



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114667357 A

(43) 申请公布日 2022. 06. 24

(21) 申请号 202080078289.2

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22) 申请日 2020.11.11

专利代理师 王洋

(30) 优先权数据

2019-212514 2019.11.25 JP

(51) Int. Cl.

C21B 5/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

C21B 7/00 (2006.01)

2022.05.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2020/042144 2020.11.11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/106578 JA 2021.06.03

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 高桥功一 野内泰平 小泽纯仁

川尻雄基 守田祐哉

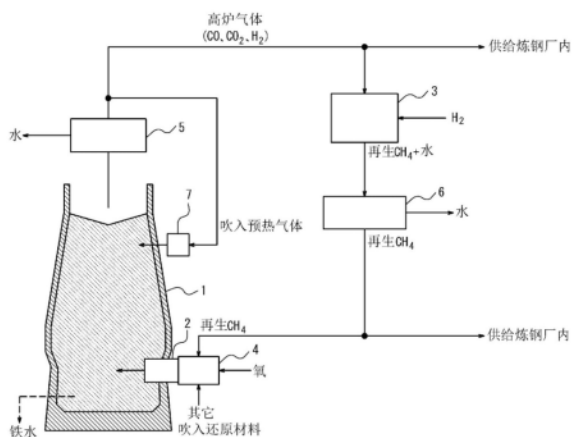
权利要求书1页 说明书12页 附图8页

(54) 发明名称

高炉的操作方法和高炉附属设备

(57) 摘要

一种高炉的操作方法,具有由从高炉排出的副产气体生成再生甲烷气体的工序和从高炉的风口向高炉内吹入送风气体和还原材料的工序,使用氧气作为送风气体,并且还原材料的至少一部分使用再生甲烷气体。



1. 一种高炉的操作方法,包括如下工序:  
从所述高炉排出的副产气体生成再生甲烷气体的工序,以及  
从所述高炉的风口向所述高炉内吹入送风气体和还原材料的工序;  
使用氧气作为所述送风气体,并且所述还原材料的至少一部分使用所述再生甲烷气体。
2. 根据权利要求1所述的高炉的操作方法,其中,所述还原材料的循环碳原子的基本单位为60kg/t以上,  
其中,循环碳原子的基本单位是制造1t铁水时作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体的碳换算质量,由下式求出,  
[循环碳原子的基本单位(kg/t)] = [作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体中的甲烷的质量(kg)] × (12/16) ÷ [铁水制造量(t)]。
3. 根据权利要求1或2所述的高炉的操作方法,其中,所述氧气的氧浓度为80体积%以上。
4. 根据权利要求1~3中任一项所述的高炉的操作方法,其中,由所述副产气体的一部分生成所述再生甲烷气体,将所述副产气体的剩余部分供给到炼钢厂内。
5. 根据权利要求1~4中任一项所述的高炉的操作方法,其中,将所述再生甲烷气体的剩余部分供给到炼钢厂内。
6. 一种高炉附属设备,是权利要求1~5中任一项所述的高炉的操作方法中使用的高炉附属设备,具备如下装置:  
甲烷气体生成装置,由所述副产气体生成所述再生甲烷气体;以及  
气体吹入装置,具有将所述再生甲烷气体导入到所述高炉的风口的甲烷气体供给部和将所述氧气导入到所述高炉的风口的氧气供给部。

## 高炉的操作方法和高炉附属设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高炉的操作方法和高炉附属设备。

### 背景技术

[0002] 近年来,在地球环境问题的背景下,强烈要求削减二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的排放量。因此,即使在设置于炼钢厂内的高炉的操作中,也要求进行低还原材料比(低RAR)操作。

[0003] 一般的高炉中,从风口将热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体吹入到高炉内。因此,热风中的氧与作为还原材料的焦炭、煤粉发生反应,生成一氧化碳(CO)气体、氢气(H<sub>2</sub>)。通过这些一氧化碳气体、氢气,将装入到高炉内的铁矿石还原。另外,在该铁矿石的还原反应中,产生二氧化碳。

[0004] 应予说明,送风气体是从风口吹入到高炉内的气体。送风气体在高炉内也起到使煤粉、焦炭气化的作用。

[0005] 作为这样的高炉操作中二氧化碳的削减排出量技术,提出了将从高炉等排出的副产气体中包含的一氧化碳、二氧化碳重整,生成甲烷、乙醇等烃,将生成的烃作为还原材料再次导入高炉的技术。

[0006] 例如专利文献1中公开了如下技术:“一种高炉的操作方法,其特征在于,具有如下工序:从包含CO<sub>2</sub>和/或CO的混合气体分离回收CO<sub>2</sub>和/或CO的工序(A);向该工序(A)中分离回收的CO<sub>2</sub>和/或CO添加氢并将CO<sub>2</sub>和/或CO转变为CH<sub>4</sub>的工序(B);从经过该工序(B)的气体中分离除去H<sub>2</sub>O的工序(C);以及将经过该工序(C)的气体吹入到高炉内的工序(D)。”。

[0007] 另外,专利文献2中公开了如下技术:“一种高炉操作方法,其特征在于,从将高炉气体用作燃料的一部分或全部的燃烧炉的排气体中分离CO<sub>2</sub>,将分离的CO<sub>2</sub>重整成甲烷而得到的还原气体吹入到高炉。”。

[0008] 专利文献1:日本特开2011-225969号公报

[0009] 专利文献2:日本特开2014-005510号公报。

### 发明内容

[0010] 然而,专利文献1和2的技术中,如果作为还原材料吹入到高炉的甲烷的量为一定值以上,则存在高炉下部的热效率不足、压力损失上升、出渣不良等的操作故障的情况。

[0011] 因此,在稳定的操作下,要求开发出能够进一步削减二氧化碳从高炉的排出量的高炉的操作方法。

[0012] 本发明鉴于上述的现状开发,目的在于提供一种在稳定的操作下能够进一步降低来自高炉的二氧化碳排出量的高炉的操作方法。

[0013] 另外,本发明的目的在于提供上述高炉的操作方法中使用的高炉附属设备。

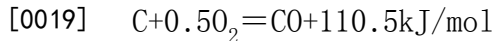
[0014] 另外,发明人等为了实现上述的目的,反复进行了深入研究。

[0015] 首先,发明人等针对在专利文献1和2的技术中作为还原材料吹入到高炉的甲烷的量达到一定值以上的情况下产生操作故障的原因进行了研究。

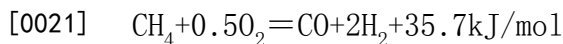
[0016] 其结果得到以下的情况。

[0017] 如果将作为还原材料吹入到高炉的甲烷的量设为一定值以上,则在风口的出口附近产生的燃烧区域(回旋区),吹入还原材料和焦炭燃烧而产生的火焰的温度(以下也称为风口前端温度)大幅降低。并且,该风口前端温度的降低是高炉下部的热效率不足、压力损失上升、出渣不良等操作故障的产生原因。

[0018] 即,在从风口向高炉内吹入煤粉作为还原材料的情况下,煤粉的主成分为碳,因此在回旋区中发生以下的反应。



[0020] 另一方面,在从风口向高炉内吹入甲烷作为还原材料的情况下,回旋区中发生以下的反应。



[0022] 将该反应时产生的热量按CO和H<sub>2</sub>的合计量每1摩尔换算时,为11.9kJ/mol。

[0023] 为了使高炉进行稳定操作,需要将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围。然而,如果将吹入到高炉内的还原材料的大部分由煤粉置换成甲烷气体,则由于上述的反应热之差,风口前端温度降低。其结果是无法将风口前端温度控制在上述范围内,产生了各种操作故障。

