

(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2015-123473

(P2015-123473A)

(43) 公開日 平成27年7月6日 (2015. 7. 6)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 2 D 41/50 (2006.01)	B 2 2 D 41/50 5 2 O	4 E 0 0 4
B 2 2 D 11/10 (2006.01)	B 2 2 D 11/10 3 2 O D	4 E 0 1 4
	B 2 2 D 11/10 3 2 O Z	
	B 2 2 D 41/50 5 3 O	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-269899 (P2013-269899)	(71) 出願人	000170716 黒崎播磨株式会社 福岡県北九州市八幡西区東浜町 1 番 1 号
(22) 出願日	平成25年12月26日 (2013. 12. 26)	(71) 出願人	000006655 新日鐵住金株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号
		(74) 代理人	110001601 特許業務法人英和特許事務所
		(72) 発明者	安部 佑輔 北九州市八幡西区東浜町 1 番 1 号 黒崎播磨株式会社内
		(72) 発明者	溝部 有人 北九州市八幡西区東浜町 1 番 1 号 黒崎播磨株式会社内

最終頁に続く

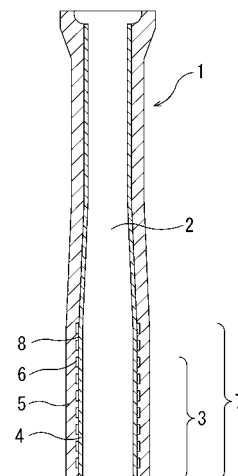
(54) 【発明の名称】 ロングノズル

(57) 【要約】

【課題】内孔面から外周側に向けて材質が異なる複数の耐火物層を備えたロングノズルにおいて、その溶鋼浸漬部を中心とする破壊を抑制して、耐用性を高めること。

【解決手段】溶鋼経路としての内孔 2 を縦方向に有する管状の耐火物構造体からなり、この管状の耐火物構造体の少なくとも溶鋼浸漬部 3 を含む一部又は全部の領域が、内孔に面する内側層 4 及び当該内側層の半径方向外側に隣接する外側層 5 を備えるロングノズルにおいて、内側層 4 の厚みを外側層 5 の厚み以下とすると共にこれらの内側層と外側層との間に空間 6 を設けた。空間 6 の厚みは所定の条件を満たすように設定し、空間が設けられた空間領域 7 には、内側層と外側層を連結する柱状の連結部 8 を複数設置した。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶鋼経路としての内孔を縦方向に有する管状の耐火物構造体からなり、この管状の耐火物構造体の少なくとも溶鋼浸漬部を含む一部又は全部の領域が、内孔に面する内側層及び当該内側層の半径方向外側に隣接する外側層を備えるロングノズルにおいて、

前記内側層の、横方向断面における半径方向長さ（以下「厚み」という。）は、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層の厚み以下であって、これらの内側層と外側層との間に空間が設けられており、

前記空間の厚みは、下記の式 1 及び式 2 の条件を満たし、

前記空間が設けられた空間領域には、内側層と外側層を連結する柱状の連結部が複数設置されていることを特徴とするロングノズル。

$$(R_i \times \alpha_i / 100 - R_o \times \alpha_o / 100) \leq S_t \leq 2.5 \quad \cdots \text{式 1}$$

$$\alpha_o \leq \alpha_i \quad \cdots \text{式 2}$$

ここで、前記の式 1 及び式 2 中の各記号の意味は次の通りである。

S_t ：空間の厚み（mm）

R_i ：内側層の空間側の半径（mm）

α_i ：内側層の耐火物の 1500℃における熱膨張率（%）

R_o ：外側層の空間側の半径（mm）

α_o ：外側層の耐火物の 1500℃における熱膨張率（%）

【請求項 2】

前記連結部は、当該ロングノズルの横方向断面の円周上において連続する最長の領域がその円周上の 1/2 以下であるように、連続又は分散し、

かつ、前記内側層及び前記外側層の各層表面における前記連結部の合計断面積は、前記各層ごとにその表面積の 10%以上 60%以下（以下、この面積割合を「連結部面積割合」という。）である請求項 1 に記載のロングノズル。

【請求項 3】

前記連結部は、前記空間領域を任意の横方向断面において円周方向に少なくとも 3 以上の同じ形状及び同じ面積の複数領域に分割したときに、いずれの横方向断面においても、その分割領域ごとの連結部面積割合が前記空間領域全体の連結部面積割合と同じとなるように、均等に分散して設置されている請求項 1 又は 2 に記載のロングノズル。

【請求項 4】

前記空間領域の横方向断面において、前記内側層及び前記外側層の各層表面と連結されている連結部の円周方向の長さが、それぞれ前記各層表面の円周方向の全長に連結部面積割合を乗じた値を当該横方向断面上の連結部の総個数で除した値である請求項 1～3 のいずれかに記載のロングノズル。

【請求項 5】

前記内側層の厚みは、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層の厚みの 1/2 以下である請求項 1～4 のいずれかに記載のロングノズル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、取鍋からタンディッシュへ溶鋼を排出するときの溶鋼経路となる内孔を縦方向に有する管状の耐火物構造体からなる連続鑄造用のロングノズルに関し、特に、その内孔面から外周方向に材質が異なる複数の耐火物層を備えるロングノズルに関する。

【背景技術】

【0002】

鋼の連続鑄造に際しては、従来から耐スポーリング性に優れた $Al_2O_3-SiO_2-C$ 質ノズルが広く使用されてきたが、近年の鋼種の多様化に伴って連続鑄造に使用する耐火物の損傷原因やその程度が、溶鋼側から供給される成分の影響を強く受けるようになってきた。

10

20

30

40

50

【0003】

特に、高酸素、高Mn等含有鋼等の、溶鋼による耐火物の脱炭作用や溶鋼中に存在するFeO、MnO、 B_2O_3 、 SiO_2 、CaO等の介在物（溶鋼中に存在する非金属介在物を総称して、以下「スラグ成分」ともいう。）による耐火物の損傷が激しい溶鋼の casting では、従来の $Al_2O_3-SiO_2-C$ 質の耐火物のみでは十分な耐用性が得られなくなってきた。

