



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119032183 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 26

(21) 申请号 202280094341.2

(22) 申请日 2022.12.16

(30) 优先权数据

2022-064977 2022.04.11 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.27

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/046305 2022.12.16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/199550 JA 2023.10.19

(71) 申请人 杰富意钢铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 泽木直美 川尻雄基

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219

专利代理师 鲁雯雯 金龙河

(51) Int.Cl.

C21B 5/00 (2006.01)

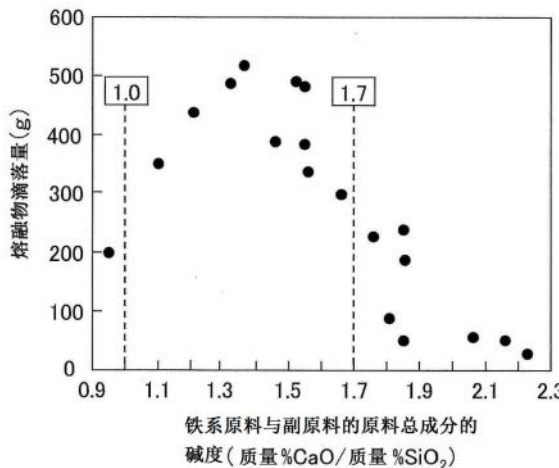
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

高炉的操作方法

(57) 摘要

本发明提供一种高炉的操作方法,其在实施在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作时,即使熔渣中FeO成分减少,也能够改善在炉下部生成的熔渣性状,能够确保炉内的软熔带和滴落带中的通气性。本发明的高炉的操作方法是从高炉的炉顶装入铁系原料、副原料和焦炭并从高炉的风口吹入在风口前的炉内产生高浓度还原气体的气体的高炉的操作方法,其中,将所述铁系原料与所述副原料的原料总成分的碱度设定在规定范围内。在这种情况下,优选将所述原料总成分的碱度设定在1.0以上且1.7以下的范围内。



1. 一种高炉的操作方法,其是从高炉的炉顶装入铁系原料、副原料和焦炭并从高炉的风口吹入在风口前的炉内产生高浓度还原气体的气体的高炉的操作方法,其中,将所述铁系原料与所述副原料的原料总成分的碱度设定在规定范围内。

2. 根据权利要求1所述的高炉的操作方法,其中,将所述原料总成分的碱度设定在1.0以上且1.7以下的范围内。

3. 根据权利要求1所述的高炉的操作方法,其中,以炉腹气体组成表示时,所述高浓度还原气体由 $H_2$ 气体、 $N_2$ 气体和CO气体构成, $H_2$ 气体、 $N_2$ 气体和CO气体的比例为 $H_2$ 气体- $N_2$ 气体-CO气体的三元系相图中由 $H_2$ 气体:0体积%、 $N_2$ 气体:0体积%、CO气体:100体积%的点、 $H_2$ 气体:100体积%、 $N_2$ 气体:0体积%、CO气体:0体积%的点、 $H_2$ 气体:29体积%、 $N_2$ 气体:71体积%、CO气体:0体积%的点和 $H_2$ 气体:0体积%、 $N_2$ 气体:37体积%、CO气体:63体积%的点这4个点围成的区域内的组成,包含0~100体积%的范围内的 $H_2$ 气体、0~71体积%的范围内的 $N_2$ 气体和0~100体积%的范围内的CO气体。

4. 根据权利要求2所述的高炉的操作方法,其中,以炉腹气体组成表示时,所述高浓度还原气体由 $H_2$ 气体、 $N_2$ 气体和CO气体构成, $H_2$ 气体、 $N_2$ 气体和CO气体的比例为 $H_2$ 气体- $N_2$ 气体-CO气体的三元系相图中由 $H_2$ 气体:0体积%、 $N_2$ 气体:0体积%、CO气体:100体积%的点、 $H_2$ 气体:100体积%、 $N_2$ 气体:0体积%、CO气体:0体积%的点、 $H_2$ 气体:29体积%、 $N_2$ 气体:71体积%、CO气体:0体积%的点和 $H_2$ 气体:0体积%、 $N_2$ 气体:37体积%、CO气体:63体积%的点这4个点围成的区域内的组成,包含0~100体积%的范围内的 $H_2$ 气体、0~71体积%的范围内的 $N_2$ 气体和0~100体积%的范围内的CO气体。

5. 根据权利要求1~权利要求4中任一项所述的高炉的操作方法,其中,所述高浓度还原气体中的 $H_2$ 气体量在0~500Nm<sup>3</sup>/铁水-吨的范围内。

