

(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2020-171966

(P2020-171966A)

(43) 公開日 令和2年10月22日(2020.10.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 2 D 11/108 (2006.01)	B 2 2 D 11/108	F 4 E 0 0 4
C 2 1 C 7/076 (2006.01)	C 2 1 C 7/076	P 4 K 0 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2020-67419 (P2020-67419)
 (22) 出願日 令和2年4月3日 (2020.4.3)
 (31) 優先権主張番号 特願2019-73682 (P2019-73682)
 (32) 優先日 平成31年4月8日 (2019.4.8)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)

(71) 出願人 000006655
 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 100087398
 弁理士 水野 勝文
 (74) 代理人 100128783
 弁理士 井出 真
 (72) 発明者 山本 華乃子
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日
 本製鉄株式会社内
 (72) 発明者 原田 寛
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日
 本製鉄株式会社内
 Fターム(参考) 4E004 MB14
 4K013 EA01 EA03 EA04 EA05 EA09
 EA15

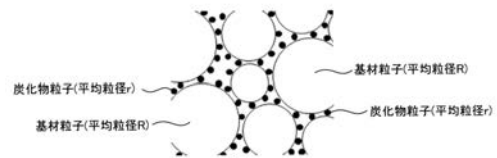
(54) 【発明の名称】 連続鋳造用モールドフラックス

(57) 【要約】

【課題】 鋳片の浸炭を防止するとともに、モールドフラックスの熔融速度を適正範囲内とすることができる連続鋳造用モールドフラックスを提供する。

【解決手段】 本発明は、カーボン粒子を含有していない連続鋳造用モールドフラックスであって、基材粒子及び炭化物粒子を有する。炭化物粒子は、Si、B、Al、Ti、Zr及びVの群から選択される少なくとも1種の炭化物で形成された粒子である。炭化物粒子の平均粒径を20 μm以上とするか、基材粒子の平均粒径を200 μm以上とする。基材粒子の平均粒径(R)に対する炭化物粒子の平均粒径(r)の比(平均粒径比r/R)は、0.100以下である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カーボン粒子を含有していない連続鋳造用モールドフラックスであって、
 基材粒子と、
 Si、B、Al、Ti、Zr 及び V の群から選択される少なくとも 1 種の炭化物で形成された炭化物粒子と、を有し、
 前記炭化物粒子の平均粒径は 20 μm 以上であり、
 前記基材粒子の平均粒径に対する前記炭化物粒子の平均粒径の比が 0.100 以下である、
 ことを特徴とする連続鋳造用モールドフラックス。

10

【請求項 2】

前記炭化物粒子の含有量は、100 質量%の前記基材粒子に対して 0.1 ~ 10 質量%であることを特徴とする請求項 1 に記載の連続鋳造用モールドフラックス。

【請求項 3】

前記炭化物粒子の平均粒径が 50 μm 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の連続鋳造用モールドフラックス。

【請求項 4】

カーボン粒子を含有していない連続鋳造用モールドフラックスであって、
 基材粒子と、
 Si、B、Al、Ti、Zr 及び V の群から選択される少なくとも 1 種の炭化物で形成された炭化物粒子と、を有し、
 前記基材粒子の平均粒径は 200 μm 以上であり、
 前記基材粒子の平均粒径に対する前記炭化物粒子の平均粒径の比が 0.100 以下である、
 ことを特徴とする連続鋳造用モールドフラックス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続鋳造において、鋳型内の溶鋼に添加される連続鋳造用モールドフラックスに関する。

30

【背景技術】

【0002】

鋼の連続鋳造では、主に、鋳型及び凝固シェルの中の潤滑性を担保する目的として、鋳型内の溶鋼の上面にモールドフラックス(モールドパウダーともいう)が添加される。

【0003】

特許文献 1 に記載の連続鋳造パウダーでは、パウダーマトリックス中において、鋳型内溶鋼温度よりも高い融点を有する化合物粒子(炭化物等)と、金属粒子とを含有している。そして、特許文献 1 では、エッジシームの発生を防止することを目的としている。

