

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5407178号
(P5407178)

(45) 発行日 平成26年2月5日 (2014.2.5)

(24) 登録日 平成25年11月15日 (2013.11.15)

(51) Int.Cl.

F I

C 2 2 C 38/00 (2006.01)

C 2 1 D 8/06 (2006.01)

C 2 2 C 38/04 (2006.01)

C 2 2 C 38/14 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 O 1 Y

C 2 1 D 8/06 A

C 2 2 C 38/04

C 2 2 C 38/14

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-125959 (P2008-125959)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成20年5月13日 (2008.5.13)		新日鐵住金株式会社
(65) 公開番号	特開2009-275250 (P2009-275250A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成21年11月26日 (2009.11.26)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成22年8月10日 (2010.8.10)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で、C:0.005~0.60%、Si:0.01~0.40%、Mn:0.20~1.80%、P:0.040%以下、S:0.050%以下、Al:0.001~0.060%、N:0.0005~0.0300%を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物からなり、かつ平均粒径が15μm以下のフェライト組織と、平均アスペクト比が3以下であり、かつ平均粒子径が0.6μm以下の球状セメンタイトからなり、これらを満たす球状セメンタイトの個数が1mm²当たり1.0×10⁶×C含有量(%)個以上であることを特徴とする冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

【請求項 2】

上記成分に加えて、さらに、質量%で、B:0.0001~0.0060%を含有することを特徴とする請求項1に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

10

【請求項 3】

上記成分に加えて、さらに、質量%で、Ti:0.002~0.050%、Nb:0.005~0.100%の1種または2種を含有することを特徴とする請求項1又は2に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

【請求項 4】

請求項1~3のいずれか1項に記載の成分組成を有するブルーム鋼線材またはビレットを、熱間圧延し、巻取り、その後、400℃以上600℃以下の溶融塩槽に10秒以上浸漬した後、450℃以上600℃以下の溶融塩槽に20秒以上150秒以下恒温保持した後冷却し、その後600℃以上700℃以下にて焼鈍することを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の冷間

20

加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材の製造方法。

【請求項5】

請求項1～3のいずれか1項に記載の鋼線材を、熱間圧延後に巻取り、その後、400℃以上600℃以下の溶融塩槽にて10秒以上浸漬した後、次いで450℃以上600℃以下の溶融塩槽にて20秒以上150秒以下恒温保持した後冷却し、減面率40%以下の伸線加工を行った後、600℃以上700℃以下にて焼鈍することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、ボルト、ねじ、ナット等の機械部品の素材として用いられ、冷間鍛造や転造などの冷間加工によって成形される鋼線材とその製造方法に関わり、特に成形割れの抑制が可能な冷間加工性に優れた鋼線材とその製造方法に関わるものである。なお、本発明で対象とする鋼線材は、熱間圧延棒鋼をコイル状に巻いた「バーインコイル」も含むものとする。

【背景技術】

【0002】

冷間鍛造は成品の寸法精度や生産性が優れることから、鋼製のボルト、ねじ、ナット等の機械部品の成形に際して、従来から行われていた熱間鍛造からの切り替えが拡大している。また、ボルトやナットなどの部品は構造用途に用いられることが多く、このためCやSi、Mnなどの合金元素を添加した成分の鋼を用いて、加工後に焼入れ処理などの熱処理により強度を付与している。しかし、合金元素含有量が増大すると鋼材の変形抵抗が高くなるため、冷間鍛造の際に金型負荷が増大することで金型の摩耗や損傷が発生することや、製品に加工割れが発生することなどの課題がある。これらを回避するため、冷間鍛造用鋼には軟質であるとともに、極めて高い延性が要求される。このため、従来より、熱間圧延材を球状化焼鈍により軟質化して、加工性を向上させることが行われている。このように、近年では部品製造コストの低減や部品の高機能化により、冷間鍛造に使用される鋼材には、加工性の向上が要求されている。

20

【0003】

鋼材の冷間鍛造性を向上させる技術は従来から種々の方法が提案されている。特許文献1ではSiを0.15%以下、Mnを0.60%以下に制限して、かつ、TiとBを添加して冷間鍛造性を向上させた冷間鍛造用鋼が開示されている。しかし、この方法では軟質化の程度が不十分であるとともに、組織中のフェライトの体積率が高く、組織が不均一であることにより延性が低下し、十分な加工性が得られていない。