[0024] 因此,发明人等基于上述的情况,进一步进行了反复研究。

[0025] 其结果可知使用氧气而并非热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体,即使对吹入到高炉内的还原材料使用大量的甲烷,也能够有效地防止风口前端温度的降低。并且得到如下见解:由从高炉排出的副生气体再生这样的甲烷,将该再生的甲烷(再生甲烷气体)作为还原材料再次吹入到高炉内,由此能够进一步削减来自高炉的二氧化碳排出量,同时能够实现稳定的高炉的操作。

[0026] 另外,特别是通过作为送风气体使用氧浓度高的氧气,大幅降低从高炉排出的副产气体中包含的氮的量。其结果可知不需要由该副产气体分离一氧化碳、二氧化碳的工序,在设备的小型化方面极其有利。

[0027] 应予说明,发明人等通过使用氧气作为送风气体,即使吹入到高炉内的还原材料使用大量的甲烷,也能够将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围,其理由如下考虑。

[0028] 即在使用热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体的情况下,在燃烧气体中包括50体积%左右的不参与燃烧反应的氮,因此回旋区的火焰的温度很难变成高温。因此,如果将大量吹入到高炉内的还原材料由煤粉置换成甲烷气体,则由于上述的煤粉—氧的的反应的反应热与甲烷气体—氧的的反应的反应热之差,导致风口前端温度降低,甚至导致风口前端温度下降到适宜温度的下限2000℃。

[0029] 另一方面,通过使用氧气作为送风气体,能够抑制不参与燃烧反应的氮气的混入,因此能够将风口前端温度升温到足够的温度。即由于能够将回旋区的火焰的温度设为比使用热风的情况高的温度,即使从风口吸入大量的甲烷作为还原材料的情况下,也能够将风口前端温度控制在适宜范围的2000℃~2400℃的范围。

[0030] 本发明是基于上述的情况进一步进行研究而完成的。

[0031] 即本发明的主要构成如下所述。

[0032] 1.一种高炉的操作方法,包括如下工序:

- [0033] 由从上述高炉排出的副产气体生成再生甲烷气体的工序,以及
- [0034] 从上述高炉的风口向上述高炉内吹入送风气体和还原材料的工序;
- [0035] 使用氧气作为上述送风气体,并且上述还原材料的至少一部分使用上述再生甲烷气体。
- [0036] 2.根据上述1所述的高炉的操作方法,其中,上述还原材料的循环碳原子的基本单位为60kg/t以上。
- [0037] 这里,循环碳原子的基本单位是指制造1t铁水时作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体的碳换算质量,通过下式求出。
- [0038] [循环碳原子的基本单位(kg/t)] = [作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体中的甲烷的质量(kg)] × (12/16) ÷ [铁水制造量(t)]
- [0039] 3.根据上述1或者2所述的高炉的操作方法,其中,上述氧气的氧浓度为80体积%以上。
- [0040] 4.根据上述1~3中任一项所述的高炉的操作方法,其中,由上述副产气体的一部分生成上述再生甲烷气体,将上述副产气体的剩余部分供给到炼钢厂内。
- [0041] 5.根据上述1~4中任一项所述的高炉的操作方法,其中,将上述再生甲烷气体的剩余部分供给到炼钢厂内。
- [0042] 6.一种高炉附属设备,是上述1~5中任一项所述的高炉的操作方法中使用的高炉附属设备,具备如下装置:
- [0043] 甲烷气体生成装置,由上述副产气体生成上述再生甲烷气体;以及
- [0044] 气体吹入装置,具有将上述再生甲烷气体导入到上述高炉的风口的甲烷气体供给部和将上述氧气导入到上述高炉的风口的氧气供给部。
- [0045] 根据本发明,在稳定的操作下,能够进一步削减来自高炉的二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排出量。另外,通过使用由高炉气体生成的甲烷气体,也能够削减焦炭和煤粉、即作为有限的化石燃料的煤的使用量。
- [0046] 并且,由于能够大幅降低从高炉排出的副产气体中的氮的量,所以不需要从该副产气体中分离一氧化碳、二氧化碳的工序,换言之不需要巨大的PSA(压力变动吸附法)分离装置等,从设备的小型化的观点考虑极其有利。

#### 附图说明

- [0047] 图1是示意性地表示本发明的一个实施方式的高炉的操作方法中使用的高炉和高炉附属设备的一个例的图。
- [0048] 图2是示意性地表示本发明的一个实施方式的高炉的操作方法中使用的气体吹入装置的例子的图。
- [0049] 图3是示意性地表示本发明的一个实施方式的高炉的操作方法中使用的高炉和高炉附属设备的一个例子的图。
- [0050] 图4是示意性地表示本发明的一个实施方式的高炉的操作方法中使用的高炉和高炉附属设备的一个例子的图。
- [0051] 图5是示意性地表示比较例中使用的高炉和高炉附属设备的图。
- [0052] 图6是示意性地表示比较例中使用的高炉和高炉附属设备的图。

[0053] 图7是示意性地表示比较例中使用的高炉和高炉附属设备的图。

[0054] 图8是针对热风送风条件和氧气送风条件表示循环碳原子的基本单位与风口前端温度的关系的一个例子的图。

### 具体实施方式

[0055] 基于以下的实施方式说明本发明。

[0056] 本发明的一个实施方式涉及一种高炉的操作方法,包括如下工序:

[0057] 由从上述高炉排出的副产气体生成再生甲烷气体的工序,以及

[0058] 从上述高炉的风口向上述高炉内吹入送风气体和还原材料的工序;

[0059] 使用氧气作为上述送风气体,并且上述还原材料的至少一部分使用上述再生甲烷气体。

[0060] 首先,将本发明的一个实施方式的高炉的操作方法应用于图1中示意性地示出的高炉和高炉附属设备的情况作为例子进行说明。

[0061] 图中,符号1为高炉,2为风口,3为甲烷气体生成装置,4为气体吹入装置,5为第一脱水装置,6为第二脱水装置,7为燃烧器。

[0062] 应予说明,这里所述的高炉也包括竖式还原炉等。

[0063] [高炉的操作方法]

[0064] 在本发明的一个实施方式的高炉的操作方法中,从高炉的炉顶部向高炉内装入作为原料的烧结矿、块矿石、球团矿(以下也称为矿石原料)、焦炭等(未图示)。另外,从设置于高炉下部的风口2向高炉1内吹入送风气体和还原材料。应予说明,为了与焦炭进行区别,将从风口2向高炉1内吹入的还原材料也称为吹入还原材料。

[0065] 并且,利用由送风气体与还原材料的反应产生的一氧化碳气体、氢气将装入到高炉1内的矿石原料还原。在该矿石原料的还原反应中,产生二氧化碳。然后,该二氧化碳未与矿石原料反应的一氧化碳、氢等一并作为副产气体从高炉的炉顶部排出。高炉的炉顶部是2.5个大气压左右的高压条件。因此,由于从该高炉的炉顶部排出的副产气体(以下也称为高炉气体)返回到常压时的膨胀冷却,导致水蒸气发生凝缩。然后,在第一脱水装置5中除去该凝缩水。

[0066] 接着,将高炉气体的至少一部分导入到甲烷气体生成装置3。然后,在甲烷气体生成装置3中,使高炉气体中包含的一氧化碳和二氧化碳与氢气反应,生成甲烷( $\text{CH}_4$ )气体。这里,将使高炉气体反应得到的甲烷气体称为再生甲烷气体。

[0067] 应予说明,再生甲烷气体的生成中使用的氢从外部供给即可,优选为尽量不产生二氧化碳的制法。例如可以使用水的电分解等。另外,氢气可以不是氢浓度:100体积%的气体,但为了使再生甲烷气体的甲烷浓度成为高浓度,因此优选使用氢浓度高的气体,具体而言氢浓度为80体积%以上的氢气。氢浓度更优选为90体积%以上,进一步优选为95体积%以上。氢浓度可以为100体积%。作为氢以外的剩余气体,例如可举出 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2$ 等。

