

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7634091号
(P7634091)

(45)発行日 令和7年2月20日(2025.2.20)

(24)登録日 令和7年2月12日(2025.2.12)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 J 5/00 (2022.01)	G 0 1 J 5/00 1 0 1 D
G 0 1 J 5/0821(2022.01)	G 0 1 J 5/0821
F 2 7 D 21/00 (2006.01)	F 2 7 D 21/00 G
G 0 1 N 25/02 (2006.01)	G 0 1 N 25/02 B

請求項の数 14 (全23頁)

(21)出願番号 特願2023-531696(P2023-531696)	(73)特許権者 598083577
(86)(22)出願日 令和3年12月1日(2021.12.1)	ヘレーウス エレクトロ-ナイト インタ
(65)公表番号 特表2023-552728(P2023-552728 A)	ーナショナル エヌ ヴィ
(43)公表日 令和5年12月19日(2023.12.19)	Heraeus Electro-Ni
(86)国際出願番号 PCT/EP2021/083733	te International N.
(87)国際公開番号 WO2022/117628	V.
(87)国際公開日 令和4年6月9日(2022.6.9)	ベルギー国 フートハーレン セントルム
審査請求日 令和5年5月24日(2023.5.24)	ザイド 1105
(31)優先権主張番号 20211288.4	Centrum Zuid 1105,
(32)優先日 令和2年12月2日(2020.12.2)	B-3530 Houthalen, B
(33)優先権主張国・地域又は機関 欧州特許庁(EP)	elgium
前置審査	(74)代理人 110000523
	アクシス国際弁理士法人
	(72)発明者 ヴァン ヴリエルベルゲ、ミシェル
	ベルギー国 3530 フートハーレン
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶融金属浴の一連の温度値を決定するための方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光学コアファイヤと検出器とを備える装置を用いて溶融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するための方法であって、

(a) 溶融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットを提供する工程であって、ここで、測定プロファイルMPは溶融金属浴の温度を取得するために実施される一連の工程であり、以下の工程：

(i) 前記光学コアファイヤを、その前端が前記溶融金属浴の表面の上方にある状態で提供する工程と、

(i i) 少なくとも1つの送り速度 v_{fed} で、 t_0 から t_2 までの時間にわたって、前記光学コアファイヤの前記前端を前記溶融金属浴に向かって、かつ前記溶融金属浴の前記表面の下方に送る工程であって、前記光学コアファイヤの前記前端は、 t_1 から t_2 までの時間にわたって前記溶融金属浴の前記表面の下方にある、工程と、

(i i i) t_1 から t_2 までの測定時間内に温度情報を取得する工程と、

(i v) 前記光学コアファイヤを速度 v_{ret} で前記溶融金属浴の上方の位置まで後退させる工程と、

そのうちの少なくとも1つを定義し、

データセットは、ある種類のデータの1つの特定の値がモデル又は一連の複数のステップに割り当てられたデータ対を含む；

(b) 前記溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給する工程

であって、時間 t がモデル $F(t)$ に入力パラメータとして含まれ得、又は、モデル $F(t)$ が入力パラメータとしての時間 t から独立し得る工程；

(c) 時間ステップ Δt を定義する工程であって、時間ステップ Δt が時間の長さである工程；

(d) 将来の時点 $t(n)$ を選択し、前記時点 $t(n)$ での前記溶融金属浴の温度値 $T_{pred}(n)$ を予測する工程；

(e) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイル MP に関連付ける前記提供されたデータセットから、前記予測温度値 $T_{pred}(n)$ に対応する測定プロファイル $MP(n)$ を選択する工程；

(f) 前記測定プロファイル $MP(n)$ を時点 $t(n)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n)$ を取得する工程；

(g) 前記測定温度値 $T_{mes}(n)$ 、前記モデル $F(t)$ 及び前記時間ステップ Δt に基づいて、前記溶融金属浴の予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ を計算する工程；

(h) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイル MP に関連付ける前記提供されたデータセットから、前記予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ に対応する測定プロファイル $MP(n+1)$ を選択する工程；

(i) 前記測定プロファイル $MP(n+1)$ を時点 $t(n+1)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ を取得する工程であって、 $t(n+1)$ は

$t(n+1) = t(n) + \Delta t$ によって定義される工程；

を含む、方法。

【請求項 2】

前記溶融金属浴は溶鋼浴である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記溶融金属浴の前記経時的な温度推移を記述する前記モデル $F(t)$ は線形関数である、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記温度推移を記述する前記モデル $F(t)$ は前の測定に基づく、請求項 1～3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記溶融金属浴の前記経時的な温度推移を記述する前記モデル $F(t)$ は動作パラメータに基づく、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記溶融金属浴の前記経時的な温度推移を記述する前記モデル $F(t)$ は、

(i) 溶融金属浴の特性を前記溶融金属浴の前記経時的な温度推移に関するモデル $F(t)$ の記録データに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(ii) 前記溶融金属浴の特性を提供する工程と、

(iii) 溶融金属浴の特性を溶融金属浴の前記経時的な温度推移に関するモデル $F(t)$ の記録データに関連付ける前記提供されたデータセットから、前記溶融金属浴の前記特性に対応するモデル $F(t)$ を受信する工程と、

を含む方法によって導出される、請求項 1～5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記時間ステップ Δt の長さは、

(i) 動作パラメータを時間ステップ Δt の長さに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(ii) 動作パラメータを提供する工程と、

(iii) 前記動作パラメータに関する前記提供されたデータセットから、前記時間ステップ Δt の長さを受信する工程と、

を含む方法によって導出される、請求項 1～6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記時間ステップ Δt の長さの前記選択は、工程 (f) の前記測定温度値 $T_{mes}(n)$

)に基づく、請求項1～7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項9】

前記測定プロファイルMPは、 t_1 から t_2 までの静止時間内の更なる工程を定義し、その t_1 から t_2 まで間、前記光学コアワイヤの前記前端の前記送りは一時停止されるか、又は前記光学コアワイヤの前記前端は低速で送られる、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

測定プロファイルMPの工程(i i)における前記送りは、少なくとも2つの送り速度 v_{fed1} 及び v_{fed2} を含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

測定プロファイルMP(n+1)の送り速度 $v_{fed}(n+1)$ は、測定プロファイルMP(n)の送り速度 $v_{fed}(n)$ よりも大きい、請求項9又は10に記載の方法。

10

【請求項12】

t_1 から t_2 までの前記時間の長さは、測定プロファイルMP(n)におけるよりも測定プロファイルMP(n+1)における方が短い、請求項10又は11に記載の方法。

【請求項13】

工程(b)における前記溶融金属浴の前記経時的な温度推移を記述する前記モデルF(t)の供給は、以下の工程(b1)～(b4)：

(b1) 予測温度 T_{pred} と測定温度値 T_{mes} との間の最大温度差 ΔT_{max} を定義する工程と、

(b2) 最大温度ステップサイズ ΔT_{step} を定義する工程と、

20

(b3) 前記測定温度値 $T_{mes}(n)$ と前記予測温度 $T_{pred}(n)$ との差 $\Delta T(n)$ を前記最大温度差 ΔT_{max} と比較する工程と、

(b4) モデルF(t)を供給する工程であって、

$$F(t) = T_{pred}(n) + \Delta T_{step}$$

($\Delta T(n)$ が前記定義された最大温度差 ΔT_{max} より大きい場合)

である、工程と、

を含む、請求項1～13のいずれか一項に記載の方法。

【請求項14】

溶融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するためのシステムであって、装置及びモジュールを備え、前記モジュールは前記装置と相互作用するように適合されており、前記装置は光学コアワイヤ及び検出器を含む、システムにおいて、

30

前記モジュールは、記憶ユニット、処理ユニット、及び制御ユニットを含み、前記記憶ユニットは

(a1) 溶融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットを提供するための記憶要素であって、ここで、測定プロファイルMPは溶融金属浴の温度を取得するために実施される一連の工程であり、以下の工程：

(i) 前記光学コアワイヤを、その前端が前記溶融金属浴の表面の上方にある状態で提供する工程と、

(i i) 少なくとも1つの送り速度 v_{fed} で、 t_0 から t_2 までの時間にわたって、前記光学コアワイヤの前記前端を前記溶融金属浴に向かって、かつ前記溶融金属浴の前記表面の下方に送る工程であって、前記光学コアワイヤの前記前端は、 t_1 から t_2 までの時間にわたって前記溶融金属浴の前記表面の下方にある、工程と、

