(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 4 月 16 日(16.04.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/053311 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C21D 9/52* (2006.01)
C21D 1/20 (2006.01) *C21D 9/58* (2006.01)
C21D 1/607 (2006.01) *C22C 38/54* (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/076938

(22) 国際出願日: 2014 年 10 月 8 日(08.10.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-211365 2013 年 10 月 8 日(08.10.2013) JP

(71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 多田 達誠(TADA Tatsusei); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 高橋 幸弘(TAKAHASHI Yukihiro); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 西川 宜孝(NISHIKAWA Yoshitaka); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 平上 大輔(HIRAKAMI Daisuke); 〒1008071 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 Tokyo (JP). 真鍋 敏之(MANABE Toshiyuki); 〒1008071 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 Tokyo (JP).

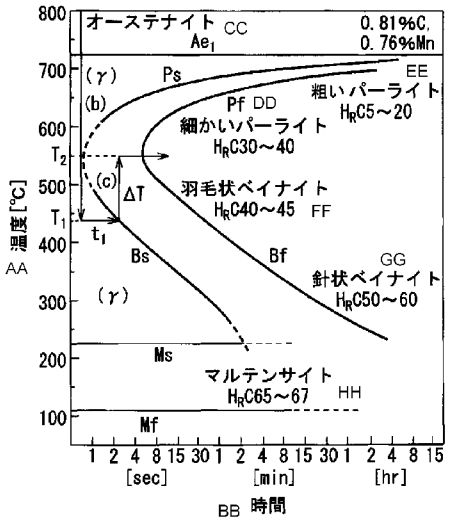
(74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,

[続葉有]

(54) **Title**: WIRE ROD, HYPEREUTECTOID BAINITE STEEL WIRE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称 : 線材、過共析ベイナイト鋼線、及びそれらの製造方法



AA Temperature [°C]
BB Time
CC Austenite
DD Fine perlite HRC30-40
EE Coarse perlite HRC5-20
FF Feathery bainite HRC40-45
GG Needle-shaped bainite
HH Martensite HRC65-67

(57) **Abstract**: The wire rod pertaining to the present invention has a predetermined component composition, the metallographic structure of which includes bainite in an area ratio of 90-100%, and when eight test pieces having a length of 400 mm are manufactured by dividing a length of 3200 mm of the wire rod into eight elements having the same length, the average tensile strength (TS) of the test pieces in units of N/mm^2 satisfies the relationship "[TS] ≤ 810 × [C] + 475," the difference between the largest and smallest of the tensile strength values of the test pieces is 50 N/mm^2 or less, and the average reduction of area (RA) of the test pieces in units of percent satisfies the relationship "[RA] ≥ − 0.083 × [TS] + 154."

(57) 要約: 本発明に係る線材は、所定の成分組成を有し、金属組織が、９０～１００面積%のベイナイトを含み、長さ３２００mmの線材を８本の同じ長さの要素に分割することにより、８本の長さ４００mmの試験片を製造した場合に、各前記試験片の平均引張強度ＴＳが、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で、「［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５」との関係を満足し、各前記試験片の各前記引張強度のうち最大値と最小値との差が５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であり、各前記試験片の平均絞り値ＲＡが、単位%で、「［ＲＡ］≧－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４」との関係を満足する。

WO 2015/053311 A1

MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

線材、過共析ベイナイト鋼線、及びそれらの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、伸線特性及び耐遅れ破壊特性に優れた過共析ベイナイト鋼線用の線材、該線材から製造された過共析ベイナイト鋼線、及びそれらの製造方法に関する。

本願は、２０１３年１０月８日に、日本に出願された特願２０１３－２１１３６５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] 線材は、鋼線などの種々の機械部品の材料である。線材から種々の機械部品（以下、最終製品と称する）を製造する場合、通常は伸線加工等の機械加工と、焼鈍とが線材に行われる。最終製品の引張強度は、主に線材の成分組成、特に線材のＣ含有量に影響される。一方、線材の金属組織は、焼鈍の際の変態によって変化する。従って、最終製品が焼鈍を含む工程によって製造される場合、線材の金属組織は最終製品の引張強度に影響しない。以上の理由により、最終製品が焼鈍を含む工程によって製造される場合、線材の成分組成は、最終製品に必要とされる引張強度に応じたものとされる必要がある。

[0003] 一方、最終製品の引張強度に関わらず、線材の引張強度は低い方が好ましい。引張強度が高い線材は、機械加工性および伸線特性が低い。さらに、引張強度が高い線材は、遅れ破壊（水素脆化による破壊）に対する感受性が高いので、その製造、保管、および輸送の際に折損しやすい。特に、線材のＣ含有量が０．８質量％以上である場合（すなわち、線材のＣ含有量が共析点を上回っているので、線材が過共析鋼である場合）、遅れ破壊（水素脆化）に対する線材の感受性が高くなるという問題がある。その結果、保管及び輸送のために製造後の線材をコイル状に結束した場合、結束時の応力によって

線材が折損することがある。線材の折損は、線材の加工能率の低下を招く。さらに、折損した線材の長さが最終製品に必要とされる長さよりも短い場合、その線材を最終製品の材料として用いることができない。

[0004] 遅れ破壊（水素脆化）に起因する折損を防止するためには、結束条件を緩和すること、例えば線材を結束する力を低減すること等が考えられる。しかし、結束条件を緩和することにより、コイルの保管性、コイルの輸送性、及び、コイルを取り扱う際の安全性等が損なわれる。

[0005] 線材の成分組成を調整すること、例えばＣ含有量を低下させることにより線材の引張強度を低下させれば、遅れ破壊および機械加工性に関する問題は解消される。しかし、上述したように、線材の成分組成は、最終製品に必要とされる引張強度に応じたものとされる必要がある。従って、線材の成分組成の調整を、遅れ破壊の防止の手段として採用することはできない。

[0006] 線材の製造時の熱処理条件を変化させることにより、線材の引張強度を低下させることができる。従来の過共析線材（Ｃ含有量が共析点を上回る線材）の金属組織は主にパーライトからなる。従来の過共析線材の製造方法は、鋼材を圧延して線材を得る工程と、この線材を冷却する工程とを含む。冷却する工程の際に、線材の金属組織がパーライトとなる。この製造方法において、圧延後の線材をまずオーステナイト温度域まで加熱し、次に比較的遅い冷却速度で冷却すれば、線材の引張強度を低下させることができる。しかし、Ｃ含有量が共析点を上回る線材の製造方法に、冷却速度が遅い製造条件を適用した場合、冷却時にパーライトのみならず初析セメンタイトが多く生成する。初析セメンタイトは、線材の加工性を悪化させる。従って、線材の冷却速度を遅くすることを、遅れ破壊の防止の手段として採用することはできない。

[0007] 以上の事情に鑑みて、本発明者らは、線材の金属組織の調整を、引張強度の低下の手段として採用することを検討した。上述のように、最終製品が焼鈍を含む工程によって製造される場合、線材の金属組織は最終製品の引張強度に影響を及ぼさない。従来技術による一般的な線材は主にパーライト組織

からなり、このような線材はパーライト線材と称される。一方、ベイナイトを主な組織とする線材（ベイナイト線材）は、パーライト線材よりも伸線特性に優れていることが知られている（例えば特許文献１～７参照）。また、Ｃ含有量が共析点を上回る過共析ベイナイト線材の引張強度は、そのベイナイト線材と同じＣ含有量を有するパーライト線材の引張強度よりも低い。例えば、本発明者らは、Ｃ含有量が１．１％であるベイナイト線材の平均引張強度が、Ｃ含有量が１．１％であるパーライト線材の平均引張強度よりも２００～３００ＭＰａ低いことを知見した。線材の金属組織をベイナイトとすることにより、焼鈍後の最終製品に求められる引張強度に関わらず（すなわち、鋼線に求められるＣ含有量に関わらず）、線材の引張強度を低下させ、これにより伸線特性の向上と遅れ破壊の抑制とを達成することができる。

[0008] しかしながら、ベイナイト線材は、引張強度がばらつきやすいという問題がある。線材の引張強度がばらついている状態とは、１本の線材の中の複数個所において引張強度を測定した場合に、これら測定値がばらついている状態を意味する。線材の引張強度がばらついている場合、引張強度が高い箇所において遅れ破壊（水素脆化）に対する感受性が高まり、折損が生じる。さらに、線材の引張強度がばらついている場合、線材の加工性がばらつくので、線材の機械加工が難しくなる。特許文献１～７には、ベイナイト線材の製造方法が開示されている。しかし本発明者らは、これら文献中に具体的に開示された製造方法に基づいてベイナイト線材を製造した場合、線材の引張強度が大きくばらつくことを知見した。本発明者らは、上述の製造方法によって得られた線材を、まず３２００ｍｍの長さに切断した。次に本発明者らは、この線材を８等分することにより、４００ｍｍの長さを有する試験片を８本作成し、これら試験片に引張試験を行った。これら試験片の引張強度のうち最大値と最小値との差（以下、引張強度のばらつき幅と称する）は、１００Ｎ／ｍｍ^{2}超であった。一方、本発明者らが検討した結果、線材の引張強度のばらつき幅が５０Ｎ／ｍｍ^{2}超である線材は、工業的な利用に供することが難しいことがわかった。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：日本国特開平０５－１１７７６２号公報

特許文献2：日本国特開平０６－０１７１９０号公報

特許文献3：日本国特開平０６－０１７１９１号公報

特許文献4：日本国特開平０６－０１７１９２号公報

特許文献5：日本国特開平０６－０７３５０２号公報

特許文献6：日本国特開平０６－３３０２４０号公報

特許文献7：日本国特開平０８－００３６３９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 上述したように、従来技術によるパーライト線材は、引張強度が高いので、遅れ破壊が生じやすいという問題を有していた。このパーライト線材のＣ含有量を減少させることにより引張強度を減少させることは、パーライト線材から得られる最終製品の要求仕様に鑑みて、困難であった。一方、このパーライト線材の製造方法において冷却速度を減少させることにより引張強度を減少させることは、初析セメンタイトの量を増大させるので、好ましくなかった。初析セメンタイト量の増大は、線材の機械加工性を低下させる。また、従来技術によるベイナイト線材、特にＣ含有量が共析点を上回る過共析ベイナイト線材は、引張強度がばらつきやすいという問題を有していた。引張強度のばらつきは、遅れ破壊の発生頻度を上昇させ、且つ機械加工性を低下させる。

