

(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
2016 年 10 月 13 日(13.10.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/162906 A1

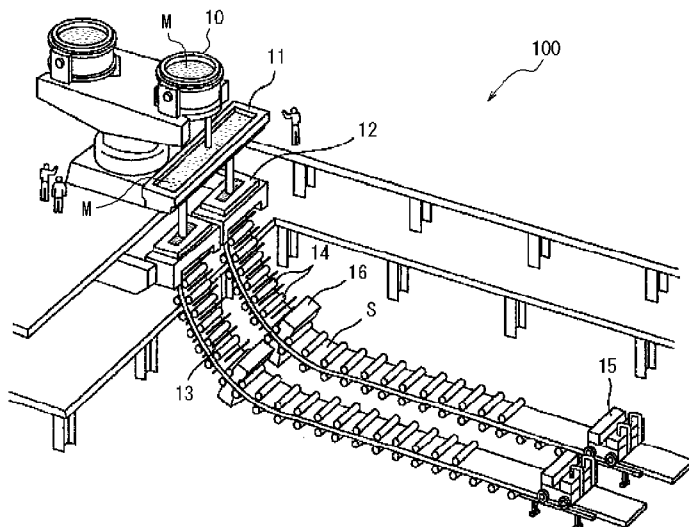
- (51) 国際特許分類:
B22D 11/051 (2006.01) B22D 11/124 (2006.01)
B22D 11/00 (2006.01) B22D 11/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002963
- (22) 国際出願日: 2015 年 6 月 12 日(12.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-077893 2015 年 4 月 6 日(06.04.2015) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 淡路谷 浩(AWAJIYA, Yutaka); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 三木 祐司(MIKI, Yuji); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 鍋島 誠司(NABESHIMA, Seiji); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 堤 康一(TSUTSUMI, Koichi); 〒1000011 東京都千代田区幸町二丁目 2 番 3 号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1 号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 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, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, 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).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING SLAB USING CONTINUOUS CASTING MACHINE

(54) 発明の名称: 連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法

FIG. 1



(57) Abstract: Provided is a method for manufacturing a slab using a continuous casting machine whereby a slab is obtained in which surface cracking is suppressed without reducing productivity even when molten steel has a prescribed composition. The method for manufacturing a slab has: a step for primary cooling of molten steel, containing 0.13 - 0.20 % by mass C and 0.50% by mass or greater Mn, in a mold; a step for drawing a slab from the mold at a drawing rate of 1.0 m/min or greater; and a step for secondary cooling of the slab that includes reducing the surface temperature of the slab below the A_{r3} transformation point and thereafter returning the temperature to be above the A_{r3} transformation point. Vibration conditions for the mold satisfy the conditions of a negative strip time T_n of 0.08 - 0.20 seconds and a negative strip time ratio R_{NS} of 0.30 - 0.38, and the time for the surface temperature of the slab to reach the A_{r3} transformation point after the slab passes through the mold exceeds 60 seconds.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/162906 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

溶鋼が所定の成分組成を有する場合でも、生産性を落とすことなく、表面割れを抑制した鑄片を得ることが可能な、連続鑄造機を用いた鑄片の製造方法を提供する。本発明は、C : 0.13 質量%以上 0.20 質量%以下、Mn : 0.50 質量%以上を含有する溶鋼を鑄型で一次冷却する工程と、1.0 m/分以上の引き抜き速度で前記鑄型から鑄片を引き抜く工程と、前記鑄片の表面温度を A_{r3} 変態点より低くし、その後、 A_{c3} 変態点より高い温度に戻すことを含む、前記鑄片を二次冷却する工程と、を有し、前記鑄型の振動条件が、ネガティブストリップ時間 T_n が⁸ 0.08 秒以上 0.20 秒以下、ネガティブストリップ時間比率 R_{NS} が⁸ 0.30 以上 0.38 以下の条件を満足し、前記鑄片が前記鑄型を通過してから前記鑄片の表面温度が⁸ A_{r3} 変態点となるまでの時間が 60 秒超えである。

明 細 書

発明の名称：連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 鋼の連続鋳造において、鋳片の表面割れを防止することは、鋳片を圧延した後の製品の表面品質を良好に保つために、極めて重要である。ここで、鋳片の二次冷却工程において、 $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態を利用して鋳片内の結晶組織中のオーステナイト粒を微細化することにより、鋳片の表面割れを抑制する技術として、特許文献1～3が知られている。オーステナイト粒を細かくすることは、相対的に脆弱なオーステナイト粒界の表面積を増やすことになり、連続鋳造機の矯正帯における鋳片の矯正（上部矯正、下部矯正）時に鋳片のオーステナイト粒界に働く応力を分散することになり、表面割れが生じにくくなる。また、オーステナイト粒が小さいと、ひとたび亀裂が発生しても割れが伝播しにくい。

[0003] 特許文献1には、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機を用いた鋳片の二次冷却工程において、鋳型を出てから2分以内の間に鋳片の表面温度を A_{r3} 変態点より低くし、その後、 850°C 以上に戻すことによって、鋳片の横割れを防ぐ技術が記載されている。

[0004] 特許文献2には、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機を用いた鋳片の二次冷却工程において、鋳片の表面温度が A_3 変態点より低くなるように鋳片を一旦冷却して、その後、水量密度を $0.003 \sim 0.015$ リットル/ $\text{cm}^2 \cdot \text{分}$ として $0.5 \sim 2.0$ 分間の緩冷却を行って鋳片の表面温度を A_3 変態点より高い温度に戻すことによって、鋳片の表面割れを防ぐ技術が記載されている。

