

(43) 国際公開日
2009年5月7日 (07.05.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/057340 A1

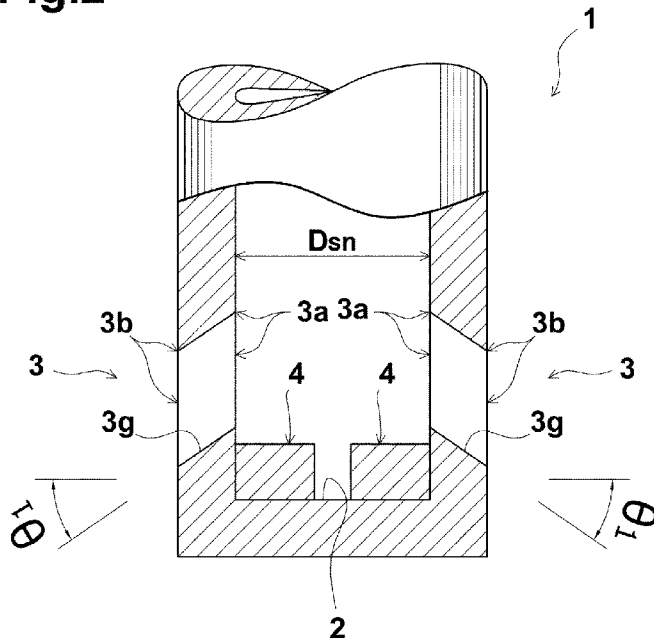
- (51) 国際特許分類:
B22D 11/10 (2006.01) B22D 11/115 (2006.01)
B22D 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/059920
- (22) 国際出願日: 2008年5月29日 (29.05.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2007-281406
2007年10月30日 (30.10.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森下 雅史 (MORISHITA, Masafumi). 吉田 仁 (YOSHIDA, Jin). 斧田 博之 (ONODA, Hiroyuki).
- (74) 代理人: 田中 光雄, 外 (TANAKA, Mitsuo et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所 Osaka (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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,

[続葉有]

(54) Title: IMMERSION NOZZLE WITH SPLIT-TYPE WEIR, AND METHOD FOR CONTINUOUSLY CASTING MEDIUM AND HIGH CARBON STEEL USING THE IMMERSION NOZZLE WITH SPLIT-TYPE WEIR

(54) 発明の名称: 分割型堰付浸漬ノズル及びこの分割型堰付浸漬ノズルを用いる中高炭素鋼の連続铸造方法

[図2]
Fig.2



(57) Abstract: This invention provides an immersion nozzle which can suppress channeling in the thickness and width directions of a mold. This nozzle is a closed-end cylindrical immersion nozzle (1) for pouring a molten steel held in a tundish into a mold. A pair of opposed molten steel delivery holes (3) are bored on the peripheral wall of the immersion nozzle (1) at a position distant upward by a predetermined distance from an inner bottom face (2) of the immersion nozzle (1). In the inner bottom face (2), as viewed from the bottom face of the immersion nozzle (1), a pair of protrusion parts (4, 4) extended parallel to a borehole direction (3A) in the molten steel delivery hole (3) are provided on an identical row. The immersion nozzle further satisfies the following formulae (1) and (2). $h/H = 0.5$ to 2.0 (1) $c/D_{sn} = 0.1$ to 0.6 (2) wherein h : the height of the upper face of the protrusion part in the vertical section to the direction of extension of the protrusion part; H : the distance between the lower end of inner peripheral-side opening edge in the molten steel delivery hole and the inner bottom face; c : the distance between a pair of protrusion parts; and D_{sn} : the inner diameter of the immersion nozzle.

[続葉有]



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

(57) 要約: 本発明は、鑄型厚み方向と幅方向の偏流が抑制される浸漬ノズルを提供する。タンディッシュ内に保持される溶鋼を鑄型内へ注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズル1である。該浸漬ノズル1の内側底面2から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズル1の周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔3が穿孔されると共に、内側底面2には該浸漬ノズル1の底面視において溶鋼吐出孔3の穿孔方向3Aと平行に延在する突部4・4が同列上に一对で設けられ、更に下記式(1)及び(2)を満足する。
$$h/H=0.5\sim 2.0 \cdots (1) \quad c/D_{sn}=0.1\sim 0.6 \cdots (2)$$
ただし、
h: 突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ H: 溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離 c: 一对の突部間の距離 D_{sn}: 浸漬ノズルの内径

明 細 書

分割型堰付浸漬ノズル及びこの分割型堰付浸漬ノズルを用いる中高炭素鋼の連続 casting 方法

技術分野

[0001] 本発明は、連続 casting 用浸漬ノズルに係り、特に底部湯溜り部に突部を設けて、 casting 厚み方向及び幅方向の偏流抑制を図った連続 casting 用浸漬ノズルに関する。また、本発明は、炭素含有量C[wt%]を0.07～0.51とする中高炭素鋼の連続 casting 方法に関する。

背景技術

[0002] 従来の浸漬ノズルでは、ノズル底部に casting 開始時のスプラッシュ低減を目的として湯溜り部が形成されている。ノズル吐出孔上方ノズル内において casting 厚み方向に速度勾配を有する流れが発生したとき、ノズル底部の湯溜り部における圧力勾配からノズル底部を横切る流れが生じて吐出孔部において吐出方向を軸とした大きな単一の回転流が発生する。この偏流は溶鋼流量を調節するスライドプレートの開閉方向に依存せず発生する(非特許文献1及び非特許文献2参照)。この局所的に強い流れが casting コーナ一部におけるシェルの再溶解を促し、凝固遅れを発生させる。この凝固遅れが大きいときには casting 片のブレイクアウトに繋がる。

[0003] このような偏流を抑制するために、ノズル内底部に吐出方向に平行な一本の尾根状突起物を設置する発明がある(特許文献1参照)。

[0004] また、湯溜り部に突起部を設け、この突起部を、長方形の底面と、この底面から直立し対向する二等辺三角形の2個の垂直端面と、この垂直端面の辺に沿って傾斜し対向する長方形の2個の傾斜面を有する三角柱等とし、前記の垂直面を各々吐出孔に対向させる発明もある(特許文献2参照)。

[0005] 炭素含有量C[wt%]を0.07～0.51とする中高炭素鋼は凝固時に包晶反応に起因する変形を生じるため、 casting 時に casting 壁と凝固殻の間にエアギャップを生じ易い。 casting 壁と凝固殻の間にエアギャップが生じると、凝固殻から casting への抜熱が阻害されるため、凝固遅れが進行し易い。また、浸漬ノズルの吐出孔を通じて casting 内に注入された

速い溶鋼流が凝固殻に衝突すると、溶鋼から凝固殻への入熱が増加し、凝固遅れが進行し易い。特に鑄型コーナー部においては、エアギャップに起因する抜熱不足と浸漬ノズルから吐出された速い溶鋼流が凝固殻に衝突することによる入熱増大が重なって、著しい凝固遅れが生じ易く、鑄型直下で凝固殻が破断して内部の溶鋼が流出するブレイクアウトが発生し易くなる。

[0006] 鑄型内に注入された溶鋼流の凝固殻への衝突速度を抑制する最も簡単な方法は鑄造速度を低くする事である。しかし、鑄造速度を低くすると生産性が低下する問題がある。これに対し、生産性を確保しつつ上記の衝突速度を低減する方法としては、浸漬ノズルの内径を太くしたり、電磁ブレーキを使用する方法がある。しかし、これらの方法では、鑄型内全体の平均流速が低下して、凝固界面における洗浄効果が低下し、気泡に起因する製品欠陥が増大する問題がある。そこで、鑄型内全体の平均流速を低速化させる事無く、コーナー部への衝突速度を抑制する手段として、特許文献2は、所定の浸漬ノズルを使用して鑄型厚み方向の偏流を抑制する方法を開示する。

[0007] また、特許文献3は、鋼の連続鑄造において鑄型内容鋼を攪拌して、気泡捕捉や介在物による表面疵を防止する溶鋼の攪拌方法を開示する。この特許文献2には、鑄型と浸漬ノズルを用いて行われる一般的な連続鑄造方法が記載されている。

[0008] 非特許文献1:市川健治、外2名、「浸漬ノズル管内の流れについて[タンディッシュSNに関する水モデル実験結果;第3報]」、耐火物、耐火物技術協会、1990年1月、第42巻、第1号、p.43-46

非特許文献2:A.R.バンデラス(A.R.Banderas)、「浸漬ノズル内の2相流に関する動力学と、当該流動が鑄型内2相流に及ぼす影響(Dynamics of two-phase downwards flow in submerged entry nozzle and its influence on the two-phase flow in the mold)」、Int.J.混相流(International Journal of Multiphase Flow)、オランダ、ELSEVIER、2005年、第31巻、p.643-665

特許文献1:国際公開2005/070589号パンフレット

特許文献2:特開2005-125389号公報(図4、図5参照)

特許文献3:特開平07-164119号公報

発明の開示

[0009] しかしながら、この特許文献1及び2に記載されているように突起物の幅が一定の場合、鋳型幅方向の偏流が顕著に現れる。その結果、幅方向の偏流によって鋳型コーナー部の凝固遅れは十分には抑制されない。上記特許文献1～3には、鋳型幅方向の偏流については一切、言及がない。

[0010] 本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、鋳型厚み方向と幅方向の偏流が抑制される浸漬ノズルを提供することにある。また、本発明の他の目的は、凝固遅れが進行し易い中高炭素鋼を、ブレークアウトを発生させることなく高い生産性で連続鋳造できる、連続鋳造方法を提供することにある。

[0011] 本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段とその効果を説明する。

[0012] 本発明の第1の観点によれば、以下のように構成される浸漬ノズルが提供される。即ち、タンディッシュ内に保持される溶鋼を鋳型内へ注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズルである。該浸漬ノズルの内側底面から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズルの周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔が穿孔されると共に、前記内側底面には該浸漬ノズルの底面視において前記溶鋼吐出孔の穿孔方向と平行に延在する突部が同列上に一对で設けられ、更に下記式(1)及び(2)を満足する。

$$h/H=0.5\sim 2.0\cdots(1)$$

$$c/D_{sn}=0.1\sim 0.6\cdots(2)$$

ただし、

h: 突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ

H: 溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離

c: 一对の突部間の距離

D_{sn} : 浸漬ノズルの内径

[0013] この構成によれば、鋳型厚み方向と幅方向の偏流を抑制し、鋳造開始時のスプラッシュを低減した連続鋳造用浸漬ノズルを提供できる。

[0014] 上記の浸漬ノズルは、更に、以下のように構成されるとよい。即ち、下記式(3)を満足する。

$$s/S=0.07\sim0.5\cdots(3)$$

ただし、

s: 浸漬ノズルの底面視における一对の突部の上面の総投影面積

S: 浸漬ノズルの底面視において観念し得る該浸漬ノズルの流路断面積

[0015] この構成によれば、スプラッシュ抑制効果が有効に奏される。

[0016] 本発明の第2の観点によれば、

炭素含有量C[wt%]を0.07～0.51とする中高炭素鋼を、鋳型と、タンディッシュ内に保持される溶鋼を前記鋳型に注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズルとを用いて連続鋳造する連続鋳造方法であって、

前記鋳型は、鋳型幅W[mm]を800～2100とし鋳型厚みD[mm]を200～320とし、

前記浸漬ノズルは、該浸漬ノズルの内側底面から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズルの周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔が穿孔され、前記溶鋼吐出孔の流路断面積A[mm²]を直径[mm]を70～120とする円の面積[mm²]とし、前記溶鋼吐出孔の下向き吐出角 θ 1[deg.]を15～55とし、前記溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と前記内側底面との距離H[mm]を10～50とする連続鋳造方法において、

前記内側底面には、該浸漬ノズルの底面視において前記溶鋼吐出孔の穿孔方向と平行に延在する突部が同列上に一对で設けられ、

下記式(1)及び(2)を満足するものとし、

鋳造速度Vc[m/min]を1.4～2.2とし、

溶鋼過熱度 ΔT [°C]を20～45とする。

[0017] $h/H=0.5\sim2.0\cdots(1)$

$$c/D_{sn}=0.1\sim0.6\cdots(2)$$

ただし、

h: 突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ

H: 溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離

c: 一对の突部間の距離

D_{sn}: 浸漬ノズルの内径

[0018] 以上の方法によれば、凝固遅れが進行し易い中高炭素鋼を、ブレークアウトを発生さ

せることなく高い生産性で連続鋳造できる。

[0019] 上記の中高炭素鋼の連続鋳造は、以下のように行われることが好ましい。

前記浸漬ノズルは、下記式(3)を満足するものとし、

鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]を500～1000とする。

[0020] (数1)

$$s/S=0.07\sim0.5\cdots(3)$$

ただし、

s:浸漬ノズルの底面視における一对の突部の上面の総投影面積

S:浸漬ノズルの底面視において観念し得る該浸漬ノズルの流路断面積

[0021] 以上の方法によれば、優れた品質の中高炭素鋼を連続鋳造できる。更に、鋳造スタート時におけるスプラッシュ抑制効果が奏される。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の一実施形態に係る浸漬ノズルの縦断面図

[図2]図1の2-2線矢視断面図

[図3]図1の3-3線矢視断面図

[図4]浸漬ノズルが連結された溶鋼流量調節ユニットの縦断面図

[図5]溶鋼の流れを曲線と矢でイメージした図

[図6]第1確認試験の試験方法を説明するための正面模式図

[図7]第1確認試験の試験結果を示す図

[図8]第2確認試験の試験結果を示す図

[図9]鋳片の鋳造方向に対する垂直断面図

[図10]実機鋳造における鋳型幅方向の偏流の定量化方法を説明するための説明図

[図11]実機操業における凝固遅れ度と差 Δh との関係を示す図

[図12]水モデルにおける鋳型幅方向の偏流の定量化方法を説明するための説明図

[図13]偏流度の時間推移を表すグラフ

[図14]第3確認試験の試験結果を示す図

[図15]第4確認試験の試験結果を示す図

[図16]第5確認試験の試験結果を示す図

[図17]浸漬ノズルの側面図

[図18]第6確認試験の試験結果を示す図

[図19]他の試験の試験結果を示す図

[図20]図3に類似する図であって、変形例を示す図

[図21]連続鑄造機の概略図

[図22]図3に類似する、別の変形例を示す図

[図23]凝固遅れ度Cg[%]の説明図

[図24]凝固遅れ度Cg[%]とブレイクアウトとの関係についての実績に基づくグラフ

符号の説明

- [0023] 1 浸漬ノズル
2 内側底面
3 溶鋼吐出孔
3A 穿孔方向
4 突部
Dsn 内径

発明を実施するための最良の形態

[0024] 以下、図面を参照しつつ、本発明の分割型堰付浸漬ノズルの実施の形態を説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る浸漬ノズルの縦断面図である。図2は、図1の2-2線矢視断面図である。図3は、図1の3-3線矢視断面図である。

[0025] 図1に示される浸漬ノズル1は、鋼の連続鑄造において、タンディッシュ内に保持される溶鋼を鑄型内へ滑らかに注湯するのに供される。浸漬ノズル1は、底を有する中空の円筒状耐火物で、垂直状態で使用される。

[0026] この浸漬ノズル1の内側底面2から所定距離上方へ離れた位置において、該浸漬ノズル1の周壁に、一対の対向する溶鋼吐出孔3が穿孔される(図2も併せて参照)。更に、内側底面2には浸漬ノズル1の底面視(図3参照)において、溶鋼吐出孔3の穿孔方向3Aと平行に延在する突部4が同列上に一対で設けられる。具体的には下記の通りである。

[0027] 浸漬ノズル1の周壁の耐火物厚み(図3において符号gで示す。)と、同じく底壁の耐

火物厚みは略同一とされる。溶鋼吐出孔3は、タンディッシュから浸漬ノズル1へ流入する溶鋼を鋳型内へ適宜に吐出するための孔である。溶鋼吐出孔3の一端は浸漬ノズル1の内周面に接続され、他端は浸漬ノズル1の外周面に接続されている。図2に示す垂直断面視において、溶鋼吐出孔3はその穿孔方向が若干斜め下向きとなるように形成される。詳しくは、図2に示す垂直断面視において、この溶鋼吐出孔3の内底面3gと水平との為す角度 $\theta 1[\text{deg}]$ は15～55に設定される。溶鋼吐出孔3の内周側開口縁3aは、図1に示す垂直断面視において角部に若干の丸みを帯びた矩形に形成されている。溶鋼吐出孔3の外周側開口縁3bも同様である。なお、この溶鋼吐出孔3の外周側開口縁3bは、内周側開口縁3aよりも幅広に形成され、もって、図3に示す底面視において溶鋼吐出孔3は、内周側開口縁3aから外周側開口縁3bへ向かうにつれて徐々に拡大するように形成される。内周側開口縁3aの幅は本図において符号fで示され、外周側開口縁3bの幅は同じく符号eで示す。

- [0028] 前記一対の突部4・4の形状を以下に詳細に説明する。即ち、突部4・4は、前述したように本図に示す底面視において、溶鋼吐出孔3の穿孔方向3Aと平行に且つ同列上に一対で延在している。夫々の外周側端部は、図2にも示すように浸漬ノズル1の内周面に至る。この突部4の延在方向に対する垂直断面(図1に示す垂直断面視)における該突部4の上面の高さ(内側底面2からの高さ)を符号hで観念し、溶鋼吐出孔3の内周側開口縁3aの下端と前記内側底面2との間の距離を符号Hで観念すると、下記式(1)が満足される。なお、突部4の上面は必ずしも平坦である必要はなく、角部に若干の丸みを形成するなどの設計変更は許容される。更に、一対の突部4・4間の距離を符号cで観念すると、下記式(2)が満足される。なお、下記式(2)において変数Dsnは浸漬ノズル1の内径を意味する。

$$h/H=0.5\sim 2.0\cdots(1)$$

$$c/D_{sn}=0.1\sim 0.6\cdots(2)$$

- [0029] 上記突部4の形状を更に詳細に説明する。即ち、浸漬ノズル1の底面視(図3)における突部4・4の上面の総投影面積s(本図において二点鎖線で略示する。)と、浸漬ノズル1の流路断面積Sと、は下記式(3)を満足する。なお、この流路断面積Sは、浸漬ノズル1の内径Dsnに基づいて一義的に求まる。

$$s/S=0.07\sim 0.5\cdots(3)$$

[0030] なお、本実施形態において突部4・4は、図3に示す底面視においてその延在方向に対して垂直な方向で観念する幅aが浸漬ノズル1の内径Dsnのおよそ0.1～0.6とされ、延在方向全域に亘って一定とされる(ただし、必ずしも一定である必要はない。)

