

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-6408

(P2020-6408A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

|                                 |                  |             |
|---------------------------------|------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                    | F 1              | テーマコード (参考) |
| <b>B 2 2 D 11/10 (2006.01)</b>  | B 2 2 D 11/10 D  | 4 E 0 0 4   |
| <b>B 2 2 D 11/124 (2006.01)</b> | B 2 2 D 11/124 N |             |

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

|           |                              |          |                     |
|-----------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2018-129889 (P2018-129889) | (71) 出願人 | 000006655           |
| (22) 出願日  | 平成30年7月9日(2018.7.9)          |          | 日本製鉄株式会社            |
|           |                              |          | 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号   |
|           |                              | (74) 代理人 | 100090697           |
|           |                              |          | 弁理士 中前 富士男          |
|           |                              | (74) 代理人 | 100127155           |
|           |                              |          | 弁理士 来田 義弘           |
|           |                              | (74) 代理人 | 100176142           |
|           |                              |          | 弁理士 清井 洋平           |
|           |                              | (72) 発明者 | 尾形 和洋               |
|           |                              |          | 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           |
|           |                              | (72) 発明者 | 仁井谷 洋               |
|           |                              |          | 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           |
|           |                              | Fターム(参考) | 4E004 KA14 NA01     |

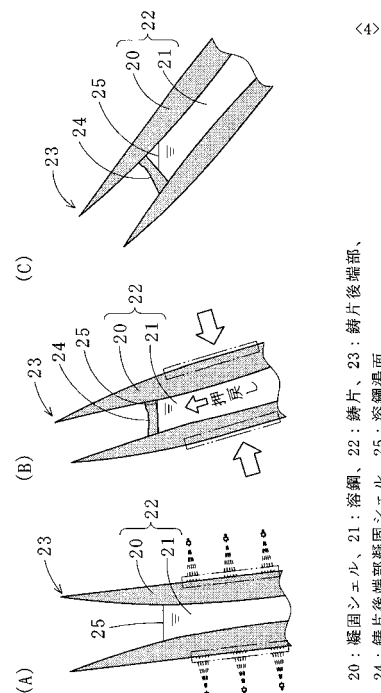
(54) 【発明の名称】 鋳片の引抜方法

## (57) 【要約】

【課題】冷却材の投入や連続鋳造設備の改造等を必要とせず、鋳片品質を低下させることなく湯こぼれを防止することが可能な鋳片の引抜方法を提供する。

【解決手段】湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機における鋳片の引抜方法であって、鋳型への溶鋼注入が終了してから鋳片後端部23が連続鋳造機の矯正部を通過するまでの間に、鋳片後端から鋳片前端に向かう1m～4mの領域を、0.12 水量密度(L/kg・min) 0.32かつ5 冷却時間(min) 8の条件で冷却した後、水量密度(L/kg・min) 0.02かつ1.5 復熱時間(min)の条件で復熱させる。

【選択図】図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機における鑄片の引抜方法であって、

鑄型への溶鋼注入が終了してから鑄片後端部が前記連続鑄造機の矯正部を通過するまでの間に、該鑄片後端から該鑄片前端に向かう 1 m ~ 4 m の領域を、0.12 水量密度 ( L / k g · m i n ) 0.32 かつ 5 冷却時間 ( m i n ) 8 の条件で冷却した後、水量密度 ( L / k g · m i n ) 0.02 かつ 1.5 復熱時間 ( m i n ) の条件で復熱させることを特徴とする鑄片の引抜方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

本発明は、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機における鑄片の引抜方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機 10 による鑄片 22 の連続鑄造では、鑄型 15 への溶鋼 21 注入が終了し ( 図 1 ( A ) 参照 )、鑄片 22 の引抜が行われている間に ( 図 1 ( B ) 参照 )、図 2 に示すような、鑄片後端部 23 から溶鋼 21 がこぼれ出る事象 ( 以下、本明細書では「湯こぼれ」と呼ぶ。 ) が発生することがある。湯こぼれが発生すると、こぼれた溶鋼 21 が連続鑄造機 10 の鑄造ロール 16 やロール軸受に付着するため、その除去に時間を要し、生産が阻害される。