[0005] 特許文献3には、割れ感受性の高い、下記(1)式で定義される炭素当量 C_p が 0.10 以上 0.18 未満の低合金炭素鋼を、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機を用いて連続鋳造する際に、鋳型内の溶鋼のメニスカス部から鋳型下端

までの鋳片の引き抜き所要時間を1分以内として鋳型から引き抜いた後、直ちに2次冷却を行い、1分以内に鋳片の表面温度を A_3 変態点以下に低下させることによって、鋳片の表面割れを防ぐ技術が記載されている。

$$C_p = [C] + [Mn]/33 + [Ni]/25 + [Cu]/44 + [N]/1.7 \quad \cdots (1)$$

ただし、 C_p は炭素当量、[]内は各元素の鋼中含有量（質量%）を表す。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平9－225607号公報

特許文献2：特開平11－197809号公報

特許文献3：特開平9－47854号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1～3の技術は、いずれも二次冷却において鋳片温度を制御し、鋳片内の結晶組織中のオーステナイト粒を微細化することで、鋳片の表面割れを防止するものである。

[0008] 近年、生産性を高める要請から、鋳型からの鋳片の引き抜き速度を大きくすることが求められているが、引き抜き速度を大きくすると、鋳片の表面割れは生じやすくなる。そして、本発明者らの検討によると、 $C: 0.13$ 質量%以上 0.20 質量%以下、 $Mn: 0.50$ 質量%以上を含有する高C高Mn鋼を、 $1.0m$ ／分以上の引き抜き速度で連続鋳造する場合には、特許文献1～3の技術では鋳片の横割れや縦割れといった表面割れを十分に防止することができないことが判明した。

[0009] 炭素当量 C_p が上記の 0.10 以上 0.18 未満の低合金炭素鋼であっても、上記のような高C高Mn鋼の場合には、特許文献3のような鋳片の表面温度の制御を行っても、表面割れが発生する場合があった。また、炭素当量 C_p が 0.18 よりも大きい鋼においても、当然、上記のような高C高Mn鋼の場合には、表面割れが発生する場合があった。

[0010] 本発明は、上記課題に鑑み、溶鋼が上記所定の成分組成を有する場合でも、生産性を落とすことなく、表面割れを抑制した鋳片を得ることが可能な、連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法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] 本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意検討したところ、C：0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn：0.50質量%以上を含有する高C高Mn鋼を、1.0m／分以上の引き抜き速度で連続鋳造する場合には、以下の2つの条件を同時に満足することにより、横割れや縦割れといった表面割れを十分に防止できることを見出した。

[1] 特許文献1～3のような二次冷却でオーステナイト粒を微細化するだけでは不十分であり、鋳片が鋳型を通過してから鋳片の表面温度が Ar_3 変態点となるまでの時間を60秒超えとすることが必要である。

[2] 二次冷却条件の適正化だけでは不十分であり、一次冷却（鋳型内での初期凝固）の条件をも適正化することが必要である。すなわち、鋳型の振動条件として、ネガティブストリップ時間 T_n 及びネガティブストリップ時間比率 R_{ns} を所定の数値範囲とする必要がある。

[0012] 本発明は、上記の知見及び着想によって完成されたものである。すなわち、本発明は、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法であって、

C：0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn：0.50質量%以上を含有する溶鋼を鋳型で一次冷却する工程と、

1.0m／分以上の引き抜き速度で前記鋳型から鋳片を引き抜く工程と、

前記鋳片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 Ac_3 変態点より高い温度に戻すことを含む、前記鋳片を二次冷却する工程と、
を有し、

前記鋳型の振動条件が、ネガティブストリップ時間 T_n が0.08秒以上0.20秒以下、ネガティブストリップ時間比率 R_{ns} が0.30以上0.38以下の条件を満足し、

前記鋳片が前記鋳型を通過してから前記鋳片の表面温度が Ar_3 変態点となるまでの時間が60秒超えであることを特徴とする。

発明の効果

[0013] 本発明の連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法によれば、溶鋼が上記所定の成分組成を有する場合でも、生産性を落とすことなく、表面割れを抑制した鋳片を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の一実施形態において用いる垂直曲げ型の連続鋳造機の模式図である。

[図2]図1に示す垂直曲げ型の連続鋳造機において、鋳型から引き抜いた鋳片の鋳造方向断面図である。

[図3]本発明の他の実施形態において用いる湾曲型の連続鋳造機における、鋳型から引き抜いた鋳片の鋳造方向断面図である。

[図4]鋳片の表面に発生する横割れ及び縦割れを図示した鋳片の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

[0016] まず、本発明の一実施形態において用いる2ストランドタイプの垂直曲げ型の連続鋳造機100の構成を説明する。連続鋳造機100は、取鍋10、タンディッシュ11、鋳型12、スプレーノズル13、複数対のロール14、切断装置15、及び電磁攪拌装置16を有する。

[0017] 連続鋳造機の最上部に位置する取鍋10には、溶鋼Mが収容される。溶鋼Mは、取鍋10の底部から、当該取鍋10の下方に位置するタンディッシュ11に注がれる。その後、溶鋼Mはタンディッシュ11の底部から、浸漬ノズルを介して鋳型12へと注がれ、鋳型12内で溶鋼の一次冷却が行われる。

