(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118103530 A
(43)申请公布日 2024.05.28

(21)申请号 202280069651.9
(22)申请日 2022.11.11
(30)优先权数据
2021-193655 2021.11.29 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.04.16
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/042138 2022.11.11
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/095647 JA 2023.06.01
(71)申请人 杰富意钢铁株式会社
地址 日本
(72)发明人 加濑宽人 杉野智裕 川畑凉 木村祐贵
(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
专利代理师 郭忠健
(51)Int.Cl.
C21C 7/00(2006.01)
C21C 5/28(2006.01)

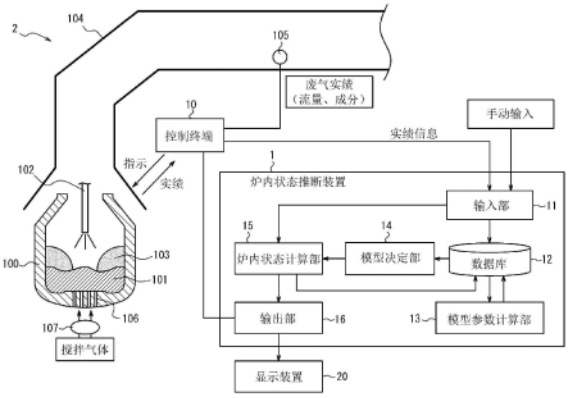
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54)发明名称

炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法

(57)摘要

炉内状态推断装置(1)具备:输入部(11),输入实绩信息和精炼处理的条件;模型决定部(14),使用从存储与吹炼反应相关的模型的模型参数、实绩信息、精炼处理的条件的数据库中获取到的过去的模型参数,来决定对象装料的精炼处理中的模型参数;炉内状态计算部(15),使用所决定的模型参数,来计算包括熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度在内的炉内的状态量;以及模型参数计算部(13),使用包括对象装料的精炼处理的结果的实绩信息,基于包括表示精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的炉内的物质收支误差及热收支误差的项的评价函数,来计算对象装料的精炼处理中的模型参数。



CN 118103530 A

1.一种炉内状态推断装置,其特征在于,具备:

输入部,输入包括精炼设备中的精炼处理开始前或处理中的熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度的测量结果、包括从所述精炼设备排出的废气的流量及成分浓度在内的与精炼设备有关的测量结果的实绩信息、和所述精炼处理的条件;

模型决定部,使用从存储与所述精炼设备中的吹炼反应相关的模型的模型参数、所述实绩信息、所述精炼处理的条件的数据库中获取到的过去的所述模型参数,来决定对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数;

炉内状态计算部,使用所决定的所述模型参数,来计算包括所述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度在内的炉内的状态量;以及

模型参数计算部,使用包括所述对象装料的所述精炼处理的结果的所述实绩信息,基于包括表示所述精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的所述炉内的物质收支误差及热收支误差的项的评价函数,来计算所述对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数。

2.根据权利要求1所述的炉内状态推断装置,其特征在于,

所述模型决定部通过对存储于所述数据库的过去的所述模型参数中的与所述对象装料的所述精炼处理的条件相似的过去的所述精炼处理的所述模型参数进行平均来决定所述对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数。

3.根据权利要求1所述的炉内状态推断装置,其特征在于,

所述模型决定部将存储于所述数据库的过去的所述模型参数与包括所述精炼处理中的处理次数、处理日期时间、精炼设备的使用次数中的至少一个在内的精炼处理的条件的关系模型化,并根据所述模型决定所述对象装料的所述精炼处理中的所述参数。

4.根据权利要求1~3中任一项所述的炉内状态推断装置,其特征在于,

所述模型参数包括对投入到所述炉内的碳量的特定期间的累计量、排出到炉外的碳量的特定期间的累计量、投入到所述炉内的氧量、排出到所述炉外的氧量、在所述熔液中的各种金属杂质氧化中被使用的氧量以及所述炉内的热量变化引起的熔液温度变化量的特定期间的累计量中的至少一个进行修正的系数或常数项。

5.根据权利要求1~4中任一项所述的炉内状态推断装置,其特征在于,

所述评价函数由表示碳收支平衡的项、表示氧收支平衡的项、以及表示热收支平衡的项的加权和构成。

6.一种炉内状态推断方法,由炉内状态推断装置执行,其特征在于,包括:

输入步骤,输入包括精炼设备中的精炼处理开始前或处理中的熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度的测量结果、包括从所述精炼设备排出的废气的流量及成分浓度在内的与精炼设备有关的测量结果的实绩信息、和所述精炼处理的条件;

模型决定步骤,使用从存储与所述精炼设备中的吹炼反应相关的模型的模型参数、所述实绩信息、所述精炼处理的条件的数据库中获取到的过去的所述模型参数,来决定对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数;

炉内状态计算步骤,使用所决定的所述模型参数,来计算包括所述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度在内的炉内的状态量;以及

模型参数计算步骤,使用包括所述对象装料的所述精炼处理的结果的所述实绩信息,基于包括表示所述精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的所述炉内的物质收支误

差及热收支误差的项的评价函数,来计算所述对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数。

7.根据权利要求6所述的炉内状态推断方法,其特征在于,

所述模型决定步骤通过对存储于所述数据库的过去的所述模型参数中的与所述对象装料的所述精炼处理的条件相似的过去的所述精炼处理的所述模型参数进行平均来决定所述对象装料的所述精炼处理中的所述模型参数。

8.根据权利要求6所述的炉内状态推断方法,其特征在于,

所述模型决定步骤将存储于所述数据库的过去的所述模型参数与包括所述精炼处理中的处理次数、处理日期时间、精炼设备的使用次数中的至少一个的精炼处理的条件的关系模型化,并根据所述模型决定所述对象装料的所述精炼处理中的所述参数。

9.一种钢水制造方法,其特征在于,

基于通过权利要求6~8中任一项所述的炉内状态推断方法推断出的所述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度,决定顶吹氧的流量及速度、顶吹喷枪的高度、底吹气体的流量、石灰、铁矿石等辅助原料的投入量及投入时机、对所述熔液进行采样的时机以及结束吹炼的时机中的至少一个来进行精炼运行,制造钢水。

炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法。本公开特别涉及推断钢铁业的精炼设备中的熔液中及熔渣中的成分浓度的炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法。

