

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年12月31日 (31.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/001481 A1

- (51) 国際特許分類:
B22D 11/043 (2006.01) B22D 11/108 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/064564
- (22) 国際出願日: 2007年7月25日 (25.07.2007)
- (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2007-170396 2007年6月28日 (28.06.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友金属工業株式会社 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES,

LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

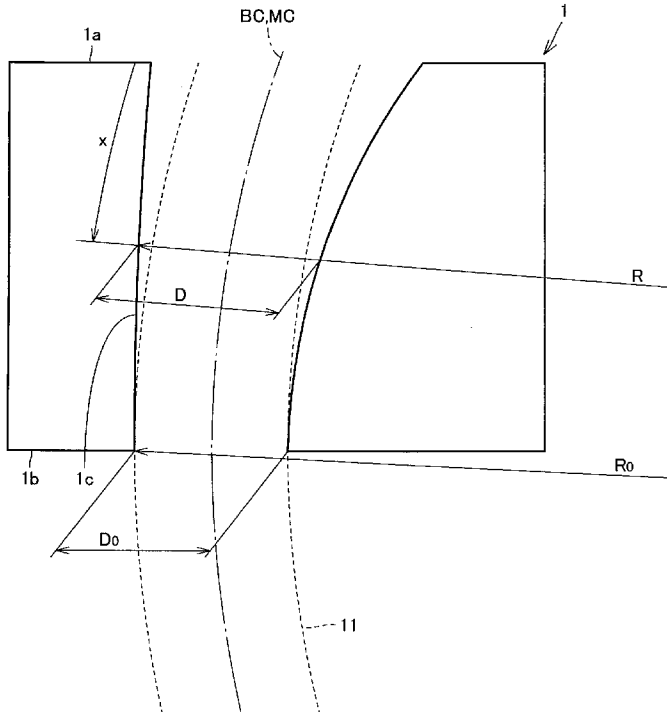
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 川本 正幸 (KAWAMOTO, Masayuki) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 塚口 友一 (TSUKAGUCHI, Yuichi) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 花尾 方史 (HANAOKI, Masahito) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友金属工業株式会社内 Osaka (JP). 平田 敦嗣 (HIRATA, Atsushi) [JP/JP]; 〒6408555 和歌山県和歌山市湊1850番地 株式会社住金鋼鉄和歌山内 Wakayama

[続葉有]

(54) Title: MOLD FOR CONTINUOUS CASTING OF ROUND BILLET CAST PIECE AND METHOD OF CONTINUOUS CASTING THEREOF

(54) 発明の名称: 丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型および連続鋳造方法

[図2]



(57) Abstract: In a mold for continuous casting of round billet cast piece by the use of a curved continuous casting machine, when D_0 refers to the inside diameter [m] of mold at its inferior edge and R_0 to the radius of curvature [m] of curvature outside at the inferior edge of the mold and when the rate of change [%/m] of the inside diameter of mold per length along the direction of casting, T_p , is expressed by the formula (1) and the rate of change [%/m] of the radius of curvature of curvature outside per length along the direction of casting, R_p , expressed by the formula (2), the rate of change of the inside diameter of mold, T_p , and the rate of change of the radius of curvature, R_p , satisfy the relationship of the formula (3). Formula (1): $T_p = (1/D_0) \times (dD/dx) \times 100$ [%/m] Formula (2): $R_p = (1/R_0) \times (dR/dx) \times 100$ [%/m] In the above formulae, D of the formula (1) is the inside diameter of the mold at a distance of x from the superior edge of the mold, and R of the formula (2) is the radius of curvature of curvature outside at the distance of x . Formula (3) $R_p = (T_p/2) \times (D_0/R_0)$ The

contact of the cast piece with the internal circumferential surface of the mold becomes uniform and appropriate along the whole circumference, so that a round billet cast piece of high quality free from casting defect can be stably produced.

(57) 要約: 湾曲型連続鋳造機を用いて丸ビレット鋳片を連続鋳造する鋳型は、鋳型下端での内径を D_0 [m] とし、鋳型下端での湾曲外側の湾曲半径を R_0 [m] とし、鋳

[続葉有]

WO 2009/001481 A1



(JP). 林 浩史 (HAYASHI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒6408555
和歌山県和歌山市湊 1 8 5 0 番地 株式会社住金鋼鉄
和歌山内 Wakayama (JP). 足立 学 (ADACHI, Manabu)
[JP/JP]; 〒6408555 和歌山県和歌山市湊 1 8 5 0 番地
株式会社住金鋼鉄和歌山内 Wakayama (JP).

(74) 代理人: 森 道雄 (MORI, Michio); 〒6600892 兵庫県尼
崎市東難波町五丁目 1 7 番 2 3 号 尼崎ビル 森道雄
特許事務所 Hyogo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH,
BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,
SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,
KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

造方向に沿った単位長さ当たりの鑄型内径の変化率 T_p [%/m] を下記 (1) 式で表し、鑄造方向に沿った単位
長さ当たりの湾曲外側の湾曲半径の変化率 R_p [%/m] を下記 (2) 式で表した場合に、鑄型内径変化率 T_p と
湾曲半径変化率 R_p とは下記 (3) 式の関係を満たす。 $T_p = (1/D_0) \times (dD/dx) \times 100$ [%/m]
・・・ (1) 式、 $R_p = (1/R_0) \times (dR/dx) \times 100$ [%/m] ・・・ (2) 式、但し、(1) 式中
の D は鑄型上端から x の距離における鑄型内径を示し、(2) 式中の R はその x の距離における湾曲外側の湾曲半
径を示す。 $R_p = (T_p/2) \times (D_0/R_0)$ ・・・ (3) 式 鑄片と鑄型内周面との接触が全周にわたって均
一で良好になるため、鑄造欠陥の無い高品質な丸ビレット鑄片を安定して製造することができる。

明 細 書

丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型および連続鑄造方法

技術分野

[0001] 本発明は、湾曲型連続鑄造機を使用して丸ビレット鑄片を連続鑄造する際に用いる丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型、およびその鑄型を用いた丸ビレット鑄片の連続鑄造方法に関する。

背景技術

[0002] 円形断面の丸ビレット鑄片を連続鑄造する場合は、矩形断面の角ビレット鑄片を連続鑄造する場合に比べて、鑄型の内壁(丸ビレット鑄片用の鑄型であれば、内周面)と鑄片との接触が安定しないことから、鑄片への冷却が不均一になりやすい。冷却の不均一が過度に起こると、鑄片に縦割れ疵が発生し、その縦割れ疵に起因してブレークアウトが発生し、ついには鑄造を継続することができなくなる。

[0003] このような事態の発生を防止するために、鑄型の内径を凝固収縮に合わせて減少させたり、連続鑄造時に鑄型内に供給するモールドパウダーを改善し鑄型内周面と鑄片との間の接触を調節する方法が種々提案されている。例えば、実開昭59-165748号公報には、下方に向かうに従って内径を減少させ、かつその減少率を2段階に変化させた鑄型が提案されている。また、実開昭59-165749号公報には、下方に向かうに従って内径寸法が連続的に減少するテーパ面となし、かつこの内径寸法の変化を凝固収縮に合致させた鑄型が提案されている。これらの提案された鑄型によれば、鑄型内周面と鑄片との接触を均一にすることが可能であるとされている。