【0004】

このような状況下、ノズルの本体部（本体耐火物）は従来の $Al_2O_3-SiO_2-C$ 質の耐火物としつつ、その内孔面に耐食性の高い耐火物又は炭素含有量の低い耐火物による層を設置して、内孔面の損傷を低減し、又は溶鋼中への炭素の溶け込みを低減しようとする試みがなされてきた。このような技術により、内孔面の酸化や浸食による損傷は或る程度低減することができる。

10

【0005】

ロングノズルは、タンディッシュ交換時等にその温度が大きく変動し、かつ繰り返して使用されることで、熱衝撃に起因する破壊を生じやすい。特に、前述のように内孔側に高耐用性又は低炭素含有量の耐火物層を設置したノズル構造の場合、その内孔側の耐火物は一般的に従来の $Al_2O_3-SiO_2-C$ 質の本体耐火物よりも熱膨張が大きいことから、その膨張差に伴う熱応力によりその外周側の本体耐火物を破壊する危険性が更に大きくなる。

【0006】

ロングノズルの熱衝撃に起因する破壊を防止するために、例えば特許文献1には、横方向（鉛直に対しほぼ水平方向）に単一の層からなるノズルにおいて、浸漬される溶鋼面より下方で下端より手前のノズル壁内部に、ノズル内孔とほぼ同心の幅寸法1mm～5mm程度の環状スリットを形成した連続鑄造ノズルが提案されている。

20

【0007】

しかし、特許文献1のノズルでは使用初期（使用回数が少ない）段階では改善効果が認められるものの、使用回数が多くなると、スポーリング又は層の溶損等による厚さの減少に伴って、スリットより内孔側の層が破壊して剥離することがある。また、このようなスリットを有する構造において、内孔側の耐火物層として外周側の本体耐火物より熱膨張が大きい耐火物層を備える構造にした場合は、内孔側の耐火物層の剥離等に加え、外周側の本体耐火物の破壊も生じやすくなる。更に、スリット領域の一部に軽微な破壊を生じた場合にもその破壊が早期に拡大・伸長して、スリット領域全体の破壊を来すこととなる。このような現象の主たる原因は、スリットの内孔側面と外周側面との間が固定されていないことにある。

30

【0008】

スリットの内孔側面と外周側面との間の固定に関して、特許文献2には、ノズル本体の軸線方向にガス吹き込み用の環状断面の中空室を形成すると共に同中空室と注出孔との間にガス透過体を配置し、更に同中空室の半径方向の内側壁と外側壁とを部分的に一体連結する多数の連結部を設けたガス吹き込み型鑄造ノズル（浸漬ノズル）において、前記連結部の縦断面積の総計を中空室の展開面積の略30～70%とすることが提案されている。この特許文献2のノズルは、連結部を伝熱層として機能させることにより、外側層と内側層との間の温度差を早期に解消し、その熱応力及びそれに伴う破壊を防止しようとするものである。

40

【0009】

しかし特許文献2のノズルは、スリット（中空室）を、ガスを保持し通過させる経路として存在させることを前提としており、しかも浸漬ノズルに関するものであってその熱的条件は、大きな温度変化や繰り返して使用されるロングノズルとは異なる。すなわち、特許文献2の場合にはガスが所定の圧損を生じることなく所定の流量を維持しつつ、かつ長時間の静的な温度勾配をできるだけ小さくするために、スリット及びその連結部を特定の構造等にするものであって、その構造は応力緩和を目的として特定されたものではない。

50

応力緩和を主たる目的とするスリット構造を備えるロングノズルにおいては、特許文献 2 のスリット及び連結部の設置条件では応力緩和機能が不十分であって、破壊を十分に防止することはできない。また、応力緩和効果は、スリットの内孔側及び外周側の各耐火物の熱膨張率その他の物性の相対的な関係、及びロングノズルの構造によって大きく異なるので、特許文献 2 の技術をロングノズルに適用することはできない。

【0010】

このように、ロングノズル、特にその内孔面から外周方向に材質が異なる複数の層を備えた連続鋳造用のロングノズルの破壊を効果的に防止する構造は、未だ確立されていない。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0011】

【特許文献 1】特開 2005-279723 号公報

【特許文献 2】実開昭 62-015849 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明が解決しようとする課題は、特に高酸素含有鋼、珪瑯鋼等の溶鋼自体の酸化性が強い、又は $Nb_2O_5 - FeO - MnO - Al_2O_3 - SiO_2 - CaO$ 系などの耐火物にとって浸食性の強い複合酸化物系の鋼中介在物（すなわち浸食性の強いスラグ成分）を含む溶鋼等を注湯するロングノズルの複数回の使用において、内孔面にこれらの溶鋼への耐用性に優れる耐火物層を備え、その外周側に材質が異なる耐火物層を備えた複数層構造を有するロングノズルの、溶鋼浸漬部を中心とする破壊を抑制して、耐用性を高めることにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、次の（１）～（５）に記載のロングノズルを提供する。

（１）溶鋼経路としての内孔を縦方向に有する管状の耐火物構造体からなり、この管状の耐火物構造体の少なくとも溶鋼浸漬部を含む一部又は全部の領域が、内孔に面する内側層及び当該内側層の半径方向外側に隣接する外側層を備えるロングノズルにおいて、

30

前記内側層の、横方向断面における半径方向長さ（以下「厚み」という。）は、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層の厚み以下であって、これらの内側層と外側層との間に空間が設けられており、

前記空間の厚みは、下記の式 1 及び式 2 の条件を満たし、

前記空間が設けられた空間領域には、内側層と外側層を連結する柱状の連結部が複数設置されていることを特徴とするロングノズル。

$$(R_i \times \alpha_i / 100 - R_o \times \alpha_o / 100) \leq S_t \leq 2.5 \quad \dots \text{式 1}$$

$$\alpha_o \leq \alpha_i \quad \dots \text{式 2}$$

ここで、前記の式 1 及び式 2 中の各記号の意味は次の通りである。

S_t ：空間の厚み（mm）

40

R_i ：内側層の空間側の半径（mm）

α_i ：内側層の耐火物の 1500℃における熱膨張率（％）

R_o ：外側層の空間側の半径（mm）

α_o ：外側層の耐火物の 1500℃における熱膨張率（％）

（２）前記連結部は、当該ロングノズルの横方向断面の円周上において連続する最長の領域がその円周上の 1/2 以下であるように、連続又は分散し、

かつ、前記内側層及び前記外側層の各層表面における前記連結部の合計断面積は、前記各層ごとにその表面積の 10％以上 60％以下（以下、この面積割合を「連結部面積割合」という。）である（１）に記載のロングノズル。