[0018] 鋳型12から引き抜かれる鋳片Sを鉛直方向から水平方向に案内し、かつ

、静鉄圧による鑄片Sの変形を防止するために、円弧、双曲線などの曲線に沿って複数対のロール14が配列される。ロール14の一部は、鑄片Sを引き抜くためのピンチロールとしての機能を有する。図2を参照して、鑄型12から鉛直下方に引き抜かれた鑄片Sは、垂直帯20Aを通過した後、上部矯正帯20Bにおいて曲げられ、湾曲帯20Cにおいて湾曲した状態を保った後、下部矯正帯20Dにおいて平板状に曲げ戻されて、水平帯20Eを通過する。鑄型直下から水平帯にわたって鑄片Sの内部には溶鋼の未凝固部が存在し、鑄型直下から水平帯のほぼ全長にわたって鑄片Sの表面を支持するようにロール14が配される。鑄造方向に隣接するロール間にスプレーノズル13が位置し、これらスプレーノズル13から鑄片Sに冷却水が吹き付けられ、鑄片の二次冷却が行われる。なお、スプレーノズルは、実際には各ロール間に複数配置されるが、図1では、その一部を複数のノズルを結ぶ線分で模式的に表現している。

[0019] 水平帯の下流側には、固化した鑄片Sを切断するガストーチ、油圧切断などの切断装置15が設けられる。切断装置15によって切断された鑄片（スラブ、ブルーム、又はビレット）は、連続鑄造機100から排出され、圧延装置に搬送される。

[0020] 図2を参照して、上部矯正帯20B及び下部矯正帯20Dにおいて、鑄片Sには曲げ応力がかかる。この曲げ応力によって、上部矯正帯20Bにおいては鑄片Sの下面側に引張り応力がかかり、下部矯正帯20Dにおいては鑄片Sの上面側に引張り応力がかかる。これが原因で、図4に示されるように鑄片S（スラブ）の上面側又は下面側（主にコーナ部）には、横割れC₁が発生することがある。このように本明細書において「横割れ」とは、鑄造方向と垂直な方向に沿った、鑄片の表面割れを意味する。

[0021] 一方で、鑄型12から引き抜かれた直後に鑄片の表面を強冷却すると、凝固シェルの不均一に起因して、図4に示されるように鑄片S（スラブ）に縦割れC₂が発生することがある。このように本明細書において「縦割れ」とは、略鑄造方向に沿った、鑄片の表面割れを意味する。

[0022] 本発明の一実施形態は、連続鋳造時の鋳片の表面割れの防止に関するものであり、特に、包晶鋼（亜包晶～過包晶の低合金炭素鋼）の横割れ及び縦割れの防止方法に関するものである。

[0023] なお、図3に示す湾曲型の連続鋳造機も本発明において用いることができる。垂直曲げ型連続鋳造機では、鋳型から鉛直下方に鋳片を引き抜くため、鋳型12の内壁面は平坦である。しかし、湾曲型連続鋳造機の場合、鋳型から円弧状に鋳片Sを引き抜くため、湾曲鋳型21を用いる。鋳型21の内壁面が湾曲しているため、湾曲した鋳片が送り出され、下部矯正帯20Dで曲げ戻し矯正を行う。湾曲型の場合、垂直曲げ型の場合と異なり上部矯正帯での曲げ工程はない。

[0024] 次に、溶鋼の成分組成について説明する。

[0025] 上記(1)式で定義される炭素当量 C_p が0.10以上0.18未満の鋼の場合、スラブの表層部分には、初析のフェライトフィルムを有するオーステナイト粒界が明瞭に観察される場合が多い。このような状態で鋳片に、図2及び図3で示したような引張り応力が働くと、容易にオーステナイト粒界での割れが生じ、横割れが発生する。これに対して、引き抜かれた鋳片の表面を鋳型直下で強冷却して鋳片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 $850^{\circ}C$ 以上又は Ac_3 変態点より高い温度に戻して鋳片表層部のオーステナイト粒を微細化することにより、横割れを低減する効果が得られる。

[0026] しかしながら、 $C:0.13$ 質量%以上 0.20 質量%以下、 $Mn:0.50$ 質量%以上を含有する鋼の場合には、以下の傾向がある。

(A) オシレーションマーク深さが深くなり、マークの凹み部に応力が集中し、横割れが発生しやすい。

(B) Ar_3 変態点及び Ac_3 変態点が低下する傾向にあり、引き抜き速度を大きくした場合に、スラブの強冷却による延性向上効果が発現しにくい傾向がある。

(C) 同じ炭素当量でも低C含有量又は低Mn含有量の鋼に比べて、広い温度範囲で脆化しやすく、割れの感受性が高い。

(D) 冷却の不均一によって、凝固シェルの厚みが不均一となり、鋳型内で縦割れが発生しやすい。

[0027] そのため、後述する実施例に示すように、C : 0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn : 0.50質量%以上を含有する高C高Mn鋼を、1.0m/分以上の引き抜き速度で連続鋳造する場合には、上記のように鋳片の表面温度の制御を行っても、鋳片の横割れや縦割れといった表面割れを十分に防止することができないことが判明した。

[0028] このように本発明が対象とする溶鋼の成分組成は、C : 0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn : 0.50質量%以上を含有するものとする。C含有量が0.13質量%未満又はMn含有量が0.50質量%未満の場合、従来技術のように鋳片の表面温度の制御を行えば表面割れを十分防ぐことができ、本発明の課題は顕在化しない。また、C含有量が0.20質量%を超える場合、 Ar_3 変態点および Ac_3 変態点が低下し、連続鋳造機内の鋳型の下端から上部矯正帯の間の垂直帯で、鋳片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 Ac_3 変態点より高い温度に戻す本実施形態における二次冷却条件を実施することが困難となる場合がある。

[0029] Mn含有量が2.5質量%を超える場合、C含有量が増えた場合と同様に、 Ar_3 変態点および Ac_3 変態点が低下し、本実施形態における二次冷却条件を実施することが困難となる場合があり、また、MnSが析出し易くなることにより割れ感受性も大きくなる傾向にある。このため、Mn含有量は2.5質量%以下が望ましい。