20

鑄片引抜開始直後に鑄片送り速度 ( 鑄片引抜速度 ) を低下させて鑄片後端部の凝固促進を図り、湯こぼれしない位置まで溶鋼湯面を低下 ( 湯引き ) させれば湯こぼれを防止することができる。しかし、鑄片引抜速度を低下させた場合、鑄片引抜に要する時間が延びるため、次の鑄造準備 ( ダミーバー装入 ) 開始が遅れ、生産性が阻害される可能性がある。

## 【0003】

そのため、生産性を阻害することなく、湯こぼれを防止する技術が開示されている。

例えば、特許文献 1 には、鋼板を組み合わせたブロック状の冷却材を鑄造終了直後に鑄型内の溶鋼中に挿入することにより、鑄片後端部の凝固を促進させて湯こぼれを抑制する技術が開示されている。

また、特許文献 2 には、通常の鑄造速度を保持したまま鑄込みを終了して鑄片を引き抜き、鑄型内への給湯ストップと同時に、最後端鑄片における未凝固部分の下方部位のロール間隔を拡大して凝固シェルを意図的にバルジングさせ、凝固収縮による溶鋼の絞り出しをバルジングにより吸収し、次いで、拡幅した部分を後段のロールにより圧下して完全凝固部分で所定の鑄片厚みにする技術が開示されている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開昭 59 - 76652 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 244347 号公報

## 【発明の概要】

40

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、特許文献 1 記載の技術では、鑄型への溶鋼注入終了から鑄片が鑄型を抜けるまでの僅かな時間で作業しなければならないだけでなく、冷却材投入時の溶鋼湯面変動によるパウダー巻き込み等が懸念される。

一方、特許文献 2 記載の技術では、鑄造及び鑄片引抜中のロール間隔を制御する機構に加えて、完全凝固後の鑄片を厚み圧下する高剛性のセグメントを設置しなければならず、設備制約上、実施が困難となる場合がある。また、バルジングが過大となった場合には、バルジングによる歪で内部割れが発生する可能性もあり、歩留悪化のリスクが生じる。

## 【0006】

50

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、冷却材の投入や連続鑄造設備の改造等を必要とせず、鑄片品質を低下させることなく湯こぼれを防止することが可能な鑄片の引抜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】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明は、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機における鑄片の引抜方法であって、

鑄型への溶鋼注入が終了してから鑄片後端部が前記連続鑄造機の矯正部を通過するまでの間に、該鑄片後端から該鑄片前端に向かう1m～4mの領域を、0.12 水量密度( $L/kg \cdot min$ ) 0.32かつ5 冷却時間(min) 8の条件で冷却した後、水量密度( $L/kg \cdot min$ ) 0.02かつ1.5 復熱時間(min)の条件で復熱させることを特徴としている。

なお、本明細書に記載されている単位「L」は「リットル」である。また、鑄片の進行方向を「前」側、その逆方向を「後」側とする。

【0008】

本発明は、冷却材投入や連続鑄造機の設備改造等を必要とせず、鑄片引抜開始以降の鑄片冷却を制御することによって鑄片後端部凝固シェル厚を増大させて湯こぼれを防止する技術である。なお、鑄片後端部凝固シェルとは、溶鋼注入が終了した後に湯面が固まって形成される凝固シェルのことであり、鑄片後端部凝固シェル厚は、鑄片後端部を鑄造長手方向に切断した断面にて観察、測定することができる。

【0009】

鑄片後端部凝固シェルの厚くするには、鑄片後端部付近への冷却強化が一般的である。しかし、冷却強化した場合、鑄片22全体の凝固収縮が進んで鑄片後端部23の溶鋼湯面25が低下する(図3(A)、(B)参照)。その結果、鑄片後端部凝固シェル24の形成に必要な溶鋼21の供給が途絶えてしまい、鑄片後端部凝固シェル24の形成が不十分となる。さらに、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機の円弧部18以降で鑄片後端部23が傾いていく過程において(図1参照)、鑄片後端部凝固シェル24に溶鋼21が接触して、溶鋼静圧が鑄片後端部凝固シェル24に作用する。そのため、鑄片後端部凝固シェル厚が薄い場合には、溶鋼静圧により鑄片後端部凝固シェル24が破断し、湯こぼれが発生する(図3(C)参照)。