[0004] しかし、前記実開昭59-165748号公報で提案された鑄型は、連続鑄造時に鑄型の上部から下部にいたる全域において鑄片と鑄型内周面との接触状態を良好に保つことが困難である。また、前記実開昭59-165749号公報で提案された鑄型は、連続鑄造時に鑄型の上部から下部にいたる全域において鑄片と鑄型内周面との接触状態を良好に保つことが理論上可能であるが、適用上の問題がある。すなわち、鑄片の凝固収縮量を測定することは困難であり、鑄造対象の鋼成分が変わると凝固収縮量が変わるので、鋼種毎に鑄型を交換する必要があり、さらに、鑄造速度が変

わると鑄型鑄込み方向に対する収縮量が変わる。そのため、このような鑄型は、実操業に使用できるものではない。

- [0005] そこで、本出願人は、特許第3022211号公報にて、丸ビレット鑄片を連続鑄造する際に、鑄型内周面と鑄片との間の接触を均一にし抜熱を均一化することのできる鑄型を提案した。この鑄型は、上端から下端までを鑄造方向に沿って少なくとも3つの領域に区分し、その領域毎に、鑄造方向に沿った単位長さ当たりの鑄型内径の変化率を規定することにより、鑄型の内径を上端から下端に向かうに従って次第に縮小させたものである。

発明の開示

- [0006] ところが、前記特許第3022211号公報で提案された鑄型は、連続鑄造時に鑄型内周面と鑄片との伝熱を均一にできるが、その効果を得られる条件が限られたものであって、例えば、凝固収縮量が異なる鋼を鑄造する場合や鑄造速度が変化する場合には、鑄造を行うことができなくなるという問題がある。特に、湾曲型連続鑄造機を用いて丸ビレット鑄片を連続鑄造するための連続鑄造用鑄型のように、鑄型の内周面が鑄片の形状に合わせて湾曲している場合は、その問題が顕著に起こる。
- [0007] 本発明は、上記した従来の問題に鑑みてなされたものであり、湾曲型連続鑄造機を用いて丸ビレット鑄片を連続鑄造するに際し、鑄造欠陥の無い丸ビレット鑄片を安定して連続鑄造できる連続鑄造用鑄型及びその鑄型を用いた連続鑄造方法を提供することを目的としている。
- [0008] 上記目的を達成するため、本発明による丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型は、鑄型下端での内径を D_0 [m]、および鑄型下端での湾曲外側の湾曲半径を R_0 [m]とする湾曲型連続鑄造機を用いて、丸ビレット鑄片を連続鑄造するための鑄型であって、鑄造方向に沿った単位長さ当たりの鑄型内径の変化率 Tp [%/m]を下記(1)式で表し、鑄造方向に沿った単位長さ当たりの湾曲外側の湾曲半径の変化率 Rp [%/m]を下記(2)式で表した場合に、鑄型内径変化率 Tp と湾曲半径変化率 Rp とは下記(3)式の関係を満足することを特徴とする。
- $$Tp = (1/D_0) \times (dD/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (1) \text{式}$$
- 但し、前記(1)式中の D は鑄型冷却面上端から x の距離における鑄型内径を示す。

$$R_p = (1/R_0) \times (dR/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (2) \text{式}$$

但し、前記(2)式中のRは鋳型冷却面上端からxの距離における湾曲外側の湾曲半径を示す。

$$R_p = (T_p/2) \times (D_0/R_0) \quad \cdots (3) \text{式}$$

[0009] このような構成にすれば、丸ビレット鋳片を連続鋳造する際、鋳型内周面の中心線と、鋳片の中心線とが合致していることから、鋳片は鋳型から偏った力を受けることはなく、全周に均等な力を受ける。そのため、鋳片と鋳型内周面との接触が全周にわたって均一で良好になる。

[0010] ここで、鋳造方向に沿って3つの領域に区分されており、前記鋳型内径変化率 T_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は12～16[%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は12～16[%/m]から0.8～1.4[%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は0.8～1.4[%/m]であることが好ましい。

[0011] 前記湾曲半径変化率 R_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]から $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]であることが好ましい。

[0012] また、上記目的を達成するための本発明による丸ビレット鋳片の連続鋳造方法は、前記連続鋳造用鋳型を用いた連続鋳造方法であって、前記連続鋳造用鋳型内に注入した溶鋼の表面に、1573[K]における粘度が0.1～1.0[Pa・s]、凝固点が1273[K]以上であり、 $((CaO + CaF_2 \times 0.718) / SiO_2)$ で表される質量濃度比が1.0～1.4で、 Na_2O に換算したNa量が5.0[mass%]以下、F濃度が7.0[mass%]以下、 MgO に換算したMg量が5～13[mass%]、 Al_2O_3 に換算したAl量が6～18[mass%]であるモールドパウダーを供給しつつ、連続鋳造することを特徴とする。

[0013] 本発明の丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型、およびその鋳型を用いた連続鋳造方

法によれば、湾曲型連続鑄造機を用いた連続鑄造時に、鑄片は全周に均等な力を受けるため、鑄片と鑄型内周面との接触が全周にわたって均一で良好になり、その結果、鑄造欠陥の無い高品質な丸ビレット鑄片を安定して製造することができる。

図面の簡単な説明

[0014] 図1は、従来の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型の構成を模式的に示す垂直断面図である。

図2は、本発明の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型の構成を模式的に示す垂直断面図である。

図3は、本発明の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型の具体例を説明するための垂直断面図である。

図4は、実施例での鑄造条件毎の鑄型銅板温度の変動幅を示す図である。

図5は、実施例での鑄造条件毎の縦割れ発生指数を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0015] 本発明者らは、湾曲型連続鑄造機に用いられる鑄型について、従来の鑄型に内在する問題を詳細に考察するとともに、設計標準としてこれまで着目されることがなかった鑄型の湾曲半径に着目し、鋭意検討を重ねて本発明を完成させた。

[0016] 図1は、従来の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型の構成を模式的に示す垂直断面図である。同図に示すように、湾曲型連続鑄造機に用いられる従来の鑄型101は、その内周面における湾曲外側に沿う面101cの湾曲半径 R_0 が一定である。この湾曲半径 R_0 は、鑄型101から引き出される鑄片11の湾曲外側の湾曲半径と概ね一致する。鑄型下端101bでの内径 D_0 は、鑄造する鑄片11の直径毎に定められる。

[0017] 鑄型101の内周面は、前記実開昭59-165748号公報、実開昭59-165749号公報、および特許第3022211号公報に提案された鑄型のように、鑄型101の内径を上端101aから下端101bに向かうに従って縮小させる、すなわち下端101bから上端101aに向かうに従って拡大させるテーパが施される。このとき、鑄型101の内周面は、湾曲外側が一定の湾曲半径 R_0 で制限されているため、内径の拡大した分が湾曲内側に広がる。これにより、鑄型101の内径の中心点を下端101bから上端101aまで結んでなる中心線MCは、丸ビレット鑄片11の中心線BCに対し、鑄型下端10

