

(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
2018年1月25日(25.01.2018)



(10) 国際公開番号

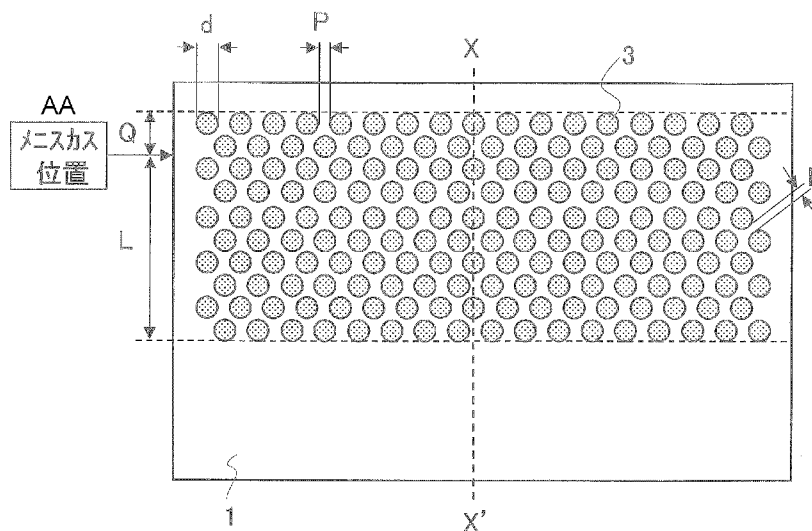
WO 2018/016101 A1

- (51) 国際特許分類:
B22D 11/04 (2006.01) B22D 11/059 (2006.01)
B22D 11/00 (2006.01) B22D 11/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/001146
- (22) 国際出願日: 2017年1月16日(16.01.2017)
- (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 2016-143909 2016年7月22日(22.07.2016) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩田 直道 (IWATA Naomichi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 荒牧 則親 (ARAMAKI Norichika); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目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 東京都千代田区内幸町二丁目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 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP). 古米 孝平 (FURUMAI Kohpei); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).

(54) Title: CONTINUOUS CASTING MOLD AND METHOD FOR CONTINUOUS CASTING OF STEEL

(54) 発明の名称: 連続铸造用鑄型及び鋼の連続铸造方法

【図1】



AA... MENISCUS POSITION

(57) Abstract: A continuous casting mold having low-thermal-conductivity metal filled parts formed by filling a low-thermal-conductivity metal into a plurality of recessed grooves provided in a range from an arbitrary position above a meniscus to an arbitrary position below the meniscus in an inner wall surface of a copper alloy mold copper plate for configuring a water-cooled continuous casting mold, the thermal conductivity λ_m (W/(m $\times$ K)) of the low-thermal-conductivity metal being 80% or less of the thermal conductivity λ_c (W/(m $\times$ K)) of the mold copper plate, and the thermal resistance ratio R



(74) 代理人: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.);
〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目 7
番 1 号 J F E テクノリサーチ株式会社知
的財産事業部内 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, DJ, 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, KH, KN,
KP, KR, KW, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

defined by equation (1) being 5% or greater. (1): $R = [(T-H)/(1000 \times \lambda_c) + H/(1000 \times \lambda_m) - T/(1000 \times \lambda_c)]/[T/(1000 \times \lambda_c)] \times 100$. In the formula, R is the thermal resistance ratio (%) of the low-thermal-conductivity metal filled parts and the mold copper plate, T is the distance (mm) from a bottom surface of a slit in the mold copper plate as a flow path for mold cooling water to the surface of the mold copper plate, and H is the filling thickness (mm) of the low-thermal-conductivity metal.

(57) 要約: 水冷式の連続鋳造用鋳型を構成する銅合金製の鋳型銅板の内壁面のメニスカスよりも上方の任意の位置からメニスカスよりも下方の任意の位置までの範囲に複数設けられた凹溝に低熱伝導金属が充填されて形成される低熱伝導金属充填部を有し、鋳型銅板の熱伝導率 λ_c (W/(m×K)) に対する低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m (W/(m×K)) が80%以下であり、下記(1)式により定義される熱抵抗比Rが5%以上である連続鋳造用鋳型。 $R = \{ (T-H) / (1000 \times \lambda_c) + H / (1000 \times \lambda_m) - T / (1000 \times \lambda_c) \} / \{ T / (1000 \times \lambda_c) \} \times 100 \cdots (1)$ ここで、Rは、前記低熱伝導金属充填部と前記鋳型銅板との熱抵抗比(%)、Tは、鋳型冷却水の流路となる、鋳型銅板のスリットの底面から鋳型銅板表面までの距離(mm)、Hは、低熱伝導金属の充填厚み(mm)である。

明 細 書

発明の名称： 連続鑄造用鑄型及び鋼の連続鑄造方法

技術分野

[0001] 本発明は、鑄型内での凝固シェルの不均一冷却に起因する鑄片表面割れを抑制して溶鋼を連続鑄造することのできる連続鑄造用鑄型、及び、この鑄型を使用した鋼の連続鑄造方法に関する。

背景技術

[0002] 鋼の連続鑄造では、鑄型内に注入された溶鋼は水冷式連続鑄造用鑄型によって冷却され、鑄型との接触面で溶鋼が凝固して凝固シェル（「凝固層」とも呼ぶ）が生成される。この凝固シェルの外殻とし、内部を未凝固層とする鑄片は、鑄型の下流側に設置された水スプレーや気水スプレーによって冷却されながら鑄型下方に連続的に引き抜かれる。鑄片は、水スプレーや気水スプレーによる冷却によって厚み中心部まで凝固し、その後、ガス切断機などによって切断されて、所定長さの鑄片が製造されている。

[0003] 鑄型内における冷却が不均一になると、凝固シェルの厚みが鑄片の鑄造方向及び鑄型幅方向で不均一になる。凝固シェルには、凝固シェルの収縮や変形に起因する応力が作用し、凝固初期においては、この応力が凝固シェルの薄肉部に集中し、この応力によって凝固シェルの表面に割れが発生する。この割れは、その後の熱応力や連続鑄造機のロールによる曲げ応力及び矯正応力などの外力により拡大し、大きな表面割れとなる。凝固シェル厚みの不均一度が大きい場合には、鑄型内での縦割れとなり、この縦割れから溶鋼が流出するブレークアウトが発生する場合もある。鑄片に存在する割れは、次工程の圧延工程で表面欠陥となることから、鑄造後の鑄片の段階において、鑄片の表面を手入れして表面割れを除去することが必要となる。

[0004] 鑄型内の不均一凝固は、特に、炭素含有量が0.08～0.17質量%の鋼（中炭素鋼という）で発生しやすい。炭素含有量が0.08～0.17質量%の鋼では、凝固時に包晶反応が起こる。鑄型内の不均一凝固は、この包

晶反応による δ 鉄（フェライト）から γ 鉄（オーステナイト）への変態時の体積収縮による変態応力に起因すると考えられている。つまり、この変態応力に起因する歪みによって凝固シェルが変形し、この変形によって凝固シェルが鋳型内壁面から離れる。鋳型内壁面から離れた部位は鋳型による冷却が低下し、この鋳型内壁面から離れた部位（この鋳型内壁面から離れた部位を「デプレッション」という）の凝固シェル厚みが薄くなる。凝固シェル厚みが薄くなることで、この部分に上記応力が集中し、表面割れが発生すると考えられている。

[0005] 特に、鋳片引き抜き速度を増加した場合には、凝固シェルから鋳型への平均熱流束が増加する（凝固シェルが急速冷却される）のみならず、熱流束の分布が不規則で且つ不均一になることから、鋳片表面割れの発生が増加傾向となる。具体的には、鋳片厚みが200mm以上のスラブ連続鋳造機においては、鋳片引き抜き速度が1.5m/min以上になると表面割れが発生しやすくなる。

[0006] そこで、従来、表面割れが発生しやすい鋼種の表面割れ（特に縦割れ）を抑制するために、種々の手段が提案されている。

[0007] 例えば、特許文献1には、結晶化しやすい組成のモールドパウダーを使用し、モールドパウダー層の熱抵抗を増大させて凝固シェルを緩冷却することが提案されている。これは、緩冷却によって凝固シェルに作用する応力を低下させて表面割れを抑制するという技術である。しかしながら、モールドパウダーによる緩冷却効果のみでは、不均一凝固を十分に改善するまでには至っておらず、特に凝固に伴う僅かな温度低下で δ 鉄から γ 鉄への変態が生じる中炭素鋼では、表面割れの発生を十分に抑制できないのが実情である。

[0008] 特許文献2には、鋳型内壁面に縦溝と横溝とを設け、これら縦溝及び横溝の内部にモールドパウダーを流入させ、これにより、鋳型の冷却を緩冷却化すると同時に鋳型幅方向で均一化し、鋳片の縦割れを抑制する技術が提案されている。しかしながら、鋳片との接触によって鋳型内壁面は摩耗し、鋳型内壁面に設けた溝が浅くなると、モールドパウダーの流れ込み量が少なくな

って緩冷却効果が低減するという問題、つまり、緩冷却効果が持続しないという問題がある。また、鑄造開始時の空の鑄型空間内への溶鋼注入時に、注入した溶鋼が鑄型内壁面に設けた溝の内部に侵入して凝固し、鑄型銅板と凝固シェルとが固着して、凝固シェルの引き抜きができなくなり、拘束性ブレークアウトの発生する危険があるという問題もある。

[0009] 特許文献3には、鑄型内壁面の幅方向中央部に、溝幅及び溝深さをモールドパウダーの粘度に応じて設定した、鑄造方向に平行な縦溝または格子溝を設け、設けた溝をモールドパウダーで充填することなく、溝の内部に空隙部を形成させ、この空隙部に空気を流入させ、これにより、鑄型の冷却を緩冷却化すると同時に鑄型幅方向で均一化し、鑄片の縦割れを抑制する技術が提案されている。しかしながら、この場合も鑄型内壁面に溝が露出しており、特許文献2と同様に、鑄型内壁面の摩耗によって、緩冷却効果が持続しないという問題がある。また、鑄造開始時に溶鋼が鑄型内壁面に設けた溝の内部に侵入して凝固し、凝固シェルの引き抜きができなくなり、拘束性ブレークアウトの発生する危険があるという問題もある。

[0010] 特許文献4には、鑄型内壁面に格子状の溝を設けた鑄型、及び、前記格子状の溝に異種金属（Ni, Cr）またはセラミックス（BN、AlN、ZrO₂）を充填した鑄型が提案されている。この技術は、溝部と溝部以外の部分とで抜熱量に差を周期的に生じさせ、凝固シェルの δ 鉄から γ 鉄への変態や熱収縮による応力を低抜熱の領域に分散させることで、鑄片の縦割れを抑制するという技術である。しかしながら、溝が格子状であり、格子溝形状では、鑄型内壁面の溝部と鑄型銅板（銅製または銅合金製）との境界が直線であり、熱膨張差に起因して境界面に割れが発生し且つ伝播しやすく、鑄型寿命が低下するという問題がある。

[0011] 特許文献5には、鑄型内壁面に鑄造方向と平行な縦溝を設けた鑄型、及び、前記縦溝に異種金属（Ni, Cr）またはセラミックス（BN、AlN、ZrO₂）を充填した鑄型を用い、鑄片引き抜き速度と鑄型振動周期とを所定の範囲に規定する連続鑄造方法が提案されている。特許文献5によれば、鑄

片引き抜き速度に応じて鋳型振動周期を適正化することで、鋳片に形成されるオシレーションマークが横溝を付与したように働き、縦溝のみでも、特許文献4と同様の表面割れ低減効果が認められるとしている。しかしながら、特許文献4と同様に、鋳型内壁面の溝部と鋳型銅板（銅製または銅合金製）との境界が直線であり、熱膨張差に起因して境界面に割れが発生し且つ伝播しやすく、鋳型寿命が低下するという問題がある。