【0004】

特許文献 2 に記載の連続鋳造用フラックスでは、フラックス材に対して、溶融速度調整材として、SiC 粉末、粉末金属 Si、細粒カーボン及び粗粒カーボンのうちの 1 種又は 2 種以上を添加している。そして、特許文献 2 では、フラックスの溶融速度をコントロールすることと、カーボン粒子の添加量を低減することを目的としている。

40

【0005】

特許文献 3 に記載の連続鋳造用鋳型添加剤では、炭素粒子の含有量が 3.0 重量%以下で、母材粒子より体積平均粒径の小さい炭化物粒子を 0.5 ~ 10 重量%含有している。また、炭素粒子を実質的に含有せず、炭化物粒子を 1.0 ~ 10 重量%含有している。そして、特許文献 3 では、溶鋼への加炭や鋳片表面層への浸炭を防ぐことを目的としている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2015-213943号公報

【特許文献2】特開2003-053497号公報

【特許文献3】特開平1-284467号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

モールドフラックスにカーボン粒子が含まれていると、鑄片の表層に浸炭が発生するおそれがある。ここで、鑄片に浸炭が発生すると、連続鑄造を終えた鑄片を冷えないうちに熱間圧延工程に搬送する場合において、特に問題となる。一方、浸炭が発生するメカニズムとしては、以下に説明する2つのメカニズムが考えられる。

10

【0008】

第1のメカニズムでは、鑄型のオシレーション時に、未燃のカーボン粒子がスラグベアに取り込まれた後、スラグベアが凝固シェルに直接接触することにより、スラグベアに取り込まれたカーボン粒子によって浸炭が発生する。第2のメカニズムでは、オシレーションマークが形成されるときに、溶鋼がオーバーフローして未燃のカーボン粒子と直接接触することにより、浸炭が発生する。

【0009】

特許文献1に記載の実施例1では、パウダーマトリックス中に2.7質量%のカーボンが含まれている通り、鑄片の浸炭については課題としていない。

20

【0010】

一方、特許文献2では、浸炭に着目して、カーボン粒子の添加量を低減するようにしているが、フラックスの溶融速度をコントロールするために、カーボン粒子を使用している。しかし、さらなる品質改善の要求等により、浸炭を防止することが望まれていた。

【0011】

さらに、特許文献3では、加炭・浸炭に着目して炭素粒子を実質的に含有させないようにしているが、炭素粒子を、母材粒子より体積平均粒径の小さい炭化物粒子に置換しているのみであり、モールドフラックスに求められる溶融速度調整効果には改善の余地があった。すなわち、特許文献3に記載の連続鑄造用鑄型添加剤では、母材粒子の体積平均粒径が50 μm であり、炭化物粒子(炭化ケイ素粒子)として、体積平均粒径が0.45~5 μm や10.2 μm (実施例)といった超微粒子を用いているため、母材粒子及び炭化物粒子の体積平均粒径が共に小さい場合には、特許文献3に記載の発明を適用可能であるが、母材粒子や炭化物粒子の粒径が大きい場合には、特許文献3に記載の発明を適用することが困難である。

30

【0012】

ここで、一般に炭化物粒子の粒径が小さいほど、炭化物粒子が基材粒子の周囲を取り囲みやすくなり、溶融速度調整効果が大きくなる。例えば基材粒子の平均粒径が特許文献3のように50 μm であるとき、炭化物粒子の平均粒径が20 μm 以上になると、基材粒子同士の接触面が生じやすくなる。接触面からの溶融が溶融速度を律速するところ、平均粒径が20 μm 以上の炭化物粒子のみで基材粒子同士の接触を防ぐことが困難になるため、炭化物粒子だけでなくカーボンブラック等の微細なカーボン粒子を添加しなくては溶融速度を所望の範囲まで低下させることが困難になる。

