋼片段階からほとんど変化しないことを明らかにした。さらに、この線材を伸線して（伸線を行って）鋼線としても、径は小さくなるが、C 偏析プロファイルの形状は、線材（伸線前）と鋼線（伸線後）との間でほとんど変化がないことを明らかにした。すなわち、鋼片の段階で上記のC 偏析プロファイルとすることで、この鋼片を加工して得られた線材及び、さらにこの線材を伸線して得られた鋼線でも同様のC 偏析プロファイルを得ることができる。上述の通り、伸線前でも伸線後と同様のC 偏析プロファイルを有しているため伸線前の線材でも耐遅れ破壊特性は向上する。しかしながら、伸線前の線材は強度が低く、耐遅れ破壊特性が問題となることはな

10

いたため、本発明では、伸線後の耐遅れ破壊特性を評価している。

なお、伸線に替えて、例えば押し出しまたはコンフォーム加工を行った場合でも同様である。

【0013】

本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨は、以下の通りである。

20

（１）すなわち、本発明の一態様に係る線材は、質量％で、C：0.60％以上、1.15％以下、Si：0.30％以上、1.30％以下、Mn：0.25％以上、0.90％以下、を含有し、残部がFe及び不純物からなる線材であって、前記線材の表面から同心円状に内部に向かって形成され、前記線材の横断面の断面積に対する断面積比で13％以上56％以下の領域を、領域Ⅰとし、前記線材の中心軸を中心に同心円状に広がって、前記線材の前記断面積に対する断面積比で3％以上11％以下の領域を、領域Ⅱとし、前記領域Ⅰと前記領域Ⅱとの間の領域を領域Ⅲとしたとき、前記領域Ⅰは、前記線材の平均C濃度に対するC偏析度が0.75以上0.95以下の第1負偏析部であり、前記領域Ⅱは、前記C偏析度が1.00以上1.10以下の正偏析部であり、前記領域Ⅲは、前記C偏析度が0.80以上0.95以下の第2負偏析部であり；前記線材は、前記表面から、順に前記第1負偏析部、前記正偏析部、前記第2負偏析部であるサンドイッチ構造を有する。

30

【0014】

（２）上記（１）に記載の線材は、さらに、質量％で、Cr：0.40％以下、V：0.40％以下、B：0.0030％以下、の1種以上を含有してもよい。

【0015】

（３）本発明の一態様に係る鋼線は、上記（１）または（２）に記載の前記線材を伸線することによって得られる。

【0016】

（４）上記（３）に記載の鋼線は、引張強度が2000MPa以上であってもよい。

40

【0017】

（５）本発明の一態様に係る鋼片は、質量％で、C：0.60％以上、1.15％以下、Si：0.30％以上、1.30％以下、Mn：0.25％以上、0.90％以下、を含有し、残部がFe及び不純物からなり、前記鋼片の表面から同心状に内部に向かって形成され、前記鋼片の横断面の断面積に対する断面積比で13％以上56％以下の領域を、領域Ⅰとし、前記鋼片の中心軸を中心に同心状に広がって、前記鋼片の前記断面積に対する断面積比で3％以上11％以下の領域を、領域Ⅱとし、前記領域Ⅰと前記領域Ⅱとの間の領域を領域Ⅲとしたとき、前記領域Ⅰは、前記鋼片の平均C濃度に対するC偏析度が0.75以上0.95以下の第1負偏析部であり、前記領域Ⅱは、前記C偏析度が1.00以上1.10以下の正偏析部であり、前記領域Ⅲは、前記C偏析度が0

50

． 8 0 以上 0 . 9 5 以下の第 2 負偏析部であり；前記鋼片は、前記表面から、順に前記第 1 負偏析部、前記正偏析部、前記第 2 負偏析部であるサンドイッチ構造を有する。