[0030] 溶鋼の成分組成は、任意で、Si : 0.8質量%以下、P : 0.10質量%以下、S : 0.05質量%以下、Al : 0.05質量%以下、Cu : 0.5質量%以下、Ni : 1.0質量%以下、Cr : 0.6質量%以下、V : 0.14質量%以下、Nb : 0.09質量%以下、Ti : 0.4質量%以下、N : 0.02質量%以下の1種又は2種以上を含有してもよく、残部はFe及び不可避免的不純物である。

[0031] 本発明の一実施形態による鋳片の製造方法は、溶鋼を鋳型で一次冷却する工程と、1.0m/分以上の引き抜き速度で前記鋳型から鋳片を引き抜く工程と

、前記鋳片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 Ac_3 変態点より高い温度に戻すことを含む、前記鋳片を二次冷却する工程と、を有する。引き抜き速度が 1.0 m/分 未満の場合、従来技術のように鋳片の表面温度の制御を行えば表面割れを十分防ぐことができ、本発明の課題は顕在化しない。引き抜き速度の上限は特に限定されないが、 2.5 m/分 とすることができる。 2.5 m/分 を超える引き抜き速度では、連続鋳造機内の鋳型の下端から上部矯正帯の間の垂直帯で、鋳片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 Ac_3 変態点より高い温度に戻す本実施形態における二次冷却条件を実施することが困難となる場合がある。

[0032] 一次冷却工程において鋳型は鉛直方向上下に一定周期で振動させる。ここで本発明の一実施形態では、鋳型の振動条件が、ネガティブストリップ時間 T_n が 0.08 秒以上 0.20 秒以下、ネガティブストリップ時間比率 R_{NS} が 0.30 以上 0.38 以下の条件を満足することが肝要である。 T_n が 0.20 秒超え、又は、 R_{NS} が 0.38 超えの場合、オシレーションマークが深くなり、鋳片表面においてノッチとして働き、横割れの発生が著しくなる。 T_n が 0.08 秒未満の場合、鋳型と凝固シェル間の潤滑が不十分となり、操業の不安定、ひいてはブレイクアウトを引き起こしてしまう。 R_{NS} が 0.30 未満の場合、モールドパウダーの流入量及び消費量が低減し、ブレイクアウトを引き起こしてしまう。このように、 T_n が 0.08 秒以上 0.20 秒以下、かつ、 R_{NS} が 0.30 以上 0.38 以下の条件を満足することで、ブレイクアウトを発生させず、横割れの発生を防ぐことができる。また、 T_n が 0.20 秒以下、かつ、 R_{NS} が 0.38 以下の条件では、 T_n が 0.20 秒超え、又は、 R_{NS} が 0.38 超えの場合と比較して、凝固後の初期に形成された旧 γ 粒の粒径が小さくなっていた。この現象も、横割れの低減に寄与しているものと考えられる。

[0033] ここで、鋳型の下降速度の方が鋳片の引き抜き速度よりも速い期間がネガティブストリップ期間であり、1サイクルのうちでこの期間の時間を「ネガティブストリップ時間 T_n （秒）」と呼ぶ。一方、鋳型の下降速度が鋳片の引き抜き速度以下の期間がポジティブストリップ期間であり、1サイクルのう

ちでこの期間の時間を「ポジティブストリップ時間 T_p （秒）」と呼ぶ。鋳型の振動周波数を f （Hz）とすると、 $T_n + T_p = 1 / f$ となる。ネガティブストリップ時間比率 R_{NS} は、 $T_n / (T_n + T_p)$ と定義される。なお、振動の波形に制限はなく、サイン波形、非サイン波形どちらでもよい。

[0034] 次に、本発明の一実施形態では、二次冷却条件として、鋳片が鋳型を通過してから鋳片の表面温度が Ar_3 変態点となるまでの時間が60秒超えであることが肝要である。当該時間が60秒以下の場合、鋳片が鋳型から引き抜かれた直後に急激に冷却されることになり、その結果、凝固シェルが不均一となり、縦割れが発生する。当該時間を60秒超えとすることにより、横割れの発生を防ぐことができる。

[0035] このように、本発明の一実施形態による鋼の連続鋳造方法によれば、横割れ及び縦割れを抑制した高品質の鋳片（スラブ、ブルーム、又はビレット）を得ることができる。その結果、鋳片表面の手入れ工程が不要であり、圧延工程時に割れが操業を阻害することもないため、歩留まりが向上する。歩留まりが向上することで、鉄鉱石を原料として鋼を製造するまでの製鉄プロセスに要する多大なエネルギー消費量のうち、歩留まり向上に対応する部分を削減することができ、工業的、エネルギー的に有効である。

実施例

[0036] 図1に示した連続鋳造機を用いて、表1に示した各成分組成の鋼（残部はFeおよび不可避免的不純物）を、表2に示した連続鋳造条件で連続鋳造した。表2中の下線部は本発明の範囲外であることを示す。表1には、各成分組成から、下記（2）式により計算される炭素当量 CE 及び下記（3）式により計算される炭素当量 C_p 、下記（4）式により計算される Ar_3 変態点、及び下記（5）式により計算される Ac_3 変態点も合せて示した。

$$CE = [C] + [Mn] / 33 \quad \cdots (2)$$

$$C_p = [C] + [Mn] / 33 + [Ni] / 25 + [Cu] / 44 + [N] / 1.7 \quad \cdots (3)$$

$$Ar_3 = 910 - 273 \times [C] - 74 \times [Mn] - 16 \times [Cr] \quad \cdots (4)$$

$$Ac_3 = 937 - 476.5 \times [C] + 56 \times [Si] - 19.7 \times [Mn] - 4.9 \times [Cr] + 124.8 \times [V] - 1$$

$$9 \times [\text{Nb}] + 198 \times [\text{Al}] \quad \cdot \cdot \quad (5)$$

ここで、[]内は各元素の鋼中含有量（質量%）を表す。鋼B、C及びDは、炭素当量C_E及びC_pが0.18より大きく、その他は炭素当量C_E及びC_pが0.10～0.18の範囲である。