[0068] 接着,通过将再生甲烷气体冷却到常温,使再生甲烷气体中的水蒸气凝缩。然后,在第二脱水装置6中除去该凝缩水。

[0069] 接着,将再生甲烷气体导入到气体吹入装置4。气体吹入装置4经由第二脱水装置6与甲烷气体生成装置3连接。另外,气体吹入装置4具有将成为吹入还原材料的再生甲烷气

体导入到高炉1的风口2的甲烷气体供给部和将成为送风气体的氧气导入到高炉的风口的氧气供给部。

[0070] 例如如图2的(a)所示,气体吹入装置4由具有中心管4-1和外管4-3的同轴多重管构成。然后,向成为甲烷气体供给部(路)的中心管内路导入甲烷气体(导入再生甲烷气体和适当地导入之后阐述的外部甲烷气体),向成为氧气供给部(路)的中心管4-1与外管4-3之间的环状管路导入氧气。

[0071] 另外,可以一并使用其他的吹入还原材料、例如煤粉、废塑料、氢气、一氧化碳气体等还原气体。应予说明,其他的吹入还原材料向高炉内的吹入量优选合计为150kg/t以下。这里,“kg/t”这样的单位是制造铁1t水时向高炉内吹入的其他的吹入还原材料的量。

[0072] 在使用其他的吹入还原材料的情况下,可以向甲烷气体供给部一同导入其他的吹入还原材料。另外,在作为其他的吹入还原材料使用煤粉、废塑料的情况下,优选与甲烷气体供给部分开设置使煤粉、废塑料流通的另一还原材料供给部(路)。在该情况下,气体吹入装置3例如如图2的(b)所示由除中心管4-1和外管4-3之外在中心管4-1与外管4-3之间还设置了内管4-2的同轴多重管构成。并且,由成为另一还原材料供给部的中心管内路导入煤粉、废塑料等其他的吹入还原材料。另外,从成为甲烷气体供给部的中心管4-1与外管4-3之间的环状管路导入甲烷气体,从成为氧气供给部的内管4-2与外管4-3之间的环状管路导入氧。

[0073] 应予说明,如果送风气体使用常温的氧气,则着火性变差,因此优选将构成气体吹入装置4的氧气供给部的外管的排出部设定为多孔结构,促进氧气与吹入还原材料的混合。

[0074] 另外,无需使从风口向高炉内吹入的甲烷气体(以下也称为吹入甲烷气体)的总量都为再生甲烷气体,可以结合炼钢厂的操作,使用从另一线路供给的甲烷气体(也称为外部甲烷气体)。在该情况下,可以在气体吹入装置4的甲烷气体供给部连接外部甲烷气体的供给线路,也可以在上述的另一还原材料供给部连接外部甲烷气体的供给线路。另外,可以在甲烷气体生成装置3与气体吹入装置4之间(优选为第二脱水装置6与气体吹入装置4之间)的再生甲烷气体流通路连接外部甲烷气体的供给线路。

[0075] 应予说明,作为外部甲烷气体,例如可举出来自于化石燃料的甲烷气体等。

[0076] 接着,如图2的(a)和(b)所示,从气体吹入装置4导入的吹入甲烷气体等吹入还原材料和氧气在风口2内混合,该混合气体在从风口2被吹入到高炉1内后,迅速着火并迅速燃烧。然后,在风口2的前端的高炉内形成作为吹入甲烷气体等吹入还原材料、焦炭与氧气发生反应的区域的回旋区8。

[0077] 应予说明,如果送风气体中的氧浓度增加,则炉内气体量变少,存在高炉上部的装入物的升温变得不充分的情况。在这种情况下,如图1所示,优选通过燃烧器7使第一脱水装置5的下游的高炉气体的一部分部分燃烧而达到800℃~1000℃左右后,进行吹入到高炉筒部的预热气体吹入。

[0078] 并且,在本发明的一个实施方式所涉及的高炉的操作方法中,如上所述,重要的是使用氧气而非热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体。

[0079] 即,在使用热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体的情况下,在燃烧气体中包括50体积%左右的不参与燃烧反应的氮,因此回旋区的火焰的温度很难达到高温。因此,如果将大量吹入到高炉内的还原材料由煤粉置换成甲烷气体,则由于上述煤粉一氧的

反应的反应热与甲烷气体一氧的的反应的反应热之差,风口前端温度降低,且风口前端温度下降到适宜温度的下限2000℃。其结果是导致高炉下部的热效率不足、压力损失上升、出渣不良等操作故障。另外,由于在高炉气体中包括大量的氮,所以在由高炉气体生成甲烷气体的工序的前一工序,需要将氮与一氧化碳和二氧化碳分离的工序。

[0080] 另一方面,通过使用氧气作为送风气体,能够抑制不参与燃烧反应的氮气的混入,因此能够将风口前端温度升温到充分的温度。即,能够将回旋区的火焰的温度设为比使用热风的情况高的温度。因此,即使从风口吹入大量的甲烷作为还原材料的情况下,也能够将风口前端温度控制在适宜范围的2000℃~2400℃的范围。

[0081] 根据以上,在本发明的一个实施方式所涉及的高炉的操作方法中,重要的是使用氧气作为送风气体。

[0082] 应予说明,图8中对于使用热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体的条件(以下也称为热风送风条件)和使用氧气(氧浓度:100%)作为送风气体的条件(以下也称为氧气送风条件),示出了后述的还原材料的循环碳原子的基本单位(以下,也称为循环碳原子的基本单位)与风口前端温度的关系的一个例子。两者的条件均为吹入还原材料全部使用再生甲烷气体(甲烷浓度:99.5%)。

[0083] 如图8所示,在热风送风条件中,如果循环碳原子的基本单位为52kg/t以上(即,再生甲烷的吹入量为97Nm<sup>3</sup>/t以上),则可知风口前端温度下降到适宜温度的下限2000℃以下。这样,在通常使用的热风送风条件中,如果将循环碳原子的基本单位设为55kg/t以上,特别是设为60kg/t以上,则可能导致风口前端温度的降低,无法进行稳定的操作。

[0084] 另一方面,氧气送风条件下,即便将循环碳原子的基本单位设为55kg/t以上,甚至设为60kg/t以上,也能够将风口前端温度保持在2000℃以上。

[0085] 应予说明,在图8的氧气送风条件下,在循环碳原子的基本单位为55kg/t~80kg/t的范围内风口前端温度超过适宜温度的上限2400℃。其用于吹入还原材料全部使用再生甲烷、吹入还原材料的一部分使用外部甲烷气体的情况下,即使循环碳原子的基本单位在55kg/t~80kg/t的范围内也能够将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围。另外,即使吹入还原材料全部使用再生甲烷的情况下,也能够通过调整氧气的氧浓度而将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围。

[0086] 另外,氧气的氧浓度优选为80体积%以上。即如果氧气的氧浓度低,则向高炉内导入的气体量、进而高炉的压力损失增大,生产率降低。另外,在反复进行上述气体循环的期间,再生甲烷气体中的甲烷气体的浓度相对降低。因此,氧气的氧浓度优选为80体积%以上。氧浓度更优选为90体积%以上,进一步优选为95体积%以上。特别是如果氧浓度为90体积%以上,则即使在超过通常的高炉的操作期间进行操作的情况下,也能够没有外部甲烷气体的供给等的情况下将再生甲烷气体中的甲烷气体浓度保持在高浓度(90体积%左右),因此非常有利。氧浓度可以为100体积%。