[0011] 本発明は、線材の金属組織を主にベイナイトとすることにより、Ｃ含有量が共析点を上回る線材の低引張強度化および高延性化を行い、線材の伸線特性及び耐遅れ破壊特性を高めることを課題とする。さらに、本発明は、線材の引張強度のばらつきを抑制することを課題とする。そして、本発明は、これら課題を解決する線材と、この線材を用いて製造した過共析ベイナイト鋼

線と、これらを安定的に製造するための製造方法と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

[0012] 本発明者らは、初析セメンタイトの抑制と、線材の低強度化とが両立可能なベイナイト組織を生成させることができる製造条件に基づいて線材を製造することにより、上述の課題を解決できることを見いだした。

[0013] 本発明は、上記知見に基づいてなされたもので、その要旨は次の通りである。

[0014] （１）本発明の一態様に係る線材は、単位質量％で、Ｃ：０．８０超～１．２０％、Ｓｉ：０．１０～１．５０％、Ｍｎ：０～１．００％、Ｐ：０～０．０２％、Ｓ：０～０．０２％、Ｃｒ：０～１．００％、Ｎｉ：０～１．００％、Ｃｕ：０～１．００％、Ｍｏ：０～０．５０％、Ｔｉ：０～０．２０％、Ｎｂ：０～０．２０％、Ｖ：０～０．２０％、Ｂ：０～０．００５０％、Ａｌ：０～０．１０％、及び、Ｃａ：０～０．０５％を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有し、金属組織が、９０～１００面積％のベイナイトを含み、長さ３２００ｍｍの線材を８本の同じ長さの要素に分割することにより、８本の長さ４００ｍｍの試験片を製造した場合に、各前記試験片の引張強度の平均値ＴＳが、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で、下記式１を満足し、各前記試験片の各前記引張強度のうち最大値と最小値との差が５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であり、各前記試験片の絞り値の平均値ＲＡが、単位％で、下記式２を満足する。

［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５ ・・・（式１）

［ＲＡ］≧－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４ ・・・（式２）

ここで、［Ｃ］は単位質量％で表された前記線材のＣ含有量であり、［ＴＳ］は、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で表された前記引張強度の前記平均値ＴＳであり、［ＲＡ］は、単位％で表された前記絞り値の前記平均値ＲＡである。

[0015] （２）本発明の別の態様に係る過共析ベイナイト鋼線は、上記（１）に記載の線材を伸線加工することにより得られる。

[0016] （３）本発明の一態様に係る線材の製造方法は、上記（１）に記載の線材の製造方法であって、単位質量％で、Ｃ：０．８０超～１．２０％、Ｓｉ：０．１０～１．５０％、Ｍｎ：０～１．００％、Ｐ：０～０．０２％、Ｓ：０～０．０２％、Ｃｒ：０～１．００％、Ｎｉ：０～１．００％、Ｃｕ：０～１．００％、Ｍｏ：０～０．５０％、Ｔｉ：０～０．２０％、Ｎｂ：０～０．２０％、Ｖ：０～０．２０％、Ｂ：０～０．００５０％、Ａｌ：０～０．１０％、及び、Ｃａ：０～０．０５％を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る工程と、８５０～１０５０℃の前記線材を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記線材を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、前記線材を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、前記線材を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、を備える。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$ ・・・（式３）

$t_{complete}$は、前記線材を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[0017] （４）上記（３）に記載の線材の製造方法では、前記線材が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点と、前記線材が前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点との間の経過時間が１０～４０秒であってもよい。

[0018] （５）上記（３）に記載の線材の製造方法では、前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記線材において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記線材の復熱を検出することにより判定してもよい。

[0019] （６）本発明の別の態様に係る過共析ベイナイト鋼線の製造方法は、上記（２）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法であって、単位質量％で、Ｃ

：０．８０超～１．２０％、Ｓｉ：０．１０～１．５０％、Ｍｎ：０～１．００％、Ｐ：０．０２％以下、Ｓ：０．０２％以下、Ｃｒ：０～１．００％、Ｎｉ：０～１．００％、Ｃｕ：０～１．００％、Ｍｏ：０～０．５０％、Ｔｉ：０～０．２０％、Ｎｂ：０～０．２０％、Ｖ：０～０．２０％、Ｂ：０～０．００５０％、Ａｌ：０～０．１０％、及び、Ｃａ：０～０．０５％を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る工程と、８５０～１０５０℃の線材を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記線材を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、前記線材を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、前記線材を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出された前記線材に伸線加工を施す工程と、を備える。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$

$t_{complete}$は、前記線材を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[0020] （７）上記（６）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法では、前記線材が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬されている時間が１０～４０秒であってもよい。

[0021] （８）上記（６）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法では、前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記線材において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記線材の復熱を検出することにより判定してもよい。

[0022] （９）本発明の別の態様に係る過共析ベイナイト鋼線の製造方法は、上記（２）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法であって、単位質量％で、Ｃ：０．８０超～１．２０％、Ｓｉ：０．１０～１．５０％、Ｍｎ：０～１．００％、Ｐ：０～０．０２％、Ｓ：０～０．０２％、Ｃｒ：０～１．００％

、Ｎｉ：０～１．００％、Ｃｕ：０～１．００％、Ｍｏ：０～０．５０％、Ｔｉ：０～０．２０％、Ｎｂ：０～０．２０％、Ｖ：０～０．２０％、Ｂ：０～０．００５０％、Ａｌ：０～０．１０％、及び、Ｃａ：０～０．０５％を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延することにより得られる線材に伸線加工を行って鋼線を得る工程と、８５０～１０５０℃の前記鋼線を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記鋼線を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記鋼線のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、前記鋼線を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、前記鋼線を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、を備える。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$

$t_{complete}$は、前記線材を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[0023] （１０）上記（９）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法では、前記鋼線が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点と、前記鋼線が前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点との間の経過時間が１０～４０秒であってもよい。

[0024] （１１）上記（９）に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法では、前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記鋼線において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記鋼線の復熱を検出することにより判定してもよい。

[0025] （１２）上記（９）～（１１）のいずれか一項に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法では、前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出された前記鋼線にさらに伸線加工を施す工程を備えてもよい。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、従来のパーライト線材よりも低引張強度且つ高延性であ

り、従来のベイナイト線材よりも引張強度のばらつき幅が小さい線材が得られる。本発明に係る線材を結束する際、又は本発明に係る線材が結束されている状態において、折損の発生が抑制される。さらに、本発明に係る線材の加工性、およびこの線材を伸線加工して得られた本発明に係る鋼線の加工性は良好である。従って、本発明によれば、伸線特性及び耐遅れ破壊特性に優れた過共析ベイナイト鋼線用の線材、この線材を用いて製造した過共析ベイナイト鋼線、及び、それらを安定的に製造する製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の一実施形態に係る線材の製造方法における熱処理条件を説明する図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る線材における引張強度ＴＳ（Ｎ／ｍｍ^2）とＣ含有量（質量％）との関係の一例を示す図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る線材の製造方法における熱処理条件と、線材の引張強度のばらつきとの関係を示す図である。

[図4]本発明の一実施形態に係る線材または鋼線の製造方法を示すフローチャートである。

[図5]本発明の別の実施形態に係る鋼線の製造方法を示すフローチャートである。

[図6]ベイナイトの面積率を求める方法を示す図である。

[図7]線材を溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬する際の線材形状の模式図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明の実施形態について説明する。

[0029] 本実施形態に係る伸線特性及び耐遅れ破壊特性に優れた過共析ベイナイト鋼線用線材（以下「本実施形態に係る線材」ということがある。）について説明する。

[0030] 本実施形態に係る線材は、単位質量％で、Ｃ：０．８０超～１．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．５０％、Ｍｎ：０～１．００％、Ｐ：０～０．０２％、Ｓ：０～０．０２％、Ｃｒ：０～１．００％、Ｎｉ：０～１．００％、Ｃｕ：０～１．００％、Ｍｏ：０～０．５０％、Ｔｉ：０～０．２０％、Ｎｂ：０～０．２０％、Ｖ：０～０．２０％、Ｂ：０～０．００５０％、Ａｌ：０～０．１０％、及び、Ｃａ：０～０．０５％を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有し、長さ３２００ｍｍの線材を８本の同じ長さの要素に分割することにより、８本の長さ４００ｍｍの試験片を製造した場合に、各前記試験片の平均引張強度ＴＳが、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で、下記式１を満足し、各前記試験片の各前記引張強度のうち最大値と最小値との差が５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であり、各前記試験片の平均絞り値ＲＡが、単位％で、下記式２を満足することを特徴とする。

[0031] ［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５ ・・・（式１）

［ＲＡ］≧－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４ ・・・（式２）

ここで、［Ｃ］は単位質量％で表された前記線材のＣ含有量であり、［ＴＳ］は、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で表された前記平均引張強度ＴＳである。

[0032] まず、本実施形態に係る線材の成分組成について説明する。以下、単位「％」は「質量％」を意味する。

[0033] Ｃ：０．８０超～１．２０％

Ｃは、線材の焼入れ性と引張強度とを高める元素である。線材の焼入れ性を高めることにより、線材の主な組織がベイナイトとなる。Ｃ含有量が０．８０％超である場合、所要の焼入れ性と引張強度とが得られる。一方、Ｃ含有量が１．２０％超である場合、初析セメンタイトが生成し、線材の伸線加工時に断線が発生し易くなる。従って、初析セメンタイトの生成を抑制するために、Ｃ含有量の上限値を１．２０％とする。ベイナイト生成をさらに容易にするために、Ｃ含有量の下限値を０．８５％、０．９０％、または０．９５％としてもよい。また、引張強度が高すぎる場合、遅れ破壊に対する線

材の感受性が高まるので、Ｃ含有量の下限値を１．１５％、１．１０％、または１．０５％としてもよい。

[0034] Ｓｉ：０．１０～１．５０％

Ｓｉは、線材の引張強度を高める元素である。また、Ｓｉは、脱酸剤として機能する元素である。Ｓｉ含有量が０．１０％未満である場合、上述の効果が得られないので、Ｓｉ含有量の下限値を０．１０％とする。しかし、過共析鋼において、Ｓｉは、初析フェライトの析出を促進する。初析フェライトは、線材の伸線加工時に断線を発生させるおそれがある。さらにＳｉは、過共析鋼において、伸線加工での限界加工度を低下させるおそれもある。従って、Ｓｉ含有量の上限値を１．５０％とする。Ｓｉによる上述の効果をさらに高めるために、Ｓｉ含有量の下限値を０．１５％、０．２０％、または０．２５％としてもよい。また、伸線加工をさらに容易にするために、Ｓｉ含有量の上限値を１．４５％、１．４０％、または１．３５％としてもよい。