1bでは一致しているものの、鋳型101の上端101aへ向かうほど湾曲内側に大きく外れた状態になる。

[0018] このような鋳型101を用いて丸ビレット鋳片11を連続鋳造する際、鋳片11は常に湾曲内側から湾曲外側に向けて偏った力を受ける。そのため、従来の鋳型101では、鋳片11と鋳型101の内周面との接触は全周で均一にはならず、鋳片11が変形する問題が起こる。この問題は、例えば、凝固収縮量が異なる鋼を鋳造対象とする場合や、鋳造中に鋳造速度が変化する場合に、鋳片が受ける偏った力が変化することから、起こりやすい。

[0019] このような問題を解決するため、本発明の連続鋳造用鋳型は、鋳型内径の変化率を規定することに加え、鋳型の湾曲半径の変化率、およびそれらの変化率間の関係を規定したものである。

[0020] すなわち、本発明の鋳型は、湾曲型連続鋳造機を用いて丸ビレット鋳片を連続鋳造するための鋳型であって、鋳型下端での内径を D_0 [m]とし、鋳型下端での湾曲外側の湾曲半径を R_0 [m]とし、鋳造方向に沿った単位長さ当たりの鋳型内径の変化率 Tp [%/m]を下記(1)式で表し、鋳造方向に沿った単位長さ当たりの湾曲外側の湾曲半径の変化率 Rp [%/m]を下記(2)式で表した場合に、鋳型内径変化率 Tp と湾曲半径変化率 Rp とは下記(3)式の関係を満たすものである。

$$Tp = (1/D_0) \times (dD/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (1) \text{式}$$

但し、前記(1)式中の D は鋳型冷却面上端から x の距離における鋳型内径を示す。

$$Rp = (1/R_0) \times (dR/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (2) \text{式}$$

但し、前記(2)式中の R は鋳型冷却面上端から x の距離における湾曲外側の湾曲半径を示す。

$$Rp = (Tp/2) \times (D_0/R_0) \quad \cdots (3) \text{式}$$

[0021] 図2は、本発明の丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型の構成を模式的に示す垂直断面図である。同図に示すように、湾曲型連続鋳造機に用いられる本発明の鋳型1は、鋳型1の下端1bでの内径を D_0 とし、鋳型下端1bでの内周面における湾曲外側に沿う面1cの湾曲半径を R_0 とする。その鋳型下端1bでの内径 D_0 は、鋳造する鋳片11の直径毎に定められる。その鋳型下端1bでの湾曲半径 R_0 は、鋳型1から引き出される

鋳片11の湾曲外側の湾曲半径と概ね一致し、湾曲型連続鋳造機に固有のものである。

[0022] 鋳型1の内周面は、その内径を下端1bから上端1aに向かうに従って次第に拡大させるテーパーが施される。このとき、鋳型冷却面上端1aからxの距離において、鋳型内径をDとしたとき、この位置での鋳型内径変化率 T_p は、上記(1)式で表すことができる。同じく、鋳型冷却面上端1aからxの距離において、湾曲外側に沿う面1cの湾曲半径をRとしたとき、この位置での湾曲外側の湾曲半径変化率 R_p は、上記(2)式で表すことができる。そして、鋳型冷却面上端1aからxの距離の位置では、その位置での鋳型内径変化率 T_p と湾曲半径変化率 R_p とが上記(3)式の関係を満たすように、鋳型内径Dおよび湾曲半径Rが設定される。

[0023] このような上記(3)式の規定に従って鋳型内径Dおよび湾曲半径Rを設定すると、鋳型1の内周面は、その内径が下端1bから上端1aに向かうに従って次第に拡大するわけであるが、内径の拡大した分が湾曲外側と湾曲内側とに均等に振り分けられて広がる。すなわち、鋳型1の内径の中心点を下端1bから上端1aまで結んでなる中心線MCは、丸ビレット鋳片11の中心線BCに対し、鋳型下端1bから鋳型上端1aまでの全域にわたって合致した状態になる。

[0024] このような状態を上記(3)式で規定する理由は、以下のとおりである。鋳型内周面の中心線MCと、鋳片11の中心線BCとを合致させるには、鋳片11の中心線BCを中心に、鋳型1の内径の拡大した分を湾曲外側と湾曲内側に均等に振り分けることが必要である。そのためには、鋳型冷却面上端1aからxの距離の位置での湾曲外側の湾曲半径Rに、その位置での鋳型内径変化率 T_p の半分(1/2)を寄与させればよい。そうすると、湾曲外側の湾曲半径Rは、鋳型内径変化率 T_p に基づいて、下記(4)式で表すことができる。

$$R = R_0 + D_0 \times (T_p / 2) \quad \cdots (4) \text{式}$$

[0025] 同様に湾曲外側の湾曲半径Rは、湾曲半径変化率 R_p に基づいて、下記(5)式で表すことができる。

$$R = R_0 + R_0 \times R_p \quad \cdots (5) \text{式}$$

[0026] 上記(4)式および上記(5)式より、上記(3)式を導くことができる。よって、上記(3)

式の関係を満たすれば、鋳型内周面の中心線MCと、鋳片11の中心線BCとが合致することになる。

[0027] このような本発明の連続鋳造用鋳型によれば、この鋳型を用いて丸ビレット鋳片を連続鋳造する際、鋳型内周面の中心線と、鋳片の中心線とが合致していることから、鋳片は鋳型から偏った力を受けることはなく、全周に均等な力を受ける。そのため、鋳片と鋳型内周面との接触が全周にわたって均一で良好になり、その結果、安定して高品質な丸ビレット鋳片を得ることができる。これは、凝固収縮量が異なる鋼を鋳造対象とする場合や、鋳造中に鋳造速度が変化する場合であっても変わらない。

[0028] 続いて、本発明の連続鋳造用鋳型の好適な具体例を説明する。

[0029] 具体例として、鋳造方向に沿って3つの領域に区分されており、鋳型内径変化率 T_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は12～16[%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は12～16[%/m]から0.8～1.4[%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は0.8～1.4[%/m]とすることができる。このとき、湾曲半径変化率 R_p は、その鋳型内径変化率 T_p に基づいて、上記(3)式の関係を満たすように定める。

[0030] 言い換えると、湾曲半径変化率 R_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]から $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]とすることもできる。このとき、鋳型内径変化率 T_p は、その湾曲半径変化率 R_p に基づいて、上記(3)式の関係を満たすように定める。

[0031] 図3は、本発明の丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型の具体例を説明するための垂直断面図である。同図は、便宜的に、鋳型の内周面のテーパーを一定にしており、湾曲状態を示していない。

[0032] 図3に示すように、本発明の鋳型1は、溶鋼10が注入される側の鋳型1の冷却面上端1aから下端1bまでを、鋳造方向に沿って3つの領域A1、A2、A3に区分される。

