

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 9 月 9 日 (09.09.2005)

PCT

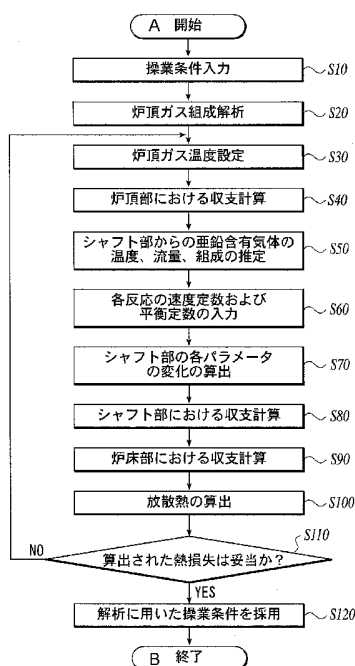
(10) 国際公開番号
WO 2005/083133 A1

- (51) 国際特許分類: C22B 19/08 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三井金属鉱業株式会社 (MITSUI MINING & SMELTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1418584 東京都品川区大崎 1 丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/003164
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 25 日 (25.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (71) 出願人 および (72) 発明者: 不破 章雄 (FUWA, Akio) [JP/JP]; 〒1570066 東京都世田谷区成城 2-15-13 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 丹野 文夫 (TANNO, Fumio) [JP/JP]; 〒1050001 東京都港
- (30) 優先権データ:
特願2004-056103 2004 年 3 月 1 日 (01.03.2004) JP

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR ANALYZING STATE INSIDE BLAST FURNACE IN PYROMETALLURGY OF ZINC AND METHOD FOR ZINC SMELTING

(54) 発明の名称: 乾式亜鉛製錬溶鉱炉内の状態解析方法および亜鉛製錬方法



(57) Abstract: A method is disclosed for analyzing, by the use of a computer system, the state of reaction in a region wherein the reduction of zinc oxide for forming zinc is carried out as a main reaction, in the inside of a blast furnace for the pyrometallurgy of zinc for taking out zinc, by the use of coke, from a fired product comprising a zinc oxide, a lead oxide, a iron oxide and a silicon oxide. The above method allows the analysis of the inside of a blast furnace by the ISP method of the pyrometallurgy of zinc, which can reproduce an actual operation and can follow the change of the situation in the furnace associated with the change of operating conditions.

(57) 要約: 実操業を再現することが可能な、操業条件の変化に伴う炉内状況の変化に追従できる、乾式亜鉛製錬のISP法により溶鉱炉の内部を解析することを可能にする。本発明は、コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す乾式亜鉛製錬用の溶鉱炉内で、亜鉛を生成するための酸化亜鉛の還元反応が主反応として行われる領域での反応状態をコンピュータシステムを用いて解析する方法である。

- A START
S10 INPUT OF OPERATION CONDITIONS
S20 ANALYSIS OF GAS COMPOSITION AT TOP OF FURNACE
S30 DETERMINATION OF GAS TEMPERATURE AT TOP OF FURNACE
S40 CALCULATION OF BALANCE AT TOP OF FURNACE
S50 ESTIMATION OF TEMPERATURE, FLOW RATE AND COMPOSITION OF ZINC-CONTAINING GAS FROM SHAFT PORTION
S60 INPUT OF RATE CONSTANT AND EQUILIBRIUM CONSTANT OF EACH REACTION
S70 CALCULATION OF CHANGE OF EACH PARAMETER AT SHAFT PORTION
S80 CALCULATION OF BALANCE IN SHAFT PORTION
S90 CALCULATION OF BALANCE IN HEARTH PORTION
S100 CALCULATION OF DISSIPATED HEAT
S110 IS REASONABLE THE CALCULATED HEAT LOSS ?
S120 ADOPTION OF OPERATION CONDITIONS USED FOR ANALYSIS
B END

WO 2005/083133 A1



区虎ノ門 2-6-4 Tokyo (JP). 松崎 健嗣 (MAT-SUZAKI, Kenji) [JP/JP]; 〒3620021 埼玉県上尾市原市 1 3 3 3-2 三井金属鉱業株式会社 総合研究所内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 荒船 博司, 外 (ARAFUNE, Hiroshi et al.); 〒1620832 東京都新宿区岩戸町 1 8 番地 日交神楽坂ビル 5 階 光陽国際特許法律事務所内 Tokyo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, 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

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

乾式亜鉛製錬溶鋳炉内の状態解析方法および亜鉛製錬方法

技術分野

- [0001] 本発明は、コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す乾式亜鉛製錬用の溶鋳炉内で、焼結鋳の各成分のうち少なくとも酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応が主反応として行われる領域での反応状態を解析する方法に関する。

また、本発明は、コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す亜鉛製錬方法に関する。

背景技術

- [0002] 溶鋳炉のように、炉内状況の正確な測定や把握が困難である製錬プロセスにおいて、操業状態をモデル化し解析を行うことは、操業改善やプロセスの最適化を図る上で有効な手段である。(例えば、特許文献1)

特許文献1:特開2003-277845号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] しかしながら、乾式亜鉛製錬のISP(imperial smelting process)法においては、鉄鋼製錬や銅製錬とに比較して、反応系が複雑なため、体系的な炉内の解析が進められていないのが現状である。
- [0004] また、炉内の状況を把握するために温度計などの計器を配設することは、炉内装入物や炉内ガスにより侵食を受けるため、困難である。したがって、実際の操業時においては、炉内状況の安定化および操業の効率化実現するために、経験などに基づいてその場その場で対応する必要があった。このような炉内状況の安定化および操業の効率化、さらには操業の自動化を進めるためには、実操業を再現することが可能であり、かつ操業条件の変化に伴う炉内状況の変化に追従できる炉内の状態解析の開発が望まれる。
- [0005] そこで、本発明は上述した実情に鑑みてなされたものであり、実操業を再現すること

が可能な、操業条件の変化に伴う炉内状況の変化に追従できる、乾式亜鉛製錬のISP法により溶鋳炉の内部を解析する状態解析方法、およびこの解析方法を適用して操業する新しい亜鉛製錬方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る乾式亜鉛製錬溶鋳炉内の状態解析方法は、コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す乾式亜鉛製錬用の溶鋳炉であって、導入されたコークスの全導入量の少なくとも一部および必要に応じて焼成物を落下させるとともに生成した亜鉛を排出する第一領域と、第一領域を通過した焼成物の各成分のうち少なくとも酸化亜鉛の還元反応および必要に応じて酸化鉛および酸化鉄の還元反応が主反応として行われる第二領域と、焼成物およびコークスの残りを導入するとともに、第二領域を通過した焼成物のうち少なくとも酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応および炭素の酸化反応が主反応として行われる第三領域とが連続して形成されてなる溶鋳炉での反応状態をコンピュータシステムを用いて解析する方法であって、

炉の形状を特定するための値を反応場特定値として入力し、第一および第三領域に導入されるコークスおよび焼成物のそれぞれの導入温度、導入量および組成を導入初期値として入力し、前記第一領域に導入される気体の組成および流量、当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成および流量および前記第三領域に導入される気体の温度、組成および流量を操業データとして入力する操業条件入力段階と、

前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量と、前記第三領域に導入される気体の組成および流量と、前記導入される焼成物およびコークスの組成とを用いて、各領域で行われる一酸化炭素生成反応および二酸化炭素生成反応に基づいて、前記前記第一領域で生じる一酸化炭素および二酸化炭素の流量を算出する流量算出段階と、

前記第一領域から排出される気体の温度を設定入力する温度設定段階と、

前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量および当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成およ

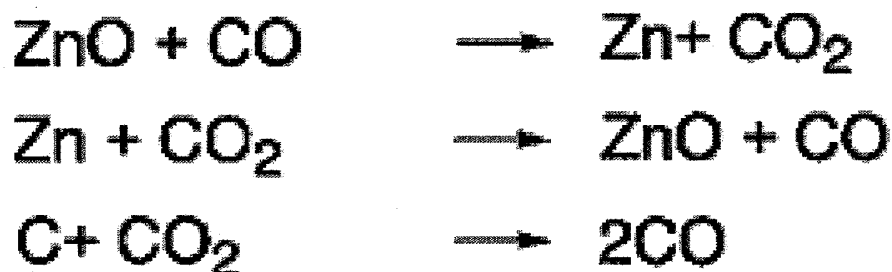
び流量と、前記流量算出段階で得られた一酸化炭素および二酸化炭素の流量と、前記温度設定段階で設定入力された気体温度とを用いて、当該第一領域で行われる化学反応に基づいて、第一領域での反応における物質収支および熱収支を算出して、第二領域から導入される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成を算出する第一領域収支計算段階と、

前記第一領域収支計算段階で算出された第二領域から排出される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成と、前記操業条件入力段階で入力された前記反応場特定値および前記導入初期値とを用いて、前記各還元反応の速度定数および平衡定数に基づいて、前記第二領域の上下方向の微小区間における、気体成分全体、コークスおよび焼成物のそれぞれの流量および温度の変化と、当該微小区間中の各気体組成の圧力変化と、当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化とを計算し、得られた各値に基づいて、前記第二領域におけるコークス、焼結鉱および気体成分のそれぞれの物質収支、熱収支および第二領域全体の熱損失を算出する第二領域収支計算段階と、

前記操業条件入力段階で入力された前記第三領域に導入される焼成物およびコークスの温度、組成および導入量および当該領域に導入される気体の温度、組成および流量と、前記第二領域収支計算段階で得られた物質収支および熱収支とを用いて、当該第三領域で行われる化学反応に基づいて、第三領域における物質収支、熱収支および熱損失を計算する第三領域収支計算段階とを有することを特徴としている。

- [0007] この方法において、前記第三領域に導入される焼成物を全体の1〜100%とすることが好ましい。
- [0008] また、前記第三領域に導入されるコークスを全体の40〜60%とすることが好ましい。
- [0009] また、前記第三領域に導入される気体は、酸素が30〜100%含まれることが好ましい。
- [0010] また、下記の反応式で表される反応を、前記第二領域で行われる反応として設定することが好ましい：

[0011] [化1]



[0012] また、前記第二領域収支計算段階では、気体成分全体、コークスおよび焼結鉱のそれぞれの流量および温度の変化、および当該微小区間中の各気体組成の圧力変化、および当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化として、溶鉱炉内で生じる気体を考慮した前記微小区間あたりの各変化の微小変化で示される微分方程式を用いることが好ましい。

[0013] また、前記第二領域収支計算段階で用いられる反応場特定値は、炉の高さおよび高さ方向の各微小区間における炉の断面積であることが好ましい。

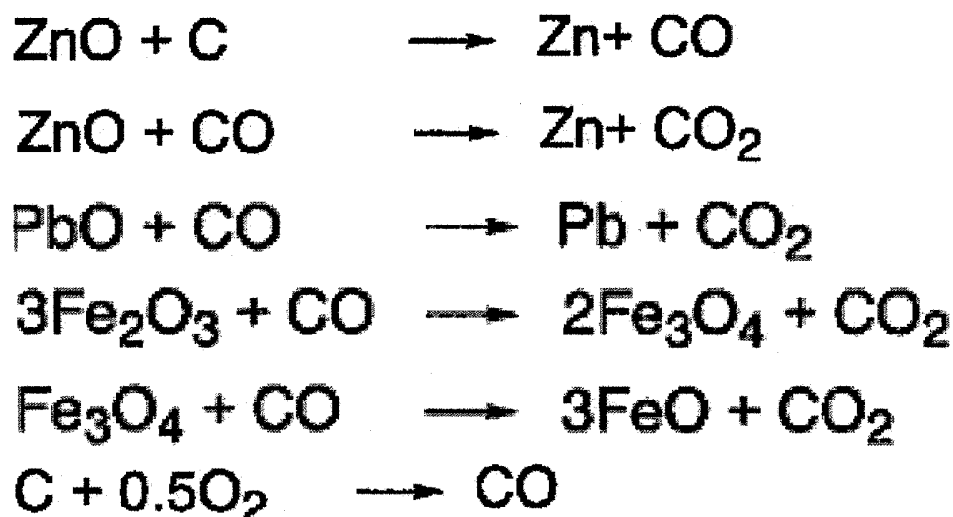
[0014] また、下記の反応式で表される化学反応を、前記第一領域で行われる化学反応として設定することが好ましい：