背景技术

[0002] 在炼铁厂,在预处理设备、转炉及二级精炼设备等精炼设备中,进行从高炉出铁的铁水的成分及温度的调整。转炉是通过向炉内吹入氧而进行熔液中的杂质去除及升温的工序,在钢的品质管理及精炼成本合理化等方面起着非常重要的作用。这里,在转炉中的熔液成分及熔液温度的控制中,例如使用顶吹氧的流量及速度、顶吹喷枪的高度、底吹气体的流量等作为操作量。另外,使用石灰、铁矿石等辅助原料的投入量及投入时机、对熔液进行采样的时机、结束吹炼的时机等作为操作量。这些操作量应该根据熔液温度和熔液成分及熔渣成分等炉内状态而被最优化。为了高精度地推断炉内状态并使操作量合理化,提出了如下方法:使用包括在精炼处理中能够连续地测量的废气测量值在内的与精炼设备有关的测量信息,来进行炉内的物质收支及热收支计算。认为该方法通常能够高精度且实时地推断熔液温度与熔液成分及熔渣成分。但是,存在如下课题:由于精炼设备中的炉内耐火材料的损耗、投入辅助原料的成分变动、测量精度的降低等精炼设备环境的变动而使状态推断模型的精度屡次劣化。

[0003] 作为为了保持这样的模型的精度而将模型参数最优化的方法,例如专利文献1提出了如下方法:从过去的实绩信息中提取处理条件相似的实绩来计算转炉独立的模型式中的参数的值。

[0004] 另外,例如专利文献2提出了如下方法:通过求出以使热收支平衡的方式设定了的联立方程式的近似解来决定二级精炼设备中的熔液温度推断模型的多个参数。

[0005] 专利文献1:日本特开2005-036289号公报

[0006] 专利文献2:日本特开2004-360044号公报

[0007] 这里,作为模型式,专利文献1将独立的物理反应模型或一级组合模型作为对象。因此,专利文献1的技术难以应用于如基于炉内的物质收支及热收支计算的状态推断模型那样炉内反应量及升温量复杂地相互作用的模型。

[0008] 在专利文献2中,针对多个模型式与参数彼此相互作用那样的温度推断模型式,提出求出以使热收支平衡的方式设定了的联立方程式的近似解的方法。但是,专利文献2关于在炉内的反应量计算中使用包括废气测量值在内的测量信息的炉内物质收支计算并未记载。因此,专利文献2的技术难以应用于除了热收支以外炉内物质收支也相互作用那样的模型。

[0009] 因此,追求对于炉内的物质收支及热收支复杂地相互作用那样的模型也有效的模型参数决定方法。

发明内容

[0010] 鉴于这样的情况而完成的本公开的目的在于提供能够高精度且连续地推断熔液中及熔渣中的成分浓度的炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法。

[0011] (1)本公开的一个实施方式所涉及的炉内状态推断装置具备：

[0012] 输入部，输入包括精炼设备中的精炼处理开始前或处理中的熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度的测量结果、包括从上述精炼设备排出的废气的流量及成分浓度在内的与精炼设备有关的测量结果的实绩信息、和上述精炼处理的条件；

[0013] 模型决定部，使用从存储与上述精炼设备中的吹炼反应相关的模型的模型参数、上述实绩信息、上述精炼处理的条件的数据库中获取到的过去的上述模型参数，来决定对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数；

[0014] 炉内状态计算部，使用所决定的上述模型参数，来计算包括上述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度在内的炉内的状态量；以及

[0015] 模型参数计算部，使用包括上述对象装料的上述精炼处理的结果的上述实绩信息，基于包括表示上述精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的上述炉内的物质收支误差及热收支误差的项的评价函数，来计算上述对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数。

[0016] (2)作为本公开的一个实施方式，在(1)的基础上，

[0017] 上述模型决定部通过对存储于上述数据库的过去的上述模型参数中的与上述对象装料的上述精炼处理的条件相似的过去的上述精炼处理的上述模型参数进行平均来决定上述对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数。

[0018] (3)作为本公开的一个实施方式，在(1)的基础上，

[0019] 上述模型决定部将存储于上述数据库的过去的上述模型参数与包括上述精炼处理中的处理次数、处理日期时间、精炼设备的使用次数中的至少一个在内的精炼处理的条件的关系模型化，并根据上述模型决定上述对象装料的上述精炼处理中的上述参数。

[0020] (4)作为本公开的一个实施方式，在(1)～(3)中任一方式的基础上，

[0021] 上述模型参数包括对投入到上述炉内的碳量的特定期间的累计量、排出到炉外的碳量的特定期间的累计量、投入到上述炉内的氧量、排出到上述炉外的氧量、在上述熔液中的各种金属杂质氧化中被使用的氧量以及上述炉内的热量变化引起的熔液温度变化量的特定期间的累计量中的至少一个进行修正的系数或常数项。

[0022] (5)作为本公开的一个实施方式，在(1)～(4)中任一项的基础上，

[0023] 上述评价函数由表示碳收支平衡的项、表示氧收支平衡的项、以及表示热收支平衡的项的加权和构成。

[0024] (6)本公开的一个实施方式所涉及的炉内状态推断方法是炉内状态推断装置执行的炉内状态推断方法，其中，包括：

[0025] 输入步骤，输入包括精炼设备中的精炼处理开始前或处理中的熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度的测量结果、包括从上述精炼设备排出的废气的流量及成分浓度在内的与精炼设备有关的测量结果的实绩信息、和上述精炼处理的条件；

[0026] 模型决定步骤，使用从存储与上述精炼设备中的吹炼反应相关的模型的模型参数、上述实绩信息、上述精炼处理的条件的数据库中获取到的过去的上述模型参数，来决定

对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数;

[0027] 炉内状态计算步骤,使用所决定的上述模型参数,来计算包括上述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度在内的炉内的状态量;以及

[0028] 模型参数计算步骤,使用包括上述对象装料的上述精炼处理的结果的上述实绩信息,基于包括表示上述精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的上述炉内的物质收支误差及热收支误差的项的评价函数,来计算上述对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数。

[0029] (7)作为本公开的一个实施方式,在(6)的基础上,

[0030] 上述模型决定步骤通过对存储于上述数据库的过去的上述模型参数中的与上述对象装料的上述精炼处理的条件相似的过去的上述精炼处理的上述模型参数进行平均来决定上述对象装料的上述精炼处理中的上述模型参数。

[0031] (8)作为本公开的一个实施方式,在(6)的基础上,

[0032] 上述模型决定步骤将存储于上述数据库的过去的上述模型参数与包括上述精炼处理中的处理次数、处理日期时间、精炼设备的使用次数中的至少一个的精炼处理的条件的关系模型化,并根据上述模型决定上述对象装料的上述精炼处理中的上述参数。

[0033] (9)本公开的一个实施方式所涉及的钢水制造方法基于通过(6)~(8)中任一项的炉内状态推断方法推断出的上述熔液的温度及成分浓度以及熔渣的成分浓度,决定顶吹氧的流量及速度、顶吹喷枪的高度、底吹气体的流量、石灰、铁矿石等辅助原料的投入量及投入时机、对上述熔液进行采样的时机以及结束吹炼的时机中的至少一个来进行精炼运行,制造钢水。