[0031] 上記の浸漬ノズル1の上端は、この浸漬ノズル1から鋳型内へ吐出される溶鋼の吐出流量を調節するための溶鋼流量調節ユニットを介してタンディッシュの底部に接続される。この溶鋼流量調節ユニットに関して以下に概説する。図4を参照されたい。図4は、浸漬ノズル1が連結された溶鋼流量調節ユニットの縦断面図である。本図に示す如く溶鋼流量調節ユニット10は、略円筒状に形成されている。溶鋼流量調節ユニット10の延在方向中央には、紙面と垂直方向へ開閉可能なスライドプレート11を備え、その延在方向上部にはポラス状のリング12が設けられる。

このリング12は、浸漬ノズル1や溶鋼流量調節ユニット10の内部に形成される流路内を流動する溶鋼に対してArガスに代表される不活性ガスを吹き込むためのガス噴出孔としての役割を担うものであって、適宜の吹込みノズル13を備える。以上の構成で、図示しないArガス供給装置を吹込みノズル13に接続すると、Arガスが、浸漬ノズル1内を流動する溶鋼に適宜に供給されることとなる。

[0032] そして、以上のように構成される浸漬ノズル1は、その周壁に穿孔される溶鋼吐出孔3の穿孔方向3A(図3参照)が鋳型の幅方向と一致するようにタンディッシュ(実質的には溶鋼流量調節ユニット10)に着設される。

[0033] 以上の構成の浸漬ノズル1の採用により奏される効果を図5に基づいて説明する。図5は、溶鋼の流れを曲線と矢でイメージした図である。即ち、本発明の発明者は、以前に、本図左に示す浸漬ノズル(比較例)を考案した。この浸漬ノズルは、内側底面に、溶鋼吐出孔の穿孔方向に対して平行に延在する突部を備えている。この構成により、鋳造開始時におけるスプラッシュの抑制効果を維持しつつ、溶鋼吐出孔において鋳型厚み方向の偏流の原因とされる大きな単一の回転流の発生を抑制できる。しかし、本図左上に示す浸漬ノズルの底面視において現れるように、上記突部の延在方向に沿って小径の渦の発生が確認されると共に、この渦の分岐点は上記突部

の延在方向に沿って容易に移動できることが認められる。一方、本実施形態に係る浸漬ノズル1は、その内側底面2に同様の突部4を一对で相互に離間させて備える(図3も併せて参照)。この突部4・4の特殊な配置により、上記の渦の分岐点が突部4・4の間(切れ目)において強力に拘束され、もって、一对の溶鋼吐出孔3・3夫々から吐出される溶鋼の流量を略同一とできると考えられる。

[0034] 以下、本実施形態に係る浸漬ノズル1の技術的效果を確認するための試験に関して説明する。上述した各数値範囲などは、下記の確認試験により合理的に裏付けられている。

[0035] <第1確認試験>

本試験は、鋳型厚み方向の偏流抑制効果の有無を検証するための試験(水モデル試験)である。以下に、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0036] (試験方法)

図6を参照されたい。図6は、第1確認試験の試験方法を説明するための正面模式図である。本図に示すように、溶鋼吐出孔3の外周側開口縁3bの内側を通して吐出される水流の流速を電磁流速計(型番:ケネック(KENEK Corporation)製VM802H)で測定する。具体的には、電磁流速計の測定子は、外周側開口縁3bの左下端近傍と右下端近傍の二箇所に設置する。そして、外周側開口縁3bの左下端近傍に設置する電磁流速計により測定される水流の流速をV1とし、同じく外周側開口縁3bの右下端近傍に設置する電磁流速計により測定される水流の流速をV2として、下記式(4)に基づいて厚み方向偏流抑制率[%]を求める。この厚み方向偏流抑制率[%]を、鋳型厚み方向の偏流抑制効果の有無を検証するのに供される評価対象とする。なお、この厚み方向偏流抑制率[%]が80以上となったものを「良好(厚み方向偏流なし)」と評価することにする。

(厚み方向偏流抑制率[%])

$$=100 \times (1 - \text{速度差} / \text{速度和}) = 200 \times V2 / (V1 + V2) \quad (\text{ただし、} V1 > V2) \cdots (4)$$

[0037] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:1.65

溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量550

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量0

スライドプレートの開閉方向:鋳型厚み方向

$h[\text{mm}]$ (図1参照):下記表1参照

$H[\text{mm}]$ (図1参照):下記表1参照

h/H :下記表1参照

$c[\text{mm}]$ (図3参照):下記表1参照

$D_{\text{sn}}[\text{mm}]$ (図3参照):下記表1参照

c/D_{sn} :下記表1参照

$s[\text{mm}^2]$ (図3参照):下記表1参照

$S(=\pi D_{\text{sn}}^2/4)[\text{mm}^2]$:下記表1参照

s/S :下記表1参照

$\theta_1[\text{deg.}]$ (図2参照):35

$e[\text{mm}]$ (図3参照):100

$f[\text{mm}]$ (図3参照):70

$g[\text{mm}]$ (図3参照):30

[0038] (試験結果)

本試験結果を下記表1及び図7に示す。なお、下記表1中、比較例2において上記突部は設けられていない。

[0039] [表1]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S	V1 m/s	V2 m/s	偏流抑制率 %
実施例1	0	85	0.00	20	20	1.00	1700	5675	0.30	0.66	0.63	98.25
実施例2	10	85	0.12	20	20	1.00	1500	5675	0.26	0.65	0.54	90.55
実施例3	20	85	0.24	20	20	1.00	1300	5675	0.23	0.65	0.61	97.01
実施例4	30	85	0.35	20	20	1.00	1100	5675	0.19	0.63	0.58	95.49
実施例5	40	85	0.47	20	20	1.00	900	5675	0.16	0.68	0.55	89.65
実施例6	50	85	0.59	20	20	1.00	700	5675	0.12	0.73	0.52	82.79
比較例1	60	85	0.71	20	20	1.00	500	5675	0.09	0.91	0.17	31.76
比較例2	—	85	—	0	20	0.00	0	5675	0.00	1.21	0.14	20.76

[0040] 上記表1及び図7によれば、鋳型厚み方向の偏流抑制効果が有効に奏されるには、上記突部の存在を要し、更に、前述の変数c/Dsnが0.6以下であることを要すること

が判る。

[0041] <第2確認試験>

本試験は、鋳型厚み方向の偏流抑制効果の有無を検証するための試験(水モデル試験)である。以下に、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0042] (試験方法)

上記第1確認試験と同様である。

[0043] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:1.65

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量550

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量0

スライドプレートの開閉方向:鋳型厚み方向

h[mm](図1参照):下記表2参照

H[mm](図1参照):下記表2参照

h/H:下記表2参照

c[mm](図3参照):下記表2参照

Dsn [mm](図3参照):下記表2参照

c/Dsn:下記表2参照

s[mm²](図3参照):下記表2参照

S(= $\pi D_{sn}^2/4$)[mm²]:下記表2参照

s/S:下記表2参照

θ_1 [deg.](図2参照):35

e[mm](図3参照):100

f[mm](図3参照):70

g[mm](図3参照):30

[0044] (試験結果)

本試験結果を下記表2及び図8に示す。なお、下記表2中、比較例3において上記突部は設けられていない。

[0045] [表2]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S	V1 m/s	V2 m/s	偏流抑制率 %
比較例3	—	85	—	0	20	0.00	0	5675	0.00	1.21	0.14	20.76
実施例7	20	85	0.24	10	20	0.50	1300	5675	0.23	0.70	0.58	90.65
実施例8	20	85	0.24	20	20	1.00	1300	5675	0.23	0.61	0.51	90.57
実施例9	20	85	0.24	25	20	1.25	1300	5675	0.23	0.67	0.51	86.02
実施例10	20	85	0.24	30	20	1.50	1300	5675	0.23	0.60	0.51	92.59
実施例11	20	85	0.24	35	20	1.75	1300	5675	0.23	0.67	0.58	93.45
実施例12	20	85	0.24	40	20	2.00	1300	5675	0.23	0.68	0.51	85.41
比較例4	20	85	0.24	45	20	2.25	1300	5675	0.23	0.70	0.38	70.57

[0046] 上記表2及び図8によれば、鑄型厚み方向の偏流抑制効果が有効に奏されるには、上記突部の存在を要し、更に、前述の変数h/Hが上記式(1)を満足することを要す

ることが判る。

[0047] <凝固遅れとブレイクアウトとの因果関係>

上記実施形態に係る浸漬ノズル1を用いることにより期される効果は、前述したように主として鋳型厚み方向と鋳型幅方向における偏流の抑制である。この偏流を抑制することにより、所謂凝固遅れを改善し、もって、究極的には所謂ブレイクアウト(凝固シェル内の溶鋼が凝固シェル外部へ流出してしまう現象)を回避することを目的とする。そこで、ここでは、凝固遅れを定量的に評価するための凝固遅れ度を定義すると共に、この凝固遅れ度とブレイクアウトとの因果関係について説明する。

[0048] 即ち、「凝固遅れ」とは凝固シェルの部分的な成長遅れをいい、その定量化には凝固遅れ度が用いられる。「凝固遅れ度」は、図9に示すホワイトバンドに基づく。「ホワイトバンド」とは、凝固中のシェル前方の溶質が溶鋼流動により洗浄されて現れる線状組織であり、凝固シェルの成長の様子を表す。コーナー部のシェルBと健全部のシェルAの厚さに差が生じると、凝固遅れ部と健全部の凝固に伴う収縮量が異なり、凝固遅れ部には鋳片幅方向の引張応力が集中し、縦割の原因となる。縦割の程度が大きくなると凝固シェル内の溶鋼が凝固シェル外部へ流出し、ブレイクアウトが発生する。過去のデータ(下記表3参照)で、凝固遅れ度が40%を越えるとブレイクアウトが発生した実績があるために凝固遅れ度40%を許容上限とした。

[0049] [表3]

凝固遅れ度[%]	ブレイクアウト
1.3	発生せず
3.5	発生せず
8.4	発生せず
15.4	発生せず
18.1	発生せず
22.5	発生せず
24.7	発生せず
32.6	発生せず
36.2	発生せず
42.8	発生せず
43.7	発生せず
46.3	発生
53.4	発生
58.7	発生せず
68.4	発生

[0050] <鋳型幅方向の偏流の定量化方法>

次に、実機鑄造における鑄型幅方向の偏流の定量化方法について説明する。図10を参照されたい。図10は、実機鑄造における鑄型幅方向の偏流の定量化方法を説明するための説明図である。即ち、本図に示すように、(1)鑄型狭面中央に縦一列に埋め込まれる熱電対を用いて鑄造方向における鑄型の温度分布を測定し、(2)その温度分布の変曲点を湯面レベルとみなし、(3)鑄型狭面の一方における湯面レベル(「右側湯面」に相当。)と、他方における湯面レベル(「左側湯面」に相当。)との差 Δh を求め、(4)この差 Δh に依って鑄型幅方向の偏流を定量化した。

[0051] <凝固遅れ度と鑄片幅方向の偏流との因果関係>

次に、実機操業における、凝固遅れ度と鑄片幅方向の偏流との因果関係を図11を参照しつつ説明する。図11は、実機操業における凝固遅れ度と差 Δh との関係を示す図である。ただし、図11において溶鋼加熱度 ΔT は、20～30とされる。本図によれば、上記の差 Δh (本図において「湯面レベル差」に相当する。)が10[mm]を超えると、凝固遅れ度が40%以上である凝固遅れが発生することが判る。従って、上述したブレークアウトを回避する観点からは、上記差 Δh [mm]を10以下に抑えるとよい。

[0052] <水モデルを用いた検証実験の便宜を図るための換算>

上述した鑄型幅方向の偏流の定量化方法は、溶鋼が極めて高温であることを利用するものであるから、実機に代えて行おうとする水モデルを用いた検証実験に対しては該定量化方法を直接的には適用できない。従って、この定量化方法に対して若干の工夫を為して考案した、水モデルを用いた検証実験における鑄型幅方向の偏流の定量化方法を説明する。

ここで、図12を参照されたい。図12は、水モデルにおける鑄型幅方向の偏流の定量化方法を説明するための説明図である。即ち、上記の差 Δh [m]は、下記式(5)で表現できる。

$$\Delta h = \rho_m \times U_1^2 / (2 \times g \times (\rho_m - \rho_p)) - \rho_m \times U_2^2 / (2 \times g \times (\rho_m - \rho_p)) \cdots (5)$$

ただし、

ρ_m [kg/m³]: 溶鋼の密度

ρ_p [kg/m³]: モールドパウダの密度

U_1 [m/s]: 鑄型狭面のうち一方の狭面の近傍における溶鋼の上昇流の流速

U_2 [m/s]: 鑄型狭面のうち他方の狭面の近傍における溶鋼の上昇流の流速($U_1 > U_2$)
 g [m/s²]: 重力加速度

[0053] 例えば上記式(5)に対して、 Δh [m]=0.01、 g [m/s²]=9.8、 ρ_m [kg/m³]=7000、 ρ_p [kg/m³]=3000を代入すると下記式(6)が導かれる。

$$U_1^2 - U_2^2 = 0.1 \cdots (6)$$

[0054] < 偏流度・無偏流・無偏流率の定義 >

ところで、一般に、鑄型狭面における溶鋼の上昇流の流速は、該鑄型狭面近傍における溶鋼の表面流速と略等しいとされる(今村ら: 連続鑄造内溶鋼流動の水力学的検討、鉄と鋼、Vol.78、No.3(1992)、p.439-446)から、図4に示すように鑄型狭面から30cm離れ、水面から深さ2cmの地点における水の表面流速を電磁流速計(型番: ケネック製VM-802H)を用いて測定し、以降の説明においては、この測定した表面流速を上記変数 U_1 及び U_2 とみなすこととする。要するに、水の表面流速を測定することで、鑄型幅方向の偏流を評価する。

[0055] そして、「偏流度」を下記式(7)のように定義する。

$$(\text{偏流度}) = (U_1^2 - U_2^2) / (U_1^2 - U_2^2)_{cr} \cdots (7)$$

ただし、「 $(U_1^2 - U_2^2)_{cr}$ 」は、上記式(6)の如く上記差 Δh [m]が0.01となるとき($U_1^2 - U_2^2$)の値(つまり、0.1)を意味する。

[0056] 上記式(7)によって定義される偏流度の絶対値が1未満であるときを「無偏流」の状態と定義し、流速測定時間中において「無偏流」の状態の時間が占める割合を「無偏流率」と定義し、この「無偏流率」が60%以上を「幅方向偏流抑制に効果あり」と評価した。ここで、上記偏流度の測定結果の一例を図13に紹介する。図13は、偏流度の時間推移を表すグラフである。本図において「無偏流部」は、上記偏流度の絶対値が1未満である時間領域を示す。なお、図13に係る測定の測定条件は以下の通りである。

[0057] (試験条件)

鑄型寸法[mm]: 幅1260×厚み240

鑄造速度[m/min]: 2.0

溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量600

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量10

スライドプレートの開閉方向:鑄型幅方向

$h[\text{mm}]$ (図1参照):20

$H[\text{mm}]$ (図1参照):20

h/H :1.00

$c[\text{mm}]$ (図3参照):10

$D_{\text{sn}}[\text{mm}]$ (図3参照):85

c/D_{sn} :0.12

$s[\text{mm}^2]$ (図3参照):1500

$S(=\pi D_{\text{sn}}^2/4)[\text{mm}^2]$:5675

s/S :0.26

$\theta_1[\text{deg.}]$ (図2参照):35

$e[\text{mm}]$ (図3参照):100

$f[\text{mm}]$ (図3参照):70

$g[\text{mm}]$ (図3参照):30

[0058] 次に、第3～第5確認試験について説明する。これらの試験は、鑄型幅方向の偏流抑制効果の有無を検証するための試験(水モデル試験)である。なお、(1)第3及び第4確認試験に係る浸漬ノズル1の突部4・4としては図3において幅 a が外周側端部へ向かうにつれて増大する(所謂鼓型堰:詳しくは、外周側端部における幅が40[mm]であり、延在方向に対して約18度の傾斜で幅が増大する)ものを採用し(第3確認試験に対応する表4及び第4確認試験に対応する表5に夫々模式図(図3に類似する図。))を示す。)、(2)一方、第5確認試験に係る浸漬ノズル1の突部4・4としては図3に示す幅 a が一定のものを採用した。

[0059] <第3確認試験>

以下、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0060] (試験方法)

無偏流率の測定方法は上記の通りである。なお、測定時間は2時間とする。

[0061] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:1.8

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量550

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量10

スライドプレートの開閉方向:鋳型幅方向と平行

h [mm](図1参照):下記表4参照

H [mm](図1参照):下記表4参照

h/H :下記表4参照

c [mm](図3参照):下記表4参照

D_{sn} [mm](図3参照):下記表4参照

c/D_{sn} :下記表4参照

s [mm²](図3参照):下記表4参照

$S(=\pi D_{sn}^2/4)$ [mm²]:下記表4参照

s/S :下記表4参照

θ_1 [deg.](図2参照):35

e [mm](図3参照):100

f [mm](図3参照):70

g [mm](図3参照):30

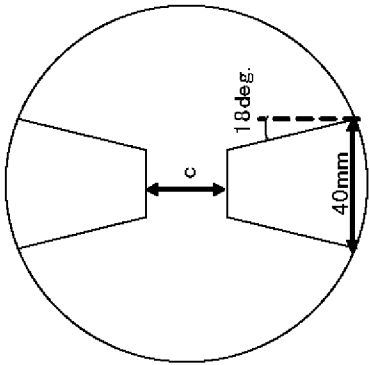
[0062] (試験結果)

本試験結果を下記表4及び図14に示す。なお、実機では浸漬ノズル内への介在物付着を抑制するためにArガスが溶鋼中に吹き込まれ、その流量は5～20NL/minとされる。また、吹き込まれたArガスは溶鋼中で6.5倍に熱膨張[273K→1773K]する。更に、スライドプレート上方よりArガスを吹き込む場合、鋳型内に導入されるArガスの

流量は、吹き込み量の約20%との報告(山中ら:日本学術振興会製鋼第19委員会凝固プロセス研究会資料、19委-12228、凝固プロセスIV40,2006)があるため、空気流量を10[L/min]とすることは、実機におけるArガス吹き込み流量7.7[NL/min]に相当する。