【0010】

本発明者らは、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機による連続鑄造において、湯こぼれが発生した場合と湯こぼれが発生しなかった場合それぞれの鑄片後端部凝固シェル厚を測定した。そして、鑄片後端部凝固シェル厚が10mm以上確保できていれば湯こぼれを防止できることを見出した。

本発明では、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鑄造機による連続鑄造において、鑄片後端部凝固シェルへの溶鋼供給を途絶えさせないようにして鑄片後端部凝固シェル厚10mm以上を確保する。具体的には、一度、鑄片22の後端部付近を冷却した後(図4(A)参照)、冷却を停止又は極微量の冷却量とすることにより鑄片22を復熱させる(図4(B)参照)。

【0011】

連続鑄造機内で鑄片の後端部付近を冷却した場合、凝固シェルの表層側の温度低下に伴い、凝固シェルの表層側が収縮し、外側に変形しようとするが、連続鑄造機内では鑄片が固定(拘束)されているため、凝固シェル20の変形は抑制される。次いで、冷却を停止又は極微量の冷却量として鑄片の後端部付近を復熱させた場合、冷やされていた凝固シェル20の表層側の温度上昇に伴って伸びが発生し、鑄片22の内部側(溶鋼21側)へ向かう変形が生じる(図4(B)参照)。これにより、鑄片断面積が減少し、一度低下した溶鋼湯面25は、凝固シェル20の変形に伴って鑄片後端部23側へ押し上げられる(押戻し)。この押し上げられた溶鋼21が鑄片後端部凝固シェル24となり、鑄片後端部凝固シェル厚を効果的に増大させる。厚みが増した鑄片後端部凝固シェル24は溶鋼21を封止

10

20

30

40

50

し、湯こぼれを防止する（図４（Ｃ）参照）。

【発明の効果】

【００１２】

本発明に係る鋳片の引抜方法では、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機による連続鋳造において、鋳片後端部凝固シェルへの溶鋼供給を途絶えさせないようにするため、一度冷却した鋳片を復熱させることにより、厚さが１０ｍｍ以上ある鋳片後端部凝固シェルを形成する。これにより、冷却材の投入や連続鋳造設備の改造等を必要とせず、鋳片品質を低下させることなく湯こぼれを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

10

【図１】垂直曲げ型連続鋳造機における鋳片断面の模式図であって、（Ａ）は溶鋼注入終了直後、（Ｂ）は鋳片引抜中の状態を示している。

【図２】湯こぼれを説明するための模式図である。

【図３】従来の鋳片の引抜方法における鋳片後端部の模式図であって、（Ａ）は鋳片引抜開始時、（Ｂ）は鋳片引抜中、（Ｃ）は湯こぼれ発生時を示している。

【図４】本発明の一実施の形態に係る鋳片の引抜方法における鋳片後端部の模式図であって、（Ａ）は冷却ステップ時、（Ｂ）は復熱ステップ時、（Ｃ）は湯こぼれ防止状態を示している。

【図５】鋳片後端部凝固シェル厚が１０ｍｍ以上となるかどうか冷却ステップの水量密度と冷却時間をパラメータとして示したグラフであって、（Ａ）の復熱ステップ条件は、 $0.010$  水量密度（ $L/kg \cdot min$ ）  $0.015$  かつ  $0.5$  復熱時間（ $min$ ）  $1.0$ 、又は  $0.025$  水量密度（ $L/kg \cdot min$ ）  $0.050$  かつ  $2.0$  復熱時間（ $min$ ）  $3.0$ 、（Ｂ）の復熱ステップ条件は、 $0.010$  水量密度（ $L/kg \cdot min$ ）  $0.020$  かつ  $1.5$  復熱時間（ $min$ ）  $3.0$ である。