（３）前記連結部は、前記空間領域を任意の横方向断面において円周方向に 3 以上の同じ

50

形状及び同じ面積の複数領域に分割したときに、いずれの横方向断面においても、その分割領域ごとの連結部面積割合が前記空間領域全体の連結部面積割合と同じとなるように、均等に分散して設置されている（１）又は（２）に記載のロングノズル。

（４）前記空間領域の横方向断面において、前記内側層及び前記外側層の各層表面と連結されている連結部の円周方向の長さが、それぞれ前記各層表面の円周方向の全長に連結部面積割合を乗じた値を当該横方向断面上の連結部の総個数で除した値である（１）～（３）のいずれかに記載のロングノズル。

（５）前記内側層の厚みは、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層の厚みの $1/2$ 以下である請求項（１）～（４）のいずれかに記載のロングノズル。

【発明の効果】

10

【００１４】

本発明により、酸化性が強い又は浸食性の強いスラグ成分を含む溶鋼等を注湯するために内孔面にこれらの溶鋼への耐用性に優れる耐火物層を備えたロングノズルの、酸化や浸食に対する高い耐用性を維持しつつ、溶鋼浸漬部を中心とする破壊を抑制して、ロングノズルの耐用性を更に高めることができる。特に、複数チャージ（「１チャージ」とは取鍋１つ分の溶鋼鑄造をいう。）の安定した鑄造が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１】本発明のロングノズルの一例を示す縦方向断面図である。

【図２】図１のロングノズルの下部の縦方向拡大断面図である。

20

【図３】本発明のロングノズルの他の例（上方まで空間を設置した例）を示す縦方向断面図である。

【図４】本発明のロングノズルにおける連結部の形状及び配置の例を示す展開図である。

【図５】ロングノズルにおける発生応力と応力破壊限界値との関係を示す図である。

【図６】シミュレーションによる連結部面積割合と発生応力（指数）との関係を示す図である。

【図７】鋼の鑄造に供した回数（チャージ数）ごとに耐火物の熱膨張率（曲線）の変化を測定した例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

30

図１は本発明のロングノズルの一例を示す縦方向断面図、図２は図１のロングノズルの下部の縦方向拡大断面図である。

【００１７】

以下、本発明を詳細に説明する。

【００１８】

図１及び図２に参照して説明すると、本発明のロングノズル１は、溶鋼経路としての内孔２を縦方向に有する管状の耐火物構造体からなり、この管状の耐火物構造体の少なくとも溶鋼浸漬部（使用時に溶鋼に浸漬される部分）３を含む一部又は全部の領域が、内孔１に面する内側層４及び当該内側層の半径方向外側に隣接する外側層５を備える複数層構造を有する。内側層４の厚み（横方向断面における半径方向長さ）は、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層５の厚み以下であって、これらの内側層４と外側層５との間に空間６が設けられている。この空間６の厚みは、前記の式１及び式２の条件を満たし、更に空間６が設けられた空間領域７には、内側層４と外側層５を連結する柱状の連結部８が複数設置されている。

40

【００１９】

このように本発明では、内側層４が熱により膨張しても外側層５に直接接触しない領域としての空間６を設けて応力を低減するようにしている。すなわち、各層（内側層４及び外側層５）の相対的な独立性を高めて、これらが相互に密着することにより生じる熱的又は機械的な応力を緩和するようにしている。このような基本構成において、本発明は更に空間６の厚みが前記の式１及び式２の条件を満たすようにすることで、前記の課題を解決

50

している。以下、具体的に説明する。

【0020】

前記の式1は、内側層の耐火物の熱膨張率が外側層の耐火物の熱膨張率よりも大きい場合（式2）において、内側層の膨張により外側層に接触することがない空間厚みの条件を示している。この式1を満たしさえすれば、内側層が外側層を圧迫することがないので、複数層構造に起因する応力は、外側層にも内側層にも発生しないことになる。

【0021】

この式1及び式2の α_i 及び α_o は、1500℃におけるそれぞれの耐火物の熱膨張率（%）である。この熱膨張率は、ロングノズルの使用チャージ数に応じた耐火物の熱負荷回数後の熱膨張率とすればよい。

10

【0022】

ここで本発明者らは、耐火物の熱膨張率は例えば図7に示すように、熱負荷回数の増加に伴ってその組織の変質により増大することをみいだした。この図7は、 Al_2O_3 が86質量%、 MgO が10質量%、炭素3質量%からなるスピネル質耐火物からなる内側層用の耐火物を高Nb含有（約4～6ppm）鋼の鑄造に供した回数（チャージ数）ごとに耐火物の熱膨張率（曲線）の変化を測定した例を示す。図7より、チャージ数が増加するにしたがって、1500℃における熱膨張率も大きくなることがわかる。このことはチャージ数が増加するごとに鑄造初期での熱衝撃による破壊が生じやすくなることを示す。したがって、前記の式1及び式2において内側層の熱膨張率 α_i 及び外側層の熱膨張率 α_o としては、求める耐用性すなわち破壊を生じないで安定して鑄造するための目標チャージ数に対応した熱膨張率をそれぞれ設定すればよい。例えば、2チャージ目での破壊を抑制すればよい場合は、2チャージ後に対応する熱膨張率を用いればよいが、3チャージ目以降の破壊は抑制することが困難で破壊する危険性が高まることになる。同様に4チャージ目の破壊を抑制することができるよう、4チャージ後に対応する熱膨張率を用いた場合は、3チャージ目までの鑄造も破壊を生じないで安定して鑄造することができることになる。なお、ロングノズルを複数チャージ連続使用する際の下端付近は全体が溶鋼内に浸漬された状態になるので、式1及び式2における内側層の熱膨張率 α_i も外側層の熱膨張率 α_o も共に溶鋼温度に等しい1500℃における熱膨張率を用いればよい。