[0012] 特許文献6には、鋳型内壁面の鋳型内容銅湯面（以下、「メニスカス」とも記す）近傍に、直径2～10mmの凹溝を設け、この凹溝の内部に異種金属（Ni、ステンレス鋼）またはセラミックス（BN、AlN、ZrO₂など）を埋め込み、埋め込んだ間隔を5～20mmとする鋳型が提案されている。この技術も、特許文献4、5と同様に、周期的な熱伝達分布を与えて不均一凝固を低減し、鋳片の縦割れを抑制する技術である。しかしながら、特許文献6では、鋳型銅板表面にドリル穴を開口し、そこにドリル穴の形状に成形した異種金属またはセラミックスを埋め込んでいるので、埋め込んだ異種金属またはセラミックスの背面と鋳型銅板との接触状態は一定ではなく、接触部分に間隙が形成される可能性が高い。間隙が形成される場合には、この間隙によって各凹溝部位でその抜熱量が大幅に変化し、凝固シェルの冷却を適正に制御できなくなるという問題が発生する。また、埋め込んだ異種金属またはセラミックスが鋳型銅板から剥離しやすいという問題もある。

先行技術文献

特許文献

[0013] 特許文献1：特開2005-297001号公報

特許文献2：特開平9-276994号公報

特許文献3：特開平10-193041号公報

特許文献4：特開平1-289542号公報

特許文献5：特開平2-6037号公報

特許文献6：特開平1-170550号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、
 鑄造開始時での拘束性ブレイクアウトの発生及び鑄型銅板表面の割れによる
 鑄型寿命低下を起こすことなく、凝固初期の凝固シェルの不均一冷却による
 鑄片表面割れ、及び、包晶反応を伴う中炭素鋼での δ 鉄から γ 鉄への変態に
 起因する凝固シェル厚みの不均一による鑄片表面割れを長期間に亘って抑制
 できる連続鑄造用鑄型を提供することであり、また、この連続鑄造用鑄型を
 使用した鋼の連続鑄造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するための本発明の要旨は以下のとおりである。

[1] 水冷式の連続鑄造用鑄型であって、

前記鑄型を構成する銅合金製の鑄型銅板の内壁面のメニスカスよりも上方
 の任意の位置からメニスカスよりも下方の任意の位置までの範囲に複数設け
 られた凹溝に低熱伝導金属が充填されて形成される低熱伝導金属充填部を有
 し、

前記鑄型銅板の熱伝導率 λ_c ($W/(m \times K)$) に対する前記低熱伝導金属の
 熱伝導率 λ_m ($W/(m \times K)$) が80%以下であり、

下記の(1)式により定義される熱抵抗比Rが5%以上である連続鑄造用
 鑄型。

$$R = \{ (T - H) / (1000 \times \lambda_c) + H / (1000 \times \lambda_m) - T / (1000 \times \lambda_c) \} / \{ T / (1000 \times \lambda_c) \} \times 100 \cdots (1)$$

ここで、Rは、前記低熱伝導金属充填部と前記鑄型銅板との熱抵抗比(%)
)、Tは、鑄型冷却水の流路となる、鑄型銅板のスリットの底面から鑄型銅
 板表面までの距離(mm)、Hは、低熱伝導金属の充填厚み(mm)である
 。

[2] 前記凹溝は、メニスカスよりも上方の任意の位置から、鑄片引き抜き
 速度 V_c (m/min) によって下記の(2)式で算出される長さ L_0 (mm)
) 以上メニスカスよりも下方の任意の位置までの前記鑄型銅板の内壁面の範

囲に設けられている上記〔１〕に記載の連続鑄造用鑄型。

$$L_0 = 2 \times V_c \times 1000 / 60 \cdots (2)$$

〔３〕前記連続鑄造用鑄型は、前記低熱伝導金属充填部が設けられた前記鑄型銅板の内壁面の範囲において、周期的な熱抵抗分布または熱流束分布を有する上記〔１〕または上記〔２〕に記載の連続鑄造用鑄型。

〔４〕前記凹部の前記鑄型銅板内壁面における開口形状が円形または擬似円形であり、該円形の直径または該擬似円形の円相当径が２～２０ｍｍである上記〔１〕から上記〔３〕の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

〔５〕前記低熱伝導金属充填部同士の間隔が、該低熱伝導金属充填部の前記直径または前記円相当径に対して下記の（３）式の関係を満たす上記〔４〕に記載の連続鑄造用鑄型。

$$P \geq 0.25 \times d \cdots (3)$$

ここで、 P は、低熱伝導金属充填部同士の間隔（ｍｍ）、 d は、低熱伝導金属充填部の直径（ｍｍ）または円相当径（ｍｍ）である。

〔６〕前記低熱伝導金属充填部が形成された範囲内の前記鑄型銅板内壁面の面積 A （ mm^2 ）に対する、全ての低熱伝導金属充填部の面積の総和 B （ mm^2 ）の比である面積率 S （ $S = (B/A) \times 100$ ）が１０％以上であり、且つ、前記面積 A （ mm^2 ）に対する、全ての低熱伝導金属充填部と前記鑄型銅板との境界長さの総和 C （ｍｍ）の比 ε （ $\varepsilon = C/A$ ）が下記（４）式を満たす上記〔１〕から上記〔５〕の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

$$0.07 \leq \varepsilon \leq 0.50 \cdots (4)$$

〔７〕前記低熱伝導金属充填部がそれぞれ独立して形成されている上記〔６〕に記載の連続鑄造用鑄型。

〔８〕前記低熱伝導金属は、鍍金処理または溶射処理によって前記凹溝の内部に充填される上記〔１〕から上記〔７〕の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

〔９〕前記鑄型銅板の内壁面には、厚みが２．０ｍｍ以下のニッケルまたは

ニッケルを含有する合金の鍍金層が形成されており、前記低熱伝導金属充填部は前記鍍金層で覆われている上記〔１〕から上記〔８〕の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

〔１０〕上記〔１〕から上記〔９〕の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型を用いる鋼の連続鑄造方法であって、

炭素含有量が０．０８～０．１７質量％の中炭素鋼を前記鑄型に注入するとともに、鑄片厚みが２００ｍｍ以上のスラブ鑄片として１．５ｍ／ｍｉｎ以上の鑄片引き抜き速度で前記鑄型から前記中炭素鋼を引き抜いて連続鑄造する鋼の連続鑄造方法。

発明の効果

〔００１６〕 本発明では、低熱伝導金属充填部と鑄型銅板との熱抵抗比 R が５％以上であり、鑄型銅板の熱伝導率に対してその熱伝導率を８０％以下とする低熱伝導金属が充填されて形成される、複数個の低熱伝導金属充填部を、メニスカス位置を含んでメニスカス近傍の連続鑄造用鑄型の幅方向及び鑄造方向に設置する。これにより、メニスカス近傍の鑄型幅方向及び鑄造方向における連続鑄造用鑄型の熱抵抗が周期的に増減して、メニスカス近傍、つまり、凝固初期での凝固シェルから連続鑄造用鑄型への熱流束が周期的に増減する。この熱流束の周期的な増減により、 δ 鉄から γ 鉄への変態による応力や熱応力が低減し、これらの応力によって生じる凝固シェルの変形が小さくなる。凝固シェルの変形が小さくなることで、凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が均一化され、且つ、発生する応力が分散されて個々の歪量が小さくなり、凝固シェル表面における割れの発生が抑制される。

図面の簡単な説明

〔００１７〕〔図１〕図１は、本実施形態に係る水冷式連続鑄造用鑄型の一部を構成する鑄型長辺銅板を内壁面側から見た概略側面図である。

〔図２〕図２は、図１に示す鑄型長辺銅板の $X-X'$ 断面図である。

〔図３〕図３は、低熱伝導金属充填部を有する鑄型長辺銅板の三箇所における熱抵抗を、低熱伝導金属充填部の位置に対応して概念的に示す図である

。

[図4]図4は、鋳型長辺銅板の内壁面に鋳型表面の保護のための鍍金層を設けた例を示す概略図である。

[図5]図5は、低熱伝導金属充填部に充填した低熱伝導金属の熱伝導率の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した結果を示す図である。

[図6]図6は、低熱伝導金属充填部と鋳型銅板との熱抵抗比 R の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した結果を示す図である。

[図7]図7は、低熱伝導金属充填部の面積率 S 、及び、境界長さの比 ε の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した結果を示す図である。

[図8]図8は、低熱伝導金属充填部の直径 d の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した結果を示す図である。

[図9]図9は、試験No. 40～44における低熱伝導金属充填部の配置を示す概略側面図である。

[図10]図10は、試験No. 45における低熱伝導金属充填部の配置を示す概略図である。

[図11]図11は、試験No. 46における低熱伝導金属充填部の配置を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を具体的に説明する。図1は、本実施形態に係る水冷式連続鋳造用鋳型の一部を構成する鋳型長辺銅板1であって、内壁面側に低熱伝導金属充填部3が形成された鋳型長辺銅板1を内壁面側から見た概略側面図である。また、図2は、図1に示す鋳型長辺銅板1のX-X'断面図である。

[0019] 図1に示す連続鋳造用鋳型は、スラブ鋳片を鋳造するための連続鋳造用鋳型の一例である。スラブ鋳片用の水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型は、一对の銅合金製の鋳型長辺銅板と一对の銅合金製の鋳型短辺銅板とを組み合わせ構成される。図1は、そのうちの鋳型長辺銅板1を示している。鋳型短辺銅板も鋳型長辺銅板1と同様に、その内壁面側に低熱伝導金属充填部3が形成

されるところ、ここでは、鋳型短辺銅板についての説明は省略する。但し、スラブ鋳片においては、スラブ厚みに対してスラブ幅が極めて大きいという形状に起因して、鋳片長辺面側の凝固シェルで応力集中が起こりやすく、鋳片長辺面側で表面割れが発生しやすい。したがって、スラブ鋳片用の連続鋳造用鋳型の鋳型短辺銅板には、低熱伝導金属充填部 3 を設置しなくてもよい。

[0020] 図 1 に示すように、鋳型長辺銅板 1 における定常鋳造時のメニスカスの位置よりも長さ Q （長さ Q は、ゼロより大きい任意の値）離れた上方の位置から、メニスカスよりも長さ L だけ下方の位置までの鋳型長辺銅板 1 の内壁面の範囲には、直径を d とする複数個の低熱伝導金属充填部 3 が、低熱伝導金属充填部同士の間隔を P として設置されている。ここで、「メニスカス」とは「鋳型内容鋼湯面」であり、非鋳造中にはその位置は明確でないが、通常の鋼の連続鋳造操業では、メニスカス位置を鋳型銅板の上端から 50 mm ないし 200 mm 程度下方の任意の位置としている。したがって、メニスカス位置が鋳型長辺銅板 1 の上端から 50 mm 下方の位置であっても、また、上端から 200 mm 下方の位置であっても、長さ Q 及び長さ L が、以下に説明する本発明の条件を満足するように、低熱伝導金属充填部 3 を配置すればよい。

[0021] 低熱伝導金属充填部 3 は、図 2 に示すように、鋳型長辺銅板 1 の内壁面側にそれぞれ独立して加工された、直径を d とする円形の凹溝 2 の内部に、鍍金処理または溶射処理によって、鋳型長辺銅板 1 を構成する銅合金の熱伝導率 λ_c に対してその熱伝導率 λ_m が 80 % 以下である金属（以下、「低熱伝導金属」と記す）が充填されて形成されたものである。ここで、鋳型銅板内壁面における開口形状が円形である凹溝 2 を「円形凹溝」と称する。また、図 2 における符号 4 は、鋳型長辺銅板 1 の背面側に設置された、鋳型冷却水の流路となるスリットであり、符号 5 は、鋳型長辺銅板 1 の背面と密着するバックプレートである。