[0035] Ｍｎ：０～１．００％

本実施形態に係る線材がＭｎを含有する必要はない。従って、本実施形態に係る線材のＭｎ含有量の下限値は０％である。しかし、Ｍｎは、線材の焼入れ性を高めることにより線材の強度を高める効果を有する。また、Ｍｎは、Ｓｉと同様に、脱酸剤として働く元素である。従って、必要に応じてＭｎを線材に含有させてもよい。Ｍｎ含有量が１．００％を超える場合、Ｍｎの偏析部において、焼入れ性が向上し、変態終了までの時間が長くなる。すなわち、この場合、線材において焼入れ性が一様ではなくなり、焼入れ性が高い箇所にマルテンサイトが生じ、このマルテンサイトが伸線加工時に断線の原因となる。従って、Ｍｎ含有量の上限値を１．００％とする必要がある。また、伸線特性をさらに高めるために、Ｍｎ含有量の上限値を０．９０％、または０．８０％としてもよい。Ｍｎ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、Ｍｎ含有量の下限値は好ましくは０．２０％、より好ましくは０．４０％である。

[0036] Ｐ：０～０．０２％

Ｓ：０～０．０２％

ＰおよびＳは、不純物元素である。ＰおよびＳが線材中に多量に存在する場合、線材の延性が低下する。従って、ＰおよびＳの上限値は、いずれも０．０２％である。好ましくは、Ｐ含有量およびＳ含有量の上限値は、いずれも０．０１％であり、より好ましくはいずれも０．００５％である。Ｐ含有量およびＳ含有量は少ないほど好ましいので、Ｐ含有量およびＳ含有量の下限値は０％である。しかし、これら元素の含有量を０．００１％以下に低減することは、線材の製造コストの上昇を招く。従って、実用鋼ではＰ含有量およびＳ含有量の下限値は０．００１％となることが通常である。

[0037] 本実施形態に係る線材は、上記元素の他、Ｃｒ、Ｎｉ、Ｃｕ、Ｍｏ、Ｔｉ、Ｎｂ、Ｖ、Ｂ、Ａｌ、及び、Ｃａを、本実施形態に係る線材の特性を阻害しない範囲で適宜含有してもよい。しかしながら、これら元素の含有は必須ではないので、これら元素の含有量の下限値は０％である。

[0038] Ｃｒ：０～１．００％

Ｃｒは、線材の焼入れ性を向上させ、これによりベイナイト変態を促進する元素である。Ｃｒ含有量が１．００％を超える場合、変態開始から変態終了までに要する時間が長くなり、これによりベイナイト変態を完了させるまでの熱処理時間が長くなるので好ましくない。また、Ｍｎと同様に、１．００％超のＣｒは線材中にマルテンサイトを生成させるおそれもある。従って、Ｃｒ含有量の上限値を１．００％とする。Ｃｒ含有量は、好ましくは０．５０％以下であり、より好ましくは０．３０％以下である。Ｃｒ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、０．０１％以上、より好ましくは０．０５％以上のＣｒを含有してもよい。

[0039] Ｎｉ：０～１．００％

Ｎｉは、Ｃｒと同様に、線材の焼入れ性を向上させ、これによりベイナイト変態を推進する元素である。Ｎｉ含有量が１．００％を超える場合、フェライト相の延性が低下する。従って、Ｎｉ含有量の上限値を１．００％とす

る。Ｎｉ含有量は、好ましくは０．７０％以下であり、より好ましくは０．５０％以下である。Ｎｉ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上のＮｉを含有してもよい。

[0040] Ｃｕ：０～１．００％

Ｃｕは、線材の腐食疲労特性を向上させる元素である。Ｃｕ含有量が１．００％を超える場合、ベイナイト中のフェライトの延性が低下する。従って、Ｃｕ含有量の上限を１．００％とする。Ｃｕ含有量は、好ましくは０．７０％以下、より好ましくは０．５０％以下である。Ｃｕ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは０．０５％以上、より好ましくは０．１０％以上のＣｕを含有してもよい。

[0041] Ｍｏ：０～０.５０％

Ｍｏは、線材の焼入れ性を向上させる元素である。Ｍｏ含有量が０.５０％を超える場合、線材の焼入れ性が過剰に向上し、これによりＭｏ偏析部にミクロマルテンサイトが析出するおそれがある。ミクロマルテンサイトは、線材の延性を低下させる場合がある。従って、Ｍｏ含有量の上限値を０.５０％とする。Ｍｏ含有量は、好ましくは０．３０％以下であり、より好ましくは０．１０％以下である。Ｍｏ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは０．０１％以上、より好ましくは０．０３％以上のＭｏを含有してもよい。

[0042] Ｔｉ：０～０．２０％

Ｎｂ：０～０．２０％

Ｖ：０～０．２０％

Ｔｉ、Ｎｂ、及び、Ｖは、加熱された線材のγ粒径を微細化する。この場合、線材が冷却される際に形成される組織が微細化されるので、線材の靭性が向上する。一方、Ｔｉ、Ｎｂ、及び、Ｖの含有量が０．２０％を超える場合、本実施形態に係る線材の特性に悪影響を及ぼす。従って、Ｔｉ、Ｎｂ、及び、Ｖの含有量いずれの上限値も０．２０％とする。Ｔｉ、Ｎｂ、及び、

Ｖの含有量は、好ましくは、いずれも０．１５％以下、より好ましくは０．１０％以下である。Ｔｉ、Ｎｂ、及び、Ｖの含有量の下限値はいずれも０％であるが、上述の効果を得るために、Ｔｉ、Ｎｂ、及び、Ｖの含有量の下限値それぞれを好ましくは０．０１％、より好ましくは０．０２％としてもよい。

[0043] Ｂ：０～０．００５０％

Ｂは、線材の焼入れ性を向上させる。Ｂ含有量が０．００５０％を超える場合、線材の焼入れ性が高くなり過ぎるので、線材中にマルテンサイトが形成されることにより線材の延性が低下するおそれがある。従って、Ｂ含有量の上限値を０．００５０％とする。Ｂ含有量は、好ましくは０．００４０％以下であり、より好ましくは０．００３０％以下である。Ｂ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは０．０００５％以上、より好ましくは０．００１０％以上のＢを含有してもよい。

[0044] Ａｌ：０～０．１０％

Ａｌは、脱酸剤として機能する元素である。Ａｌ含有量が０．１０％を超える場合、硬質のアルミナ系介在物が生成し、この介在物が線材の延性および伸線性を低下させる。従って、Ａｌ含有量の上限値を０．１０％とする。Ａｌ含有量は、好ましくは０．０７％以下であり、より好ましくは０．０５％以下である。Ａｌ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは０．０１％以上、より好ましくは０．０２％以上のＡｌを含有してもよい。

[0045] Ｃａ：０～０．０５％

Ｃａは、線材中の介在物であるＭｎＳの形態を制御することにより、線材の耐遅れ破壊特性を向上させる。しかしながら、Ｃａ含有量が０．０５％を超える場合、Ｃａが粗大な介在物を生成し、これにより線材の耐遅れ破壊特性が低下する。従って、Ｃａ含有量の上限値を０．０５％とする。Ｃａ含有量は、好ましくは０．０４％以下、より好ましくは０．０３％以下である。Ｃａ含有量の下限値は０％であるが、上述の効果を得るために、好ましくは

０．００１％以上、より好ましくは０．００５％以上のＣａを含有してもよい。

[0046] 本実施形態に係る線材の成分組成の残部はＦｅ及び不純物からなる。不純物とは、鋼材を工業的に製造する際に、鉱石若しくはスクラップ等のような原料、又は製造工程の種々の要因によって混入する成分であって、本実施形態に係る線材に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。

[0047] 次に、本実施形態に係る線材の金属組織について説明する。

[0048] ベイナイト：９０～１００面積％

本実施形態に係る線材の金属組織は、９０～１００面積％のベイナイトを含有する。金属組織が９０～１００面積％のベイナイトを含有する線材（ベイナイト線材）の伸線特性は、金属組織が主にパーライトからなる線材（パーライト線材）と比較して優れている。また、ベイナイトに含まれるセメンタイトは、パーライトに含まれるセメンタイトよりも微細であるので、成分組成が同一のベイナイト線材とパーライト線材とを比較した場合、ベイナイト線材の引張強度はパーライト線材の引張強度よりも低い。線材の引張強度が低い場合、線材、およびこの線材を伸線加工して得られる鋼線の延性、伸線特性、および加工性が高い。これら特性をさらに向上させるために、ベイナイト含有量の下限値を９５面積％としてもよく、９８面積％としてもよい。ベイナイト以外に、例えばミクロマルテンサイト（ＭＡ）、初析セメンタイト等が線材の金属組織に含まれる場合がある。これらの含有は、ベイナイトの含有量が９０面積％以上である限り許容される。

[0049] ベイナイトの含有量は、伸線方向に垂直な線材断面を観察することにより求められる。ベイナイトの含有量を測定するための方法の例は、以下の通りである。まず、伸線方向に垂直な線材断面の複数の場所において金属組織像を得る。次に、各金属組織像におけるベイナイトの面積率の平均値を求める。金属組織像を得る撮影領域は特に限定されない。例えば図６に示されるように、伸線方向に垂直な線材断面１の中心部１１、表層部１２、および線材径の１／４の深さの領域である中間部１３それぞれが、互いに可能な限り離

隔された４つの撮影領域２を含んでいることが好ましい。金属組織像を得るための手段は特に限定されない。例えば、ＳＥＭ（走査電子顕微鏡）を用いて、撮影倍率１０００倍で金属組織像を撮影することが好ましい。金属組織像においてベイナイトを判別する手段は特に限定されない。その成分組成に鑑みて、本実施形態に係る線材がパーライト、マルテンサイト（ミクロマルテンサイトを含む）、初析セメンタイト、およびベイナイト以外の組織を含むことはないと見なすことができるので、本実施形態に係る線材の金属組織像において、パーライト、マルテンサイト、および初析セメンタイト以外の組織をベイナイトであると見なしてもよい。