20

【発明を実施するための形態】

【００１４】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態について説明し、本発明の理解に供する。

【００１５】

連続鋳造機１０では、精錬が終了した溶鋼から鋳片２２が連続的に製造される（図１参照）。

30

精錬が終了した溶鋼は、連続鋳造機１０の最上部に配置された取鍋（図示省略）に貯留された後、取鍋の底部に設けられたノズル孔に装着されたロングノズル（図示省略）を介して、取鍋の下方に配置されたタンディッシュ（図示省略）内に注入される。タンディッシュ内に注入された溶鋼は、タンディッシュ内で介在物が除去された後、タンディッシュの底部に設けられたノズル孔に装着された浸漬ノズル１４を介して、タンディッシュの下方に配置された鋳型１５内に注入される。鋳型１５は常時、水冷されており、鋳型１５に流入した溶鋼２１は鋳型１５に接触して急冷され、微細なチル晶からなる薄い凝固シェル２０を形成する。

【００１６】

40

鋳型１５の下方には、サポートロール、ガイドロール、及びピンチロールからなる複数対の鋳造ロール１６が鋳造経路に沿って配置されている。本実施の形態における連続鋳造機１０の方式は垂直曲げ型であり、鋳型１５に続く鋳造経路は、下流側に向かって、鋳片２２が鉛直下方に移動する垂直部１７と、鋳片２２を円弧状に湾曲させる円弧部１８と、円弧状となった鋳片２２を真っ直ぐにする矯正部１９とを備えている。

鋳造方向に隣接する鋳造ロール１６の間隙には、水スプレーノズルなどの冷却ノズル（図４参照）を有する二次冷却帯が配置されている。

【００１７】

未凝固の溶鋼２１を内蔵したまま鋳型１５を出た鋳片２２は、冷却ノズルで水冷されつつ、鋳造ロール１６により下方に搬送された後、鋳片切断機（図示省略）により所定の長

50

さに切断される。

【0018】

次に、本発明の一実施の形態に係る鋳片の引抜方法について説明する。

前述したように、本発明者らは、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機による連続鋳造において、鋳片後端部凝固シェル厚が10mm以上確保できていれば湯こぼれを防止できるという知見を得ている。さらにまた、鋳片後端部付近を強冷却した後、復熱させることにより、鋳片後端部付近の凝固シェルを内側に変形させて溶鋼を押戻し、鋳片後端部凝固シェルの形成を促すことができることも見出している。

【0019】

そこで、鋳片後端部凝固シェル厚が10mm以上となる冷却条件を探るため、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機による連続鋳造において、鋳片引抜開始以降（鋳型への溶鋼注入が終了してから鋳片後端部が連続鋳造機の矯正部を通過するまでの間）、鋳片後端から鋳片前端に向かう1m～4mの領域における冷却条件（冷却ステップ条件、復熱ステップ条件）を変化させて鋳片を製造し、製造された各鋳片の後端部から鋳造方向断面サンプルを採取（鋳片幅方向中央から1/4幅の位置）して鋳片後端部凝固シェル厚を測定した。

なお、復熱ステップ後は、水量密度： $0.1\text{ L/kg} \cdot \text{min} \sim 0.3\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ にて鋳片の冷却を行った。また、鋳片後端から鋳片前端に向かう1m未満及び4m超の領域は、冷却後に復熱させても溶鋼の押戻しには寄与しないので冷却条件から除外した。

【0020】

上記測定結果をグラフ化したものを図5に示す。横軸に冷却ステップの水量密度、縦軸に強冷却の冷却時間を取り、鋳片後端部凝固シェル厚が10mm以上の場合を「○」、10mm未満の場合を「×」で示している。

図5（A）は、復熱ステップ条件を、水量密度： $0.010\text{ L/kg} \cdot \text{min} \sim 0.015\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ かつ復熱時間： $0.5\text{ min} \sim 1.0\text{ min}$ 、もしくは水量密度： $0.025\text{ L/kg} \cdot \text{min} \sim 0.050\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ かつ復熱時間： $2\text{ min} \sim 3\text{ min}$ としたときの結果である。本復熱ステップ条件の場合、冷却ステップ条件にかかわらず鋳片後端部凝固シェル厚は10mm未満であった。