[0022] 図 3 は、低熱伝導金属充填部 3 を有する鋳型長辺銅板 1 の三箇所的位置に

おける熱抵抗を、低熱伝導金属充填部 3 の位置に対応して概念的に示す図である。図 3 に示すように、低熱伝導金属充填部 3 の設置位置では熱抵抗が相対的に高くなる。

[0023] 複数の低熱伝導金属充填部 3 を、メニスカス位置を含んでメニスカス近傍の連続鑄造用鑄型の幅方向及び鑄造方向に設置することにより、メニスカス近傍の鑄型幅方向及び鑄造方向における連続鑄造用鑄型の熱抵抗が周期的に増減する分布が形成される。これによって、メニスカス近傍、つまり、凝固初期での凝固シェルから連続鑄造用鑄型への熱流束が周期的に増減する分布が形成される。

[0024] この熱流束の周期的な増減により、 δ 鉄から γ 鉄への変態（以下「 δ/γ 変態」と記す）によって凝固シェルに発生する応力や熱応力が低減し、これらの応力によって生じる凝固シェルの変形が小さくなる。凝固シェルの変形が小さくなることで、凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が均一化され、且つ、発生する応力が分散されて個々の歪量が小さくなる。その結果、凝固シェル表面における表面割れの発生が抑制される。

[0025] 尚、銅合金の熱伝導率 λ_c と、低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m との比較は、常温（約 20℃）でのそれぞれの熱伝導率の比較で定義する。銅合金及び低熱伝導金属の熱伝導率は、一般的に、高温になるほど小さくなるが、常温での銅合金の熱伝導率 λ_c に対する常温での低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m が 80% 以下であれば、連続鑄造用鑄型としての使用温度（200～350℃程度）であっても、低熱伝導金属充填部 3 を設置した部位の熱抵抗と、低熱伝導金属充填部 3 を設置していない部位の熱抵抗と、に差を生じさせることができる。

[0026] 本実施形態においては、凝固シェルから連続鑄造用鑄型への熱流束が周期的に増減する分布を形成させるために、換言すれば、低熱伝導金属充填部 3 を設置した部位の熱抵抗と、低熱伝導金属充填部 3 を設置していない部位の熱抵抗と、に明確な違いを生じさせるために、下記の（1）式によって定義される、低熱伝導金属充填部 3 と鑄型銅板との熱抵抗比 R が 5% 以上となる

ように、鋳型銅板の形状に応じて低熱伝導金属充填部 3 を設置する。ここで、低熱伝導金属充填部 3 と鋳型銅板との熱抵抗比 R は、(1) 式に示すように、鋳型冷却水の流路となる鋳型銅板のスリット 4 の底面 4 a から鋳型銅板表面までの距離 T と、低熱伝導金属充填部 3 での低熱伝導金属の充填厚み H と、鋳型銅板の熱伝導率 λ_c と、低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m とで定義される。

$$[0027] \quad R = \{ (T - H) / (1000 \times \lambda_c) + H / (1000 \times \lambda_m) - T / (1000 \times \lambda_c) \} / \{ T / (1000 \times \lambda_c) \} \times 100 \cdots (1)$$

但し、(1) 式において、 R は、低熱伝導金属充填部と鋳型銅板との熱抵抗比 (%)、 T は、鋳型冷却水の流路となる、鋳型銅板のスリットの底面から鋳型銅板表面までの距離 (mm)、 H は、低熱伝導金属の充填厚み (mm)、 λ_c は、鋳型銅板の熱伝導率 ($W / (m \times K)$)、 λ_m は低熱伝導金属の熱伝導率 ($W / (m \times K)$) である。

[0028] 尚、熱抵抗比 R が 100% よりも大きくなると、低熱伝導金属充填部 3 での凝固が著しく遅れることから、不均一凝固が助長されて、鋳片の表面割れやブレークアウトが発生する可能性があるので、熱抵抗比 R は 100% 以下とすることが好ましい。

[0029] 初期凝固への影響を勘案すれば、低熱伝導金属充填部 3 の設置位置は、定常鋳造時の鋳片引き抜き速度 V_c に応じて、下記の (2) 式から算出される長さ L_0 以上メニスカスよりも下方の位置までとすることが好ましい。つまり、図 1 に示す、メニスカス位置からの長さ L は、長さ L_0 以上とすることが好ましい。

$$[0030] \quad L_0 = 2 \times V_c \times 1000 / 60 \cdots (2)$$

但し、(2) 式において、 L_0 は、長さ (mm)、 V_c は、鋳片引き抜き速度 (m / min) である。

[0031] 長さ L_0 は、凝固開始した後の鋳片が低熱伝導金属充填部 3 の設置された範囲を通過する時間に関係しており、鋳片の表面割れを抑制するためには、凝固開始後から少なくとも 2 秒間は、鋳片が低熱伝導金属充填部 3 の設置され

た範囲内に滞在することが好ましい。鋳片が凝固開始後から少なくとも2秒間は低熱伝導金属充填部3の設置された範囲に存在するためには、長さ L_0 は(2)式を満たすことが必要となる。

[0032] 凝固開始した後の鋳片が低熱伝導金属充填部3の設置された範囲内に滞在する時間を2秒以上確保することで、低熱伝導金属充填部3による熱流束の周期的な変動の効果が十分に得られ、凝固シェルに表面割れの発生しやすい高速鋳造時や中炭素鋼の鋳造時に、鋳片の表面割れ抑制効果を高めることができる。低熱伝導金属充填部3による熱流束の周期的な変動の効果を安定して得るには、鋳片が低熱伝導金属充填部3の設置された範囲を通過する時間を4秒以上確保することが、より好ましい。一方、長さ L に上限を定める必要はないが、低熱伝導金属充填部3を設置するための鋳型銅板表面の凹溝加工費用と鍍金処理費用または溶射処理費用とを抑える観点から、長さ L_0 の5倍以内とすることが好ましい。

[0033] 一方、低熱伝導金属充填部3の上端部の位置は、メニスカス位置よりも上方であればどここの位置であっても構わず、したがって、図1に示す長さ Q は、ゼロを超えた任意の値であればよい。但し、鋳造中にメニスカスは上下方向に変動するので、低熱伝導金属充填部3の上端部が常にメニスカスよりも上方位置となるように、低熱伝導金属充填部3の上端部を設定されるメニスカスよりも10mm程度上方位置とすることが好ましく、更に、低熱伝導金属充填部3の上端部を設定されるメニスカスよりも20mm～50mm程度上方位置とすることがより好ましい。

[0034] 図1及び図2では、低熱伝導金属充填部3の鋳型長辺銅板1の内壁面における開口形状が円形である例を示したが、開口形状は円形に限られない。例えば楕円形のような、所謂「角」を有していない、円形に近い形状であれば、どのような形状であってもよい。以下、円形に近いものを「擬似円形」と称する。低熱伝導金属充填部3の開口形状が擬似円形の場合には、低熱伝導金属充填部3を形成させるために鋳型長辺銅板1の内壁面に加工される凹溝2を「擬似円形凹溝」と称する。擬似円形とは、例えば楕円形や、角部を円

や楕円とする長方形などの角部を有していない形状であり、更には、花びら模様のような形状であってもよい。擬似円形の大きさは、擬似円形の鋳型長辺銅板 1 の内壁面における開口面積から求められる円相当径で評価する。

[0035] 特許文献 4 及び特許文献 5 のように、縦溝或いは格子溝を施し、この溝に低熱伝導金属を充填した場合には、低熱伝導金属と銅との境界面及び格子部の直交部において、低熱伝導金属と銅との熱歪差による応力が集中し、鋳型銅板表面に割れが発生するという問題が起こる。これに対して、本実施形態に係る連続鋳造用鋳型は、低熱伝導金属充填部 3 の形状を円形または擬似円形にしている。これにより、低熱伝導金属と銅との境界面は曲面状となるので、境界面で応力が集中しにくく、鋳型銅板表面に割れが発生しにくいという利点が発現する。

[0036] 低熱伝導金属充填部 3 の直径 d 及び円相当径 d は、2 ～ 20 mm であることが好ましい。低熱伝導金属充填部 3 の直径 d 及び円相当径 d を 2 mm 以上とすることで、低熱伝導金属充填部 3 における熱流束の低下が十分となり、鋳片の表面割れ抑制効果を高めることができる。また、2 mm 以上とすることで、低熱伝導金属を鍍金処理や溶射処理によって円形または擬似円形の凹溝 2 の内部に充填することが容易となる。一方、低熱伝導金属充填部 3 の直径 d 及び円相当径 d を 20 mm 以下とすることで、低熱伝導金属充填部 3 における熱流束の低下が抑制され、つまり、低熱伝導金属充填部 3 での凝固遅れが抑制されて、その位置での凝固シェルへの応力集中が防止され、凝固シェルでの表面割れ発生を抑制できる。即ち、直径 d 及び円相当径 d が 20 mm を超えると凝固シェルでの表面割れが増加する傾向があることから、低熱伝導金属充填部 3 の直径 d 及び円相当径 d は 20 mm 以下にすることが好ましい。尚、低熱伝導金属充填部 3 の形状が擬似円形の場合は、この擬似円形の円相当径 d は下記の (5) 式で算出される。

[0037] 円相当径 $= (4 \times S / \pi)^{1/2} \cdots (5)$

但し、(5) 式において、 S は、低熱伝導金属充填部 3 の鋳型銅板の内壁面における開口面積 (mm^2) である。

[0038] 円形凹溝及び擬似円形凹溝に充填して使用する低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m は、鋳型銅板を構成する銅合金の熱伝導率 λ_c に対して80%以下である必要がある。銅合金の熱伝導率に対して80%以下の低熱伝導金属を使用することで、低熱伝導金属充填部3による熱流束の周期的な変動の効果が十分となり、鋳片に表面割れの発生しやすい高速鋳造時や中炭素鋼の鋳造時においても、鋳片の表面割れ抑制効果が十分に得られる。

[0039] 本実施形態に係る連続鋳造用鋳型において使用する低熱伝導金属としては、鍍金処理や溶射処理によって容易に充填することができることから、ニッケル(Ni、熱伝導率；90.5W/(m×K))、ニッケル系合金、クロム(Cr、熱伝導率；67W/(m×K))、コバルト(Co、熱伝導率；70W/(m×K))などが好適である。尚、本明細書に記載する熱伝導率の数値は、常温(約20℃)における熱伝導率である。

[0040] また、鋳型銅板として使用する銅合金としては、一般的に連続鋳造用鋳型として使用されている、クロムやジルコニウム(Zr)などを微量添加した銅合金を用いればよい。近年では、鋳型内の凝固の均一化または溶鋼中介在物の凝固シェルへの捕捉を防止するために、連続鋳造用鋳型には、鋳型内の溶鋼を攪拌する電磁攪拌装置が設置されていることが一般的である。この場合は、電磁コイルから溶鋼への磁場強度の減衰を抑制するために、導電率を低減した銅合金が用いられている。銅合金は、その導電率の低下に応じて熱伝導率も低減し、したがって、近年では、純銅の1/2前後の熱伝導率の銅合金製の鋳型銅板も使用されている。このような連続鋳造用鋳型では、鋳型銅板と低熱伝導金属との熱伝導率差が小さくなるが、上記の(1)式に示す熱抵抗比Rを5%以上とすることで、鋳片の表面割れ低減効果が発揮される。

[0041] 低熱伝導金属充填部3の充填厚みHは0.5mm以上とすることが好ましい。充填厚みHを0.5mm以上とすることで、低熱伝導金属充填部3における熱流束の低下が十分となり、鋳片の表面割れ抑制効果を得ることができる。