40

(i i i) t_1 から t_2 までの測定時間内に温度情報を取得する工程と、

(i v) 前記光学コアワイヤを速度 v_{ret} で前記溶融金属浴の上方の位置まで後退させる工程と、

そのうちの少なくとも1つを定義し、

データセットは、ある種類のデータの1つの特定の値がモデル又は一連の複数のステップに割り当てられたデータ対を含む；

(a2) 前記溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデルF(t)を供給するた

50

めの記憶要素であって、時間 t がモデル $F(t)$ に入力パラメータとして含まれ得、又は、モデル $F(t)$ が入力パラメータとしての時間 t から独立し得る記憶要素；

(a3) 時間ステップ Δt を定義するための記憶要素であって、時間ステップ Δt が時間の長さである記憶要素；

を含み、

前記処理ユニットは、

(b1) 将来の時点を選択し、前記将来の時点での前記溶融金属浴の温度 T_{pred} を予測するための処理要素；

(b2) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度 T_{pred} に対応する測定プロファイルMPを選択するための処理要素；

(b3) 測定温度値 T_{mes} 、モデル $F(t)$ 、及び時間ステップ Δt に基づいて、前記溶融金属浴の予測温度 T_{pred} を計算するための処理要素；

を含み、

前記制御ユニットは、

(c1) ある時点で測定プロファイルMPを適用して測定温度値 T_{mes} を取得するための制御要素；

を含む、

システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値を決定するための方法及びシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

冶金容器内の溶融金属浴の温度は、金属製造プロセス中の重要なパラメータであり、得られる製品の品質を決定する。溶融金属浴、特に電気アーク炉(EAF)の融解環境における鉄又は鋼の温度を測定するための可能な手段は、金属管によって囲まれた光ファイバを溶融金属中に浸漬する工程を含む。金属管によって囲まれた光ファイバは、しばしば、光学コアワイヤとも呼ばれる。

【0003】

溶融金属浴の温度を測定するために、光学コアワイヤを冶金容器内に送ることができる。光学コアワイヤの前端は溶融金属浴内に浸漬され、その途中で最初に高温雰囲気遭遇し、続いてスラグ層に遭遇し、次に溶融金属浴に遭遇する。光学コアワイヤの一部分が溶融金属浴の表面の下方に浸漬されると、光ファイバは、溶融金属から受け取った熱放射を検出器、例えばパイロメータに伝達することができる。溶融金属浴の温度を求めるために、適切な計器を検出器と関連付けることができる。この測定中、光学コアワイヤの浸漬された部分は、溶融金属浴によって部分的に又は完全に消耗され得る。温度測定が終了すると、光学コアワイヤの先端を溶融金属浴から後退させることができる。後退された光学コアワイヤの先端は、次の温度測定のための新しい前端となる。

【0004】

このような装置は、一連の浸漬サイクルの形態のオンデマンド温度測定及び半連続温度測定に適している。操作者は、冶金容器に近接した過酷な環境に直接介入することなく、温度測定値を取得することができる。

【0005】

正確な測定値を提供するためには、測定値が取得されている間、光ファイバの浸漬された前端付近で黒体状態が確保されなければならない。ファイバは、金属浴表面の下方の十分な深さまで、かつ液体金属浴の温度を代表する容器内の位置に浸漬されなければならない。一方、深い浸漬は、光学コアワイヤにかかる浮力を増加させ、測定シーケンス中

10

20

30

40

50

の光学コアファイヤの消耗を増加させる。

【0006】

いくつかの先行技術文献は、温度測定の実データ品質を改善するための金属被覆ファイバの送り方法を開示している。

【0007】

例えば、米国特許出願公開第2007-268477号明細書は、測定サイクル中に送り速度が調整される送り方法を開示している。最初の送り段階中に熱応答が記録され、次の第2の段階における検出温度の変化と比較される。この方法は有益であることが証明されている。他方で、この方法はかなりの量の光学コアファイヤを消耗させ、測定精度は依然として更に改善の余地があり得ることが分かっている。これは、光学コアファイヤが溶融金属浴にほとんど浸漬されず、融解炉の環境又はスラグ層に遭遇する初期段階に起因し得る。特に、一連の温度を測定したい場合には、これらの要因がより顕著になる。

【0008】

米国特許出願公開第2018-180484号明細書は、複数の測定サイクルに適し、追加の機器を必要とせずに溶融金属浴の温度を測定する方法を開示している。提案された送り方式は、2つの送り速度とこれに続く静止時間とを含み、その後、温度測定が実施される。この方法は、一方では、以前に知られていた問題のいくつかを解決する。しかし他方、この方法は、金属製造プロセス中に絶えず変化する条件、特に、最適な温度測定プロトコルの選択に影響を及ぼす溶融金属の温度上昇に対処していない。

【0009】

従来技術を考慮すると、複数の測定サイクルにわたって高い精度を提供し、光学コアファイヤの消耗を最小限に抑える測定方法及びシステムが必要とされている。

【0010】

したがって、本発明の目的は、溶融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値を決定するための改善された方法を提供することである。特に、目的の1つは、測定精度が改善された方法を提供することである。更に、一連の測定中の光学コアファイヤの消耗を最小限に抑えることを可能にする装置を提供することも目的とする。

【0011】

本発明の更なる目的は、本発明の方法を実行するための改良されたシステムを提供することである。

【0012】

これらの目的は、独立請求項において定義される主題によって達成される。

【0013】

本発明は、光学コアファイヤと検出器とを備える装置を用いて溶融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するための方法であって、

(a) 溶融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(b) 溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給する工程と、

(c) 時間ステップ Δt を定義する工程と、

(d) 将来の時点 $t(n)$ を選択し、時点 $t(n)$ での溶融金属浴の温度値 $T_{pred}(n)$ を予測する工程と、

(e) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度値 $T_{pred}(n)$ に対応する測定プロファイルMP(n)を選択する工程と、

(f) 測定プロファイルMP(n)を時点 $t(n)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n)$ を取得する工程と、

(g) 測定温度値 $T_{mes}(n)$ 、モデル $F(t)$ 及び時間ステップ Δt に基づいて、溶融金属浴の予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ を計算する工程と、

(h) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供された

10

20

30

40

50

データセットから、予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ に対応する測定プロファイル $MP(n+1)$ を選択する工程と、

(i) 測定プロファイル $MP(n+1)$ を時点 $t(n+1)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ を取得する工程であって、 $t(n+1)$ は

$t(n+1) = t(n) + \Delta t$ によって定義される工程と、

を含む、方法を提供する。

【0014】

更に、本発明は、熔融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するためのシステムであって、システムは、装置及びモジュールを備え、モジュールは、装置と相互作用するように適合され、装置は、光学コアワイヤ及び検出器を含み、モジュールは、記憶ユニット、処理ユニット、及び制御ユニットを含み、記憶ユニットは、

(a1) 熔融金属浴の予測温度値 T_{pred} に対応する測定プロファイル MP に関連付けるデータセットを提供するための記憶要素と、

(a2) 熔融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給するための記憶要素と、

(a3) 時間ステップ Δt を定義するための記憶要素と、

を含む、

処理ユニットは、

(b1) 将来の時点を選択し、将来の時点での熔融金属浴の温度 T_{pred} を予測するための処理要素と、

(b2) 予測温度値 T_{pred} に対応する測定プロファイル MP に関連付ける提供されたデータセットから、予測温度 T_{pred} に対応する測定プロファイル MP を選択するための処理要素と、

(b3) 測定温度値 T_{mes} 、モデル $F(t)$ 、及び時間ステップ Δt に基づいて、熔融金属浴の予測温度 T_{pred} を計算するための処理要素と、

を含む、

制御ユニットは、

(c1) ある時点で測定プロファイル MP を適用して測定温度値 T_{mes} を取得するための制御要素と、

を含む、システムを提供する。

【0015】

より好ましい実施形態は、従属請求項に定義されている。好ましい実施形態は、個別に実現されても任意の可能な組み合わせで実現されてもよい。

【0016】

本発明による方法は、熔融金属浴の温度が測定間で変化する複数回の繰り返し測定に特に適していることが証明されている。特に、温度は通常、継続的な加熱により上昇する。驚くべきことに、測定データの品質は、測定値を取得するために適用される測定プロファイルに依存することが分かった。特に、熔融金属浴内への光学コアワイヤの送りは、品質に影響を及ぼすことが確認されている。本発明の方法は、熔融金属浴の広範な温度に対して適合する測定プロトコルを用いて温度値を決定することを可能にする。加えて、本発明の方法は、光学コアワイヤ及びその前端的信頼性の高い位置決めを可能にすることで、光学コアワイヤの消耗を最小限に抑えて正確な温度値を取得することを更に可能にする。本明細書で使用される「消耗」という用語は、例えば、熔融金属浴による、及び熔融金属浴への、光学コアワイヤの融解及び溶解、光学コアワイヤ全体又はその異なる部分の分解又は燃焼などの光学コアワイヤの損壊を指す。