40

【0013】

また、基材粒子の粒径が大きいほど、凝着から溶融完了までの時間が長くなり、カーボン粒子や炭化物粒子を添加しても溶融速度が変化しづらいと考えられる。例えば、基材粒子の平均粒径が200 μm 以上になると、溶融速度を所望の範囲まで低下させることが困難になる。

【0014】

以上の通り、基材粒子及び炭化物粒子の粒径が共に小さい場合には、カーボン粒子を含

50

有させずにモールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整しうると考えられるが、基材粒子や炭化物粒子の粒径が大きい場合には、上記事情により、カーボン粒子の有無によらず、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することが困難であった。

【0015】

本発明者等は、モールドフラックスを構成する基材粒子の平均粒径と、モールドフラックスを構成する炭化物粒子の平均粒径との比に着目したところ、基材粒子や炭化物粒子の粒径が大きい場合であっても、カーボン粒子を用いずに、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整できることが分かり、本発明を完成するに至った。そして、本発明の目的は、鑄片に浸炭が発生することを防止するとともに、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することができる連続鑄造用モールドフラックスを提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、カーボン粒子を含有していない連続鑄造用モールドフラックスであって、基材粒子及び炭化物粒子を有する。炭化物粒子は、Si、B、Al、Ti、Zr及びVの群から選択される少なくとも1種の炭化物で形成された粒子であり、平均粒径が20 μ m以上である。そして、基材粒子の平均粒径に対する炭化物粒子の平均粒径の比（平均粒径比）は、0.100以下である。

【0017】

炭化物粒子の含有量は、100質量%の基材粒子に対して0.1～10質量%とすることができる。

20

【0018】

また、炭化物粒子の平均粒径は、50 μ m以上とすることができる。

【0019】

さらに、本発明は、カーボン粒子を含有していない連続鑄造用モールドフラックスであって、基材粒子及び炭化物粒子を有する。基材粒子は、平均粒径が200 μ m以上である。炭化物粒子は、Si、B、Al、Ti、Zr及びVの群から選択される少なくとも1種の炭化物で形成された粒子である。そして、基材粒子の平均粒径に対する炭化物粒子の平均粒径の比（平均粒径比）は、0.100以下である。

【発明の効果】

30

【0020】

本発明によれば、連続鑄造用モールドフラックスにカーボン粒子が含有されていないため、カーボン粒子によって鑄片に浸炭が発生することを防止できる。また、平均粒径比を所定の範囲とすることにより、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本実施形態のモールドフラックスにおいて、基材粒子及び炭化物粒子の分散状態を示す図である。

【図2】本実施形態のモールドフラックスにおいて、一部の基材粒子が溶融した状態を示す図である。

40

【図3】鑄型内において、溶鋼、凝固シェル、溶融層及び粉体層の状態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本実施形態は、連続鑄造において、鑄型内の溶鋼に添加されるモールドフラックスであり、図1に示すように、基材粒子及び炭化物粒子を混合したものである。基材粒子は、図2に示すように他の基材粒子との接触部分から溶融を開始するが、図1に示すように基材粒子の周囲を取り囲むように炭化物粒子を分散させることにより、基材粒子同士の接触を抑制して基材粒子の溶融を遅延させることができる。すなわち、炭化物粒子は、基材粒子の溶融速度を調整する溶融速度調整材として用いられる。

50

【0023】

本実施形態のモールドフラックスは、カーボン粒子を含有していない。一般的には、溶融速度調整材としてカーボン粒子が用いられることがあるが、このカーボン粒子は、鑄片の浸炭を発生させる要因となるため、本実施形態のモールドフラックスでは用いていない。したがって、本実施形態のモールドフラックスを用いれば、鑄造された鑄片に浸炭が発生することを防止できる。