[0037] 表2中、二次冷却条件の「冷却温度」は、鑄型下端から上部矯正帯までの間の垂直帯における鑄片の表面温度の最低値を示し、「Ar₃点までに要した時間」は、鑄片が鑄型を通過してから鑄片の表面温度が最初にAr₃変態点となるまでの時間を示し、「復熱温度」は、鑄片の表面温度が上記の最低値となつてから上部矯正帯までの間での鑄片の表面温度の最高値を示す。各試験条件において、鑄片の引き抜き速度（鑄造速度）と二次冷却水の水量密度分布を調整することにより、上記の冷却温度、Ar₃点までに要した時間、及び復熱温度を変更した。なお、上記の鑄片の表面温度は、後述する凝固・伝熱解析によって計算された、鑄片のコナー部の表面温度を意味するものである。

[0038] 鑄片の表面温度の推移は、特開平4-231158号公報に開示されている、数値計算による2次元の凝固・伝熱解析によって求めた。すなわち、各スプレーノズルによる熱伝達係数分布の、冷却水量および鑄片表面温度に依存するデータをオフライン試験により求めた。各スプレーノズルの冷却水量、各スプレーノズルからの鑄片表面の位置、及び、各時点、各位置での鑄片表面の温度に合わせて、二次冷却帯での鑄片表面の境界条件を設定した。サポートロールとの接触による冷却は、特開平4-231158号公報に開示されている方法と同様に、熱伝達率を設定して評価した。このように鑄片表面の境界条件は鑄造方向の位置に応じて変化するので、鑄造方向に垂直な断面での2次元の凝固・伝熱解析では、鑄造方向の位置を引き抜き速度で除算して経過時間に変換することにより、各経過時間における境界条件を設定した。各経過時間における鑄造方向に垂直な断面での温度分布が解析の結果として得られるので、経過時間に引き抜き速度を乗算して鑄造方向の位置に変換することにより、任意の鑄造方向の位置における鑄造方向に垂直な断面での温度分布が得られる。このようにして得られた、鑄造方向に垂直な断面での鑄片表面温度の分

布の鑄造方向の位置に伴う推移から、表2に示す「冷却温度」、「 Ar_3 点までに要した時間」、「復熱温度」を求めることができる。

[0039] 各試験例において、スラブ表層の組織、割れの発生について評価し、結果を表2に示した。表2中、「スラブ表層の組織」は、試験後回収したスラブの端部の組織観察を行い、旧 γ 粒界が明瞭に観察され、粗大な旧 γ 粒が残存しているものを「粗大粒」、旧 γ 粒界が不明瞭である組織の場合を「組織微細化」と記載した。「割れの発生」は、鑄造直後の鑄片表面の目視観察し、その後圧延を行った後の鑄片の表面を目視観察し、その両方において、横割れ及び縦割れがなかったものを「なし」として記載し、それ以外の場合を「あり」として記載した。

[0040]

[表1]

表 1

鋼	C (質量%)	Si (質量%)	Mn (質量%)	P (質量%)	S (質量%)	Al (質量%)	Cu (質量%)	Ni (質量%)	Cr (質量%)	V (質量%)	Nb (質量%)	N (質量%)	CE	Cp	A _{r3} (°C)	A _{c3} (°C)
A	0.13	0.26	0.52	0.010	0.004	0.03	0.01	0.01	0.04	0.005	0.03	0.004	0.146	0.149	835	885
B	0.14	0.34	1.4	0.011	0.004	0.02	0.01	0.02	0.03	0.006	0.02	0.005	0.182	0.186	768	866
C	0.14	0.28	2.1	0.008	0.005	0.03	0.01	0.01	0.02	0.003	0.01	0.006	0.204	0.208	716	851
D	0.19	0.34	0.52	0.012	0.006	0.02	0.01	0.02	0.02	0.004	0.01	0.005	0.206	0.210	819	859
E	0.12	0.33	0.52	0.009	0.006	0.03	0.01	0.01	0.03	0.006	0.01	0.004	0.136	0.139	838	894
F	0.12	0.38	1.4	0.011	0.005	0.02	0.01	0.01	0.04	0.007	0.02	0.006	0.162	0.167	773	878
G	0.13	0.29	0.40	0.011	0.006	0.04	0.01	0.01	0.05	0.003	0.01	0.006	0.142	0.146	844	891

[0041] [表2]