30

【0004】

特許文献2ではフェライトの平均粒径が2～5.5μm、かつ長径が3μm以下で、かつアスペクト比が3以下のセメンタイトの比率が全セメンタイトに対して70%以上である領域を表面から線径の10%以上とすることで冷間加工性が向上することが開示されている。この方法ではクラックの発生位置が圧延線材の表面近傍となる加工では有効であるが、クラックの発生位置が圧延線材の内部となる加工に対しては、加工性の向上効果が小さい。実際の冷間鍛造では圧延線材を切断した後、冷間鍛造されるため、圧延線材の表面近傍がクラックの発生位置とならない場合が多く、効果が限定される。

40

【0005】

特許文献3ではセメンタイト間距離の標準偏差をセメンタイト間距離の平均値で除した値が0.50以下とすることで、セメンタイト間の間隔がほぼ均一となり、その結果、冷間鍛造時の変形抵抗が低下し、かつ割れが低減されることが開示されている。この方法では、セメンタイトを球状化するために、焼鈍温度を高温化する必要があり、熱処理コストが高くなる課題がある。また、焼鈍温度を高温化した結果、セメンタイトの個数密度が減少し、サイズが大きくなる。その結果、冷間鍛造の際に、粗大なセメンタイトから亀裂が発生することで、延性の向上は十分ではない。また、セメンタイト間の間隔が大きくなり、焼

50

入れ後の組織が不均一になる課題がある。

【0006】

【特許文献1】特開昭60-230960号公報

【特許文献2】特開2000-73137号公報

【特許文献3】特開2006-316291号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、優れた冷間加工性を有するとともに、焼入れ処理後に組織や強度の均一化が実現可能な冷間鍛造用鋼線材とその製造方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 質量%で、C:0.005~0.60%、Si:0.01~0.40%、Mn:0.20~1.80%、P:0.040%以下、S:0.050%以下、Al:0.001~0.060%、N:0.0005~0.0300%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなり、かつ平均粒径が15 μ m以下のフェライト組織と、平均アスペクト比が3以下であり、かつ平均粒子径が0.6 μ m以下の球状セメンタイトからなり、これらを満たす球状セメンタイトの個数が1mm²当り $1.0 \times 10^6 \times C$ 含有量(%)個以上であることを特徴とする冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

(2) 上記成分に加えて、さらに、質量%で、B:0.0001~0.0060%を含有することを特徴とする(1)に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

20

(3) 上記成分に加えて、さらに、質量%で、Ti:0.002~0.050%、Nb:0.005~0.100%の1種または2種を含有することを特徴とする(1)~(2)のいずれかの項に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材。

(4) (1)~(3)のいずれか1項に記載の成分組成を有するブルーム鋼線材またはビレットを、熱間圧延し、巻取り、その後、400℃以上600℃以下の溶融塩槽に10秒以上浸漬した後、450℃以上600℃以下の溶融塩槽に20秒以上150秒以下恒温保持した後冷却し、その後600℃以上700℃以下にて焼鈍することを特徴とする(1)~(3)のいずれかの項に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材の製造方法。

(5) (1)~(3)のいずれかに記載の鋼線材を、熱間圧延後に巻取り、その後、400℃以上600℃以下の溶融塩槽にて10秒以上浸漬した後、次いで450℃以上600℃以下の溶融塩槽に20秒以上150秒以下恒温保持した後冷却し、減面率40%以下の伸線加工を行った後、600℃以上700℃以下にて焼鈍することを特徴とする(1)~(3)のいずれかの項に記載の冷間加工性に優れた冷間鍛造用鋼線材の製造方法。

30

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、鋼材の変形能を向上させることで、冷間鍛造による複雑形状部品の成形が可能となり、鋼材歩留まりの向上や生産性の向上により、部品加工費用が低減される効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

40

本発明者らは、鋼材の変形能を向上させるため、金属組織の改良を検討した結果、冷間加工性を向上させるためには、セメンタイトを均一分散させて、更にセメンタイトの個数を増大させることが有効であることを見出した。従来では、セメンタイトの個数密度が増加しても、成形割れの発生は抑制できなかった。従来鋼では、セメンタイトの大きさのバラツキが大きく、個数密度を増やしても粗大なセメンタイトが含まれる。粗大なセメンタイトは冷間加工の際に、割れの発生起点となり、冷間加工性が劣化する。そこで、本発明者らは、素地のフェライト粒径を細粒にして、セメンタイトの個数密度を増加させることで、セメンタイトの大きさは均一になり、粗大なセメンタイトが抑制され、成形割れの発生が低減することを見出し、本発明に至った。