[0015] [化2]



[0016] また、下記の反応式で表される化学反応および未反応の酸化物を含有するスラッグの生成反応を、前記第三領域で行われる化学反応として設定することが好ましい：

[0017] [化3]



[0018] また、本発明に係る亜鉛製錬方法は、コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す亜鉛製錬方法であって、

コークスおよび必要に応じて焼成物が導入されるとともに、生成された亜鉛を排出する第一領域と、生成された亜鉛を第一領域へ送出させる第二領域と、焼成物のうち少なくとも酸化亜鉛の還元反応が主反応として行われ、亜鉛が生成される第三領域とが連続して形成されてなる溶鉱炉を用い、かつ、

第一領域にコークスの全導入量の少なくとも一部および必要に応じて焼成物を導入し、

第三領域に焼成物およびコークスの残りを導入することを特徴としている。

[0019] この方法において、前記第三領域に導入される焼成物を全体の1～100%とすることが好ましい。

[0020] また、前記第三領域に導入されるコークスを全体の40～60%とすることが好ましい。

[0021] また、前記第三領域に、酸素が30～100%含まれる気体が導入されることが好ましい。

発明の効果

- [0022] 本発明によれば、実操業を再現することが可能な、操業条件の変化に伴う炉内状況の変化に追従できる、乾式亜鉛製錬のISP法による溶鋳炉の内部を解析することが可能になる。したがって、溶鋳炉の操業結果の改善を図るための操業条件の最適化を行うことが可能になり、有効な亜鉛製錬が可能になる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]本発明で状態解析を行う乾式亜鉛製錬溶鋳炉を模式的に示す図である。
[図2]前記溶鋳炉の炉床部における亜鉛含有スラグの濃度分布について説明する図である。
[図3]本発明に係る乾式亜鉛製錬溶鋳炉の状態解析方法の一実施形態を説明するためのフローチャートである。
[図4]前記実施形態において、計算区間となる微小区間を説明する図である。
[図5]前記解析方法において、ガス、焼結鋳、コークスのそれぞれの熱収支を模式的に表す図である。
[図6A]前記解析方法において、用いられる一界面の未反応核モデルを説明する図である。
[図6B]前記解析方法において、用いられる二界面の未反応核モデルを説明する図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0024] 以下、本発明に係る乾式亜鉛製錬溶鋳炉内の状態解析方法、およびこの解析方法を適用して操業する亜鉛製錬方法の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。図1に示したように、乾式亜鉛製錬溶鋳炉(以下、「溶鋳炉」という)10を三つの部分、すなわち第一領域としての炉頂部11、第二領域としてのシャフト部12および第三領域としての炉床部13に分ける。
- [0025] 炉頂部11は、第二領域から第一領域に導入される気体、コークスの全導入量の少なくとも一部および必要に応じて原料となる亜鉛を含有する焼成物が加熱され、シャフト部12に落下されるとともに、生成した亜鉛を排出する、溶鋳炉の第一領域である。この炉頂部11では、予熱された酸素および窒素の混合気体を導入するためのエア導入口41、原料となる亜鉛を含有する焼成物およびコークスを導入するための原料

導入口42および生成した亜鉛を含む亜鉛含有気体を取り出すための亜鉛含有気体取出口43が設けられており、エア導入口41から導入される混合気体により、亜鉛含有気体に含まれる一酸化炭素ガスが酸化反応を起こすことで発熱し、前記のように第一領域に導入される気体、コークスおよび焼成物を加熱する。

[0026] すなわち、下記の反応が進行する。

[0027] [化4]



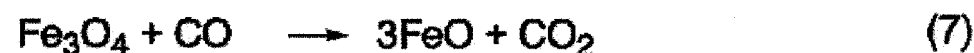
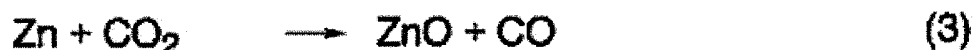
[0028] 亜鉛を含有する焼成物 (calcine) は、亜鉛、鉛、鉄、酸化ケイ素、硫黄を少なくとも含有する通常の亜鉛精鉱を焙焼して、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有したものである。亜鉛精鉱は、例えば亜鉛を52%、鉛を2%、鉄を7%、酸化ケイ素を2%、硫黄を30%、金属、酸素などその他の成分を7%含むものである。また、コークスは、炭素、酸化アルミニウムおよび酸化ケイ素を少なくとも含有する。また、亜鉛含有気体は、後述するように気体状の亜鉛を含んでおり、この気体状の亜鉛は図示しない鉛浴に吸収させることで単離、回収することができる。

[0029] また、炉頂部11には、後述するシャフト部12から亜鉛含有気体が排出される。前述したように、炉頂部11にエア導入口41から予熱した混合気体を導入するのは、炉頂部11中の気体を1000℃以上に保持することにより、亜鉛含有気体中の亜鉛が当該亜鉛含有気体中に含まれる二酸化炭素と反応して酸化亜鉛が生成されるのを防ぐためである。

[0030] シャフト部12は、炉頂部11から導入された焼成物の各成分のうち少なくとも酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応が主反応として行われ、第三領域で生成した亜鉛含有気体を第一領域へ送出する、溶鉱炉の第二領域である。シャフト部は、コークスおよび場合によっては焼成物が充填され、その上限をストックライン31と定義し、このストックライン31から所定距離下方であって、後述する羽口21、22の上方の所定位置の高さの境界ライン32までをいう。

[0031] また、シャフト部12では、具体的には、コークスのソルーションロス反応(4)、および焼成物が炉頂部11に導入された場合には一酸化炭素ガスによる酸化亜鉛の揮発還元(2)、亜鉛蒸気の再酸化(3)、および酸化鉄の還元(6)、(7)、酸化鉛の還元(5)、すなわち下記の反応が進行する。

[0032] [化5]

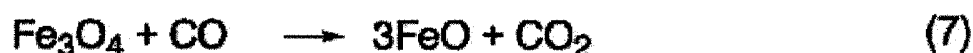


[0033] シャフト部12では、焼結鉱は前記反応を進めながら、炉床部13に向けて連続的に落下移動する。

[0034] 炉床部13は、導入された焼成物に含有される酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応、および炭素の酸化反応、および場合によってはシャフト部12を通過した焼成物に含有される酸化亜鉛の還元反応が主反応として行われる、第三領域である。炉床部13には、熱風を導入するための羽口21および22、焼成物およびコークスを導入するための導入口23、熔融状態の鉛を取り出すための鉛取出口51および未反応の酸化鉄、酸化鉛および酸化ケイ素を少なくとも含有する熔融状態のスラグを取り出すスラグ取出口52が配設されている。

[0035] 炉床部13では、具体的には、下記に示したような羽口21、22からの熱風によるシャフト部12および導入口23からのコークスの燃焼反応(8)および(10)、導入口23および場合によってはシャフト部12からの焼成物に含まれる酸化亜鉛の揮発還元(8)および(9)、および導入口23からの焼成物に含まれる酸化鉛の還元反応(5)および酸化鉄の還元反応(6)、(7)が進行する。

[0036] [化6]



[0037] 以上説明したように、図1に示した溶鋳炉10では、原料導入口42から導入されたコークスおよび必要に応じて焼成物が、エア導入口41から導入される予熱された混合気体により炉頂部11にて加熱され、シャフト部12に落下する。

[0038] シャフト部12では、焼成物が炉頂部11より導入された場合に、この焼成物に含まれる一部の酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応が進行し、気体亜鉛、一酸化炭素および二酸化炭素を少なくとも含有する亜鉛含有気体が生成され、炉頂部11に送られる。一方で、未反応の酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄を含有する焼成物およびコークスは炉床部13に送られる。

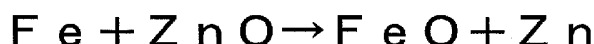
[0039] なお、炉頂部11に送られた亜鉛含有気体は、亜鉛含有気体取出口43から取り出されて、取り出された亜鉛含有気体から亜鉛単体が単離、回収される。炉床部13では、導入口23から導入された焼成物およびコークスならびにシャフト部12から送られたコークスおよび場合によっては焼成物が、羽口21、22から導入される熱風により燃焼して、コークスより一酸化炭素および二酸化炭素が生成される一方で、焼成物中およびシャフト部12からのスラグ中の酸化亜鉛がコークスに含有される炭素または発生した一酸化炭素と反応して、揮発還元されて、亜鉛気体、一酸化炭素および二酸化炭素を少なくとも含有する亜鉛含有気体が生成され、シャフト部12を通じて、炉頂部11に送られる。

[0040] ここで、炉床部13から焼成物およびコークスを導入するに際し、図2に示したように、溶鋳炉10の炉床部の周囲に複数の導入口23を設けて、各導入口ごとに焼成物と

コークスとの導入比率を変えることが好ましい。

[0041] このようにすることで、下記の酸化還元反応は亜鉛生成側に傾けることができ、亜鉛の収率を上げることができることが知られている。

[0042] [化7]



[0043] 一般に、亜鉛含有スラグの濃度が4%より大きくなるとこの酸化還元反応は亜鉛生成側に傾く。また、溶鋳炉10内の炉床部では、亜鉛含有スラグ (Zn in slag) の存在量 (濃度) に一定の分布ができ、すなわち溶鋳炉10の中心部には亜鉛含有スラグ濃度の高い領域24が、端部には亜鉛含有スラグ濃度の低い領域25、26がそれぞれ生じてしまう。したがって、亜鉛含有スラグの濃度を一定にすることで、この酸化還元反応を常に最適な環境で行うことができるよう制御をすることができるようになる。

[0044] したがって、亜鉛含有スラグ濃度の低い領域25、26の導入口23にはコークス濃度が低く、焼成物濃度が高くなる比率で導入し、一方亜鉛含有スラグ濃度の高い領域24にはコークス濃度が高く、焼成物濃度が低くなる比率で導入することが好ましい。

[0045] また、炉床部13では、シャフト部12、炉床部13で発生した熔融状態の鉛および未反応の酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する熔融状態のスラグが、それぞれ鉛取出口51、スラグ取出口52から取り出されて、回収される。本実施形態のような原料を炉床部13に導入する乾式亜鉛製錬用の溶鋳炉内では、特に炉床部13にて焼成物に含まれる酸化金属の還元反応が進行するとともに、この還元反応により生成される亜鉛は気体で得られるため、溶鋳炉10内を上昇する。

[0046] 特に、シャフト部12では、コークスが酸化されるソリュションロス反応が生じてしまう。この反応は、吸熱反応であり、シャフト部12内の温度を下げることになり亜鉛含有気体の温度を下げることになり、炉頂部11から排出される気体亜鉛を凝縮させて製品化する観点から好ましくない。また、ソリュションロス反応は、この反応にかかわるコークスが酸化亜鉛の還元反応に寄与することなくシャフト部12中のガスに一酸化