一方、図5（B）は、復熱ステップ条件を、水量密度： $0.010\text{ L/kg} \cdot \text{min} \sim 0.020\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ かつ復熱時間： $1.5\text{ min} \sim 3.0\text{ min}$ としたときの結果である。本復熱ステップ条件の場合、冷却ステップ条件を水量密度： $0.12\text{ L/kg} \cdot \text{min} \sim 0.32\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ かつ冷却時間： $5\text{ min} \sim 8\text{ min}$ とすることにより、鋳片後端部凝固シェル厚を10mm以上にできることが判明した。

【0021】

本発明者らは、上記知見に基づき、以下に示す、湾曲型又は垂直曲げ型の連続鋳造機における鋳片の引抜方法に想到した。

【0022】

（a）冷却ステップ

鋳片引抜開始直後より、鋳片後端から鋳片前端に向かう1m～4mの領域に対応する二次冷却帯の水量密度を（1）式の範囲とし、（2）式に示す時間範囲で鋳片の冷却を実施する。

$$0.12 \leq \text{水量密度 (L/kg} \cdot \text{min)} \leq 0.32 \quad (1)$$

$$5 \leq \text{冷却時間 (min)} \leq 8 \quad (2)$$

【0023】

（b）復熱ステップ

（1）式かつ（2）式を満足する冷却完了後、鋳片後端から鋳片前端に向かう1m～4mの領域に対応する二次冷却帯の水量密度を（3）式とし、（4）式に示す復熱時間を設ける。復熱ステップ時の水量密度は $0\text{ L/kg} \cdot \text{min}$ でもよく、復熱時間の上限は5min程度である。

$$\text{水量密度 (L/kg} \cdot \text{min)} \geq 0 \quad (3)$$

$$\text{復熱時間 (min)} \leq 5 \quad (4)$$

## 【 0 0 2 4 】

上記条件にて鑄片引拔を行うことによって、鑄片後端部凝固シェルの成長に必要な溶鋼を供給することが可能となり、湯こぼれすることなく鑄片引拔が可能となる。

## 【 0 0 2 5 】

なお、冷却ステップにおいて、水量密度が  $0.12 \text{ L/kg} \cdot \text{min}$  未満又は冷却時間が  $5 \text{ min}$  未満である場合、冷却ステップ完了時の鑄片後端から鑄片前端に向かう  $1 \text{ m} \sim 4 \text{ m}$  の領域の鑄片温度が高く、復熱ステップ完了時の鑄片温度との温度差が不足する。その結果、熱曲げ（鑄片厚さ方向の曲げ）による溶鋼の押戻し量が不足し、鑄片後端部凝固シェルの形成が促進されず、湯こぼれが発生する。一方、水量密度が  $0.32 \text{ L/kg} \cdot \text{min}$  超又は冷却時間が  $8 \text{ min}$  超である場合、過剰冷却となり、凝固収縮に伴う溶鋼湯面低下が過剰となる。その結果、復熱ステップ後の溶鋼押戻し量が不足し、鑄片後端部凝固シェルの形成が促進されず、湯こぼれが発生する。

## 【 0 0 2 6 】

また、復熱ステップにおいて、水量密度が  $0.02 \text{ L/kg} \cdot \text{min}$  超又は復熱時間が  $1.5 \text{ min}$  未満である場合、復熱量が不足し、熱曲げによる溶鋼の押戻し量が不足する。その結果、鑄片後端部凝固シェルの形成が促進されず、湯こぼれが発生する。

## 【 0 0 2 7 】

以上、本発明の一実施の形態について説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。例えば、上記実施の形態では、垂直曲げ型連続鑄造機について説明しているが、湾曲型連続鑄造機も同様である。