【0011】

50

セメンタイトの個数の増加により成形割れが低減する理由は、以下のように推定することができる。セメンタイトの大きさが均一な場合は、個数密度の増加により、セメンタイトの粒子径が微細化する。変形の際に、歪みが大きくなるとフェライトとセメンタイトの界面にてクラックが発生するが、セメンタイトの大きさが小さい場合には、クラックの発生が抑制される。また、セメンタイトの個数密度が増加することで、組織中にセメンタイトが均一に分散する。この結果、局所的な強度の不均一が低減し、変形の際に歪みが局所的に集中することが抑制される。これらの効果により、成形割れが抑制されたと考えられる。

【0012】

本発明では鋼線材を特定の組織とする必要がある。組織の限定理由を以下に説明する。

10

【0013】

フェライト結晶粒の細粒化は延性を向上させ変形能を改善する。平均粒径が $15\mu\text{m}$ を超えると、延性が低下し冷鍛割れが発生する頻度が高くなる。このためフェライトの平均粒径の上限を $15\mu\text{m}$ とした。

【0014】

また、成形割れの発生は球状セメンタイトの平均粒子径と関連し、平均粒子径が粗大になると歪みを受けたセメンタイトの周囲からクラックが発生し割れが発生しやすくなる。球状セメンタイトの平均粒子径が $0.6\mu\text{m}$ を超えると、延性が低下し冷鍛割れが発生しやすくなる。このため球状セメンタイトの平均粒子径を $0.6\mu\text{m}$ とすることが望ましい。

【0015】

20

セメンタイトのアスペクト比が大きい組織は、変形抵抗が高く、冷間鍛造の際の金型負荷が増大する。平均アスペクト比が3を越えると、冷間変形抵抗が高くなり、金型の工具摩耗が発生しやすくなる。このため平均アスペクト比の上限を3とすることが望ましい。

【0016】

1mm^2 当りの球状セメンタイトの個数が $1.0 \times 10^6 \times \text{C含有量}(\%)$ 個未満の場合、セメンタイトの分布が不均一となり、強度の不均一箇所が生成する。強度の不均一箇所が存在すると、鍛造加工の際に、局所的に変形が集中することにより、冷鍛割れが発生する場合がある。このため、球状セメンタイトの個数の下限を 1mm^2 当り $1.0 \times 10^6 \times \text{C含有量}(\%)$ 個とした。より好ましい範囲は 1mm^2 当り $1.6 \times 10^6 \times \text{C含有量}(\%)$ 個以上である。

【0017】

30

本発明でのフェライト粒径、球状セメンタイトの平均粒子径、アスペクト比、個数、及び球状セメンタイト間の距離の測定方法を以下に説明する。

【0018】

フェライト粒径の測定にはEBSP装置を用いた。線材の長手方向断面の表層近傍部、1/4D部、1/2部にてそれぞれ $275\mu\text{m} \times 165\mu\text{m}$ の領域を測定した。EBSPにて測定したフェライトの結晶方位マップから、方位差15度以上となる境界をフェライト粒界とした。ブロックサイズはJohnson-Saltykovの方法（「計量形態学」内田老鶴圃、S47.7.30発行、原著：R.T. DeHoff, F.N. Rhiness. P189参照）にて求めた。

【0019】

球状セメンタイトの平均粒子径とアスペクト比と個数は走査型電子顕微鏡写真を画像解析することにより求めた。線材の長手方向断面の表層近傍部、1/4D部、1/2D部にて $25\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ の視野を5000倍の倍率で5視野観察し、撮影写真を画像解析することで求めた。平均粒子径は円相当径として、アスペクト比は(長径の長さ)/(短径の長さ)とした。

40

【0020】

球状セメンタイト間の距離は5000倍の倍率で $25\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}$ 領域を5視野撮影し、 $0.1\mu\text{m}$ 以上のセメンタイトが含まれない領域に円を描き、円の最大直径をセメンタイト間の最大距離とした。

【0021】

本発明の冷間鍛造用鋼線材は、質量%で、C:0.005~0.60%、Si:0.01~0.40%、Mn:0.20~1.80%、P:0.040%以下、S:0.050%以下を主成分とし、残部Feおよび不可避免的不純物から