【0024】

モールドフラックスにカーボン粒子が含まれているとき、鑄片に浸炭が発生する現象は、溶鋼の湯面変動が大きくなる高速鑄造において、特に顕在化しやすくなる。すなわち、溶鋼の湯面変動が大きいほど、モールドフラックスに含まれる未燃のカーボン粒子が凝固シェルや溶鋼に接触しやすくなり、鑄片に浸炭が発生しやすくなる。本実施形態では、モールドフラックスにカーボン粒子が含まれていないため、高速鑄造を行っても浸炭が発生することは無い。なお、本実施形態における鑄造速度は特に限定するものではないが、例えば、 5 m/min 以下、 3.5 m/min 以下又は 2 m/min 以下とすることができる。

10

【0025】

基材粒子としては、公知の成分組成を有する粒子を用いることができる。例えば、基材粒子の主成分としては、 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O などの酸化物が挙げられ、 CaF_2 などのフッ化物を含んでいてもよい。各成分の質量%は適宜決めることができる。炭化物粒子は、ケイ素(Si)、ホウ素(B)、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、ジルコニウム(Zr)及びバナジウム(V)の群から選択される少なくとも1種の炭化物で形成された粒子である。

20

【0026】

本実施形態の一態様において、基材粒子の平均粒径 R は $200\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。基材粒子の平均粒径 R の上限は特に限定しないが、例えば $500\text{ }\mu\text{m}$ である。この場合において、炭化物粒子の平均粒径 r は、後述する平均粒径比 r/R の範囲($0.100[-]$ 以下)を満たすように特定される。

【0027】

本実施形態の一態様において、炭化物粒子の平均粒径 r は $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。また、炭化物粒子の平均粒径 r を $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることができる。炭化物粒子の平均粒径 r の上限は特に限定されない。この場合において、基材粒子の平均粒径 R は、後述する平均粒径比 r/R の範囲($0.100[-]$ 以下)を満たすように特定される。

30

【0028】

炭化物粒子の平均粒径 r は、基材粒子の平均粒径 R よりも小さく、平均粒径 R に対する平均粒径 r の比(以下、平均粒径比 r/R という)は、 $0.100[-]$ 以下である。平均粒径比 r/R を 0.100 以下とすることにより、後述するように、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することができる。

【0029】

上述した平均粒径とは、レーザー回折・散乱法により測定した対象粒子(基材粒子又は炭化物粒子)の粒度分布において、頻度の累積が 50% であるときの粒子径(すなわち、粒子径の中央値)である。ここで、炭化物粒子の平均粒径 r 、基材粒子の平均粒径 R は、それぞれ直径を意味している。平均粒径 R を測定するときには、炭化物粒子と混合する前の基材粒子を用いればよい。また、平均粒径 r を測定するときには、基材粒子と混合する前の炭化物粒子を用いればよい。

40

【0030】

モールドフラックスの溶融速度は適正範囲内とすることが好ましいが、この溶融速度は、平均粒径比 r/R に依存することが分かった。この点について、以下に説明する。

【0031】

まず、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内とすることの意義について、図3を用いながら説明する。図3は、鑄型内において、溶鋼、凝固シェル、溶融層及び粉体層の

50

状態を示す。図3において、鑄型にはタンディッシュ（不図示）からの溶鋼が供給されており、鑄型による溶鋼の冷却によって凝固シェルが形成される。溶鋼の上面にモールドフラックスが添加されることにより、溶鋼の上面には、モールドフラックスの溶融によって形成された層（以下、溶融層という）と、溶融していないモールドフラックスの層（以下、粉体層という）とが存在する。ここで、溶融層は溶鋼に接触しており、溶融層の上方に粉体層がある。

【0032】

モールドフラックスの溶融速度が高すぎると、モールドフラックスの粉体状態から溶融状態への変化が進行しすぎて粉体層が消失しやすくなり、粉体層による溶鋼の保温性が低下してしまう。一方、モールドフラックスの溶融速度が低すぎると、溶融層が薄くなることにより、溶融したモールドフラックスが鑄型及び凝固シェルの間に流入しにくくなり、鑄型及び凝固シェルの間の潤滑性が低下してしまう。これらの点を考慮すると、モールドフラックスの溶融速度は適正範囲内に調整する必要がある。