[0034] 根据本公开,能够提供能够高精度且连续地推断熔液中及熔渣中的成分浓度的炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法。

附图说明

[0035] 图1是表示作为本公开的一个实施方式的炉内状态推断装置的结构的示意图。

[0036] 图2是表示数据库的构成例的图。

[0037] 图3是表示作为本公开的一个实施方式的炉内状态推断方法的处理的流程图。

具体实施方式

[0038] 以下,参照附图对本公开的一个实施方式所涉及的炉内状态推断装置、炉内状态推断方法以及钢水制造方法进行说明。

[0039] [炉内状态推断装置的结构]

[0040] 图1是表示本公开的一个实施方式所涉及的炉内状态推断装置1的结构的示意图。在本实施方式中,炉内状态推断装置1被用作钢铁业中的制造钢水的设备的一部分。制造钢水的设备具备精炼设备2和包括炉内状态推断装置1的吹炼控制系统。

[0041] 如图1所示,精炼设备2具备转炉100、喷枪102及管道104。喷枪102配置在转炉100内的熔液101上。从喷枪102的前端朝向下方的熔液101喷出高压氧。通过该高压氧使熔液101内的杂质氧化并被取入到熔渣103内(精炼处理)。管道104是废气导烟用的烟道设备,设置于转炉100的上部。

[0042] 在管道104的内部配置有废气检测部105。废气检测部105检测伴随着精炼处理而被排出的废气的流量及成分浓度(例如CO、CO_2、O_2、N_2、Ar等的浓度)。作为废气测量,废气检测部105例如基于设置于管道104内的文丘里管的前后的压差来测量管道104内的废气的流量。另外,作为废气测量,废气检测部105测量废气中的各成分的浓度[%]。废气的流量及成分浓度例如以数秒为周期进行测量。表示废气检测部105的检测结果的信号被发送至控制终端10。

[0043] 通过形成于转炉100的底部的通气孔106向转炉100内的熔液101吹入搅拌气体。搅拌气体是Ar等惰性气体。所吹入的搅拌气体搅拌熔液101,促进高压氧与熔液101的反应。流量计107测量被吹入到转炉100的搅拌气体的流量。在即将开始吹炼前及吹炼后进行熔液101的温度、成分浓度的分析。另外,熔液101的温度、成分浓度在吹炼中途被测量一次或多次,基于测量出的温度、成分浓度来决定高压氧的供给量(送氧量)及速度(送氧速度)以及搅拌气体的流量(搅拌气体流量)等。

[0044] 吹炼控制系统具备控制终端10、显示装置20及炉内状态推断装置1作为主要构成要素。控制终端10可以由个人计算机或工作站等信息处理装置构成。控制终端10以熔液101的温度、成分浓度成为所希望的范围内的方式控制送氧量、送氧速度及搅拌气体流量,并且收集送氧量、送氧速度及搅拌气体流量的实绩值的数据。显示装置20例如可以由液晶显示器(Liquid Crystal Display)或CRT(Cathode Ray Tube:阴极射线管)显示器构成。显示装置20可以显示从炉内状态推断装置1输出的计算结果等。

[0045] 炉内状态推断装置1是推断正在精炼设备2被处理的熔液101的温度及成分浓度以及熔渣103的成分浓度的装置。炉内状态推断装置1由个人计算机或工作站等信息处理装置构成。炉内状态推断装置1具备输入部11、数据库12、模型参数计算部13、模型决定部14、炉内状态计算部15以及输出部16。

[0046] 输入部11是供与精炼设备2相关的各种测量结果亦即实绩信息(实绩数据)等输入的输入用接口。输入部11例如可以是键盘、鼠标、定点设备、数据接收装置及图形用户界面(GUI)等中的至少一个。在本实施方式中,输入部11从外部接收实绩信息、参数设定值等,进行该信息向数据库12的写入以及向炉内状态计算部15的发送。从控制终端10向输入部11输入实绩信息。实绩信息包括与由废气检测部105测量出的废气的流量及成分浓度有关的信息、送氧量及送氧速度的信息、搅拌气体流量的信息、原料(主原料、辅助原料)投入量的信息、熔液101的温度、成分浓度以及熔渣103的成分浓度等。这些信息与后述的图2的实绩信息中的项目1～项目M对应。另外,输入部11例如可以由精炼设备2的操作员等进行手动的数据输入(手动输入)。通过手动输入能够输入模型式(以下也简称为“模型”)的参数设定值。在本实施方式中,输入部11还接收后述的精炼处理的条件及操作量信息。另外,输入部11可以在精炼处理开始前或处理中或处理结束后获取实绩信息等。

[0047] 数据库12存储与精炼设备2中的吹炼反应相关的模型的信息、精炼处理的实绩信息以及炉内状态推断装置1的计算结果。数据库12例如由存储器及硬盘驱动器等存储装置构成。存储装置还可以存储计算机程序。数据库12存储有模型式及模型式的参数(以下为“模型参数”),作为与吹炼反应相关的模型的信息。模型参数由模型参数计算部13计算。另外,数据库12也可以存储输入到输入部11的各种信息、由炉内状态计算部15计算出的吹炼实绩中的计算/分析结果。

[0048] 图2是表示数据库12的构成例的图。在本实施方式中,数据库12将N次(N次装料)的精炼处理中的条件、实绩信息以及作为计算结果的模型参数与装料的识别编号建立关联来存储。N例如是2以上的整数。在图2的例子中,最左边的栏表示装料的识别编号。例如在第N次的精炼处理中,数据库12存储有过去的N-1次的精炼处理中的实绩信息及模型参数。在第N次的精炼处理中,在模型决定部14如后述那样决定模型参数的情况下,将存储于数据库12的过去的N-1次量的精炼处理的信息用作候选。另外,若第N次的精炼处理结束,则将第N次的精炼处理中的实绩信息及计算结果追加到数据库12中(参照图2的粗框部分)。然后,在第N+1次的精炼处理中,在模型决定部14决定模型参数的情况下,将存储于数据库12的过去的N次量的精炼处理的信息用作候选。

[0049] 模型参数计算部13、模型决定部14以及炉内状态计算部15例如由CPU等运算处理装置构成。模型参数计算部13、模型决定部14以及炉内状态计算部15例如可以通过运算处理装置读取并执行计算机程序来实现。另外,模型参数计算部13、模型决定部14以及炉内状态计算部15可以具有专用的运算装置或运算电路。

[0050] 模型参数计算部13基于炉内的物质收支及热收支,以收支误差变得最小的方式计算与吹炼反应相关的模型的模型参数,并向数据库12存储。在一次精炼处理结束后,模型参数计算部13使用作为该精炼处理的结果的实绩信息来进行物质收支及热收支的计算。