【 0 0 1 8 】

( 6 ) 上記 ( 5 ) に記載の鋼片は、さらに、質量 % で、C r : 0 . 4 0 % 以下、V : 0 . 4 0 % 以下、B : 0 . 0 0 3 0 % 以下、の 1 種以上を含有してもよい。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

従来技術による高炭素鋼鋼線の製造に際しては、前述したように、伸線加工時に線材中心部に作用する応力状態が何らかの要因によって変動して、中心軸部に引張応力が掛かり、シェブロンクラックに起因する断線を生じることで、生産活動に大きな支障をきたす場合があった。

【 0 0 2 0 】

これに対し、本発明の上記態様では、線材の表層部と中心部近傍との両方の領域を負偏析領域としている。そのため、シェブロンクラックの生成を安定的に抑制でき、伸線加工性能と、伸線後の耐遅れ破壊特性とに優れる線材が得られる。この線材は、伸線加工性能が高いため、生産活動が安定し、鋼線を経済的に生産することができる。

また、本発明の上記態様によれば、表面の延性向上によって、高強度鋼ほど発生し易いとされる耐遅れ破壊特性が改善された鋼線が得られる。

また、本発明の上記態様によれば、中心部と表層部とに負偏析領域が生成された鋼片が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1 A】線材の横断面を C 偏析度によって区分した断面図である。

【図 1 B】線材の横断面において、中心を含む直径 a - k における C 濃度を示す図である。

【図 2】化学分析時のサンプリング方法を示す図である。

【図 3】本実施形態に係る鋼片及び従来の鋼片における直径方向の C 偏析分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の一実施形態に係る線材（以下、本実施形態に係る線材と言う場合がある）、本実施形態に係る線材を伸線して得られる鋼線（以下、本実施形態に係る鋼線と言う場合がある）、及び本発明の一実施形態に係る鋼片（以下、本実施形態に係る鋼片と言う場合がある）について説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 A は、本実施形態に係る線材の横断面を C 偏析度によって区分した断面図を示している。

本実施形態に係る線材は、表面から同心円状に内部に向かって形成された、前記線材の横断面の断面積に対する断面積比で 1 3 % 以上 5 6 % 以下の領域を、領域 I とし、前記線材の中心軸を中心に同心円状に広がって、前記線材の前記断面積に対する断面積比で 3 % 以上 1 1 % 以下の領域を、領域 I I I とし、前記領域 I と前記領域 I I I との間の領域を領域 I I としたとき；前記領域 I は、前記線材の平均 C 濃度に対する C 偏析度が 0 . 7 5 以上 0 . 9 5 以下の第 1 負偏析部であり、前記領域 I I は、前記 C 偏析度が 1 . 0 0 以上 1 . 1 0 以下の正偏析部であり、前記領域 I I I は、前記 C 偏析度が 0 . 8 0 以上 0 . 9 5 以下の第 2 負偏析部であり；前記線材が、前記表面から、順に前記第 1 負偏析部（領域 I ）、前記正偏析部（領域 I I ）、前記第 2 負偏析部（領域 I I I ）であるサンドイッチ構造（積層構造）を有する。

本実施形態に係る線材の横断面内の各領域の面積率及び C 偏析度の限定理由について図 1 A 及び図 1 B を参照しつつ説明する。

【 0 0 2 4 】

<領域Ⅰ> (図1A及び図1Bの、a - b及びj - k領域)

領域Ⅰは、図1Aに示すように、線材の表面から線材の外径と同心円状に内部(線材の中心軸方向)に向かって形成されている。

線材の横断面の断面積に対する領域Ⅰの面積率の下限値は、伸線後の耐遅れ破壊の向上効果がなくなる限界として13%とした。(以下、本実施形態において、面積率はいずれも線材の横断面の断面積に対する各領域の面積率を示す。)

一方、極端な軟質化は、伸線後の疲労破壊に対して悪影響を及ぼす。そのため、領域Ⅰの面積率の上限値は、56%とした。

【0025】

領域Ⅰの負偏析度を表すC偏析度(図1Bにおける )の下限値を0.75とした。この理由は、C偏析度が0.75より低くなると、疲労強度の劣化など他の品質への悪影響が生じるためである。