10

【0033】

次に、平均粒径比 r/R がモールドフラックスの溶融速度に与える影響について、以下に説明する。

【0034】

基材粒子の単位質量あたりの粒子数 N_{b1} は、下記式(1)で表される。

【0035】

【数1】

20

$$N_{b1} = \frac{1}{\rho_b \times 4/3 \times \pi \times (R/2)^3} \quad \dots(1)$$

【0036】

上記式(1)において、 N_{b1} は、基材粒子の単位質量あたりの粒子数 [個/g] であり、 ρ_b は、基材粒子の平均密度 [g/ μm^3] であり、 R は、基材粒子の平均粒径 [μm] である。ここで、1個の基材粒子の表面積を $4(R/2)^2$ (R は基材粒子の平均粒径) とすると、基材粒子の単位質量あたりの表面積 S_{b1} は、下記式(2)で表される。

30

【0037】

【数2】

$$S_{b1} = \frac{1}{\rho_b \times 1/3 \times (R/2)} \quad \dots(2)$$

40

【0038】

上記式(2)において、 S_{b1} は、基材粒子の単位質量あたりの表面積 [μm^2] である。 ρ_b 及び R は、上記式(1)と同じである。

【0039】

図1に示すように、炭化物粒子は基材粒子の表面上に存在するが、1個の炭化物粒子が基材粒子の表面を被覆するときの面積（炭化物粒子の投影面積）は $(r/2)^2$ (r は炭化物粒子の平均粒径) とみなすことができる。100質量%の基材粒子に対して、密度 ρ_c の炭化物粒子を X 質量%だけ添加したとき、炭化物粒子の単位質量あたりの粒子数 N

50

b_2 は下記式 (3) で表され、炭化物粒子が基材粒子の表面を被覆するときの面積は、下記式 (4) で表される。

【0040】

【数3】

$$N_{b2} = \frac{X}{100 \times \rho_c \times 4/3 \times \pi \times (r/2)^3} \quad \dots(3)$$

$$S_{b2} = \frac{X}{100 \times \rho_c \times 4/3 \times (r/2)} \quad \dots(4)$$

10

【0041】

上記式 (3) において、 N_{b2} は炭化物粒子の単位質量あたりの粒子数 [個] である。上記式 (4) において、 S_{b2} は基材粒子を覆う炭化物粒子の面積 [μm^2] である。上記式 (3), (4) において、 ρ_c は炭化物粒子の密度 [$\text{g}/\mu\text{m}^3$] であり、 r は炭化物粒子の平均粒径 [μm] である。

【0042】

20

上記式 (2), (4) によれば、炭化物粒子の含有量が X 質量% であるとき、基材粒子の表面が炭化物粒子によって被覆される割合 RS [%] は、下記式 (5) で表される。

【0043】

【数4】

$$RS = \frac{X}{4 \times \rho_c / \rho_b \times r / R} \quad \dots(5)$$

30

【0044】

上記式 (5) について、基材粒子及び炭化物粒子は実際には粒度分布を有するため、割合 RS は実測値としての割合 RS と完全に一致しないが、上記式 (5) によれば、基材粒子を被覆する炭化物粒子が基材粒子の溶融速度を遅延させる効果を大まかに把握することができる。上記式 (5) によれば、平均粒径比 r/R が小さいほど、割合 RS が高くなり、炭化物粒子によって基材粒子の溶融速度を遅延させる効果が高くなることが分かる。

【0045】

40

上述した理由によれば、平均粒径比 r/R を調整することにより、モールドフラックスの溶融速度を調整できることが分かる。具体的には、上述したように、平均粒径比 r/R を 0.100 以下とすることにより、モールドフラックスにカーボン粒子を添加しなくても、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することができる。

【0046】

また、平均粒径比 r/R が小さい方が、炭化物粒子が基材粒子の周囲を取り囲み易くなるため、平均粒径比 r/R は、0.050 以下が好ましく、0.025 以下がさらに好ましい。