[0042] また、低熱伝導金属充填部3の充填厚みHは、低熱伝導金属充填部3の直径d以下及び円相当径d以下にすることが好ましい。充填厚みHを低熱伝導金属充填部3の直径d及び円相当径dと同等、またはそれらよりも小さくするので、鍍金処理や溶射処理による凹溝2への低熱伝導金属の充填が容易となり、且つ、充填した低熱伝導金属と鋳型銅板との間に隙間や割れが生じることもない。低熱伝導金属と鋳型銅板との間に隙間や割れが生じた場合には、充填した低熱伝導金属の亀裂や剥離が生じ、鋳型寿命の低下、鋳片の割れ、更には拘束性ブレイクアウトの原因となる。

[0043] 低熱伝導金属充填部同士の間隔Pは、低熱伝導金属充填部3の直径d及び円相当径dの0.25倍以上であることが好ましい。即ち、低熱伝導金属充填部同士の間隔Pは低熱伝導金属充填部3の直径dまたは円相当径dに対して下記の(3)式の関係を満たすことが好ましい。

[0044] $P \geq 0.25 \times d \cdots (3)$

但し、(3)式において、Pは、低熱伝導金属充填部同士の間隔(mm)、dは、低熱伝導金属充填部の直径(mm)または円相当径(mm)である。

[0045] ここで、低熱伝導金属充填部同士の間隔Pとは、図1に示すように、隣り合う低熱伝導金属充填部3の端部間の最短距離である。低熱伝導金属充填部同士の間隔Pを「 $0.25 \times d$ 」以上とすることで、低熱伝導金属充填部同士の間隔が十分に大きく、低熱伝導金属充填部3における熱流束と銅合金部（低熱伝導金属充填部3が形成されていない部位）の熱流束との差が大きくなり、鋳片の表面割れ抑制効果を得ることができる。低熱伝導金属充填部同士の間隔Pの上限値は、特に定めなくてよいが、間隔Pが大きくなると、低熱伝導金属充填部3の面積率が低下するので、「 $2.0 \times d$ 」以下にすることが好ましい。

[0046] 低熱伝導金属充填部3の配列は、図1に示すような千鳥配列が好ましいが、千鳥配列に限らず、低熱伝導金属充填部同士の上記間隔Pを満たす配列であれば、どのような配列でもよい。

[0047] 低熱伝導金属充填部3が形成された範囲内の鋳型銅板内壁面の面積 A (mm^2) に対する、全ての低熱伝導金属充填部3の面積の総和 B (mm^2) の比である面積率 S ($S = (B/A) \times 100$) は、10%以上であることが好ましい。面積率 S を10%以上確保することで、熱流束の小さい低熱伝導金属充填部3の占める面積が確保され、低熱伝導金属充填部3と銅合金部とで熱流束差が得られ、鋳片の表面割れ抑制効果を安定して得ることができる。尚、低熱伝導金属充填部3の占める面積率 S の上限は特に定めなくてもよいが、前述したように、低熱伝導金属充填部同士の間隔 P を「 $0.25 \times d$ 」以上とすることが好ましいことから、「 $P = 0.25 \times d$ 」の条件を最大の面積率 S と考えればよい。

[0048] また、低熱伝導金属充填部3が形成された範囲内の鋳型銅板内壁面の面積 A (mm^2) に対する、全ての低熱伝導金属充填部3と鋳型銅板との境界長さの総和 C (mm) の比 ε ($\varepsilon = C/A$) は、下記の(4)式を満足することが好ましい。

[0049] $0.07 \leq \varepsilon \leq 0.60 \cdots (4)$

比 ε の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した結果、比 ε が(4)式の範囲外の場合には、表面割れの低減効果が少なかった。比 ε は、低熱伝導金属充填部3の直径 d または円相当径 d 及び低熱伝導金属充填部3の個数に依存して変化する。

[0050] 比 ε が0.07未満のときは、低熱伝導金属充填部3の個数が少なく、 δ/γ 変態時の体積収縮や熱収縮により生じた応力がシェル全体に均一に分散されにくくなるので、鋳片表面割れの抑制効果が低減する。一方、比 ε が0.60よりも大きいときは、低熱伝導金属充填部3の個数が多すぎる結果、熱流束の周期的な増減が目的とする水準に達せず、鋳片表面割れの抑制効果が低減する。また、比 ε が0.60よりも大きい場合には、鋳型直下での鋳片バルジングも認められた。

[0051] 低熱伝導金属充填部3は、連続鋳造用鋳型の長辺鋳型銅板と短辺鋳型銅板の双方に設置することを基本とするが、スラブ鋳片のように鋳片短辺長さに

対して鋳片長辺長さが著しく大きい場合には、鋳片の長辺側に表面割れが発生する傾向があり、低熱伝導金属充填部 3 を長辺鋳型銅板のみに設置しても、鋳片の表面割れ抑制効果を得ることができる。

[0052] また、図 4 に示すように、低熱伝導金属充填部 3 を形成させた鋳型銅板の内壁面に、凝固シェルによる磨耗や熱履歴による鋳型表面の割れを防止することを目的として、鍍金層 6 を設けることが好ましい。この鍍金層 6 は、一般的に用いられるニッケルまたはニッケルを含有する合金、例えば、ニッケル－コバルト合金（Ni－Co 合金）やニッケル－クロム合金（Ni－Cr 合金）などを鍍金処理することで得られる。鍍金層 6 の厚み h は 2.0 mm 以下とすることが好ましい。鍍金層 6 の厚み h を 2.0 mm 以下にすることで、熱流束に及ぼす鍍金層 6 の影響を少なくすることができ、低熱伝導金属充填部 3 による熱流束の周期的な変動の効果を十分に得ることができる。但し、鍍金層 6 の厚み h が低熱伝導金属充填部 3 の充填厚み H の 0.5 倍よりも大きくなると、低熱伝導金属充填部 3 による周期的な熱流束分布の差の形成が抑制されるので、鍍金層 6 の厚み h は、低熱伝導金属充填部 3 の充填厚み H の 0.5 倍以下とすることが好ましい。この条件を満たしている限り、鍍金層 6 は鋳型上端から下端まで同一の厚みであっても、上端から下端にかけて厚みが異なってもよい。図 4 は、鋳型長辺銅板の内壁面に鋳型表面の保護のための鍍金層を設けた例を示す概略図である。

[0053] このように構成される連続鋳造用鋳型は、特に、表面割れ感受性が高い、炭素含有量が 0.08～0.17 質量%の中炭素鋼のスラブ鋳片（厚み；200 mm 以上）を連続鋳造する際に使用することが好ましい。従来、中炭素鋼のスラブ鋳片を連続鋳造する場合は、鋳片の表面割れを抑制するために、鋳片引き抜き速度を低速化することが一般的であるが、上記構成の連続鋳造用鋳型を使用することで鋳片表面割れが抑制できるので、1.5 m/min 以上の鋳片引き抜き速度であっても、表面割れの無い、または表面割れの著しく少ない鋳片を連続鋳造することが実現される。

[0054] 以上説明したように、本実施形態に係る連続鋳造用鋳型は、（1）式で定

義される熱抵抗比 R が 5 % 以上である複数個の低熱伝導金属充填部 3 がメニスカス位置を含んでメニスカス近傍の連続鋳造用鋳型の幅方向及び鋳造方向に設置されている。これにより、連続鋳造用鋳型のメニスカス近傍の鋳型幅方向及び鋳造方向における連続鋳造用鋳型の熱抵抗が周期的に増減し、凝固初期での凝固シェルから連続鋳造用鋳型への熱流束が周期的に増減する。この熱流束の周期的な増減により、 δ/γ 変態による応力や熱応力が低減し、これらの応力によって生じる凝固シェルの変形が小さくなる。凝固シェルの変形が小さくなることで、凝固シェルの変形に起因する不均一な熱流束分布が均一化され、且つ、発生する応力が分散されて個々の歪量が小さくなり、凝固シェル表面における割れの発生が抑制される。

[0055] 尚、図 1 では、同一形状の低熱伝導金属充填部 3 を鋳造方向または鋳型幅方向に設置した例を示したが、低熱伝導金属充填部 3 の形状は、同一でなくてもよい。低熱伝導金属充填部 3 の直径 d または円相当径 d が 2 ~ 20 mm の範囲内であれば、直径の異なる低熱伝導金属充填部 3 を鋳造方向または鋳型幅方向に設置してもよい。但し、低熱伝導金属充填部 3 の直径 d または円相当径 d が場所によって大幅に異なると、低熱伝導金属充填部 3 の面積率が局所的に高い領域で凝固が遅れ、その位置で鋳片に表面割れが発生する危険があるので、単一の直径または円相当径とすることが好ましい。

[0056] また、図 2 では、充填厚み H が同一の低熱伝導金属充填部 3 を鋳造方向に設置した例を示したが、鋳型幅方向または鋳片幅方向に設置する低熱伝導金属充填部 3 の充填厚み H は、同一としなくてよく、個々の低熱伝導金属充填部 3 で充填厚み H が異なってもよい。但し、何れの低熱伝導金属充填部 3 の充填厚み H も 0.5 mm 以上であることが好ましい。

[0057] 更に、図 1 では、鋳造方向または鋳型幅方向に同一間隔で低熱伝導金属充填部 3 を設置した例を示したが、低熱伝導金属充填部 3 を設置する間隔は同一でなくともよい。但し、この場合も、低熱伝導金属充填部同士の間隔 P は (3) 式の関係を満たすことが好ましい。

[0058] また、上記説明はスラブ鋳片用の連続鋳造用鋳型に関して行ったが、本実

施形態に係る連続鋳造用鋳型はスラブ鋳片用の連続鋳造用鋳型に限定されるものではなく、ブルーム鋳片用やビレット鋳片用の連続鋳造用鋳型においても上記に沿って適用することができる。

実施例

[0059] C ; 0.05～0.25質量%、Si ; 0.10～0.35質量%、Mn ; 0.70～1.30質量%、P ; 0.010～0.030質量%、S ; 0.002～0.006質量%、Al ; 0.02～0.05質量%を含有する溶鋼を、銅合金製の鋳型長辺銅板の内壁面及び銅合金製の鋳型短辺銅板の内壁面に、種々の条件で低熱伝導金属充填部が設置された水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型を用いて、鋳片長辺幅が1500～2450mm、鋳片短辺厚みが220mmのスラブ鋳片に連続鋳造し、鋳造後の鋳片の表面割れを調査する試験を行った。

[0060] 使用した水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型の上端から下端までの長さは950mmであり、定常鋳造時のメニスカス（鋳型内容鋼湯面）の位置は、鋳型上端から100mm下方位置に設定した。鋳型上端から60mm下方の位置から、設定したメニスカス位置から長さL（mm）下方の位置までの範囲の鋳型銅板内壁面に円形凹溝の加工を施し、その後、電気鍍金処理によって円形凹溝に低熱伝導金属を充填させた。電気鍍金処理を施した後、表面研削を行って円形凹溝以外の部位に付着した低熱伝導金属を除去し、再度、電気鍍金処理を施す工程を複数回繰り返して低熱伝導金属を円形凹溝に完全に充填させ、低熱伝導金属充填部を形成した。この場合、低熱伝導金属充填部とその周囲の銅合金部（低熱伝導金属充填部が形成されていない部位）とは段差のない平滑面に形成した。その後、鋳型銅板内壁面の全面にNi-Cu合金を鍍金して、鋳型上端での厚み0.2mm、鋳型下端での厚み2.0mmの鍍金層を施工した。

[0061] 鋳型銅板としては、熱伝導率が298.5W/(m×K)及び120.0W/(m×K)である、熱伝導率の異なる2種類の銅合金を用い、充填用の低熱伝導金属（以下、「充填金属」とも記す）としては、純ニッケル（熱伝

導率； $90.5 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$ ）、純コバルト（熱伝導率； $70 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$ ）、純クロム（熱伝導率； $67 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$ ）、純銅（熱伝導率； $398 \text{ W} / (\text{m} \times \text{K})$ ）を使用した。