炭素(CO)として排出されることになり、高価であるコークスを無駄に消費してしまう点からも好ましくない。

[0047] そこで、ソリューションロス反応を低減するために、コークスのシャフト部12に滞留するコークスの量を減らすようにしている。したがって、コークスの全導入量の少なくとも一部を炉頂部11から、残りを炉床部13から、それぞれ導入するようにし、これにあわせて焼成物を炉床部13から導入するようにしている。

[0048] このような観点から、第三領域である炉床部13にて導入される焼成物は、全導入量の1～100%、好ましくは40～100%であり、残りが第一領域である炉頂部11の原料導入口42から導入されるようにしている。一方、炉頂部11にて導入されるコークスは、全導入量の40～60%、好ましくは50%であり、残りが炉床部13から導入されるようにしている。なお、炉頂部11から導入されるコークスおよび焼成物は塊が好ましいが、炉床部13から導入される焼成物およびコークスは紛体であることが好ましい。また、炉床部13の羽口21および22から導入される熱風に含まれる酸素量は、30～100%であることが好ましい。

[0049] 各物質または気体を、炉頂部11または炉床部13から、このような割合で導入するようにすることで、炉床部13では亜鉛を効率よく生成することができ、またシャフト部12でのソリューションロス反応を抑え、炉床部13で生成した亜鉛含有気体の亜鉛含有量を保ちながら効率よく炉頂部11へと送出することが可能になる。

[0050] また、従来において行われていた鉄鋼製錬、銅製錬、鉛製錬などに用いられる溶鋳炉内での状態を解析する方法では、還元反応により生成される鉄や鉛は溶鋳炉内を上昇するのではなく、落下するので、溶鋳炉内で気体として得られる亜鉛とは状況が異なる。したがって、鉄鋼製錬などに用いる解析方法を、そのまま亜鉛製錬に用いることは不可能である。また、乾式亜鉛製錬において、従来は溶鋳炉を二つの領域に分けていたが、それでは、得られた解析結果が溶鋳炉の中の状態を忠実に再現しているとは言えず、解析方法としては不十分であった。

[0051] そこで、前記乾式亜鉛製錬溶鋳炉内の状態解析方法の実施態様では、図1に示したように、溶鋳炉10を三つの領域、すなわち第一領域としての炉頂部11、第二領域としてのシャフト部12および第三領域としての炉床部13に分けて、第一領域から第

三領域まで順に各領域において物質収支および熱収支、および必要に応じて気体成分の組成(以下、「ガス組成」という)および固体組成を示す固体成分の反応率(以下、「固体反応率」という)を、コンピュータシステムを用いて算出するものである。

- [0052] この状態解析方法では、具体的には、図3に示したように、炉の形状を特定するための値を反応場特定値として入力し、第一および第三領域に導入されるコークスおよび焼成物のそれぞれの導入温度、導入量および組成(ならびに第三領域から導入されるコークスおよび焼成物に関してはその紛体の表面積)を導入初期値として入力し、前記第一領域に導入される気体の組成および流量、当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成および流量および前記第三領域に導入される気体の温度、組成および流量および排出されるスラグ亜鉛および鉛の量を操業データとして入力する操業条件入力段階(ステップS10)と、前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量と、前記第三領域に導入される気体の組成および流量と、前記導入される焼成物およびコークスの組成とを用いて、各領域で行われる一酸化炭素生成反応および二酸化炭素生成反応に基づいて、前記前記第一領域で生じる一酸化炭素および二酸化炭素の流量を算出する流量算出段階(ステップS20)と、前記第一領域に存在する気体の温度を設定入力する温度設定段階(ステップS30)と、前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量および当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成および流量と、前記流量算出段階で得られた一酸化炭素および二酸化炭素の流量と、前記温度設定段階で設定入力された気体温度とを用いて、当該第一領域で行われる化学反応に基づいて、第一領域での反応における物質収支および熱収支を算出して、第二領域から導入される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成を算出する第一領域収支計算段階(ステップS40、S50)と、前記第一領域収支計算段階で算出された第二領域から排出される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成と、前記操業条件入力段階で入力された前記反応場特定値および前記導入初期値とを用いて、前記各還元反応の速度定数および平衡定数に基づいて、前記第二領域の上下方向の微小区間における、気体成分全体、コークスおよび焼成物のそれぞれの流量および温度の変化と、当

該微小区間中の各気体組成の圧力変化と、当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化とを計算し、得られた各値に基づいて、前記第二領域におけるコークス、焼結鉱および気体成分のそれぞれの物質収支、熱収支および第二領域全体の熱損失を算出する第二領域収支計算段階(ステップS70、S80)と、前記操業条件入力段階で入力された前記第三領域に導入される焼成物およびコークスの温度、組成および導入量および当該領域に導入される気体の温度、組成および流量と、前記第二領域収支計算段階で得られた物質収支および熱収支とを用いて、当該第三領域で行われる化学反応に基づいて、第三領域における物質収支、熱収支および熱損失を計算する第三領域収支計算段階(ステップS90)とを有するものである。

- [0053] ステップS10では、キーボードなどの適当な入力装置を用いて、操業条件、すなわち反応場特定値、導入初期値および操業データを入力して、ステップS20に進む。ここで、反応場特定値は、炉の形状を特定するためのパラメータであり、例えば溶鉱炉の高さおよび高さ方向の各微小区間における炉の断面積である。高さ方向の微小区間における炉の断面積とは、例えば図4に示したように、水平方向の位置Zから位置($Z + dZ$)における面積Aのことをいう。溶鉱炉は、上端から下端まで一様な断面を有しているのではないが、微小区間を考えると、この区間では上面と下面とが略同一の形状を有するため、この区間における容積は($A \times dZ$)となる。
- [0054] また、導入初期値は、前記炉頂部11に導入されるコークスおよび必要に応じて焼成物の導入量、導入温度および組成、炉頂部11にエア導入口41から導入される予熱された混合気体の組成および導入流量(および任意ではあるが温度)、および炉床部13に羽口21、22から導入される熱風気体の温度、組成および導入流量ならびに各紛体の表面積(好ましくはその平均値)、および炉床部13の導入口23から導入される焼成物およびコークスの導入量、導入温度および組成である。
- [0055] また操業データは、例えば炉頂部11から排出される精製亜鉛含有気体の組成および排出流量(および任意ではあるが温度)、および炉床部13から排出されるスラグ中亜鉛および鉛の量、および鉛の排出流量および温度である。
- [0056] ステップS20では、炉頂部11から排出されるガス組成を算出する。具体的には、炉頂部、シャフト部、炉床部を一つの反応系と見なして、ステップS10で入力された操

業データを用いて、当該反応系の物質収支計算を行って、ガス組成として存在する構成元素、すなわち炭素(C)、酸素(O)、窒素(N)、亜鉛(Zn)の比を求めて、この炭素および酸素原子の量比から一酸化炭素(CO)、二酸化炭素(CO₂)の割合を計算する。これにより、炉頂部11から排出されるガスの組成および流量が算出される。

[0057] ステップS30では、炉頂部11におけるガス温度を入力し、ステップS40に進む。なお、このガス温度は経験に基づいて任意の値が選ばれる。ステップS40では、ステップS10で入力された操業条件およびステップS20で算出された炉頂ガス組成およびステップS30で入力されたガス温度に基づいて、炉頂部11での物質収支および熱収支を算出して、ステップS50に進む。

[0058] なお、炉頂部11内で行われる化学変化は、下記式に示される反応であり、この反応で生じる反応熱は34.1 GJ/hrである(炉頂部での物質収支計算により、下記式の反応量を求め、その反応量より反応熱を求めた。)(八木順一郎:日本鉱業会誌、93(1977)、pp889-894)。

[0059] [化8]



[0060] ステップS50は、炉頂部11の物質収支および熱収支、および予熱混合気体中の酸素は100%一酸化炭素との反応に消費されるという事実に基づいて、シャフト部12から導入される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成を算出(推定)し、ステップS60に進む。ステップS60では、シャフト部で行われる各還元反応の反応速度式、速度定数および平衡定数を前記入力装置を用いて入力して、ステップS70に進む。各還元反応の自由エネルギー変化は、文献(例えば、D.R.Stull and H.Prophet:JANAF Thermodynamical Tables(1971))に記載された値に基づいて算出することができる。

[0061] [化9]



[0062] なお、ここで用いられる速度定数および平衡定数は、文献値または測定値などの任意のものを用いることが可能である。ステップS70では、シャフト部12における各パラメータの変化(上下方向の分布)を算出して、ステップS80に進む。具体的には、下記に示したような、気体成分全体、コークスおよび焼成物のそれぞれの流量および温度の変化、および当該微小区間中の各気体組成の圧力変化、および当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化として、溶鋳炉内で生じる気体を考慮した前記微小区間あたりの各変化の微小変化で示される微分方程式を解く。

[0063] なお、その他の条件については、下記の仮定を用いる。

- (1) 定常状態であること；
- (2) 炉内のガス・固体の物量はピストン流れ、すなわち、水平方向の流れは一定であり、定常的な均一な流れとし、下記式で表される各プロセス変数は水平方向に均一に分布すること；
- (3) 焼成物は混合して導入されること；
- (4) 焼成物は ZnO 、 PbO 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 からなり、コークスは C 、 Al_2O_3 、 SiO_2 からなること；
- (5) ヘマタイト Fe_2O_3 はマグネタイト Fe_3O_4 を経てウスタイト FeO まで還元されること；
- (6) 還元過程で生成した溶融鉛は焼成物内部に留まること；
- (7) ソリュションロス反応($\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$)の反応熱はコークスに与え、シャフト部12に焼成物が存在する場合にはそれ以外の反応熱は焼成物に与えられること；

- (8) 焼成物－コークス間の伝熱は無視すること；
 (9) 焼成物、コークス粒子径は一定とすること；
 (10) 焼成物、コークス、炉内の各空隙率は一定であること；
 (11) 炉頂部11から導入された焼成物はシャフト部12で融解しないこと。

[0064] [数1]

＜ガス・固体流量＞

$$dF_g/dz = -22.4(R_2 - R_3 + R_4)A_Z$$

$$dF_s/dz = -\{81.4(R_2 - R_3) + 16.0(R_5 + R_6 + R_7)\}A_Z$$

$$dF_c/dz = -12.0R_4A_Z$$

＜ガス組成・圧力＞

$$dx_{CO}/dz = (22.4A_Z/F_g)\{(1+x_{CO})R_2 - (1+x_{CO})R_3 - (2-x_{CO})R_4 + R_5 + R_6 + R_7\}$$

$$dx_{CO_2}/dz = (22.4A_Z/F_g)\{-(1-x_{CO_2})R_2 + (1-x_{CO_2})R_3 + (1+x_{CO_2})R_4 - R_5 - R_6 - R_7\}$$

$$dx_{Zn}/dz = (22.4A_Z/F_g)\{-(1-x_{Zn})R_2 + (1-x_{Zn})R_3 + x_{Zn}R_4\}$$

$$dx_{N_2}/dz = (22.4A_Z/F_g)x_{N_2}(R_2 - R_3 + R_4)$$

$$dP_g^*/dz = \{1.75 + 150(1-\varepsilon)\mu_g/G_g d_{ave}\}G_g^2(1-\varepsilon)/(g_c\rho_g\varepsilon^3 d_{ave})$$