第1領域A1と第2領域A2との境界は、鑄型1の冷却面上端1aより50～100[mm]の区間内にあり、第2領域A2と第3領域A3との境界は、鑄型1の冷却面上端1aから250～300[mm]の区間内にある。鑄型内径変化率 T_p は、第1領域A1内で12～16[%/m]に、これに連続する第2領域A2内で12～16[%/m]から0.8～1.4[%/m]まで連続的に変化し、さらにこれに連続する第3領域A3内で0.8～1.4[%/m]となるように構成する。連続鑄造時には、鑄型1内の溶鋼10の表面にモールドパウダー12が供給される。

[0033] 鑄型冷却面上端から50～100[mm]の間の第1領域で鑄型内径変化率 T_p を12～16[%/m]に設定するのは、その区間が鑄型内周面と鑄片との間の接触を均一にするために有効だからである。すなわち、その区間が50[mm]未満であると、凝固シェルの収縮よりも鑄型の収縮が小さくなって接触が不均一になり、縦割れが発生するからである。一方、その区間が100[mm]を超えると、鑄型の収縮が大きくなりすぎて鑄型と鑄片との焼き付きによる拘束が発生するからである。鑄型内径変化率 T_p は、規定値より大きすぎると拘束が発生し、小さすぎると縦割れが発生する。

[0034] また、その第1領域に連続して鑄型冷却面上端より250～300[mm]の間の第2領域で鑄型内径変化率 T_p を12～16[%/m]から0.8～1.4[%/m]まで連続的に変化させるのは、その区間が250[mm]未満であると、凝固シェルの収縮よりも鑄型の収縮が小さくなって接触が不均一になり、縦割れが発生するからである。一方、その区間が300[mm]を超えると、鑄型の収縮が大きくなりすぎて鑄型と鑄片との焼き付きによる拘束が発生するからである。鑄型内径変化率 T_p は、規定値より大きすぎると拘束が発生し、小さすぎると縦割れが発生する。さらに、その第2領域に連続して鑄型下端までの間の第3領域で鑄型内径変化率 T_p を0.8～1.4[%/m]としているのも、同様の理由からである。

[0035] 本具体例の連続鑄造用鑄型を使用すれば、鑄片と鑄型内周面との接触がより一層良好になって高品質な丸ビレット鑄片を得ることができる。さらに、鑄型内周面と鑄片との間の伝熱媒体となるモールドパウダーについては、以下の物性および成分を有するものを本発明の鑄型に使用することで、従来のモールドパウダーを使用するよりもさらに高品質な丸ビレット鑄片を得ることができる。

[0036] 本発明の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型には、1573[K]における粘度が0.1～1.0[Pa・s]、凝固点が1273[K]以上であり、 $((\text{CaO} + \text{CaF}_2 \times 0.718) / \text{SiO}_2)$ で表される質量濃度比が1.0～1.4で、 Na_2O に換算したNa量が5.0[mass%]以下、F濃度が7.0[mass%]以下、 MgO に換算したMg量が5～13[mass%]、 Al_2O_3 に換算したAl量が6～18[mass%]であるモールドパウダーを用いることができる。

表1に、モールドパウダーの物性および成分を示す。

[0037] [表1]

表 1

1573[K]における粘度	0.1～1.0[Pa・s]
凝固点	1273[K] 以上
$(\text{CaO} + \text{CaF}_2 \times 0.718) / \text{SiO}_2$ 質量比	1.0～1.4
Na_2O に換算したNa量	5.0[mass%] 以下
F濃度	7.0[mass%] 以下
MgO に換算したMg量	5～13[mass%]
Al_2O_3 に換算したAl量	6～18[mass%]

注)・凝固点は、粘度測定の際に急激に粘度が立ち上がる温度を表す。
 ・通常化学分析値は、陽イオンの濃度が求まるので、酸化物換算での濃度に変換して規定する。
 ・ CaO についてもCa濃度から CaO 濃度に換算した値とする。

[0038] このモールドパウダーに関し、1573[K]における粘度が0.1[Pa・s]未満であると、鑄型内周面と鑄片との間へのパウダーの流入が不均一となって抜熱が不均一になり、縦割れが発生したり、拘束が発生したり、溶鋼中にパウダーが巻き込まれて欠陥が発生する。一方、その粘度が1.0[Pa・s]を超えると、鑄型内周面と鑄片との間へのパウダーの流入が不足して拘束が発生する。

[0039] 凝固点が1273[K]未満であると、鑄型内周面と鑄片との間において、パウダーの液相が多くなって冷却が強くなりすぎるので、熱応力により鑄片が変形し、縦割れが発生する。

[0040] $((\text{CaO} + \text{CaF}_2 \times 0.718) / \text{SiO}_2)$ で表される質量濃度比が1.0未満であると、溶鋼中のMnをパウダー中の SiO_2 が酸化して組成が変化し、鑄片の表面に欠陥が生じる。また、 MgO に換算したMg量が5[mass%]未満であると、結晶化が安定しないので、冷却が強くなり、縦割れが発生する。一方、 $((\text{CaO} + \text{CaF}_2 \times 0.718) / \text{SiO}_2)$

で表される質量濃度比が1.4を超えたり、MgOに換算したMg量が13[mass%]を超えると、パウダーフィルムの収縮が大きくなりすぎて鑄片と鑄型内周面との間の接触が悪化して縦割れが発生し、または、凝固点が高くなりすぎてパウダーが溶融しない。

[0041] Na_2O に換算したNa量が5.0[mass%]を超えたり、F濃度が7.0[mass%]を超えると、粉末の溶融特性が不良となってノロ咬みなどの欠陥が発生する。

[0042] Al_2O_3 に換算したAl量が6[mass%]未満であると、結晶の組成が鑄込み中に変化して冷却が不均一になる。一方、そのAl量が18[mass%]を超えると、凝固点が高くなりすぎて、溶融したパウダーが流入しにくくなる。

[0043] したがって、ここで規定した物性および成分を有するモールドパウダーを本発明の鑄型内溶鋼の表面に供給しつつ連続鑄造すれば、さらに良好な品質の丸ビレット鑄片を製造できる。

実施例

[0044] 本発明の鑄型およびその鑄型を用いた連続鑄造方法による効果を確認するために、湾曲半径(R_0)が10[m]で一点矯正式の湾曲型連続鑄造機を用いて試験を行った。本実施例での試験には、C:0.06~0.35[mass%]、およびMn:0.8~1.8[mass%]を含有する鋼を用いた。Crは含有しなくてもよいが、含有する場合は3[mass%]以下とした。特に、表2に示す3ランクの鋼種A、B、Cで鑄造試験を行った。

[0045] [表2]

表 2

鋼種	化学組成 (mass%) 残部Feおよび不純物						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Al
A	0.27	0.41	0.26	0.0080	0.0030	0.97	0.035
B	0.23	1.29	0.30	0.0110	0.0060	0.46	0.025
C	0.22	0.61	0.18	0.0220	0.0060	—	0.018

注) 「—」は、含有していないことを示す。

[0046] 本実施例では、表3に示す鑄型M1~M20(冷却面下端内径(D_0)は225[mm]、長さは900[mm])に給湯し、この溶鋼の表面に、表4に示すモールドパウダーP1~P11を供給し、鑄造速度が2.0[m/分]で連続鑄造した。表5に、本実施例での鋼