【0017】

本発明は、一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するための方法を提供する。一連の温度値は、本明細書では、少なくとも1回繰り返される決定を説明するために使用される。一連の温度値は、少なくとも温度値 $T_{mes}(n)$

10

20

30

40

50

及び $T_{mes}(n+1)$ を含む。 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ 以外に、更なる温度値を決定してもよい。

【0018】

本出願を通して、温度又は温度値に関する変数は、大文字の T で言及され、一方、一般的な時点、時間の長さ又は時間に関する変数は、小文字の t で言及される。

【0019】

一般的な変数を定義する際には、指定された添え字、すなわち (n) 又は $(n+1)$ などを有さない変数が使用される。特定の文脈でこの変数を指す際には、指定された添え字を有する変数が使用される。例えば、 T_{mes} は、測定温度値 T_{mes} の一般的な定義を指し、 $T_{mes}(n)$ は、特定の測定温度値を指す。

10

【0020】

本発明によれば、温度値は、温度を測定することによって決定することができる。温度測定は、例えば、単一点測定であってもよいし、複数点測定及び可能な関連データ処理であってもよい。

【0021】

測定温度値 $T_{mes}(n)$ は、特定の時点 $t(n)$ での測定によって取得された温度値として理解される。したがって、測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ は、特定の時点 $t(n+1)$ で取得された温度値である。

【0022】

本明細書で使用される場合、「熔融金属浴」という用語は、容器内の熔融物を説明する。当業者に知られている「熔融金属浴」の代替用語は、「金属熔融物」である。熔融金属浴の熔融金属は特に限定されない。好ましい実施形態によれば、熔融金属は溶鋼である。熔融金属浴という用語は、例えばそれぞれの金属の非熔融部分を含む任意の固体部分又は気体部分の存在を除外しない。熔融金属浴はスラグ層で覆われていてもよい。

20

【0023】

金属熔融物の温度は異なり、通常、金属の組成及び融解プロセスの段階に依存する。好ましい実施形態によれば、熔融金属浴の温度は $1500 \sim 1800^{\circ}\text{C}$ の範囲内であり、より好ましくは $1500 \sim 1700^{\circ}\text{C}$ の範囲内である。

【0024】

熔融金属浴は、光学コアファイヤを送るのに適した入り口を含む容器内に收容されてもよい。そのような入り口は、容器を覆う側壁パネル又は屋根に配置されてもよい。

30

【0025】

本発明によれば、少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ は、光学コアファイヤを備える装置を用いて決定される。好ましくは、光学コアファイヤは、金属管によって側方から取り囲まれた光ファイバである。好ましくは、光ファイバは、柔軟で透明なファイバである。光ファイバは、ファイバの2つの端部の間で、特に IR 波長範囲内の光を伝送する手段として使用されることが最も多い。好ましくは、光ファイバは、ガラス又はプラスチック、より好ましくは石英ガラスから形成される。好ましくは、光ファイバは、グレーデッドインデックスファイバ及びシングルモードステップインデックスファイバからなる群から選択される。

40

【0026】

光ファイバを取り囲む金属管は、光ファイバを完全に取り囲んでもよいが、ケーシングが光ファイバを完全に取り囲まないように少なくとも部分的に開いてもよい。

【0027】

好ましくは、光ファイバを取り囲む金属管の金属は、鉄又は鋼、好ましくはステンレス鋼である。

【0028】

好ましい実施形態では、光学コアファイヤの線密度は、 $25 \sim 80 \text{ g/m}$ の範囲内、より好ましくは $35 \sim 70 \text{ g/m}$ の範囲内である。線密度は、単位長さ当たりの質量によって定義される。

50

【0029】

好ましくは、光学コアファイヤは、少なくとも1つの追加の金属管によって側方から取り囲まれており、すなわち、少なくとも2つの金属管が光ファイバを側方から取り囲んでいる。好ましくは、光学コアファイヤは、少なくとも1つの追加の金属管の中心に配置される。

【0030】

好ましくは、少なくとも1つの追加の金属管は、光学コアファイヤと接触していない。より好ましくは、これらの少なくとも2つの金属管の間の空隙は、気体材料もしくは固体材料又はそれらの組み合わせからなる群から選択される材料で少なくとも部分的に充填される。固体材料は、好ましくは、無機材料、天然ポリマー、合成ポリマー及びそれらの組み合わせからなる群から選択される。気体材料は、好ましくはガス又はガスの混合物である。より好ましくは、ガスは空気又は不活性ガスである。

【0031】

好ましい実施形態によれば、光学コアファイヤは、少なくとも1つの金属管内に配置された複数の分離要素を備え、これらの分離要素は、分離要素間に少なくとも1つの区画を形成する。ここで、「区画」という用語は、管内の異なる分離要素間の容積に関する。「分離要素」という用語は、管内に配置された、管内の容積を細分する部分に関する。好ましくは、分離要素は、管の内側に配置される円板状要素であり、円板状要素は開口部を備え、開口部を通して光学コアファイヤが延在し、開口部は光学コアファイヤを少なくとも部分的に支持することができる。分離要素の材料は、シリコーン、好ましくは二成分シリコーン、ゴム、革、コルク、金属及びそれらの組み合わせからなる群から選択されることが好ましい。

【0032】

光学コアファイヤは、任意選択的に、少なくとも1つの追加の層によって取り囲まれている。この少なくとも1つの追加の層を、上述の少なくとも1つの追加の金属管と置き換えてもよいし、置き換えなくてもよい。好ましい実施形態では、この少なくとも1つの追加の層は複数の部分を含み、より好ましくは、層はファイバを含む。

【0033】

更に好ましい実施形態では、少なくとも1つの追加の層の材料は、織布構造、網構造、織物構造又は編物構造の形態を有する。

【0034】

好ましくは、少なくとも1つの追加の層は、非金属材料、最も好ましくは有機材料を含む。

【0035】

光学コアファイヤは、上述の構成の任意の組み合わせを含み得ることを理解されたい。例えば、光学コアファイヤが追加の層及び第2の金属管によって側方から取り囲まれていることが有利であってもよい。

【0036】

本発明による方法を適用するために使用される装置は、検出器を更に含む。検出器は、光学コアファイヤの一端に結合され、光ファイバによって伝送される、特にIR波長範囲内の光信号を受信する。好ましくは、本発明の文脈における検出器は、パイロメータである。

【0037】

光学コアファイヤは、浸漬端及び反対端を有する。光学コアファイヤの前端は、光学コアファイヤの浸漬端の先端である。好ましくは、本発明による方法が適用されると、光学コアファイヤは浸漬端から反対端に向かう方向に消耗され、各測定シーケンスの後、光学コアファイヤの別の部分が浸漬端になる。すなわち、各測定シーケンスの後に、前端が新たに生成される。反対端は検出器に接続され、測定中に消耗されない。

【0038】

本発明による方法の工程(a)では、溶融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測

10

20

30

40

50

定プロファイルMPに関連付けるデータセットが提供される。

【0039】

好ましくは、データセットは、ある種類のデータの1つの特定の値が別の種類のデータの特定の値に割り当てられるデータ対を含む。より好ましくは、データセットは、ある種類のデータの1つの特定の値がモデルやいくつかの工程のシーケンスなどに割り当てられるデータ対を含んでもよい。

【0040】

好ましくは、予測温度値 T_{pred} は、測定によって取得されない温度値、すなわち、推定された、予想された、又は計算された温度値である。予測温度値 T_{pred} の可能なソースは、経験的に導出された温度値である。好ましくは、溶融金属浴の経験的に導出された温度値は、金属製造プロセスの既知のプロセスパラメータと組み合わせた溶融金属浴の既知の特性に基づく。そのような特性は、例えば、溶融金属浴内に提供される金属の質量、金属の組成、又は容器の形状であり得る。この文脈におけるプロセスパラメータは、金属製造プロセスにおいて通常知られているパラメータである加熱速度又は消費エネルギーであってもよい。更に、予測温度値 T_{pred} は、計算に基づいて導出されてもよい。好ましくは、そのような計算は、例えば、前の測定からの既知の温度値と組み合わせた目的の金属浴の温度推移のモデルに基づく。