## 【 実施例 】

## 【 0 0 2 8 】

本発明の効果について検証するために実施した検証試験について説明する。

鑄片後端から鑄片前端に向かう  $1 \text{ m} \sim 4 \text{ m}$  の領域に対して表 1 に示す条件にて冷却ステップ、復熱ステップの冷却を行い、復熱ステップ後は水量密度  $0.18 \text{ L/kg} \cdot \text{min}$  で冷却を行いながら鑄片引拔を行い、湯こぼれの発生有無を調査すると共に、鑄片後端部から鑄造方向断面サンプルを鑄片幅方向中央から  $1/4$  幅の位置で採取して鑄片後端部凝固シェル厚を測定した。鑄造方向断面サンプルを採取した鑄片幅方向中央から  $1/4$  幅位置は、冷却ノズルの配置等から鑄片後端部凝固シェル厚が最も薄くなる位置である。

なお、使用した連続鑄造機は垂直曲げ型連続鑄造機である。

## 【 0 0 2 9 】

## 【 表 1 】

| ケース   | 冷却ステップ             |             | 復熱ステップ             |             | 鑄片後端部<br>凝固シェル厚<br>(mm) | 湯こぼれの有無 |
|-------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------------|---------|
|       | 水量密度<br>(L/kg·min) | 時間<br>(min) | 水量密度<br>(L/kg·min) | 時間<br>(min) |                         |         |
| 実施例 1 | 0.18               | 6.5         | 0.015              | 2.0         | 11                      | 無       |
| 実施例 2 | 0.25               | 5.5         | 0.015              | 1.5         | 12                      | 無       |
| 比較例 1 | 0.05               | 6.5         | 0.015              | 2.0         | 8                       | 有       |
| 比較例 2 | 0.40               | 5.0         | 0.015              | 2.0         | 7                       | 有       |
| 比較例 3 | 0.18               | 4.0         | 0.015              | 3.0         | 9                       | 有       |
| 比較例 4 | 0.18               | 9.5         | 0.015              | 3.0         | 6                       | 有       |
| 比較例 5 | 0.18               | 6.5         | 0.030              | 2.0         | 7                       | 有       |
| 比較例 6 | 0.18               | 6.5         | 0.015              | 1.0         | 9                       | 有       |

## 【 0 0 3 0 】

検証試験より以下のことが判明した。

・実施例 1 及び 2 では、鑄片後端部凝固シェル厚を 10 mm 以上確保でき、湯こぼれを防止できたのに対し、比較例 1 ～ 6 では、鑄片後端部凝固シェル厚が 10 mm 未満となり、湯こぼれが発生した。

・実施例 1 及び 2 では、本発明の条件に従う冷却及び復熱ステップ条件を実施することにより、鑄片後端部凝固シェル厚を 10 mm 以上とすることができた。

・比較例 1 及び 3 では、冷却ステップにおける冷却が不足し、復熱ステップ完了時の鑄片温度との温度差が不足した。その結果、熱曲げによる溶鋼の押戻し量が不十分となり、鑄片後端部凝固シェル厚が 10 mm 未満となった。

・比較例 2 及び 4 では、冷却ステップでの冷却が過剰となり、凝固収縮に伴う溶鋼湯面低下が過剰となった。その結果、復熱ステップ後の溶鋼押戻し量が不足し、鑄片後端部凝固シェル厚が 10 mm 未満となった。