20

【0023】

これらの1500℃における熱膨張率 α_i 及び α_o は、JIS R 2207に準じた方法で得た、かつその繰り返し測定での熱間の値を用いることが好ましいが、本発明では α_i 及び α_o との相対的な関係が重要なので、 α_i 及び α_o を同じ条件で測定すれば、測定方法は特定する必要はない。

30

【0024】

前述のとおり、本発明のロングノズルでは内側層と外側層との間に空間を設けるが、CIP成形、乾燥ないし焼成の各工程を含む通常のロングノズルの製造方法において、このような空間を設ける場合、その空間の厚みが大きくなるほど耐火物構造体としての高い精度を確保することが困難になる。そこで、本発明において空間の厚みの上限は、経験上、高精度で安定した品質を得る観点から、2.5mmとした。空間の厚みが2.5mm以下であれば、空間の厚みを高精度（±約10%以内）に確保することができ、耐火物の充填度等の品質のバラツキも空間のない場合と同程度の範囲内に収めることができる。

40

【0025】

一方、ロングノズルは熱衝撃と共に溶鋼流による機械的衝撃等によって内側層が破壊して剥離することがあるので、各層間を相対的に完全な独立状態とすることは好ましくない。したがって、ノズルの本体部（外側層）に内側層を保持すること、すなわち一部では連結させることが必要である。この連結に関して、例えば溶鋼浸漬部より下方に独立領域（空間領域）を備える構造において、その空間領域の上下端部分のみを連結した状態では、その縦方向の長さに依存するが、その縦方向の長さが長くなるほど独立領域での内側層の剥離等を防止する機能は極めて小さくなって、却ってロングノズルの耐用性を低下させることもある。また、この空間領域で層間を連結することは、各層の相対的な独立性を低下

50

させ相互の影響を高めることになるので、この連結の形態は、ロングノズルの破壊や剥離防止に対し大きく影響する。

【0026】

そこで、本発明においては前記の連結部として、内側層と外側層を連結する柱状の連結部を複数個設置している。

【0027】

この連結部の面積割合を本発明では「連結部面積割合」という。すなわち、連結部面積割合とは、連結部の各層表面における合計断面積が、それぞれ各層ごとにその表面積に占める割合という。これを図4（本発明のロングノズルにおける連結部の形状及び配置の例を示す展開図）を参照して説明すると、同図中の長方形全体の面積が各層（内側層4、外側層5）の表面積であり、円の合計面積が連結部8の各層表面における合計断面積である。すなわち、図4によると連結部面積割合は、以下の式で表される。

$$\text{連結部面積割合}(\%) = (\text{円の合計面積} / \text{長方形全体の面積}) \times 100$$

【0028】

この連結部面積割合は各層（内側層4、外側層5）ごとに計算されるが、一般的なロングノズルでは、各層ごとに計算される連結部面積割合がいずれも10%以上60%以下であることが好ましく、10%以上30%以下であることがより好ましい。

【0029】

連結部面積割合が10%未満の場合は鋳造時の溶鋼の吐出状態によってはその衝撃により内側層が破壊しやすくなり、60%を超えると前記空間の応力緩和機能が小さくなって、外側層が内側層に押される形態での破壊が生じやすくなる。また、30%付近から応力緩和程度が急激に高まるので30%以下であることがより好ましい。

【0030】

更に連結部は、当該ロングノズルの横方向断面の円周上において連続する最長の領域がその円周上の1/2以下となるように分散し、分割し、分散させることが好ましい。連続する領域が1/2を超えると、幾何学的に内側層が外側層に半周以上拘束されることになって前記空間の応力緩和機能が小さくなる。したがって、一つの連続する領域はその円周上の1/2以下となるように分割し、分散させることが好ましい。これを言い換えると、前記の連結部面積割合が10%以上50%以下の場合は、その連結部全てが一つの連続した状態となっていてよく、50%を超え60%以下の場合は、その連結部が複数の分散した状態となっていて、しかもそのうちの最長の連結部は円周の1/2以下にすることが好ましいということである。

【0031】

また連結部は、前記空間領域を任意の横方向断面において円周方向に3以上の同じ形状及び同じ面積の複数領域に分割したときに、いずれの横方向断面においても、その分割領域ごとの連結部面積割合が前記空間領域全体の連結部面積割合と同じとなるように、均等に分散していることがさらに好ましい。空間領域の横方向断面における円周上に連結部を設置することは、半径方向の層相互を連結により固定することである。この空間領域をその横方向断面において円周方向に3以上の同じ形状及び同じ面積の複数領域に分割するのは、ロングノズルの横方向断面における半径方向の挙動・変位による応力を緩和するためにはできる限り多数点で分散することが好ましいからである。そして、いずれの横方向断面においても、その分割領域ごとの連結部面積割合を空間領域全体の連結部面積割合と同じ値とすることで、連結部が当該空間領域内のいずれの横方向断面上においても均等に分散していることとなり、かつその縦方向断面でも均等に分散している構造とすることができる。

【0032】

更に連結部は、前記空間領域の横方向断面において、内側層及び外側層の各層表面と連結されている連結部の円周方向の長さが、それぞれ前記各層表面の円周方向の全長に連結部面積割合を乗じた値を当該横方向断面上の連結部の総個数で除した値であることが好ましい。これにより、連結部ごとの連結部面積の極端なバラツキは必然的に生じ得ないこと

10

20

30

40

50

となる。

【0033】

なお、空間領域の縦方向断面における連結部は、その横方向断面の円周方向のような厳格な均等分散や配置をする必要はない。その理由は、少なくとも空間領域の上端部又は上端部と下端部では固定されていることから、当初からある程度の拘束と応力分散の効果が備わっていること、及び、前記の横方向断面の円周上の連結部の均等配置により必然的に連結部分が増えることになるからである。しかし、均等に応力を分散させるために、縦方向断面においても連結部はできる限り均等に配置することが好ましい