【0041】

測定プロファイルMPは、目的の値を取得するために実施される一連の工程として理解されるべきである。本発明の文脈では、目的の値は、溶融金属浴の温度である。

【0042】

好ましい実施形態では、測定プロファイルMPは、

(i) 溶融金属浴の表面の上方に光学コアワイヤの前端を提供する工程と、

(ii) 少なくとも1つの送り速度 v_{fed} で、 t_0 から t_2 までの時間にわたって、光学コアワイヤの前端を溶融金属浴に向かって、かつ溶融金属浴の表面の下方に送る工程であって、光学コアワイヤの前端は、 t_1 から t_2 までの時間にわたって溶融金属浴の表面の下方にある、工程と、

(iii) t_1 から t_2 までの測定時間内に温度情報を取得する工程と、

(iv) 光学コアワイヤの前端を速度 v_{ret} で溶融金属浴の上方の位置まで後退させる工程と、

のうちの少なくとも1つを定義する。

【0043】

換言すれば、測定プロファイルMPは、少なくとも工程(i)及び／又は(ii)及び／又は(iii)及び／又は(iv)を定義することが好ましい。好ましくは、測定プロファイルMPは、工程(i)、(ii)、(iii)及び(iv)を定義する。

【0044】

t_1 及び t_2 は t_0 よりも遅く、 t_2 は t_1 よりも遅いことを理解されたい。 t_1 は、前端が溶融金属浴に入る時点、すなわち、前端が溶融金属浴の表面の下方に浸漬される時点である。 t_2 は、その後、前端が溶融金属浴の表面の上方の位置に向かって後退する時点である。

【0045】

好ましくは、工程(i)、(ii)及び(iv)は連続した順序で実施される。

【0046】

好ましくは、工程(iii)は、少なくとも部分的に工程(ii)中に実施される。

【0047】

当業者であれば、「前端を供給すること」及び「前端を送ること」は、光学コアワイヤを供給すること及び送ること、すなわち、前端を有する光学コアワイヤを供給すること、及び光学コアワイヤをその前端と共に移動させることを必然的に含むことを理解するであろう。

【0048】

送り速度 v_{fed} は、前端を溶融金属浴の表面に向かって、及びその下方に送る間の平均速度を指すことを理解されたい。

【0049】

溶融金属浴の表面は、容器の周囲に面する表面であってもよく、又は、スラグ層が存在する場合には、スラグ層に面する表面であってもよい。

【0050】

温度情報を取得するために、特にIR波長範囲内で溶融金属浴によって放出され、光学コアワイヤによって検出器に搬送される放射線が記録される。放射線の強度及び／又はスペクトル情報は、検出器に接続された処理ユニットによって処理されてもよい。光学コアワイヤの前端は、好ましくは、温度が取得される時点で又は測定時間中に、溶融金属浴の表面の下方に浸漬される。

10

【0051】

好ましくは、温度情報は、測定温度値 T_{mes} の決定をもたらす工程において取得される。好ましくは、測定温度値 T_{mes} の決定は、単一のデータ点の測定又は2つ以上のデータ点の測定、すなわち、一連のデータ点の測定を含み得る。

【0052】

好ましくは、測定温度値 T_{mes} は、一連のデータ点の平均値である。より好ましくは、測定温度値 T_{mes} は、一連のデータ点を処理するアルゴリズムの適用に基づいて導出される。

【0053】

好ましい実施形態では、測定プロファイルMPの工程 (i i) における送りは、少なくとも2つの送り速度 v_{fed1} 及び v_{fed2} を含む。なお、送り速度 v_{fed1} 及び v_{fed2} は、光学コアワイヤの前端が送られる平均速度を指すことを理解されたい。

20

【0054】

好ましくは、測定プロファイルMPの工程 (i i) における送りは、 t_0 から t_1 までの間に前端が送られる送り速度 v_{fed1} と、 t_1 から t_2 までの間に前端が送られる第2の送り速度 v_{fed2} とを含む。

【0055】

好ましい実施形態では、第2の送り速度 v_{fed2} は、2つ以上の送り速度を含む。

【0056】

好ましい実施形態によれば、測定プロファイルMPは、 t_1 から t_2 までの静止時間内の更なる工程を定義し、その間、光学コアワイヤの前端の送りは一時停止されるか、又は光学コアワイヤの前端は低速で送られる。本明細書で使用される「前端の送りを一時停止させる」とは、前端を能動的に動かさないことを意味する。送りの一時停止又は低速での送りのいずれの代替形態においても、溶融金属浴の表面に向かう前端の位置の移動が消耗に起因してもたらされる。それにもかかわらず、前端は依然として溶融金属浴の表面の下方に浸漬されている。

30

【0057】

低速は、好ましくは0, 2 m/秒未満、より好ましくは0, 1 m/秒未満である。

【0058】

好ましくは、溶融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットは、測定プロファイルを光学コアワイヤの特性に更に関連付ける。

40

【0059】

好ましくは、光学コアワイヤの特性は、その線密度である。

【0060】

好ましくは、測定プロファイルMPの t_0 から t_2 までの時間の長さは、光学コアワイヤの線密度が高いほど長く定義される。

【0061】

好ましくは、測定プロファイルMPの送り速度 v_{fed} は、光学コアワイヤの線密度が高いほど低く定義される。

50

【0062】

本発明による方法の工程（b）では、溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ が供給される。

【0063】

溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ は、時間 t と温度 T との関係を定義するモデルであり、すなわち、特定の時点 $t(n)$ における温度 $T(n)$ を予測するように適合されている。典型的な融解プロセスでは、時間は電気エネルギー入力に直接関連する。

【0064】

好ましくは、時間 t はモデル $F(t)$ に入力パラメータとして含まれるが、 $F(t)$ は入力パラメータとしての時間 t から独立していてもよい。

10

【0065】

好ましくは、モデル $F(t)$ は、時間と溶融金属浴の温度との関係を定義する数式、特性曲線、又は他の情報を含む。これは、溶融金属浴の物理的特性、冶金設備の特性、及び対応するモデルパラメータを記述する関係を含むことができる。

【0066】

好ましくは、溶融金属浴の物理的特性がモデル $F(t)$ で考慮される。

【0067】

好ましくは、モデル $F(t)$ は、数学的方法、分析方法、実験方法及びこれらの組み合わせの群から選択される方法によって導出される。

20

【0068】

好ましくは、溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ は、記録された測定値、すなわち前の融解プロセスで取得されたデータに基づく。

【0069】

好ましい実施形態では、予測温度値 T_{pred} 又は測定温度値 T_{mes} は、モデル $F(t)$ の唯一の入力パラメータであってもよい。更なる例では、更なる入力パラメータ、好ましくは動作パラメータを利用することができる。

【0070】

この文脈における動作パラメータは、融解プロセスに関連するパラメータ、例えば、電気エネルギー入力又は溶融金属浴に加えられた化学的補足物の量である。

30

【0071】

例示的な実施形態では、温度推移 $F(t)$ を記述するモデルは線形関数である。

【0072】

好ましくは、温度推移 $F(t)$ を記述するモデルの一次導関数 $F'(t)$ は線形関数である。

【0073】

好ましい実施形態では、溶融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ は、
(i) 溶融金属浴の特性を溶融金属浴の経時的な温度推移に関するモデル $F(t)$ の記録データに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(ii) 溶融金属浴の特性を提供する工程と、

40

(iii) 溶融金属浴の特性を溶融金属浴の経時的な温度推移に関するモデル $F(t)$ の記録データに関連付ける提供されたデータセットから、溶融金属浴の特性に対応するモデル $F(t)$ を受信する工程と、

を含む方法によって導出される。

【0074】

本発明による方法の工程（c）では、時間ステップ Δt が定義される。

【0075】

時間ステップ Δt は、時間の長さとして理解されるべきである。

【0076】

時間ステップ Δt の長さは、これ以上は制限されない。好ましくは、時間ステップ Δ

50

tの長さは、5秒～3分の範囲内、より好ましくは15秒～2分の範囲内、最も好ましくは30秒～90秒の範囲内である。

【0077】

好ましくは、時間ステップ Δt の長さの選択は、動作パラメータに基づく。

【0078】

好ましい実施形態では、時間ステップ Δt の長さは、

(i) 動作パラメータを時間ステップ Δt の長さに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(ii) 動作パラメータを提供する工程と、