[0062] 連続鋳造操作においては、モールドパウダーとして、塩基度（（質量％ CaO ）／（質量％ SiO_2 ））が $1.0 \sim 1.5$ で、 1300°C における粘度が $0.05 \sim 0.20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ のモールドパウダーを使用した。連続鋳造終了後、鋳片表面の割れ発生状況を染色浸透探傷検査によって調査した。浸透探傷検査によって検出した 2 mm 以上の長さの表面割れの個数を測定し、その総和を、表面割れを調査した鋳片の鋳造方向長さ（ m ）で除した値（個／ m ）を表面割れ指数として定義し、この表面割れ指数を用いて表面割れの発生状況を評価した。

[0063] 表1に、試験No. 1～26の鋳型施工条件及び鋳片表面検査結果を示し、また、表2に、試験No. 27～48の鋳型施工条件及び鋳片表面検査結果を示す。尚、表1及び表2の備考欄には、本発明の範囲内の水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型を使用した試験を本発明例、低熱伝導金属充填部を有するものの本発明の範囲を満足しない水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型を使用した試験を比較例、低熱伝導金属充填部を有していない水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型を使用した試験を従来例と表示している。

[0064]

[表1]

試験 No.	鋳型銅板 の熱伝導 率 λ_0 (W/(m·K))	充填金属 の熱伝導 率 λ_m (W/(m·K))	λ_m/λ_0 $\times 100$ (%)	鋳型 銅板 厚み T (mm)	直径 d (mm)	厚み H (mm)	間隔 P (mm)	熱抵抗 比R (%)	充填金 属の面 積率S (%)	境界長 さの比 ε (-)	鋳片引 き抜き 速度Vc (m/min)	長さ L ₀ (mm)	長さ L (mm)	鋳片表 面割れ 指数 (個/m)	備考
1	298.5	90.5	30.3	20.0	6	2	4	23.0	32.7	0.218	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
2	298.5	70.0	23.5	20.0	6	2	4	32.6	32.7	0.218	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
3	298.5	67.0	22.4	20.0	6	2	4	34.6	32.7	0.218	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
4	298.5	398.0	133.3	20.0	6	2	4	-2.5	32.7	0.218	2.0	66.7	150	0.7	比較例
5	120.0	90.5	75.4	10.0	8	4	3	13.0	48.0	0.240	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
6	120.0	70.0	58.3	10.0	8	4	3	28.6	18.0	0.240	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
7	120.0	67.0	55.8	10.0	8	4	3	31.6	48.0	0.240	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
8	120.0	398.0	331.7	10.0	8	4	3	-27.9	48.0	0.240	2.0	66.7	150	0.8	比較例
9	120.0	90.5	75.4	10.0	10	1	5	3.3	40.4	0.161	2.5	83.3	200	1.0	比較例
10	120.0	90.5	75.4	10.0	10	2	5	6.5	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
11	120.0	90.5	75.4	10.0	10	3	5	9.8	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
12	120.0	90.5	75.4	10.0	10	5	5	16.3	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
13	120.0	90.5	75.4	10.0	10	7	5	22.8	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
14	120.0	90.5	75.4	10.0	10	7	5	22.8	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
15	298.5	90.5	30.3	20.0	10	2	5	23.0	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
16	298.5	90.5	30.3	20.0	10	5	5	57.5	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
17	298.5	90.5	30.3	20.0	10	7	5	80.4	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.0	本発明例
18	298.5	90.5	30.3	20.0	10	10	5	114.9	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.1	本発明例
19	298.5	90.5	30.3	20.0	10	15	5	172.4	40.4	0.161	2.5	83.3	200	0.3	本発明例
20	298.5	90.5	30.3	20.0	2	1	1	11.5	40.4	0.807	2.0	66.7	100	0.1	本発明例
21	298.5	90.5	30.3	21.0	2	1	1.5	10.9	29.6	0.593	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
22	298.5	90.5	30.3	20.0	2	1	2	11.5	22.7	0.454	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
23	298.5	90.5	30.3	20.0	2	1	4	11.5	10.1	0.202	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
24	298.5	90.5	30.3	20.0	2	1	7	11.5	4.5	0.090	2.0	66.7	100	0.3	本発明例
25	298.5	90.5	30.3	20.0	20	5	10	57.5	40.4	0.081	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
26	298.5	90.5	30.3	20.0	20	5	20	57.5	22.7	0.045	2.0	66.7	100	0.2	本発明例

[表2]

試験 No.	鋳型銅板 の熱伝導 率 λ_0 (W/(m·K))	充填金属 の熱伝導 率 λ_m (W/(m·K))	λ_m/λ_0 $\times 100$ (%)	鋳型銅 板厚み T (mm)	直径 d (mm)	厚み H (mm)	間隔 P (mm)	熱抵抗 比R (%)	充填金 属の面 積率S (%)	境界長 さの比 ε (-)	鋳片引 き抜き 速度 V_c (m/min)	長さ L_0 (mm)	長さ L (mm)	鋳片表 面割れ 指数 (個/m)	備考
27	298.5	90.5	30.3	20.0	1.5	1	1	11.5	32.7	0.872	2.0	66.7	100	0.5	本発明例
28	298.5	90.5	30.3	20.0	2	1	1	11.5	40.4	0.807	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
29	298.5	90.5	30.3	20.0	5	2	2	23.0	46.3	0.371	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
30	298.5	90.5	30.3	20.0	10	4	4	46.0	46.3	0.185	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
31	298.5	90.5	30.3	20.0	20	5	10	57.5	40.4	0.081	2.0	66.7	100	0.0	本発明例
32	298.5	90.5	30.3	20.0	25	5	10	57.5	46.3	0.074	2.0	66.7	100	0.6	本発明例
33	298.5	90.5	30.3	20.0	6	3	1	34.5	66.7	0.445	1.5	50.0	100	0.1	本発明例
34	298.5	90.5	30.3	20.0	6	3	2	34.5	51.1	0.340	1.5	50.0	100	0.0	本発明例
35	298.5	90.5	30.3	20.0	6	3	3	34.5	40.4	0.269	1.5	50.0	100	0.0	本発明例
36	298.5	90.5	30.3	20.0	6	3	5	34.5	27.0	0.180	1.5	50.0	100	0.0	本発明例
37	120.0	70	58.3	10.0	10	2	4	14.3	46.3	0.185	2.5	83.3	50	0.5	本発明例
38	120.0	70	58.3	10.0	10	2	4	14.3	46.3	0.185	2.5	83.3	100	0.0	本発明例
39	120.0	70	58.3	10.0	10	2	4	14.3	46.3	0.185	2.5	83.3	150	0.0	本発明例
40	298.5	90.5	30.3	20.0	3	2	1	23.0	49.7	0.660	2.0	66.7	150	0.1	本発明例
41	298.5	90.5	30.3	20.0	3	2	3	23.0	32.4	0.410	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
42	298.5	90.5	30.3	20.0	3	2	6	23.0	21.9	0.290	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
43	298.5	90.5	30.3	20.0	3	2	14	23.0	11.0	0.150	2.0	66.7	150	0.0	本発明例
44	298.5	90.5	30.3	20.0	3	2	24	23.0	5.1	0.068	2.0	66.7	150	0.3	本発明例
45	298.5	90.5	30.3	20.0	8 & 4	4 & 1	0	46.0 & 23.0	50.4	0.302	2.0	66.7	150	0.2	本発明例
46	298.5	90.5	30.3	20.0	8	4	0	46.0	78.5	0.393	2.0	66.7	150	0.4	本発明例
47	298.5	-	-	20.0	-	-	-	-	-	-	2.0	66.7	-	1.8	従来例
48	120.0	-	-	10.0	-	-	-	-	-	-	2.0	66.7	-	1.1	従来例

- [0066] 試験No. 1～8は、鋳型銅板の熱伝導率 λ_c に対する充填金属の熱伝導率 λ_m の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。図5に、試験No. 1～8の試験結果を示すように、充填金属の熱伝導率 λ_m が鋳型銅板の熱伝導率 λ_c の80%以下の範囲で、鋳片の表面割れが抑制されることが確認できた。
- [0067] 試験No. 9～19は、低熱伝導金属充填部と鋳型銅板との熱抵抗比 R の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。図6に、試験No. 9～19の試験結果を示すように、熱抵抗比 R が5%以上の範囲で、鋳片表面割れが抑制されることが確認できた。但し、熱抵抗比 R が100%を超えると、表面割れの低減効果が小さくなることがわかった。尚、試験No. 9に示すように、充填金属の熱伝導率 λ_m が鋳型銅板の熱伝導率 λ_c の80%以下の範囲であっても、熱抵抗比 R が5%以上でない場合には、鋳片表面割れの抑制効果は得られないことが確認できた。
- [0068] 試験No. 20～26は、低熱伝導金属充填部が形成された範囲内の鋳型銅板内壁面の面積 A (mm²) に対する、全ての低熱伝導金属充填部の面積の総和 B (mm²) の比である面積率 S の鋳片表面割れに及ぼす影響、及び、低熱伝導金属充填部が形成された範囲内の鋳型銅板内壁面の面積 A (mm²) に対する、全ての低熱伝導金属充填部と鋳型銅板との境界長さの総和 C (mm) の比 ε の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。図7に、試験No. 20～26の試験結果を示すように、面積率 S が10%以上であり、且つ、比 ε が0.07～0.60の範囲においては、鋳片表面割れが抑制された。面積率 S が10%以上である条件、または、比 ε が0.07～0.60の範囲である条件を外れた場合には、鋳片に軽微な表面割れが発生した。
- [0069] 試験No. 27～32は、低熱伝導金属充填部の直径 d の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。図8に、試験No. 27～32の試験結果を示すように、低熱伝導金属充填部の直径 d が2～20mmの範囲において、鋳片表面割れが抑制されることが確認できた。
- [0070] 試験No. 33～36は、低熱伝導金属充填部同士の間隔 P の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。「 $P \geq 0.25 \times d$ 」の条件を満足す

る場合には、鋳片表面割れが抑制された。間隔 P が「 $P \geq 0.25 \times d$ 」の条件を外れた場合には、鋳片に軽微な表面割れが発生した。

[0071] 試験 No. 37～39 は、低熱伝導金属充填部を配置した範囲の長さ L の鋳片表面割れに及ぼす影響を調査した試験である。鋳片引き抜き速度 V_c によって算出される長さ L_0 に対して長さ L が大きい範囲で、鋳片表面割れが抑制されることが確認できた。

[0072] 試験 No. 40～46 は、銅合金製の鋳型長辺銅板及び銅合金製の鋳型短辺銅板の内壁面に、複数個の低熱伝導金属充填部が繋がって配置された水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型、つまり、それぞれの低熱伝導金属充填部が独立していない水冷式銅合金製連続鋳造用鋳型を用いた試験である。

[0073] このうちの試験 No. 40～44 は、図 9 に示すように、直径 3 mm の低熱伝導金属充填部を 3 個組み合わせた形状の低熱伝導金属充填部を、組み合わせた 3 個の低熱伝導金属充填部同士間の間隔 P を変化させて配置した試験である。試験 No. 40～44 の場合も、充填金属の熱伝導率 λ_m が鋳型銅板の熱伝導率 λ_0 の 80% 以下であり、熱抵抗比 R が 5% 以上であり、鋳片引き抜き速度 V_0 によって算出される長さ L_0 に対して長さ L が大きく、且つ、直径 d 、間隔 P 、面積率 S 、比 ε が好適な条件を満足する場合には、鋳片表面割れが抑制されることが確認できた。面積率 S 、または比 ε が、好適な条件を外れた場合には、鋳片に軽微な表面割れが発生した。