種A～C、鑄型M1～M20、およびパウダーP1～P11の組合せを表す鑄造条件A～AFを示す。

[0047] [表3]

表 3

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
第1領域	40 *	110 *	75	75	75	75	75	75	50	100
第2領域	14.0	14.0	11.0 *	17.0 *	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
第3領域	0.158	0.158	0.124	0.191	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158
第1領域	275	275	275	275	240 *	310 *	275	275	275	275
第2領域	14.0	14.0	11.0 *	17.0 *	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
第3領域	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7	1.5	1.1	1.1
第1領域	0.158	0.158	0.124	0.191	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158
第2領域	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.008	0.017	0.012	0.012
第3領域	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7 *	1.5 *	1.1	1.1
区分	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.008	0.017	0.012	0.012
	比	比	比	比	比	比	比	比	比	比
第1領域	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
第2領域	12.0	16.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
第3領域	0.135	0.180	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0 *	0 *	0 *
第1領域	275	275	250	300	275	275	275	275	275	275
第2領域	12.0	16.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
第3領域	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	1.4	1.1	0.8	1.4
第1領域	0.135	0.180	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0 *	0 *	0 *
第2領域	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.009	0.016	0 *	0 *	0 *
第3領域	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.8	1.4	1.1	0.8	1.4
区分	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.009	0.016	0 *	0 *	0 *
	本	本	本	本	本	本	本	比	比	比

注)・区分中、「本」は「本発明例」を、「比」は「比較例」をそれぞれ表す。

・*印は、本発明で規定する範囲を外れることを示す。

表 4

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
粘度 [Pa・s]	0.50	0.40	0.60	0.40	0.60	0.35	0.36	0.49	0.52	0.48	0.53
凝固点 [K]	1505	1512	1495	1600	1460	1465	1463	1505	1520	1500	1520
塩基度 [-]	1.20	1.40	1.00	1.45 *	0.95 *	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Na ₂ O [mass%]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	6.0 *	0.5	4.0	2.0	4.0	4.0
F [mass%]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	8.0 *	4.0	4.0	4.0	4.0
MgO [mass%]	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	6.0	13.0	8.0	8.0
Al ₂ O ₃ [mass%]	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	7.0	18.0
区分	本	本	本	比	比	比	比	本	本	本	本

注)・塩基度は、(CaO+CaF₂×0.718)/SiO₂ 質量比のことである。
・区分中、「本」は「本発明例」を、「比」は「比較例」をそれぞれ表す。
・*印は、本発明で規定する範囲を外れることを示す。

表 5

製造条件	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
鋼種	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
鋳型	M1 *	M2 *	M3 *	M4 *	M5 *	M6 *	M7 *	M8 *	M9	M10	M11
モルト・パウダ-	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1
区分	比	比	比	比	比	比	比	比	本	本	本

製造条件	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
鋼種	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
鋳型	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18 *	M19 *	M20 *	M15	M15
モルト・パウダ-	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P3
区分	本	本	本	本	本	本	比	比	比	本	本

製造条件	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
鋼種	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C
鋳型	M15	M15	M15	M15	M15	M15	M15	M15	M15	M15
モルト・パウダ-	P4 *	P5 *	P6 *	P7 *	P8	P9	P10	P11	P1	P1
区分	比	比	比	比	本	本	本	本	本	本

注)・区分中、「本」は「本発明例」を、「比」は「比較例」をそれぞれ表す。
 ・*印は、本発明で規定する範囲を外れることを示す。

[0050] 試験結果の評価は、鋳型内周面と鋳片との接触状況を表す鋳型銅板温度の変動幅、縦割れ発生指数、および引き抜き不能事故の有無で行った。

[0051] 図4は、実施例での製造条件毎の鋳型銅板温度の変動幅を示す図である。同図の鋳型温度変動幅は、鋳型冷却面上端から150[mm]の位置に設置した熱電対の温

度変動幅を実効値(積分平均)で示したものである。その熱電対は銅板表面から15 mm内側に設置した。

[0052] 図5は、実施例での鑄造条件毎の縦割れ発生指数を示す図である。同図の縦割れ発生指数は、鑄片の単位長さ当たりの割れ長さである。

[0053] 図4および図5より明らかなように、本発明例である鑄造条件I～Q、U、V、およびA～AFについては、鑄型銅板温度の変動幅はまったく問題のない範囲であり、縦割れの発生もほとんどなかった。しかも、ブレークアウトや拘束ブレークアウト警報も発せられなかった。

[0054] これに対して、比較例である鑄造条件A、C、E、F、R～T、W～Zでは、鑄型銅板温度の変動幅が大きく実操業において問題となり、縦割れも大きかった。この中で、特に鑄造条件W、X、Y、Zについては、比較例であるパウダーP4、P5、P6、P7が採用されており、モールドパウダーの不適正により、銅板温度の大きな変動が起こった。鑄造条件R、S、Tについては、比較例である鑄型M18、M19、M20が採用されており、鑄型内径変化率は適正であったが、湾曲半径変化率が不適正であったため、鑄片と鑄型内周面との接触が均一に保たれなかった。

[0055] また、比較例である鑄造条件B、D、G、Hでは、銅板温度の変動は小さいものの、比較例である鑄型M1、M4、M7、M8が採用されており、鑄型内径変化率が不適であったため、引き抜き不能の事故が発生した。

産業上の利用可能性

[0056] 本発明の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型、およびその鑄型を用いた連続鑄造方法によれば、湾曲型連続鑄造機を用いて丸ビレット鑄片を連続鑄造する際、鑄片は全周に均等な力を受けて、鑄片と鑄型内周面との接触が全周にわたって均一で良好になるため、鑄造欠陥の無い高品質な丸ビレット鑄片を安定して製造することができる。したがって、本発明は、湾曲型連続鑄造機を用いて高品質な丸ビレット鑄片を製造することが可能な連続鑄造用鑄型および連続鑄造方法として、極めて有用である。

請求の範囲

- [1] 鋳型下端での内径を D_0 [m]、および鋳型下端での湾曲外側の湾曲半径を R_0 [m]とする湾曲型連続鋳造機を用いて、丸ビレット鋳片を連続鋳造するための鋳型であって、

鋳造方向に沿った単位長さ当たりの鋳型内径の変化率 T_p [%/m]を下記(1)式で表し、

鋳造方向に沿った単位長さ当たりの湾曲外側の湾曲半径の変化率 R_p [%/m]を下記(2)式で表した場合に、

鋳型内径変化率 T_p と湾曲半径変化率 R_p とは下記(3)式の間係を満足することを特徴とする丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型。

$$T_p = (1/D_0) \times (dD/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (1) \text{式}$$

但し、前記(1)式中の D は鋳型冷却面上端から x の距離における鋳型内径を示す。

$$R_p = (1/R_0) \times (dR/dx) \times 100 [\%/m] \quad \cdots (2) \text{式}$$

但し、前記(2)式中の R は鋳型冷却面上端から x の距離における湾曲外側の湾曲半径を示す。

$$R_p = (T_p/2) \times (D_0/R_0) \quad \cdots (3) \text{式}$$

- [2] 鋳造方向に沿って3つの領域に区分されており、前記鋳型内径変化率 T_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は12～16[%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は12～16[%/m]から0.8～1.4[%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は0.8～1.4[%/m]であることを特徴とする請求項1に記載の丸ビレット鋳片の連続鋳造用鋳型。