(iii) 動作パラメータを動作パラメータに対応する時間ステップ Δt の長さに関連付ける提供されたデータセットから、時間ステップ Δt の長さを受信する工程と、を含む方法によって導出される。

10

【0079】

好ましくは、時間ステップ Δt の長さの選択は、工程(f)で決定された測定温度値 $T_{mes}(n)$ に基づく。

【0080】

好ましい実施形態では、時間ステップ Δt は、

(i) 測定温度値 T_{mes} を時間ステップ Δt の長さに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(ii) 測定温度値 T_{mes} を測定温度値 $T_{mes}(n)$ に対応する時間ステップ Δt の長さに関連付ける提供されたデータセットから、時間ステップ Δt の長さを選択する工程と、

20

を含む方法によって導出される。

【0081】

好ましくは、前述の両方の実施形態で、工程(c)は工程(f)の後に実施される。

【0082】

本発明による方法の工程(d)では、将来の時点t(n)が選択され、時点t(n)での溶融金属浴の温度値 $T_{pred}(n)$ が予測される。

【0083】

「予測する」という用語は、本明細書では、将来の時点t(n)での将来の温度値 $T_{pred}(n)$ の予測を指すために使用される。換言すれば、予測温度値 $T_{pred}(n)$ は、この将来の時点t(n)での予想温度である。

30

【0084】

将来の時点t(n)の選択は、これ以上は制限されない。好ましくは、これは、金属融解プロセスのプロセスにおける特定の時点、例えば、プロセスが開始してから特定の時間が経過した後、特定の量の化学的補足物が添加された後、又は特定の量のエネルギーが消費された後に関連する。この文脈における「エネルギー消費」は、融解プロセス中に消費されるエネルギーの量、すなわち、溶融金属浴に供給されたエネルギーの量を指す。

【0085】

好ましい実施形態では、複数の時点を複数の予測温度値 T_{pred} に関連付けるデータセットが提供され、そこから予測温度値 $T_{pred}(n)$ が工程(d)で選択される。最も好ましくは、データセット内の予測温度値 T_{pred} は、経験的に導出された温度値、好ましくは、前の融解プロセスの記録された温度値を表す。

40

【0086】

本発明による方法の工程(e)では、予測温度値 T_{pred} に対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度値 $T_{pred}(n)$ に対応する測定プロファイルMP(n)が選択される。

【0087】

好ましい実施形態によれば、温度プロファイルMP(n)の選択は、光学コアワイヤの特性に更に関連する。

50

【0088】

本発明による方法の工程（f）では、測定温度値 $T_{mes}(n)$ を取得するために、測定プロファイルMP（n）が時点 $t(n)$ で適用される。

【0089】

測定プロファイルMP（n）を適用することにより、時点 $t(n)$ での熔融金属浴の測定温度値 $T_{mes}(n)$ が決定される。

【0090】

測定温度値 $T_{mes}(n)$ は、予測温度 $T_{pred}(n)$ よりも高くても低くてもよい。

【0091】

測定温度値 $T_{mes}(n)$ が予測温度 $T_{pred}(n)$ とは異なる可能性があるため、熔融金属浴の温度推移を経時的に記述するモデル $F(t)$ における関連する時点は異なり得る。換言すれば、温度値 $T_{mes}(n)$ が取得される時点 $t(n)$ は、モデル $F(t)$ における予測温度 $T_{pred}(n)$ の時点に必ずしも対応しない。

【0092】

本発明による方法の工程（g）では、測定温度値 $T_{mes}(n)$ 、モデル $F(t)$ 、及び時間ステップ Δt に基づいて、熔融金属浴の予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ が計算される。

【0093】

換言すれば、工程（g）では、時点 $t(n)$ での測定温度値 $T_{mes}(n)$ の測定から時間 Δt 経過後の予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ が得られる。予測は、測定温度値 $T_{mes}(n)$ 及び時間ステップ Δt を入力パラメータとするモデル $F(t)$ に基づく。更に、測定温度値 $T_{mes}(n)$ は、時点 $t(n)$ に直接関連している。

【0094】

本発明による方法の工程（h）では、予測温度値 T_{pred} に対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ に対応する測定プロファイルMP（n+1）が選択される。

【0095】

好ましい実施形態によれば、温度プロファイルMP（n+1）の選択は、光学コアワイヤの特性に更に関連する。

【0096】

本発明による方法の工程（i）では、測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ を取得するために、測定プロファイルMP（n+1）が時点 $t(n+1)$ で適用され、 $t(n+1)$ は、 $t(n+1) = t(n) + \Delta t$ によって定義される。

【0097】

測定プロファイルMP（n+1）を適用することにより、時点 $t(n+1)$ での熔融金属浴の測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ が決定される。

【0098】

好ましい実施形態では、測定プロファイルMP（n+1）の送り速度 $v_{fed}(n+1)$ は、測定プロファイルMP（n）の送り速度 $v_{fed}(n)$ よりも大きい。

【0099】

好ましくは、少なくとも2つの送り速度 v_{fed1} 及び v_{fed2} を定義する測定プロファイルMPが測定プロファイルMP（n）及び測定プロファイルMP（n+1）に適用される場合、測定プロファイルMP（n+1）の送り速度 $v_{fed2}(n+1)$ は、測定プロファイルMP（n）の送り速度 $v_{fed2}(n)$ よりも大きい。

【0100】

好ましくは、 t_1 から t_2 までの時間の長さは、測定プロファイルMP（n）におけるよりも測定プロファイルMP（n+1）における方が短い。

【0101】

好ましくは、工程（d）～（i）は連続した順序で実施される。

10

20

30

40

50

【0102】

好ましくは、工程（a）は工程（d）～（i）の前に実施され、最も好ましくは工程（e）～（i）の前に実施される。

【0103】

より好ましくは、本方法は、以下の順序：

（a）－（b）－（c）－（d）－（e）－（f）－（g）－（h）－（i）、
（b）－（a）－（c）－（d）－（e）－（f）－（g）－（h）－（i）、
（b）－（c）－（a）－（d）－（e）－（f）－（g）－（h）－（i）、又は
（b）－（c）－（d）－（a）－（e）－（f）－（g）－（h）－（i）

のうちの1つで実行される。

10

【0104】

更に好ましい実施形態によれば、工程（b）は工程（f）の後に実施される。

【0105】

より好ましくは、本方法は、以下の順序：

（a）－（c）－（d）－（e）－（f）－（b）－（g）－（h）－（i）、又は
（c）－（a）－（d）－（e）－（f）－（b）－（g）－（h）－（i）

のうちの1つで実行される。

【0106】

更に好ましい実施形態によれば、熔融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給する工程は、工程（b1）～（b4）：

20

（b1）予測温度 T_{pred} と測定温度値 T_{mes} との間の最大温度差 ΔT_{max} を定義する工程と、

（b2）最大温度ステップサイズ ΔT_{step} を定義する工程と、

（b3）測定温度値 $T_{mes}(n)$ と予測温度 $T_{pred}(n)$ との差 $\Delta T(n)$ を最大差 ΔT_{max} と比較する工程と、

（b4）モデル $F(t)$ を供給する工程であって、

$$F(t) = T_{pred}(n) + \Delta T_{step}$$

（ $\Delta T(n)$ が定義された最大温度差 ΔT_{max} より大きい場合）

である、工程と、

を含む。

30

【0107】

好ましい実施形態によれば、定義された最大温度差 ΔT_{max} よりも $\Delta T(n)$ が小さい場合、 $F(t)$ の供給はこれ以上は制限されない。

【0108】

好ましくは、工程（b1）～（b4）を含む工程（b）は、工程（f）の後に実施される。

【0109】

好ましい実施形態によれば、本方法は、以下の順序：

（a）－（c）－（d）－（e）－（f）－[（b）－{（b1）－（b2）－（b3）－b4}]－（g）－（h）－（i）、又は

40

（c）－（a）－（d）－（e）－（f）－[（b）－{（b1）－（b2）－（b3）－b4}]－（g）－（h）－（i）

のうちの1つで実行される。

【0110】

工程（b1）～（b4）を含む好ましい実施形態による本発明の方法を適用することにより、好ましくは、最大温度ステップサイズ ΔT_{step} に基づく温度値の予測が可能になる。