[0051] 物质收支计算计算各成分向转炉100内的投入量以及各成分从转炉100的排出量。各成分的投入量根据向转炉100的主原料及辅助原料投入量、来自喷枪102的供给氧及来自转炉100外的卷入空气量进行计算。各成分的排出量根据废气流量及废气成分浓度进行计算。

[0052] 热收支计算计算转炉100炉内的输入热量及排出热量。输入热量根据向转炉100插入的主原料的显热、在炉内发生的反应所产生的反应热、向转炉100投入的辅助原料的溶解热等来计算。排出热量根据来自炉体表面的散热、来自炉口部的辐射热、基于搅拌气体的除热、排出到炉外的熔渣103、排出气体的显热等来计算。

[0053] 模型决定部14获取存储于数据库12的过去的模型参数。模型决定部14使用过去的模型参数,来决定在炉内状态计算部15利用的模型参数,并向炉内状态计算部15发送。

[0054] 炉内状态计算部15基于模型决定部14所决定的模型参数、输入部11收集到的实绩信息及参数设定值等,来计算(推断)包括熔液101的温度及成分浓度以及熔渣103的成分浓度在内的转炉100内的状态量。推断出的转炉100内的状态量被向输出部16发送。

[0055] 输出部16将由炉内状态推断装置1计算出的转炉100内的状态量发送至控制终端10。在精炼处理中,基于从炉内状态推断装置1输出的计算结果来进行各种操作量的决定及运行条件的变更。另外,输出部16还具有将由炉内状态推断装置1计算出的信息向显示装置20发送的功能,能够使从炉内状态推断装置1输出的计算结果显示。

[0056] 具有这样的结构的炉内状态推断装置1通过执行以下进行说明的炉内状态推断方法的处理来高精度地推断包括熔液101中的温度及成分浓度以及熔渣103中的成分浓度等在内的转炉100内的状态量。以下,参照图3所示的流程图对执行炉内状态推断方法时的炉内状态推断装置1的动作进行说明。

[0057] [炉内状态推断方法]

[0058] 图3是表示本公开的一个实施方式所涉及的炉内状态推断方法的处理的流程图。

图3所示的流程图在开始精炼处理前的任意时机开始。即,在开始精炼处理前的任意时机,炉内状态推断处理进入到步骤S1的处理。

[0059] 在步骤S1的处理中,输入部11获取精炼处理的条件。在本实施方式中,精炼处理的条件包括精炼形态、辅助原料投入预定量、熔液101及熔渣103的成分浓度及温度的目标值、处理次数、处理日期时间、包括炉、喷枪及测量设备在内的设备的使用次数等。输入部11将获取到的精炼处理的条件发送至数据库12及炉内状态计算部15。由此,步骤S1的处理完成,炉内状态推断处理进入到步骤S2的处理。步骤S1与“输入步骤”的一部分对应。在步骤S1中输入了的数据在模型决定部14的处理中被使用。

[0060] 在步骤S2的处理中,模型决定部14使用存储于数据库12的过去的模型参数,基于精炼处理的条件来决定在炉内状态计算部15中利用的模型参数。步骤S2与“模型决定步骤”对应。详细地说,在步骤S2的处理中决定的模型参数基于已经存储于数据库12的与过去的精炼处理对应的模型参数通过计算或选择而得到。如上述那样,例如在第N次精炼处理中,模型决定部14使用存储于数据库12的过去的N-1次量的精炼处理的信息来决定模型参数。在直到获取精炼处理结果为止花费时间等、过去的N-1次量的模型参数或精炼处理的条件的数据不齐备的情况下,也可以提取所需的模型参数或精炼处理的条件的数据齐备了的实绩信息来决定模型参数。有时将该例子的情况下的第N次精炼处理即当前执行中的精炼处理称为对象装料的精炼处理。

[0061] 模型决定部14例如通过提取存储于数据库12的模型参数中的精炼处理的条件与对象装料的条件相似的模型参数、并对提取出的模型参数进行平均来决定。模型决定部14也可以仅提取最近的规定数量的装料中的模型参数、即从提取对象中排除旧的模型参数来进行平均化。对象装料的精炼处理中的条件与过去实绩的相似度(Ds)例如能够通过如以下的式(1)所示那样计算欧几里得距离来进行评价。

[0062] [算式1]

[0063] $$Ds = \sqrt{\sum_k \frac{(CA_k - CP_k)^2}{{G_k}^2}} \cdots (1)$$

[0064] 其中,k是精炼处理的条件数量。CA_k表示过去的实绩中的条件。CP_k表示对象装料的精炼处理中的条件。G_k是用于进行各精炼处理的条件的加权的参数。作为精炼处理的条件,例如可举出精炼处理日期时间、装入铁水重量、装入废金属重量、铁水温度、铁水中的以C、Si、Mn、P为代表的成分浓度、精炼炉及顶吹喷枪的使用次数等。另外,例如可以举出在刚实施了的精炼处理中的处理后的熔液温度及从处理后起的经过时间、被留带的熔渣重量及成分、在精炼处理开始前投入的每个辅助原料品种的投入重量、每个废金属(scrap)品种的投入重量等。这些条件与图2的精炼处理的条件中的项目1~项目L对应。另外,在对相似度进行评价的情况下,可以仅将所使用的精炼炉的形态、顶吹喷枪的形态、底吹喷嘴的形态等一致的实绩作为对象。这里,相似度并不局限于式(1)所示的欧几里得距离,也能够通过以城市街区距离(City Block distance)、闵可夫斯基距离、马氏距离、余弦相似度为代表的评价k维向量间的距离的方法进行评价。这里,相似度高与计算出的k维向量间的距离短同义。过去的精炼处理的实绩的提取可以提取计算出的相似度高于所设定的阈值的实绩,或者也可以提取相似度高的上位任意数量的过去实绩。另外,作为相似实绩的提取方法,可以是针对精炼处理的条件k各自的项目,对计算对象处理的条件与过去实绩的条件之差进行计算,

提取k个差小于分别设定的阈值的实绩的方法。

[0065] 另外,模型决定部14也可以将存储于数据库12的模型参数与包括精炼处理中的处理次数、处理日期时间、包括炉、喷枪及测量设备的精炼设备的使用次数等在内的精炼处理的条件的关系模型化。而且,模型决定部14可以根据对象装料的精炼处理条件输入值通过模型计算来计算最佳参数。模型决定部14将所决定的模型参数发送至炉内状态计算部15。由此,步骤S2的处理完成,炉内状态推断处理进入到步骤S3的处理。