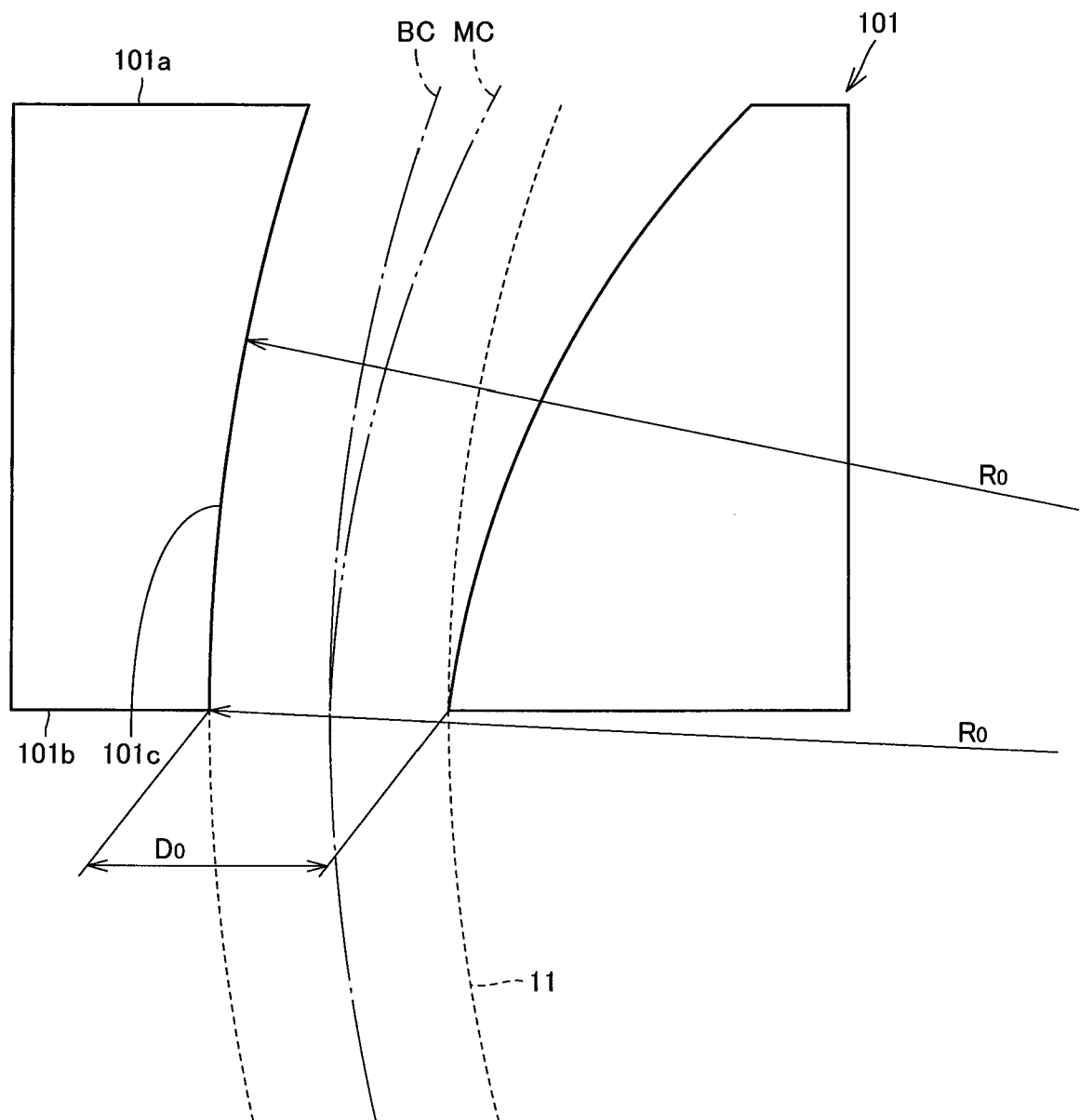
- [3] 鋳造方向に沿って3つの領域に区分されており、前記湾曲半径変化率 R_p は、溶鋼が注入される側の鋳型冷却面上端から50～100[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]で、この領域に連続して鋳型冷却面上端より250～300[mm]の間の領域は $6 \times (D_0/R_0) \sim 8 \times (D_0/R_0)$ [%/m]から $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]まで連続的に変化させ、さらにこの領域に連続して鋳型下端までの間の領域は $0.4 \times (D_0/R_0) \sim 0.7 \times (D_0/R_0)$ [%/m]であることを特

徴とする請求項1に記載の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型。

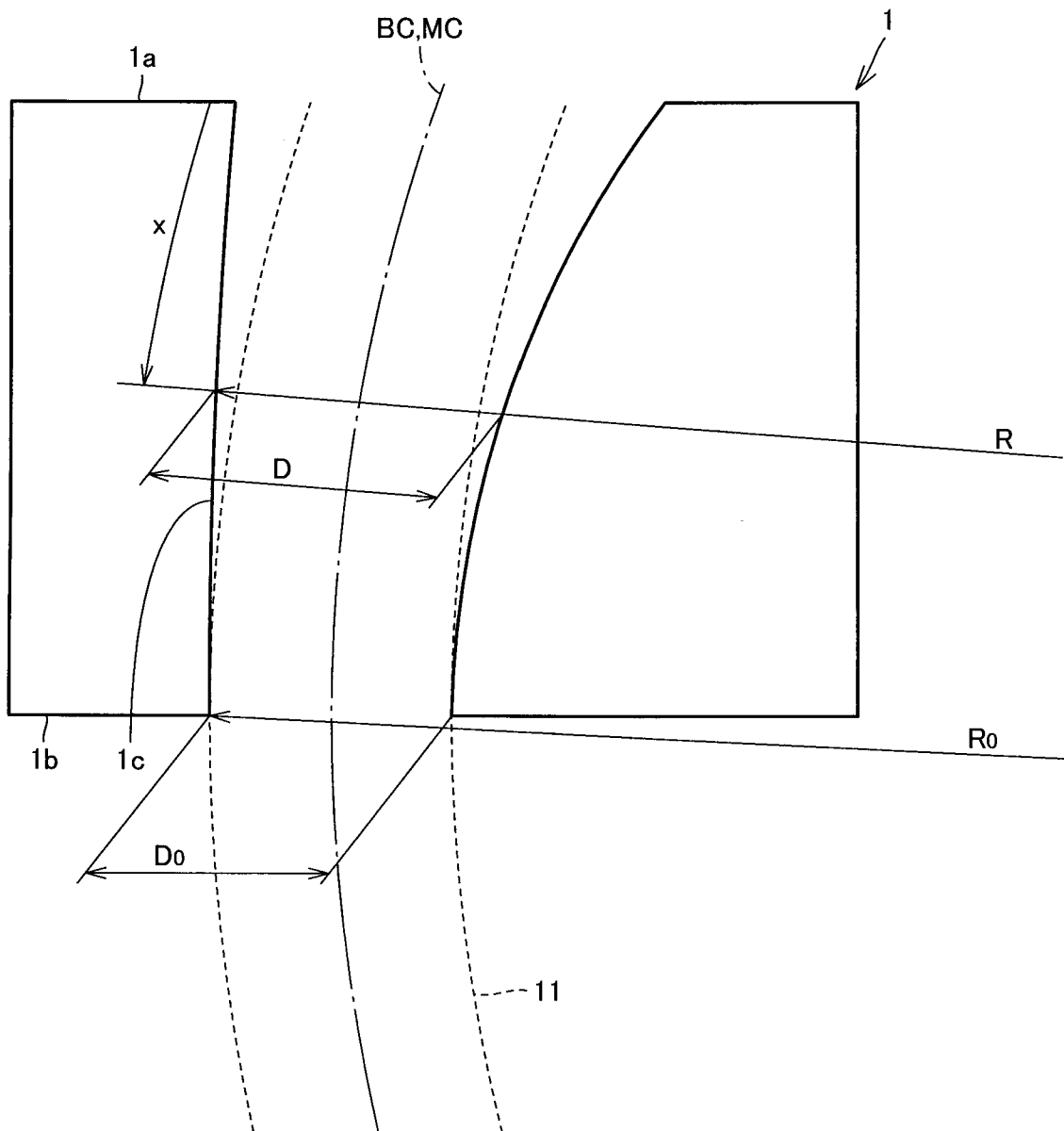
- [4] 請求項1～3のいずれかに記載の丸ビレット鑄片の連続鑄造用鑄型を用いた連続鑄造方法であって、