【0111】

好ましくは、温度ステップサイズ ΔT_{step} は、所定の温度差である。

【0112】

50

本発明の方法のこの実施形態は、熔融金属浴の実際の温度と一致しない可能性が高い測定プロファイルの適用を回避することを可能にする。換言すれば、取得された実際の温度を表さない可能性が高い、第1の測定工程で取得された測定温度値に合わせることが可能である。

【0113】

好ましくは、本発明による方法は、2回以上実施される。

【0114】

本発明は更に、熔融金属浴の一連の少なくとも2つの温度値 $T_{mes}(n)$ 及び $T_{mes}(n+1)$ を決定するためのシステムであって、装置及びモジュールを備え、モジュールは装置と相互作用するように適合されているシステムを提供する。

10

【0115】

好ましくは、システムは、本発明による方法であって、

(a) 熔融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットを提供する工程と、

(b) 熔融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給する工程と、

(c) 時間ステップ Δt を定義する工程と、

(d) 将来の時点 $t(n)$ を選択し、時点 $t(n)$ での熔融金属浴の温度値 $T_{pred}(n)$ を予測する工程と、

(e) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度値 $T_{pred}(n)$ に対応する測定プロファイルMP(n)を選択する工程と、

20

(f) 測定プロファイルMP(n)を時点 $t(n)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n)$ を取得する工程と、

(g) 測定温度値 $T_{mes}(n)$ 、モデル $F(t)$ 及び時間ステップ Δt に基づいて、熔融金属浴の予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ を計算する工程と、

(h) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付ける提供されたデータセットから、予測温度値 $T_{pred}(n+1)$ に対応する測定プロファイルMP(n+1)を選択する工程と、

(i) 測定プロファイルMP(n+1)を時点 $t(n+1)$ で適用して、測定温度値 $T_{mes}(n+1)$ を取得する工程であって、 $t(n+1)$ は

30

$t(n+1) = t(n) + \Delta t$ によって定義される工程と、

を含む、方法を実行するように構成されている。

【0116】

本発明の方法に関する好ましい実施形態については、上記の好ましい実施形態を参照されたい。

【0117】

本発明によるシステムは、装置を備え、装置は、光学コアワイヤ及び検出器を含む。光学コアワイヤ及び検出器に関する好ましい実施形態については、本発明の方法について上述した好ましい実施形態を参照されたい。

【0118】

40

本発明によるシステムは、モジュールを含み、モジュールは、記憶ユニット、処理ユニット、及び制御ユニットを含む。

【0119】

好ましくは、記憶ユニット、処理ユニット、及び制御ユニットは、互いに相互作用するように構成されている。

【0120】

本発明によれば、モジュールの記憶ユニットは

(a1) 熔融金属浴の予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイルMPに関連付けるデータセットを提供するための記憶要素と、

(a2) 熔融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデル $F(t)$ を供給するための

50

記憶要素と、

(a3) 時間ステップ Δt を定義するための記憶要素と、
を含む。

【0121】

本発明によれば、モジュールの処理ユニットは

(b1) 将来の時点を選択し、将来の時点での熔融金属浴の温度 T_{pred} を予測するための処理要素と、

(b2) 予測温度値 T_{pred} を対応する測定プロファイル MP に関連付ける提供されたデータセットから、予測温度 T_{pred} に対応する測定プロファイル MP を選択するための処理要素と、

(b3) 測定温度値 T_{mes} 、モデル $F(t)$ 、及び時間ステップ Δt に基づいて、熔融金属浴の予測温度 T_{pred} を計算するための処理要素と、
を含む。

【0122】

好ましい実施形態では、処理ユニットは、記憶ユニットに記憶された情報を処理するように構成されている。

【0123】

本発明によれば、モジュールの制御ユニットは

(c1) ある時点で測定プロファイル MP を適用して測定温度値 T_{mes} を取得するための制御要素、

を含む。

【0124】

好ましい実施形態では、制御ユニットは、装置を制御するように構成されている。

【0125】

好ましい実施形態では、システムは送り手段を備える。本発明の文脈では、送り手段は、熔融金属浴内への光学コアワイヤの送りを可能にする手段として理解され得る。このような手段は、フィーダ、送り制御装置、ストレートナー及びガイド管からなる群から選択することができる。

【0126】

好ましい実施形態によれば、システムは、光学コアワイヤの長さに対応するコイルを更に備える。

【図面の簡単な説明】

【0127】

本発明の根底にある概念は、図面に示された実施形態に関してより詳細に後述される。しかしながら、本発明は、示される正確な構成及び手段に限定されないことが理解されるべきである。ここで、

【0128】

【図1】 光学コアワイヤの様々な設計の概略断面図である。

【図2】 温度が決定される熔融金属浴を有する例示的な設備の概略図である。

【図3】 代表的な測定プロファイルの適用中の光学コアワイヤの前端の浸漬を示す位置－時間グラフである。

【図4】 別の代表的な測定プロファイルの適用中の光学コアワイヤの前端の浸漬を示す位置－時間グラフである。

【図5】 最適な送り速度と測定された浴温度との関係を示すグラフである。

【図6】 最適な浸漬時間と測定された浴温度との関係を示すグラフである。

【図7】 例示的な EAF プロセスの熔融金属浴の予想される経時的な温度推移である。

【図8】 本発明の一実施形態によるシステムの概略図である。

【図9】 本発明の一実施形態によるモジュールの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0129】

10

20

30

40

50

図1は、本発明の例示的な実施形態による光学コアファイヤの様々な設計の概略断面図である。図1Aは、金属管3'によって取り囲まれた光ファイバ2'を含む光学コアファイヤ1'を示す。

【0130】

図1Bは、金属管3''によって取り囲まれた光ファイバ2''を含む光学コアファイヤ1'',を示す。第2の金属管4''が、金属管3''を更に取り囲んでいる。2つの金属管の間の空隙5''は固体材料で充填されていない。すなわち、空隙はガス又はガス混合物を含んでもよい。

【0131】

図1Cは、金属管3'''及び第2の金属管4'''によって取り囲まれた光ファイバ2'10'を含む光学コアファイヤ1'''を示す。2つの金属管の間の空隙5'''は、充填材料、例えば有機材料又はEガラスからのファイバで充填されている。

【0132】

図2は、温度が決定される熔融金属浴7を有する例示的な設備6の概略図である。

【0133】

設備6は、コイル8上に少なくとも部分的に設置されて、測定を行うためにコイル8から少なくとも部分的に巻き出される光学コアファイヤ1を備える。光学コアファイヤ9の一端は、検出器10に接続されており、検出器10は、光学コアファイヤ1及び検出器10で取得されたデータを処理するためにコンピュータシステム（図示せず）に接続されることができる。熔融金属浴7は、電気アーク炉（EAF）、取鍋金属炉（LMF）、又は熔融金属処理の当業者に知られている任意の変換器であってよい容器11内に収容されている。光学コアファイヤ1は、フィーダ12によってガイド管13を通して、入り口14を有する容器11内に導入される。図示の構成は一例として使用されており、それぞれの入り口を有する屋根は本発明の前提条件ではない。

【0134】

図示の構成は、前端15が熔融金属浴MB_Sの表面の下方に浸漬された状態の光学コアファイヤ1の例示的な測定位置を示している。本実施形態では、熔融金属浴MB_Sの表面に対する光学コアファイヤ1の浸漬角度は90°である。しかしながら、この角度は、冶金設備の構造の詳細に応じて可変である。

【0135】

コイル8から容器の入り口14まで延在する光学コアファイヤ1の一部の温度は低いと考えることができ、室温から100℃までの範囲の温度であり得る。入り口14を熔融金属浴7の方向に通過すると、最初に最高1700℃又はそれ以上の高温雰囲気遭遇し、次にスラグ層17に遭遇し、次に熔融金属浴7に遭遇する。容器への入り口14には、ガイド管13内への金属及びスラグの侵入を防止するために吹き込みランス18を設けることができる。

【0136】

熔融金属浴7の最適レベルは、各冶金容器について、その設計及び動作モードによっておおよそ知ることができる。

【0137】

温度測定値を取得するために、光学コアファイヤ1は、その前端が浸漬端15にある状態で、熔融金属浴7に向かって必要な浸漬深さまで送られる。信頼できる温度測定値を取得するために、熔融金属浴中のほぼ一定の浸漬深さで測定することが望ましくてもよい。適切な送りシステム12は、光学コアファイヤ1の送り速度を正確に制御する。