＜固体反応率＞

$$df_{ZnO}/dz = (R_2 - R_3)A_Z/n_{ZnO}^0$$

$$df_{carbon}/dz = R_4A_Z/n_{carbon}^0$$

$$df_{PbO}/dz = R_5A_Z/n_{PbO}^0$$

$$df_{Fe_2O_3}/dz = R_6A_Z/n_{Fe_2O_3}^0$$

$$df_{Fe_3O_4}/dz = (3/2)R_7A_Z/n_{Fe_2O_3}^0$$

＜ガス・固体温度＞

$$dT_g/dz = (Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_6 - Q_7)/[F_g\rho_g\{\bar{C}_g + (T_g - 298)(d\bar{C}_g/dT_g)\}]$$

$$dT_s/dz = (Q_2 + Q_4 - Q_6)/[F_s\{\bar{C}_s + (T_s - 298)(d\bar{C}_s/dT_s)\}]$$

$$dT_c/dz = (Q_3 + Q_5 - Q_7)/[F_c\{\bar{C}_c + (T_c - 298)(d\bar{C}_c/dT_c)\}]$$

- [0065] 例えば、図4に示したような面積 Az (m^2)、高さ dZ (m) で表された微小区間において、当該微小区間に下方から導入される気体流量 (Nm^3/hr) を ($F_{Gas} + dF_{Gas}$)、上方に排出される気体流量 (Nm^3/hr) を F_{Gas} としたときのこの区間でのガス(気体)流量は、 $dF/dz = -22.4 \cdot (R_2 + R_3 - R_4) \cdot A$ で表される。
- [0066] なお、式中、気体は「g」と、焼成物は「s」と、コークスは「c」とそれぞれ示される。 F_g はガスの体積流量 (Nm^3/hr) を示し、 F_s 、 F_c はそれぞれ焼成物、コークスの質量流量 (kg/hr) を示し、 T_n はガスまたは固体の温度 (K) を示し、 x_i は成分iのモル分率を示し、 f_i は成分iの反応率を示す。また、 n_i^0 は装入物中成分iのモル流量 ($kmol/hr$) を示し、 ϵ は炉内空隙率 (—) を示し、 μ_g はガス粘度 ($kg/m \cdot hr$) を示し、 G_g はガス質量速度 ($kg/m^2 \cdot hr$) を示し、 d_{ave} は平均粒子径 (m) を示し、 g_c は重力換算係数 ($kg \cdot m/kg \cdot hr^2$) を示す。
- [0067] また、 ρ_g はガス密度 (kg/Nm^3) を示す。 Q_1 は炉壁の放散熱、すなわちガス温度と炉外温度との差による放散熱量 ($kJ/m \cdot hr$) を示し、 Q_2 はガス (Gas)－焼成物 (calcine) 間の熱伝達量 ($kJ/m^2 \cdot hr$) を示し、 Q_3 はガス－コークス (Coke) 間の熱伝達量 ($kJ/m^2 \cdot hr$) を示し、 Q_4 は焼成物に与える反応熱 ($kJ/m^3 \cdot hr$) を示し、 Q_5 はコークスに与える反応熱 ($kJ/m^3 \cdot hr$) を示し、 Q_6 は焼成物の成分が生成ガスに移動する際の熱量を示し、 Q_7 はコークスの成分が生成ガスに移動する際の熱量を示す。また、熱量 $Q_1 \sim Q_7$ の収支関係を、図5に示す。
- [0068] [数2]

$$\rho_i = \sum (x_i \cdot M_i) / 22.4$$

$$Q_1 = UL_Z(T_g - T_w)$$

$$Q_2 = 6.0 h_{g-s} (1 - \varepsilon_s) \chi_s (T_g - T_s) A_Z / (\phi_s d_s)$$

$$Q_3 = 6.0 h_{g-c} (1 - \varepsilon_c) \chi_c (T_g - T_c) A_Z / (\phi_c d_c)$$

$$Q_4 = (H_{R2} R_2 + H_{R3} R_3 + H_{R5} R_5 + H_{R6} R_6 + H_{R7} R_7) A_Z$$

$$Q_5 = H_{R4} R_4 A_Z$$

$$Q_6 = H_g \{ 81.4 (R_2 - R_3) + 16.0 (R_5 + R_6 + R_7) \} A_Z$$

$$Q_7 = 12.0 H_g R_4 A_Z$$

$$\bar{C}_j = \sum (x_i \int_{298}^{T_j} C_i dT_j) / \int_{298}^{T_j} dT_j$$

$$H_g = \sum (x_i \int_{298}^{T_g} C_i dT_g)$$

[0069] 上記式中、 M_i は*i*成分の分子量(kg/kmol)を示し、 U は炉壁の総括伝熱係数(kJ/m² hr K)を示し、 L_z は位置*z*での炉周(m)を示し、 h_{g-j} はガス成分から*j*成分への熱伝達係数(kJ/m² hr K)を示し、 ε_j は*j*成分の空隙率を示し、 χ_j は*j*成分の体積率を示し、 ϕ_j は*j*成分の、粒子の球からのズレを補正する係数としての固体の形状係数を示し、 d_s は焼結鉱の粒子径(m)を示し、 d_c はコークスの粒子径(m)を示す。 H_{Rn} は、*n*式の反応熱(kJ/kg)を示し、 C_i は*i*成分の比熱(kJ/kg K)を示す。

[0070] なお、炉壁の総括伝熱係数 U は、炉壁厚さ x_i^w (m)および炉壁の熱伝導率 k_i^w (kJ/mhr K)を用いて、 $U = 1 / \sum (x_i^w / k_i^w)$ にて求められる。ここで、各反応率は、各成分が反応して減少したモル数と初期モル数との比として定義し、ガス-粒子間の伝熱係数は、例えばRanzの式(W.E.Ranz: Chem. Eng. Prog., 48(1952), pp.247-253)を用いて推算し、気体の熱伝導度は、例えばEuckenの式(A.Eucken: Physik. Z.,

14(1952), pp.324-332)を用いて推算される。単一成分のガス粘度は、例えば Licht-Stechertの式(W.Licht, Jr. and D.G.Stechert: J. Phys. Chem., 48(1944), pp.23-47)により計算し、混合ガスの値はWilkeの式(C.R.Wilke: J. Chem. Phys., 18(1950), pp.517-519)により求めることができる。

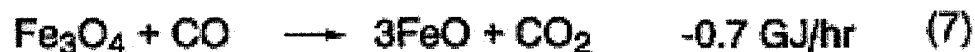
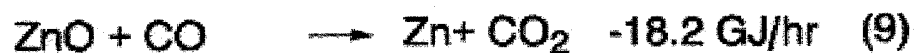
- [0071] 以上の式において、ガス・固体流量は物量収支より、ガス・固体温度は熱収支より、ガス組成はガス成分の物質収支より、ガス圧力はErgunの圧力損失式(S.Ergun: Chem. Eng.Prog., 48(1952), pp.89-94)により、固体反応率は各成分の反応量によりそれぞれ導出することができる。 $R_2 \sim R_7$ は、それぞれシャフト内の各反応の反応式(2)～(7)の反応速度(kmol/m³(bed) hr)を表す。
- [0072] なお、 R_2 は、焼結鉱中酸化亜鉛の還元反応がトポケミカルに進行すること(朝木善次郎ら:資源・素材'94(春季大会)pp.322-323)から反応式(2)の総括反応速度式には、後述するような一界面の未反応核モデルを適用し、ガス境膜内物質移動すなわちガス境膜内のCOの移動、粒子内拡散、化学反応の三過程が逐次的に進行する不可逆1次反応として導出した。
- [0073] R_3 は、亜鉛蒸気の再酸化反応はすべて焼成物表面で起こると仮定し、亜鉛分圧と亜鉛平衡分圧との差が反応の駆動力になるとして導出する。 R_4 は、粒子表面からバルクまでのガスの層であるガス境膜の内をガス成分が通過するガス境膜内物質移動、すなわちガス境膜内でのCO₂の移動および化学反応過程を考慮した不可逆1次反応として導出する。
- [0074] R_6 および R_7 は、二界面の未反応核モデルに基づき、ガス境膜内物質移動、粒内拡散、化学反応の三過程を考慮して導出する。ここで、二界面の未反応核モデルとは、図6Bに示したように、核60内に反応の進行の差により三つの層61～63が生じて、核60には、未反応の物質を含む核(未反応核)が二つ存在するという反応核モデルをいう。
- [0075] 酸化鉄Fe₃O₄は、二段階の反応(反応式(6)、(7))を経て、最終的にFeOまで還元される。すなわち、図6Bによれば、核60は反応前において単一層のみからなる核を形成しており、核外からの一酸化炭素の攻撃により、まずFe₃O₄の層が生じ、二層の核となる。なお、この生成したFe₃O₄は同時にさらに還元される。さらに、外層であるFe

O の層が一酸化炭素と反応し、外側に FeO 層が生じて、還元段階の異なる酸化鉄_{3 4}を含む3つの層ができる。

- [0076] これに対して、酸化亜鉛は、一界面の未反応核モデルに基づいて反応が進行すると考え、この一界面の未反応核モデルは、図6Aに示したように、核50内に反応の進行の差により二つの層51、52のみが生じて、核50には、未反応の物質を含む核(未反応核)が一つだけ存在するという反応核モデルをいう。図6Aでは、酸化亜鉛の還元反応のモデルについて示したが、酸化亜鉛は一酸化炭素により還元され、生成した亜鉛は気体となって放出され、外層51には他の酸化物が残存する。また、内層52には未反応の酸化亜鉛が含まれる。
- [0077] なお、ここで行う計算については、各反応速度、熱・物質移動に関する諸因子を取り入れているので、例えば炉のサイズが反応に及ぼす効果などを、計算結果から検討することが可能になる。ステップS80では、ステップS70で算出した、シャフト部全体におけるガス・固体流量、ガス・固体温度、ガス組成・圧力、固体反応率に基づいて、シャフト部12と炉床部13との境界ライン32上での物質収支および熱収支、およびシャフト部全体の熱損失を算出して、ステップS90に進む。
- [0078] また、この計算の際に、考慮した溶鉱炉内で生じる気体に関して、後述する炉床部13から排出される亜鉛含有気体の境界ライン32上での物質収支および熱収支も併せて得られる。ステップS90では、前記羽口21、22から炉床部13に導入される気体(熱風)の温度および流量、および導入口23から導入される焼成物およびコークスの導入量、導入温度および組成、およびステップS80で得られたシャフト部12における物質収支および熱収支を用いて、炉床部13で行われる化学反応に基づいて、炉床部13における物質収支、熱収支および熱損失が計算され、ステップS100に進む。
- [0079] ここで、熱風の温度および流量(および必要に応じて組成)、炉床部13から排出されるスラグおよび鉛の排出流量および温度は、ステップS10で入力された操業データに挙げられた値である。シャフト部12における物質収支および熱収支としては、シャフト部12より排出される焼結鉱およびコークスの物質収支および熱収支、および炉床部13からシャフト部12に排出されると推定された亜鉛含有気体の物質収支および熱収支が挙げられる。

[0080] これらの値を、境界条件として与え、炉床部13内で行われる下記の反応を考慮して炉床部13における物質収支および熱収支の計算を行う。各反応の反応熱は、文献(例えば、D.R.Stull and H.Prophet:JANAF Thermodynamical Tables(1971))に記載された値に基づいて算出することができる。

[0081] [化10]



[0082] また、熔融スラグの生成熱を、-5.94 GJ/hr (Gotrib, A.D. (館充訳): 高炉製鉄法の理論、日本鉄鋼協会、pp330、に示された値に基づいて算出)としている。ステップS100では、ステップS80で算出されたシャフト部12における熱損失およびステップS90で算出された炉床部13における熱損失を合計して、前記溶鋳炉10の放散熱として算出し、ステップS110に進む。