[0050] 次に、本実施形態に係る線材の機械特性について説明する。

[0051] 線材の平均引張強度ＴＳ：８１０×［Ｃ］＋４７５Ｎ／ｍｍ^{2}以下

本実施形態に係る線材の機械特性は、長さ３２００ｍｍの線材を、同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片の特性を測定することにより評価される。上述の８本の試験片の引張強度の平均値が、線材の平均引張強度ＴＳと定義される。本実施形態に係る線材の平均引張強度ＴＳは、下記式１を満足する。

［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５ ・・・（１）

ここで、［Ｃ］は単位質量％で表された線材のＣ含有量であり、［ＴＳ］は、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で表された平均引張強度ＴＳである。

[0052] 線材の引張強度を増大させる主な要因は、線材のＣ含有量、および線材製造時の熱処理条件である。線材のＣ含有量に起因する引張強度の増大は、線材の引張強度をばらつかせない。何故なら、Ｃ含有量の増大に伴って生じる引張強度の増大は、線材全体にわたって一様に生じるからである。一方、線材製造時の熱処理条件に起因する引張強度の増大は、線材の引張強度をばらつかせるおそれがある。特に、線材の径が小さい場合、線材の単位長さ当たりの熱容量が小さく、線材の長さ方向の温度分布が大きくなるので、熱処理を線材全体で一様に行うことが難しくなり、引張強度のばらつきが生じやす

い。熱処理が引張強度に及ぼす影響が大きいほど、引張強度のばらつきも大きくなる。線材の引張強度がばらついている場合、線材および鋼線の加工性がばらつくので、線材および鋼線の機械加工が難しくなる。さらに、この場合、線材の引張強度が高い箇所において遅れ破壊（水素脆化）に対する感受性が高まり、折損が生じる。

[0053] 以上の事項に鑑みて、本実施形態に係る線材の平均引張強度は、Ｃ含有量のみによって規定される上限値を下回る必要がある。本発明者らは、上記式１によって、平均引張強度ＴＳの上限値を限定した。

[0054] 上記式１における係数“８１０”及び“４７５”は、Ｃ含有量が０．８０％超である線材、即ちＣ含有量が共析点を上回る線材において、本発明者らが実験的に求めた係数である。式１によって規定される上限値を、線材の平均引張強度ＴＳが上回る場合（即ち、Ｃ含有量に対して平均引張強度が高すぎる場合）、熱処理が引張強度に及ぼす影響が不適切な水準まで高まるので、線材の引張強度のばらつきが大きくなり、これにより機械加工の安定性が損なわれ、且つ折損が生じやすくなることを本発明者らは知見した。この場合、線材の製造の際の熱処理条件が適切ではなく、従って、線材の引張強度が不均一に高められていると考えられる。

[0055] 図２に、平均引張強度ＴＳ（Ｎ／ｍｍ^2）とＣ含有量（質量％）の関係の一例を示す。図から、本実施形態に係る線材の平均引張強度ＴＳは、“［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５”の領域内にあることが解る。

[0056] 線材の引張強度の下限値は特に規定されない。しかし、工業的に利用される線材にはある程度の引張強度が求められることが通常である。線材の平均引張強度がＣ含有量に対して低すぎる場合も、線材を工業的に利用することが難しくなる。従って、本実施形態に係る線材の平均引張強度を、以下の式１’、式１’’、または式１’’’によって規定してもよい。

８１０×［Ｃ］＋４２５≦［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５・・・（式１’）

８１０×［Ｃ］＋４３５≦［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５・・・（

式1’’）

８１０×［C］＋４４５≦［ＴＳ］≦８１０×［C］＋４７５・・・（式1’’’）

[0057] 線材の平均絞り値ＲＡ：－０．０８３×ＴＳ＋１５４以上

本実施形態に係る線材の機械特性の評価は、長さ３２００ｍｍの線材を、同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片の特性を測定することにより行われる。上述の８本の試験片の絞り値の平均値が、線材の平均絞り値ＲＡと定義される。本実施形態に係る線材の平均絞り値ＲＡは、下記式２を満足する。

［ＲＡ］≧－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４ ・・・（式２）

ここで、［ＴＳ］は、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で表された平均引張強度ＴＳである。

[0058] また、本実施形態に係る線材においては、平均絞り値ＲＡの下限値を、平均引張強度ＴＳから算出される下限値によって限定する。

[0059] 上記式２における係数“－０．０８３”及び“１５４”は、Ｃ含有量が過共析の領域内にある種々の線材の平均引張強度と平均絞り値とを調査することにより、本発明者らが実験的に求めた係数である。後述する、本実施形態に係る製造方法によって得られた線材の絞り値は、少なくとも「－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４」以上の平均絞り値を有していた。この平均絞り値は、従来のパーライト線材の平均絞り値を上回るものである。一方、金属組織が９０～１００％のベイナイトを有していない線材の平均絞り値は、上述の下限値よりも低かった。また、金属組織が主にベイナイトから成るが、このベイナイトが、過冷却状態のオーステナイトをベイナイト変態の開始前に加熱することにより得られたものである線材の平均絞り値も、上述の下限値より低かった。

[0060] 線材の引張強度のばらつき幅：８本の試験片の各引張強度のうち最大値と最小値との差が５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下

本実施形態に係る線材の機械特性の評価は、長さ３２００ｍｍの線材を、

同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片の特性を測定することにより行われる。本実施形態に係る線材においては、上述の各試験片の各引張強度のうち最大値と最小値との差が、線材の引張強度のばらつき幅と定義される。本実施形態に係る線材の引張強度のばらつき幅は５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下である。

[0061] 線材の引張強度が大きい場合、線材、および線材を伸線加工して得られる鋼線の加工性が小さくなる。線材の引張強度のばらつき幅が５０Ｎ／ｍｍ^{2}超である場合、この線材、およびこの線材を伸線加工することにより得られる鋼線を一定条件下で加工することが困難になる。さらに、この場合、線材の引張強度が高い箇所において遅れ破壊（水素脆化）に対する感受性が高まり、折損が生じる。線材および鋼線の加工をさらに容易にし、且つ線材の折損の発生をさらに抑制するために、線材の引張強度のばらつき幅は４５Ｎ／ｍｍ^{2}以下、４０Ｎ／ｍｍ^{2}以下、３５Ｎ／ｍｍ^{2}以下、または３０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であってもよい。

[0062] 本実施形態に係る線材の径は特に規定されない。しかしながら、線材の引張強度のばらつきをさらに抑止するために、線材の径を３．５～１６．０ｍｍとしてもよい。上述のように、線材の径が３．５ｍｍ未満である場合、線材の単位長さ当たりの熱容量が小さく、線材の長さ方向の温度分布が大きくなるので、熱処理を線材全体で一様に行うことが難しくなり、引張強度のばらつきが生じやすい。一方、線材の径が１６．０ｍｍ超である場合、線材の中心部と表層部とを一様に冷却することが難しくなり、線材の中心部の金属組織を所定のものとすることが難しくなるおそれがある。

[0063] 次に、本実施形態に係る線材および鋼線の製造方法（以下「本実施形態に係る製造方法」ということがある。）について説明する。

[0064] 本実施形態に係る線材の製造方法は、図４に示されるように、（ａ）上述した本実施形態に係る線材の成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る工程と、（ｂ）８５０～１０５０℃の線材を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴か

ら取り出す工程と、（ｃ）取り出しから５秒以内の時点であって、かつ線材のベイナイト変態の開始のｔ$_s$秒前～ｔ$_s$秒後である時点に、線材を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、（ｄ）前記線材を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、を備える。ｔ$_s$は、以下の式３によって求められる。

$$t_s = 0.05 \times t_{complete} \cdots (式3)$$

ｔ$_{complete}$は、線材を第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。本実施形態に係る過共析ベイナイト鋼線の製造方法は、図４に示されるように、上記（ａ）～（ｄ）に加えて、線材を第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬する前に、線材に伸線加工を行って鋼線を得る工程を備える。また、本発明の別の実施形態に係る過共析ベイナイト鋼線の製造方法は、図５に示されるように、上記（ａ）～（ｄ）に加えて、（ｅ）第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出された線材に伸線加工を施す工程を備える。なお、図４および図５において、「溶融塩浴又は溶融鉛浴」は、単に「浴」と記載されている。以降、線材のベイナイト変態の開始のｔ$_s$秒前～ｔ$_s$秒後である時点において線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬することを「線材のベイナイト変態の開始と略同時に線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する」と記載する場合がある。

[0065] 図１に、本実施形態に係る製造方法の熱処理を示す。図中の、（ｂ）との記号が付された矢印は、８５０～１０５０℃の線材を３５０～４５０℃の範囲の温度Ｔ$_1$の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬し、次いで取り出すこと、即ち上述の（ｂ）を示す。（ｂ）において、線材は温度Ｔ$_1$で保定され、取り出され、次いで第２の溶融塩浴または溶融鉛浴に移送される。図中のｔ$_1$は、線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬する時間と、線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から第２の溶融塩浴または溶融鉛浴に移送する時間との合計（すなわち、線材が第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点から、線

材が第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点までの時間）を示す。図中の、（ｃ）との記号が付された矢印は、ベイナイト変態の開始と略同時に、線材を、５３０～６００℃の範囲の温度（T_1＋ΔＴ）の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬すること、即ち上述の（ｃ）を示す。図中の、（ｄ）との記号が付された矢印は、第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に、線材を、ベイナイト変態が完全に終了するまで保定すること、即ち上述の（ｄ）を示す。

[0066] 第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬する前の線材の温度：８５０～１０５０℃