表2

試験 No.	区分	鋼	引き抜き 速度 (m/分)	二次冷却条件			振動条件		評価結果		
				冷却温度 (°C)	A _{rs} 点までに 要した時間 (秒)	復熱温度 (°C)	T _n (秒)	R _{NS} (—)	スラブ表層の 組織	割れの発生	備考
1	発明例	A	1.20	820	72	890	0.09	0.32	組織微細化	なし	
2	発明例		1.15	810	70	920	0.19	0.36	組織微細化	なし	
3	発明例		1.30	826	65	880	0.15	0.31	組織微細化	なし	
4	発明例		1.20	820	76	890	0.16	0.38	組織微細化	なし	
5	比較例		1.20	845	—	920	0.14	0.33	粗大粒	あり	横割れ発生
6	比較例		1.30	826	58	880	0.16	0.34	組織微細化	あり	縦割れ発生
7	比較例		1.40	806	62	860	0.16	0.36	粗大粒	あり	横割れ発生
8	比較例		1.30	826	66	880	0.25	0.35	組織微細化	あり	横割れ発生
9	比較例		1.40	830	65	880	0.07	0.33	—	—	BO警報により casting 停止
10	比較例		1.20	820	72	890	0.18	0.45	組織微細化	あり	横割れ発生
11	比較例		1.10	805	86	910	0.18	0.25	—	—	BO警報により casting 停止
12	参考例		0.80	760	78	950	0.25	0.45	組織微細化	なし	横割れ発生しない
13	発明例	B	1.40	760	62	880	0.14	0.34	組織微細化	なし	
14	比較例		1.30	820	—	930	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
15	比較例		1.40	760	32	880	0.16	0.33	組織微細化	あり	縦割れ発生
16	比較例		1.20	730	71	900	0.25	0.36	組織微細化	あり	横割れ発生
17	比較例		1.10	720	76	920	0.18	0.45	組織微細化	あり	横割れ発生
18	発明例	C	1.40	700	62	860	0.14	0.34	組織微細化	なし	
19	比較例		1.30	750	—	910	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
20	比較例		1.40	700	38	860	0.16	0.33	組織微細化	あり	縦割れ発生
21	比較例		1.20	680	71	880	0.25	0.36	組織微細化	あり	横割れ発生
22	比較例		1.10	650	78	910	0.18	0.45	組織微細化	あり	横割れ発生
23	発明例	D	1.40	810	62	880	0.14	0.34	組織微細化	なし	
24	比較例		1.30	840	—	910	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
25	比較例		1.40	810	48	880	0.16	0.33	組織微細化	あり	縦割れ発生
26	比較例		1.20	790	76	920	0.25	0.36	組織微細化	あり	横割れ発生
27	比較例		1.10	770	89	930	0.18	0.45	組織微細化	あり	横割れ発生
28	参考例	E	1.40	820	66	910	0.14	0.34	組織微細化	なし	
29	参考例		1.30	850	—	920	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
30	参考例		1.40	820	42	910	0.16	0.33	組織微細化	なし	縦割れ発生しない
31	参考例		1.20	810	69	930	0.25	0.36	組織微細化	なし	横割れ発生しない
32	参考例		1.10	790	82	940	0.18	0.45	組織微細化	なし	横割れ発生しない
33	参考例	F	1.40	765	61	885	0.14	0.34	組織微細化	なし	
34	参考例		1.30	790	—	930	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
35	参考例		1.40	765	39	885	0.16	0.33	組織微細化	なし	縦割れ発生しない
36	参考例		1.20	740	78	900	0.25	0.36	組織微細化	なし	横割れ発生しない
37	参考例		1.10	730	83	920	0.18	0.45	組織微細化	なし	横割れ発生しない
38	参考例	G	1.40	830	62	900	0.14	0.34	組織微細化	なし	
39	参考例		1.30	860	—	940	0.16	0.35	粗大粒	あり	横割れ発生
40	参考例		1.40	830	48	900	0.16	0.33	組織微細化	なし	縦割れ発生しない
41	参考例		1.20	820	66	920	0.25	0.36	組織微細化	なし	横割れ発生しない
42	参考例		1.10	790	79	940	0.18	0.45	組織微細化	なし	横割れ発生しない

[0042] T_nが0.20秒超え、又は、R_{NS}が0.38超えである試験No.8及びNo.10では、二次冷却条件が本発明範囲内であるにも関わらず、横割れが発生した。一方、引き抜き速度が1.0m/分未満である試験No.12では、T_nが0.20秒超え、かつ、R_{NS}が0.38超えであっても、横割れが発生しなかった。このことから、引き抜き速度が1.0m/分以上の場合には、二次冷却条件が本発明範囲内でも横割れが発生してしまう場合があり、T_nが0.20秒以下、かつ、R_{NS}が0.38以下の casting 振動条件とすることにより、横割れを防止できることがわかる。

[0043] また、この傾向は、C含有量が0.13質量%以上0.20質量%以下、かつ、Mn

含有量が0.50質量%以上である鋼B, C, Dでも同様の傾向であった（試験No, 16, 17, 21, 22, 26, 27参照）。一方で、C含有量が0.13質量%未満、又は、Mn含有量が0.50質量%未満の鋼E, F, Gでは、引き抜き速度が1.0m/分以上の場合に、 T_n が0.20秒超え、又は、 R_{NS} が0.38超えであっても、横割れは発生しなかった（試験No, 31, 32, 36, 37, 41, 42参照）。この理由は定かではないが、C含有量又はMn含有量が低く、割れに対する感受性が低いためと考えられる。このことから、C : 0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn : 0.50質量%以上を含有する高C高Mn鋼を、1.0m/分以上の引き抜き速度で連続鋳造する場合には、二次冷却条件が本発明範囲内でも横割れが発生してしまう場合があり、 T_n が0.20秒以下、かつ、 R_{NS} が0.38以下の鋳型振動条件とすることにより、横割れを防止できることがわかる。

[0044] また、C含有量が0.13質量%以上0.20質量%以下、かつ、Mn含有量が0.50質量%以上である鋼A, B, C, Dでは、 Ar_3 点までに要した時間が60秒以下の条件では、鋳片の幅方向中央の部位に縦割れが発生した（試験No. 6, 15, 20, 25参照）。一方で、C含有量が0.13質量%未満、又は、Mn含有量が0.50質量%未満の鋼E, F, Gでは、 Ar_3 点までに要した時間が60秒以下の条件であっても、縦割れは発生しなかった（試験No. 30, 35, 40参照）。この理由は定かではないが、C含有量又はMn含有量が低く、凝固シェルの厚みが不均一となることを防ぐことができたためと考えられる。このことから、C : 0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn : 0.50質量%以上を含有する高C高Mn鋼を、1.0m/分以上の引き抜き速度で連続鋳造する場合には、縦割れが発生してしまう場合があり、 Ar_3 点までに要した時間を60秒超えとすることにより、縦割れを防止できることがわかる。