[0074] 試験 No. 45 は、図 10 に示すように、鋳型の幅方向で低熱伝導金属充填部が繋がって配置された水冷式連続鋳造用鋳型を用いた試験であり、試験 No. 46 は、図 11 に示すように、鋳型の幅方向及び鋳造方向で全ての低熱伝導金属充填部が繋がって配置された水冷式連続鋳造用鋳型を用いた試験である。尚、図 10－(A) 及び図 11－(A) は、内壁面側に低熱伝導金属充填部が形成された鋳型長辺銅板を内壁面側から見た概略側面図で、図 10－(B) は、図 10－(A) に示す鋳型長辺銅板の $Y-Y'$ 断面図であり、図 11－(B) は、図 11－(A) に示す鋳型長辺銅板の $Y-Y'$ 断面図である。

[0075] 試験No. 4 5 は、鋳型長辺銅板及び鋳型短辺銅板の幅方向に、直径 d ; 8 mm、充填厚み H ; 4 mm、間隔 P ; 4 mm の低熱伝導金属充填部を設け、この低熱伝導金属充填部の間に、直径 d ; 4 mm、充填厚み H ; 1 mm の低熱伝導金属充填部を設けた場合である。直径 8 mm の低熱伝導金属充填部の方が、充填厚み H が大きいために、その領域の凝固シェル部に δ / γ 変態時の体積収縮や熱収縮により生じた応力が分散されて、鋳片の表面割れが低減したと考えられる。

[0076] 一方、試験No. 4 6 は、全ての低熱伝導金属充填部が繋がっており、連続鋳造時に凝固シェルの常に同じ位置で凝固が遅れ、そのために、その箇所に δ / γ 変態による応力や熱応力が集中し、軽微な表面割れが発生したものと考えられる。

[0077] 試験No. 4 7、4 8 は、低熱伝導金属充填部が設置されていない従来の連続鋳造用鋳型を用いた試験である。試験No. 4 7、4 8 では、多数の鋳片表面割れが発生した。

符号の説明

- [0078]
- 1 鋳型長辺銅板
 - 2 凹溝
 - 3 低熱伝導金属充填部
 - 4 スリット
 - 5 バックプレート
 - 6 鍍金層

請求の範囲

[請求項1]

水冷式の連続鑄造用鑄型であって、

前記鑄型を構成する銅合金製の鑄型銅板の内壁面のメニスカスよりも上方の任意の位置からメニスカスよりも下方の任意の位置までの範囲に複数設けられた凹溝に低熱伝導金属が充填されて形成される低熱伝導金属充填部を有し、

前記鑄型銅板の熱伝導率 λ_c ($W/(m \times K)$) に対する前記低熱伝導金属の熱伝導率 λ_m ($W/(m \times K)$) が80%以下であり、

下記の(1)式により定義される熱抵抗比Rが5%以上である連続鑄造用鑄型。

$$R = \{ (T - H) / (1000 \times \lambda_c) + H / (1000 \times \lambda_m) - T / (1000 \times \lambda_c) \} / \{ T / (1000 \times \lambda_c) \} \times 100 \dots (1)$$

ここで、Rは、前記低熱伝導金属充填部と前記鑄型銅板との熱抵抗比(%)、

Tは、鑄型冷却水の流路となる、鑄型銅板のスリットの底面から鑄型銅板表面までの距離(mm)、

Hは、低熱伝導金属の充填厚み(mm)である。

[請求項2]

前記凹溝は、メニスカスよりも上方の任意の位置から、鑄片引き抜き速度 V_c (m/min) によって下記の(2)式で算出される長さ L_0 (mm) 以上メニスカスよりも下方の任意の位置までの前記鑄型銅板の内壁面の範囲に設けられている請求項1に記載の連続鑄造用鑄型。

$$L_0 = 2 \times V_c \times 1000 / 60 \dots (2)$$

[請求項3]

前記連続鑄造用鑄型は、前記低熱伝導金属充填部が設けられた前記鑄型銅板の内壁面の範囲において、周期的な熱抵抗分布または熱流束分布を有する請求項1または請求項2に記載の連続鑄造用鑄型。

[請求項4]

前記凹部の前記鑄型銅板内壁面における開口形状が円形または擬似

円形であり、

該円形の直径または該疑似円形の円相当径が2～20mmである請求項1から請求項3の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

[請求項5] 前記低熱伝導金属充填部同士の間隔が、該低熱伝導金属充填部の前記直径または前記円相当径に対して下記の(3)式の関係を満たす請求項4に記載の連続鑄造用鑄型。

$$P \geq 0.25 \times d \cdots (3)$$

ここで、Pは、低熱伝導金属充填部同士の間隔(mm)、

dは、低熱伝導金属充填部の直径(mm)または円相当径(mm)である。

[請求項6] 前記低熱伝導金属充填部が形成された範囲内の前記鑄型銅板内壁面の面積A(mm²)に対する、全ての低熱伝導金属充填部の面積の総和B(mm²)の比である面積率S($S = (B/A) \times 100$)が10%以上であり、

且つ、前記面積A(mm²)に対する、全ての低熱伝導金属充填部と前記鑄型銅板との境界長さの総和C(mm)の比 ε ($\varepsilon = C/A$)が下記(4)式を満たす請求項1から請求項5の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

$$0.07 \leq \varepsilon \leq 0.50 \cdots (4)$$

[請求項7] 前記低熱伝導金属充填部がそれぞれ独立して形成されている請求項6に記載の連続鑄造用鑄型。

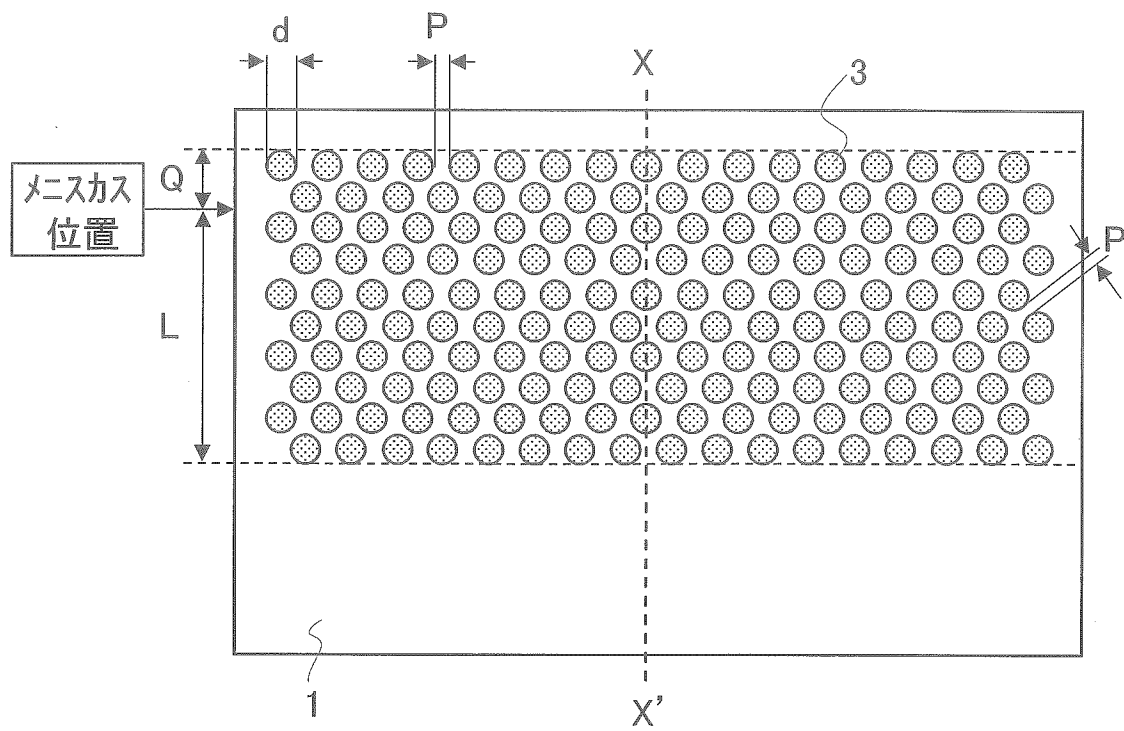
[請求項8] 前記低熱伝導金属は、鍍金処理または溶射処理によって前記凹溝の内部に充填される請求項1から請求項7の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

[請求項9] 前記鑄型銅板の内壁面には、厚みが2.0mm以下のニッケルまたはニッケルを含有する合金の鍍金層が形成されており、

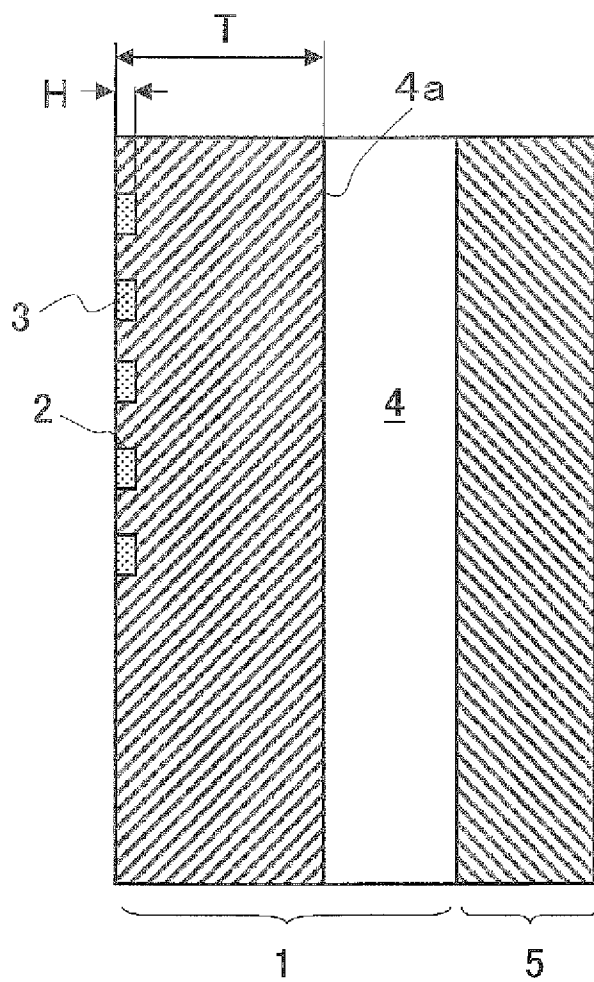
前記低熱伝導金属充填部は前記鍍金層で覆われている請求項1から請求項8の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型。

- [請求項10] 請求項1から請求項9の何れか一項に記載の連続鑄造用鑄型を用いる鋼の連続鑄造方法であって、
- 炭素含有量が0.08～0.17質量%の中炭素鋼を前記鑄型に注入するとともに、
- 鑄片厚みが200mm以上のスラブ鑄片として1.5m/min以上の鑄片引き抜き速度で前記鑄型から前記中炭素鋼を引き抜いて連続鑄造する鋼の連続鑄造方法。

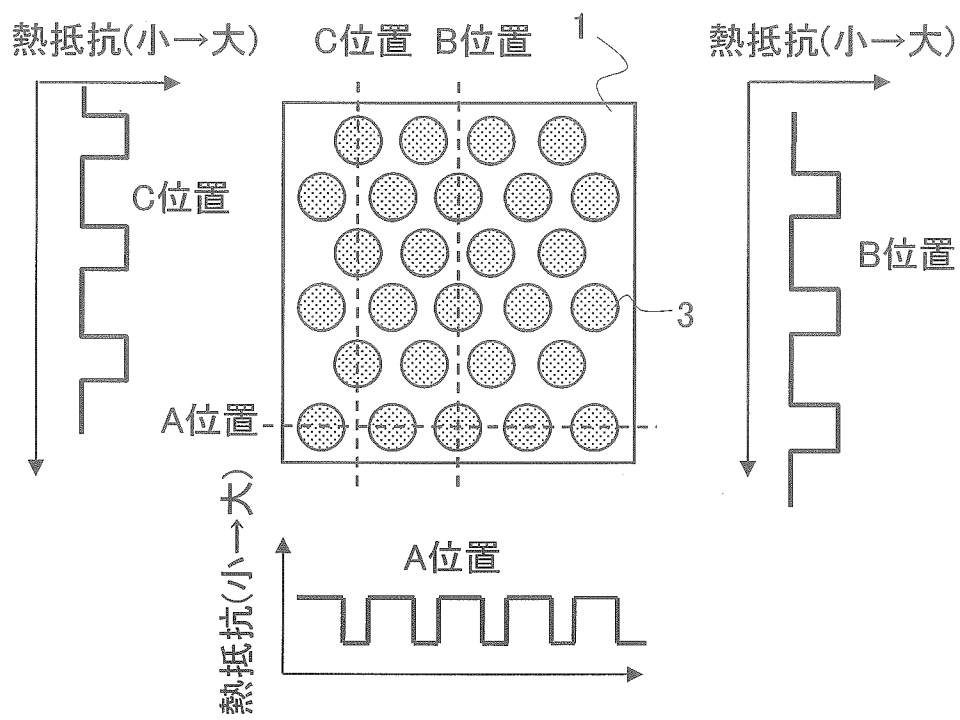
[図1]