50

なる。以下にこれらの元素の範囲を限定した理由を説明する。

【0022】

Cは機械部品としての強度を確保するため添加する。0.005%未満では機械部品として必要な強度を確保できず、0.60%を越えると延性及び靱性が劣化するため0.005~0.60%とした。

【0023】

Siは脱酸元素として機能するとともに、鋼に必要な強度、焼入れ性を付与し、焼戻し軟化抵抗を向上するのに有効な元素である。0.01%未満ではこれらの効果が不十分で、0.40%を越えると靱性、延性が劣化するとともに、硬度の上昇し冷間鍛造性を劣化させるため、0.01~0.40%とした。

10

【0024】

Mnは鋼に必要な強度、焼入れ性を付与するために必要な元素である。0.20%未満では効果が不十分であり、1.80%を越えると靱性が劣化するとともに硬度が上昇し冷間鍛造性を劣化させるため、0.20~1.80%とした。

【0025】

Pは冷間鍛造時の変形抵抗を高め、靱性を劣化させる。また粒界偏析して焼入れ焼戻し後の結晶粒界を脆化して靱性を劣化させるため低減することが望ましい。従って上限を0.040%とした。

【0026】

SはMn等の合金元素と反応して硫化物として存在する。これらの硫化物は被削性を向上させる。0.050%を越えて添加すると冷間鍛造性を劣化させるとともに、焼入れ焼戻し後の結晶粒界を脆化させ靱性が劣化する。このため0.050%以下とした。

20

【0027】

また、本発明の冷間鍛造用鋼線材は以下に記載する特性の向上を目的に、質量%で、Al:0.001~0.060%、N:0.0005~0.0300%、B:0.0001~0.0060%、Ti:0.002~0.050%、Nb:0.005~0.10%の1種または2種以上含有させることができる。

【0028】

Alは脱酸及びオーステナイト結晶粒の微細化を目的に添加する。Alは脱酸元素として機能するとともに、AlNを形成しピン止め粒子として機能し、結晶粒径を細粒化し加工性を向上させる。また固溶Nを固定して動的歪時効を抑制し、変形抵抗を低減する効果がある。0.001%未満ではこれらの効果が機能せず、また、0.060%を越えると靱性を劣化させるため、上限を0.060%とした。

30

【0029】

Nはオーステナイト結晶粒の微細化を目的に添加する。NはAl、Ti等と結合し窒化物を形成しピン止め粒子として機能し結晶粒を細粒化する。0.0005%未満では窒化物の析出量が不足し、結晶粒が粗大化し延性が劣化する。また0.0300%を越えて添加すると固溶Nによる動的歪時効により変形抵抗が増加し加工性を劣化させるため、0.0005~0.0300%とした。

【0030】

Bは焼入れ性の向上を目的に添加する。0.0001%未満では効果が不十分であり、0.0060%を越えて添加しても効果が飽和するので、0.0001~0.0060%とした。

40

【0031】

Ti、Nbは炭窒化物を形成する。これらの炭窒化物は鋼中に分散しピン止め粒子として機能し、結晶粒の粗大化を抑制し、加工性を向上させる。

【0032】

TiはCあるいはNと化合物を形成しTiC、TiN、あるいはTi(CN)として存在する。これらの炭窒化物はピン止め粒子として有効である。またB添加による焼入れ性の向上効果を有効に機能させるため鋼中のNの固定するために添加する。0.002%未満では効果が現れず、0.050%を越えるとその効果が飽和するとともに硬度の上昇を招き冷間鍛造性が劣化するため0.002~0.050%とした。

50

【0033】

NbはNあるいはCと結合しNbN、NbCあるいはそれらの複合介在物Nb(CN)を形成し、オーステナイト結晶粒の粗大化抑制に有効に機能する。0.005%未満では効果が不十分で、0.10%を越えて添加しても効果が飽和するため、0.005~0.10%とした。

【0034】

Oは鋼中に不可避免的に含有されAlやTiなどの酸化物として存在する。O含有量が高いと粗大な酸化物が形成し、疲労破壊の原因となるので0.01%以下に抑制することが望ましい。脱酸元素としてCaを0.0001~0.01%、あるいはMgを0.0001~0.01%、あるいはこれらの両方を含有することができる。これらの元素は脱酸に有効であるとともに、酸化物を微細化して疲労強度を向上させる効果がある。