【0138】

測定シーケンスの後、熔融金属浴に浸漬された光学コアファイヤの部分19は熔融され、したがって、消耗される。この部分の長さはL_Cで示されている。測定が行われた後、高温雰囲気内に位置し、スラグ層を通して延びている光学コアファイヤの部分20は、コイル8の方向に送り戻され、次の測定のために再使用されてもよい。

【0139】

20

30

40

50

図3は、代表的な測定プロファイルの適用中の光学コアファイヤの前端の浸漬を示す位置-時間グラフである。x軸は時間を示し、y軸は前端の位置を示す。熔融金属浴MBSの表面の位置が方向付けのために示されている。測定の開始に先立って、すなわち、 t_0 の前に、前端が開始点に配置される。これは、冶金容器の内側であってもよく、入り口、すなわち、光学コアファイヤが容器に入る点の近くに近接していてもよい。光学コアファイヤは、 t_0 から t_2 までの時間にわたって、熔融金属浴に向かって及び熔融金属浴内に送り速度で送られる。この時間の長さは、典型的には数秒の範囲内である。光学コアファイヤの前端は、時点 t_1 で熔融金属浴に入り、すなわち、 t_1 は、前端が熔融金属浴の表面の下方に浸漬される時点である。図示のグラフでは、単一の送り速度が適用されているが、送りは、送り速度の異なるいくつかの段階を含んでもよい。送りを行わない段階、すなわち、静止段階を、別の好ましい実施形態を表す図4に示すグラフに示されているように、測定の実施中に含めることができる。温度測定値は、 t_1 から t_2 までの測定時間中に取得される。信頼できる測定値を取得するためには、前端を熔融金属浴の表面の下方に浸漬しなければならない。送りの初期段階で取得された温度値は、熔融金属浴のバルク温度を表さないことが多い。 t_2 の後に、光学コアファイヤを熔融金属浴から後退させて、表面の上方の位置に戻す。理想的には、熔融金属浴LCの表面下に浸漬された光学コアファイヤの部分は、 t_2 まで消耗される。

【0140】

光学コアファイヤの浸漬部分が熔融金属浴の表面まで完全に消耗されるのに必要な時間は、熔融金属の温度及び光学コアファイヤの特性に依存する。上述の融解又は消耗挙動に影響を及ぼす光学コアファイヤの特性は、その設計及びそれを構成する材料を含む。例えば、より厚い壁厚を有する金属管は、より薄い壁厚を有する同じ材料の金属管よりも遅く融解する。熔融金属浴の温度が高いほど光学コアファイヤの消耗が速くなると予想されるので、測定プロファイルの時間の長さは、熔融金属浴の温度が高いほど短くてもよい。所与の理由から、送り方式のパラメータが、測定される温度に合わせて調整されることが有利である。

【0141】

光学コアファイヤの融解及び失透挙動は、環境からの熱伝達量に依存し、これは、前端が送られる速度に直接関連する。特に、前の測定が実施された場合には、前端を含む浸漬端の一部が既に損傷している可能性がある。熱需要ゾーンにおける前の測定シーケンス中の滞留時間が長いほど、より多くの損傷が観察され得る。本発明による方法を適用することにより、この損傷が最小限に抑えられる。

【0142】

測定プロファイルの適用中に温度値を取得するために適用される様々なパラメータが様々な測定品質をもたらすことが観察されている。測定プロファイルの測定品質は、固定設置された標準熱電対を使用して取得された測定値と比較して異なる測定精度を指す。本発明の根底にある考え方は、特定の測定プロファイルを、測定されると予想される温度に適合させることである。図5は、測定シーケンス中に適用される最適な送り速度、すなわち、測定プロファイルの適用と取得された温度との関係を示すグラフである。この依存性は、熔融金属浴の温度に依存することが知られている、光学コアファイヤの融解及び分解挙動に関連し得る。好ましくは、前端の平均送り速度は、測定されると予想される温度が高いほど速く選択される。

【0143】

図6は、測定シーケンスにおける光学コアファイヤの前端の浸漬の最適な時間の長さ、すなわち、図3及び図4における t_1 と t_2 との間の時間の長さ、と、取得された温度との関係を示すグラフである。より高い浴温度とより短い浸漬時間の長さとの間の認識可能な相関関係は、光学コアファイヤが熔融金属部品内に浸漬される時間が、好ましくは、熔融金属浴の予想温度がより高いほど、より早く選択されるべきであることを示している。

【0144】

図7は、例示的なEAFプロセスの熔融金属浴の温度の予想される経時的な推移であ

10

20

30

40

50

り、一定の温度上昇を示している。この推移は、熔融金属浴の温度の推移の例示的なモデルを表す。更に、図 7 は、温度予測工程が基づくパラメータと変数との関係を示す。本発明の一実施形態によれば、時点 $t(n)$ で測定が実施され、その結果、その時点の測定温度値 $T_{mes}(n)$ が取得される。適用される測定プロファイルは、その時点についての予想温度 $T_{pred}(n)$ に基づいて予め選択される。温度 $T_{pred}(n)$ は予測温度であるため、測定温度値 $T_{mes}(n)$ とは異なり得る。特に強調すべき点として、予測温度値 $T_{pred}(n)$ に関連する時点は、熔融金属浴の予想される温度推移を記述するモデルにおける測定温度値 $T_{mes}(n)$ に関連する時点 $t(n)$ に必ずしも対応しない。第 1 の測定温度値 $T_{mes}(n)$ を決定してから所定の時間 Δt が経過した後に、第 2 の温度測定値の時点 $t(n+1)$ が $t(n)$ よりも遅く定義される。この時点についての予想温度値 $T_{pred}(n+1)$ は、この第 2 の測定に最も適した測定プロファイルを選択するための基礎として必要とされる。この温度値は、 $t(n)$ と $t(n+1)$ との間の時間 Δt 中の熔融金属浴の温度の予想される推移に基づいて予測される。

【0145】

図 8 は、本発明の一実施形態によるシステム 30 の概略図である。システム 30 は、本発明による方法を実行するように構成されている。特に、予測温度を、それぞれの予測温度に最適な測定品質をもたらす測定プロファイルに関連付けるデータセットを提供するように構成されている。システム 30 は、そのような温度を予測するように更に構成されている。更に、システム 30 は、時間ステップを定義するように構成されている。加えて、システム 30 は、熔融金属浴の経時的な温度推移を記述するモデルに基づいて温度を計算するように構成されている。そのような計算された温度も、予測温度として理解されるべきである。システム 30 は、モデルを供給するように更に構成されている。加えて、システム 30 は、提供されたデータセットから測定プロファイルを選択するように構成されている。選択された測定プロファイルは、予測温度又はモデルに基づいて計算された温度のいずれかに基づく。更に、システム 30 は、この測定プロファイルを適用するように構成されている。

【0146】

システムは装置 40 を備え、装置 40 は、光学コアファイヤ及び検出器を含む。更に、システムはモジュール 50 を備える。装置 40 及びモジュール 50 は、互いに相互作用するように適合されている。すなわち、モジュールは、装置 40 を用いて本発明による方法を実行するように構成され、熔融金属浴の温度値の測定をもたらす。

【0147】

図 9 は、モジュール 50 の概略図をより詳細に示す。モジュール 50 は、記憶ユニット 50、処理ユニット 70、及び制御ユニット 80 を備える。

【0148】

以下では、本発明による例示的な条件が与えられる。

【実施例】

【0149】

光学コアファイヤを含む装置を、図 2 による代表的な電気アーク炉 (EAF) 設備に設置した。光学コアファイヤは、コア径が $50\ \mu\text{m}$ のグレーデッドインデックスファイバと、外径が $1,3\ \text{mm}$ のステンレス鋼管とを備えていた。この金属管付きファイバを、外径 $6\ \text{mm}$ 、肉厚 $0,3\ \text{mm}$ のステンレス管に埋め込んだ。

【0150】

EAF にスクラップを装填し、融解プロセスを開始した。60 MW の典型的な入力電力の場合、前の測定に基づいて、図 7 に示すような温度推移が予想された。

【0151】

冶金設備の履歴データ及び EAF の消費蓄積電力に基づいて、最初の測定時の予想温度は 1540°C であった。 1540°C の予想温度の測定プロファイルを選択し、平均送り速度を $0,4\ \text{m/秒}$ 、プロファイルの時間の長さを $1,0\ \text{秒}$ と定義した。取得された温度値は 1560°C であり、すなわち、熔融金属浴の実際の温度の測定は、予測よりも高い温