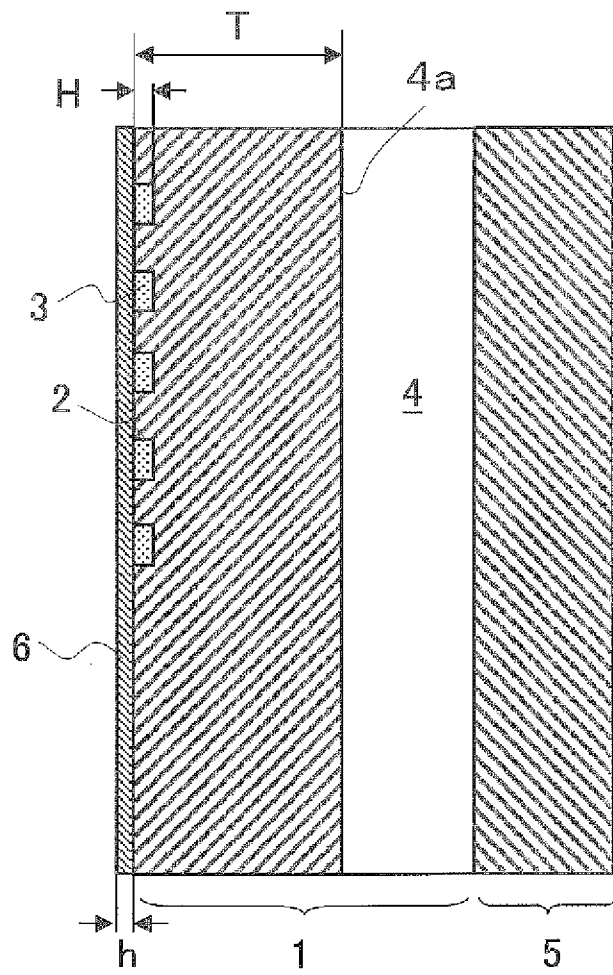
[図2]



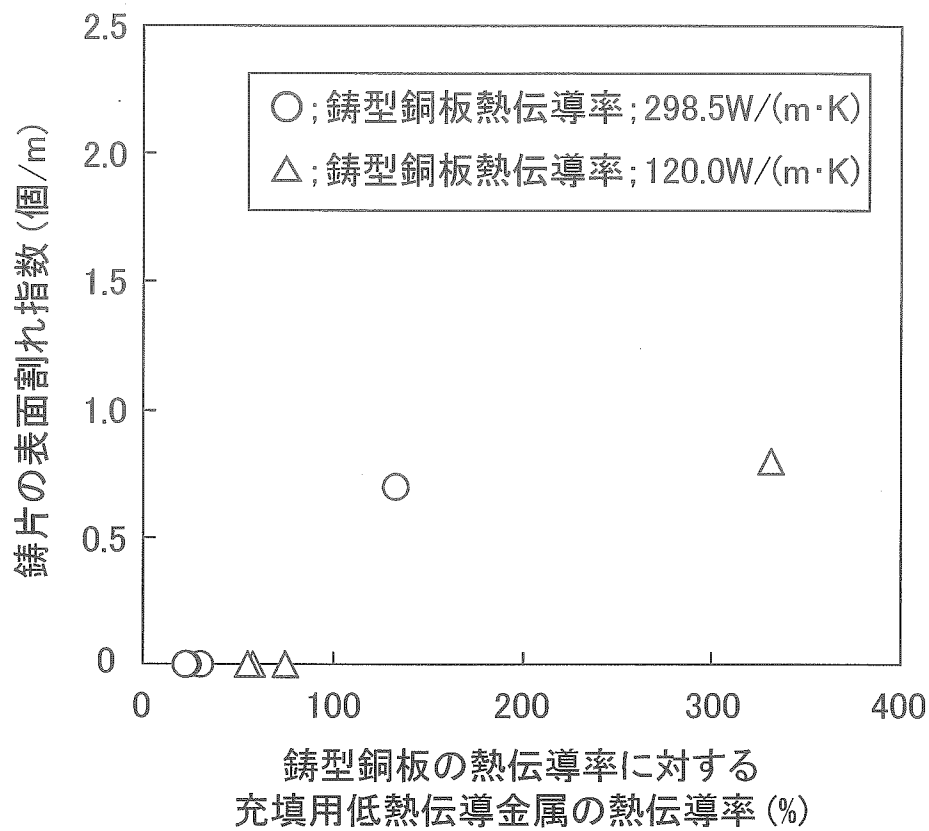
[図3]



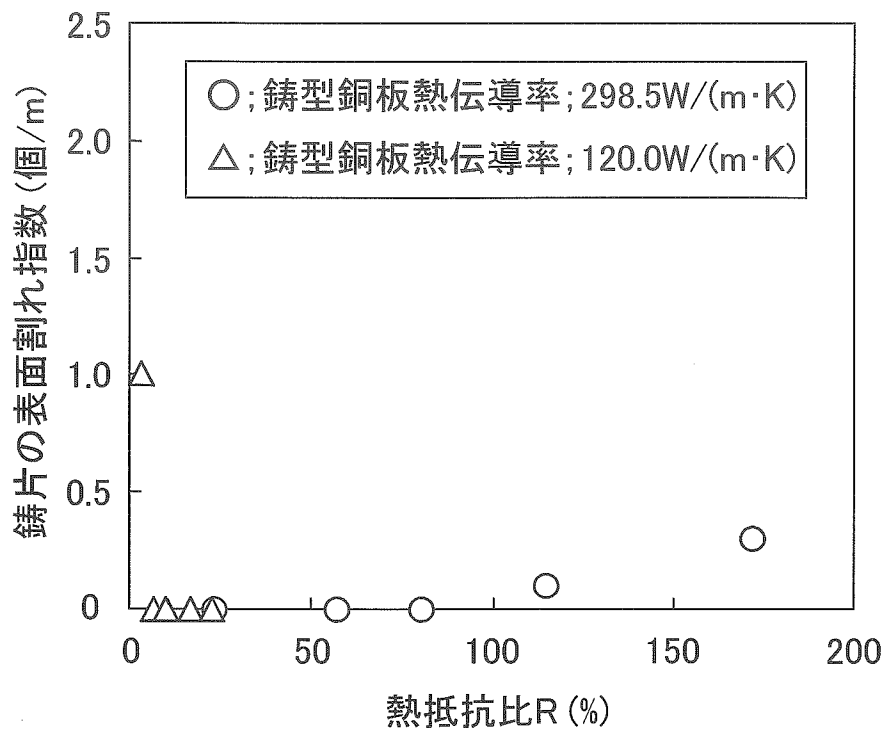
[図4]



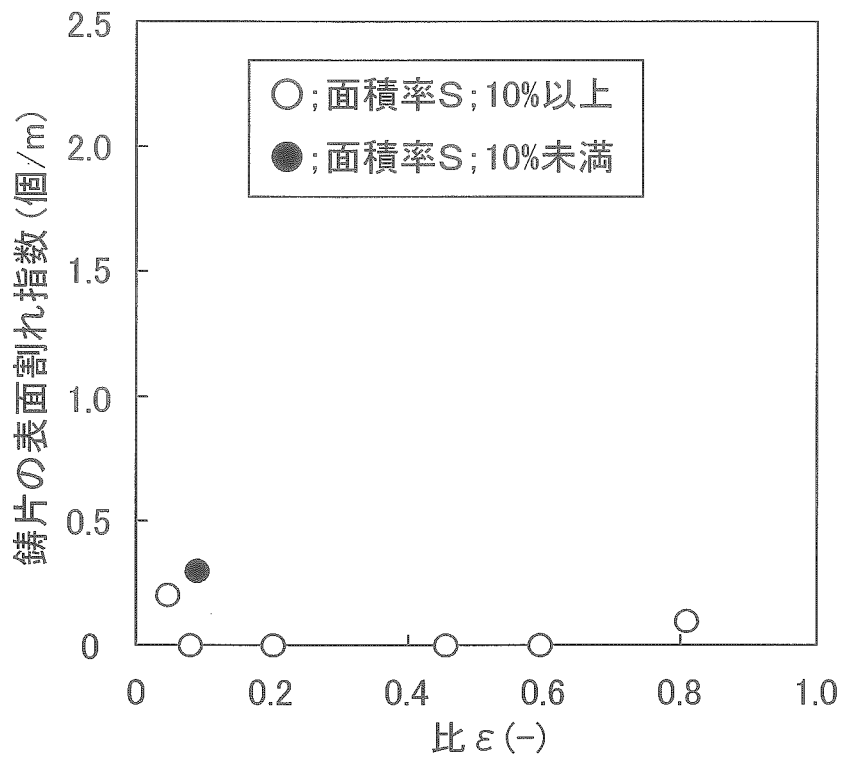
[図5]



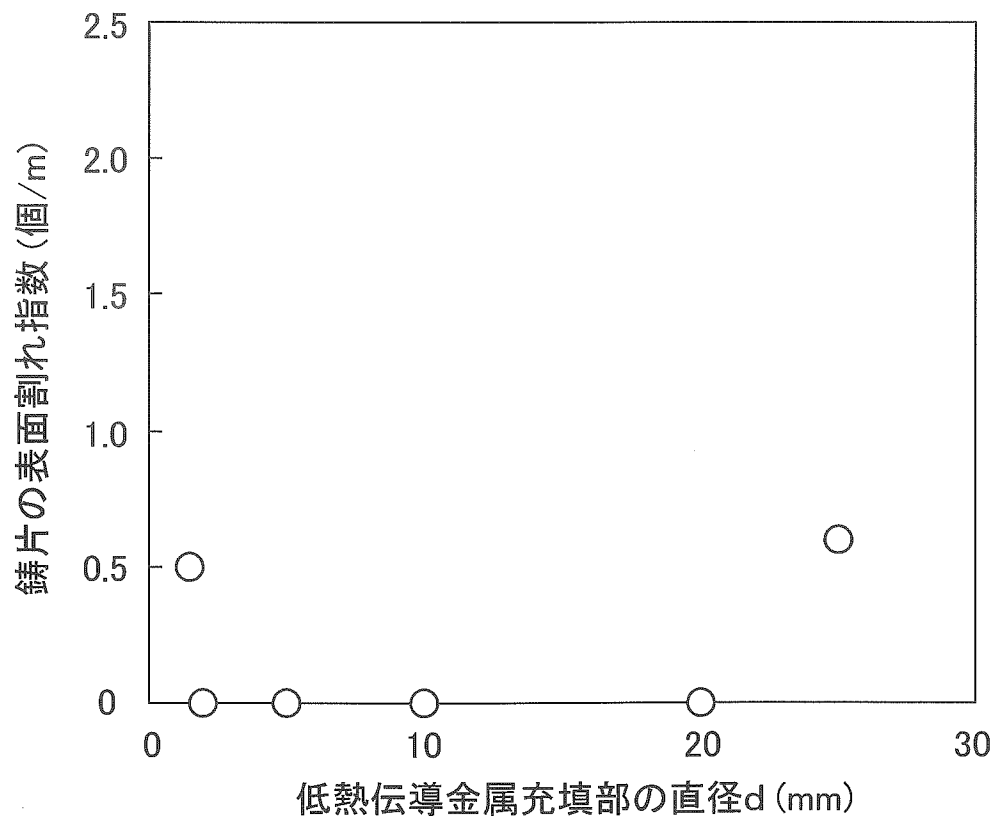
[図6]