10

【0035】

次に、本発明の製造方法を以下に説明する。

【0036】

上記成分組成を有するブルームまたはビレットを熱間圧延により線材に圧延し、熱間圧延後に巻き取る。巻取り温度は特に限定しないが、一般には750℃以上1000℃である。その後、400℃以上600℃以下の熔融塩槽に10秒以上浸漬する。冷却速度は特に限定しないが、φ12程度の線材の場合、巻取り後から600℃までの冷却速度は約40~50℃/sである。熔融塩槽の温度が400℃未満の場合、マルテンサイト組織が生成し、焼鈍後の強度が高くなり、加工性を劣化させる。600℃を超える場合は熔融塩の分解が起こり操作性を阻害する。浸漬時間が10秒未満の場合、線材内部の冷却が不十分となり、冷却後の初析フェライトの体積率が増加することで、焼鈍後のセメンタイト間の間隔が増加し、焼入れ性や加工性を劣化させる。

20

【0037】

次いで、450℃以上600℃以下の熔融塩槽に20秒以上150秒以下恒温保持した後、冷却する。恒温保持温度が450℃未満の場合、変態完了時間が長時間化することで生産性を阻害する。600℃を超えるとパーライトのラメラ間隔が粗大化し、焼鈍後のセメンタイトの平均粒径が0.6μmを超える場合があると同時に、熔融塩の分解が起こり生産性を阻害する。恒温保持時間が20秒未満の場合、変態が完了せずに冷却されることにより、焼鈍後の強度が上昇し加工性を劣化させるため下限を20秒として、150秒以上では生産性を阻害するため、上限を150秒とした。なお、熔融塩槽への浸漬は530℃以上600℃以下の熔融塩槽を用いる場合、2槽に浸漬せずに1槽にて30秒以上浸漬してもよい。熔融塩槽での浸漬後の冷却は、通常は常温まで冷却し、その後、再加熱して焼鈍、または伸線加工後に再加熱して焼鈍を行うが、冷却終了温度は特に限定せず、600℃以下常温の範囲としてもよい。

30

【0038】

焼鈍後の炭化物のアスペクト比を小さくして、加工性を更に向上させる場合には、減面率40%以下の伸線加工を行うことができる。伸線加工によりセメンタイトが分断されることで、焼鈍後の球状化を促進され炭化物のアスペクト比が低減する。伸線加工の減面率が40%を超えると、焼鈍後の強度が高くなり加工性が劣化するため、上限を40%とした。

【0039】

軟質化焼鈍は600℃以上700℃以下で行う。焼鈍温度が600℃未満ではセメンタイトの球状化が不十分で平均アスペクト比が3以上となり、加工性を劣化させる。また700℃を超えるとセメンタイトが粗大化し平均粒子径が0.6μmを超え、またセメンタイトの個数も低下する。このため、焼鈍温度の下限を600℃、上限を700℃とした。なお、より好ましい範囲は600℃以上680℃以下である。

40

【実施例】

【0040】

供試鋼の成分を表1に示す。鋼Kと鋼Lは本発明の範囲を外れる比較例である。加工性と組織の関係を評価する目的で、表2の条件で熱間圧延と恒温変態処理を行い、その後、表3に示した種類の条件で焼鈍処理を行って組織を変化させた。加工性の評価には引張り試験を行い、絞り(RA)を延性の指標として評価した。表2および図1に鋼種Hを用いて評価し

50

た組織と加工性の関係を示す。表2の(1), (2), (3)は本発明の範囲を満たす実施例である。(4)は焼鈍温度を本発明の上限を超える温度として製造し、セメンタイトの平均粒子径、セメンタイトの個数が本発明の範囲を外れる比較例である。この結果、RAが本発明と比べて著しく低下していることがわかる。(6)は恒温変態条件が本発明の範囲を満たさない条件で製造し、フェライト粒径、セメンタイトの平均粒子径、及びセメンタイトの個数が本発明の範囲を外れる比較例である。本発明と比較してRAが低い。以上より、フェライトの平均粒径、セメンタイトの平均アスペクト比と平均粒子径、及びセメンタイトの個数が本発明の範囲を満たす場合には著しくRAが向上し、加工性が優れていることがわかる。