[0066] 步骤S3及步骤S4的处理在1次精炼处理开始的时机开始,在精炼处理中以任意的周期反复实施。在步骤S3的处理中,输入部11获取精炼处理的操作量信息及转炉100中的测量信息。操作量信息例如是喷枪102的高度、送氧速度、搅拌气体流量、辅助原料的投入量等之类的操作量的信息。测量信息例如是废气的流量及成分浓度等的测量值。这里,测量值并不限定于测量出的值本身,可以还包括分析后的结果(分析值)。操作量信息、测量信息以任意的周期被收集。当操作量信息与测量信息之间存在大的时间延迟的情况下,考虑该延迟来创建数据。另外,在测量信息含有很多噪声的情况下,可以用进行了移动平均计算等平滑化处理的值来置换测量值。步骤S3与"输入步骤"的一部分对应。在步骤S3中输入了的数据在炉内状态计算部15的处理中被使用。

[0067] 在步骤S4的处理中,炉内状态计算部15使用具有输入部11获取到的信息及模型决定部14所决定的模型参数的模型,来计算转炉100内的状态量。状态量例如可举出熔液101中的碳浓度、熔渣103中的Fe_t0浓度等。步骤S4与"炉内状态计算步骤"对应。

[0068] 熔液101中的碳浓度例如通过计算残存于转炉100内的碳量来求出。投入到转炉100内的碳量及排出到转炉100外的碳量分别能够如以下所示的式(2)及式(3)那样表达。假定从投入碳量中减去排出碳量而得的残存于转炉100内的碳量相当于熔液101中的碳量,由此能够计算熔液101中的碳浓度。这里,假定熔液101的出入碳量与全部装入量相比较为微小。另外,以后只要没有特别说明,"%"及各种流量表示"mass%"及流量基本单位。

[0069] [算式2]

[0070] $$C_{in}=\frac{\left(\rho_{pig}\times W_{pig}+\sum_i\left(\rho_i^{Cscr}\times W_i^{scr}\right)+\sum_j\left(\rho_j^{Caux}\times W_j^{aux}\right)\right)}{W_{charge}}\cdots(2)$$

[0071] [算式3]

[0072] $$C_{out}=\left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2}+\frac{V_{CO_2}^{OG}}{2}\right)\times(12/11.2)/10\cdots(3)$$

[0073] 这里,作为投入碳量的C_{in}[%]是主原料中的碳量和投入辅助原料中的碳量之和的熔液101中的浓度换算值。ρ_{pig}[%]是装入铁水中的碳浓度。ρ_i^{Cscr}[%]是装入废金属(品种i)中的碳浓度。ρ_j^{Caux}[%]是投入辅助原料(品种j)中的碳浓度。W_{pig}[t]是装入铁水重量。W_i^{scr}[t]是装入废金属(品种i)的重量。W_j^{aux}[t]是投入辅助原料(品种j)的投入累计重量。W_{charge}[t]是装入到转炉100的熔液重量。装入废金属的品种i及投入辅助原料的品种j中的碳浓度(ρ_i^{Cscr}、ρ_j^{Caux})存储于数据库12,炉内状态计算部15获取与在对象装料中利用的品种有关的信息。作为排出碳量的C_{out}[%]是废气中所包含的碳量的熔液101中的浓度换算值。V_{CO}^{OG}[Nm^3/t]、V_{CO2}^{OG}[Nm^3/t]分别是废气中的CO、CO_2至计算时刻为止的累计流量。

[0074] 熔渣103中的Fe_t0浓度能够假定从投入氧量中减去排出氧量而得的量相当于残存于转炉100内的氧量来计算。例如,能够分别如以下所示的式(4)及式(5)那样表达投入到转

炉100内的氧量及排出到转炉100外的氧量。

[0075] [算式4]

[0076] $$O_2^{in} = V_{O_2}^{blow} + \sum_i\left(\rho_i^{Oscr} \times W_i^{scr}\right) + \sum_j\left(\rho_j^{Oaux} \times W_j^{aux}\right) + \frac{21}{79} \times (V_{rem}^{OG} - V_{bot}) \cdots (4)$$

[0077] [算式5]

[0078] $$O_2^{out} = \frac{V_{CO}^{OG}}{2} + V_{CO_2}^{OG} + V_{O_2}^{OG} \cdots (5)$$

[0079] 这里,作为投入氧量的O_2^{in}[Nm^3/t]是来自喷枪102的顶吹氧累计量V_{02}^{blow}[Nm^3/t]、投入辅助原料中的氧累计量及从转炉100外被卷入到炉内的空气中的氧累计量之和。ρ_i^{Oscr}[%]是装入废金属(品种i)中的氧含量的换算值。ρ_j^{Oaux}[(Nm^3/t)/t]是投入辅助原料(品种j)中的氧含量的换算值。装入废金属的品种i及投入辅助原料的品种j中的氧含量(ρ_i^{Oaux}、ρ_j^{Oaux})存储于数据库12,炉内状态计算部15获取与在对象装料中利用的品种有关的信息。关于ρ_i^{Oscr}[%]及W_j^{aux}[t],可以包括与从前次装料被留带的熔渣103的成分及重量有关的分析值或计算值。另外,在投入氧量的计算中,例如如本实施例那样,在作为废气测量而没有得到N_2浓度、Ar浓度的情况下,被卷入的空气中的氧量可以如式(4)的第四项那样计算。这里,在式(4)的第四项中,假定从作为废气中的除了O_2、CO、CO_2以外的未分析废气量的V_{rem}^{OG}[Nm^3/t]中减去作为底吹气体的流量的V_{bot}[Nm^3/t]而得的量相当于卷入空气中的N_2、Ar。

[0080] 作为排出氧量的O_2^{out}[Nm^3/t]根据废气中所含的氧量来计算。V_{02}^{OG}[Nm^3/t]是废气中的O_2至计算时刻为止的累计流量。V_{CO}^{OG}[Nm^3/t]、V_{CO2}^{OG}[Nm^3/t]与式(3)相同。从投入氧量中减去排出氧量而得的量是残存于转炉100内的氧量。残存于转炉100内的氧在熔液101中的Si、Mn、P等金属杂质的氧化及铁的氧化中被使用。其中,关于金属杂质的氧化量,使用存储于数据库12的模型中的杂质金属的氧化反应模型来计算。例如作为在熔液101中的Si氧化中被使用的氧量的V_{02}^{Si}[Nm^3/t]如以下所示的式(6)那样表达。

[0081] [算式6]

[0082] $$V_{O_2}^{Si} = \frac{\rho_{pig}^{Si} \times W_{pig} + \sum_i\left(\rho_i^{Siscr} \times W_i^{scr}\right) + \sum_j\left(\rho_j^{Siaux} \times W_j^{aux}\right)}{W_{charge}} \times exp\left(-K_{Si} \times V_{O_2}^{blow}\right) \times (22.4/28) \times 10 \cdots (6)$$