【0047】

平均粒径比 r/R の下限値は特に限定されない。但し、基材粒子の平均粒径 R および炭化物粒子の平均粒径 r について、それぞれ市場で入手可能な範囲内で、前記の平均粒径比

50

r/R の下限値を設定することが好ましい。

【0048】

ここで、炭化物粒子の平均粒径 r が $20\ \mu\text{m}$ 以上であっても、平均粒径比 r/R が 0.100 以下になるように基材粒子の平均粒径 R を調整すれば、炭化物粒子によって基材粒子の周囲を被覆することが可能であり、ひいてはモールドフラックスの溶融速度を調整することが可能である。特に、炭化物粒子の平均粒径 r が $50\ \mu\text{m}$ 以上である場合、平均粒径比 r/R が上記範囲 (0.100 以下) を満たさない場合には溶融速度の調整が困難であるため、本実施形態は、特に炭化物粒子の平均粒径 r が $50\ \mu\text{m}$ 以上である場合に有効である。

【0049】

例えば、特許文献3のように、カーボン粒子を含有せず、炭化物粒子を $1.0 \sim 10$ 質量%含有するモールドフラックスを用いたとしても、基材粒子の平均粒径 R 及び炭化物粒子の平均粒径 r の関係によってはモールドフラックスの溶融速度を適切な範囲に調整することができず、溶融層が肥大化してしまう場合がある。例えば、特許文献3に記載の実験1では、基材粒子の体積平均粒径 (本実施形態の平均粒径 R に相当する) が $46.6\ \mu\text{m}$ であり、炭化ケイ素粒子の体積平均粒径 (本実施形態の平均粒径 r に相当する) が $10.2\ \mu\text{m}$ である。この場合の平均粒径比 r/R は 0.22 [-] であり、本発明で規定する平均粒径比 r/R の範囲 (0.100 以下) を逸脱しており、溶融速度を遅延させる効果には改善の余地がある。

【0050】

従来、モールドフラックスの製造において、平均粒径比 r/R は着目されておらず、基材粒子の粒径に着目したり、基材粒子の粒径を設計変更したり、ということはされてこなかった。本発明は、平均粒径比 r/R に着目し、平均粒径比 r/R が所定範囲内であれば所望の溶融速度調整効果が得られるとして、新規なモールドフラックスの設計方法を提供するものでもある。

【0051】

モールドフラックスにおける炭化物粒子の含有量は、 100 質量%の基材粒子に対して $0.1 \sim 10$ 質量%とすることが好ましい。炭化物粒子の含有量 (外数) が 10 質量%よりも高い場合には、基材粒子に対して炭化物粒子が占める量が多くなり、モールドフラックスが溶融した後の成分が変化して、モールドフラックスの性能を担保しづらくなる場合がある。

【0052】

一方、炭化物粒子の含有量 (外数) が 0.1 質量%よりも低い場合には、基材粒子の周囲を取り囲む炭化物粒子が少ないため、基材粒子同士の接触を抑制して基材粒子の溶融を遅延させにくくなる。

【0053】

なお、炭化物粒子のコストを下げる上では、炭化物粒子の含有量は、上述した数値範囲 ($0.1 \sim 10$ 質量%) 内において、少ないほうが好ましい。

【実施例】

【0054】

CaO (35 質量%)、 SiO_2 (30 質量%)、 Al_2O_3 (7.5 質量%)、 Na_2O (5 質量%)、 F (5 質量%) を主成分とする基材粒子を用意した。この基材粒子は、後述する実施例1~7及び比較例1~4において共通である。

【0055】

基材粒子及び炭化物粒子を混合することにより、実施例1~7であるモールドフラックスを作製した。実施例1~7のモールドフラックスは、カーボンブラック粒子を含有していない。また、実施例1~7において、溶融後のモールドフラックスの凝固点は 1000 であり、 1300 でのモールドフラックスの粘度は $1.5\ \text{paise}$ であった。

【0056】

実施例1では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $5\ \mu\text{m}$ である

10

20

30

40

50

炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 0.5 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.025 であった。