本実施形態に係る線材の製造方法では、まず、本実施形態に係る線材の成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る。次いで、この線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬する。圧延と浸漬との間に一旦線材を冷却し、次いで再加熱してもよいし、圧延と浸漬との間に冷却および再加熱を行わなくても良い。また、圧延と浸漬との間に、線材に伸線加工を行っても良い。いずれの場合でも、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される線材の温度は８５０～１０５０℃とする。通常、圧延直後の線材の温度は１０５０℃以下であるので、圧延後の線材または伸線後の鋼線を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に直接浸漬する（即ち、冷却および再加熱を行わずに浸漬する）場合、浸漬される線材または鋼線の温度の上限は、実質的に１０５０℃となる。また、圧延後の線材または伸線後の鋼線を一旦冷却し、次いで再加熱した後に第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬する場合であっても、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される線材または鋼線の温度の上限値を１０５０℃としてもよい。線材または鋼線を１０５０℃以上に加熱することの利点が存在しないからである。第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される線材または鋼線の温度が８５０℃未満であると、線材または鋼線に焼入れが十分行われなくなるので、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される線材または鋼線の温度の下限値は８５０℃とする。なお、圧延と浸漬との間に、線材に伸線加工を行う場合、以降の工程の説明における「線材」との記載は適宜「鋼線」と読み替えられる。

[0067] 第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度：３５０～４５０℃

本実施形態に係る線材の製造方法では、８５０～１０５０℃の線材を、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬することにより急冷する（図１中（ｂ））。第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度T_1は、３５０～４５０℃である。この急冷により、線材の金属組織は過冷却状態のオーステナイトとなる。この状態で線材を等温保持すると、過冷却状態のオーステナイトのベイナイト変態が開始する。

[0068] 第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度T_1が４５０℃超である場合、線材の冷却速度が低下するので、線材の金属組織が、過冷却状態のオーステナイトになる前にベイナイト変態する。この場合、線材の引張強度は下がるが、線材中に初析セメンタイトが析出する。初析セメンタイトは線材の伸線特性を悪化させる。従って、線材を急冷するために、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度T_1を４５０℃以下とする必要がある。一方、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度T_1が３５０℃未満である場合、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴が凝固するおそれがある。線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する時間は、線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程を規定通り行うことができるように、適宜調整される必要がある。

[0069] 線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬する時点：第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴からの線材の取り出しから５秒以内の時点であって、かつ線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点

本実施形態に係る線材の製造方法では、温度T_1である第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から線材が取り出されてから５秒以内の時点であって、かつ線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、線材を温度T_2である第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する。

[0070] 本発明者らは、線材が第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点から、線材が第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点までの時間（即ち、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴内に線材が浸漬されている時間と、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴へ線材を移送する時間と

の合計時間）t_1と、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度T_1とを変化させた種々の製造条件によって線材を製造し、それら線材の引張強度のばらつき幅を測定した。これにより得られたデータを用いて、温度T_1、時間t_1、および引張強度のばらつき幅の関係を調査した。その結果、図３に示される結果が得られた。

[0071] 図３中の、記号「Ｓ」が付された曲線は、ベイナイト変態が開始する温度および時間を示す曲線（以下、Ｓ曲線と称する）である。この曲線は、線材の成分組成に応じて変化する。図３中に記載されているデータポイントは、このデータポイントに係る線材を製造した際の温度T_1および時間t_1を表している。曲線より左側にあるデータポイントに係る線材は、ベイナイト変態の開始前に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された線材であり、曲線より右側にあるデータポイントに係る線材は、ベイナイト変態の開始後に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された線材である。図３中において、各データポイントに関して記載されている点線は、各データポイントに係る線材の熱履歴を示す。データポイントの種類が「ＢＡＤ」である線材の引張強度のばらつき幅は５０Ｎ／ｍｍ^{2}超であり、データポイントの種類が「ＧＯＯＤ」である線材の引張強度のばらつき幅は４０Ｎ／ｍｍ^{2}超５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であり、データポイントの種類が「ＶＥＲＹ　ＧＯＯＤ」である線材の引張強度のばらつき幅は４０Ｎ／ｍｍ^{2}以下である。

[0072] 図３中に表されているように、曲線に近接しているデータポイントに係る線材（すなわち、ベイナイト変態の開始と略同時に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された線材）において、引張強度のばらつき幅は小さかった。

[0073] 時間t_1は、線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に線材が第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴内に浸漬されるように、適宜設定される。t_sとは、以下に示す式３によって求められる値である。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$・・・（式３）

$t_{complete}$は、線材を第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示

す。

[0074] 線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬してから線材のベイナイト変態が開始するまでの時間と、ｔ$_s$とは、線材の成分組成に対応するＳ曲線と、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度とに応じて決まる。従って、線材の成分組成と第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度とに基づいたシミュレーションおよび／または予備実験によって、時間ｔ$_1$が求められる。また、後述するように、線材の復熱を検出することにより、線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬してから線材のベイナイト変態が開始するまでの時間を求められる。従って、線材を製造する前に、上述の手段によって、時間ｔ$_1$を決定するための予備的な調査を行っても良い。

[0075] 線材のベイナイト変態の開始と略同時に線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬することによって、線材の引張強度のばらつきが抑制される理由は明らかではない。しかし、以下に説明する理由が推定される。線材のベイナイト変態が、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴への浸漬の間、または第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴への移送中に生じた場合、復熱（変態発熱）によって、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴への浸漬の間、または第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴への移送中に線材温度が上昇する。この場合、線材温度の上昇が不均一に生じるおそれがある。何故なら、溶融塩浴または溶融鉛浴において線材の熱処理を行う場合、線材は、例えば図７に示されるようなコイル形状を有した状態で溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬され、次いで取り出されるからである。熱処理中の線材がコイル形状を有している場合、線材同士が重なり合っている部分は、それ以外の部分よりも、復熱に起因した温度上昇が大きくなる。何故なら、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴による冷却効果が、線材同士が重なり合っている部分には比較的及びにくいからである。従って、上述の時間ｔ$_1$が長くなることにより、線材の加熱の開始が遅れた場合、線材温度の不均一な上昇により、線材の引張強度のばらつきが生じる。なお、熱処理時に線材をコイル形状とすることは、線材の製造効率を高めるために不可欠である。特別の理由が無い限り、線材同士が重なり合わない形状を有した状態で線

材を溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬することはない。一方、上述の時間t_1が短くなり、ベイナイト変態の開始よりもt_s秒超前に線材が第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された場合、変態の開始が早まるので、変態開始温度が高くなる。この場合、線材の強度の上昇および線材の延性の低下が生じる。

[0076] 上述の理由に鑑みて、第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴への線材の浸漬は、線材のベイナイト変態の開始と完全に同時に行われることが最も好ましい。しかしながら本発明者らは、ベイナイト変態の進行が早く、復熱による温度上昇が比較的大きい線材においては、線材の浸漬と線材の変態の開始との間の時間が５秒以下であれば線材の引張強度のばらつきを十分に抑制でき、またベイナイト変態の進行が遅く、復熱による温度上昇が比較的低い線材においては、線材の浸漬と線材の変態の開始との間の時間が５秒超であってもばらつきを抑制できることを、実験的事実から知見した。このような知見に基づき、本実施形態に係る線材の製造方法においては、線材の浸漬と線材の変態の開始との間の時間を、ベイナイト変態の進行速度に応じて決定される値t_sによって規定した。なお、本実施形態に係る線材において、$t_{complete}$が１００秒未満となることはないので、t_sの上限値を５秒としてもよい。

[0077] 多くの場合、線材が第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点と、線材が第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬された時点との間の経過時間t_1は１０～４０秒が好ましい。本実施形態に係る線材の成分組成に鑑みて、時間t_1を１０秒未満または４０秒超とした場合、続く第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴内への線材の浸漬を適切に行うことは難しい。

[0078] 線材は、上述の規定に加えて、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出されてから５秒以内に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される必要がある。線材の取り出しから浸漬までの間の時間、すなわち線材の移送の時間が５秒超である場合、線材の移送の間に線材の温度が変動するおそれがあるので、線材のベイナイト変態の開始と略同時に線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬することが、きわめて困難となる。

[0079] 第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の線材においてベイナイト変態が開始した

時点を、線材の復熱（変態発熱）を検出することにより判定してもよい。本実施形態における復熱とは、線材中でのベイナイト変態の開始によって線材の温度が上昇する現象である。復熱は、例えば、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬されてから取り出された線材の温度と、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度とを比較することによって検出できる。線材の温度が第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度よりも高い場合、線材に復熱が生じていると判断される。第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴内への浸漬時間を種々変化させた線材それぞれにおいて、復熱の有無を調べることにより、線材に復熱を生じさせることができる最も短い浸漬時間t_{min}を求めることができる。線材を第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬してからt_{min}だけ経過した時点を、線材においてベイナイト変態が開始した時点と見なすことができる。このように、復熱を利用して、線材中においてベイナイト変態が開始する時点を予め求め、それに基づいて線材の製造を行うことがさらに好ましい。

[0080] なお、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬されている時間が５秒未満である場合、たとえ線材の温度が第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴よりも高くても、線材に復熱が生じているか否かを判断できない。線材の温度が、復熱ではなく、不十分な浸漬時間に起因して高くなる場合があるからである。

[0081] 第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度：５３０～６００℃

第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から線材を取り出す時：ベイナイト変態が完全に終了した後の時点

線材のベイナイト変態の開始と略同時に、温度T_2である第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に線材を浸漬する。温度T_2は５３０～６００℃である。これにより、線材を５３０～６００℃の温度まで急速に加熱し（図１中（ｃ））、該温度で、完全にベイナイト変態が終了するまで保定することができる。線材のベイナイト変態の開始と略同時に、線材を５３０～６００℃の温度まで急速に加熱すると、ベイナイト中のセメンタイトの間隔が広くなる。その結果、急速加熱をしない場合に比べ、線材の強度が低下する。第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度が５３０℃未満または６００℃超である場合、ベイナ

イト変態の終了まで長時間かかる。それ故、第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度は、ベイナイト変態を短時間で確実に完了させるために、５３０～６００℃とする。上記の温度範囲まで線材を加熱する際の加熱速度は特に限定されない。しかし、ベイナイト変態完了までの時間を短縮するために、加熱速度は速い方が好ましく、具体的には１０～５０℃／秒が好ましい。温度５３０～６００℃の溶融塩浴又は溶融鉛浴に線材を浸漬することにより、このような加熱速度が得られる。ベイナイト変態が完了する前に線材を第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出した場合、線材中にＭＡが生成し、このＭＡが線材の加工性を低下させるおそれがある。

[0082] 第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴への線材の浸漬中にベイナイト変態が開始した後、線材をそのまま保定すると、緻密なベイナイト組織が成長する。緻密なベイナイト組織が成長した線材は、ベイナイト変態の開始と略同時に急速加熱した線材に比べ強度が高い。それ故、本実施形態に係る線材では、線材を急速加熱することにより、析出するセメンタイトの間隔を広くし、強度を低下させる。