[0083] 这里,ρ_{pig}^{Si}[%]是装入铁水中的Si浓度。ρ_i^{Siscr}[%]是装入废金属(品种i)中的Si浓度。ρ_j^{Siaux}[%]是投入辅助原料(品种j)中的Si浓度。K_{Si}是Si的氧化反应速度常数。另外,与式(6)同样地,能够计算在Mn、P等熔液101中的各种金属杂质的氧化中被使用的氧量。这里,宰Si、Mn、P等熔液101中的各种金属杂质的氧化中被使用的氧量的合计为V_{02}^{met}[Nm^3/t]。熔渣103中的Fe_t0量能够假定相当于从自投入氧量中减去排出氧量所得的量中进一步减去V_{02}^{met}而得的量来计算。

[0084] 在一次的精炼处理(上述的对象装料的精炼处理)结束的时机,步骤S3及步骤S4的处理结束(步骤S5的“是”),炉内状态推断处理进入到步骤S6的处理。在一次精炼处理未结束的情况下(步骤S5的“否”),炉内状态推断处理返回到步骤S3及步骤S4的处理。

[0085] 在步骤S6的处理中,输入部11获取精炼处理的结果作为实绩信息。在本实施方式中,精炼处理的结果包括熔液101的温度及成分浓度、熔渣103的成分浓度以及废气的流量

及成分浓度。输入部11将获取到的精炼处理的结果存储于数据库12。由此,步骤S6的处理完成,炉内状态推断处理进入到步骤S7的处理。步骤S6与“输入步骤”的一部分对应。在步骤S6中输入了的数据在模型参数计算部13的处理中被使用。

[0086] 在步骤S7的处理中,模型参数计算部13基于炉内的物质收支及热收支,以收支误差变得最小的方式计算与吹炼反应相关的模型的模型参数,并向数据库12存储。步骤S7与“模型参数计算步骤”对应。如上述那样,炉内状态计算部15使用由模型决定部14所决定的模型参数,来推断对象装料的精炼中的转炉100内的状态量。模型参数计算部13使用对象装料的精炼处理的结果(实绩信息)来修正炉内状态计算部15所使用的模型参数。而且,模型参数计算部13将修正后的更准确的模型参数向数据库12存储。换言之,被与对象装料建立关联来向数据库12存储的模型参数不是炉内状态计算部15在计算(推断)中所使用的模型的模型参数。被与对象装料建立关联来向数据库12存储的模型参数是由模型参数计算部13基于对象装料的精炼处理的实绩信息计算(修正)出的模型参数。

[0087] 模型参数计算部13可以计算用于修正的系数作为模型参数。用于修正的系数例如可以包括废气的流量的测量值的修正系数A、废气的成分浓度的测量值的修正系数B。用于修正的系数例如可以包括熔液101的成分浓度的测量值的修正系数ΔC、熔液101的温度的测量值的修正系数D、与装入废金属的炉内反应的成品率相关的常数E、与投入的辅助原料的炉内反应的成品率相关的常数F。用于修正的系数也可以包括与伴随着熔液101中的成分的氧化反应、熔渣103中的成分的还原反应、辅助原料的溶解等炉内的各种反应的升温及吸热量有关的系数H。另外,用于修正的系数也可以包括与气体及熔渣103的显热、来自炉口及炉体的散热量等热损失有关的系数I。

[0088] 模型参数计算部13例如可以引入上述那样系数作为式(7)那样的评价函数的变量,来求出将评价函数最小化的模型参数。这里,在本实施方式中,模型参数计算部13将评价函数最小化,但在适合的模型参数的情况下也可以使用进行最大化那样的评价函数。即,模型参数计算部13可以求出将评价函数最小化或最大化的模型参数。

[0089] [算式7]

[0090] $$J=\frac{\{C_{in}-C_{out}-[C]\}^2}{\sigma_C{}^2}+\frac{\left\{O_2^{in}-O_2^{out}-V_{O_2}^{met}-V_{O_2}^{FetO}\right\}^2}{\sigma_O{}^2}+\frac{\{T_{fin}-(T_{ini}+D)-\Delta T\}^2}{\sigma_T{}^2}\cdots(7)$$

[0091] $$C_{in}=\frac{\left(\rho_{pig}\times W_{pig}+\Delta C_C+\sum_i\left(E_i\times\rho_i^{Cscr}\times W_i^{scr}\right)+\sum_j\left(F_j\times\rho_j^{Caux}\times W_j^{aux}\right)\right)}{W_{charge}}$$

[0092] $$C_{out}=\mathrm{A}\times\mathrm{B}\times\left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2}+\frac{V_{CO_2}^{OG}}{2}\right)\times(12/11.2)/10$$

[0093] $$O_2^{in}=V_{O_2}^{blow}+\sum_i\left(E_i\times\rho_i^{Oscr}\times W_i^{scr}\right)+\sum_j\left(F_j\times\rho_j^{Oaux}\times W_j^{aux}\right)+\frac{21}{79}\times\left(A\times V_{rem}^{OG}-V_{bot}+2\times A\times(1-B)\times\frac{V_{CO}^{OG}+V_{CO_2}^{OG}}{2}\right)$$

[0094] $$O_2^{out}=\mathrm{A}\times\mathrm{B}\times\left(\frac{V_{CO}^{OG}}{2}+V_{CO_2}^{OG}\right)+A\times V_{O_2}^{OG}$$

[0095] $$V_{O_2}^{Si}=\frac{\rho_{pig}^{Si}\times W_{pig}+\Delta C_{Si}+\sum_i\left(E_i\times\rho_i^{Siscr}\times W_i^{scr}\right)+\sum_j\left(F_j\times\rho_j^{Siaux}\times W_j^{aux}\right)}{W_{charge}}\times exp\left(-K_{Si}\times V_{O_2}^{blow}\right)\times(22.4/28)\times 10$$

[0096] $$\Delta T=\sum_m\left(H_m\times\Delta R_m\right)-\sum_n\left(I_n\times\Delta L_n\right)$$

[0097] C_{in}是投入到转炉100内的碳量的特定期间的累计量。C_{out}是通过废气等排出到转炉100外的碳量的特定期间的累计量。O_2^{in}是投入到转炉100内的氧量。O_2^{out}是通过废气及熔渣103的排出等排出到转炉100外的氧量。V_{02}^{met}是在Si、Mn、P等熔液101中的各种金属杂质氧化中被使用的氧量。ΔT是包括通过转炉100内的反应产生的反应热、基于排出到炉外的废气及熔渣103等的除热、以及来自炉体的散热及来自炉口的辐射散热等在内的转炉100内的热量变化引起的熔液温度变化量的特定期间的累计量。T_{ini}是精炼处理中的在特定期间的起点的熔液101的温度的测量值。另外,[C]、V_{02}^{FetO}、T_{fin}分别是精炼处理中的在特定期间的终点的熔液101中的碳量测量值、根据熔渣103中的Fe_t0量测量值计算出的在Fe_t0生成所使用的氧量、熔液101温度测量值。σ_C^2、σ_0^2、σ_T^2是能够任意设定的常数。另外,A～I及ΔC与图2的第1参数～第K参数对应。在本实施方式中,模型参数包括对在式(7)中使用的上述的累计量及氧量中的至少一个进行修正的系数或常数项。