【0034】

各連結部の材質は、鑄造用ロングノズルに使用可能な耐火物であればいずれの材質でもよいが、熱膨張率については、当該ロングノズルの内側層の耐火物の値と外側層の耐火物の値との範囲内にあることが好ましい。更に各連結部の材質は、外側層の耐火物と同じ耐火物又はそれと同程度の熱膨張率と強度を備えた耐火物であることが好ましい。これは外側層の耐火物を連結部として設置する方が、これより熱膨張率が高い内側層の耐火物を設置するよりも応力が緩和される傾向になるためである。

【0035】

各連結部のロングノズル縦方向の断面形状は、前述の諸手段によって分散状態を維持した上で、任意の断面形状、大きさにすればよい。応力分散効果を最大化するためには図4に示したように円形、又はできるだけ円に近い形状であることが好ましい。しかし、その断面形状の最大長さが5mm未満になると、経験上、はい土の粒度構成や成形時の条件によって連結部の充填性が低下しやすくなって、連結部の密度や強度のバラツキも大きくなる等の現象が生じやすくなるので好ましくない。

【0036】

内側層の厚みは、その内側層の半径方向外側に隣接する外側層の厚みよりも大きくなると、外側層が破壊する危険性が高くなる。したがって、内側層の厚みは外側層の厚み以下であることが必要であり、外側層の厚みの $1/2$ 以下であることが好ましい。具体的な内側層の厚みは、前記のように外側層の厚さとの相対的なバランスを考慮した上で、個別の操業条件に応じて求める耐用性を満足するように決定すればよい。しかし一方では、内孔の直径が200mm以上220mm以下程度のロングノズルにおいて内側層の厚みが5mm未満になると、その内側層に期待する耐食性や耐摩耗性を確保することが困難になると共に熱衝撃や機械的衝撃等によって破壊する危険性が高まるので、5mm以上であることが経験上好ましい。

【0037】

ロングノズル下端においては、内側層と外側層との間の空間内にスラグ等が侵入して当該空間を充填しない限り、すなわち空間の下端からスラグが侵入しても、その下端から数十mm程度までの侵入・充填で止まる程度であれば、本発明の効果を損なうことはない。例えば、空間の厚みが1.0mm以下程度であれば、その空間からスラグが侵入しても、侵入領域の高さは約20mm以下程度で止まる。しかし、そのようにスラグが侵入した場合には、その領域での内側層と外側層の間はほぼ全面が連結した状態に近くなる。溶鋼温度付近ではその侵入したスラグは軟化して応力を緩和する機能がある程度あるものの、外側層を破壊する危険性は高まる傾向となるので、スラグや溶鋼が空間内に侵入しないように、空間は外部とは隔離された閉空間とすることが好ましい。

【0038】

この空間はロングノズルの内孔全体に沿うように設けてもよいが、少なくとも溶鋼に浸漬されて熱衝撃性及び熱負荷が継続的に及ぶ溶鋼浸漬部に設けておけばよい。なお、例えば図3に示すように、空間をロングノズルの溶鋼浸漬部よりも上方部分にする際には、その部分の外側層は溶鋼浸漬部よりも低い温度であることが多いので、個別の操業条件に応じた注湯開始時のロングノズルの熱的な条件（予熱や残熱等）を考慮して、式1の α_0 の基準「外側層の耐火物の1500℃における熱膨張率（％）」を、「外側層の耐火物の個別の熱的条件下の温度における熱膨張率（％）」に修正した値（以下「 α_{or} 」と表記す

る。)を用いることが好ましい。すなわち、この場合の式 1 及び式 2 は次の式 3 及び式 4 のように表すことができる。

$$(R_i \times \alpha_i / 100 - R_o \times \alpha_{or} / 100) \leq S_t \leq 2.5 \quad \dots \text{式 3}$$

$$\alpha_o \leq \alpha_i \quad \dots \text{式 4}$$

ここで、前記の式 3 及び式 4 中の各記号の意味は次の通りである。

S_t : 空間の厚み (mm)

R_i : 内側層の空間側の半径 (mm)

α_i : 内側層の耐火物の 1500℃における熱膨張率 (%)

R_o : 外側層の空間側の半径 (mm)

α_{or} : 外側層の耐火物の個別の熱的条件下の温度における熱膨張率 (%)

10

【0039】

ロングノズルの形状は、内孔径が縦方向にほぼ同一なもの、溶鋼浸漬部を含む下方が拡張したもの等いずれでもよく、制限はない。

【0040】

次に、本発明のロングノズルの製造方法について述べる。

【0041】

本発明のロングノズルは、通常の一般的な製造方法、すなわち、耐火物はい土を C I P (Cold Isostatic Press) 装置により成形し、焼成、加工する等の方法によって製造することができる。複数の耐火物層からなる複数層構造にするためには、C I P 成形時に、異なる耐火物はい土の層となる領域ごとに空間を仕切り、それぞれの仕切られた空間に異なる耐火物はい土を充填して成形すればよい。

20

【0042】

層間の空間を形成するには、前記の複数層構造に成形する方法において、例えば、空間を設置する層の境界に、焼成(加熱)時に燃焼又は揮発して消失する物質からなり、その消失後に目的とする空間厚みを確保できる厚さの隔壁を設置しておく方法を採用することができる。なお、これら各層は、前述のように C I P 成形において同時に成形することも可能であるが、別工程にて予め例えば円筒状に成形した耐火物成形体を設置して、その周囲に他のはい土を充填して加圧成形する方法を採用することもできる。

【0043】

連結部を形成するには、前記の隔壁の中で連結部とする部分を任意の形状にて除去しておき、その除去した部分に耐火物はい土が充填するようにすればよい。

30

【0044】

なお、焼成温度、加工等の条件も、採用する耐火物の特性に応じてそれらの最適な物性等を得る条件とすることを考慮しつつ、一般的なロングノズルの製造方法に準じて設定し、実施すればよい。

【実施例】

【0045】

[計算例 1]

本計算例は、実操業において破壊したロングノズル及びその耐火物を基礎にして、破壊応力と発生応力を計算(シミュレーション)により検証したものである。

40

【0046】

シミュレーションには、自社開発三次元(熱)応力解析 F E M を使用した。この自社開発三次元(熱)応力解析 F E M での入力パラメータは、以下の通りである。

・計算セル数: 半径方向 13 分割(内側層 2 分割、空間 1 分割、外側層(本体) 10 分割)、周及びノズル長さ方向それぞれ 2 分割。13 × 2 × 2 = 52 セル