[0083] 本実施形態に係る耐遅れ破壊特性に優れた過共析ベイナイト鋼線（以下「本実施形態に係る鋼線」ということがある。）は、伸線特性の優れた本実施形態に係る線材を伸線加工したものである。伸線加工は通常の伸線加工でよく、減面率は特に限定されない。本実施形態に係る鋼線は、耐遅れ破壊特性に優れているので、鋼線の用途が大幅に拡大する。

実施例

[0084] 次に、本発明の実施例について説明するが、実施例での条件は、本発明の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例であり、本発明は、この一条件例に限定されるものではない。本発明は、本発明の要旨を逸脱せず、本発明の目的を達成する限りにおいて、種々の条件を採用し得るものである。

[0085] （実施例１）

表１に示す成分組成の過共析鋼片を、表２に示す線径の線材に圧延し、表

２に示す温度条件でベイナイト変態を完了させた。ベイナイト変態完了後の線材の平均引張強度（Ｎ／ｍｍ^2）、平均絞り値（％）、および引張強度のばらつき幅（Ｎ／ｍｍ^2）を測定した。線材の平均引張強度は、長さ３２００ｍｍの線材を、同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片それぞれの引張強度の平均値である。線材の平均絞り値は、長さ３２００ｍｍの線材を、同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片それぞれの絞り値の平均値である。線材の引張強度のばらつき幅は、長さ３２００ｍｍの線材を、同じ長さを有する８つの要素に分割することにより得られる、８本の長さ４００ｍｍの試験片それぞれの引張強度のうち最大値と最小値との差である。測定結果を表２に併せて示す。なお、線材を第２の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬した際の加熱速度は、１０～５０℃／秒とした。

[0086]

[表1]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Cu	Ni	Mo	Nb	V	B	Al	Ca	TS上限	RA下限
A	1.12	0.20	0.30	0.01	0.01	0.20	0.00	0.01	0.01	0.05	0.00	0.00	0.0009	0.001	0	1382	39.3
B	0.82	0.18	0.52	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1139	59.4
C	0.92	0.19	0.29	0.01	0.01	0.19	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1220	52.7
D	0.98	0.19	0.30	0.01	0.01	0.19	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.07	0	0.001	0	1269	48.7
E	1.01	0.19	0.29	0.01	0.01	0.19	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1293	46.7
F	1.07	0.19	0.30	0.01	0.01	0.19	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1342	42.6
P	0.84	0.17	0.48	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1156	58.0
Q	0.84	0.19	0.69	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.026	0	1153	58.3
R	0.87	0.18	0.48	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.001	0	1183	55.8

[0087]

[表2]

No.	材料	線径	T_0	T_1	t_1	ΔT	T_2	TS					RA					折損	備考
								TS 上限	TS 平均	TS 最大	TS 最小	TS ばらつき幅	RA 下限	RA 平均	RA 最大	RA 最小	RA ばらつき幅		
		mm	℃	℃	sec	℃	℃	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	N/mm²	%	%	%	%	%		
1	A	5.5	950	425	26	125	550	1382	1356	1376	1337	39	39.3	44.4	46.1	41.5	4.6	無	発明例
2	B	5.5	980	400	30	150	550	1139	1120	1138	1101	37	59.4	61.8	63.9	59.2	4.7	無	
3	C	5.5	980	425	20	125	550	1220	1210	1228	1193	35	52.7	56.2	58.1	52.9	5.2	無	
4	C	5.5	980	400	35	150	550	1220	1207	1219	1195	24	52.7	53.1	55.4	49.7	5.7	無	
5	D	5.5	980	425	25	125	550	1269	1242	1251	1231	20	48.7	49.8	52.6	43.6	9.0	無	
6	E	5.5	950	425	30	125	550	1293	1283	1314	1271	43	46.7	47.7	49.0	45.8	3.2	無	
7	F	5.5	980	425	30	125	550	1342	1310	1338	1298	40	42.6	45.7	48.1	42.2	5.9	無	
8	A	5.5	920	550	50	0	550	1382	1595	1631	1573	58	39.3	28.5	31.3	24.9	6.4	有	比較例
9	B	5.0	980	400	600	150	550	1139	1177	1195	1161	34	59.4	61.8	64.0	57.0	7.0	無	
10	C	5.0	980	400	600	150	550	1220	1269	1283	1246	37	52.7	56.1	58.9	51.8	7.1	無	

[0088] 表２において、T_0は第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴に浸漬される線材の温度、T_1は第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度、t_1は第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴内に線材を浸漬してから第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴内に線材を浸漬するまでの時間、ΔＴは第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴に線材を浸漬したことにより上昇した温度、T_2は第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の温度、ＴＳ上限はＣ含有量および式１から算出された平均引張強度の上限値、ＴＳ平均は平均引張強度（Ｎ／ｍｍ^2）、ＴＳ最大は引張強度の最大値（Ｎ／ｍｍ^2）、ＴＳ最小は引張強度の最小値（Ｎ／ｍｍ^2）、ＴＳばらつき幅はＴＳ最大とＴＳ最小との差（Ｎ／ｍｍ^2）、ＲＡ下限は平均引張強度の上限値および式２から算出された平均絞り値の上限値、ＲＡ平均は平均絞り値（％）、ＲＡ最大は絞り値の最大値（％）、ＲＡ最小は絞り値の最小値（％）、ＲＡばらつき幅はＲＡ最大とＲＡ最小との差（％）である。Ｎｏ．１～７の発明例を製造する際の、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴内での線材の浸漬時間ｔは、第２の溶融塩浴または溶融鉛浴内への線材の浸漬がベイナイト変態の開始と略同時となるように、適宜選択されたものである。Ｎｏ．８の比較例では、線材が第２の溶融塩浴または溶融鉛浴内に浸漬されなかった。Ｎｏ．９および１０の比較例では、線材が、ベイナイト変態の開始後長時間経過してから第２の溶融塩浴または溶融鉛浴内に浸漬された。なお、発明例Ｎｏ．１～７、比較例Ｎｏ．９、および比較例Ｎｏ．１０において、線材は、第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出されてから５秒以内に第２の溶融塩浴または溶融鉛浴内に浸漬された。

[0089] 表２から、Ｎｏ．１～７の発明例においては、ＴＳ平均及びＲＡ平均が式１及び式２を満たしており、加えて、ＴＳばらつき幅が５０Ｎ／ｍｍ$_2$以下であった。これにより、Ｎｏ．１～７の発明例においては、耐遅れ破壊特性が向上し、線材結束時及び結束状態で折損が発生しなかったことが解る。

産業上の利用可能性

[0090] 前述したように、本発明によれば、パーライト鋼よりも低強度化および高延性化された線材であって、線材の結束作業時又は結束された状態での折損

が抑制され、伸線特性及び耐遅れ破壊特性に優れた線材と、該線材を用いて製造した過共析ベイナイト鋼線と、それらを安定的に製造する製造方法とを提供することができる。よって、本発明は、鉄鋼産業において利用可能性が高いものである。

符号の説明

[0091] １　線材断面

１１　中心部

１２　表層部

１３　中間部

２　撮影領域

請求の範囲

[請求項1] 単位質量％で、

Ｃ　：０．８０超～１．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．５０％、

Ｍｎ：０～１．００％、

Ｐ　：０～０．０２％、

Ｓ　：０～０．０２％、

Ｃｒ：０～１．００％、

Ｎｉ：０～１．００％、

Ｃｕ：０～１．００％、

Ｍｏ：０～０．５０％、

Ｔｉ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．２０％、

Ｖ　：０～０．２０％、

Ｂ　：０～０．００５０％、

Ａｌ：０～０．１０％、及び、

Ｃａ：０～０．０５％

を含有し、

残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有し、

金属組織が、９０～１００面積％のベイナイトを含み、

長さ３２００ｍｍの線材を８本の同じ長さの要素に分割することにより、８本の長さ４００ｍｍの試験片を製造した場合に、各前記試験片の引張強度の平均値ＴＳが、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で、下記式１を満足し、

各前記試験片の各前記引張強度のうち最大値と最小値との差が５０Ｎ／ｍｍ^{2}以下であり、

各前記試験片の絞り値の平均値ＲＡが、単位％で、下記式２を満足する

ことを特徴とする線材。

［ＴＳ］≦８１０×［Ｃ］＋４７５

・・・（式１）

［ＲＡ］≧－０．０８３×［ＴＳ］＋１５４

・・・（式２）

ここで、［Ｃ］は単位質量％で表された前記線材のＣ含有量であり、［ＴＳ］は、単位Ｎ／ｍｍ^{2}で表された前記引張強度の前記平均値ＴＳであり、［ＲＡ］は、単位％で表された前記絞り値の前記平均値ＲＡである。

[請求項2] 請求項１に記載の線材を伸線加工することにより得られることを特徴とする過共析ベイナイト鋼線。

[請求項3] 請求項１に記載の線材の製造方法であって、

単位質量％で、

Ｃ　：０．８０超～１．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．５０％、

Ｍｎ：０～１．００％、

Ｐ　：０～０．０２％、

Ｓ　：０～０．０２％、

Ｃｒ：０～１．００％、

Ｎｉ：０～１．００％、

Ｃｕ：０～１．００％、

Ｍｏ：０～０．５０％、

Ｔｉ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．２０％、

Ｖ　：０～０．２０％、

Ｂ　：０～０．００５０％、

Ａｌ：０～０．１０％、及び、

Ｃａ：０～０．０５％

を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る工程と、

８５０～１０５０℃の前記線材を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記線材を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、

前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、前記線材を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、

前記線材を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、を備えることを特徴とする線材の製造方法。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$・・・（式３）

$t_{complete}$は、前記線材を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記線材のベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[請求項4] 前記線材が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点と、前記線材が前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点との間の経過時間が１０～４０秒であることを特徴とする請求項３に記載の線材の製造方法。

[請求項5] 前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記線材において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記線材の復熱を検出することにより判定することを特徴とする請求項３に記載の線材の製造方法。