[0063] [表4]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S		厚み方向の 偏流抑制率 %	幅方向の 無偏流率 %
比較例5	0	85	0.00	20	20	1.00	2335	5675	0.41	—	0.00	32.50
実施例13	10	85	0.12	20	20	1.00	2180	5675	0.38	—	91.85	93.50
実施例14	20	85	0.24	20	20	1.00	1977	5675	0.35	—	99.35	82.30
実施例15	30	85	0.35	20	20	1.00	1735	5675	0.31	—	99.37	92.50
実施例16	40	85	0.47	20	20	1.00	1480	5675	0.26	—	89.17	93.50
実施例17	50	85	0.59	20	20	1.00	1172	5675	0.21	—	88.65	91.90
比較例6	60	85	0.71	20	20	1.00	835	5675	0.15	—	36.57	89.70
比較例7	85	85	1.00	0	20	0.00	0	5675	0.00	—	20.76	99.00



以下、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0065] (試験方法)

無偏流率の測定方法は上記の通りである。なお、測定時間は2時間とする。

[0066] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:2.0

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量600

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量10

スライドプレートの開閉方向:鋳型幅方向と平行

h[mm](図1参照):下記表5参照

H[mm](図1参照):下記表5参照

h/H:下記表5参照

c[mm](図3参照):下記表5参照

Dsn [mm](図3参照):下記表5参照

c/Dsn:下記表5参照

s[mm²](図3参照):下記表5参照

S($=\pi D_{sn}^2/4$)[mm²]:下記表5参照

s/S:下記表5参照

θ_1 [deg.](図2参照):35

e[mm](図3参照):100

f[mm](図3参照):70

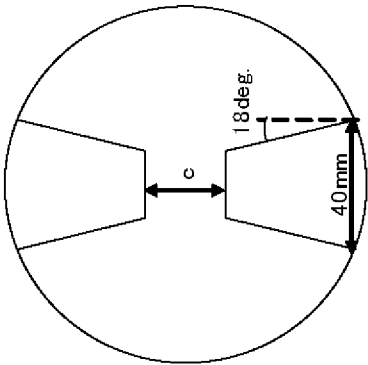
g[mm](図3参照):30

[0067] (試験結果)

本試験結果を下記表5及び図15に示す。

[0068] [表5]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S		厚み方向の 偏流抑制率 %	幅方向の 無偏流率 %
比較例8	0	85	0.00	20	20	1.00	2335	5675	0.41	—	97.01	44.10
実施例18	10	85	0.12	20	20	1.00	2180	5675	0.38	—	91.85	93.10
実施例19	20	85	0.24	20	20	1.00	1977	5675	0.35	—	99.35	93.30
実施例20	30	85	0.35	20	20	1.00	1735	5675	0.31	—	99.37	88.30
実施例21	40	85	0.47	20	20	1.00	1480	5675	0.26	—	89.17	85.00
実施例22	50	85	0.59	20	20	1.00	1172	5675	0.21	—	88.65	89.70
比較例9	60	85	0.71	20	20	1.00	835	5675	0.15	—	36.57	85.00
比較例10	85	85	1.00	0	20	0.00	0	5675	0.00	—	20.76	99.00



以下、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0070] (試験方法)

無偏流率の測定方法は上記の通りである。なお、測定時間は2時間とする。

[0071] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:2.0

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量600

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量10

スライドプレートの開閉方向:鋳型幅方向と平行

h [mm](図1参照):下記表6参照

H [mm](図1参照):下記表6参照

h/H :下記表6参照

c [mm](図3参照):下記表6参照

D_{sn} [mm](図3参照):下記表6参照

c/D_{sn} :下記表6参照

s [mm²](図3参照):下記表6参照

$S(=\pi D_{sn}^2/4)$ [mm²]:下記表6参照

s/S :下記表6参照

θ_1 [deg.](図2参照):35

e [mm](図3参照):100

f [mm](図3参照):70

g [mm](図3参照):30

a [mm](図3参照):下記表6参照

[0072] (試験結果)

本試験結果を下記表6及び図16に示す。

[0073] [表6]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S	a mm	厚み方向の 偏流抑制率 %	幅方向の 無偏流率 %
比較例11	0	85	0.00	20	20	1.00	1700	5675	0.30	20	98.25	51.30
実施例23	10	85	0.12	20	20	1.00	1500	5675	0.26	20	90.55	94.20
実施例24	20	85	0.24	20	20	1.00	1300	5675	0.23	20	97.01	97.10
実施例25	30	85	0.35	20	20	1.00	1100	5675	0.19	20	95.49	95.10
実施例26	40	85	0.47	20	20	1.00	900	5675	0.16	20	89.65	95.10
実施例27	50	85	0.59	20	20	1.00	700	5675	0.12	20	82.79	89.20
比較例12	60	85	0.71	20	20	1.00	500	5675	0.09	20	31.76	98.60
比較例13	85	85	1.00	0	20	0.00	0	5675	0.00	20	20.76	99.00

[0074] 上記表4～6及び図14～16によれば、c/Dsnを0.1～0.6とすると、鋳型幅方向の偏

流の抑制効果と、鋳型厚み方向の偏流の抑制効果と、が有効に奏されることが判る。

[0075] 以上説明したように上記実施形態において浸漬ノズル1は以下のように構成される。即ち、タンディッシュ内に保持される溶鋼を鋳型内へ注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズル1である。該浸漬ノズル1の内側底面2から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズル1の周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔3が穿孔されると共に、前記内側底面2には該浸漬ノズル1の底面視において前記溶鋼吐出孔3の穿孔方向3Aと平行に延在する突部4・4が同列上に一对で設けられ、更に下記式(1)及び(2)を満足する。

$$h/H=0.5\sim 2.0\cdots(1)$$

$$c/D_{sn}=0.1\sim 0.6\cdots(2)$$

ただし、

h:突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ

H:溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離

c:一对の突部間の距離

D_{sn} :浸漬ノズルの内径

[0076] この構成によれば、鋳型厚み方向と幅方向の偏流を抑制すると共に、鋳造開始時のスプラッシュを低減できる。

[0077] <第6確認実験>

本試験は、スプラッシュ抑制効果の有無を検証するための試験(水モデル試験)である。以下に、試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0078] (試験方法)

ここで、上記の「スプラッシュ」とは、鋳造開始時において浸漬ノズル1に注湯された溶鋼がその内側底面2に勢いよく当たることで跳ね上がるように吐出される現象のことをいい、これに限らず、浸漬ノズル1の溶鋼吐出孔3から下方へ向かって溶鋼が勢いよく吐出されて鋳型内に予め挿入されているダミーバの上端面と鋳型の狭面とを介して跳ね上がってしまう現象をも含むものである。このスプラッシュは、鋳造オペレータが火傷を負う危険性があるなどの理由から好ましくないとされる。

[0079] 上記スプラッシュ抑制効果の有無は、「飛散高さ」及び「気泡潜り深さ」を測定し、こ

れらに基づいて評価する。なお、「飛散高さ」とは前者の現象に係るものであり、同じく「気泡潜り深さ」とは後者の現象に係るものである。なお、後者の現象は、溶鋼吐出孔3から下向きに吐出される水流の強さ(気泡潜り深さ)を評価することにより間接的に評価する。

[0080] 上記「飛散高さ」の測定は以下のように行う。図17は浸漬ノズルの側面図である。即ち、本図に示す如く浸漬ノズルの溶鋼吐出孔から上方に向かって吐出されて飛散する水滴の到達高さを、当該溶鋼吐出孔の外周側開口縁の上辺を基準として、目視により計測する。

[0081] 一方、上記「気泡潜り深さ」の測定は以下のように行う。即ち、本図に示す如く浸漬ノズルの下方に、当該浸漬ノズルの下端に対する鉛直方向距離が5cmとなるように水面高さが調整された水槽を設置し、浸漬ノズルの溶鋼吐出孔から下方へ向かって勢いよく吐出された水吐出流が巻き込む気泡の到達深さを、当該水面を基準として、目視により測定する。なお、この到達深さを記録する観測対象は、水吐出流により巻き込まれた気泡のうち、その径が5mm以上のものに限定する。

[0082] そして、水滴の飛散高さが15cm未満であり、気泡潜り深さが35cm未満を、「スプラッシュ抑制効果あり」と評価する。

[0083] (試験条件)

鋳型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鋳造速度[m/min]:-

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量800(実機における鋳造開始相当)

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量0

スライドプレートの開閉方向:厚み方向

h[mm](図1参照):下記表7参照

H[mm](図1参照):下記表7参照

h/H:下記表7参照

c[mm](図3参照):下記表7参照

D_{sn} [mm] (図3参照) : 下記表7参照

c/D_{sn} : 下記表7参照

s [mm²] (図3参照) : 下記表7参照

$S (= \pi D_{sn}^2 / 4)$ [mm²] : 下記表7参照

s/S : 下記表7参照

θ_1 [deg.] (図2参照) : 35

e [mm] (図3参照) : 100

f [mm] (図3参照) : 70

g [mm] (図3参照) : 30

[0084] (試験結果)

本試験結果を下記表7及び図18に示す。

[0085] [表7]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S	a mm	飛散高さ cm	気泡潜り深さ cm
比較例14	85	85	1.00	0	20	0.00	0	5675	0.00	0	33.00	60.00
実施例28	45	85	0.53	20	20	1.00	400	5675	0.07	10	9.00	22.00
実施例29	50	85	0.59	20	20	1.00	700	5675	0.12	20	10.00	26.00
実施例30	10	85	0.12	20	20	1.00	1500	5675	0.26	20	12.00	28.00
実施例31	10	85	0.12	20	20	1.00	2250	5675	0.40	30	7.00	25.00
実施例32	10	85	0.12	20	20	1.00	2781	5675	0.49	40	6.00	31.00
比較例15	13	85	0.15	20	20	1.00	3348	5675	0.59	50	4.00	58.00
比較例16	5	85	0.06	20	20	1.00	3746	5675	0.66	50	6.00	57.00

[0086] 上記表7及び図18によれば、スプラッシュ抑制効果が有効に奏されるには、前述の

変数 s/S が上記式(3)を満足することを要することが判る。

[0087] 以上説明したように上記実施形態において、浸漬ノズル1は、更に以下のように構成される。即ち、下記式(3)を満足する。

$$s/S=0.07\sim 0.5\cdots(3)$$

ただし、

s :前記浸漬ノズル1の底面視における前記一对の突部4・4の上面の総投影面積

S :前記浸漬ノズル1の底面視において観念し得る該浸漬ノズル1の流路断面積

[0088] この構成によれば、スプラッシュ抑制効果が有効に奏される。

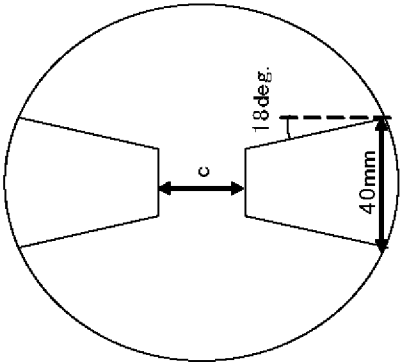
[0089] 以上に、本発明の好適な実施形態を説明したが、本発明は、以下のように変更して実施できる。

[0090] 即ち、上記実施形態において溶鋼吐出孔3は、図3に示すように内周側から外周側へ向かって拡大するように形成されたとしたが、これに限らず、この溶鋼吐出孔3の内周側開口と外周側開口の開口断面積は同一としてもよい。

[0091] また、突部4・4は、図20に示される形状としてもよい。図20は、図3に類似する図である。即ち、突部4・4は、浸漬ノズル1の底面視においてノズル中心側端部からノズル外周側端部へ向かうにつれて緩やかに幅が増す形状、所謂楕円状の形状としてもよい。この底面視において観念される楕円形状は、例えば長軸を70[mm]とし短軸を30[mm]とするものが考えられる。また、本図右側に示される縦断面視において突部4・4のノズル中心側端部の角部には、例えば半径10[mm]の丸みが付されていてもよい。この場合の突部4・4の上面の高さ h [mm]は、変数 H [mm]と等しくしてもよい。即ち、変数 H [mm]が20の場合は、この突部4・4の上面の高さ h [mm]を20としてもよい。以上に説明した底面視に特徴を有する突部4・4(図20に示されるもの。)の形態の技術的効果は下記表9に示す如く実験的に十分に立証されている。

[0092] [表8]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S		無偏流率 (垂直) %	無偏流率 (平行) %
比較例17	0	85	0.00	20	20	1.00	2335	5675	0.41	—	84.50	44.10
実施例33	10	85	0.12	20	20	1.00	2180	5675	0.38	—	98.50	93.10
実施例34	20	85	0.24	20	20	1.00	1977	5675	0.35	—	95.40	93.30
実施例35	30	85	0.35	20	20	1.00	1735	5675	0.31	—	98.10	88.30
実施例36	40	85	0.47	20	20	1.00	1480	5675	0.26	—	97.50	85.00
実施例37	50	85	0.58	20	20	1.00	1172	5675	0.21	—	96.30	89.70
比較例18	60	85	0.71	20	20	1.00	835	5675	0.15	—	98.50	85.00
比較例19	85	85	1.00	0	20	0.00	0	5675	0.00	—	98.00	99.00



[0093] (A)なお、図20に示される形状のように突部4・4の縦断面図(図20においてA-A線

矢視部分断面図に相当。)において角部にR(本図において該R=10[mm]に相当。)
が付された結果、(i)浸漬ノズル1の底面視2における一对の突部4・4の上面の総投影
面積s、を直接的には観念できない場合は、該Rが付される前の段階における「突部4
・4の上面」に基づいて(i)を観念するのが合理的である。

(B)上記縦断面図に現れた突部4・4の側面(本図右側に示されるA-A線矢視部分
断面図において内側底面2から左方向へ垂直に延びる輪郭線により表現される面。)
に平面部が存在しないことを理由として、該Rが付される前の段階においても「突部4
・4の上面」を観念できない場合は、該側面の輪郭線の変曲点における該側面の法
線を有する仮想側面に基づいて上記(A)の手法により上記「突部4・4の上面」を観念
するものとするのが合理的である。

(C)上記(B)において該側面の輪郭線に変曲点が全く認められない場合でも、該側
面の輪郭線と内側底面2との交点における該側面の法線を有し、該交点を面内に含
む仮想側面に基づいて上記(A)の手法により上記「突部4・4の上面」を観念するもの
とするのが合理的である。

[0094] <参考資料>

上記実施形態に係る浸漬ノズル1の奏する幅方向偏流の抑制効果に対するスライ
ドプレート11の開閉方向の影響を検証するために実施した試験(水モデル試験)に
ついて紹介する。スライドプレート11の開閉方向としては、鑄型幅方向に対して平行
な方向と、鑄型幅方向に対して垂直な方向(即ち、鑄型厚み方向に対して平行な方
向)と、が考えられる。

以下、本試験の試験方法及び試験条件、試験結果を示す。

[0095] (試験方法)

無偏流率の測定方法は、上述した通りである。

[0096] (試験条件)

鑄型寸法[mm]:幅1260×厚み240

鑄造速度[m/min]:2.0

溶鋼過熱度 ΔT [°C]:-

モデル種類:水モデル

溶鋼流量(又は水流量)[L/min]:水流量600

Arガス流量(又は空気流量)[L/min]:空気流量10

スライドプレートの開閉方向:下記表8参照

h [mm](図1参照):下記表8参照

H [mm](図1参照):下記表8参照

h/H :下記表8参照

c [mm](図3参照):下記表8参照

D_{sn} [mm](図3参照):下記表8参照

c/D_{sn} :下記表8参照

s [mm²](図3参照):下記表8参照

$S(=\pi D_{sn}^2/4)$ [mm²]:下記表8参照

s/S :下記表8参照

θ_1 [deg.](図2参照):35

e [mm](図3参照):100

f [mm](図3参照):70

g [mm](図3参照):30

突部4・4:前述の所謂鼓型堰(表4や表5を併せて参照)

[0097] (試験結果)

本試験結果を下記表8及び図19に示す。

[0098] [表9]

	c mm	Dsn mm	c/Dsn	h mm	H mm	h/H	s mm ²	S mm ²	s/S	—	水流量 L/min	鑄造速度 m/min	空気流量 L/min	無偏流率 %
実施例38	10	85	0.12	20	20	1.00	1758	5675	0.31	—	500	1.65	10	93.00
実施例39	10	85	0.12	20	20	1.00	1758	5675	0.31	—	600	2.00	10	95.00

[0099] 上記表8及び図19によれば、上記実施形態に係る浸漬ノズル1に係る幅方向偏流の抑制効果は、スライドプレート11の開閉方向の如何に関わらず、有効に奏されるこ

とが判る。

- [0100] 以下、図面を参照しつつ、本発明の分割型堰付浸漬ノズルを用いる中高炭素鋼の連続鑄造方法の実施の形態を説明する。図1は、連続鑄造機の概略図である。先ず、本図に基づいて、本実施形態に係る中高炭素鋼の連続鑄造に供される連続鑄造機100の構成と作動を一例として簡単に説明する。
- [0101] 連続鑄造機100は、注湯される溶鋼を冷却して所定形状の凝固シェルを形成するための鑄型110と、図示しないタンディッシュに保持される溶鋼を鑄型110へ所定流量で滑らかに注湯するための浸漬ノズル1と、鑄型110の直下から鑄造経路Qに沿って複数で並設されるロール対111, 111・・・と、を備える。本実施形態において鑄造経路Qは、その上流側から順に、略鉛直方向に延びる垂直経路部と、この垂直経路部に接続され、円弧状に延びる円弧経路部と、更にその下流側に設けられ、水平方向に延びる水平経路部と、円弧経路部及び水平経路部とを滑らかに接続するための矯正経路部と、から成る。
- [0102] また、ロール対111, 111・・・の夫々は、鑄造対象としての鑄片を、両広面でもって挟持する一对のロール111a, 111aから構成される。この一对のロール111a, 111aのロール面間の鑄造経路Qに垂直に測定して最短となる距離としてのロールギャップ[mm]は適宜の手段により調節可能に構成される。
- [0103] また、鑄造経路Qの上流には、鑄型110内で形成され、該鑄型110から引き抜かれる凝固シェルに対して所定の流量で冷却水を噴霧する冷却スプレー112, 112・・・が適宜に設けられる。一般に、鑄型110が1次冷却帯と称されるのに対して、この意味で、冷却スプレー112, 112・・・が配される経路部は2次冷却帯と称される。
- [0104] 鑄型110から引き抜かれ、鑄造経路Qに沿って搬送される凝固シェルは、自然放熱や、上記冷却スプレー112, 112・・・などにより更に冷却されて収縮する。従って、上記のロール対111, 111・・・のロールギャップ[mm]は、一般に、鑄造経路Qの下流側へ進むに連れて緩やかに狭くなるように設定される。
- [0105] 以上の構成で、中高炭素鋼の連続鑄造を開始するときは、鑄型110へ溶鋼を注湯する前に予め図示しないダミーバーを鑄造経路Q内に挿入しておき、浸漬ノズル1を介して鑄型110へ溶鋼を所定流量で注湯し始めると共に、上記ダミーバーを下流側へ