[0098] 其中,ΔR_m是与熔液101中的成分的氧化反应、熔渣103中的成分的还原反应、辅助原料的溶解等炉内的各种反应m有关的反应量。ΔL_n是气体及熔渣103的显热、来自炉口及炉体的散热量等与熔液101中的热损失路径n有关的热损失量。

[0099] 式(7)所示的评价函数J成为以下三项的加权和。在评价函数J中,第一项及第二项是表示物质收支误差的项,第三项是表示热收支误差的项。第一项是从投入碳量中减去排出碳量而得的残留于转炉100内的碳量与熔液101中的碳量测量值之差的平方值。该项成为0表示在转炉100内保持了碳收支平衡。第二项是从投入氧量中减去排出氧量及杂质金属氧化使用氧量而得的量与根据熔渣103中的Fe_t0测量值计算出的在熔液101中的铁氧化中被使用的氧量之差的平方值。该项成为0表示在转炉100内保持了氧收支平衡。第三项是精炼处理中的特定期间的从起点到终点为止的熔液101温度变化量测量值与根据转炉100内的反应热及除热等计算出的熔液101温度变化量计算值之差的平方值。该项接近零表示在转炉100内保持了热收支平衡。与上述的式(7)相关的说明中的“特定期间”可以在三项的每一个中设定不同的期间。

[0100] 位于评价函数J的各项的分母的加权因子(σ_C^2、σ_0^2、σ_T^2)例如由用户设定。针对在限制条件下将评价函数J最小化的非线性规划问题提出了多种算法,可以通过公知的方法执行求出模型参数的计算。

[0101] 由模型参数计算部13计算出的模型参数存储于数据库12,在下次及以后的精炼处理中的炉内状态推断处理中使用。由此,步骤S7的处理完成,炉内状态推断处理完成精炼处理中的处理。

[0102] 基于通过上述的炉内状态推断方法的处理推断出的熔液101的温度、成分浓度以及熔渣103的成分浓度来决定操作量,实施精炼运行,制造良好的钢水。作为操作量,决定最佳的顶吹氧的流量及速度、顶吹喷枪的高度、底吹气体的流量、石灰、铁矿石等辅助原料的

投入量及投入时机、对熔液进行采样的时机以及结束吹炼的时机中的至少一个。这样，能够基于通过上述的炉内状态推断方法计算出的炉内状态来实现良好的钢水制造方法。

[0103] 如以上那样，本实施方式所涉及的炉内状态推断装置1、炉内状态推断方法及钢水制造方法通过上述的结构及工序，在基于包括表示炉内的物质收支误差及热收支误差的项的评价函数来将模型参数最优化之后存储于数据库12。而且，在精炼处理中的炉内状态推断中，能够使用蓄积于数据库12的过去的被最优化了的模型参数，因而能够使熔液101的温度及成分浓度以及熔渣103的成分浓度等的推断精度提高。

[0104] 基于各附图及实施例对本公开的实施方式进行了说明，但应当注意只要是本领域技术人员便容易基于本公开进行各种变形或修正。因此，应当留意这些变形或修正包括在本公开的范围内。例如，各构成部或各步骤等中包括的功能等能够以逻辑上不矛盾的方式重新配置，能够将多个构成部或步骤等组合为一个或者进行分割。本公开所涉及的实施方式也能够实现为由装置具备的处理器执行的程序或记录有程序的存储介质来。应当理解它们也包含在本公开的范围内。

[0105] 例如，决定的模型参数的种类及模型参数的数量、最小化的评价函数的形式并不局限于上述的实施方式中举出的例子，只要是能够将炉内的物质收支误差及热收支误差最小化的形式便发挥同样的效果。另外，模型并不局限于上述的实施方式中如式(2)～式(6)那样例示出的模型，也可以使用熔液温度推断模型、废金属溶解模型、辅助原料溶解/成品率模型、脱碳效率模型、脱磷模型、Fe_t0的生成还原模型等。另外，在本实施方式中示出了以转炉100为对象的炉内状态推断装置1及炉内状态推断方法，但在二级精炼设备或预处理设备中，对于基于炉内的物质收支及热收支来计算的模型参数计算也是有效的。

[0106] 附图标记说明

[0107] 1…炉内状态推断装置；2…精炼设备；10…控制终端；11…输入部；12…数据库；13…模型参数计算部；14…模型决定部；15…炉内状态计算部；16…输出部；20…显示装置；100…转炉；101…熔液；102…喷枪；103…熔渣；104…管道；105…废气检测部；106…通气孔；107…流量计。