[請求項6] 請求項２に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法であって、

単位質量％で、

Ｃ　：０．８０超～１．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．５０％、

Ｍｎ：０～１．００％、

Ｐ　：０～０．０２％、

Ｓ　：０～０．０２％、

Ｃｒ：０～１．００％、

Ｎｉ：０～１．００％、

Ｃｕ：０～１．００％、

Ｍｏ：０～０．５０％、

Ｔｉ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．２０％、

Ｖ　：０～０．２０％、

Ｂ　：０～０．００５０％、

Ａｌ：０～０．１０％、及び、

Ｃａ：０～０．０５％

を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延して線材を得る工程と、

８５０～１０５０℃の線材を３５０～４５０℃の第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記線材を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、

前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記線材のベイナイト変態の開始のt_s秒前～t_s秒後である時点に、前記線材を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、

前記線材を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、

前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出された前記線材に伸線加工を施す工程と、

を備えることを特徴とする過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$

$t_{complete}$は、前記線材を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記線材の前記ベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[請求項7] 前記線材が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬されている時間が１０～４０秒であることを特徴とする請求項６に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

[請求項8] 前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記線材において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記線材の復熱を検出することにより判定することを特徴とする請求項６に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

[請求項9] 請求項２に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法であって、

単位質量％で、

Ｃ　：０．８０超～１．２０％、

Ｓｉ：０．１０～１．５０％、

Ｍｎ：０～１．００％、

Ｐ　：０～０．０２％、

Ｓ　：０～０．０２％、

Ｃｒ：０～１．００％、

Ｎｉ：０～１．００％、

Ｃｕ：０～１．００％、

Ｍｏ：０～０．５０％、

Ｔｉ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．２０％、

Ｖ　：０～０．２０％、

Ｂ　：０～０．００５０％、

Ａｌ：０～０．１０％、及び、

Ｃａ：０～０．０５％

を含有し、残部がＦｅ及び不純物からなる成分組成を有する鋼片を圧延することにより得られる線材に伸線加工を行って鋼線を得る工程と、

８５０～１０５０℃の前記鋼線を３５０～４５０℃の第１の溶融塩

浴又は溶融鉛浴の中に浸漬し、次いで前記鋼線を前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、

前記取り出しから５秒以内の時点であって、かつ前記鋼線のベイナイト変態の開始のｔ$_s$秒前～ｔ$_s$秒後である時点に、前記鋼線を５３０～６００℃の第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬する工程と、

前記鋼線を、前記ベイナイト変態が完全に終了した後に前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出す工程と、を備えることを特徴とする過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

$t_s = 0.05 \times t_{complete}$

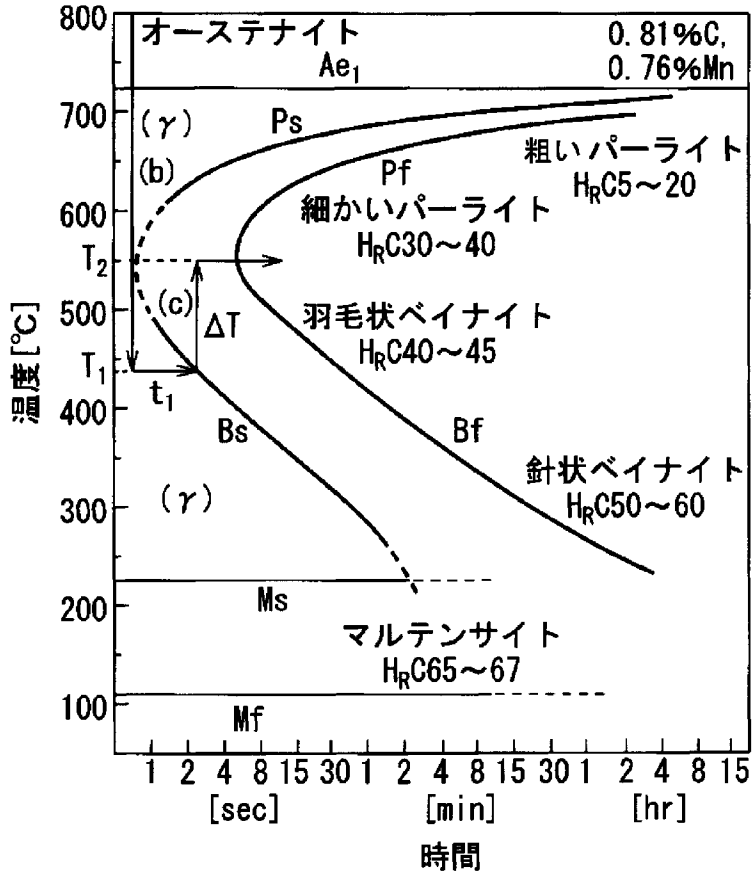
$t_{complete}$は、前記鋼線を前記第１の溶融塩浴または溶融鉛浴に浸漬し続けた場合に、前記鋼線の前記ベイナイト変態が開始してから終了するまでの時間を単位秒で示す。

[請求項10] 前記鋼線が前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点と、前記鋼線が前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴の中に浸漬された時点との間の経過時間が１０～４０秒であることを特徴とする請求項９に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

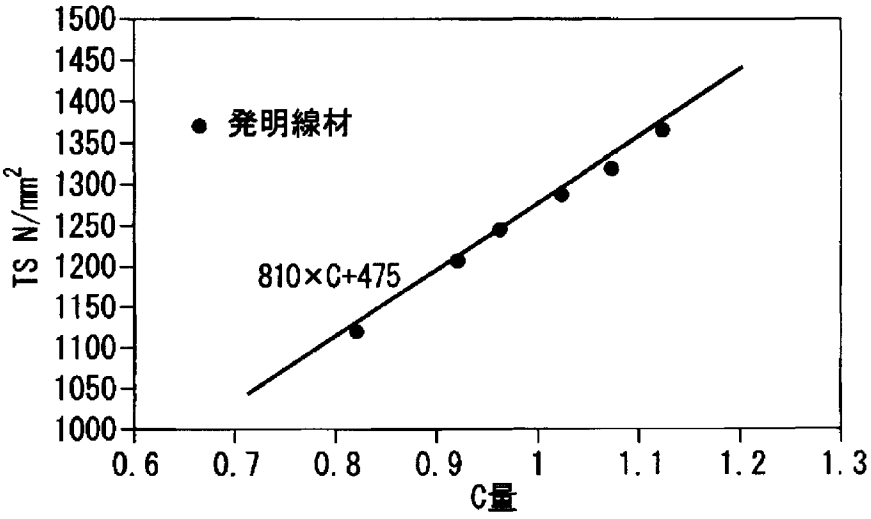
[請求項11] 前記第１の溶融塩浴又は溶融鉛浴中の前記鋼線において前記ベイナイト変態が開始した前記時点を、前記鋼線の復熱を検出することにより判定することを特徴とする請求項９に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

[請求項12] 前記第２の溶融塩浴又は溶融鉛浴から取り出された前記鋼線にさらに伸線加工を施す工程を備えることを特徴とする請求項９～１１のいずれか一項に記載の過共析ベイナイト鋼線の製造方法。

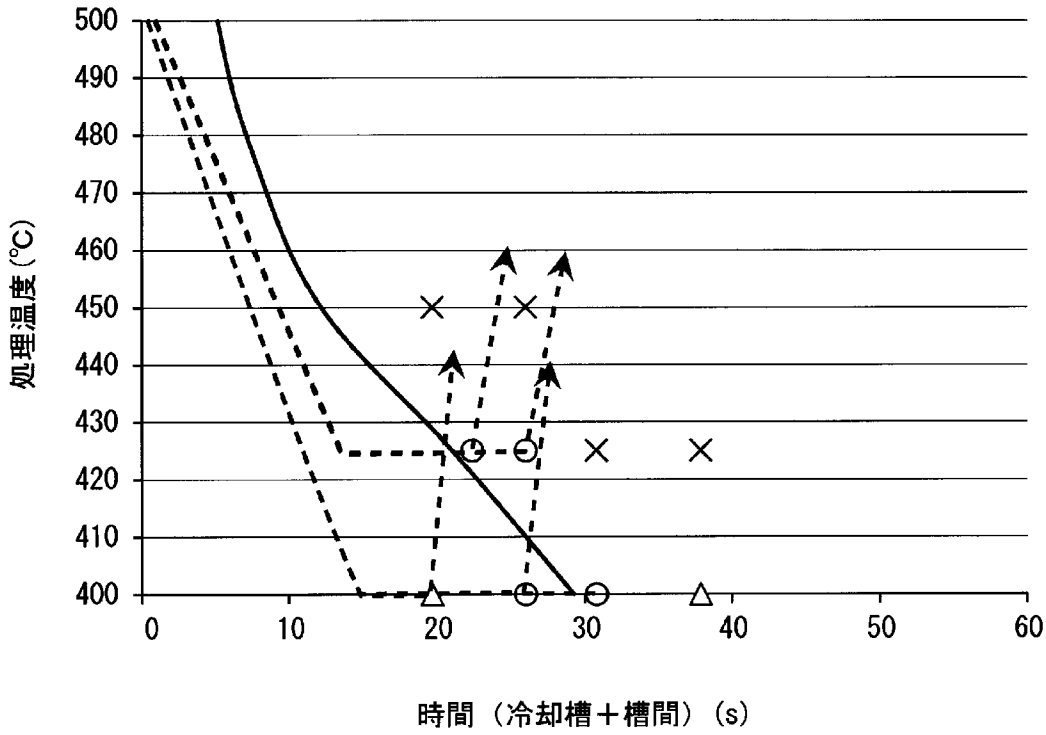
[図1]


800
700
600
500
400
300
200
100
温度[℃]
オーステナイト
0.81%C,
0.76%Mn
Ae1
(γ)
(b)
Ps
Pf
粗いパーライト
HRC5～20
細かいパーライト
HRC30～40
T2
(c)
ΔT
羽毛状ベイナイト
HRC40～45
T1
t1
Bs
Bf
針状ベイナイト
HRC50～60
(γ)
Ms
マルテンサイト
HRC65～67
Mf
1 2 4 8 15 30 1 2 4 8 15 30 1 2 4 8 15
[sec]
[min]
[hr]
時間