【0041】

10

表1に示した各鋼種を用いて線材圧延を行い、製造条件と焼鈍後の組織の関係を評価した。焼鈍は昇温速度180℃/hにて表4に記載した所定の温度まで加熱し、5h保持後空冷した。表4に示すように、17は冷却槽保持時間、恒温層保持時間のいずれもが本発明の範囲を外れる条件である。また、2, 4, 7, 9, 13, 21は、巻取り後に恒温保持を行わない従来の製造条件にて製造した比較例である。これらはいずれも、セメンタイトの平均アスペクト比、セメンタイトの平均粒子径、セメンタイトの個数のいずれかが本発明の範囲を満たさない。以上から本発明の製造条件を満たさない条件では、焼鈍後の組織が本発明の範囲を外れることがわかる。

【0042】

表4に示した各実施例と比較例のRAを表5に示す。同じ鋼種のRAを比較すると、本発明は比較例より著しくRAが向上しており、加工性が優れていることがわかる。

20

【0043】

【表 1】

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Ti	Nb	その他	備考
A	0.08	0.06	0.43	0.009	0.009	0.036	0.0038	-	-	-	-	本発明
B	0.18	0.02	0.77	0.018	0.009	0.042	0.0026	-	-	-	-	本発明
C	0.19	0.07	0.47	0.010	0.009	0.035	0.0053	-	0.011	-	-	本発明
D	0.20	0.22	0.51	0.008	0.006	0.031	0.0051	-	-	-	-	本発明
E	0.21	0.18	0.91	0.013	0.006	0.036	0.0032	0.002	0.020	-	-	本発明
F	0.33	0.24	0.78	0.014	0.022	0.0031	0.0040	-	-	-	-	本発明
G	0.33	0.20	0.82	0.018	0.021	0.035	0.0034	0.002	0.018	-	-	本発明
H	0.43	0.21	0.64	0.020	0.018	0.026	0.0030	-	-	-	-	本発明
I	0.46	0.27	0.88	0.014	0.026	0.008	0.0054	0.003	0.012	0.015	-	本発明
J	0.56	0.29	0.78	0.014	0.025	0.031	0.0055	-	-	-	-	本発明
K	0.44	0.71	0.92	0.022	0.034	0.029	0.0058	-	-	-	Cr : 1.4	比較例
L	0.64	0.28	0.69	0.018	0.015	0.033	0.0071	-	-	-	-	比較例

【0044】

10

20

30

40

【表 2】

記号	鋼種	線径 (mm)	冷却槽 温度 (°C)	冷却槽 保持時間 (s)	恒温槽 温度 (°C)	恒温槽 保持時間 (s)	焼鈍条件	平均 ファイバ径 (μm)	セメントの 平均7μm ² 外比	セメントの 平均粒子径 (μm)	セメントの 個数 (×10 ⁶ 個/mm ²)	RA (%)	備考
(1)	H	13.0	550	23	550	41	焼鈍1	12.2	2.2	0.37	0.92	71.3	本発明
(2)	H	5.5	450	15	550	26	焼鈍1	10.2	1.7	0.30	0.94	71.9	本発明
(3)	H	5.5	420	33	500	67	焼鈍1	9.8	1.6	0.25	1.3	74.3	本発明
(4)	H	13.0	550	15	550	26	焼鈍3	11.4	2.3	0.84	0.11	55.3	比較例
(6)	H	10.0	-	-	-	-	焼鈍3	18.7	2.1	1.1	0.03	56.5	比較例
(7)	H	13.0	-	-	-	-	焼鈍1	12.5	2.6	0.46	0.65	-	比較例

【0045】

10

20

30

40

【表 3】

	焼鈍条件
焼鈍1	昇温速度180℃/hで685℃まで加熱し、5h保持後、空冷する。
焼鈍2	昇温速度180℃/hで620℃まで加熱し、5h保持後、空冷する。
焼鈍3	昇温速度180℃/hで740℃まで加熱し、4h保持後、10℃/hにて650℃まで冷却し、空冷する。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