前記連続鑄造用鑄型内に注入した溶鋼の表面に、1573[K]における粘度が0.1～1.0[Pa・s]、凝固点が1273[K]以上であり、 $((\text{CaO} + \text{CaF}_2 \times 0.718) / \text{SiO}_2)$ で表される質量濃度比が1.0～1.4で、 Na_2O に換算したNa量が5.0[mass%]以下、F濃度が7.0[mass%]以下、 MgO に換算したMg量が5～13[mass%]、 Al_2O_3 に換算したAl量が6～18[mass%]であるモールドパウダーを供給しつつ、連続鑄造することを特徴とする丸ビレット鑄片の連続鑄造方法。

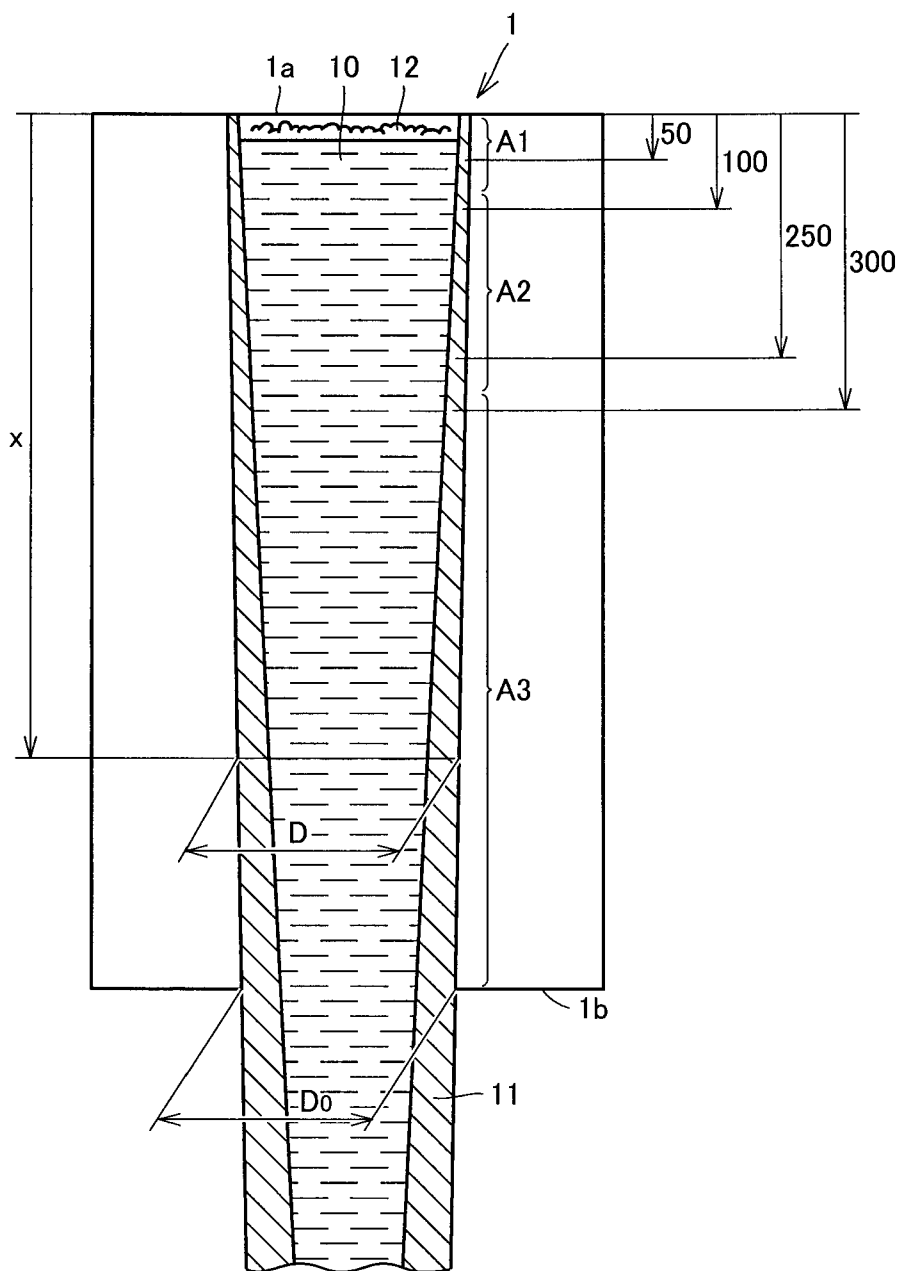
[図1]