[0087] 应予说明,作为氧气中的氧以外的其余气体,例如可以包括氮、二氧化碳、氩等。

[0088] 另外,由再生甲烷气体或者再生甲烷气体和外部甲烷气体构成的吹入甲烷气体的甲烷浓度优选为80体积%以上。

[0089] 即,如果吹入甲烷气体中的甲烷浓度低,则向高炉内吹入的气体量、进而高炉的压力损失增大,可能导致生产率降低。另外,在反复进行上述气体循环的期间,再生甲烷气体



中的甲烷浓度相对降低。因此,吹入甲烷气体的甲烷浓度优选为80体积%以上。吹入甲烷气体的甲烷浓度更优选为90体积%以上,进一步优选为95体积%以上。吹入甲烷气体的甲烷浓度可以为100体积%。

[0090] 根据相同的理由,再生甲烷气体和外部甲烷气体的甲烷浓度也分别优选为80体积%以上。再生甲烷气体和外部甲烷气体的甲烷浓度分别更优选为90体积%以上,进一步优选为95体积%以上。再生甲烷气体和外部甲烷气体的甲烷浓度分别可以为100体积%。

[0091] 应予说明,作为吹入甲烷气体、再生甲烷气体和外部甲烷气体中的甲烷以外的剩余气体,例如可以包括一氧化碳、二氧化碳、氢和烃以及氮等杂质气体。

[0092] 另外,在再生甲烷气体的甲烷浓度降低的情况下,例如通过降低吹入甲烷气体的再生甲烷气体的比例,另一方面增加甲烷浓度高的外部甲烷气体的比例,能够使吹入甲烷气体中的甲烷浓度保持较高。

[0093] 另外,本发明的一个实施方式所涉及的高炉的操作方法中,优选将还原材料的循环碳原子的基本单位设为55kg/t以上,进一步为60kg/t以上。

[0094] 这里,循环碳原子的基本单位是指在制造1t铁水时作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体的碳换算质量,按照下式求出。

[0095] [循环碳原子的基本单位(kg/t)] = [作为还原材料吹入到高炉内的再生甲烷气体中的甲烷的质量(kg)] × (12/16) ÷ [铁水制造量(t)]

[0096] 为了使高炉进行稳定操作,通常需要将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围。因此,在使用热风(加热到1200℃左右的空气)作为送风气体的情况下,从将风口前端温度保持在上述的范围的观点考虑,只能将甲烷气体仅以碳换算质量计为52kg/t左右吹入到高炉内。即,即使使吹入到高炉内的甲烷气体的总量都为再生甲烷气体,还原材料的循环碳原子的基本单位也仅为52kg/t左右。

[0097] 另一方面,本发明的一个实施方式所涉及的高炉的操作方法中,即使大幅增加甲烷气体的吹入量,也能够将风口前端温度控制在2000℃~2400℃的范围。因此,能够将还原材料的循环碳原子的基本单位设为55kg/t以上,甚至增加到60kg/t以上。由此,来自于高炉气体中包含的一氧化碳、二氧化碳的再生甲烷气体的使用量增加,进一步削减来自高炉的二氧化碳的排出量。还原材料的循环碳原子的基本单位优选为80kg/t以上,进而更优选90kg/t以上。还原材料的循环碳原子的基本单位的上限没有特别限定,优选为110kg/t以下。

[0098] 应予说明,还原材料的循环碳原子的基本单位可以通过调整吹入还原材料中的再生甲烷气体向风口的吹入量进行控制。

[0099] 特别是通过将吹入甲烷气体的再生甲烷气体的比例设为80体积%以上,优选为90体积%以上,可得到高二氧化碳的排出量削减效果。

[0100] 另外,如图3所示可以由高炉气体的一部分生成再生甲烷气体,将高炉气体的剩余部分供给到炼钢厂内。并且如图4所示在再生甲烷气体中存在剩余部分的情况下,可以将该剩余部分供给到炼钢厂内。

[0101] 应予说明,氧气和还原材料的吹入量、其他的操作条件没有特别限定,可以根据高炉的容量等适当地决定即可。

[0102] [高炉附属设备]

[0103] 本发明的一个实施方式的高炉附属设备是上述高炉的操作方法中使用的高炉附属设备,具备如下装置:

[0104] 甲烷气体生成装置,由上述副产气体生成上述再生甲烷气体;以及

[0105] 气体吹入装置,具有将上述再生甲烷气体导入到上述高炉的风口的甲烷气体供给部和将上述氧气导入到上述高炉的风口的氧气供给部。

[0106] 这里,甲烷气体生成装置例如具有高炉气体吸入部、氢气吸入部和反应部。反应部中,使由高炉气体吸入部吸入的高炉气体与从氢气吸入部吸入的氢气反应,生成再生甲烷气体。应予说明,甲烷气体的生成反应中引起发热,因此优选反应部具备冷却机构。

[0107] 另外,气体吹入装置如上所述例如如图2的(a)所示由具有中心管4-1和外管4-3的同轴多重管构成。并且,向成为甲烷气体供给部(路)的中心管内路导入甲烷气体(导入再生甲烷气体和适当地导入之后阐述的外部甲烷气体),向成为氧气供给部(路)的中心管4-1与外管4-3之间的环状管路导入氧气。

[0108] 另外,可以一同使用其他的吹入还原材料例如煤粉、废塑料、氢气、一氧化碳气体等还原气体。

[0109] 在使用其他的吹入还原材料的情况下,也可以将其他的吹入还原材料一同导入甲烷气体供给部。另外,在作为其他的吹入还原材料使用煤粉、废塑料的情况下,优选与甲烷气体供给部分开设置使煤粉、废塑料流通的另一还原材料供给部(路)。在该情况下,气体吹入装置例如如图2的(b)所示由除中心管4-1和外管4-3之外还在中心管4-1与外管4-3之间设置了内管4-2的同轴多重管构成。并且,从成为另一还原材料供给部的中心管内路导入煤粉、废塑料等其他的吹入还原材料。另外,从成为甲烷气体供给部的中心管4-1与外管4-3之间的环状管路导入甲烷气体,从成为氧气供给部的内管4-2与外管4-3之间的环状管路导入氧。

[0110] 实施例

[0111] 使用图1、图3~7中示意性地表示的高炉和高炉附属设备,在表1所示的条件下进行高炉操作,评价操作中的风口前端温度和来自高炉的二氧化碳的排出量。将评价结果一并标注于表1。

[0112] 应予说明,图5~7中,符号9为热风炉,10为气体分离装置,11为热风炉排气用脱水装置。

[0113] 这里,发明例1中使用图1示意性地表示的高炉和高炉附属设备,由高炉气体的一部分生成再生甲烷气体,将高炉气体的剩余部分供给到炼钢厂内。另外,吹入还原材料全部使用再生甲烷气体,将再生甲烷气体的剩余部分供给到炼钢厂内。

[0114] 发明例2中,使用图3中示意性地表示的高炉和高炉附属设备,由高炉气体的一部分生成再生甲烷气体,将高炉气体的剩余部分供给到炼钢厂内。另外,吹入还原材料全部使用再生甲烷气体,以不产生再生甲烷气体的剩余部分的方式调整再生甲烷气体的生成量。

[0115] 发明例3中使用图4中示意性地表示的高炉和高炉附属设备,由全部高炉气体生成再生甲烷气体。另外,吹入还原材料全部使用再生甲烷气体,将再生甲烷气体的剩余部分供给到炼钢厂内。

[0116] 发明例4和5中,使用图3中示意性地表示的高炉和高炉附属设备,由高炉气体的一部分生成再生甲烷气体,将高炉气体的剩余部分供给到炼钢厂内。另外,吹入还原材料除使