一方、C偏析度が、0.95を超えると、表面の延性向上の効果、または伸線後の耐遅れ破壊の向上効果が得られなくなる。そのため、領域ⅠのC偏析度の上限を0.95とした。

【0026】

<領域ⅠⅠ> (図1Aのb - e領域及びg - j領域(図1Bのb - c - d - e領域及びg - h - i - j領域))

領域ⅠⅠの面積率の下限値は、鋼線として用いられる場合の望ましい強度確保の観点から、33%とすることが望ましい。また、領域ⅠⅠの面積率の増加は、領域Ⅰ及びⅠⅠⅠの面積率の減少を招き、伸線加工性能並びに伸線後の耐遅れ破壊特性を低下させる虞がある。そのため、領域ⅠⅠの面積率の上限値を84%とすることが望ましい。

【0027】

領域ⅠⅠのC偏析度(図1Bの を意味する)は、鋼線として用いられる場合の望ましい強度確保の観点から、下限を1.00とした。一方、上限は、初析セメントタイトなどの生成を抑制し、伸線加工性能を確保するために1.10とした。

【0028】

<領域ⅠⅠⅠ> (図1A及び図1Bの、e - f - g領域)

領域ⅠⅠⅠの面積率の下限値は、伸線加工性能確保の観点から3%とした。

領域ⅠⅠⅠの面積率の上限値は、鋼線として用いられる場合の望ましい強度確保の観点から11%とした。

【0029】

領域ⅠⅠⅠの負偏析度(図1Bの を意味する)を表すC偏析度の下限値を0.80とした。その理由は、これ以上の負偏析を生じさせる鑄片圧下を行うと、鑄片表面及び断面内に割れが生じるためである。

領域ⅠⅠⅠのC偏析度の上限値を0.95にした。その理由は、0.95を超えるC偏析度の場合に、伸線加工性能が劣化するためである。

【0030】

本実施形態に係る鋼片は、断面形状が正方形または長方形である点を除き、本実施形態に係る線材と同様のサンドイッチ構造を有する。各領域における面積率及びC偏析度の限定理由は、上記の線材の場合と同様である。本実施形態に係る鋼片を加工して線材とすることで、本実施形態に係る線材を容易に得ることができる。

また、本実施形態に係る鋼線も、本実施形態に係る線材と同様のサンドイッチ構造を有している。

【0031】

次に成分について述べる。本実施形態に係る線材は、伸線加工性能及び伸線後の耐遅れ破壊特性を向上させるため、上記のサンドイッチ構造を有することが重要である。しかしながら、伸線加工性能及び伸線後の耐遅れ破壊特性、鋼線として用いられる場合の強度等を考慮した場合、本実施形態に係る線材は、さらに、以下の成分を満たすことが重要である。なお、以下において成分の%は、いずれも質量%を示す。

加熱、圧延、熱処理等の工程を行っても化学成分は変化しないため、鋼片の段階で以下の化学成分を満足すればよい。また同様に、伸線等を行っても化学成分は変化しないため、本実施形態に係る鋼線も素材となる線材と同様の化学成分を有する。

【0032】

C：0.60%以上、1.15%以下

Cは、鋼材の強度を支配する主要な元素であり、強度確保のために有効である。上述した高強度鋼線に用いる線材とするためには、C含有量の下限値を0.60%とする。C含有量が、0.60%未満の場合、十分な強度が得られない場合がある。一方、1.15%を超えるC含有量では、線材製造工程の冷却段階で、表層部や中心部における網目状の初析セメントタイトの生成を防止することが困難となり、伸線加工性能、耐遅れ破壊特性の劣化を著しく招く場合がある。そのため、C含有量は、0.60%以上、1.15%以下とする。