度値をもたらした。特定の冶金設備では、この温度範囲で15℃/分の温度上昇が予想された。最初の測定の2分後に次の測定を計画し、すなわち、予想温度は1590℃であった。1590℃の予想温度の測定プロファイルは、最適平均送り速度を0.5m/秒と定義し、プロファイルの時間の長さを0.75秒と定義した。1回目の測定から1分後の時点で2回目の測定プロファイルを適用した後に、1600℃の測定温度値を取得した。

【0152】

2回目の測定の1分後に3回目の測定を計画した。予想される温度推移によれば、測定されると予想される温度は1620℃であり、それぞれの測定プロファイルは、最適平均送り速度を0.8m/秒と定義し、プロファイルの時間の長さを0.54秒と定義した。取得された測定温度は1625℃であった。

【符号の説明】

【0153】

- 1、1'、1''、1''' 光学コアワイヤ
- 2'、2''、2''' 光ファイバ
- 3'、3''、3''' 金属管
- 4'、4''、4''' 第2金属管
- 5'、5''、5''' 金属管間の空隙
- 6 設備
- 7 熔融金属浴
- 8 コイル
- 9 反対端（検出器に接続されたコアワイヤの端）
- 10 検出器
- 11 容器；冶金容器
- 12 フィーダ
- 13 ガイド管
- 14 入り口
- 15 光学コアワイヤの前端
- MBS 熔融金属浴の表面
- 17 スラグ層
- 18 吹き込みランス
- 19 熔融金属浴に浸漬されたコアワイヤの部分
- LC 熔融金属浴に浸漬された光学コアワイヤの長さ
- 20 高温雰囲気及びスラグにさらされたコアワイヤの部分
- 30 システム
- 40 装置
- 50 モジュール
- 60 記憶ユニット
- 70 処理ユニット
- 80 制御ユニット

10

20

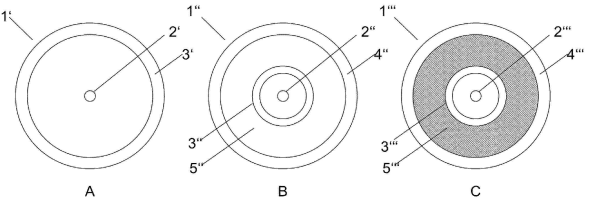
30

40

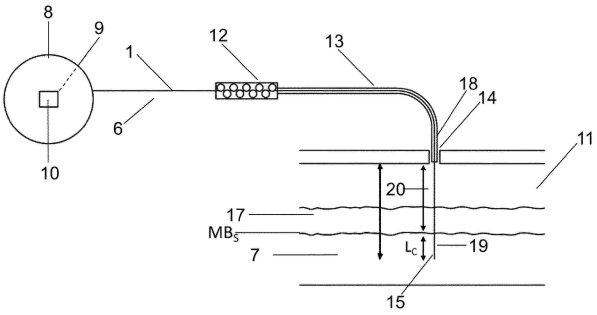
50

【図面】

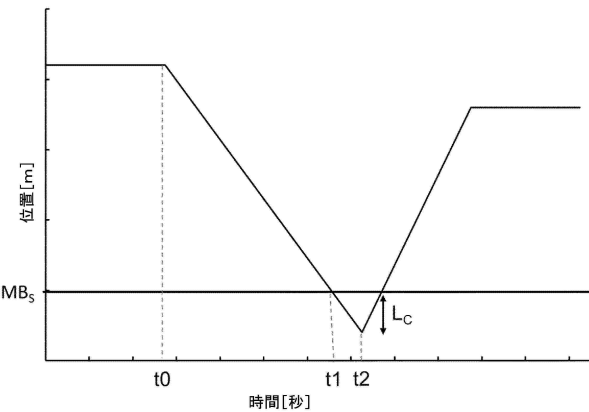
【図 1】



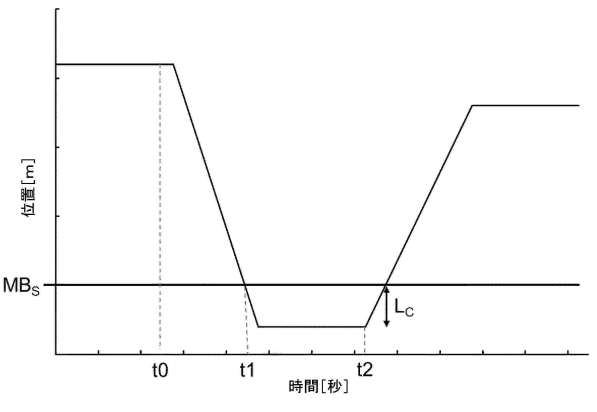
【図 2】



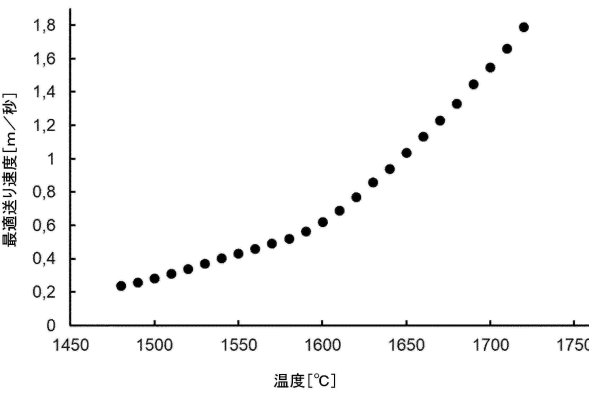
【図 3】



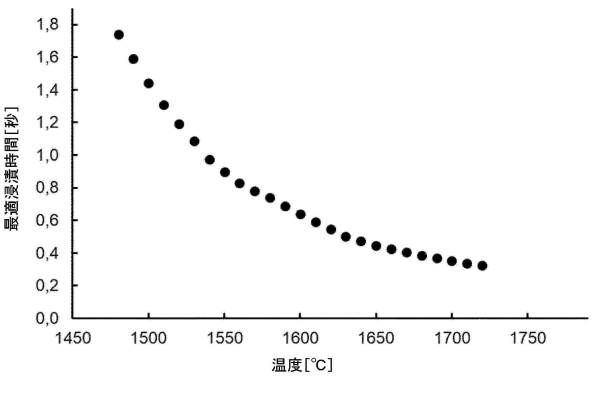
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

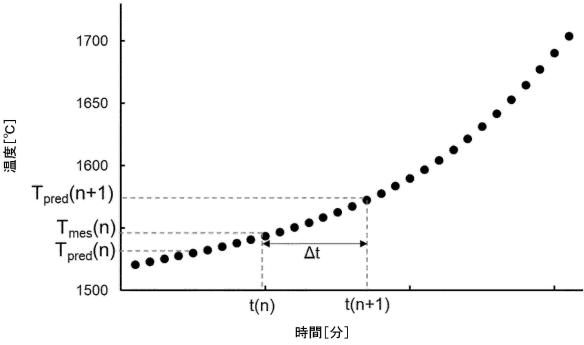
20

30

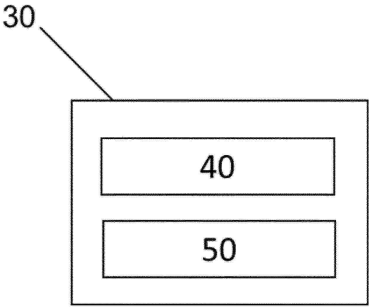
40

50

【図 7】

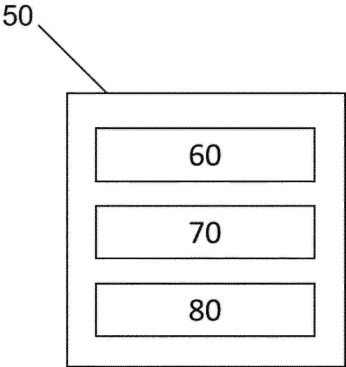


【図 8】



10

【図 9】



20

30

40

50

フロントページの続き

セントルム ザイド 1105, ヘレーウス エレクトロナイト インターナショナル エヌ ヴィ宛

審査官 小澤 瞬

- (56)参考文献 特表2017-530257 (JP, A)
特開平10-185698 (JP, A)
特開2014-219395 (JP, A)
特開2018-151371 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F27D 21/00
G01J 5/00 - G01J 5/90