・空間の厚み(S_t): 1 mm

この場合、式 1 による S_t は、 ≥ 0.93 mm である。

・内孔の半径: 104 mm

・内側層の空間側の半径(R_i): 110.5 mm

・外側層の空間側の半径(R_o): 111.5 mm

50

- ・ 外側層の最外面の半径（ R_o ＋外側層厚み）：145mm
- ・ 内側層の耐火物の1500℃における熱膨張率（ α_i ）：1.55%
- ・ 外側層の耐火物の1500℃における熱膨張率（ α_o ）：0.70%
- ・ 連結部面積割合：100%、60%、30%
- ・ 耐火物及び層構造：表1に示す。
- ・ 連結部の形状：表1に示す。
- ・ 連結部の配置：空間領域を任意の横方向断面において円周方向に少なくとも3以上の同じ形状及び同じ面積の複数領域に分割したときに、いずれの横方向断面においても、その分割領域ごとの連結部面積割合が空間領域全体の連結部面積割合と同じとなるように、均等に分散している。

【0047】

【表 1】

			計算例 1		計算例 2	
			内側層	外側層	内側層	外側層
耐火物の物性	曲げ強度[MPa]	at 1500°C	3.8	5.0	3.8	5.0
	弾性率[GPa]	at 1500°C	19.9	7.6	19.9	7.6
	熱膨張率[%]	at 1500°C	α_i 1.55	α_o 0.70	α_i 1.55	α_o 0.70
	熱伝導率[W/m·K]		0.1	15.9	0.1	15.9
耐火物の化学成分 [質量%]	Al ₂ O ₃		86.0	65.0	86.0	65.0
	SiO ₂			SiC=5	-	SiC=5
	C		3.0	34.0	3.0	34.0
	MgO		10.0	-	10.0	-
層構造	横方向断面		円	円	円	円
	厚み[mm]	層	10	30	7	33
	空間部縦方向長さ [mm]	空間 層	1.0	1.0	1.0	1.0
	空間部縦方向長さ [mm]		360mm	360mm	360mm	360mm
連結部の形状	断面		円	円	円	円
	断面の最大長さ(直径)[mm]		40mm	40mm	40mm	40mm
			外側層耐火物	外側層耐火物	外側層耐火物	外側層耐火物

【0048】

なお、本計算例の内側層の耐火物及び外側層の耐火物を初回昇温した際の1500°Cにおける熱膨張率はそれぞれ1.55%であるが、2回目昇温後の1500°Cにおける熱膨張率はそれぞれ0.70%である。実操業においては2回目の鑄造初期に破壊を生じたので、この2回目昇温後の熱膨張率の値を用いて計算を行った。

【0049】

シミュレーションの結果を図5に示す。前記の条件の下、空間を設けない場合に外側層

10

20

30

40

50

の破壊が生じない発生応力を計算すると、その限界（破壊限界応力値）は、 5.0 MPa となる。使用前（新品）の初回昇温時の最大発生応力は空間を設けない場合でも 3.7 MPa と前記限界値 5.0 MPa よりも小さくなり破壊しないことがわかる。しかし、一度鑄造に供した後に相当する2回目昇温後（使用後）の最大発生応力は 5.5 MPa となって前記限界値 5.0 MPa よりも大きくなり、破壊を生じることがわかる。一方、内側層と外側層との間に 1 mm 厚の空間を設けた場合には、連結部面積割合が 60% の場合に前記の最大発生応力は 5.0 MPa となり、それよりも小さい割合の例である 30% では最大発生応力はさらに小さい 3.8 MPa となり、ノズルはより破壊しにくくなることがわかる。

【0050】

10

[計算例2]

本計算例では、連結部面積割合を 100 、 60 、 30 、 20 、 10% と変化させた場合の発生応力を計算（シミュレーション）した。シミュレーションの条件は、内側層の厚み以外は前記の計算例1と同じである。なお、耐火物及び層構造は表1の通りである。

【0051】

このシミュレーションによる連結部面積割合と発生応力の関係を図6に示す。図6の縦軸は、連結部面積割合が 100 、すなわち空間がない場合の発生応力を 100 とする指数である。図6に示す通り、連結部面積割合が 60% になると、前記の計算例1に示すと同様に発生応力指数が応力破壊限界値である 5 MPa に相当する 90% に減少し、連結部面積割合の低下に伴い発生応力指数は漸次減少し、 30% 以下では発生応力指数がより顕著に減少する傾向となり、連結部面積割合が 10% になると発生応力指数は 27 まで低下していることがわかる。

20

【0052】

このように連結部面積割合を小さくすると発生応力が低下するが、当該ロングノズルを破壊させないためには、この外側層耐火物の破壊限界値である発生応力を基準にすると連結部面積割合を 60% 以下にすればよいことがわかる。また操業上の諸条件のバラツキ等に対するいわゆる安全率をも考慮すると、連結部面積割合は、発生応力指数がより顕著に減少する 30% 以下であることがより好ましいことがわかる。

【0053】

[実施例A]

30

実施例Aは、本発明のロングノズルについて、連結部面積割合と内側層及び外側層の破壊（亀裂、剥離、その他の損傷形態全てを含む）との関係を、実形状及び実鑄造において評価した。

【0054】

供試料は、溶鋼浸漬部を含みロングノズルの下端からの約 $1/3$ の領域の内孔表面に内側層を設置した、内孔から外周に向かって複数の耐火物層からなり、内側層の厚みはその外側層の厚み以下で、内側層とその内側層に隣接する外側層との間に空間が設置されており、空間には内側層と外側層を連結する柱状の連結部が複数個設置されているロングノズルであり、具体的には以下の通りである。

- ・空間の厚み（ S_t ）： 1 mm
- ・この場合、式1による S_t は、 $\geq 0.93 \text{ mm}$ である。
- ・内孔の半径： 104 mm
- ・内側層の空間側の半径（ R_i ）： 110.5 mm
- ・外側層の空間側の半径（ R_o ）： 111.5 mm
- ・外側層の最外面の半径（ $R_o + \text{外側層厚み}$ ）： 145 mm
- ・内側層の耐火物の 1500°C における熱膨張率（ α_i ）： 1.55%
- ・外側層の耐火物の 1500°C における熱膨張率（ α_o ）： 0.70%
- ・連結部の形状：円形、直径 $\phi 40 \text{ mm}$
- ・連結部の配置：空間領域の任意の横方向断面において円周方向に均等に分散している。