10

【0033】

Si：0.30%以上、1.30%以下

Siは脱酸材として使用される元素である。また、Si含有量の増加に伴い、固溶強化による強度の上昇も同時に生ずる。特に、Siの増加による直接的な品質への効果は、溶融亜鉛めっき工程で、めっき処理後の引張強さの低減が少なくなることである。

Siの含有量が、0.30%未満では脱酸力が不足し、鋼材の表面品質が劣化する。一方、Si含有量が1.30%を超えると、デスケリング性能を低下させ、表面性状の劣化や、生産性の低下が懸念される。そのため、Si含有量は、0.30%以上、1.30%以下とする。

20

【0034】

Mn：0.25%以上、0.90%以下

Mnは、脱酸元素として作用する元素であると共に、鋼の焼入れ性能に影響を与え、強度の上昇にも寄与する元素である。Mnの含有量の下限値を0.25%としたのは、Mn含有量が0.25%未満では、脱酸不足が生じて鋼材表面の健全性が劣化するとともに、強度向上効果が十分でないためである。一方、Mn含有量が0.90%を超えると、鋳片段階で形成された中心部に、多量のMnが濃化する。Mnが濃化した部分は、その他の部分に比べて変態が遅れるため、ミクロマルテンサイトが生成しやすい。ミクロマルテンサイトが生成した場合、その大きさによっては、伸線加工中に断線が生じて、生産性が大幅に低下する。従って、Mn含有量の上限は0.90%とする。

30

【0035】

本実施形態に係る線材では、さらに、強度等を高める目的で、Cr、V、Bの1種以上を下記に示す範囲で含有してもよい。なお、これらの元素は必ずしも含有させる必要はない。そのため、含有量の下限を特に制限する必要はなく、それらの下限は0%である。

【0036】

Cr：0.40%以下

Crは鋼の強度を高めるために有効な元素である。強度向上の効果を安定して得るためには、0.10%以上含有することが望ましい。一方、0.40%を超えて含有すると、延性劣化を引き起こすため、Crを含有させる場合のCr含有量の上限値を0.40%とした。

40

【0037】

V：0.40%以下

Vは、鋼の強度を高めるために有効な元素である。強度向上の効果を安定して得るためには、0.03%以上含有することが望ましい。一方0.40%を超えて含有すると、延性劣化を引き起こすため、Vを含有させる場合のV含有量の上限値を0.40%とした。

【0038】

B：0.0030%（30ppm）以下

Bは、焼入れ性を高め、初析フェライトの生成を抑制するのに有効な元素である。このような効果を安定して得るためには、B含有量を0.0005%以上とすることが望まし

50

い。一方、Bは、窒化物を形成する元素であり、B含有量が0.0030%を超えると、焼入れ性向上効果が飽和するだけでなく、窒化物が析出して、伸線加工性能が劣化する。そのため、Bを含有させる場合のB含有量の上限値は、0.0030%以下とした。

【0039】

本実施形態に係る線材は、さらに、不純物として、特性を損なわない範囲であれば上記以外の元素を含んでも構わない。不純物とは、鉱石やスクラップ等の原材料や、製造環境から混入するものを指す。

【0040】

次に本実施形態に係る線材の望ましい製造方法について説明する。

なお、本実施形態に示す製造方法は一例であり、以下に限定されるものではない。すなわち、以下に示す製造方法でなくても上述したC偏析プロファイルが得られれば、本実施形態に係る線材の効果が得られる。

【0041】

上述したC偏析プロファイルを容易に得るために、所定の化学成分を有する溶鋼を連続鋳造にて鋼片とする際、以下の工程(a)～(c)を含むことが望ましい。

(a) 溶鋼温度調整工程

溶鋼温度調整工程では、連続鋳造機に投入される直前のタンディッシュ中の溶鋼温度を制御し、溶鋼温度とTLL(液相線温度)との差であるT(過熱度)を25以下にすることが望ましい。Tを25以下にすることで、凝固の際に組織が等軸化しやすくなるため、所望のC偏析プロファイルを得やすくなる。なお、Tが5以下になると、溶鋼が凝固温度近傍に近付くため溶鋼の粘度が増してシャーベット状になり、鋳片の表面性状が劣化する。そのため、Tの下限は5とすることが望ましい。