[0083] ステップS110では、ステップS90で算出された炉床部13の熱損失と、実測値および炉の材質に基づいて決定される熱損失とを比較する。具体的には、炉床部13から排出される鉛およびスラグ、炉床部13の熱損失は実操業の状態を基準として、シャフト部12の下端のガス温度と比例関係にあるとする。鉛およびスラグの排出量および温度についての実際の操業データを炉頂部11内の気体の温度に対応付けて蓄積しておき、例えばステップS30で1400℃と設定したときの炉床部13における熱収支を求めておき、次にステップで1500℃としたときの炉床部13における熱収支を求める。熱損失は、熱収支において排出される熱のうち、鉛およびスラグの熱量を差し引いた熱量に相当するため、各温度に対する熱収支を求める。続いて、この熱損失が、上記実操業を基準として求めた熱損失に相当するか否か、すなわち算出され

た熱損失が妥当であるか否かを判別する。なお、妥当であるか否かの判断であるが、例えば計算値と実測値などに基ついた値との差が、 10^{-2} 以内、好ましくは 10^{-6} 以内であるときに「妥当である」と判断する。

[0084] この熱損失は、ステップS30で設定する炉頂ガス温度に対して得られる値であるため、ステップS110の判別を行うことで、ステップS30で設定した炉頂ガス温度が妥当であるか否かを判別することができる。この判別結果がNO、すなわち得られた熱損失が妥当でないと判断された場合には、ステップS30に戻り、新たな炉頂ガス温度を設定させて、炉頂部11からの収支計算を繰り返す(ステップS40〜S100)。この判別結果がYES、すなわち得られた熱損失が妥当であると判断された場合には、ステップS120に進み、解析に用いた操業条件を溶鋳炉の操業条件として採用し、動作を終了する。

[0085] なお、図3に示したフローチャートは溶鋳炉の操業条件を判別する方法について示したが、実操業の溶鋳炉内の状態を解析するのみであるならば、図3においてステップS120は任意のステップになることは言うまでもない。

[0086] 以上のような解析方法によれば、従来において困難であった乾式亜鉛製錬方式の溶鋳炉内のプロセスのモデル化および操業解析を行うことが容易になり、溶鋳炉の操業結果の改善を図るための操業条件の最適化を行うことが可能になる。すなわち、操業データを適宜変更して計算して得られる亜鉛の量を見積もっていくことで、溶鋳炉全体をどのような条件で操業すれば効率のよいのかを予め知ることができる。

[0087] また、状態解析のためのシミュレーションをシャフト部内では起こっている反応の速度論に基づいて、その他の領域では平衡論に基づいて行っており、特にシャフト部において、操業条件の変化に追従した炉内状況の変化を把握することがも容易になる。なお、本発明は以上説明した事項に限定されることはなく、本発明の目的、作用、効果を逸脱しない範囲での変更が可能であることは言うまでもない。

[実施例]

[0088] 以下、本発明に係る乾式亜鉛製錬溶鋳炉内の状態解析方法を、実施例を用いて具体的に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されないことは言うまでもない。

[0089] [参考例1]

下記表1に示したように、焼成物およびコークスの全量を炉頂部11から導入し、亜鉛生成量を現状の操業条件である352t／日とした場合の収支計算を行い、その結果を示す。

[0090] [表1]

		反応または物質移動	反応または移動量 (kmol/Hr), (t or Nm3/Hr)	熱量 (GJ/Hr)	
炉頂部	入熱	Top Air(600℃)	6,225	5.2	
		原料Sinter(200℃)	27.9	2.9	
		Coke(750℃)	14.2	16.2	
		Gas(793℃)	68,700	79.4	
		反応熱 CO+0.5O ₂ =CO ₂	116.7	33.1	
	計			136.8	
	出熱	Sinter(300℃)	27.9	4.9	
		Coke(780℃)	14.2	16.9	
		排Gas(1,050℃)	73,618	109.2	
		放散熱		5.8	
計			136.8		
シャフト部	入熱	Sinter(300℃)	27.9	4.9	
		Coke(780℃)	14.2	16.9	
		Gas(1,497℃)	62,900	157.3	
		反応熱	ZnO+CO=Zn+CO ₂	98.7	-19.7
			Zn+CO ₂ =ZnO+CO	10.4	2.1
			PbO+CO=Pb+CO ₂	2.6	0.1
			3Fe ₂ O ₃ +CO=2Fe ₃ O ₄ +CO ₂	20.0	0.9
			Fe ₃ O ₄ +CO=3FeO+CO ₂	13.3	-0.4
			C+CO ₂ =2CO	169.8	-30.1
		計			132.0
	出熱	Sinter(1,100℃)	23.1	20.9	
		Coke(1,263℃)	12.1	28.6	
		Gas(793℃)	68,700	79.4	
		放散熱		3.1	
		計		132.0	
炉床部	入熱	Blast Air(1,045℃)	49,800	72.2	
		Sinter(1,100℃)	23.1	20.9	
		Coke(1,263℃)	12.1	28.6	
		反応熱	ZnO+C=Zn+CO	44.7	-14.7
			ZnO+CO=Zn+CO ₂	116.0	-18.2
			C+0.5O ₂ =CO	933.8	103.2
			Slag melting	9.0	-1.3
		計			190.7
	出熱	Gas(1,497℃)	62,900	157.3	
		Molten Lead(1,350℃)	0.6	0.2	
		Molten Slag(1,350℃)	9.0	13.2	
		放散熱		20.0	
		計		190.7	

[0091] 表1に示したような操業条件、すなわち導入する焼結鉱(原料Sinter)およびコークス(Cokes)に関する入力データ、炉頂部11に導入する予熱混合気体(Top Air)に関

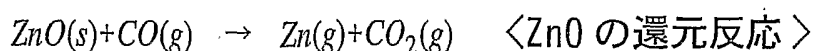
する入力データ、亜鉛含有気体(排Gas)に関する入力データ、および炉床部13に導入する熱風(Blast Air)に関する入力データ(組成については、窒素Nを79%、酸素Oを21%とした)、炉床部13から排出される鉛(Molten lead)に関する入力データ、スラッグ(Slag)に関する入力データを入力した(ステップS10、図3)。

[0092] 炉頂部11における収支計算を行い(ステップS40、図3)、炉頂部11での放散熱、すなわち熱損失は5.8 GJ/hrと算出された。なお、ストックラインにおける焼結鉱の温度は300℃、熱量は4.9 GJ/hrとし、コークスの温度は780℃、熱量は16.9 GJ/hrとした。また、シャフト部12から送られる亜鉛含有気体の温度は793℃、流量は 6.87×10^4 Nm³/hr、熱量は79.4 GJ/hrと仮定した(ステップS50)。

[0093] 続いて、下記に示した反応速度 $R_1 \sim R_6$ (m³ atm/K mol) 反応速度定数 $k_1 \sim k_6$ ($k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$: ml/hr; k_4 : m³/kg hr; k_5 : l/hr)を入力した(ステップS60)。式中、 k_2 は、伊藤ら: 資源・素材学会誌, 105(1989), pp.951-957に記載された値を用いた。 k_3 は、J.A.Clarke and D.J.Fray: Trans. Inst. Min. Met., 91(1982) C.26-31に記載された値を用いた。 k_4 は、M.A.Sherstobitov et. al.: Izv. Bys. Ucheb. Zaved., 8(1965), pp.10-15に記載された値を用いた。 k_5 は、Y.V.Tsvetov and D.M.Chizhikov: Trudy. Inst. Met., 2(1957), pp.65-77に記載された値を用いた。 k_6, k_7 は、村山ら: 鉄と鋼, 63(1977), pp.1099-1107に記載された値を用いた。

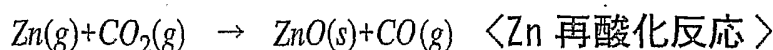
[0094] さらに、式中、 N_j は、単位容積あたりの粒子数(/m³(bed))を表す。 P_g は、ガス圧力(atm)を表す。 K_i は、i成分の物質移動係数(m/hr)を表す。 ρ_c は、コークス密度(kg/m³(bed))を表す。 C_{PbO}^0 はPbOの初期濃度(kmol/m³(bed))を表す。 d_s は、焼結鉱の粒子径(m)を表し、 d_c は、コークスの粒子径(m)を表す。 ϕ_n は、粒子の球からのズレを補正する係数としての固体の形状係数を表す。 R は、気体定数(m³ atm/K Kmol)を表す。 E_{in} は、n式の反応における粒子(この場合コークス)の反応性を補正するための係数としての反応有効係数を表す。

[0095] [数3]



$$R_2 = \pi d_s^2 \varphi_s^{-1} N_s P_g (x_{\text{co}} - x_{\text{co}}^{e2}) / (RT_s) / [1/k_{f\text{co}} + (d_s/2) \{ (1-f_{\text{ZnO}})^{-1/3} - 1 \} / D_s + (1-f_{\text{ZnO}})^{-2/3} / k_2]$$

$$k_2 = 4.88 \times 10^{11} \exp(-2.89 \times 10^4 / T_s)$$



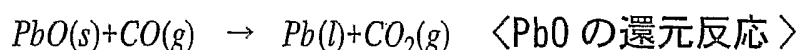
$$R_3 = \pi d_s^2 \varphi_s^{-1} N_s k_3 P_g (x_{\text{Zn}} - x_{\text{Zn}}^{e3})$$

$$k_3 = 3.40 \times 10^7 \exp(-7.99 \times 10^3 / T_g)$$



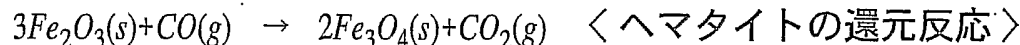
$$R_4 = \pi d_c^2 \varphi_c^{-1} N_c P_g x_{\text{co}_2} / (RT_c) / \{ 1/k_{f\text{co}_2} + 6/(d_c E_{f4} \rho_c k_4) \}$$

$$k_4 = 8.57 \times 10^9 \exp(-2.23 \times 10^4 / T_c)$$



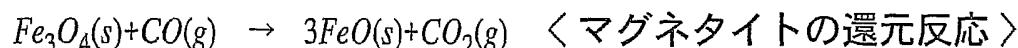
$$R_5 = k_5 C_{\text{PbO}}^0 (1-f_{\text{PbO}}) (P_g x_{\text{co}})^{0.8}$$

$$k_5 = 7.42 \times 10^6 \exp(-1.35 \times 10^4 / T_s)$$



$$R_6 = \pi d_s^2 \varphi_s^{-1} N_s P_g / (RT_s W) \{ A_1 (x_{\text{co}} - x_{\text{co}}^{e6}) + (B_1 + C) (x_{\text{co}}^{e7} - x_{\text{co}}^{e6}) \}$$

$$k_6 = 8.51 \times 10^4 \exp(-9.53 \times 10^3 / T_s)$$



$$R_7 = \pi d_s^2 \varphi_s^{-1} N_s P_g / (RT_s W) \{ (A_2 + B_2) (x_{\text{co}} - x_{\text{co}}^{e7}) + (B_1 + C) (x_{\text{co}}^{e6} - x_{\text{co}}^{e7}) \}$$

$$k_7 = 7.01 \times 10^6 \exp(-1.45 \times 10^4 / T_s)$$

[0096] さらに、式中の焼結鉱内拡散係数 ($D_s: \text{m}^2/\text{hr}$)、コークス内拡散係数 ($D_c: \text{m}^2/\text{hr}$)、(2) 式の反応におけるCOの平衡濃度 (x_{co}^{e2})、(3) 式の反応におけるZnの平衡濃度 (x_{Zn}^{e3})、(4) 式の反応における反応有効係数 (E_{f4})、 A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 、 C 、 W 、および各ガスの平衡濃度 x_{co}^{e6} 、 x_{co}^{e7} は、下記式で計算された値である。