用再生甲烷气体之外,还使用来自化石燃料的外部甲烷气体。

[0117] 另一方面,比较例1中,使用图5中示意性地表示的高炉和高炉附属设备。即,比较例1是使用热风(加热到1200℃左右的空气(氧浓度:21~25体积%左右))作为送风气体、使用煤粉吹作为吹入还原材料的一般的高炉操作方法。应予说明,没有由高炉气体生成再生甲烷气体。

[0118] 比较例2中,使用图6示意性地表示的高炉和高炉附属设备。这里,使用热风(加热到1200℃左右的空气(氧浓度:21~25体积%左右))作为送风气体,使用再生甲烷气体作为吹入还原材料。另外,在生成再生甲烷气体前,从高炉气体中分离一氧化碳和二氧化碳,由分离出的一氧化碳和二氧化碳生成再生甲烷气体。

[0119] 比较例3中,使用图7示意性地表示的高炉和高炉附属设备。这里,使用热风(加热到1200℃左右的空气(氧浓度:21~25体积%程度))作为送风气体,使用再生甲烷气体作为吹入还原材料。另外,再生甲烷气体的生成并非使用高炉气体,而是使用热风炉的副产气体(以下也称为热风炉排气)。并且,从热风炉排气中分离二氧化碳,由分离出的二氧化碳生成再生甲烷气体。

[0120] 比较例4中,使用图1中示意性地表示的高炉和高炉附属设备,由高炉气体的一部分生成再生甲烷气体,将高炉气体的剩余部分供给到炼钢厂内。另外,吹入还原材料除使用再生甲烷气体之外,一部分使用来自化石燃料的外部甲烷气体。

[0121] 比较例5中,与比较例2同样地使用图6中示意性地表示的高炉和高炉附属设备。应予说明,比较例5中除增加吹入甲烷气体比以外,条件与比较例2相同。

[0122] 应予说明,从比较的观点考虑,高炉的规格尽可能统一。即,炉身效率为94%,热损失为150000kcal/t。

[0123] 应予说明,“kcal/t”的单位是指制造1t铁水时产生的热损失量(kcal)。同样地焦炭比等中使用的“kg/t”的单位是指制造1t铁水时使用的焦炭的量(kg)等。另外,吹入甲烷比等中使用的“Nm<sup>3</sup>/t”这样的单位也是指在制造1t铁水时吹入到高炉内的吹入甲烷气体中的甲烷量(Nm<sup>3</sup>)等(应予说明,吹入甲烷比是再生甲烷比与外部甲烷比之和,但再生甲烷气体中包括甲烷以外的微量的剩余气体。另外,表1中显示的再生甲烷比和外部甲烷比的值均是不包括甲烷以外的微量的剩余气体的甲烷量,是将小数点后第1位四舍五入而得的值。因此,存在表1中的吹入甲烷比与再生甲烷比和外部甲烷比之和不一致的情况。)

[0124] 另外,表1中的“高炉InputC”是指制造1t铁水时使用的来自外部的(具体而言,焦炭、煤粉和外部甲烷气体中包含的)碳原子的质量(kg)。

[0125]

表1

		发明例1	发明例2	发明例3	发明例4	发明例5
高炉规格	炉身效率	-	0.94	0.94	0.94	0.94
	热损失	kcal/t	150000	150000	150000	150000
	焦炭比	kg/t	338	338	338	338
		kg/t	0	0	0	0
		煤粉比				
	还原材料 (吹入还原材料)	Nm <sup>3</sup> /t	200	200	200	200
		Nm <sup>3</sup> /t	200	200	200	103
		Nm <sup>3</sup> /t	0	0	0	98
		Nm <sup>3</sup> /t	321	321	321	321
		°C	25	25	25	25
送风气体	种类	氧气	氧气	氧气	氧气	氧气
	氧浓度	体积%	100	100	100	100
高炉气体产生量	Nm <sup>3</sup> /t	1034	1034	1034	1034	1034
有无分离工序	-	无	无	无	无	无
气体分离工程	分离前的气体种类	-	-	-	-	-
	分离前的气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	-	-	-
	分离后的气体种类	-	-	-	-	-
	分离后的气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	-	-	-
	原料气体种类	-	高炉气体	高炉气体	高炉气体	高炉气体
甲烷气体 生成工序	原料气体量	Nm <sup>3</sup> /t	527	264	1034	147
	氢气供给量	Nm <sup>3</sup> /t	1301	651	2554	364
	再生甲烷气体的生成量	Nm <sup>3</sup> /t	402	201	788	112
	再生甲烷气体的甲烷浓度	体积%	99.6	99.6	99.6	99.6
	吹入甲烷气体中的再生甲烷气体量	Nm <sup>3</sup> /t	201	201	201	103
气体分配	再生甲烷气体的剩余量(炼钢厂内供给量)	Nm <sup>3</sup> /t	201	0	587	0
	高炉气体的剩余量(炼钢厂内供给量)	Nm <sup>3</sup> /t	507	770	0	886
C平衡	循环碳原子的基本单位	kg/t	107	107	107	50
	高炉 InputC	kg/t	290	290	290	338
评价结果	从高炉向外部排放的CO <sub>2</sub> 量	kg/t	1064	1064	1064	1256
	风口前端温度	°C	2046	2046	2046	2046

[0126]

表1 (续)

		比较例1	比较例2	比较例3	比较例4	比较例5	
高炉规格	炉身效率	-	0.94	0.94	0.94	0.94	
	热损失	kcal/t	150000	150000	150000	150000	
	焦炭比	kg/t	331	410	410	338	
	还原材料 (吹入还原材料)	煤粉比	kg/t	170	0	0	0
		吹入甲烷比	Nm <sup>3</sup> /t	0	97	97	200
		再生甲烷比	Nm <sup>3</sup> /t	0	97	97	75
		外部甲烷比	Nm <sup>3</sup> /t	0	0	0	126
	送风气体	供给量	Nm <sup>3</sup> /t	1006	1053	1053	321
		供给温度	°C	1200	1200	1200	25
		种类	-	热风	热风	热风	氧气
氧浓度		体积%	25	25	25	100	
高炉气体产生量	Nm <sup>3</sup> /t	1517	1587	1587	1034	1594	
气体分离工程	分离工序的有无	-	有	有	无	有	
	分离前的气体种类	-	高炉气体	热风炉排气	-	高炉气体	
	分离前的气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	232	704	-	
	分离后的气体种类	-	-	CO、CO <sub>2</sub>	-	CO、CO <sub>2</sub>	
	分离后的气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	97	179	-	
	原料气体种类	-	-	CO、CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	高炉气体	
甲烷气体 生成工序	原料气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	97	179	98	
	氢气供给量	Nm <sup>3</sup> /t	-	342	715	243	
	再生甲烷气体的生成量	Nm <sup>3</sup> /t	-	97	179	75	
	再生甲烷气体的甲烷浓度	体积%	-	100.0	100.0	99.5	
气体分配	吹入甲烷气体中的再生甲烷气体量	Nm <sup>3</sup> /t	-	97	97	75	
	再生甲烷气体的剩余量(炼钢厂内供给量)	Nm <sup>3</sup> /t	-	0	81	0	
	高炉气体的剩余量(炼钢厂内供给量)	Nm <sup>3</sup> /t	1144	960	1192	935	
C平衡	循环碳原子的基本单位	kg/t	0	52	52	40	
	高炉InputC	kg/t	420	353	353	358	
评价结果	从高炉向外部排放的CO <sub>2</sub> 量	kg/t	1539	1293	1293	1311	
	风口前端温度	°C	2179	2000	2000	2046	

[0127] 如表1所示,发明例中均能够通过将风口前端温度控制在2000°C~2400°C的范围而进行稳定的高炉的操作,并且能够削减从高炉向外部排出的二氧化碳量。特别是发明例1~3中能够大幅降低从高炉向外部排出的二氧化碳量。