[0045] なお、冷却温度が Ar_3 変態点以上であるか、復熱温度が Ac_3 変態点以下である試験No. 5, 7, 14, 19, 24, 29, 34, 39では、鋼の組成に関わらず、旧 γ 粒が粗大であり、横割れが発生した。

[0046] 以上の実施例より、本発明によれば、連続鋳造機を合理的かつ効率的に利用しながら、表面割れのない品質良好な鋳片を得ることができることがわか

る。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明の連続鋳造機を用いた鋳片の製造方法によれば、溶鋼が所定の成分組成を有する場合でも、生産性を落とすことなく、表面割れを抑制した鋳片を得ることができる。

符号の説明

[0048] 1 0 0 連続鋳造機（垂直曲げ型）

1 0 取鍋

1 1 タンディッシュ

1 2 鋳型

1 3 スプレーノズル

1 4 ロール

1 5 切断装置

1 6 電磁攪拌装置

2 0 A 垂直帯

2 0 B 上部矯正帯

2 0 C 湾曲帯

2 0 D 下部矯正帯

2 0 E 水平帯

2 1 湾曲鋳型

M 溶鋼

S 鋳片

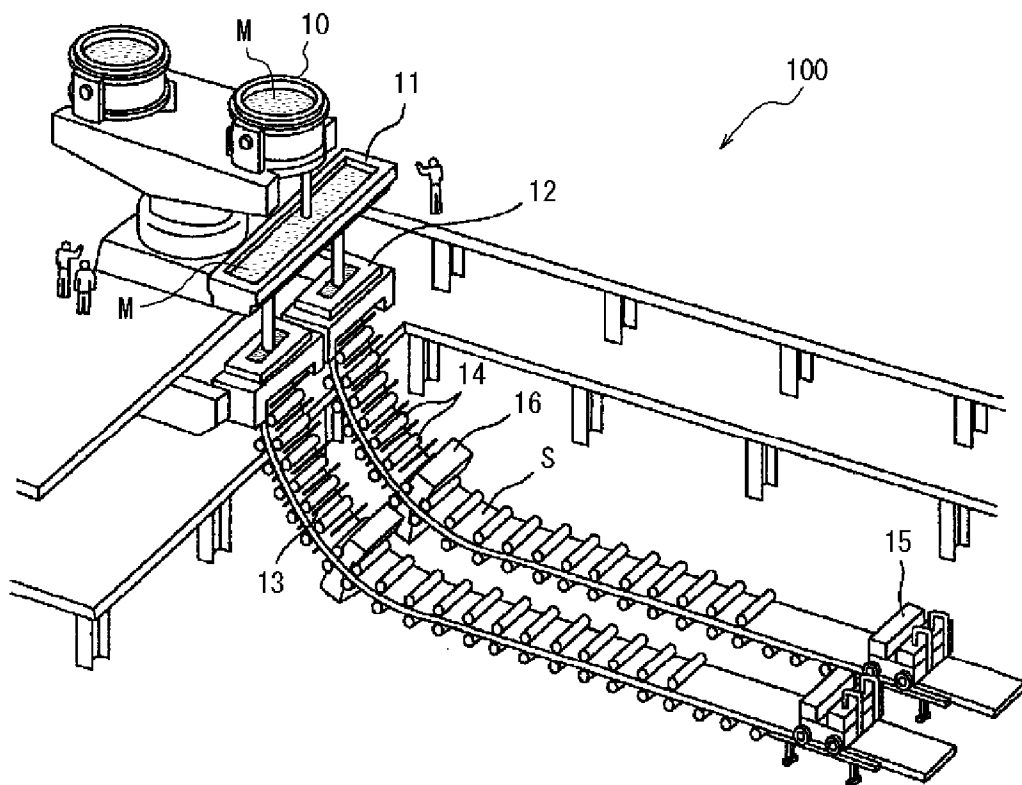
C₁ 横割れ

C₂ 縦割れ

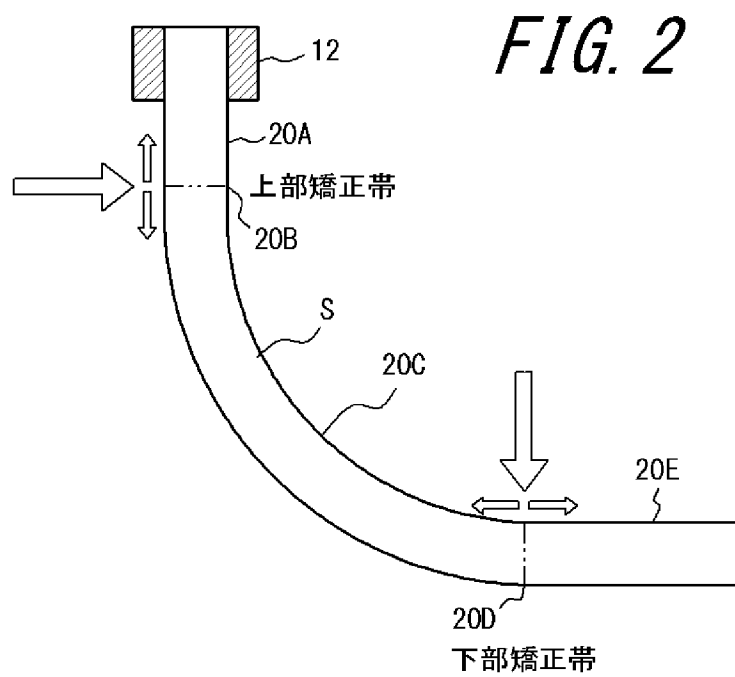
請求の範囲

- [請求項1] 湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機を用いた鑄片の製造方法であって、
- C : 0.13質量%以上0.20質量%以下、Mn : 0.50質量%以上を含有する溶鋼を鑄型で一次冷却する工程と、
- 1.0m／分以上の引き抜き速度で前記鑄型から鑄片を引き抜く工程と、
- 前記鑄片の表面温度を Ar_3 変態点より低くし、その後、 Ac_3 変態点より高い温度に戻すことを含む、前記鑄片を二次冷却する工程と、
- を有し、
- 前記鑄型の振動条件が、ネガティブストリップ時間 T_n が0.08秒以上0.20秒以下、ネガティブストリップ時間比率 R_{NS} が0.30以上0.38以下の条件を満足し、
- 前記鑄片が前記鑄型を通過してから前記鑄片の表面温度が Ar_3 変態点となるまでの時間が60秒超えであることを特徴とする鑄片の製造方法。

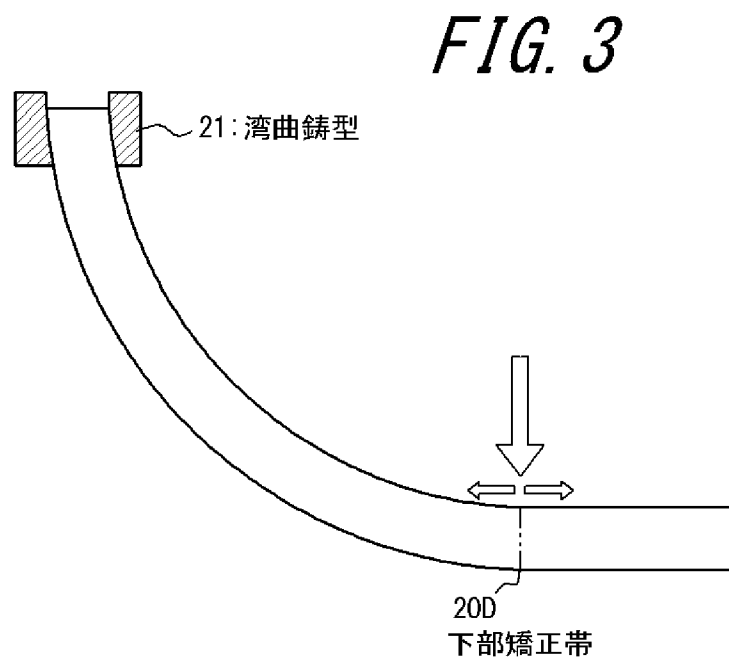
[図1]

FIG. 1

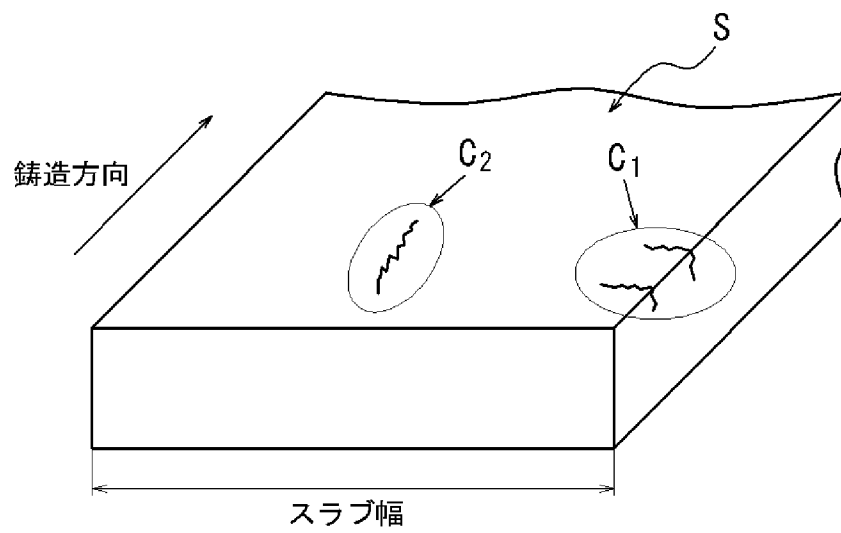
[図2]



[図3]



[図4]

FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/002963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D11/051(2006.01)i, B22D11/00(2006.01)i, B22D11/124(2006.01)i,
B22D11/22(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)

B22D11/00-B22D11/22

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 9-225607 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 02 September 1997 (02.09.1997), entire text; fig. 1 to 7 (Family: none)	1
A	JP 2015-6684 A (JFE Steel Corp.), 15 January 2015 (15.01.2015), paragraphs [0016] to [0058]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1
A	JP 2008-30062 A (Kobe Steel, Ltd.), 14 February 2008 (14.02.2008), paragraphs [0042] to [0066] (Family: none)	1

☐ 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
05 August 2015 (05.08.15)

Date of mailing of the international search report
18 August 2015 (18.08.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B22D11/051(2006.01)i, B22D11/00(2006.01)i, B22D11/124(2006.01)i, B22D11/22(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（I P C））

Int.Cl. B22D11/00- B22D11/22

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 9-225607 A（住友金属工業株式会社）1997.09.02, 全文, 図 1-7（ファミリーなし）	1
A	JP 2015-6684 A（J F E スチール株式会社）2015.01.15, [0016]-[0058], 図 1-3（ファミリーなし）	1
A	JP 2008-30062 A（株式会社神戸製鋼所）2008.02.14, [0042]-[0066]（ファミリーなし）	1

☐ 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

0 5 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

酒井 英夫

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

4 E

9 6 3 1