[0097] [数4]

$$D_s = D_{co} \varepsilon_s \xi_s \quad (\text{藤田重文：化学工業，28.(1964)，pp. 251-254})$$

$$x_{co}^{e2} = P_g x_{co_2} x_{Zn} / K_2$$

$$x_{Zn}^{e3} = x_{co} / (P_g x_{co_2} K_3)$$

$$E_{f4} = 3(\eta \cot \eta - 1) / \eta^2$$

$$A_1 = (1 - f_{Fe_3O_4})^{-2/3} / \{k_6(1 + 1/K_6)\}$$

$$A_2 = (1 - f_{Fe_2O_3})^{-2/3} / \{k_7(1 + 1/K_7)\}$$

$$B_1 = (d_s/2) \{ (1 - f_{Fe_3O_4})^{-1/3} - 1 \} / D_s$$

$$B_2 = (d_s/2) \{ (1 - f_{Fe_2O_3})^{-1/3} - (1 - f_{Fe_3O_4})^{-1/3} \} / D_s$$

$$C = 1/k_{fco}$$

$$W = A_1(A_2 + B_2) + (A_1 + A_2 + B_2)(B_1 + C)$$

$$x_{co}^{e6} = x_{co_2} / K_6$$

$$x_{co}^{e7} = x_{co_2} / K_7$$

[0098] 式中、 K_3 、 K_4 、 K_5 、 K_6 は、それぞれ反応(3)、(4)、(5)、(6)の平衡定数である。また、j成分の迷宮度 ξ_j 、およびコークス内有効拡散係数 D_c (m²/hr)、および値 η は、下記式で求めた。

[0099] [数5]

$$\xi_s = 0.238 \varepsilon_s + 0.04 \quad (\text{森山昭ら：日本鋳業学会誌，29(1965)，pp. 528})$$

$$\eta = (d_c/2)^{1/2} \sqrt{\rho_c k_4 / D_c} \quad (\text{八木順一郎：日本鋳業学会誌，93(1977)，pp. 889-894})$$

$$D_c = D_{co_2} \varepsilon_c \xi_c \quad (\text{八木順一郎：日本鋳業学会誌，93(1977)，pp. 889-894})$$

$$\xi_c = 0.238 \varepsilon_c + 0.04 \quad (\text{森山昭ら：日本鋳業学会誌，29(1965)，pp. 528})$$

- [0100] シャフト部12の各パラメータ変化を算出し(ステップS70)、得られた結果に基づいてシャフト部12における収支計算を行い(ステップS80)、さらに炉床部13における収支計算を行った(ステップS90)。
- [0101] この計算結果において、シャフト部12から炉床部13へ排出される焼結鉱(Sinter)は、1100℃の温度で、23.1 t/hrの流量で、20.9 GJ/hrの熱量を有し、コークス(Cokes)は、1263℃の温度で、12.1 t/hrの流量で、28.6 GJ/hrの熱量を有することが推定された。また、シャフト部12から炉頂部11へ排出される亜鉛含有気体(Gas)は、793℃の温度とし、 $6.87 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ の流量で、79.4 GJ/hrの熱量を有することが推定された。また、シャフト部12における放散熱、すなわち熱損失は3.1 GJ/hrと推定された。
- [0102] 続いて、炉床部13からシャフト部12へ排出される亜鉛含有気体(Gas)は、1497℃の温度で、 $6.29 \times 10^4 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ の流量で、157.3 GJ/hrの熱量を有することが推定された。また、炉床部13における放散熱、すなわち熱損失は20.0 GJ/hrであることが推定された。さらに、シャフト部12および炉床部13のそれぞれの放散熱の和で求められる全放散熱は、23.1 GJ/hrと算出された。
- [0103] [実施例1]
- 本発明に係る亜鉛製錬方法を適用した実操業の解析にあたり、下記の表2に示したように、焼成物の全量を炉床部の導入口から導入し、コークスの全量を炉頂部から導入する条件を入力した以外は、参考例1に示した収支計算と同様の収支計算を行い、その結果を示す。
- [0104] [表2]

		反応または物質移動	反応または移動量 (kmol/Hr), (t or Nm ³ /Hr)	熱量 (GJ/Hr)
炉頂部	入熱	Top Air (600°C)	1,252	1.1
		Coke (750°C)	13.7	15.6
		Gas (1,000°C)	30,195	41.2
		反応熱 $\text{CO} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}_2$	23.5	7.5
	計			65.4
	出熱	Coke (780°C)	13.7	16.3
		排Gas (1,050°C)	31,184	46.0
		放散熱		3.1
		計		65.4
シャフト部	入熱	Coke (780°C)	13.7	16.3
		Gas (1,497°C)	28,363	70.0
		反応熱 $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$	81.8	-14.5
		計		71.8
	出熱	Coke (1,263°C)	12.6	30.0
		Gas (1,000°C)	30,195	41.2
		放散熱		0.6
		計		71.8
炉床部	入熱	Blast Air (O ₂ :常温)	10,892	0.0
		導入口吹込Calcine (粉原料:200°C)	27.8	2.9
		Coke (1,263°C)	12.6	30.0
		導入口吹込Coke (200°C)	-	-
		反応熱 $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$	44.7	-14.7
		$\text{ZnO} + \text{CO} = \text{Zn} + \text{CO}_2$	204.3	-32.1
		$\text{PbO} + \text{CO} = \text{Pb} + \text{CO}_2$	2.4	0.1
		$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$	18.4	0.8
		$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2$	12.2	-0.4
		$\text{C} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}$	969.4	107.5
		Slag melting	8.3	-1.2
	計			92.9
	出熱	Gas (1,497°C)	28,363	70.0
		Molten Lead (1,350°C)	0.6	0.1
		Molten Slag (1,350°C)	8.3	12.0
		放散熱		10.8
	計			92.9

[0105] 本実施例によれば、炉頂部11での放散熱は3.1GJ/hr、シャフト部12での放散熱は0.6 GJ/hr、炉床部13での放散熱は10.8 GJ/hrであった。これは参考例1のそれぞれ54%、22%、54%程度に相当する。これにより、亜鉛洗練にかかる熱損失を効果的に低減することができるようになる。

[0106] また、シャフト部12でのソリューションロス反応および該反応による熱量がともに参考例で計算した系の約50%まで減少した。この結果、コークス使用量を14. 2t/Hr (966kg/Zn-t)から13. 7t/Hr (934kg/Zn-t)まで低減させることができるようになった。

[0107] また、焼成物を炉頂部11より導入しないため、シャフト部12にてZnOの還元反応が起こらない。この還元反応が起きないこと、およびソリューションロス反応の低減により、シャフト部12でのガス温度の低下が抑えられる。その結果、シャフト部12全体にわたり内部温度が1000℃を超えることになるため、亜鉛(Zn)の再酸化が生じない。また、シャフト部12から炉頂部11への送出される亜鉛含有気体のガス温度が充分に高いため、炉頂部11に導入される予熱気体(Top Air)の量を抑えることが可能になり、亜鉛生成において省エネルギー化を期待できるようになる。

[0108] [参考例2]

下記表3に示したように、焼成物およびコークスの全量を炉床部13から導入した以外は、参考例1の収支計算と同様の収支計算を行い、その結果を示す。

[0109] [表3]

		反応または物質移動	反応または移動量 (kmol/Hr), (t or Nm ³ /Hr)	熱量 (GJ/Hr)
炉頂部	入熱	Top Air	-	-
		Coke	-	-
		Gas (1,463°C)	30,840	75.2
		反応熱 $\text{CO} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}_2$	-	-
	計			75.2
	出熱	Coke	-	-
		排Gas (1,385°C)	30,840	72.1
		放散熱		3.1
		計		75.2
シャフト部	入熱	Coke	-	-
		Gas (1,497°C)	30,840	75.8
		反応熱 $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$	-	-
		計		75.8
	出熱	Coke	-	-
		Gas (1,463°C)	30,840	75.2
		放散熱		0.6
		計		75.8
炉床部	入熱	Blast Air (O ₂ :常温)	12,631	0.0
		導入口吹込Calcine (粉原料:200°C)	27.8	2.9
		Coke (1,450°C)	-	-
		導入口吹込Coke (200°C)	14.0	10.9
		反応熱	$\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$	-
			$\text{ZnO} + \text{CO} = \text{Zn} + \text{CO}_2$	249.0
			$\text{PbO} + \text{CO} = \text{Pb} + \text{CO}_2$	2.4
			$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$	18.4
			$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2$	12.2
			$\text{C} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}$	1,124.2
			Slag melting	8.3
			計	98.7
	出熱	Gas (1,497°C)	30,840	75.8
		Molten Lead (1,350°C)	0.6	0.1
		Molten Slag (1,350°C)	8.3	12.0
		放散熱		10.8
		計		98.7

[0110] 参考例1および実施例1と比較して、シャフト部12におけるソリューションロス反応によるデメリットは解消できるものの、コークスの全導入量は実施例1よりも多くなった。これは、シャフト部12での熱交換により炉床部13に送られるコークスの温度上昇分の炉床部13への熱供給がなくなるデメリットの方が、ソリューションロス反応が起こらなく

なるメリットを上回るのが原因であると推察される。

[0111] [実施例2]

本発明に係る亜鉛製錬方法を適用した実操業の解析にあたり、下記の表4に示したように、焼成物の全量を炉床部の導入口から導入し、コークスの半量を炉頂部から導入するとともに残りの半量を炉床部の導入口から導入する条件を入力した以外は、参考例1に示した収支計算と同様の収支計算を行い、その結果を示す。

[0112] [表4]

		反応または物質移動	反応または移動量 (kmol/Hr), (t or Nm ³ /Hr)	熱量 (GJ/Hr)
炉頂部	入熱	Top Air	—	—
		Coke (750°C)	5.9	7.4
		Gas (1300°C)	29,900	58.1
		反応熱 $\text{CO} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}_2$	—	—
	計			65.5
	出熱	Coke (780°C)	5.9	11.0
		排Gas (1,050°C)	29,900	51.4
		放散熱		3.1
		計		65.5
シャフト部	入熱	Coke (780°C)	5.9	11.0
		Gas (1,497°C)	28,950	71.1
		反応熱 $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO}$	42.2	-7.5
		計		74.6
	出熱	Coke (1,450°C)	5.4	15.9
		Gas (1,300°C)	29,900	58.1
		放散熱		0.6
		計		74.6
炉床部	入熱	Blast Air (O ₂ : 常温)	11,462	0.0
		導入口吹込 Calcine (粉原料: 200°C)	27.8	2.9
		Coke (1,450°C)	5.4	15.9
		導入口吹込 Coke (200°C)	7.5	5.3
		反応熱 $\text{ZnO} + \text{C} = \text{Zn} + \text{CO}$	20.0	-6.6
		$\text{ZnO} + \text{CO} = \text{Zn} + \text{CO}_2$	229.0	-35.9
		$\text{PbO} + \text{CO} = \text{Pb} + \text{CO}_2$	2.4	0.1
		$3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} = 2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2$	18.4	0.8
		$\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} = 3\text{FeO} + \text{CO}_2$	12.2	-0.4
		$\text{C} + 0.5\text{O}_2 = \text{CO}$	1,020.1	113.1
		Slag melting	8.3	-1.2
		計		94.0
	出熱	Gas (1,497°C)	28,950	71.1
		Molten Lead (1,350°C)	0.6	0.1
		Molten Slag (1,350°C)	8.3	12.0
		放散熱		10.8
	計			94.0