所定速度で引き抜く。そして、このダミーバーは、所定のメニスカス距離に到達したときに、適宜の手段により回収する。これで、中高炭素鋼が連続的に铸造されるようになる。

[0106] 次に、上記の連続铸造機100の一般的な操業条件を簡単に紹介する。

- ・铸型幅W[mm]は、800～2100とする。
- ・铸型厚みD[mm]は、200～320とする。
- ・铸型高さH[mm]は、800～1000とする。
- ・铸造速度Vc[m/min]は、1.0～2.5とする。
- ・溶鋼過熱度 ΔT [°C]は、10～45とする。
- ・比水量Wt[L/kgSteel]は、1～3とする。
- ・铸型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]は、0～1000とする。
- ・溶鋼成分は、当事者間の協定に基づく。代表的な成分は、CやSi、Mnである。これに、CrやTi、Ni、Al、Cuなどが適宜に添加される。通常P及びSは極力少なくなるように調整される。被削性その他の要求からあえて150ppm程度のSを添加する場合もある。その他の不可避の不純物を含む。

[0107] ここで、各用語を簡単に説明する。

- ・铸型幅W[mm]及び铸型厚みD[mm]は、铸型110の上端で観念される。
- ・铸造速度Vc[m/min]は、铸片の引抜速度であって、複数のロール対111, 111・・・のうち最上流に配されるロール対3の周速度で観念される。
- ・溶鋼過熱度 ΔT [°C]は、铸型110内へ注湯される溶鋼の温度の指標である。詳細は、本明細書の末尾に記載する。
- ・メニスカス距離M[m]は、铸型110内の溶鋼の湯面(メニスカス)を起点とし、铸造経路Qに沿って観念する距離[m]を意味する。
- ・比水量Wt[L/kgSteel]は、鋼1kgに対して用いられる冷却水の容積を意味する。この冷却水は、0.8～37のメニスカス距離[m]で観念される上記の2次冷却帯で铸片に対して噴射/噴霧される。
- ・铸型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]は、铸型110内の溶鋼を攪拌するために作用される磁場の強度の指標である。詳細は、本明細書の末尾に記載する。

[0108] 次に、本実施形態に係る連続鋳造機100の具体的な操業条件を説明する。本実施形態に係る連続鋳造では、以下のような条件で操業する。

- [0109] ・対象鋼種:炭素含有量C[wt%]を0.07～0.51とする中高炭素鋼
- ・鋳型幅W[mm]:800～2100
 - ・鋳型厚みD[mm]:200～320
 - ・鋳造速度Vc[m/min]:1.4～2.2
 - ・溶鋼過熱度 ΔT [°C]:20～45
 - ・鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]:望ましくは、500～1000
 - ・浸漬ノズル1:以下の形状等の浸漬ノズルを採用することとする。

[0110] 本実施形態において採用される浸漬ノズル1の形状等は、既に説明したので、説明を省略する。ただし、距離H[mm]は、10～50とする。図2において平面的に現れる内周側開口縁3a・3aによって観念される、溶鋼吐出孔3・3の流路断面積A[mm²]を直径[mm]を70～120とする円の面積[mm²]とする。また、メニスカスは、浸漬ノズル1の溶鋼吐出孔3・3の外周側開口縁3b・3bの下端がメニスカスから概ね200～300[mm]下方に位置するように設定される。

[0111] <確認試験>

以下、本実施形態に係る中高炭素鋼の連続鋳造方法の技術的効果を確認するための試験に関して説明する。上述した各数値範囲などは、下記の確認試験により合理的に裏付けられている。

[0112] (指標)

先ず、各確認試験の評価に供される指標に関して説明する。

[0113] 凝固遅れ度Cg[%]

凝固遅れ度Cg[%]は、凝固遅れの程度の指標である。詳細は、本明細書の末尾に記載する。

[0114] スラブ品質

スラブ品質は、主として、スラブ鋳片の表面に発生し得る気泡性又はパウダー性、割れ性の表面疵に着目するものである。その評価基準は、以下の通りとする。即ち、先ず、図21に示される連続鋳造機100の水平経路部において、概ね5～12.5[m]ごとに

切断されて得られる所謂1次切断スラブの反基準面(反基準面とは、該水平経路部において上側の面を意味する。)を検査用に深さ1mm程度スカーフした後、目視で観察し、気泡性又はパウダー性、割れ性の表面疵の有無を確認する。ここで、「気泡性の表面疵」とは「鑄型内に吹き込んだArガス気泡等の痕跡として直径1mm以上の球形状の凹みが認められる疵」を意味し、「パウダー性の表面疵」とは「鑄片と鑄型の間の潤滑性確保の目的で鑄型内容鋼湯面上に散布している鑄型パウダーが鑄片に噛み込まれた形となっている外接円直径1mm以上の大きさの疵」を意味し、「割れ性の表面疵」とは「反基準面において、鑄造方向に沿って5[mm]以上延在する割れ」を意味する。上記観察において如何なる表面疵も視認されなかった場合は、何ら手入れをすることなくそのまま圧延しても差し支えないので、この場合の確認試験はスラブ品質に関して「○(良好)」と評価することとする。一方、上記観察において表面疵が視認されたが、上記反基準面をホットスカーフ又はグラインダーによって厚み約1.5[mm]を研削し再度、上記観察を為したところ、該観察において如何なる表面疵も視認されなかった場合は、鑄片表面を手入れすることにより製品採取できるという意味で、この場合の確認試験はスラブ品質に関して「△(概ね良好)」と評価することとする。しかし、上記研削の後の観察においても表面疵が視認された場合は、製品を採取できず、従って、この場合の確認試験はスラブ品質に関して「×(不良)」と評価することとする。

[0115] スプラッシュ抑制効果

スプラッシュ抑制効果については、段落[0077]～[0088]に既に記載している。

[0116] (共通試験方法)

次に、各確認試験に共通する試験方法について説明する。後記する表10～12を併せて参照されたい。以下、表10～12中、試験No.1で示される確認試験の試験方法について説明する(特記ない限り、上述した連続鑄造の操業に倣う。)。試験No.1で示される確認試験は、あるチャージ分(1チャージ250[ton])の連造鑄造に1対1の関係で対応する。

[0117] 先ず、試験No.1に対応する取鍋に収容されている溶鋼の成分を、タンディッシュへ注湯する前にサンプリングして確認し、その溶鋼の成分を表10に記載する。次に、試験

No.1のチャージを鑄造するときに用いられる鑄型110と浸漬ノズル1に関する内容を表10～11に記載すると共に、この浸漬ノズル1のスプラッシュ抑制効果の有無について別途の水モデル実験で確認し表12に記載する。そして、鑄造速度 V_c [m/min]と鑄型内電磁攪拌強度 $M-EMS$ [gauss]の設定値を表11に記載すると共に、鑄造中、溶鋼過熱度 ΔT [°C]を測定して表2に記載する。更に、鑄造された1次切断スラブにおいて凝固遅れ度 C_g [%]やスラブ品質を調査し、その結果を表11～12に記載する。凝固遅れ度 C_g [%]やスラブ品質についての調査の対象は、溶鋼過熱度 ΔT [°C]の測定のとときに鑄型110内に存在していた凝固シェルに対応するスラブ鑄片とする。

[0118] (共通試験条件)

次に、各確認試験に共通する試験条件について説明する。鑄型高さ H [mm]は900とし、比水量 W_t [L/kgSteel]は、鑄造速度 V_c [m/min]に応じて、 $W_t=0.67 \times V_c+0.46$ とする。

[0119] (個別試験条件及びその試験結果)

次に、各確認試験の個別の試験条件とその試験結果を下記表10～12に示す。下記表10において、列タイトル「(A) mm」は「溶鋼吐出孔の流路断面積 A [mm²]を円の面積[mm²]に換算したときのその円の直径[mm]」を意味する。列タイトル「type.」は各確認試験で採用した浸漬ノズルの種別に係り、詳しくは「I」は図3に示されるように同じ幅で延在しているものを意味し、一方、「T」は図22に示されるように一對の突部が浸漬ノズルの中心に向かうに連れて窄まる(幅が窄まる)ものを意味する。列タイトル「a mm」は一對の突部の、浸漬ノズルの内周面と接するする端部における、幅を意味する。一方、列タイトル「b mm」は一對の突部の、浸漬ノズルの中央側先端部における、幅を意味する。列タイトル「評価(1)」は凝固遅れ度 C_g [%]にのみ着目したものである。列タイトル「スラブ品質」には、前述したスラブ品質についての評価に付記するかたちで、具体的な表面欠陥の別を記載した。列タイトル「スプラッシュ」は「スプラッシュ抑制効果についての評価」を意味する。列タイトル「評価(2)」は、凝固遅れ度 C_g [%]に関する評価と、スラブ品質に関する評価と、スプラッシュ抑制効果についての評価と、の何れもが「○(良好)」であった場合を「○(良好)」とする態様の評価を意味する。

[0120] [表10]

試験No.	C wt%	W mm	D mm	(A) mm	θ 1 deg.	h mm	H mm	h/H	type.	a mm	b mm	c mm	Dsn mm	c/Dsn
1	0.11	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	5	85	0.06
2	0.11	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	10	85	0.12
3	0.11	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	40	85	0.47
4	0.11	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	50	85	0.59
5	0.11	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	55	85	0.65
6	0.12	1240	240	85	45	20	20	1.0	T	30	15	5	85	0.06
7	0.12	1240	240	85	45	20	20	1.0	T	30	15	10	85	0.12
8	0.12	1240	240	85	45	20	20	1.0	T	30	15	40	85	0.47
9	0.12	1240	240	85	45	20	20	1.0	T	30	15	50	85	0.59
10	0.12	1240	240	85	45	20	20	1.0	T	30	15	55	85	0.65
11	0.25	1240	240	85	45	0	20	0.0	I	0	0	0	85	0.00
12	0.25	1240	240	85	45	10	20	0.5	I	15	15	30	85	0.35
13	0.24	1240	240	85	45	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
14	0.24	1240	240	85	45	30	20	1.5	I	15	15	30	85	0.35
15	0.25	1240	240	85	45	40	20	2.0	I	15	15	30	85	0.35
16	0.25	1240	240	85	45	50	20	2.5	I	15	15	30	85	0.35
17	0.08	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
18	0.09	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
19	0.10	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
20	0.08	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
21	0.08	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
22	0.08	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
23	0.09	800	200	70	15	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
24	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
25	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
26	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
27	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
28	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
29	0.12	1350	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
30	0.21	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
31	0.15	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
32	0.14	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
33	0.15	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
34	0.18	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
35	0.20	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
36	0.08	2100	320	120	55	20	20	1.0	I	15	15	30	100	0.30
37	0.15	2100	320	120	55	20	20	1.0	I	15	15	30	100	0.30
38	0.25	2100	320	120	55	20	20	1.0	I	15	15	30	100	0.30
39	0.45	2100	320	120	55	20	20	1.0	I	15	15	30	100	0.30
40	0.50	2100	320	120	55	20	20	1.0	I	15	15	30	100	0.30
41	0.22	1500	240	85	35	20	20	1.0	I	8	8	40	85	0.47
42	0.18	1500	240	85	35	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
43	0.15	1240	240	85	35	20	20	1.0	I	40	40	10	85	0.12
44	0.12	1240	240	70	25	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
45	0.09	1240	240	90	25	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
46	0.18	1240	240	120	25	20	20	1.0	I	15	15	30	85	0.35
47	0.17	1240	240	85	35	10	10	1.0	I	15	15	30	85	0.35
48	0.12	1240	240	85	35	30	30	1.0	I	15	15	30	85	0.35
49	0.13	1240	240	85	35	30	40	0.8	I	15	15	30	85	0.35

[0121] [表11]

試験No.	s mm ²	S mm ²	s/S	Vc m/min	M-EMS gauss	ΔT °C	Cg %	評価(1)
1	1200	5675	0.21	1.8	550	28	41	×
2	1125	5675	0.20	1.8	550	27	30	○
3	675	5675	0.12	1.8	550	26	28	○
4	525	5675	0.09	1.8	550	22	31	○
5	450	5675	0.08	1.8	550	25	45	×
6	1835	5675	0.32	1.9	550	24	41	×
7	1754	5675	0.31	1.9	550	24	30	○
8	1171	5675	0.21	1.9	550	28	28	○
9	942	5675	0.17	1.9	550	30	31	○
10	821	5675	0.14	1.9	550	27	45	×
11	0	5675	0.00	1.6	550	21	49	×
12	825	5675	0.15	1.6	550	30	36	○
13	825	5675	0.15	1.6	550	23	21	○
14	825	5675	0.15	1.6	550	24	20	○
15	825	5675	0.15	1.6	550	25	20	○
16	825	5675	0.15	1.6	550	26	—	×
17	825	5675	0.15	1.3	550	28	25	○
18	825	5675	0.15	1.4	550	30	27	○
19	825	5675	0.15	1.6	550	32	29	○
20	825	5675	0.15	1.8	550	26	33	○
21	825	5675	0.15	2.0	550	24	36	○
22	825	5675	0.15	2.2	550	35	34	○
23	825	5675	0.15	2.3	550	31	51	×
24	825	5675	0.15	1.6	0	27	29	○
25	825	5675	0.15	1.6	400	29	28	○
26	825	5675	0.15	1.6	500	28	28	○
27	825	5675	0.15	1.6	700	24	29	○
28	825	5675	0.15	1.6	1000	25	33	○
29	825	5675	0.15	1.6	1100	28	37	○
30	825	5675	0.15	1.6	550	15	—	×
31	825	5675	0.15	1.6	550	20	23	○
32	825	5675	0.15	1.6	550	30	29	○
33	825	5675	0.15	1.6	550	40	34	○
34	825	5675	0.15	1.6	550	45	36	○
35	825	5675	0.15	1.6	550	50	49	×
36	1050	7854	0.13	1.4	0	28	20	○
37	1050	7854	0.13	1.4	0	25	33	○
38	1050	7854	0.13	1.4	0	26	25	○
39	1050	7854	0.13	1.4	0	27	12	○
40	1050	7854	0.13	1.4	0	30	15	○
41	360	5675	0.06	1.8	550	38	—	×
42	825	5675	0.15	1.8	550	29	22	○
43	3000	5675	0.53	1.8	550	29	26	○
44	825	5675	0.15	1.6	550	23	35	○
45	825	5675	0.15	1.6	550	28	29	○
46	825	5675	0.15	1.6	550	27	25	○
47	825	5675	0.15	1.6	550	25	22	○
48	825	5675	0.15	1.6	550	32	27	○
49	825	5675	0.15	1.6	550	28	31	○

[0122] [表12]

試験No.	スラブ品質	スブラッシュ	評価(2)	特記
1	○	△	×	
2	○	○	○	
3	○	○	○	
4	○	○	○	
5	○	△	×	
6	○	△	×	
7	○	○	○	
8	○	○	○	
9	○	○	○	
10	○	△	×	
11	○	○	×	
12	○	○	○	
13	○	○	○	
14	○	○	○	
15	○	○	○	
16	—	—	×	堰上端部の密度が低下し使用不能
17	×(気泡)	○	×	
18	○	○	○	
19	○	○	○	
20	○	○	○	
21	○	○	○	
22	○	○	○	
23	×(縦割)	○	×	
24	△(気泡)	○	×	
25	△(気泡)	○	×	
26	○	○	○	
27	○	○	○	
28	○	○	○	
29	△(パウダー)	○	×	
30	—	—	×	SN詰铸造中止
31	○	○	○	
32	○	○	○	
33	○	○	○	
34	○	○	○	
35	×(縦割)	○	×	
36	△(気泡)	○	×	
37	△(気泡)	○	×	
38	△(気泡)	○	×	
39	△(気泡)	○	×	
40	△(パウダー)	○	×	
41	—	—	×	堰上端部の密度が低下し使用不能
42	○	○	○	
43	○	△	×	
44	○	○	○	
45	○	○	○	
46	○	○	○	
47	○	○	○	
48	○	○	○	
49	○	○	○	

[0123] (考察)

炭素含有量C[wt%]

炭素含有量C[wt%]を0.07未満とすると、 δ 相のみで凝固完了することとなるから、包晶反応は生じず、鋳型内において前述したエアギャップを生成するような凝固シェルの変形が発生し難く、そもそも凝固遅れは発生し難いことが理解されよう。同様に、炭素含有量C[wt%]を0.51を越えるものとする、初めから γ 凝固することとなるから、包晶反応はなく鋳型内において前述したエアギャップを生成するような凝固シェルの変形が発生し難く、そもそも凝固遅れは発生し難いことが理解されよう。このようなことから、上記実施形態において炭素含有量C[wt%]は0.07～0.51とすることを前提としている。

[0124] 鋳造速度Vc[m/min]

表10～12によれば、鋳造速度Vc[m/min]を1.4未満とすると、気泡性の表面疵が発生したことが判る。これは、鋳造速度Vc[m/min]が低いため、鋳型内に注入される溶鋼の運動エネルギーが小さくなり、その結果、凝固シェルの内面における気泡洗浄効果が低下して、圧延後の製品においては通称スリバー(slivier)欠陥と呼ばれる気泡性の表面疵が発生したものと考えられる。一方、鋳造速度Vc[m/min]を2.2を越えるものとする、凝固遅れ度Cg[%]が著しいものとなったことが判る。これは、浸漬ノズル1から吐出される溶鋼の流速が高かったために、凝固シェルに対する熱の供給が過剰となったからだと考えられる。

[0125] 鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]

表10～12によれば、鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]を500未満とすると、気泡性の表面疵が発生したことが判る。これは、鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]が低いため、凝固シェルの内面における気泡洗浄効果が低下して、圧延後の製品においては通称スリバー欠陥と呼ばれる気泡性の表面疵が発生したからだと考えられる。一方、鋳型内電磁攪拌強度M-EMS[gauss]を1000を越えるものとする、パウダー性の表面疵が発生したことが判る。これは、メニスカス近傍における溶鋼の流速が増大してメニスカスが波立ち、この結果、所謂パウダー巻き込みが発生したからだと考えられる。

[0126] 溶鋼過熱度 ΔT [°C]

表10～12によれば、溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$ が20未満であると、浸漬ノズルが詰まってしまい、鑄造を中止せざるを得なかったことが判る。これは、浸漬ノズルを通過する溶鋼の温度が、当該溶鋼の液相線温度に近かったからに他ならない。また、表10～12には記載はないが、鑄型内容鋼への熱の供給も十分ではなくなるから、メニスカスには所謂ディッケルが発生してしまったことを付言する。一方、溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$ が45を越えるものとする、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が著しいものとなったことが判る。これは、鑄型内容鋼への熱の供給が過剰であったからである。