[0128] 另一方面,比较例1~4中,无法得到充分的二氧化碳量的削减效果。另外,比较例5中因吹入甲烷气体量的增加而风口前端温度小于2000°C,因此无法进行稳定的高炉的操作。

[0129] 符号说明

[0130] 1:高炉

[0131] 2:风

- [0132] 3:甲烷气体生成装置
- [0133] 4:气体吹入装置
- [0134] 4-1:中心管
- [0135] 4-2:内管
- [0136] 4-3:外管
- [0137] 5:第一脱水装置
- [0138] 6:第二脱水装置
- [0139] 7:燃烧器
- [0140] 8:回旋区
- [0141] 9:热风炉
- [0142] 10:气体分离装置
- [0143] 11:热风炉排气用脱水装置

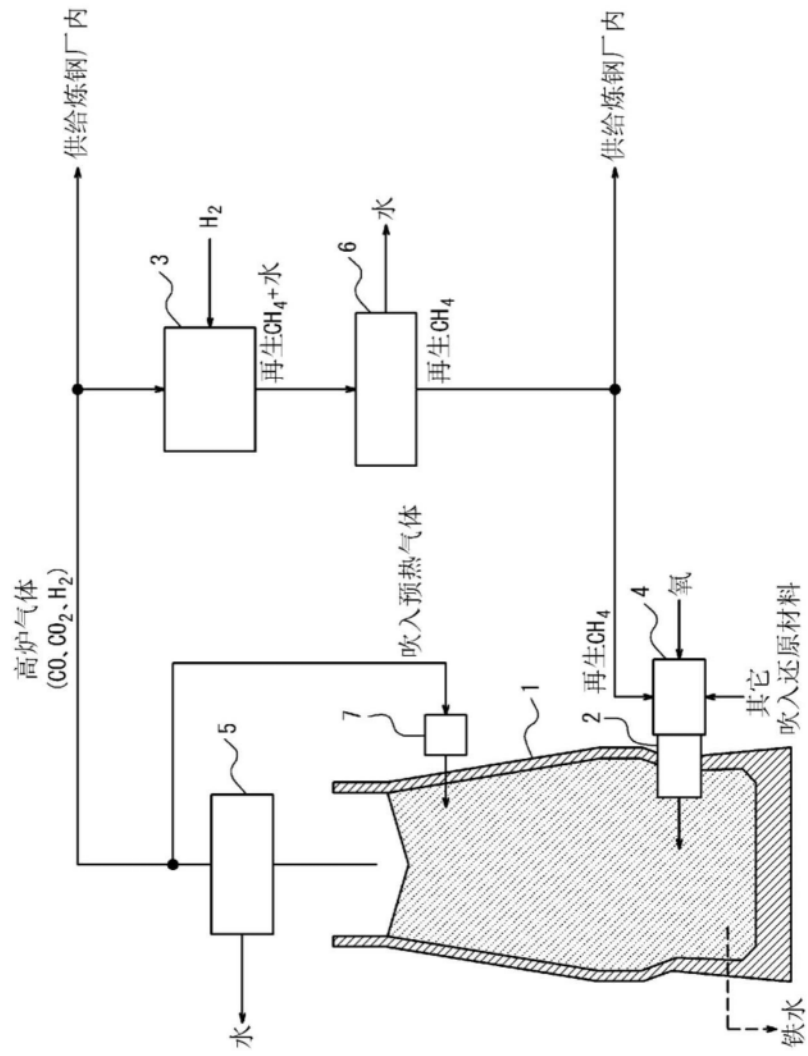


图1

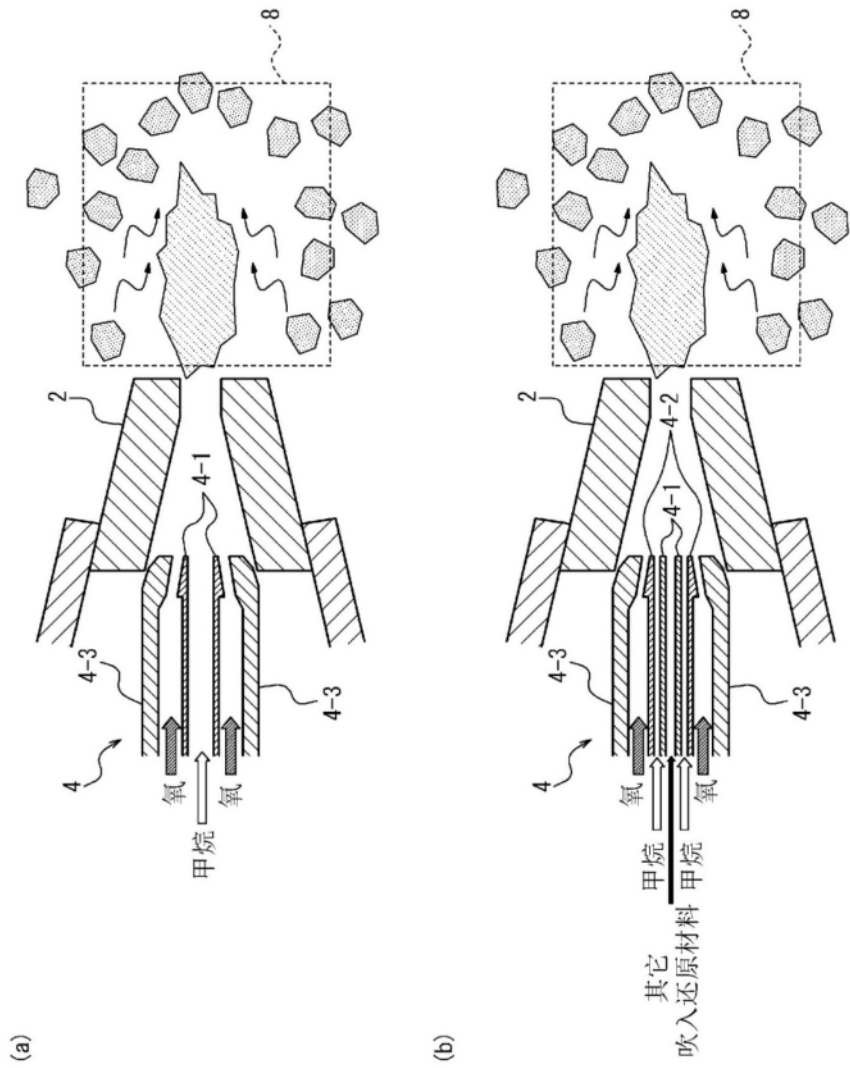


图2



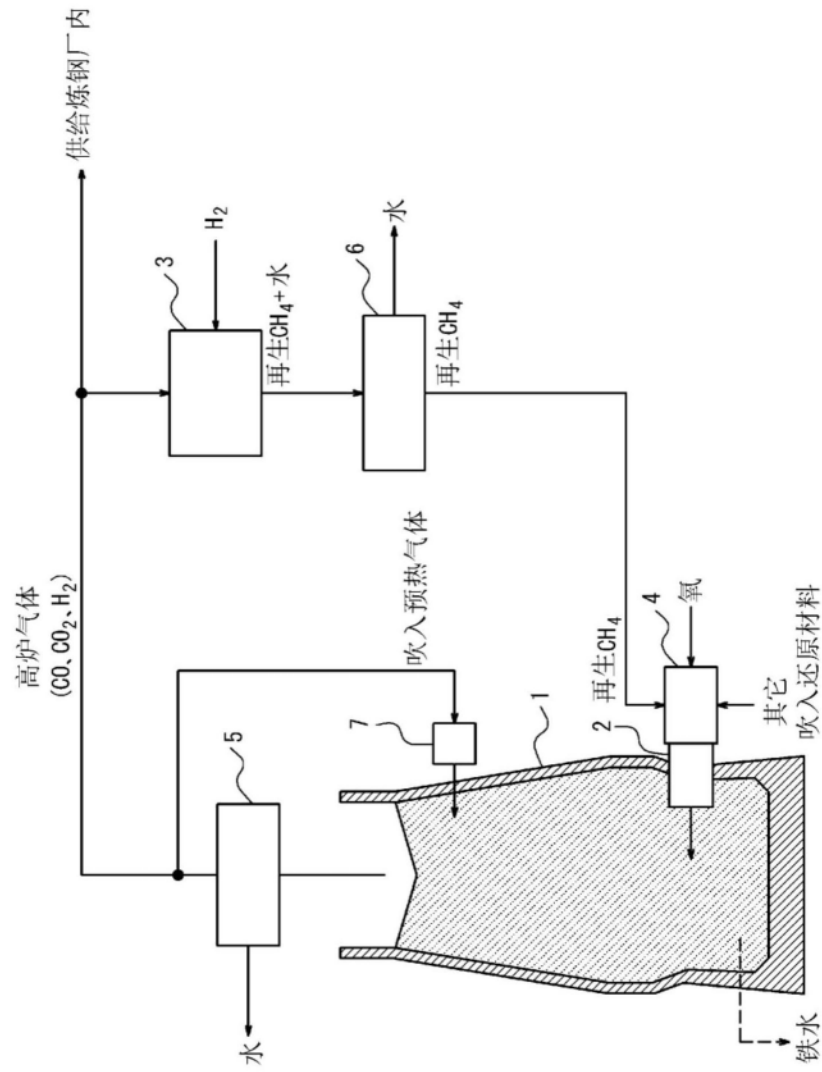