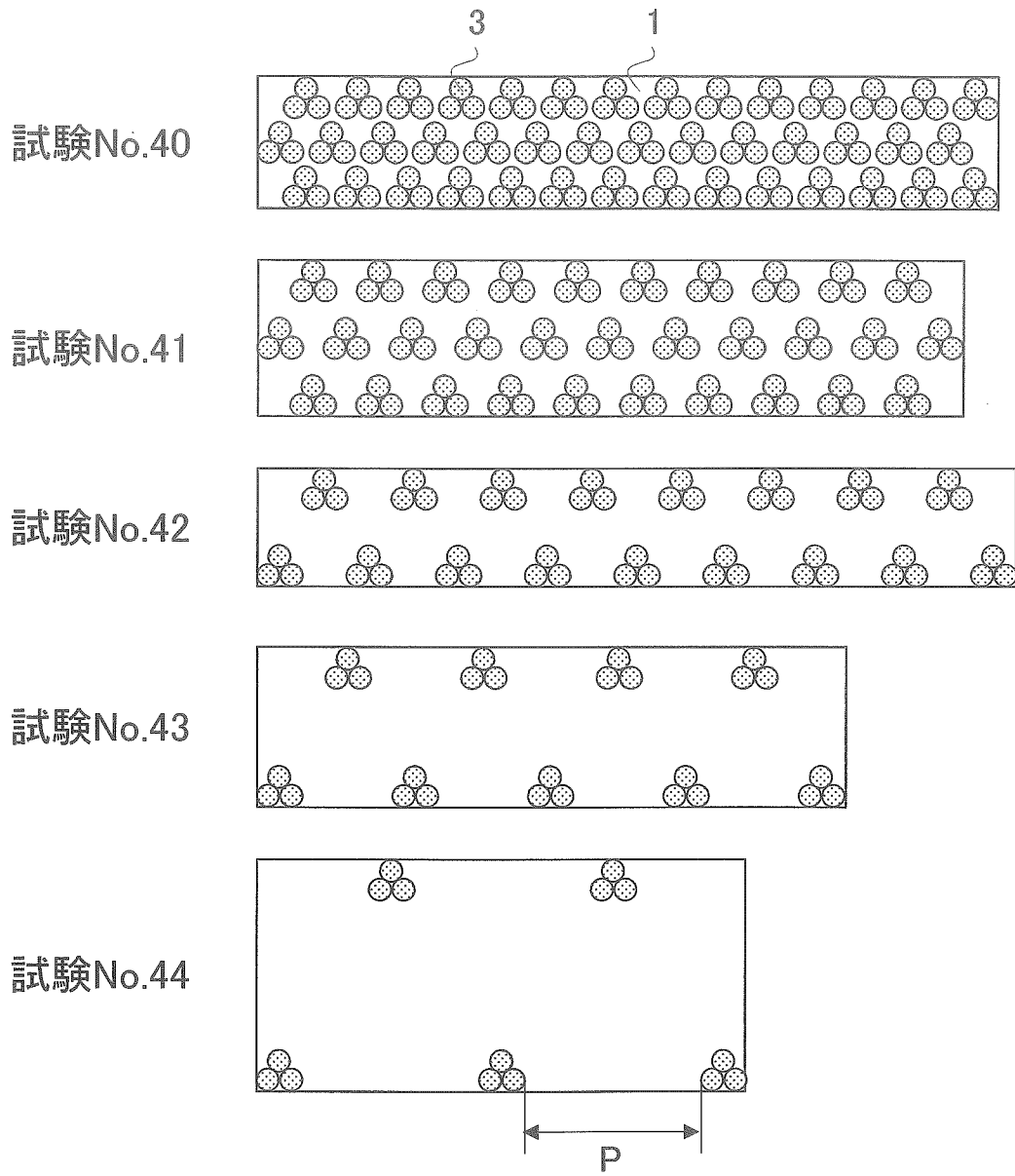
[図7]



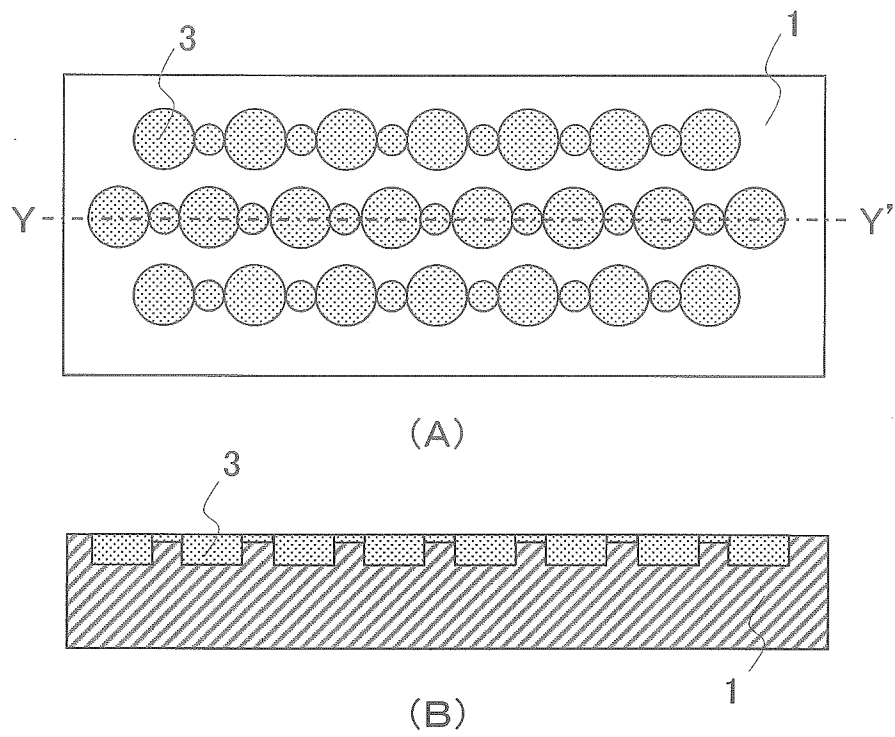
[図8]



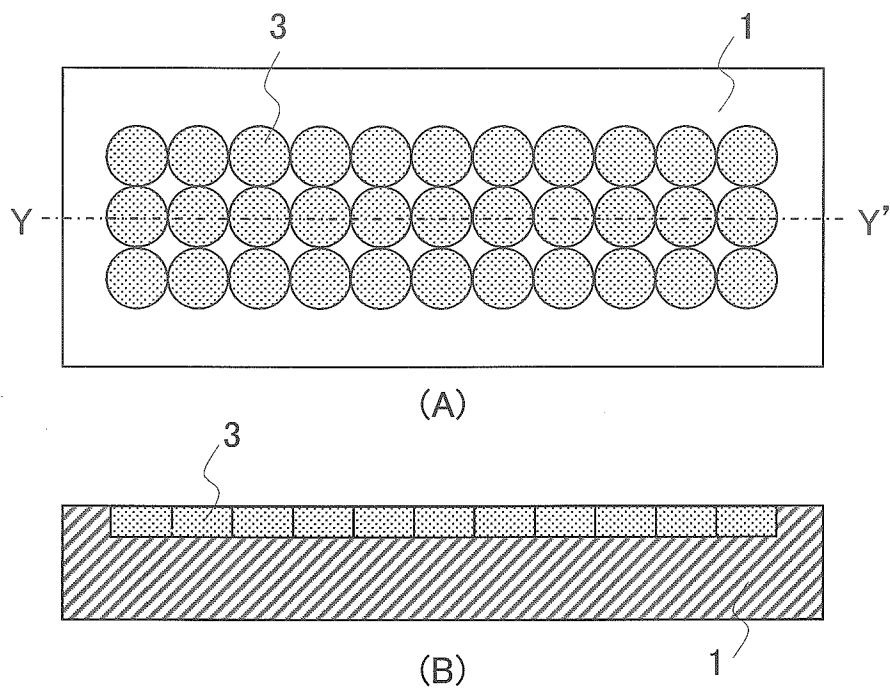
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001146

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D11/04(2006.01)i, B22D11/00(2006.01)i, B22D11/059(2006.01)i, B22D11/20(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)

B22D11/04, B22D11/00, B22D11/059, B22D11/20

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	WO 2014/002409 A1 (JFE Steel Corp.), 03 January 2014 (03.01.2014), claims; paragraphs [0013], [0015], [0029], [0030], [0032]; examples; drawings & US 2015/0258603 A1 claims; paragraphs [0021], [0034], [0054], [0055], [0057]; examples; drawings & JP 2015-6695 A & JP 5655988 B2 & EP 2839901 A1 & CN 104395015 A & KR 10-2015-0009985 A & TW 201408397 A & CN 105728673 A & TW 201625365 A	1-10
Y	JP 2-6037 A (NKK Corp.), 10 January 1990 (10.01.1990), claims; paragraph of "Problems that the Invention is to solve"; examples; drawings (Family: none)	1-10

☒ 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
14 February 2017 (14.02.17)

Date of mailing of the international search report
28 February 2017 (28.02.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/001146

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 1-289542 A (NKK Corp.), 21 November 1989 (21.11.1989), claims; paragraph of "Problems that the Device is to solve"; examples; drawings (Family: none)	1-10
Y	JP 1-170550 A (NKK Corp.), 05 July 1989 (05.07.1989), claims; paragraph of "Problems that the Device is to solve"; page 3, upper right column, 2nd line from the bottom to page 4, upper left column, line 11; examples; drawings (Family: none)	1-10
Y	JP 2015-107522 A (JFE Steel Corp.), 11 June 2015 (11.06.2015), claims; paragraphs [0012], [0014], [0036]; examples; drawings (Family: none)	6-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B22D11/04(2006.01)i, B22D11/00(2006.01)i, B22D11/059(2006.01)i, B22D11/20(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. B22D11/04, B22D11/00, B22D11/059, B22D11/20

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	WO 2014/002409 A1（J F E スチール株式会社）2014.01.03, 請求の範囲, [0013], [0015], [0029], [0030], [0032], 実施例, 図面 & US 2015/0258603 A1, 請求の範囲, [0021], [0034], [0054], [0055], [0057], 実施例, 図面 & JP 2015-6695 A & JP 5655988 B2 & EP 2839901 A1 & CN 104395015 A & KR 10-2015-0009985 A & TW 201408397 A & CN 105728673 A & TW 201625365 A	1-10

☑ 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

14.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

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）

荒木 英 則

4 E

9736

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

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
Y	JP 2-6037 A (日本鋼管株式会社) 1990.01.10, 特許請求の範囲, [発明が解決しようとする課題] の項, 実施例, 図面 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 1-289542 A (日本鋼管株式会社) 1989.11.21, 特許請求の範囲, [発明が解決しようとする問題点] の項, 実施例, 図面 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 1-170550 A (日本鋼管株式会社) 1989.07.05, 特許請求の範囲, [発明が解決しようとする問題点] の項, 3 ページ右上欄下から 2 行- 4 ページ左上欄 11 行, 実施例, 図面 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2015-107522 A (J F E スチール株式会社) 2015.06.11, 特許請求の範囲, 【0012】, 【0014】, 【0036】, 実施例, 図面 (ファミリーなし)	6-10