【0057】

実施例 2 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $5\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 5 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.025 であった。

【0058】

実施例 3 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $5\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 10 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.025 であった。

10

【0059】

実施例 4 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $5\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (TiC) を用いた。炭化物粒子 (TiC) の含有量は 5 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.025 であった。

【0060】

実施例 5 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $20\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 5 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.100 であった。

【0061】

実施例 6 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $20\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 10 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.100 であった。

20

【0062】

実施例 7 では、平均粒径 R が $500\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $50\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を用いた。炭化物粒子 (SiC) の含有量は 5 質量% (外数) とした。ここで、平均粒径比 r/R は 0.100 であった。

【0063】

一方、比較例 1 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、カーボンブラック粒子を混合することにより、モールドフラックスを作製した。比較例 1 のモールドフラックスは炭化物粒子を含有しておらず、カーボンブラック粒子の含有量は 3 質量% (外数) とした。比較例 1 では、炭化物粒子を用いていないため、平均粒径比 r/R を求めていない。

30

【0064】

比較例 2 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、カーボンブラック粒子と、平均粒径 r が $100\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を混合することにより、モールドフラックスを作製した。ここで、カーボンブラック粒子の含有量は 3 質量% (外数) とし、炭化物粒子 (SiC) の含有量は 5 質量% (外数) とした。また、平均粒径比 r/R は 0.500 であった。

【0065】

比較例 3 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $50\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を混合することにより、モールドフラックスを作製した。比較例 3 の平均粒径比 r/R は 0.250 であった。

40

【0066】

比較例 4 では、平均粒径 R が $200\ \mu\text{m}$ である基材粒子と、平均粒径 r が $100\ \mu\text{m}$ である炭化物粒子 (SiC) を混合することにより、モールドフラックスを作製した。比較例 4 の平均粒径比 r/R は 0.500 であった。比較例 3, 4 のモールドフラックスはカーボンブラック粒子を添加してなく、炭化物粒子 (SiC) の含有量は 10 質量% (外数) とした。

【0067】

実施例 1 ~ 7 及び比較例 1 ~ 4 のそれぞれのモールドフラックスを用いて鑄造実験を行

50

うことにより、各モールドフラックスの浸炭性と溶融層の厚みの肥大化を評価した。ここで、モールドフラックスが過剰に溶融してしまうと、溶融層の厚みが肥大化することになる。

【0068】

浸炭性の評価では、まず、転炉での精錬、還流式真空脱ガス装置での処理及び合金添加により、低炭アルミキルド鋼（平均炭素濃度0.02質量%）を溶製し、幅が1200mmであって、厚みが150mmであるスラブに鑄造した。浸炭性の評価を行いやすくするために、浸炭しやすい条件で鑄造を行った。具体的には、オシレーションストロークを通常よりも大きい15mmとした。また、鑄造速度は3.5m/minとし、オシレーションサイクルは300回/分とした。

10

【0069】

鑄造した鑄片について、浸炭が最も発生しやすくなるオシレーションマーク（谷部）の炭素濃度を測定し、この炭素濃度に基づいて浸炭の有無を評価した。具体的には、鑄片の表層（表面から2mm以内の部分）から切粉を生成し、この切粉を燃焼させたときに発生するCOガス及びCO₂ガスの質量（すなわち、炭素濃度）を炭素・硫黄分析装置によって測定した。測定した炭素濃度が閾値（0.05質量%）よりも低いときには浸炭が発生していないと評価し、炭素濃度が閾値（0.05質量%）以上であるときには浸炭が発生していると評価した。

【0070】

一方、溶融層厚みの肥大化については、目視によって粉体層（図3参照）が消失したか否かによって評価した。すなわち、粉体層が消失したときには、溶融層厚みの肥大化が発生したと評価し、粉体層が消失していないときには、溶融層厚みの肥大化が発生していないと評価した。