图3

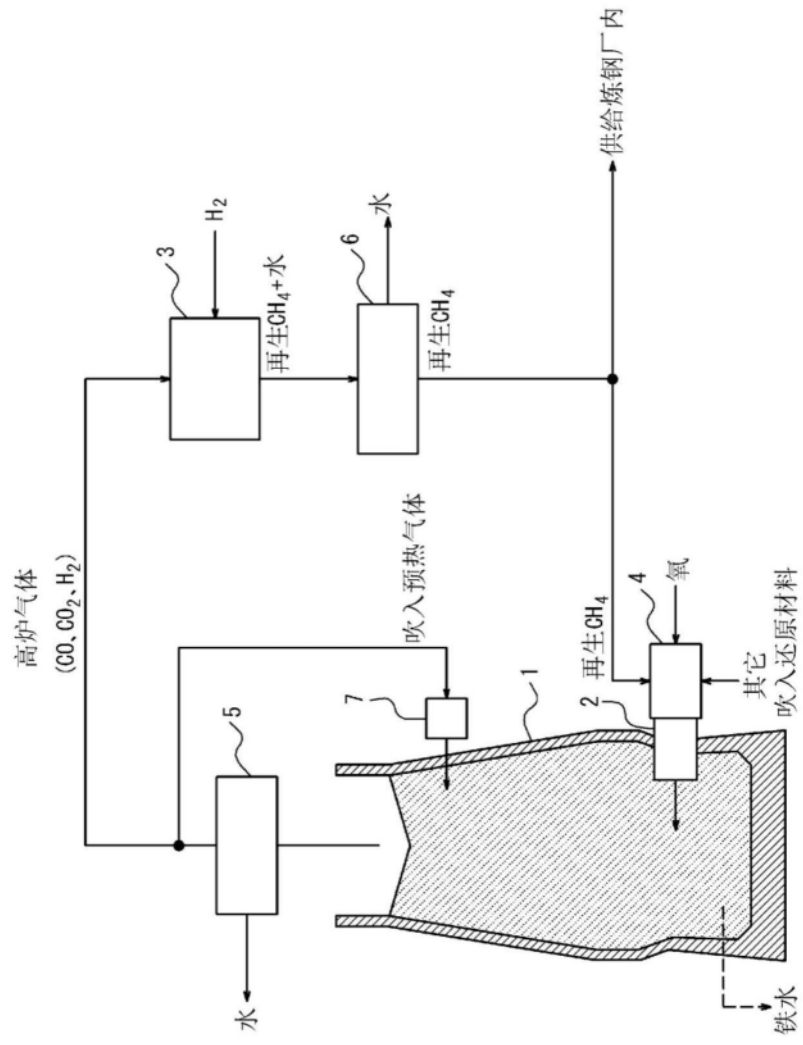


图4

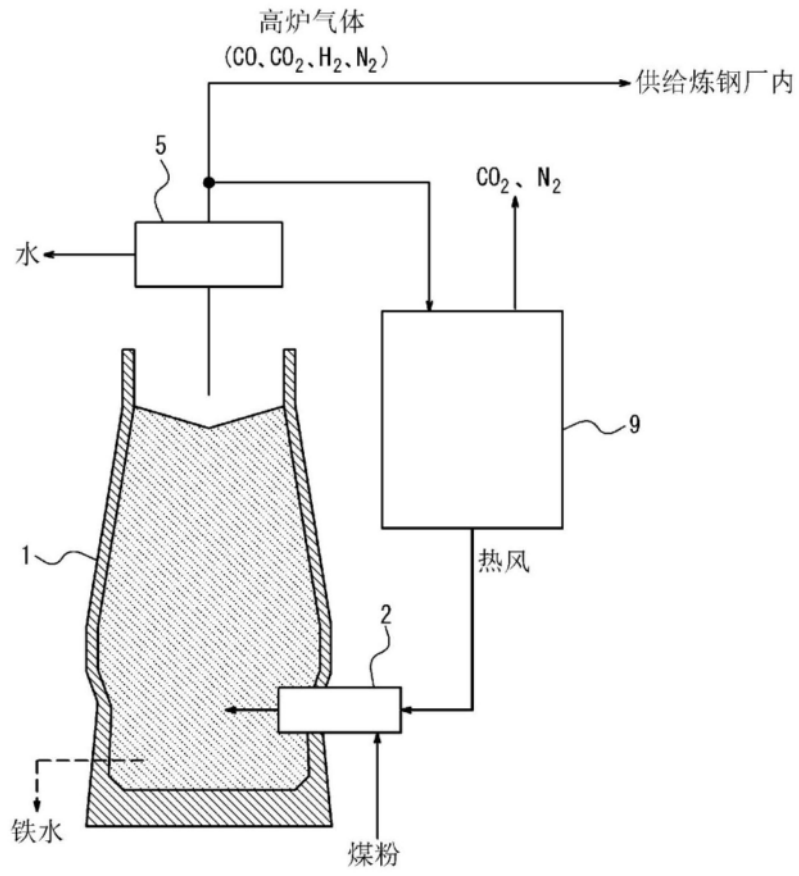


图5

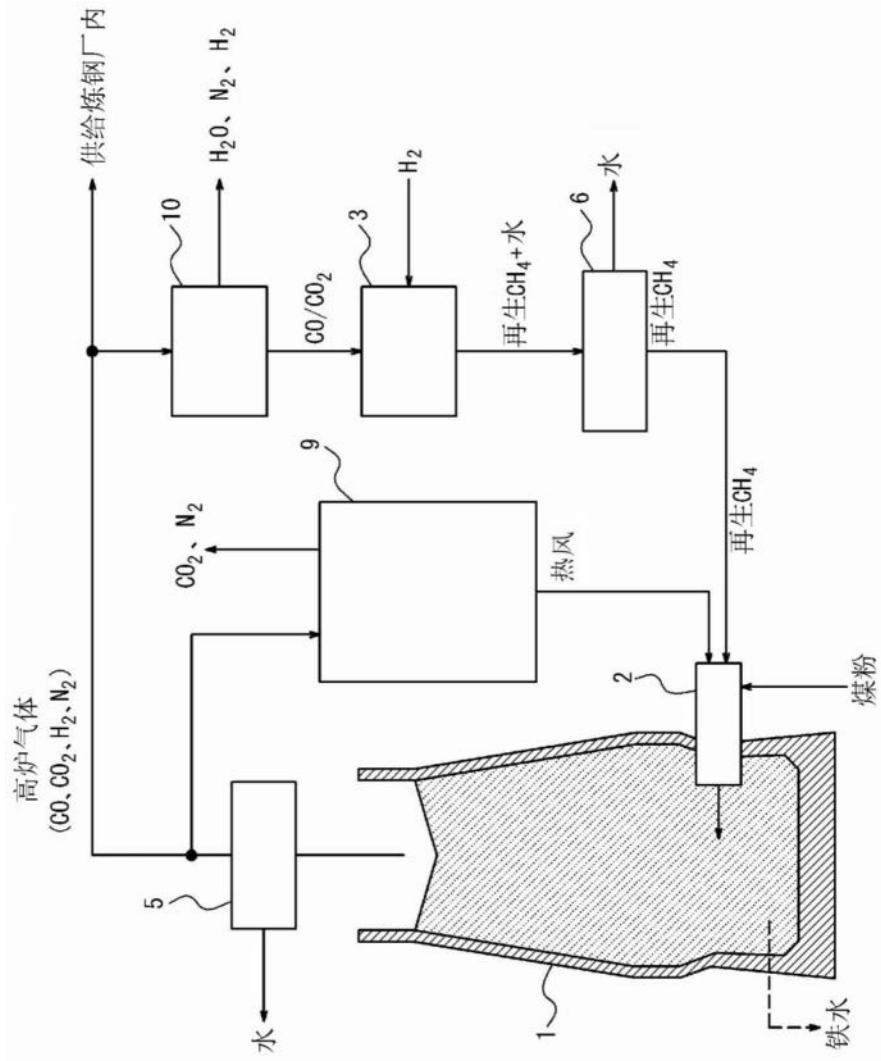


图6

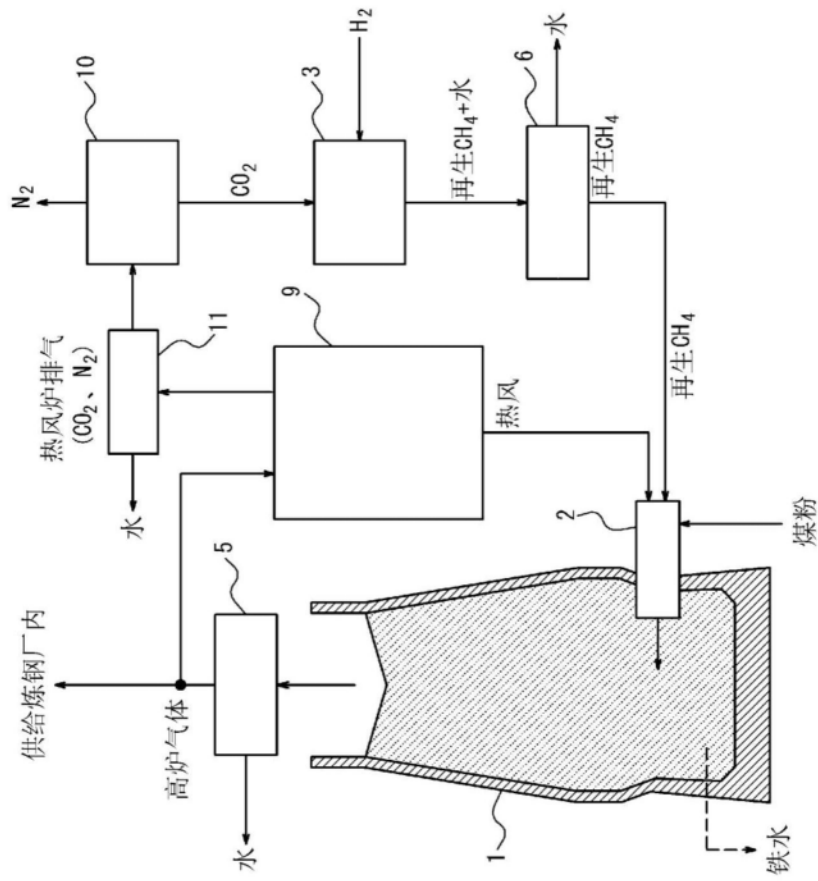


图7

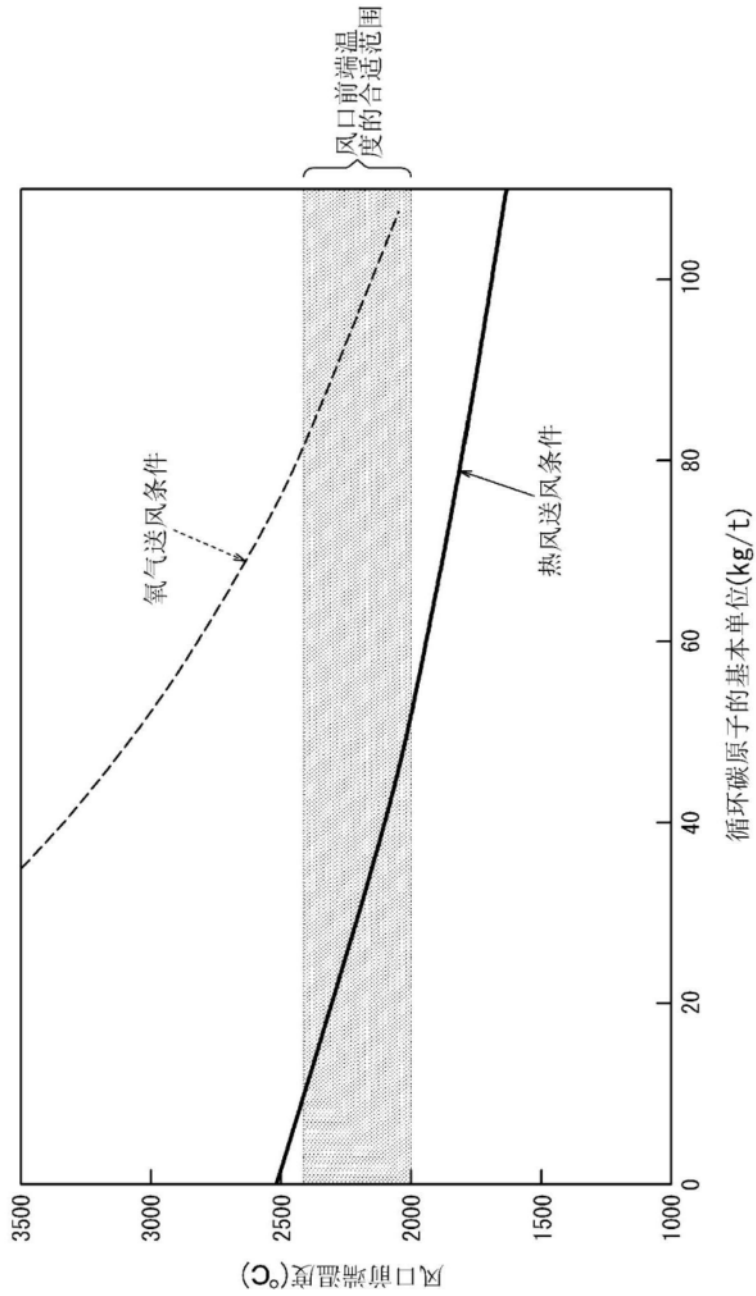


图8