[0127] h/H

表10～12によれば、h/Hを0.5未満とすると、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が著しいものとなったことが判る。表には、h/Hを0とする例が記載されている。換言すれば、浸漬ノズルの内側底面に突部を設けなかった例であって、従前の浸漬ノズルを意味する。この例と比較するかたちで、一対の突部を浸漬ノズルの内側底面に設けた意義が理解されよう。即ち、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が著しいものとなったのは、鑄型厚み方向と鑄型幅方向において溶鋼吐出流の偏流が発生したからだと考えられる。一方、h/Hを2を越えるものとする、もはや、浸漬ノズルの製造自体が困難であるし、できたとしても、突部の上端は欠損し易いものとなるだろう。表中「堰上端部の密度が低く使用不能」とあるのは、浸漬ノズルの製造上の事情から、突部の上端部の耐火物の密度を十分には確保できないことを意味する。

[0128] c/Dsn

表10～12によれば、c/Dsnを0.1未満とすると、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が著しいものとなったことが判る。これは、浸漬ノズルの内側底面に設けた一対の突部が極めて相互に近接するため、鑄型幅方向の偏流を防止するという有用な効果が殆ど現れなかったからだと考えられる。その結果、一対の溶鋼吐出孔から吐出される溶鋼吐出流のうち何れか一方が過大となり、もって、その溶鋼吐出流によって過剰な熱が供給された鑄片コーナ一部に著しい凝固遅れが発生したのだろう。同様に、c/Dsnを0.6を越えるものとする、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が著しいものとなったことが判る。これは、浸漬ノズルの内側底面に突部を設けなかった従前の浸漬ノズルに近い形状である。これは、鑄型厚み方向及び鑄型幅方向の偏流が発生したからだと考えられる。

[0129] なお、上記の方法は、図21に示される所謂垂直逐次曲げ型の連铸機にのみ適用されるものではなく、例えば、垂直型連铸機(すべての铸造経路が重力の方向に沿って形成されるもの)や湾曲型連铸機(垂直逐次曲げ型連铸機から垂直経路部を除いたもの)などに対しても問題なく適用可能である。

[0130] 以下、参考資料である。

[0131] <凝固遅れ度Cg[%]>

定義:凝固遅れの程度の指標である。

(1)図23を参照されたい。図23は、凝固遅れ度Cg[%]の説明図である。この凝固遅れ度Cg[%]は铸片を铸造方向に対して垂直に切断して得られる切断面に視認し得る負偏析線に基づき铸片のコーナー部夫々において観念でき、その何れの凝固遅れ度Cg[%]は下記式(4)に基づいて求められる。下記式(4)中、A[mm]は狭面から5[cm]離れた地点における負偏析線と広面との間の距離であり、B[mm]は負偏析線が広面に最も接近する地点における負偏析線と広面との間の距離である。本明細書中において「凝固遅れ度Cg[%]」とは、原則、一の切断面から観念できる4つの凝固遅れ度Cg[%]のうち最大のものを意味するものとする。

[0132] $Cg[\%] = (A - B) / A \times 100 \cdots (8)$

[0133] 次に、図24を参照されたい。図24は、凝固遅れ度Cg[%]とブレイクアウトとの関係についての実績に基づくグラフである。即ち、上記表10～12に記載の試験No.11の浸漬ノズルを用いて計100チャージ分、連続铸造(種々の铸造条件は完全には統一していない。)を実施し、各チャージごとに、(1)任意に選択した一の1次切断スラブの铸片表面に湯漏れの痕跡があった場合は、当該痕跡を含むように铸片を铸造方向に対して垂直に切断し、この切断により得られる切断面において凝固遅れ度Cg[%]を測定し、(2)この1次切断スラブの铸片表面に湯漏れの痕跡がなかった場合は、任意に選択した箇所で铸片を铸造方向に対して垂直に切断し、この切断により得られる切断面において凝固遅れ度Cg[%]を測定した。そして、(1)の凝固遅れ度Cg[%]の分布を本図において実線で示し、(2)の凝固遅れ度Cg[%]の分布を本図において破線で示す。本図によれば、凝固遅れ度Cg[%]が40未満となるように操業すれば、铸型直下B.O.の発生を防止できることが判る。従って、凝固遅れ度Cg[%]が40未満である確認試

験は凝固遅れ度 $C_g[\%]$ に関して「○(良好)」と評価し、凝固遅れ度 $C_g[\%]$ が40以上である確認試験は凝固遅れ度 $C_g[\%]$ に関して「×(不良)」と評価することとする。

[0134] <溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$ >

定義: 鋳型内へ注湯される溶鋼の温度の指標である。

(1)『測定時刻』は、「事前に充分に加熱されたタンディッシュを用いて鋳造を開始して、同一鋳型幅で鋳造速度が一定になり、かつ、タンディッシュ内容鋼の体積が一定になる、即ち、取鍋からタンディッシュへの注湯量速度(ton/min.)とタンディッシュから鋳型への注湯量速度(ton/min.)が略一致し、定常状態に至った時刻」とする。

(2)『測定地点』は、以下の通りとする。即ち、「水平位置」はタンディッシュの底面に備え付けられる浸漬ノズルの軸心とし、「鉛直位置」はタンディッシュ内に保持されている溶鋼の湯面を基準として深さ100mmとする。

(3)『測定器具』は、消耗型熱電対を用いる構成とする。上記の通り、深さ100mmの地点に消耗型熱電対を浸漬させることから、適宜に用意した棒の先端に消耗型熱電対を取着した構成が適する。

(4)上記の『測定時刻』及び『測定地点』、『測定器具』に準じて測定した溶鋼の温度から、溶鋼の溶鋼成分により唯一に求められる液相線温度と、を比較する。そして上述した溶鋼過熱度 $\Delta T[^\circ\text{C}]$ は、前者から後者を引いた残りとして求めることとする。

請求の範囲

- [1] タンディッシュ内に保持される溶鋼を鋳型内へ注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズルにおいて、

該浸漬ノズルの内側底面から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズルの周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔が穿孔されると共に、

前記内側底面には該浸漬ノズルの底面視において前記溶鋼吐出孔の穿孔方向と平行に延在する突部が同列上に一对で設けられ、

更に下記式(1)及び(2)を満足する、ことを特徴とする浸漬ノズル。

$$h/H=0.5\sim 2.0\dots(1)$$

$$c/D_{sn}=0.1\sim 0.6\dots(2)$$

ただし、

h: 突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ

H: 溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離

c: 一对の突部間の距離

D_{sn} : 浸漬ノズルの内径

- [2] 下記式(3)を満足する、ことを特徴とする請求項1に記載の浸漬ノズル。

$$s/S=0.07\sim 0.5\dots(3)$$

ただし、

s: 浸漬ノズルの底面視における一对の突部の上面の総投影面積

S: 浸漬ノズルの底面視において観念し得る該浸漬ノズルの流路断面積

- [3] 炭素含有量C[wt%]を0.07～0.51とする中高炭素鋼を、鋳型と、タンディッシュ内に保持される溶鋼を前記鋳型に注湯するのに供される有底円筒状の浸漬ノズルとを用いて連続鋳造する連続鋳造方法であって、

前記鋳型は、鋳型幅W[mm]を800～2100とし鋳型厚みD[mm]を200～320とし、

前記浸漬ノズルは、該浸漬ノズルの内側底面から所定距離上方へ離れた位置において該浸漬ノズルの周壁に一对の対向する溶鋼吐出孔が穿孔され、前記溶鋼吐出孔の流路断面積 $A[\text{mm}^2]$ を直径[mm]を70～120とする円の面積 $[\text{mm}^2]$ とし、前記溶鋼吐出孔の下向き吐出角 θ [deg.]を15～55とし、前記溶鋼吐出孔の内周側開口縁の