[0113] 参考例1および2と比較すると、本実施例は、コークスの全導入量を低減することができる。このため、ソリューションロス反応を亜鉛生成に影響しない程度に効果的に抑えることができる。

[0114] また、実施例1と同様に、放散熱を低減することができるため、亜鉛製錬にかかる熱

損失を効果的に低減することができるようになる。また、実施例1と同様に、シャフト部12でのガス温度の低下が抑えられるため、シャフト部12全体にわたり内部温度が1000℃を超えることになるため、亜鉛(Zn)の再酸化が生じない。また、シャフト部12から炉頂部11への送出される亜鉛含有気体のガス温度が十分に高いため、炉頂部11に導入される予熱気体(Top Air)の量を抑えることが可能になり、亜鉛生成において省エネルギー化を期待できるようになる。

符号の説明

- [0115] 11 炉頂部
12 シャフト部
13 炉床部
21, 22 羽口
23 導入口

請求の範囲

- [1] コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す乾式亜鉛製錬用の溶鉱炉であって、導入されたコークスの全導入量の少なくとも一部および必要に応じて焼成物を落下させるとともに生成した亜鉛を排出する第一領域と、第一領域を通過した焼成物の各成分のうち少なくとも酸化亜鉛の還元反応および必要に応じて酸化鉛および酸化鉄の還元反応が主反応として行われる第二領域と、焼成物およびコークスの残りを導入するとともに、第二領域を通過した焼成物のうち少なくとも酸化亜鉛、酸化鉛および酸化鉄の還元反応および炭素の酸化反応が主反応として行われる第三領域とが連続して形成されてなる溶鉱炉での反応状態をコンピュータシステムを用いて解析する方法であって、
- 炉の形状を特定するための値を反応場特定値として入力し、第一および第三領域に導入されるコークスおよび焼成物のそれぞれの導入温度、導入量および組成を導入初期値として入力し、前記第一領域に導入される気体の組成および流量、当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成および流量および前記第三領域に導入される気体の温度、組成および流量を操業データとして入力する操業条件入力段階と、

前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量と、前記第三領域に導入される気体の組成および流量と、前記導入される焼成物およびコークスの組成とを用いて、各領域で行われる一酸化炭素生成反応および二酸化炭素生成反応に基づいて、前記前記第一領域で生じる一酸化炭素および二酸化炭素の流量を算出する流量算出段階と、

前記第一領域から排出される気体の温度を設定入力する温度設定段階と、

前記操業条件入力段階で入力された、前記第一領域に導入される気体の組成および流量および当該第一領域から排出される精製亜鉛を含有する気体の組成および流量と、前記流量算出段階で得られた一酸化炭素および二酸化炭素の流量と、前記温度設定段階で設定入力された気体温度とを用いて、当該第一領域で行われる化学反応に基づいて、第一領域での反応における物質収支および熱収支を算出して、第二領域から導入される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成

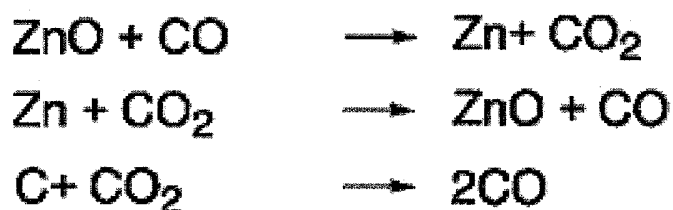
を算出する第一領域収支計算段階と、

前記第一領域収支計算段階で算出された第二領域から排出される亜鉛を含有する気体の物質収支、熱収支および組成と、前記操業条件入力段階で入力された前記反応場特定値および前記導入初期値とを用いて、前記各還元反応の速度定数および平衡定数に基づいて、前記第二領域の上下方向の微小区間における、気体成分全体、コークスおよび焼成物のそれぞれの流量および温度の変化と、当該微小区間中の各気体組成の圧力変化と、当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化とを計算し、得られた各値に基づいて、前記第二領域におけるコークス、焼結鉱および気体成分のそれぞれの物質収支、熱収支および第二領域全体の熱損失を算出する第二領域収支計算段階と、

前記操業条件入力段階で入力された前記第三領域に導入される焼成物およびコークスの温度、組成および導入量および当該領域に導入される気体の温度、組成および流量と、前記第二領域収支計算段階で得られた物質収支および熱収支とを用いて、当該第三領域で行われる化学反応に基づいて、第三領域における物質収支、熱収支および熱損失を計算する第三領域収支計算段階とを有することを特徴とする乾式亜鉛製錬溶鉱炉内の状態解析方法。

- [2] 前記第三領域に導入される焼成物を全体の1〜100%とすることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
- [3] 前記第三領域に導入されるコークスを全体の40〜60%とすることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
- [4] 前記第三領域に導入される気体は、酸素が30〜100%含まれることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
- [5] 下記の反応式で表される反応を、前記第二領域で行われる反応として設定することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法：

[化1]



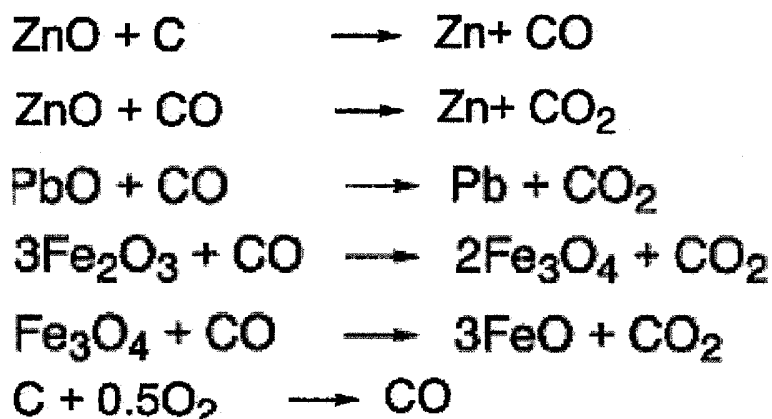
- [6] 前記第二領域収支計算段階では、気体成分全体、コークスおよび焼結鉱のそれぞれの流量および温度の変化、および当該微小区間中の各気体組成の圧力変化、および当該微小区間中の各固体組成の反応率の変化として、溶鉱炉内で生じる気体を考慮した前記微小区間あたりの各変化の微小変化で示される微分方程式を用いることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
- [7] 前記第二領域収支計算段階で用いられる反応場特定値は、炉の高さおよび高さ方向の各微小区間における炉の断面積であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法。
- [8] 下記の反応式で表される化学反応を、前記第一領域で行われる化学反応として設定することを特徴する請求の範囲第1項に記載の方法：

[化2]



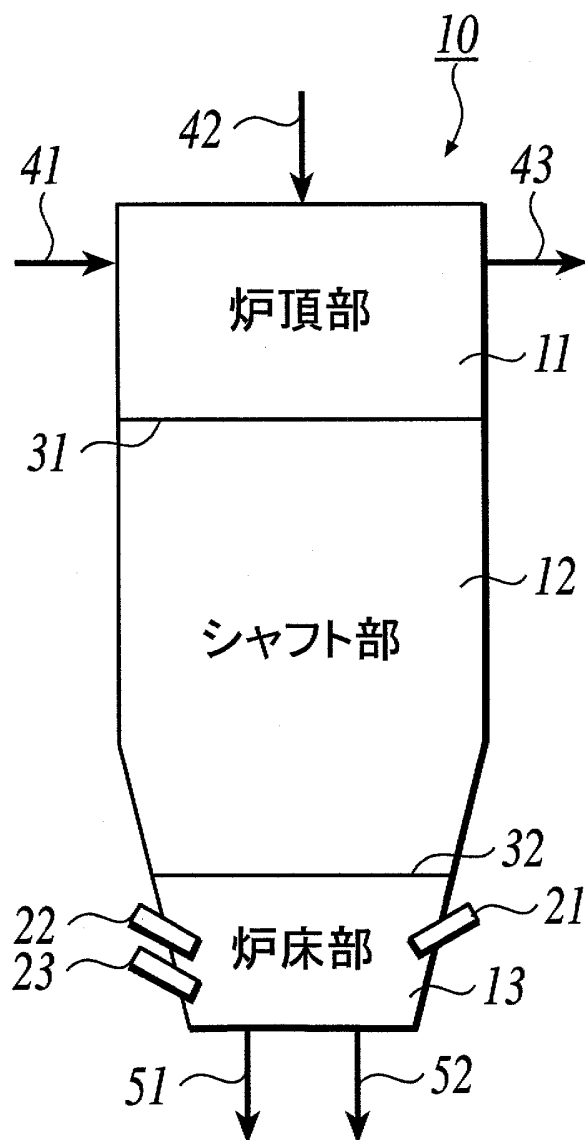
- [9] 下記の反応式で表される化学反応および未反応の酸化物を含有するスラッグの生成反応を、前記第三領域で行われる化学反応として設定することを特徴とする請求の範囲第1項に記載の方法：

[化3]

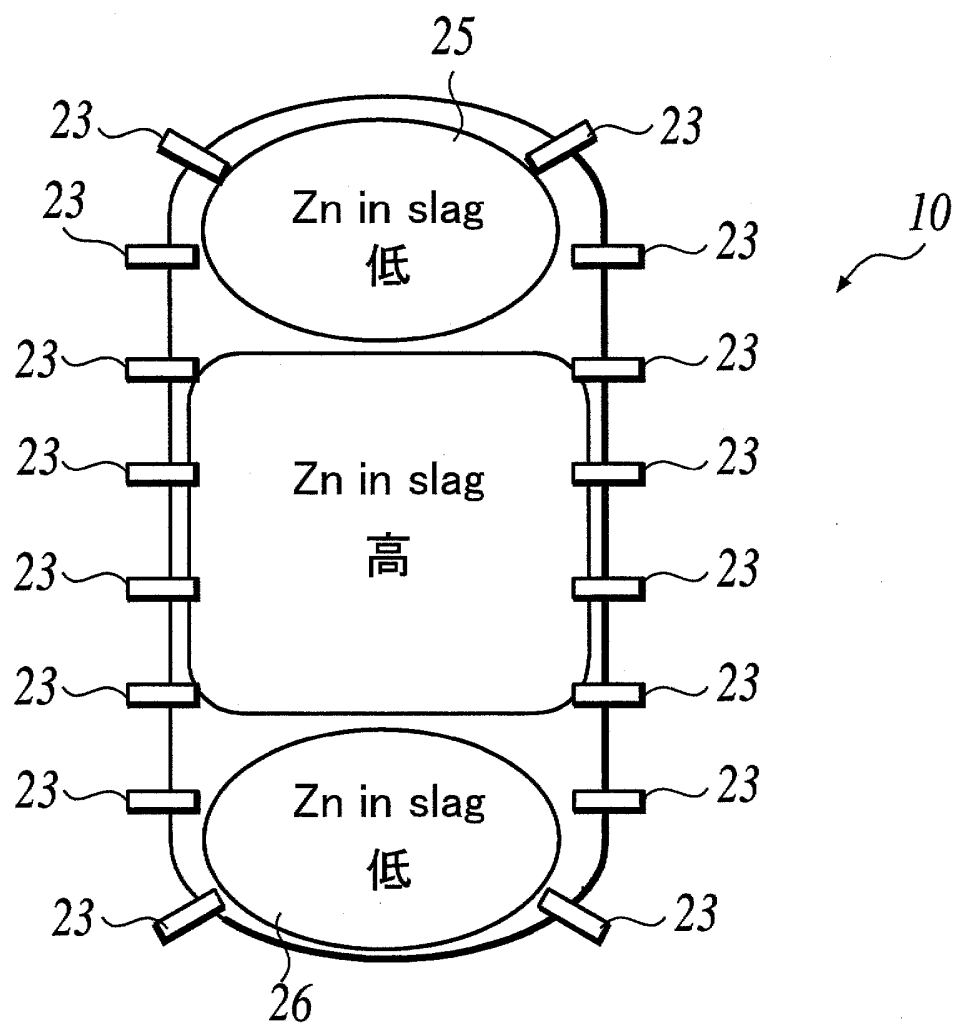


- [10] コークスを用いて、酸化亜鉛、酸化鉛、酸化鉄および酸化ケイ素を少なくとも含有する焼成物から亜鉛を取り出す亜鉛製錬方法であって、
- コークスおよび必要に応じて焼成物が導入されるとともに、生成された亜鉛を排出する第一領域と、生成された亜鉛を第一領域へ送出させる第二領域と、焼成物のうち少なくとも酸化亜鉛の還元反応が主反応として行われ、亜鉛が生成される第三領域とが連続して形成されてなる溶鉱炉を用い、かつ、
- 第一領域にコークスの全導入量の少なくとも一部および必要に応じて焼成物を導入し、
- 第三領域に焼成物およびコークスの残りを導入することを特徴とする亜鉛製錬方法。
- [11] 前記第三領域に導入される焼成物を全体の1～100%とすることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。
- [12] 前記第三領域に導入されるコークスを全体の40～60%とすることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。
- [13] 前記第三領域に、酸素が30～100%含まれる気体が導入されることを特徴とする請求の範囲第10項に記載の方法。