40

試験条件、評価基準及びその方法は次の通りである。すなわち、実形状のロングノズル

50

を用いて、1チャージが約120～130分間の鋼の連続鑄造にて複数チャージ使用し、使用後に供試料の状態（亀裂の発生有無及び内側層の脱落の発生有無）を確認した。

【0055】

評価結果を表2に示す。各評価結果において全てが○である場合を総合評価として○（合格）とし、それ以外は×（不合格）とした。

【0056】

【表2】

	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例	実施例
	1	2	3	4	5	6
連結部面積割合 [%]	8	10	20	30	60	70
評価① ○…外側層破壊:なし ×…外側層破壊:あり	○	○	○	○	○	×
評価② ○…内側層りの破壊:なし ×…内側層りの破壊:あり	×	○	○	○	○	○
総合評価	×	○	○	○	○	×

10

【0057】

連結部面積割合が10%以上60%以下の条件である実施例2～実施例5は、内側層が外側層を押し割ることがなく、また、内側層に脱落はなく健全に残存していることが確認された。

20

【0058】

これらに対し連結部面積割合が8%である実施例1では、評価1において外側層には破壊が生じず外側層は健全であるが、評価2において内側層に破壊（亀裂ないし剥離）が生じた。また連結部面積割合が70%である実施例6では、評価1において外側層に破壊（亀裂）が生じたが、評価2において内側層には破壊が生じず、内側層は健全であった。

【0059】

すなわち当該実施例Aの条件下では、連結部面積割合が60%以下の場合に外側層の破壊がなく、また連結部面積割合が10%以上の場合に内側層の破壊がなく、本発明の効果が得られることがわかる。

【0060】

なお、外側層の耐火物の破壊限界値である発生応力の絶対値は適用する耐火物の特性によって変化するものであって、その特性値は任意に変化させて採用することができる。当該実施例Aは破壊限界値である発生応力が5.0MPaであって、5.0MPaを境界とする連結面積割合を基準にする例である。また内側層の破壊に関しても同様に、連結面積割合はその内側層に採用する耐火物の物性によって変動する。言い換えれば、連結面積割合は外側層及び内側層の各耐火物の破壊に関する特性に応じてその破壊限界値を境界条件として、破壊しない範囲を設定すればよく、その意味で連結面積割合は任意に決定することのできる最適化事項又は設計事項でもある。ただし、当該実施例Aで採用した外側層及び内側層の各耐火物の破壊に関する特性はロングノズルにおいて標準的な特性であるので、一般的には連結部面積割合は10%以上60%以下であることが好ましいといえる。

30

40

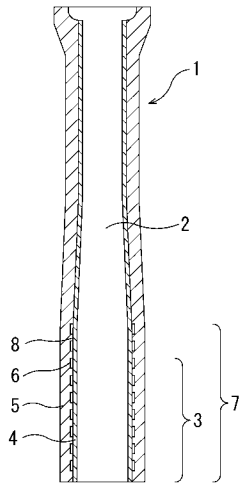
【符号の説明】

【0061】

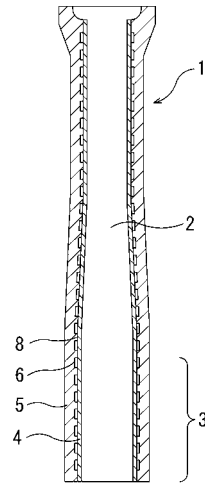
- 1 ロングノズル
- 2 内孔
- 3 溶鋼浸漬部
- 4 内側層
- 5 外側層
- 6 空間
- 7 空間領域
- 8 連結部