下端と前記内側底面との距離 H [mm]を10～50とする連続鑄造方法において、

前記内側底面には、該浸漬ノズルの底面視において前記溶鋼吐出孔の穿孔方向と平行に延在する突部が同列上に一対で設けられ、

下記式(1)及び(2)を満足するものとし、

鑄造速度 V_c [m/min]を1.4～2.2とし、

溶鋼過熱度 ΔT [°C]を20～45とする、ことを特徴とする中高炭素鋼の連続鑄造方法

。

$$h/H=0.5\sim2.0\dots(1)$$

$$c/D_{sn}=0.1\sim0.6\dots(2)$$

ただし、

h : 突部の延在方向に対する垂直断面における該突部の上面の高さ

H : 溶鋼吐出孔の内周側開口縁の下端と内側底面との間の距離

c : 一対の突部間の距離

D_{sn} : 浸漬ノズルの内径

[4] 前記浸漬ノズルは、下記式(3)を満足するものとし、

鑄型内電磁攪拌強度 $M-EMS$ [gauss]を500～1000とする、ことを特徴とする請求項3に記載の中高炭素鋼の連続鑄造方法。

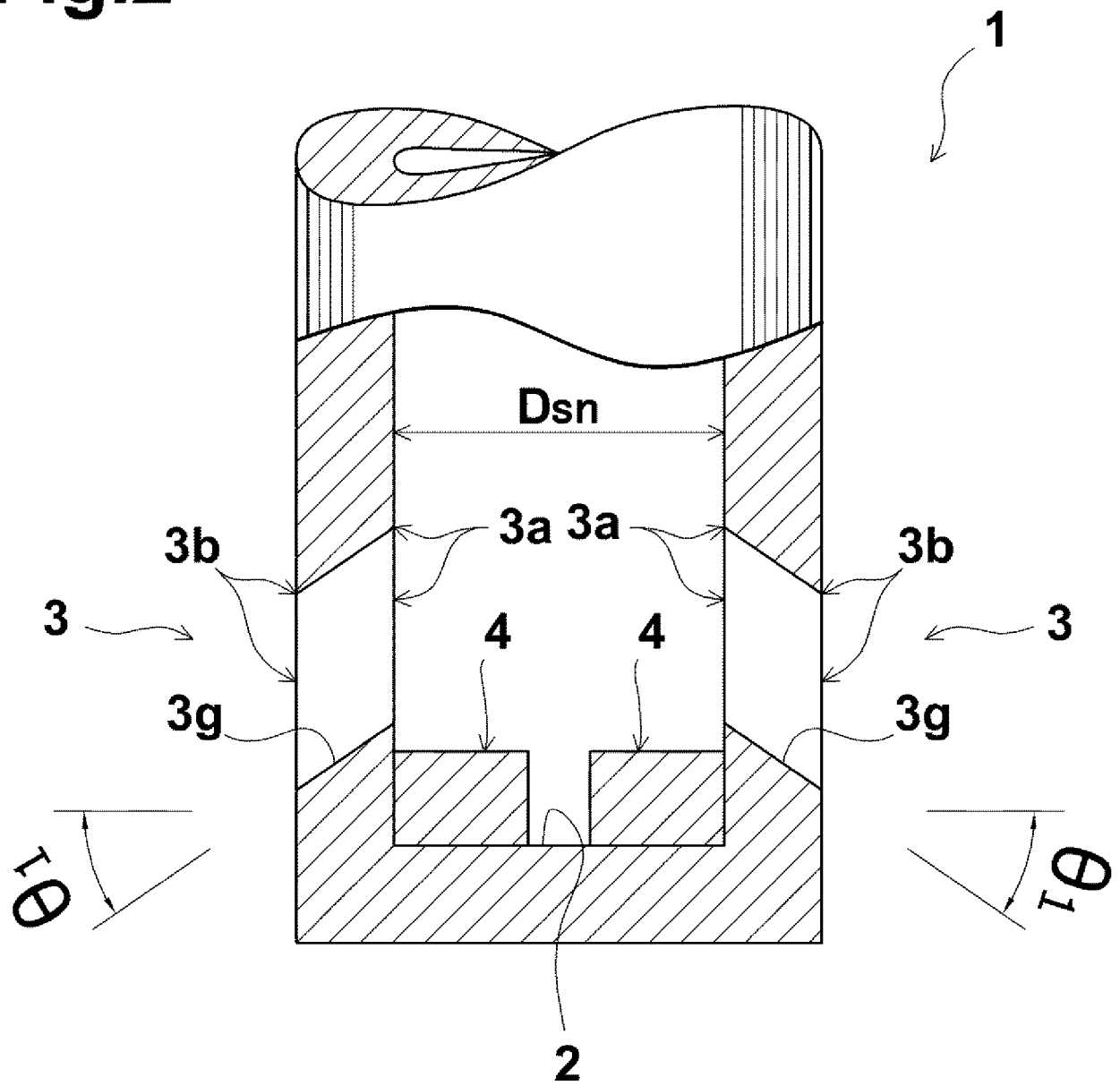
$$s/S=0.07\sim0.5\dots(3)$$

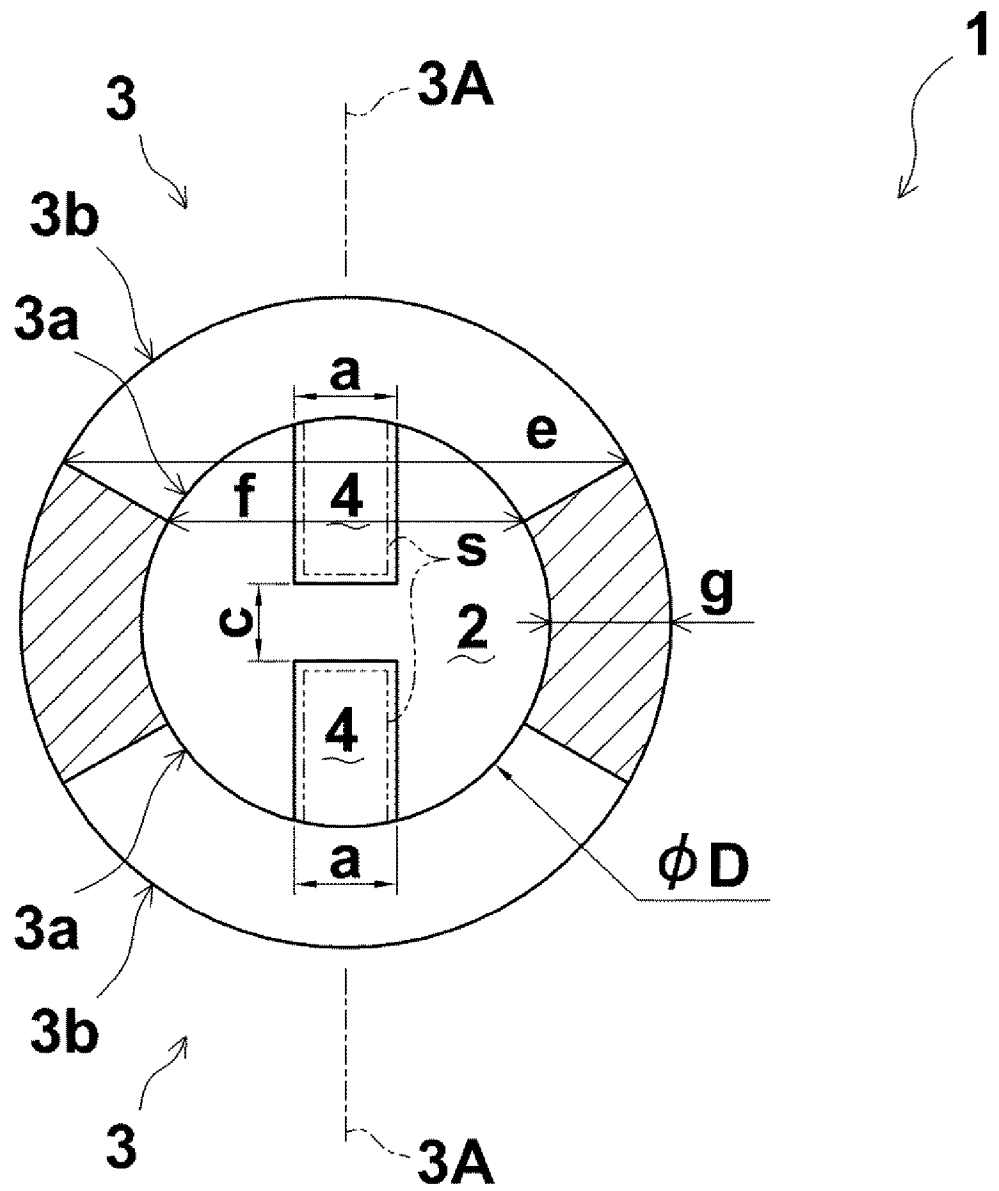
ただし、

s : 浸漬ノズルの底面視における一対の突部の上面の総投影面積

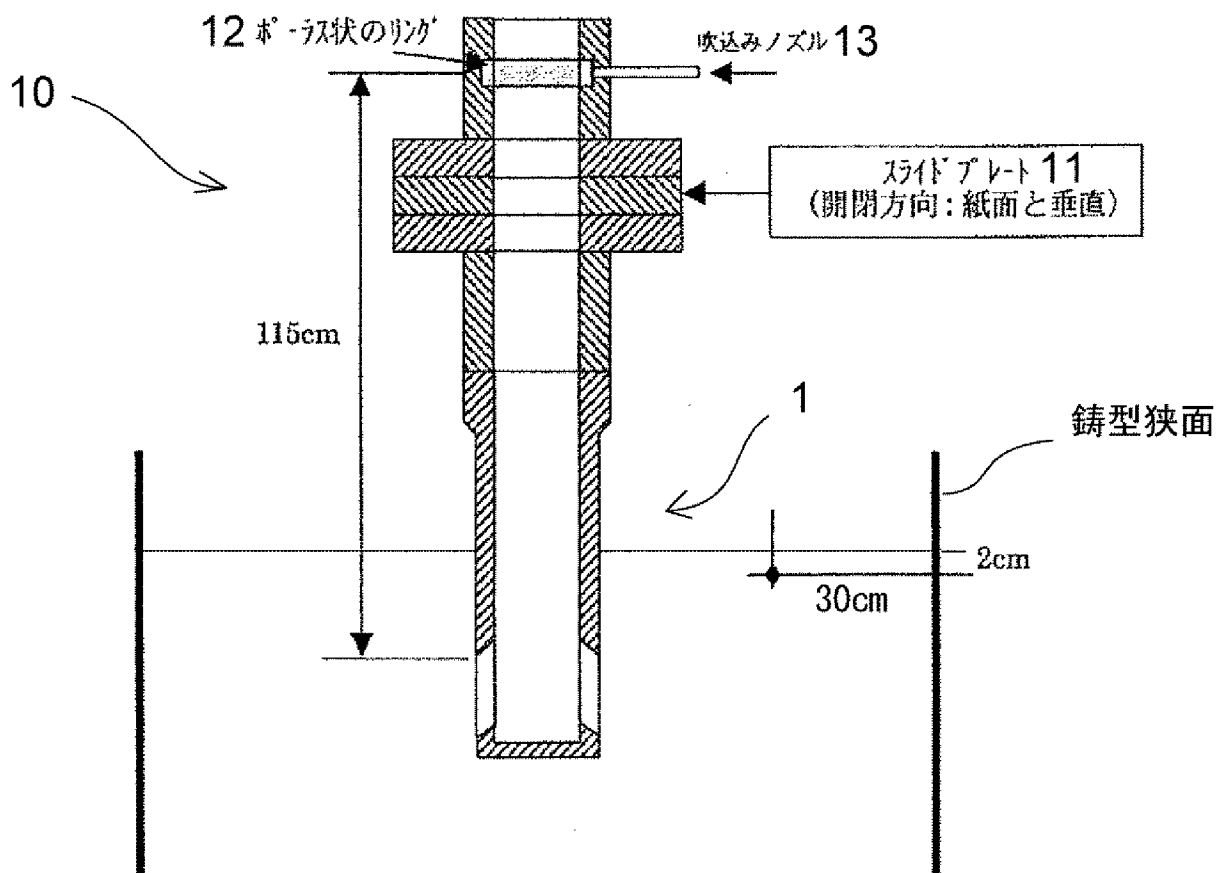
S : 浸漬ノズルの底面視において観念し得る該浸漬ノズルの流路断面積

[図2]
Fig.2

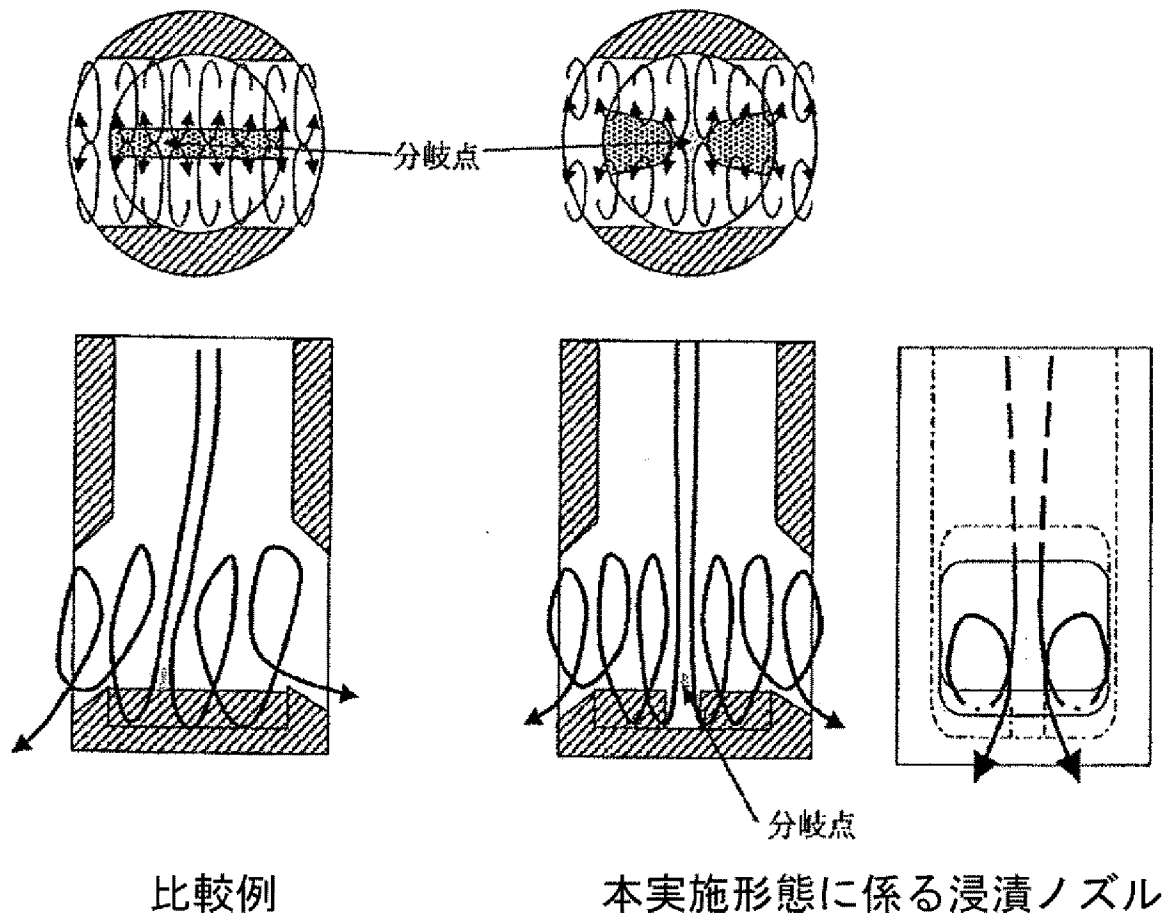


[図3]
Fig.3

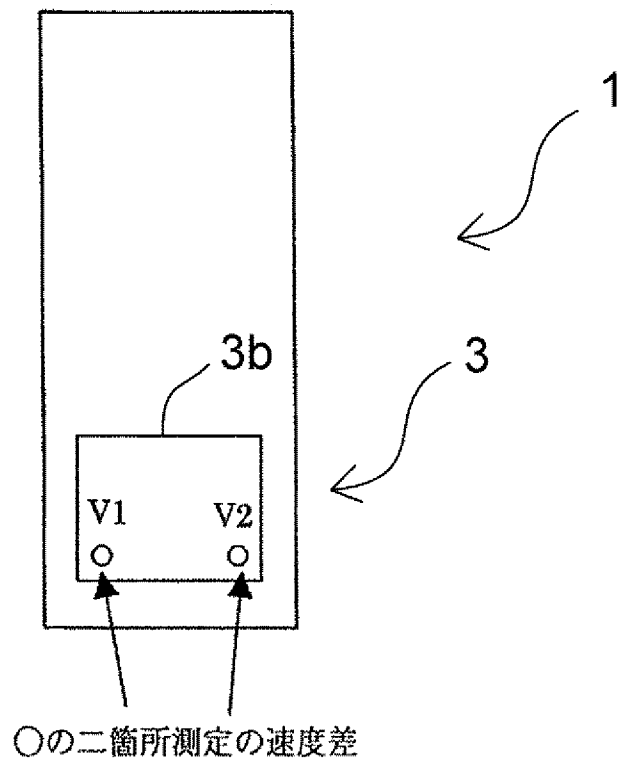
[図4]

Fig.4

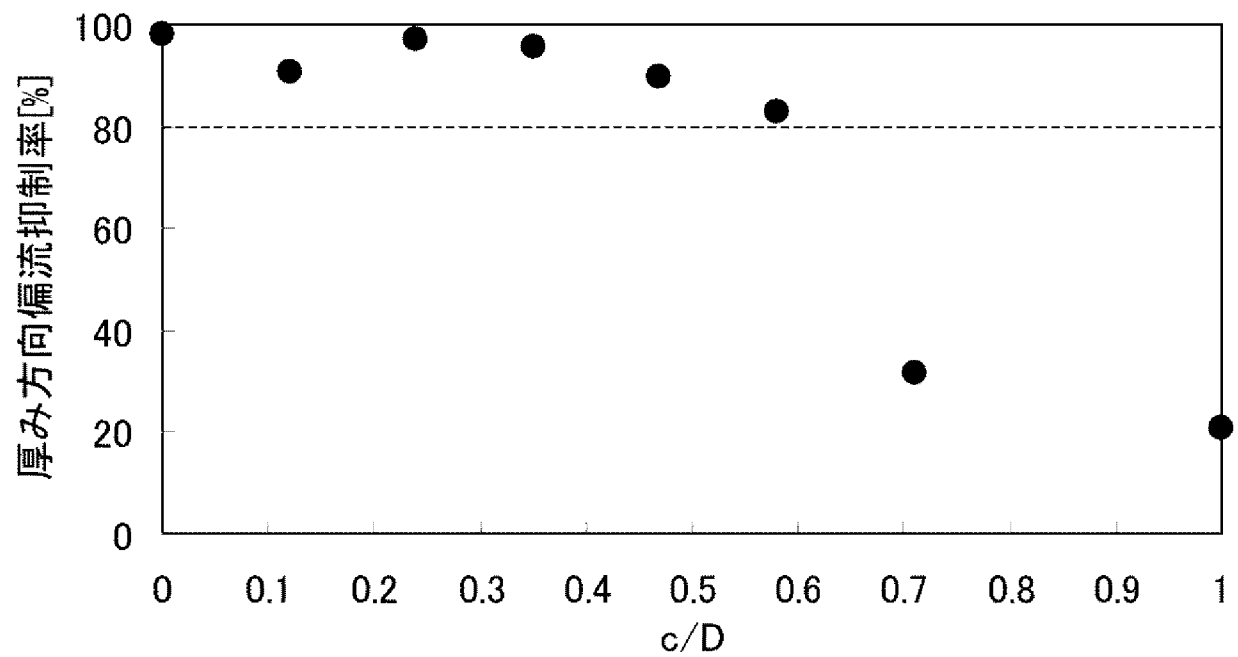
[図5]

Fig.5

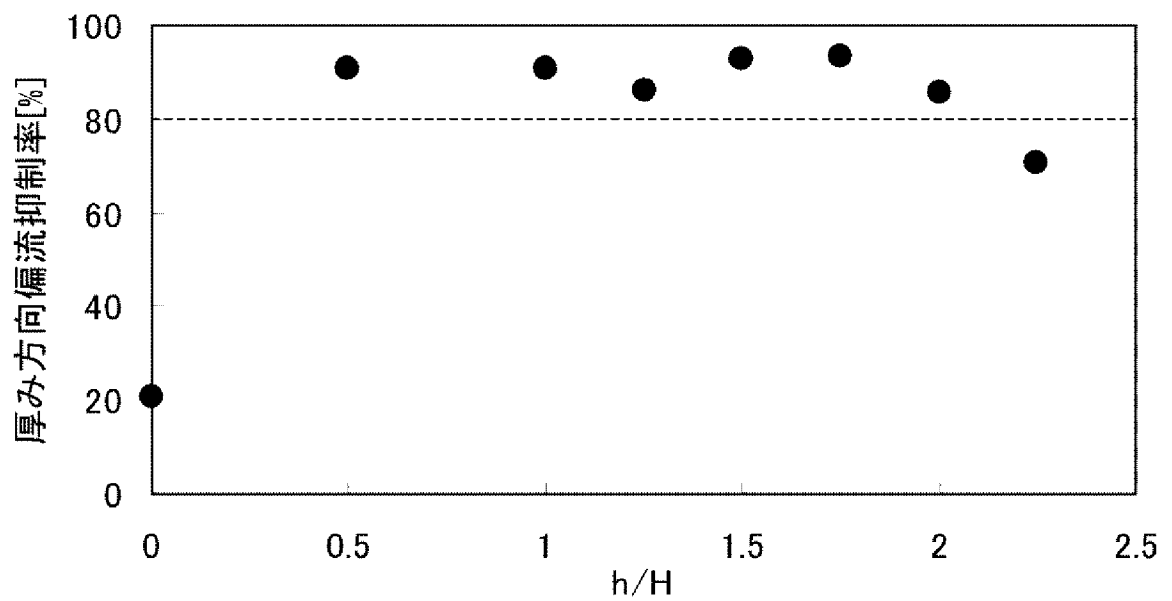
[図6]

Fig.6

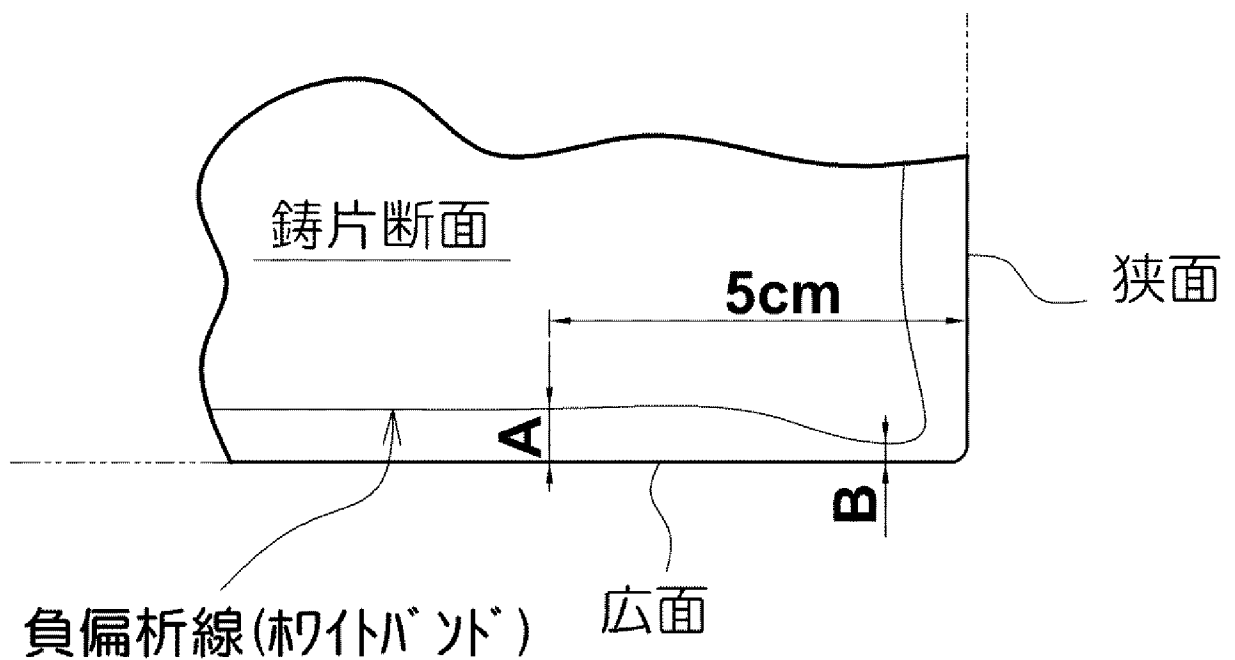
[図7]

Fig.7

[図8]

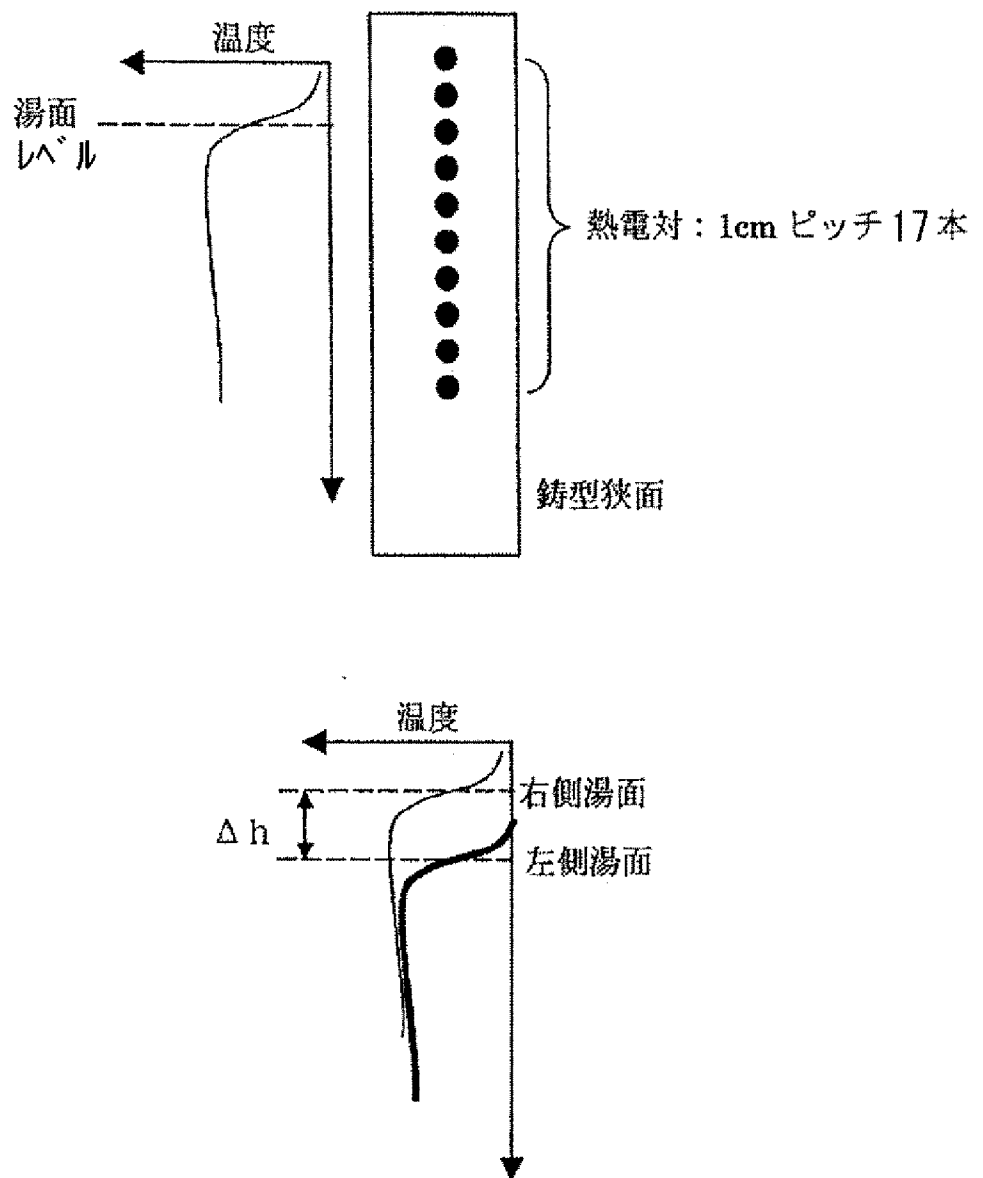
Fig.8

[図9]