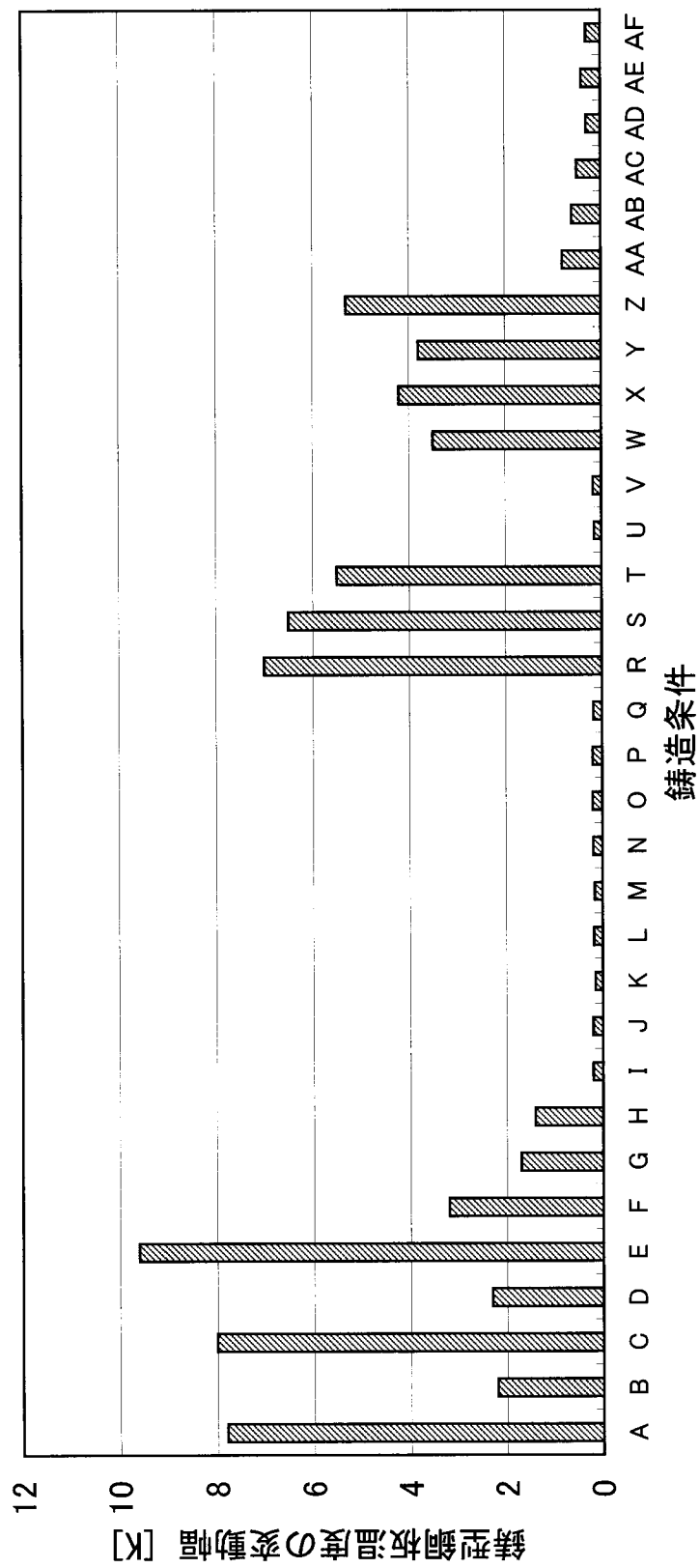
[図2]



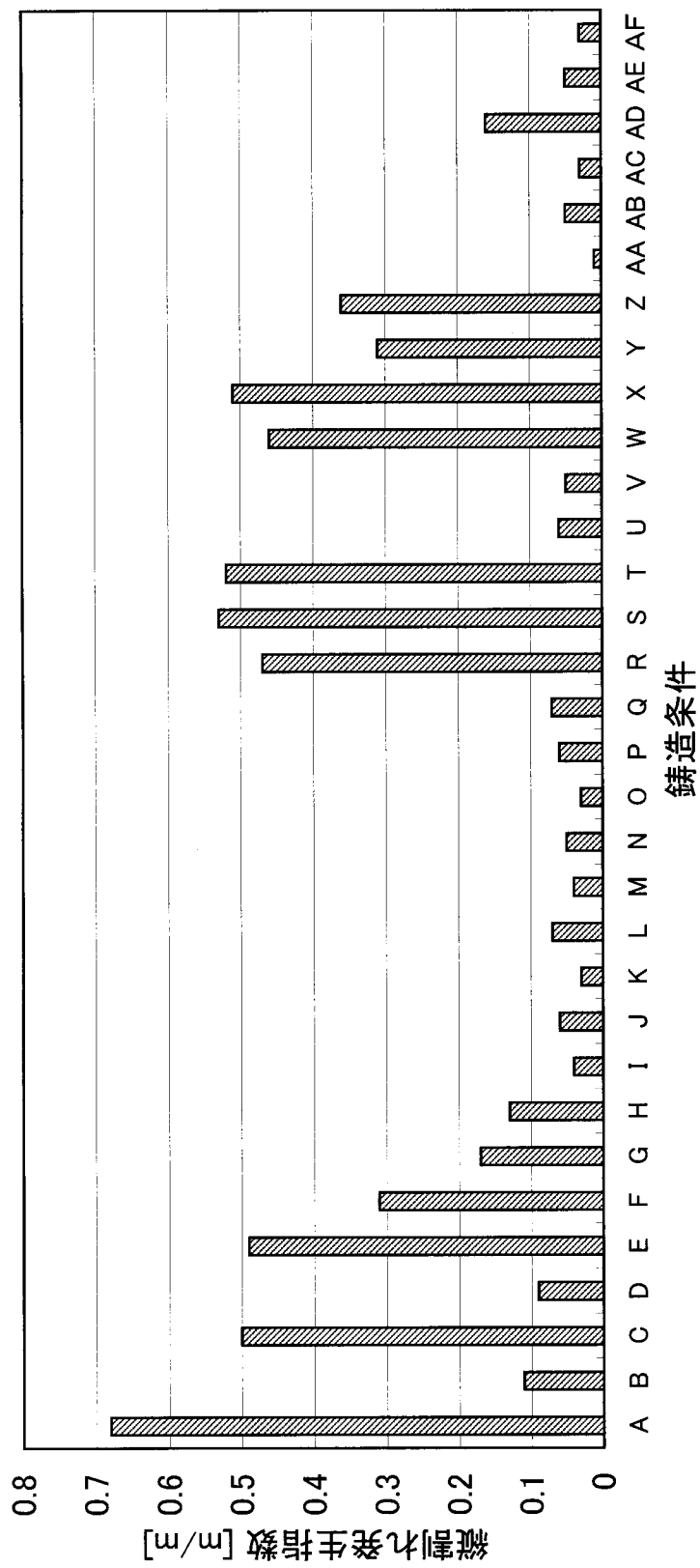
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/064564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D11/043(2006.01) i, B22D11/108(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)

B22D11/00-11/22

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 3022211 B2 (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 14 January, 2000 (14.01.00), (Family: none)	1-4
A	JP 2003-136203 A (Mishima Kosan Kabushiki Kaisha), 14 May, 2003 (14.05.03), (Family: none)	1-4

☐ 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
19 October, 2007 (19.10.07)

Date of mailing of the international search report
30 October, 2007 (30.10.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

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. B22D11/043 (2006.01) i, B22D11/108 (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. B22D11/00-11/22

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 0 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 7 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 請求の範囲の番号
A	JP 3022211 B2（住友金属工業株式会社） 2000.01.14,（ファミリーなし）	1-4
A	JP 2003-136203 A（三島光産株式会社） 2003.05.14,（ファミリーなし）	1-4

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
1 9 . 1 0 . 2 0 0 7

国際調査報告の発送日
3 0 . 1 0 . 2 0 0 7

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）	4 E	9 4 4 2
國方 康伸		
電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5		