【表 4】

記号	鋼種	線径 (mm)	冷却槽 温度 (°C)	冷却槽 保持時間 (s)	恒温槽 温度 (°C)	恒温槽 保持時間 (s)	パーライト組織と ベイライト組織の 合計体積率(%)	伸線 減面率 (%)	焼鈍 温度 (°C)	平均 フライト粒径 (μm)	メンタイトの 平均7σ [*] 外比	メンタイトの 平均粒子径 (μm)	メンタイトの 個数 (×10 ⁶ 個/mm ²)	備考
1	A	13.0	420	20	500	35	63	-	690	12.4	1.9	0.22	0.21	本発明
2	A	13.0	-	-	-	-	12	-	690	13.7	3.6	0.63	0.05	比較例
3	B	5.0	450	17	550	30	62	-	670	13.5	2.2	0.23	0.37	本発明
4	B	5.0	-	-	-	-	21	-	670	22.4	3.8	0.68	0.09	比較例
5	B	15.5	450	18	500	36	63	28	670	10.7	1.8	0.38	0.31	本発明
6	B	15.5	450	18	500	36	63	52	670	9.1	1.7	0.85	0.05	比較例
7	B	16.0	-	-	-	-	21	31	670	30.4	2.8	0.71	0.08	比較例
8	C	7.0	500	26	550	52	72	-	670	12.7	1.9	0.21	0.52	本発明
9	C	7.0	-	-	-	-	27	-	670	13.3	3.7	0.69	0.11	比較例
10	D	14.5	460	41	460	92	78	-	670	12.3	1.9	0.23	0.45	本発明
11	D	14.5	460	41	460	92	48	-	670	12.9	2.1	0.26	0.33	比較例
12	E	12.0	530	19	570	40	77	-	670	11.3	2.0	0.25	0.42	本発明
13	E	12.0	-	-	-	-	28	-	670	12.2	4.2	0.67	0.14	比較例
14	F	12.5	500	18	550	30	83	-	690	12.7	1.8	0.27	0.56	本発明
15	F	12.5	500	18	550	30	74	-	690	19.1	3.6	0.69	0.16	比較例
16	G	16.0	550	19	550	37	82	-	690	12.3	1.7	0.24	0.54	本発明
17	G	16.0	550	7	550	10	54	-	690	12.1	1.5	0.53	0.21	比較例
18	I	11.5	530	22	570	39	92	-	680	12.2	1.5	0.24	1.02	本発明
20	J	12.0	500	41	500	72	97	-	680	13.1	1.6	0.28	0.91	本発明
21	J	12.0	-	-	-	-	78	-	680	13.8	3.1	0.35	0.61	比較例
22	K	12.0	500	41	500	72	56	-	680	13.5	2.4	0.79	0.18	比較例
23	L	11.5	500	41	500	72	92	-	680	13.4	2.2	0.52	0.54	比較例

【0047】

10

20

30

40

【表 5】

記号	鋼種	RA (%)	備考
1	A	85.9	本発明
2	A	81.2	比較例
3	B	85.1	本発明
4	B	79.2	比較例
5	B	82.3	本発明
6	B	78.4	比較例
7	B	77.3	比較例
8	C	81.6	本発明
9	C	74.6	比較例
10	D	79.2	本発明
11	D	74.8	比較例
12	E	79.9	本発明
13	E	73.3	比較例
14	F	71.3	本発明
15	F	68.2	比較例
16	G	75.4	本発明
17	G	70.5	比較例
18	I	73.5	本発明
19	I	67.1	比較例
20	J	68.8	本発明
21	J	60.9	比較例
22	K	61.4	比較例
23	L	59.3	比較例

10

20

【図面の簡単な説明】

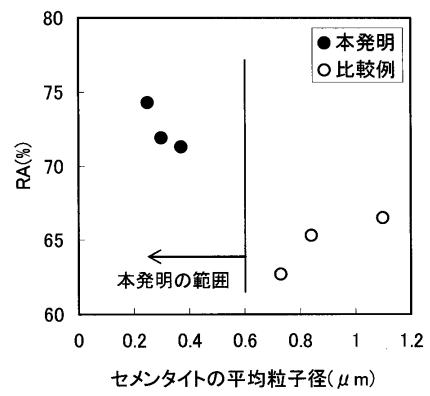
30

【0048】

【図1】セメントタイトの平均粒子粒（ μm ）とRA（%）の関係を示す図。

【図 1】

図 1



フロントページの続き

- (72)発明者 小此木 真
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 西田 世紀
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 大羽 浩
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

審査官 伊藤 真明

- (56)参考文献 特開平01-279710 (JP, A)
特開昭61-177326 (JP, A)
特開2000-336460 (JP, A)
特開2000-008140 (JP, A)

- (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 6 |