・比較例 5 及び 6 では、復熱量が不足し、熱曲げによる溶鋼の押戻し量が不足し、鑄片後端部凝固シェルが 10 mm 未満となった。

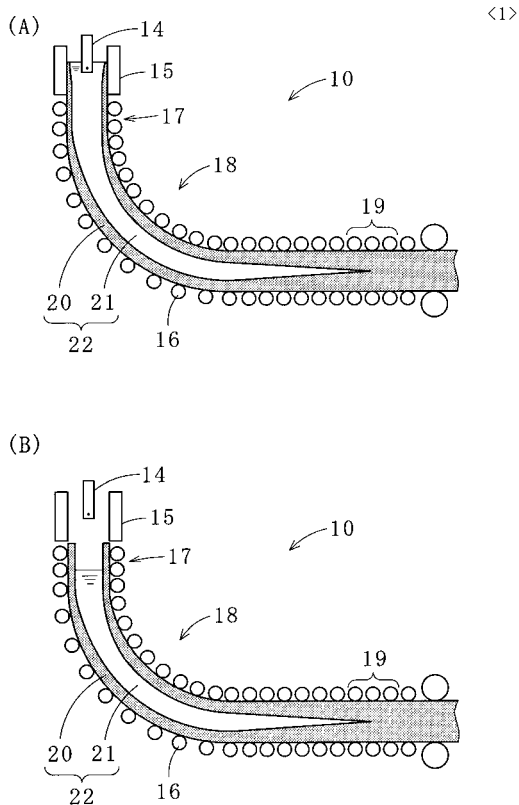
【符号の説明】

【0031】

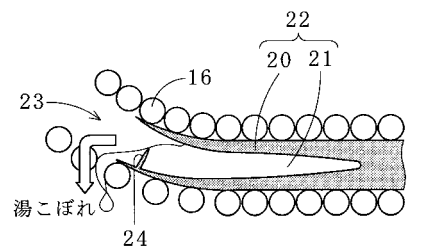
10：連続鑄造機、14：浸漬ノズル、15：鑄型、16：鑄造ロール、17：垂直部、18：円弧部、19：矯正部、20：凝固シェル、21：溶鋼、22：鑄片、23：鑄片後端部、24：鑄片後端部凝固シェル、25：溶鋼湯面

10

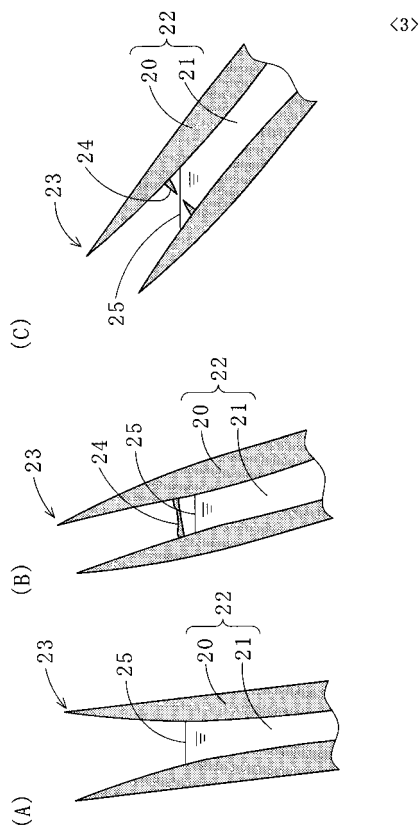
【図 1】



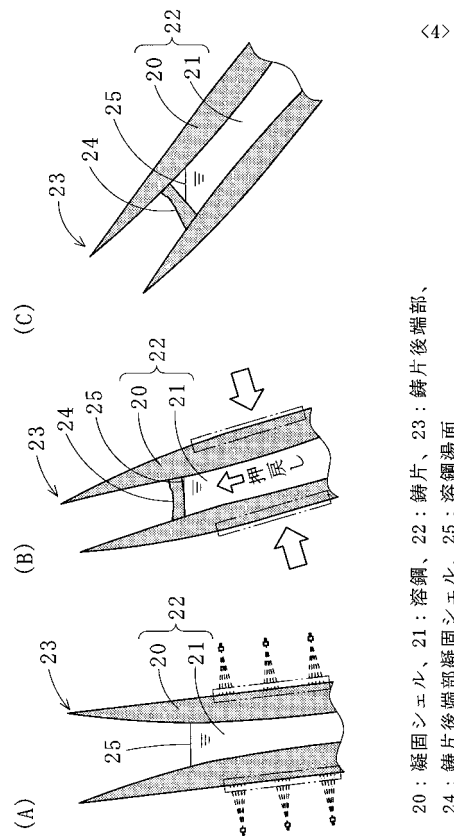
【図 2】



【図 3】



【図 4】



20 : 凝固シエル、21 : 溶鋼、22 : 鋳片後端部、  
24 : 鋳片後端部凝固シエル、25 : 溶鋼湯面

【図 5】