(b) 電磁攪拌(EMS)工程

電磁攪拌工程では、連続鋳造機の鋳型内の溶鋼に磁界を与えることによって、溶鋼を攪拌(電磁攪拌)することが望ましい。電磁攪拌を行うことで、表層の負偏析領域を付与できるので、所望のC偏析プロファイルを得やすくなる。

(c) 軽圧下工程

軽圧下工程では、凝固中の鋼片を連続鋳造機のロールで圧下することが望ましい。軽圧下を行うことで、中心偏析部の炭素濃化が低減するので、所望のC偏析プロファイルを得やすくなる。

【0042】

上記の要領で製鋼を行って得られた鋼片に、目標とする機械的特性に応じて加熱、圧延、巻き取り、熱処理等を適宜実施することで、所望のC偏析プロファイル及び所望の機械的特性を有する線材が得られる。

【0043】

このようにして得られた線材を公知の方法で、伸線することで、鋼線が得られる。

【実施例1】

【0044】

本発明の実施例について述べる。

表1に示す化学成分を有する鋼種A～Jを溶製し、表2に示す製造条件(製鋼時)で連続鋳造を行い、500mm×300mmの鋳片(ブルーム)とした。この鋳片を1250で45分加熱した後分塊圧延を行い、122mm×122mmの鋼片(ピレット)とした。この鋼片を、表2に示す製造条件(製鋼後)で加熱し、常法に従って圧延し、表2に示す条件で巻き取り、直径12mmおよび直径5.5mmの線材とした。直径12mmおよび直径5.5mmの線材は、さらに表2に示す条件で熱処理を行った。

なお、表1において、「」は、測定限界以下であったことを示し、残部は、鉄及び不純物である。

【0045】

10

20

30

40



【表 1】

(mass%)						
鋼種	C	Si	Mn	Cr	V	B
A	1.12	0.90	0.35	0.18	0.06	0.0020
B	0.60	1.26	0.35	0.18	0.06	—
C	0.98	0.35	0.88	—	0.07	0.0020
D	0.87	1.05	0.26	0.19	—	0.0020
E	0.98	0.90	0.35	—	—	—
F	1.20	0.90	0.35	0.19	0.06	0.0020
G	0.57	1.26	0.35	0.19	0.06	—
H	0.98	0.35	0.95	0.19	0.07	0.0020
I	0.98	0.35	0.23	—	0.07	0.0020
J	0.98	0.35	0.35	—	—	0.0045

【 0 0 4 6 】

【表 2】

試験 番号	鋼種	製造条件(製鋼時)			製造条件(製鋼後)		
		$\Delta T$ (°C)	EMS	軽圧下	加熱温度 (°C)	巻き取り 温度 (°C)	熱処理温度 (°C)
1	A	25	あり	あり	1145	850	550
2	B	5	あり	あり	1058	920	550
3	C	23	あり	あり	1120	830	575
4	D	7	あり	あり	1100	850	470
5	E	24	あり	あり	1140	845	550
6	I	20	あり	なし	1065	925	550
7	F	6	あり	あり	1065	925	550
8	G	23	あり	あり	1100	828	570
9	H	8	あり	あり	1110	840	475
10	A	35	あり	あり	1120	850	550
11	C	23	なし	あり	1090	840	550
12	D	30	あり	なし	1080	850	550
13	J	10	あり	あり	1100	850	550
14	C	15	なし	なし	1080	850	520