20

【0071】

下記表1には、上述した実施例1～7及び比較例1～4の内容と、鑄片の浸炭性及び溶融層厚みの肥大化の評価結果を示す。

【0072】

【表 1】

		カーボン ブラック 粒子	炭化物粒子 (平均粒径 $r[\mu\text{m}]$)	炭化物 粒子 含有量 (外数) [mass%]	基材 粒子 平均 粒径 R [μm]	平均 粒径比 (r/R [-])	溶融 層 厚み の 肥大 化	鋳 片 浸 炭
実 施 例	1	×	SiC ($r=5$)	0.5	200	0.025	無	無
	2	×	SiC ($r=5$)	5	200	0.025	無	無
	3	×	SiC ($r=5$)	10	200	0.025	無	無
	4	×	TiC ($r=5$)	5	200	0.025	無	無
	5	×	SiC ($r=20$)	5	200	0.100	無	無
	6	×	SiC ($r=20$)	10	200	0.100	無	無
	7	×	SiC ($r=50$)	5	500	0.100	無	無
比 較 例	1	○	×	0	200	—	無	有
	2	○	SiC ($r=100$)	5	200	0.500	無	有
	3	×	SiC ($r=50$)	10	200	0.250	有	無
	4	×	SiC ($r=100$)	10	200	0.500	有	無

10

20

【0073】

実施例 1 ~ 7 のモールドフラックスについては、溶融層厚みの肥大化が発生していなかったため、溶融速度の調整に問題が無く、溶融速度が適正範囲内であることを確認した。また、実施例 1 ~ 7 のモールドフラックスは、カーボンブラック粒子を含有していないため、鋳片には浸炭が発生しなかった。

30

【0074】

比較例 1 のモールドフラックスについては、溶融層厚みの肥大化が発生していなかったため、溶融速度が適正範囲内であることを確認したが、カーボンブラック粒子が含有しているために、鋳片に浸炭が発生した。比較例 2 のモールドフラックスについても、溶融層厚みの肥大化が発生していなかったため、溶融速度が適正範囲内であることを確認したが、カーボンブラック粒子が含有しているために、鋳片に浸炭が発生した。

【0075】

比較例 3 , 4 のモールドフラックスはカーボンブラック粒子を含有していないため、鋳片には浸炭が発生しなかった。しかし、比較例 3 , 4 のモールドフラックスについては、溶融層厚みの肥大化が発生したため、溶融速度を適正範囲内に維持できていないことを確認した。

40

【0076】

上記表 1 によれば、カーボンブラック粒子を含有しなくても、平均粒径比 r/R を 0.100 以下とすることにより、モールドフラックスの溶融速度を適正範囲内に調整することができた。また、カーボンブラック粒子を含有していないため、鋳片に浸炭が発生することを防止できた。

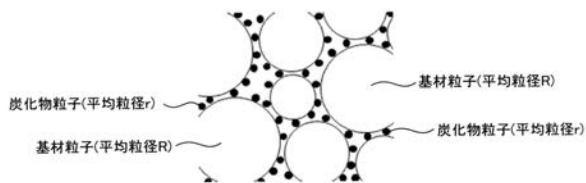
【0077】

なお、本実施例では、炭化物粒子として SiC 又は TiC を用いているが、B、Al、Zr 又は V の炭化物で形成された粒子であっても、本実施例と同様の効果が得られること

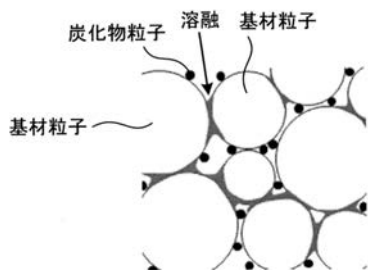
50

は自明である。すなわち、従来、炭化物粒子としては、Si又はTiの炭化物だけでなく、B、Al、Zr又はVの炭化物も用いられており、本発明の特徴は、上述したように平均粒径比 r/R を所定範囲内 (0.100 以下) としたことにある。この点を考慮すれば、B、Al、Zr又はVの炭化物で形成された粒子を用いても、本実施例と同様の効果が得られることは自明である。

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