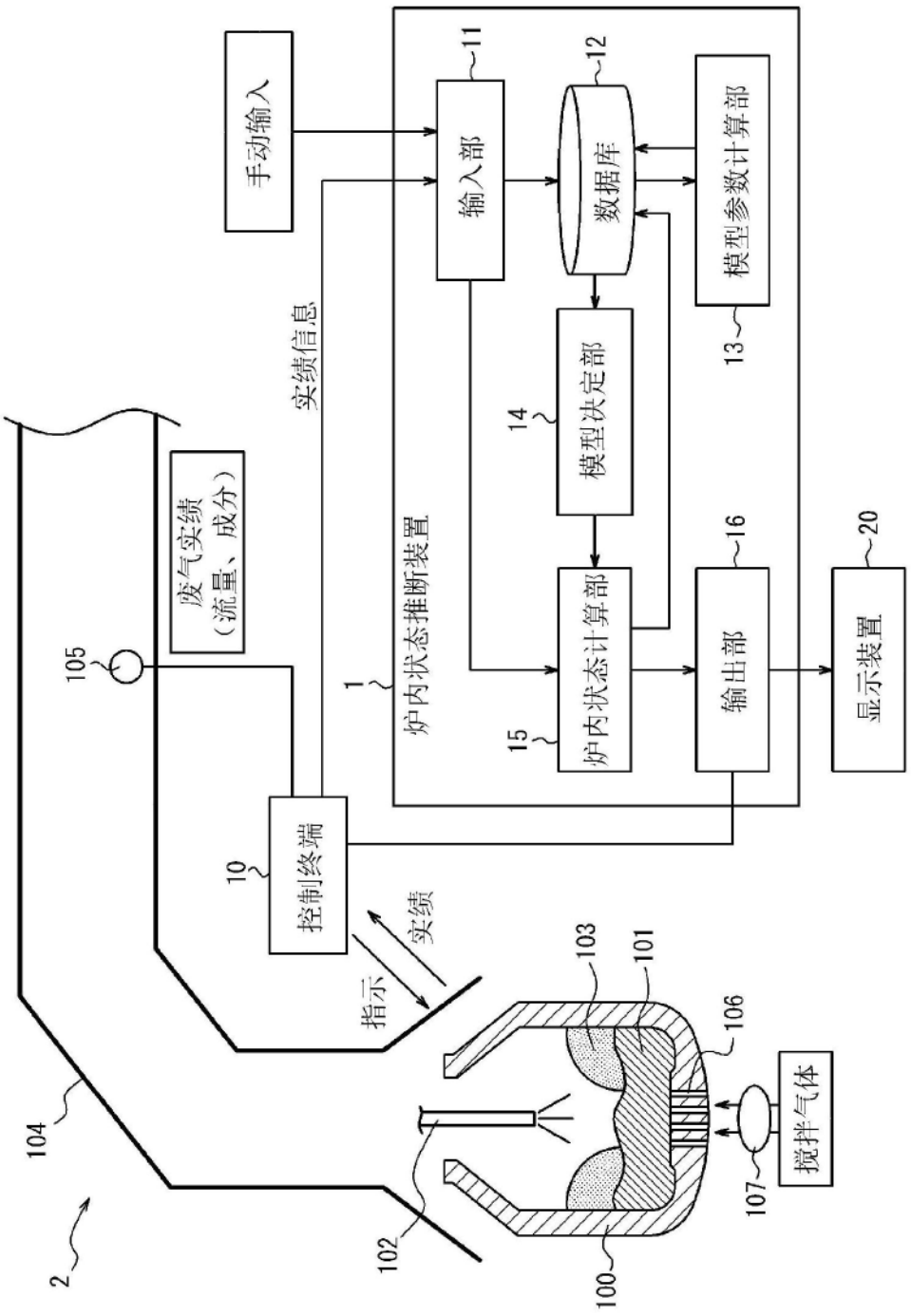

手动输入
输入部
11
数据库
12
模型参数计算部
13
实绩信息
炉内状态推断装置
1
模型决定部
14
炉内状态计算部
15
输出部
16
显示装置
20
废气实绩
（流量、成分）
105
控制终端
10
指示
实绩
103
101
106
搅拌气体
107
104
102
100
2

图1

装料	精炼处理的条件			实绩信息				模型参数		
	项目1	…	项目L	项目1	…	项目M	第一参数	…	第K参数
1	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
2	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
3	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
4	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
5	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
N-1	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx
N	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx	xxxx	…	xxxx

图2

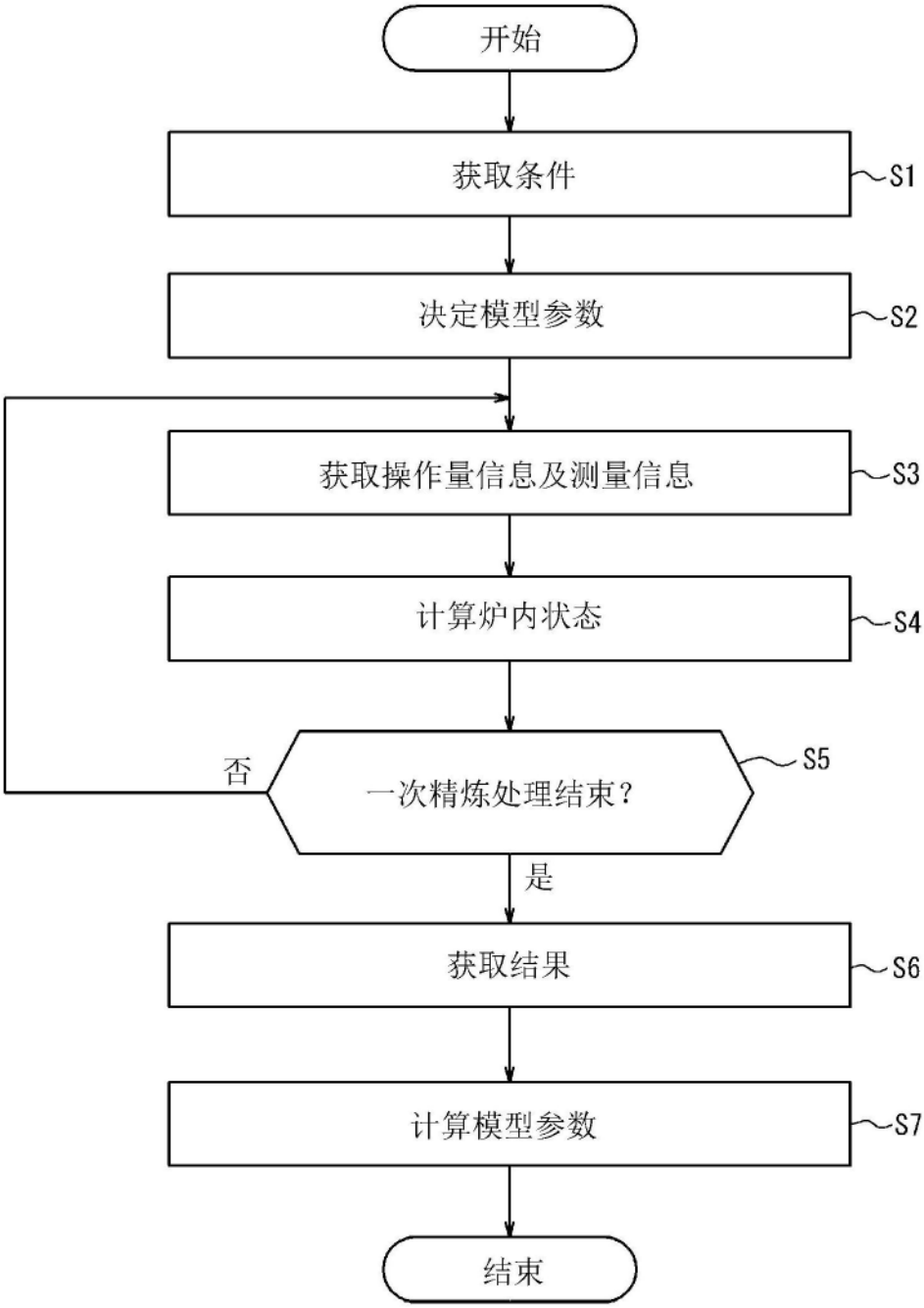

开始
获取条件
S1
决定模型参数
S2
获取操作量信息及测量信息
S3
计算炉内状态
S4
否
一次精炼处理结束？
S5
是
获取结果
S6
计算模型参数
S7
结束

图3