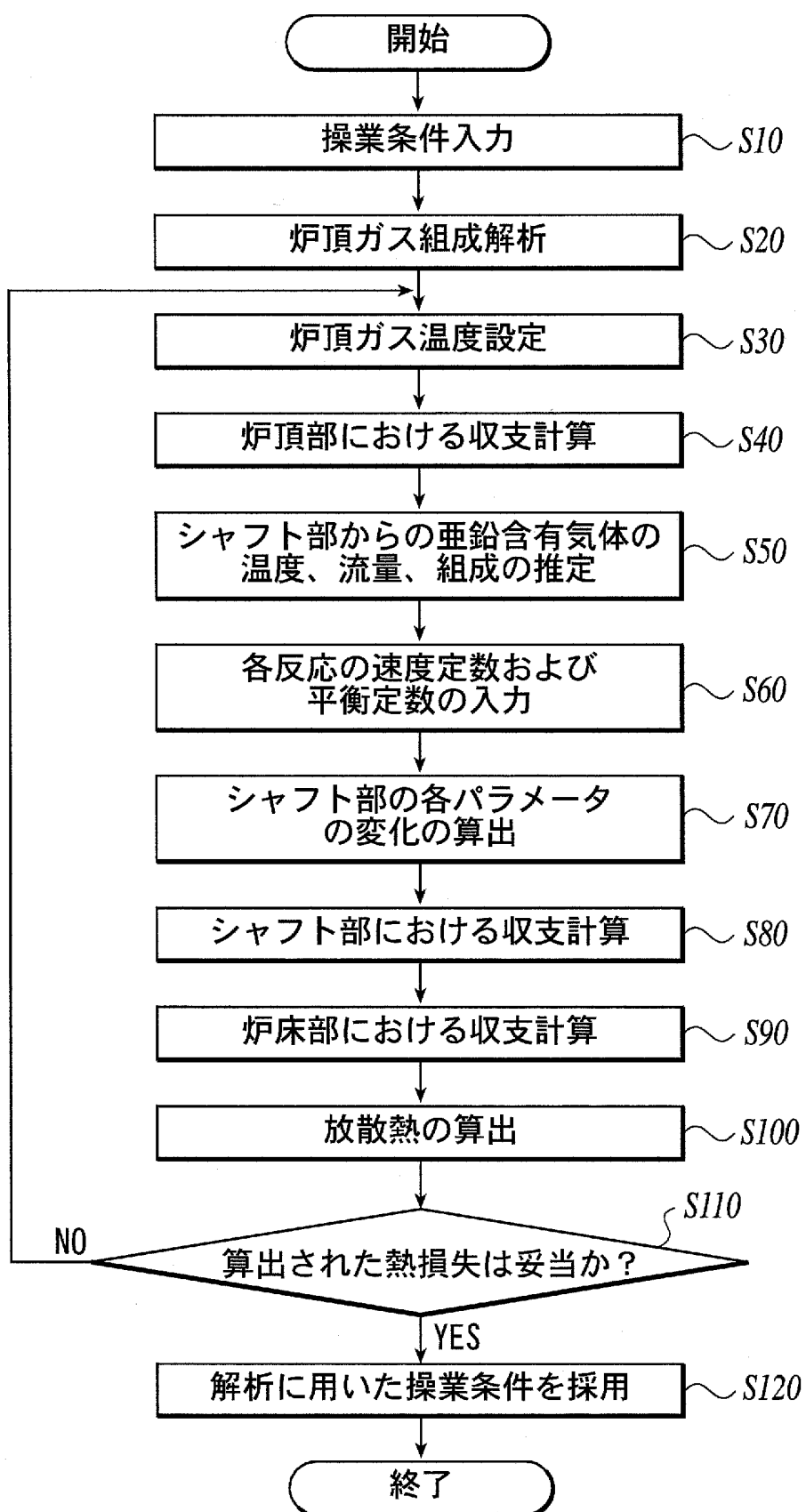
[図1]



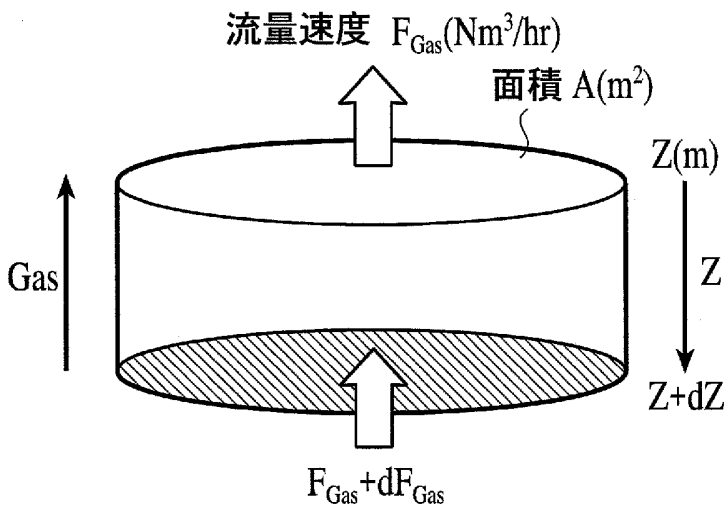
[図2]



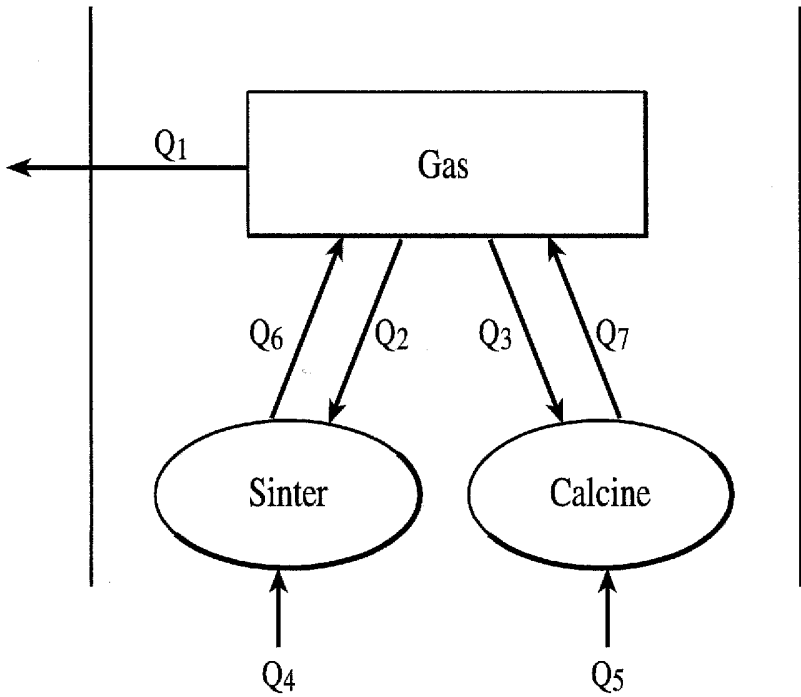
[図3]



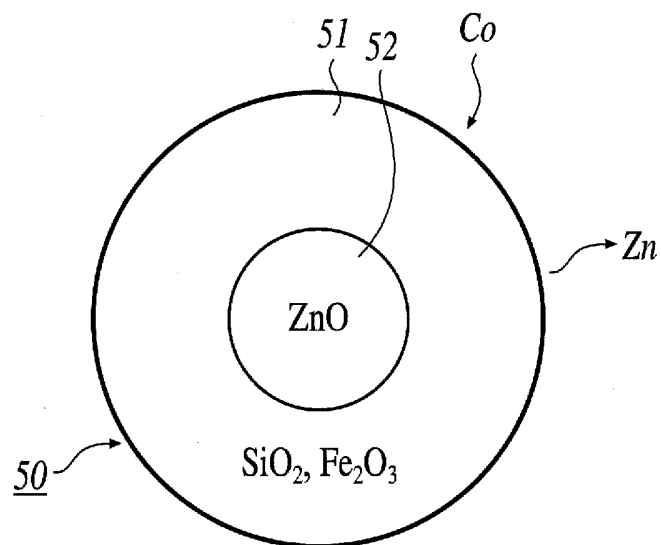
[図4]



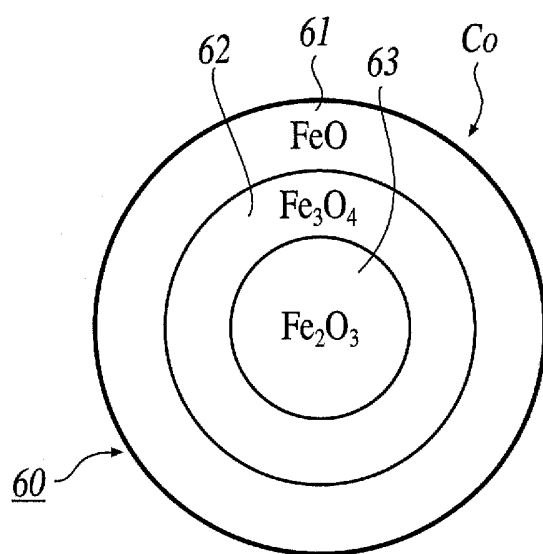
[図5]



[図6A]



[図6B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/003164

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl.⁷ C22B19/08

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)

Int. Cl.⁷ C22B19/08

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

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	JP 63-118026 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 23 May, 1988 (23.05.88), (Family: none)	1-13
A	JP 54-119330 A (Metaru Rajikaru·Purosesizu·Ltd.), 17 September, 1979 (17.09.79), & US 4212667 A & GB 2009903 A	1-13

☐ 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
02 June, 2005 (02.06.05)Date of mailing of the international search report
21 June, 2005 (21.06.05)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 (IPC))

Int.Cl.⁷ C22B 19/08

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 (IPC))

Int.Cl.⁷ C22B 19/08

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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	JP 63-118026 A (住友金属鉱山株式会社) 1988.05.23 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 54-119330 A (メタルラージカル・プロセシ ズ・リミテッド) 1979.09.17 & US 4212 667 A & GB 2009903 A	1-13

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

02.06.2005

国際調査報告の発送日

21.06.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

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)

鈴木 正紀

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

4K

8520