【 0 0 4 7 】

ここで、鋼片の段階で、図 2 に示すように、厚み 2 mm、幅 5 mm、長さ 10 mm の小片ブロックを鋼片厚み方向に全断面を網羅する部位から採取し、採取した小片ブロックの化学分析を行って C 偏析プロファイルを求めた。本発明例である試験番号 3 の鋼片及び比

10

20

30

40

50

較例である試験番号 14 の鋼片について、得られた C 偏析プロファイルを図 3 に示す。

【0048】

図 3 から分かるように、試験番号 3 は、表層部と中心部とが負偏析のプロフィールになっており、その中間部が正偏析を呈するサンドイッチ構造となっている。

一方、試験番号 14 は、中心部に明確な正偏析部分を有し、表層部の負偏析度は極めて偏析度が少ないプロフィールを示している。

【0049】

また、これらの鋼片から得られた直径 12 mm の線材についても C 偏析プロファイルを求めた結果、線材の C 偏析プロファイルは、鋼片の段階と同様のサンドイッチ構造を有する C 偏析プロファイルであることを確認した。表 4 に、C 偏析プロファイルから求めた領域 I ~ III の面積率及び C 偏析度を示す。なお、直径 12 mm の線材の C 偏析プロファイルは、長手方向に垂直な断面部を被検面として中心偏析部を直角に横断する方向で表層部から反対側の表層部までの直径範囲に対して、EPM A の線分析を行う方法で求めた。

【0050】

< 線材における伸線加工性能 >

上記で得られた試験番号 1 ~ 試験番号 14 の線材に対して、伸線加工性能を評価した。

表 3 に、伸線加工性能を評価するために用いた伸線ダイススケジュールを示す。すべてのダイスのアプローチ角度を 40° として、直径 5.5 mm の線材を用いた伸線を行い、強制的にカッピー断線を生じさせた。断線が起こった一つ前のダイス径から求めた伸線歪みを伸線加工可能な限界歪みと定義し、この値を用いて、伸線加工性能を評価した。結果を表 4 に示す。伸線加工歪が 0.88 以上、すなわち、3 パス以上断線を生じることなく伸線が可能であれば伸線加工性能に優れていると評価した。

【0051】

【表 3】

ダイスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ダイス径	4.75	4.10	3.55	3.10	2.75	2.35	2.05	1.80	1.60	1.40	1.20	1.00
伸線減面率(%)	25.4	25.4	25.0	23.7	21.3	27.0	23.9	23	20.9	23.4	26.5	30.5
Total伸線減面率(%)	25.4	44.4	58.3	68.2	75	81.7	86.1	89.2	91.5	93.5	95.2	96.7
伸線加工歪 $\ln(A_o/A_i)$	0.29	0.59	0.88	1.15	1.39	1.70	1.97	2.23	2.47	2.74	3.04	3.40

【0052】

【表 4】

試験番号	区分	面積率(%)		C偏析度			鋼線引張強度 (MPa)	線材 伸線加工限界歪み	鋼線 遅れ破壊指数
				領域Ⅰ	領域Ⅱ	領域Ⅲ			
1	本発明例	領域Ⅰ	55.6	0.80			2400	0.88	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.04				
		領域Ⅲ	11.0			0.94			
2	本発明例	領域Ⅰ	55.6	0.82			2000	1.35	2.7
		領域Ⅱ	33.4		1.02				
		領域Ⅲ	11.0			0.90			
3	本発明例	領域Ⅰ	55.6	0.94			2320	1.15	1.8
		領域Ⅱ	33.4		1.03				
		領域Ⅲ	11.0			0.95			
4	本発明例	領域Ⅰ	55.6	0.82			2300	1.15	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.01				
		領域Ⅲ	11.0			0.91			
5	本発明例	領域Ⅰ	55.6	0.75			2050	1.15	2.5
		領域Ⅱ	33.4		1.02				
		領域Ⅲ	11.0			0.90			
6	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.80			1980	0.29	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.03				
		領域Ⅲ	11.0			1.20			
7	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.81			2450	0.29	1.1
		領域Ⅱ	33.4		1.03				
		領域Ⅲ	11.0			0.92			
8	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.82			1850	0.88	2.2
		領域Ⅱ	33.4		1.04				
		領域Ⅲ	11.0			0.92			
9	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.83			2060	0.29	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.06				
		領域Ⅲ	11.0			0.92			
10	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.84			2400	0.29	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.12				
		領域Ⅲ	11.0			1.40			
11	比較例	領域Ⅰ	55.6	1.00			2100	0.88	1.0
		領域Ⅱ	33.4		1.20				
		領域Ⅲ	11.0			0.92			
12	比較例	領域Ⅰ	55.6	0.82			2050	0.29	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.02				
		領域Ⅲ	11.0			1.33			
13	比較法	領域Ⅰ	55.6	0.83			2050	0.29	1.5
		領域Ⅱ	33.4		1.05				
		領域Ⅲ	11.0			0.94			
14	比較法	領域Ⅰ	55.6	0.99			2100	0.29	1.0
		領域Ⅱ	33.4		1.02				
		領域Ⅲ	11.0			1.20			