50

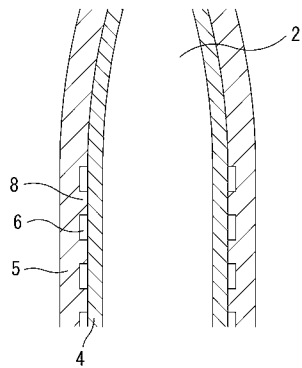
【図 1】



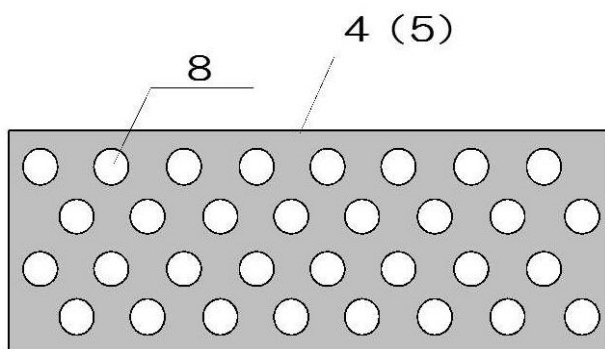
【図 3】



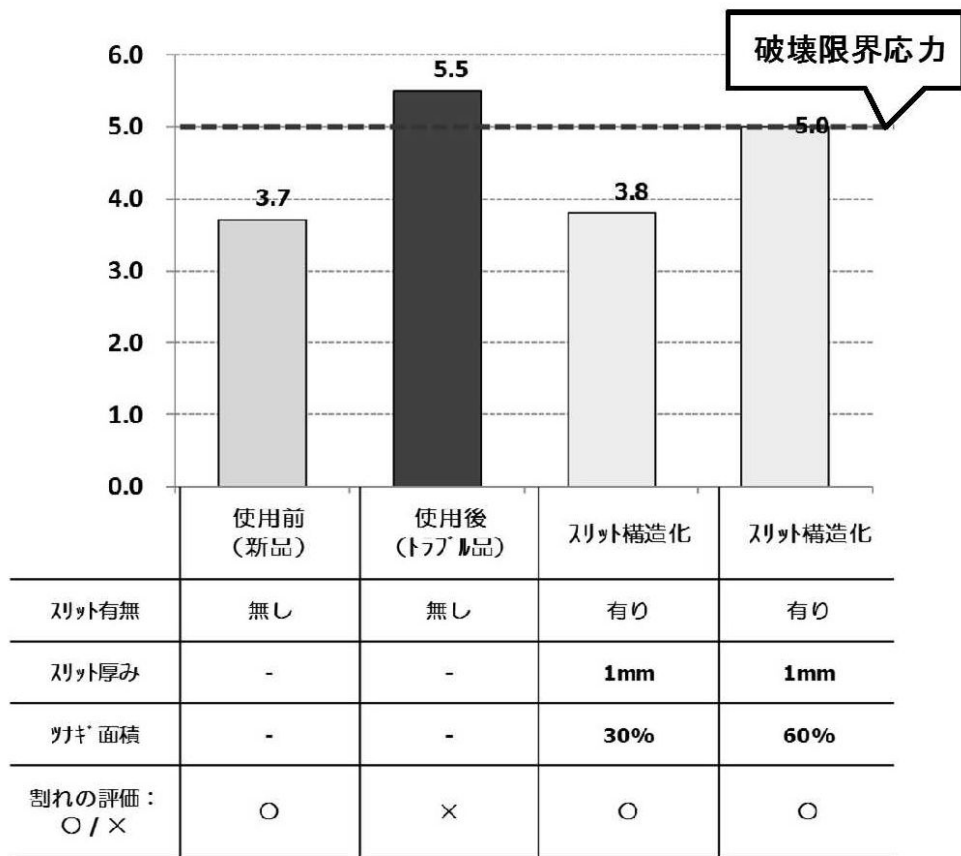
【図 2】



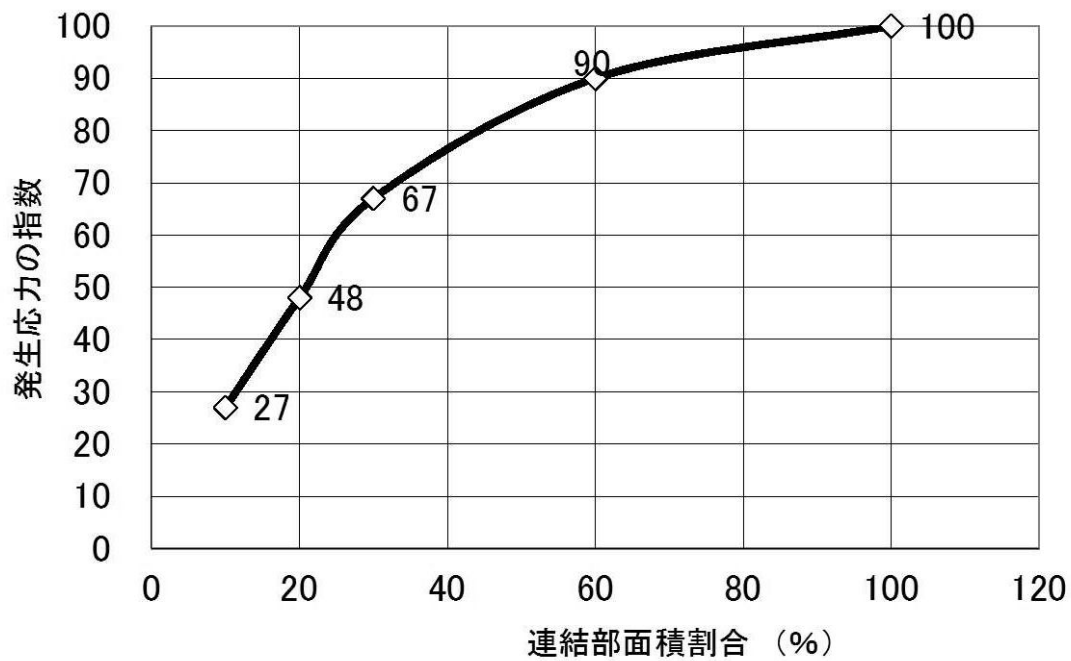
【図 4】



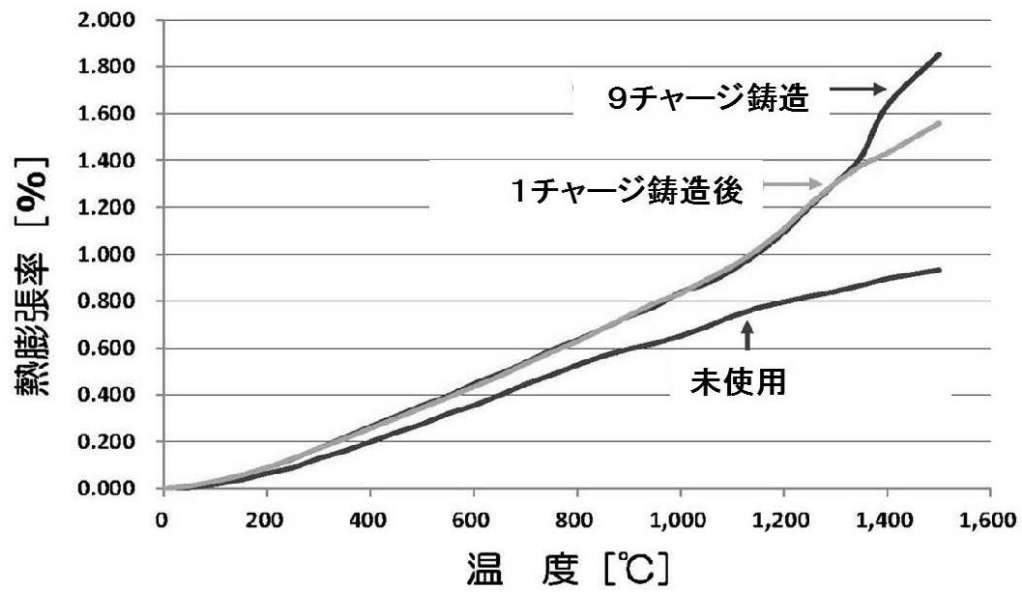
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 栗栖 譲二

北九州市八幡西区東浜町1番1号 黒崎播磨株式会社内

(72)発明者 福永 新一

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 FA10

4E014 DB01 EA01