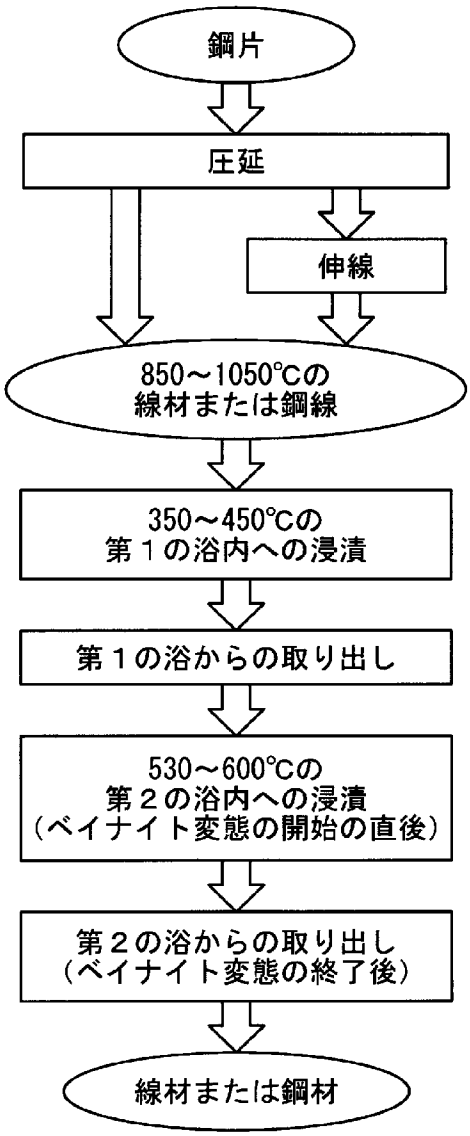
[図2]


1500
1450
1400
1350
1300
1250
1200
1150
1100
1050
1000
TS N/mm2
● 発明線材
810×C+475
0.6
0.7
0.8
0.9
1
1.1
1.2
1.3
C量

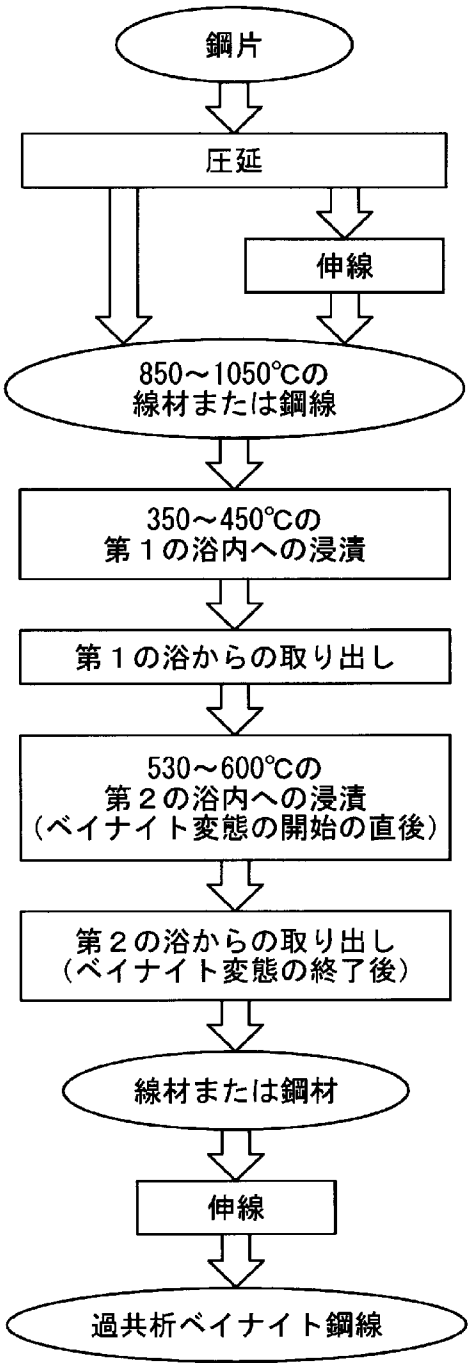
[図3]


500
490
480
470
460
450
440
430
420
410
400
処理温度（℃）
0
10
20
30
40
50
60
時間（冷却槽＋槽間）（s）

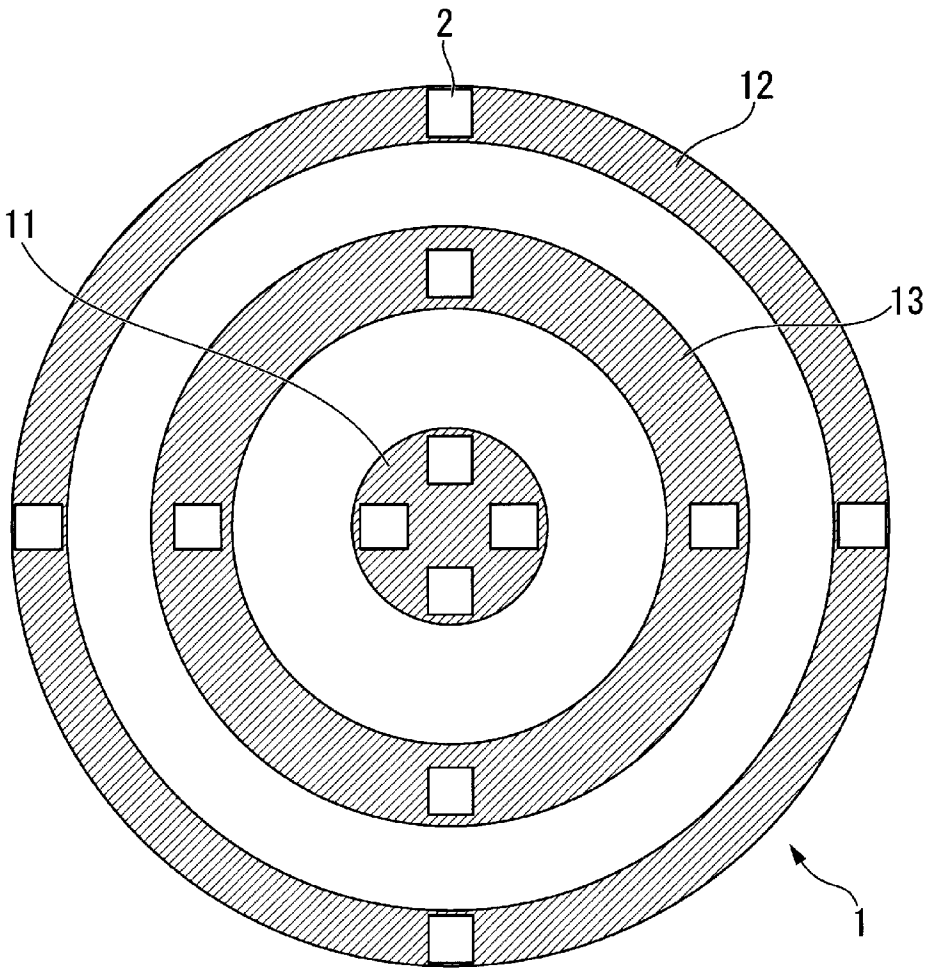
[図4]


鋼片
圧延
伸線
850～1050℃の
線材または鋼線
350～450℃の
第１の浴内への浸漬
第１の浴からの取り出し
530～600℃の
第２の浴内への浸漬
（ベイナイト変態の開始の直後）
第２の浴からの取り出し
（ベイナイト変態の終了後）
線材または鋼材

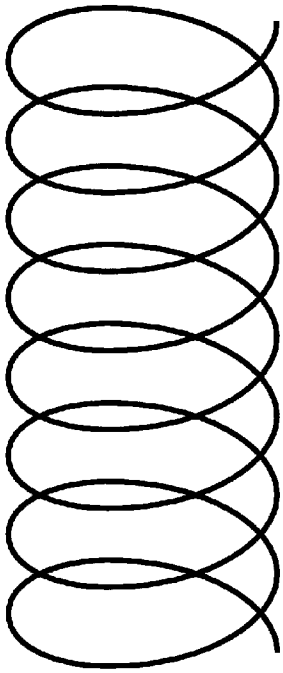
[図5]


鋼片
圧延
伸線
850～1050℃の
線材または鋼線
350～450℃の
第１の浴内への浸漬
第１の浴からの取り出し
530～600℃の
第２の浴内への浸漬
（ベイナイト変態の開始の直後）
第２の浴からの取り出し
（ベイナイト変態の終了後）
線材または鋼材
伸線
過共析ベイナイト鋼線

[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/076938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/00(2006.01)i, *C21D1/20*(2006.01)i, *C21D1/607*(2006.01)i, *C21D8/06*(2006.01)i, *C21D9/52*(2006.01)i, *C21D9/58*(2006.01)i, *C22C38/54*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
C22C1/00-49/14, C21D1/20, C21D1/607, C21D8/06, C21D9/52, C21D9/58

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-340950 A (Nippon Steel Corp.), 13 December 1994 (13.12.1994), & US 5725689 A & EP 708182 A1 & WO 1995/026422 A1 & DE 69429810 D & CA 2163894 A & KR 10-0230523 B & CN 1126501 A	1-12
A	JP 11-293400 A (Nippon Steel Corp.), 26 October 1999 (26.10.1999), (Family: none)	1-12
A	JP 2001-220650 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 14 August 2001 (14.08.2001), (Family: none)	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 December, 2014 (05.12.14)	16 December, 2014 (16.12.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/076938

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-241899 A (Kobe Steel, Ltd.), 28 August 2002 (28.08.2002), (Family: none)	1-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７６９３８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C38/00(2006.01)i, C21D1/20(2006.01)i, C21D1/607(2006.01)i, C21D8/06(2006.01)i, C21D9/52(2006.01)i, C21D9/58(2006.01)i, C22C38/54(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C22C1/00-49/14, C21D1/20, C21D1/607, C21D8/06, C21D9/52, C21D9/58

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 6-340950 A (新日本製鐵株式会社) 1994.12.13, & US 5725689 A & EP 708182 A1 & WO 1995/026422 A1 & DE 69429810 D & CA 2163894 A & KR 10-0230523 B & CN 1126501 A	１－１２
A	JP 11-293400 A (新日本製鐵株式会社) 1999.10.26, (ファミリーなし)	１－１２
A	JP 2001-220650 A (住友電気工業株式会社) 2001.08.14,	１－１２

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０５．１２．２０１４	１６．１２．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	４Ｋ	９８３３
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	河野　一夫 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４３５		

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
	(ファミリーなし)	
Ａ	JP 2002-241899 A (株式会社神戸製鋼所) 2002.08.28, (ファミリーなし)	１－１２