## 【0053】

< 鋼線における耐遅れ破壊特性 >

さらに、上述の直径12mmの線材をダイスのアプローチ角度が10°のものを用いて伸線加工して得られた直径5mmの鋼線について、耐遅れ破壊特性を評価した。

遅れ破壊の試験は、高強度PC鋼材を用いたPC構造物の設計施工指針(2011年6月、社団法人プレストレストコンクリート技術協会)等に規定されたFIP試験と呼ばれる遅れ破壊試験方法に準じて、50の20%チオシアン酸アンモニウム溶液を用い、載荷条件を破断強度の70%として試験を行い、破断までの時間を求めた。

なお、破断時間は、後述する方法で求められる遅れ破壊指数で評価した。この値が大きいほど、耐遅れ破壊特性が従来法より改善されていることを意味する。本実施例では、遅れ破壊指数が1.5以上であれば耐遅れ破壊特性に優れていると評価した。表4に試験結果を示す。

## 【0054】

< 遅れ破壊指数の求め方 >

下記の(1)式に示すように、従来技術における破断時間を基準として比較するため、各試験番号の破断時間を試験番号14の破断時間で除した値を指数として用い、無次元化した指標で評価した。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 5 】

遅れ破壊指数 = ( 各試験番号の破断時間 ) / ( 試験番号 1 4 の破断時間 ) ・ ・ ・ ( 1 )

## 【 0 0 5 6 】

また、合わせて鋼線の引張強度を求めた。引張試験は、J I S Z 2 2 4 1 の条件に準拠して行った。結果を表 4 に示す。本発明では、引張強度が 2 0 0 0 M P a 以上であれば、十分な強度を有すると評価した。

## 【 0 0 5 7 】

表 1 ~ 4 から分かるように、本発明法で得られた鋼片、線材、鋼線は、表面から、順に第 1 負偏析部、正偏析部、第 2 負偏析部となるサンドイッチ構造を有し、その偏析度も望ましいものであった。また、そのため、シェブロンクラックの生成を安定的に抑制すること  
10

## 【 0 0 5 8 】

一方、望ましい C 偏析プロファイルが得られなかった試験番号 6 ~ 試験番号 1 4 では、伸線加工性能及び / または耐遅れ破壊特性の向上効果が得られなかった。

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 5 9 】

本発明によれば、鋼材の表層部と中心部近傍との両方の領域を負偏析領域としている。そのため、シェブロンクラックの生成を安定的に抑制することで優れた伸線加工性能を示し、さらに、伸線後の耐遅れ破壊特性に優れる線材が得られる。この線材は、伸線加工性能が高いため、生産活動が安定し、線材を経済的に生産することができる。  
20