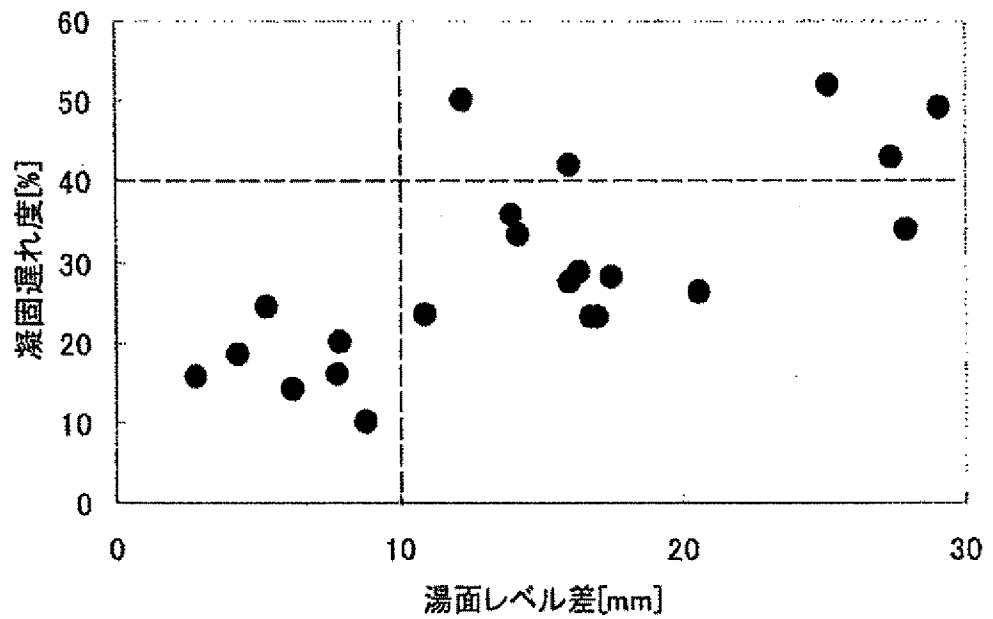
Fig.9

$$\text{凝固遅れ度 [\%]} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

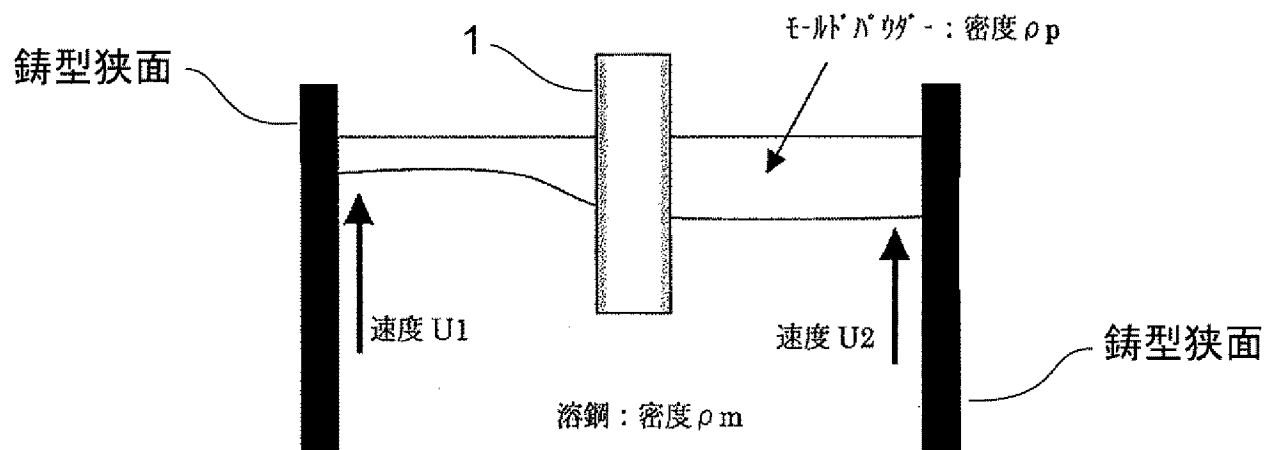
[図10]

Fig.10

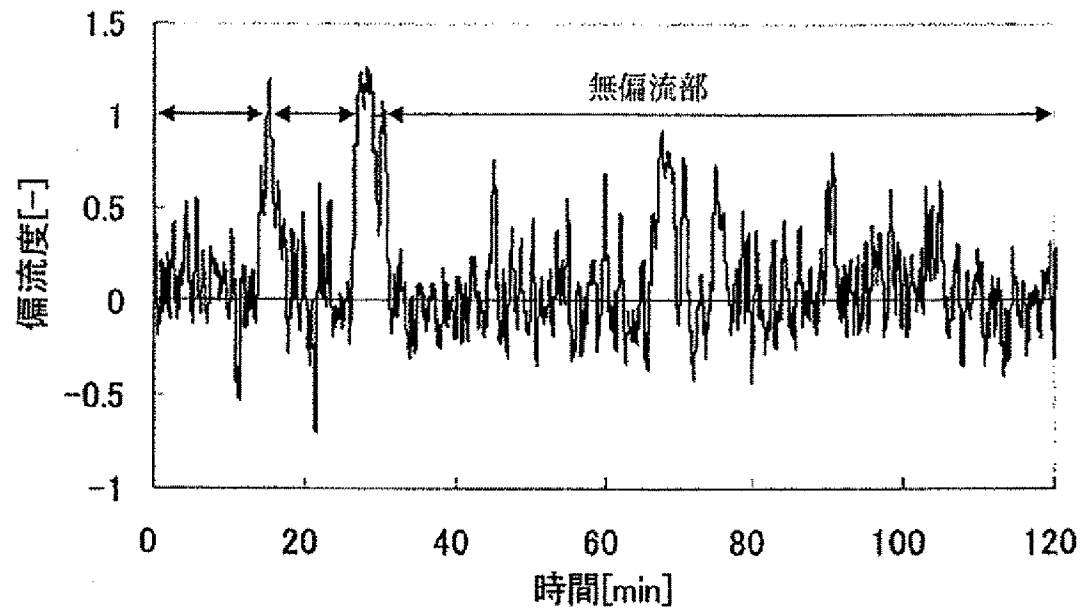
[図11]

Fig.11

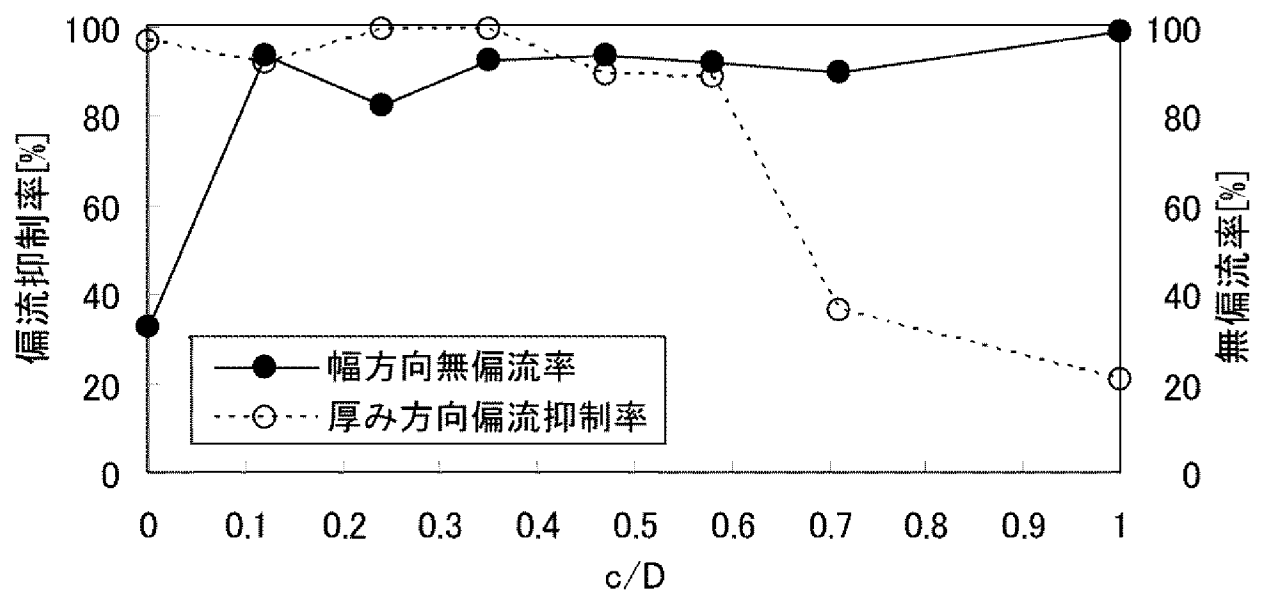
[図12]

Fig.12

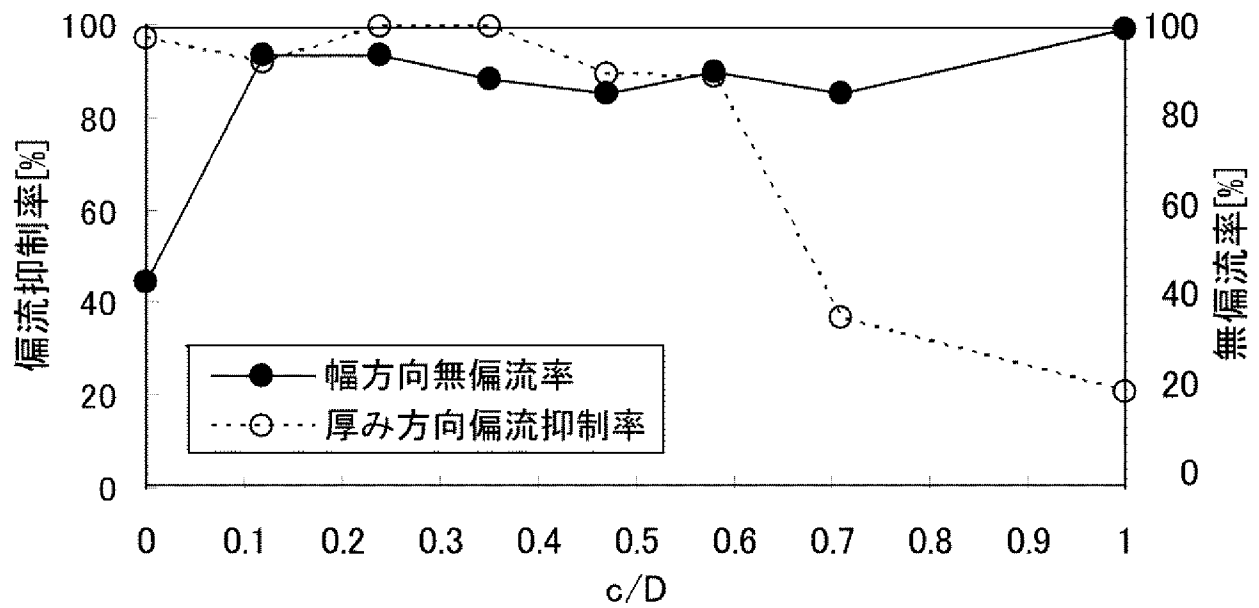
[図13]

Fig.13

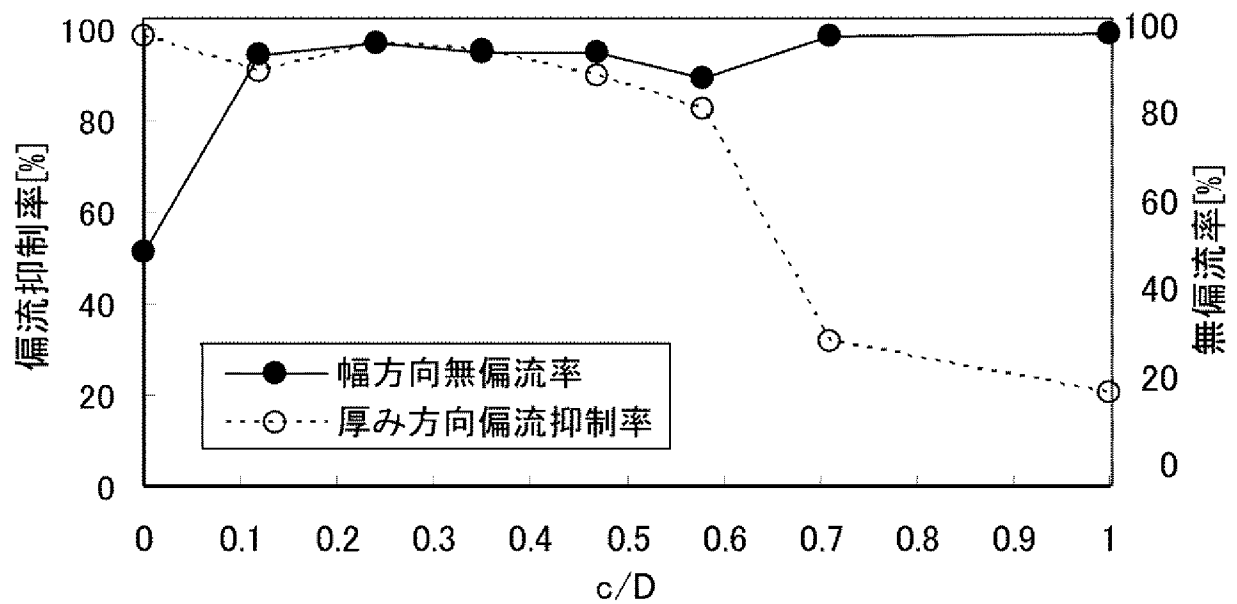
[図14]

Fig.14

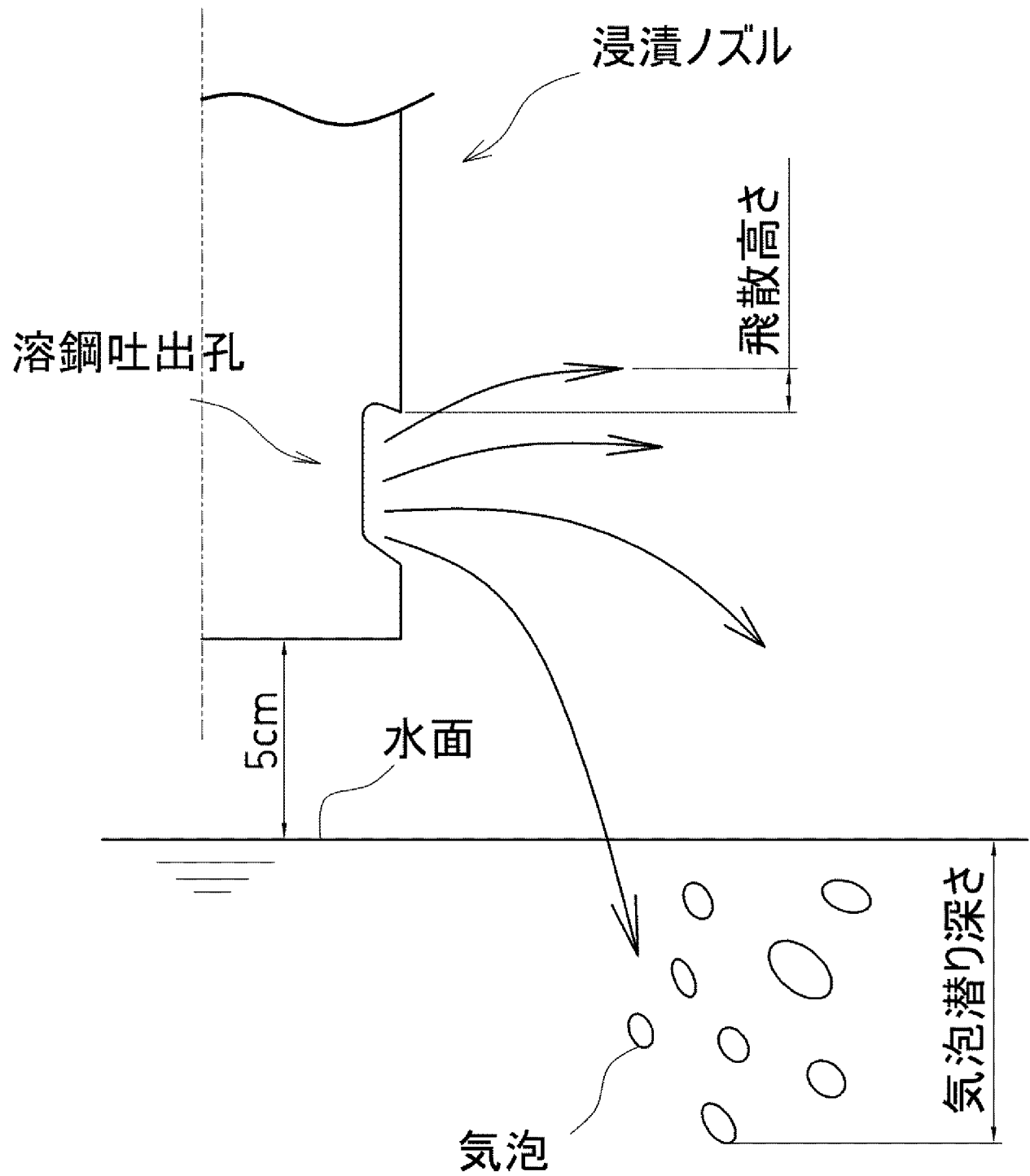
[図15]

Fig.15

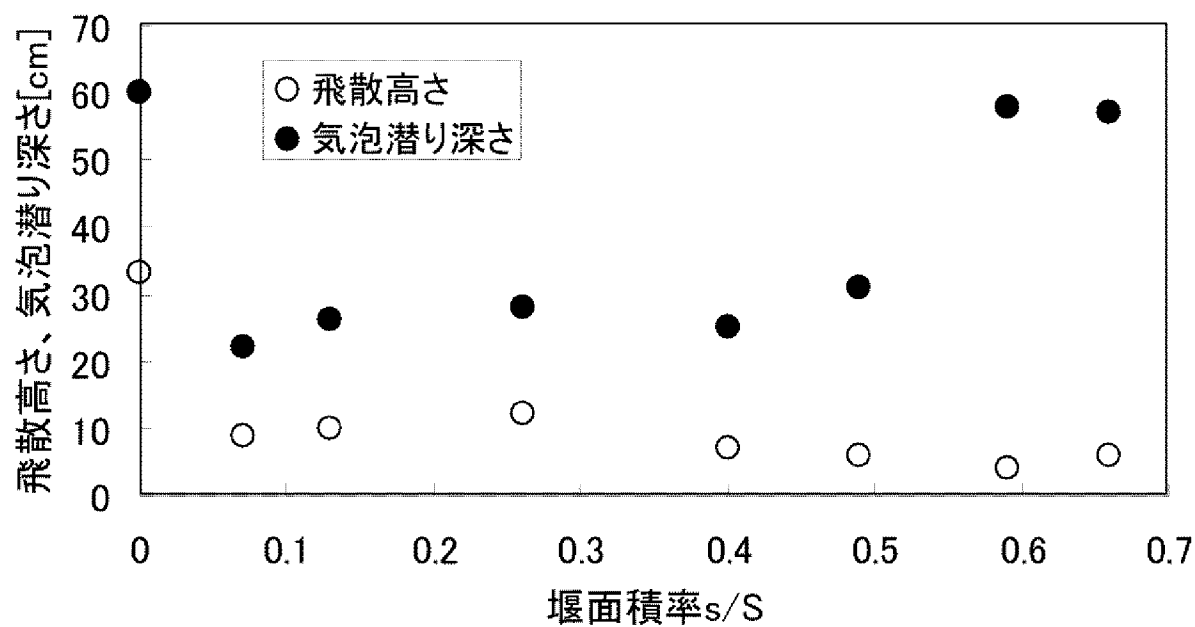
[図16]

Fig.16

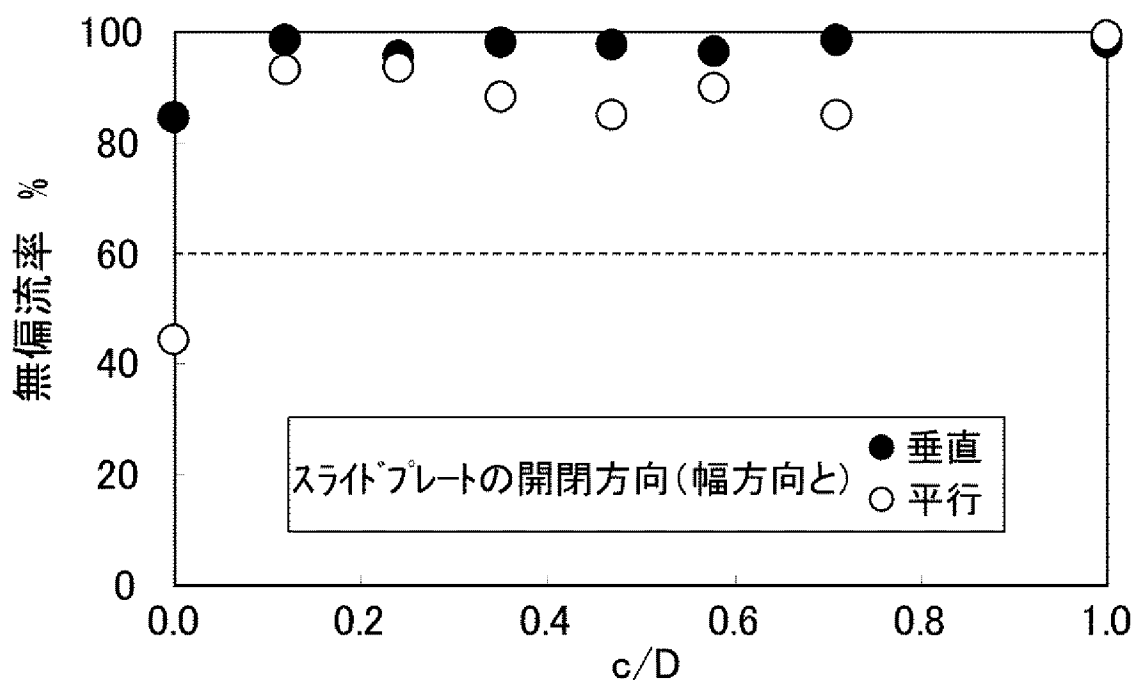
[図17]

Fig.17

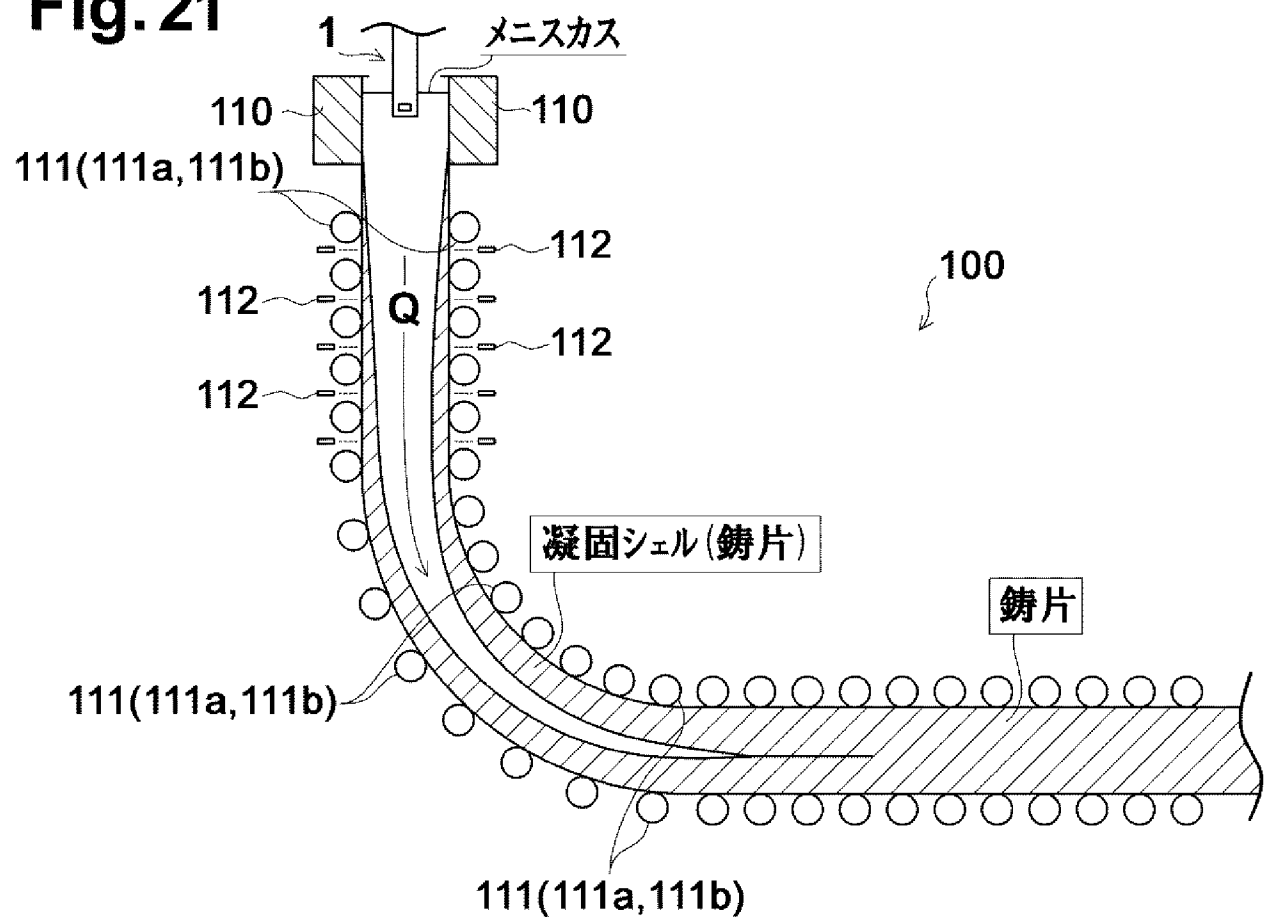
[図18]

Fig.18

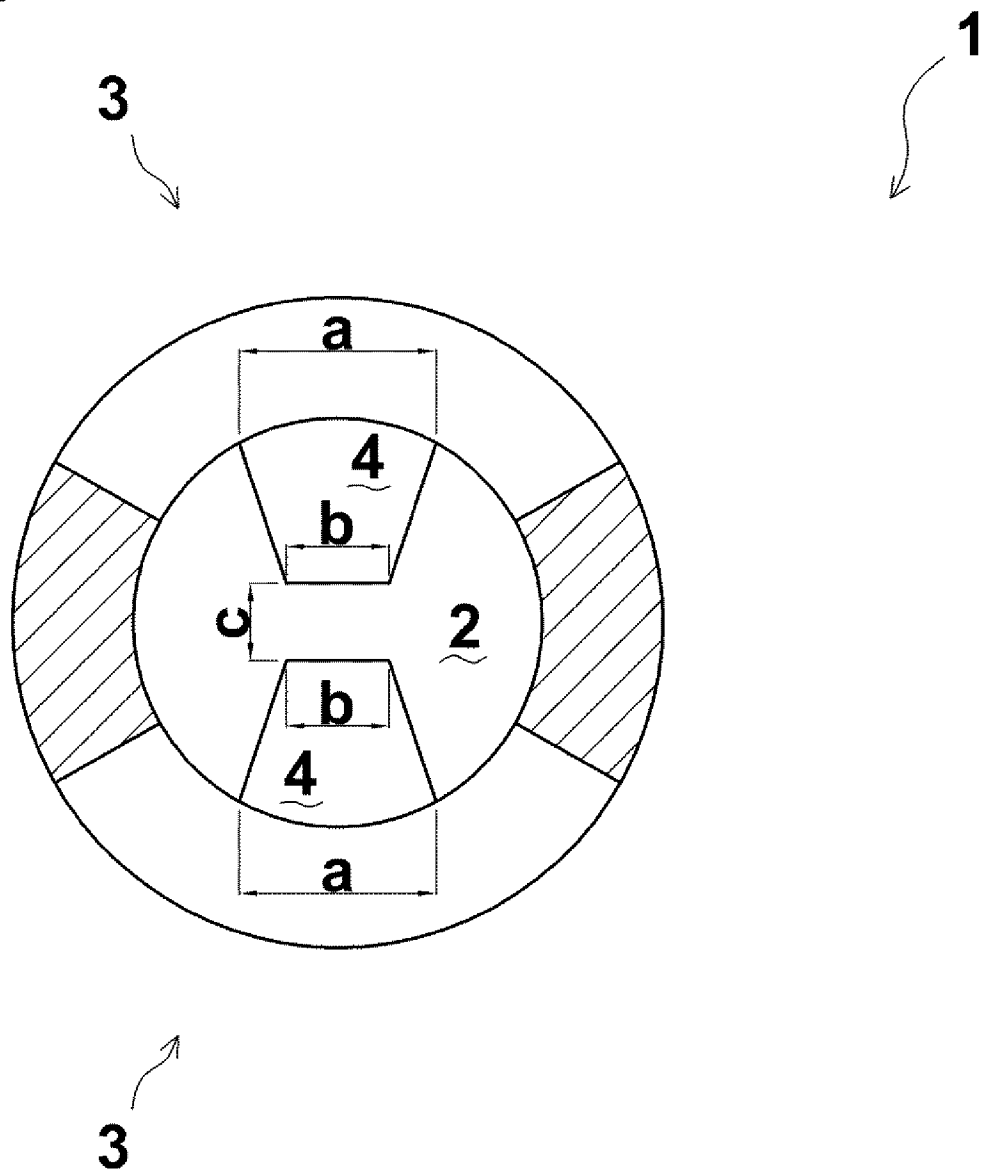
[図19]

Fig.19

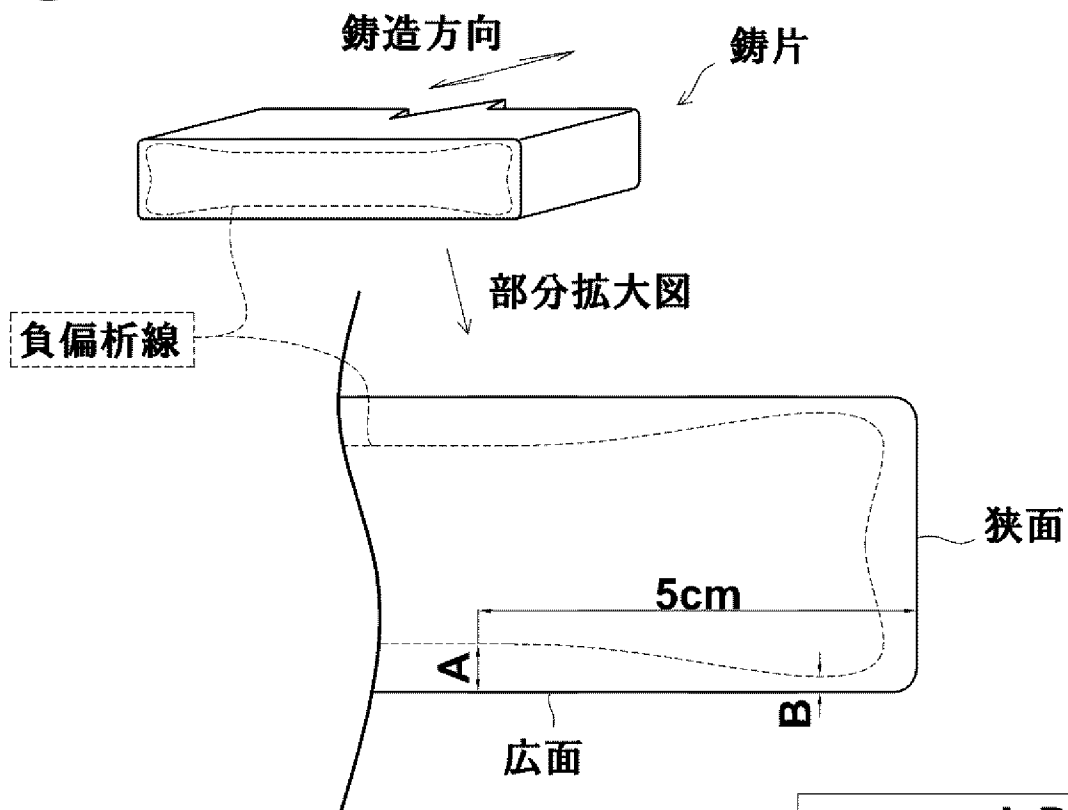
[図21]

Fig. 21

[図22]

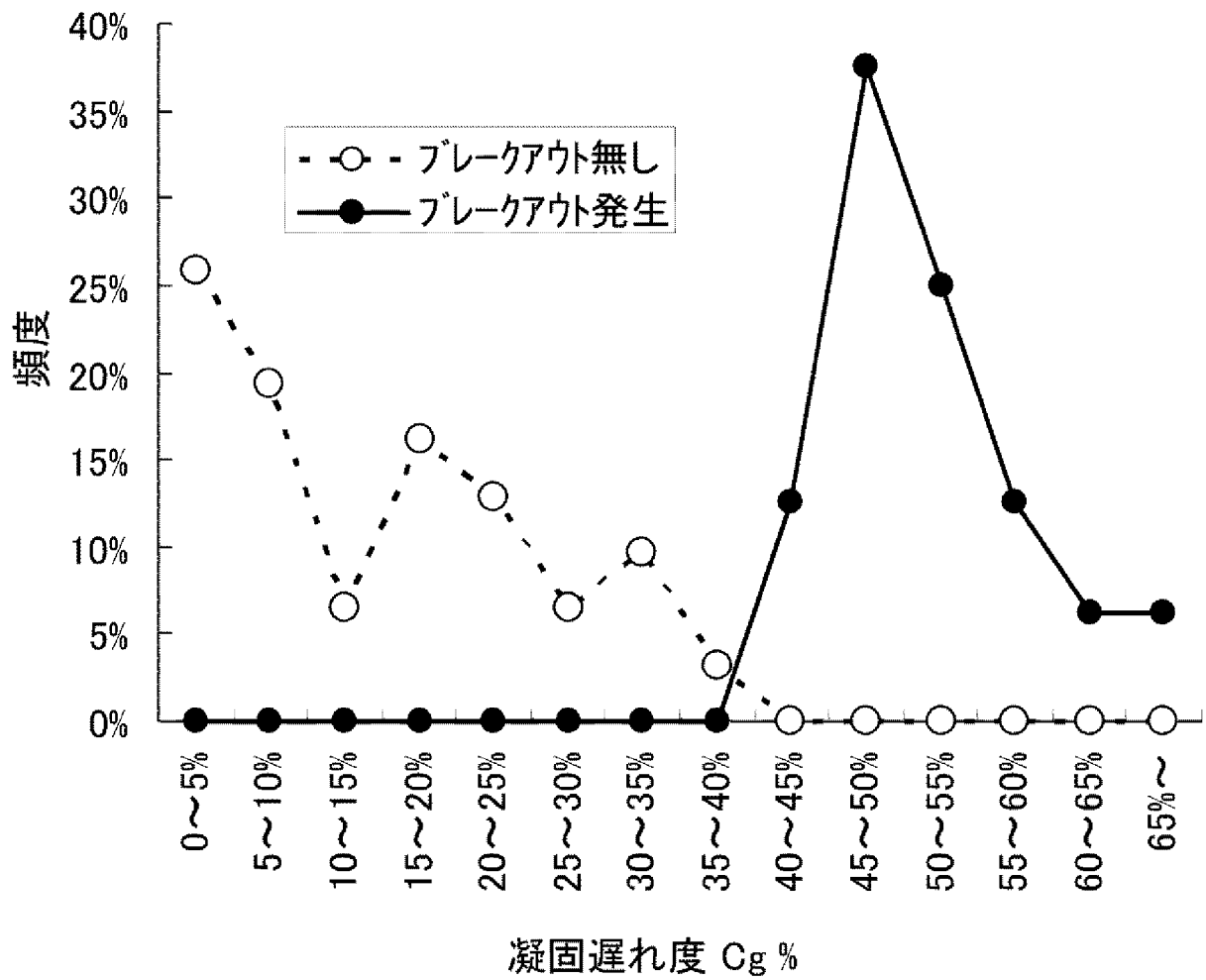
Fig. 22

[図23]

Fig. 23

$$C_g[\%] = \frac{A-B}{A} \times 100$$

[図24]

Fig. 24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/059920

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D11/10(2006.01) i, B22D11/00(2006.01) i, B22D11/115(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)

B22D11/10, B22D11/00, B22D11/115, B22D41/50

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 1996-2008

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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	WO 2005/070589 A1 (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 04 August, 2005 (04.08.05), Claims; drawings & US 2007/0158884 A1 & CN 1905966 A	1-4
A	JP 6-218508 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 09 August, 1994 (09.08.94), Claims; Figs. 1 to 3, 6 (Family: none)	1-4
A	JP 2005-125389 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 19 May, 2005 (19.05.05), Claims; Figs. 1 to 8 (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
18 August, 2008 (18.08.08)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2008 (26.08.08)

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. B22D11/10(2006.01)i, B22D11/00(2006.01)i, B22D11/115(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. B22D11/10, B22D11/00, B22D11/115, B22D41/50			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 1 9 7 1－2 0 0 8 年 1 9 9 6－2 0 0 8 年 1 9 9 4－2 0 0 8 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	WO 2005/070589 A1（住友金属工業株式会社）2005.08.04, 請求の範囲、図面 & US 2007/0158884 A1 & CN 1905966 A		1-4
A	JP 6-218508 A（東芝セラミックス株式会社）1994.08.09, 【特許請求の範囲】、【図1】－【図3】、【図6】（ファミリーなし）		1-4
A	JP 2005-125389 A（東芝セラミックス株式会社）2005.05.19, 【特許請求の範囲】、【図1】－【図8】（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 「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 1 8 . 0 8 . 2 0 0 8		国際調査報告の発送日 2 6 . 0 8 . 2 0 0 8	
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） 小谷内 章 電話番号 0 3－3 5 8 1－1 1 0 1 内線 3 4 2 5	4 E 3 4 4 0