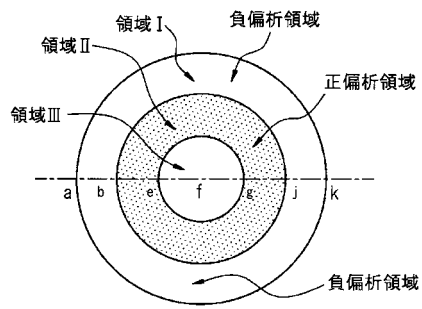
## 【 0 0 6 0 】

また、本発明によれば、表面の延性向上によって、高強度鋼ほど発生し易いとされる耐遅れ破壊特性が改善された高強度鋼線が得られる。また、鋼材の表層部と中心部近傍との両方の領域を負偏析領域とした鋼片が得られる。

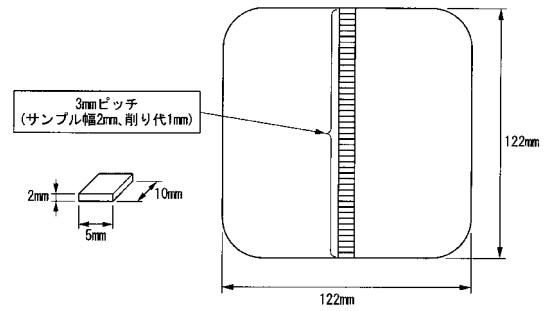
## 【 要約 】

この線材は、前記線材の表面から同心円状に内部に向かって形成され、前記線材の横断面の断面積に対する断面積比で 1 3 % 以上 5 6 % 以下の領域を、領域 I とし、前記線材の中心軸を中心に同心円状に広がって、前記線材の前記断面積に対する断面積比で 3 % 以上 1 1 % 以下の領域を、領域 I I I とし、前記領域 I と前記領域 I I I との間の領域を領域 I I としたとき、前記領域 I は、前記線材の平均 C 濃度に対する C 偏析度が 0 . 7 5 以上 0 . 9 5 以下の第 1 負偏析部であり、前記領域 I I は、前記 C 偏析度が 1 . 0 0 以上 1 . 1 0 以下の正偏析部であり、前記領域 I I I は、前記 C 偏析度が 0 . 8 0 以上 0 . 9 5 以下の第 2 負偏析部であり ; 前記線材は、前記表面から、順に前記第 1 負偏析部、前記正偏析部、前記第 2 負偏析部であるサンドイッチ構造を有する。  
30

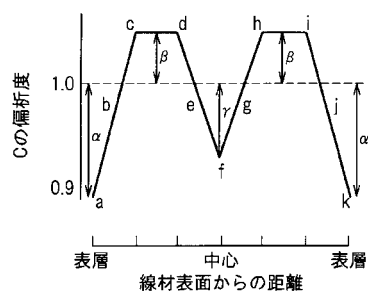
【図 1 A】



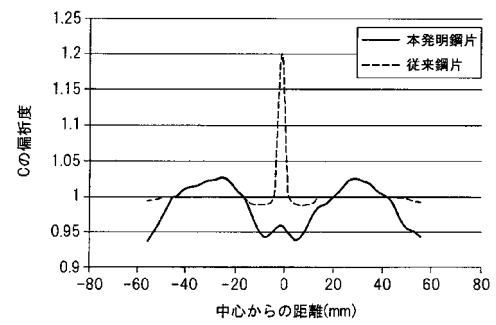
【図 2】



【図 1 B】



【図 3】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 2 C 38/00 (2006.01) C 2 2 C 38/00 3 0 1 A  
C 2 2 C 38/04 (2006.01) C 2 2 C 38/04  
C 2 2 C 38/32 (2006.01) C 2 2 C 38/32

(72)発明者 大羽 浩  
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 喜多 昭夫  
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 小此木 真  
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

審査官 川崎 良平

(56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 0 0 5 5 2 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 2 6 4 8 2 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 8 - 1 4 9 3 7 9 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 2 5 4 3 3 9 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
B 2 2 D 1 1 / 0 0