## 高炉的操作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及在风口前的高炉内产生高浓度还原气体的高炉的操作方法,详细而言,涉及改善高炉内的软熔带和滴落带中的熔渣的性状、提高高炉内的通气性的高炉的操作方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,削减作为温室效应气体之一的CO<sub>2</sub>气体(二氧化碳气体)的排放量的动向增长。在利用高炉的炼铁法中,由于使用碳材料作为还原材料,因此产生大量的CO<sub>2</sub>气体。因此,钢铁业在CO<sub>2</sub>气体的排放量方面成为主要产业之一,必须满足削减CO<sub>2</sub>气体的排放量的社会要求。具体而言,在高炉操作中进一步削减来自煤的还原材料比成为当务之急。来自煤的还原材料比是指,制造1吨铁水所需要的来自煤的焦炭和来自煤的还原气体的合计质量。

[0003] 还原材料具有在炉内成为热而使装入物升温的作用和将作为炉内的铁系原料的铁矿石、铁矿石的烧结矿、铁矿石的颗粒还原的作用。为了降低还原材料比来削减CO<sub>2</sub>气体的排放量,需要在保持炉内的热量的同时提高还原材料的还原效率。

[0004] 作为以削减CO<sub>2</sub>气体的排放量为目的的还原材料,氢受到关注。利用氢的铁矿石的还原为吸热反应,但是其吸热量比直接还原反应(反应式:FeO+C→Fe+CO)小,利用氢的还原速度比利用CO气体的还原速度快。因此,通过向高炉吹入氢系气体,能够同时实现CO<sub>2</sub>气体的排放量削减和还原效率的提高。

[0005] 为了高炉的稳定操作,需要确保高炉内的铁系原料软熔的软熔带的通气性。但是,在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作以及与以往的操作相比炉内还原气体浓度高且还原反应速度快的高炉操作中,高炉内的通气性尚不明确。

[0006] 高炉在产生生铁的同时,大量产生作为副产物的高炉熔渣(由FeO、CaO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO和SiO<sub>2</sub>等构成的氧化物)。为了使炉内的通气性保持良好,需要进行能够将产出的高炉熔渣的粘度抑制得低、确保通液性的原料设计。

[0007] 作为用于解决与上述课题类似的问题的现有技术,提出了专利文献1~3中公开的技术。

[0008] 在专利文献1中公开了从炉顶装入焦炭并从风口吹入辅助燃料的高炉操作。根据专利文献1,通过将焦炭和辅助燃料的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与SiO<sub>2</sub>的比(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>)设定为0.6以上并且将高炉熔渣的碱度((CaO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MgO)/SiO<sub>2</sub>)设定为1.8以上,能够改善高炉熔渣的性状,能够提高通气性和通液性。

[0009] 在专利文献2中公开了每出铁1吨将150kg以上的粉煤从风口与热风一起吹入高炉内的高炉操作法。根据专利文献2,通过使从炉顶装入的除焦炭以外的装入物的80%以上使用SiO<sub>2</sub>成分为4.0~4.8质量%、MgO成分为1.2~2.4质量%、CaO成分为6.0~9.0质量%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分为1.9~2.5质量%的烧结矿,即使熔渣组成的FeO成分降低,也能够将滴落熔渣的粘度抑制得较低。

[0010] 在专利文献3中公开了根据通常使用的烧结矿中的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>量调整副原料的配合比

率,使用高强度(SI>92%)且高被还原性(RI>70%)的烧结矿的高炉操作方法。根据专利文献3,通过从高炉风口吹入与高强度且高被还原性的烧结矿与通常使用的烧结矿的副原料的配合比率之差相当的量的副原料,能够长期稳定地进行高矿石/还原材料比操作。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献1:日本特开2004-10948号公报

[0014] 专利文献2:日本特开平9-13107号公报

[0015] 专利文献3:日本特开2005-298923号公报

## 发明内容

[0016] 发明所要解决的问题

[0017] 但是,这些现有技术均以从风口吹入SiO<sub>2</sub>粉末等副原料、包含CaO、SiO<sub>2</sub>等的辅助燃料或粉煤的高炉操作为对象,没有提及在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作中的装入原料成分、熔渣成分。

[0018] 在本发明中的高炉操作中,在风口前的炉内生成的还原气体的浓度非常高。因此,在炉内发生铁系原料的还原率的上升和熔渣中FeO浓度的减少,熔渣中FeO成分降低到比上述的现有技术中记载的操作范围低的范围。上述现有技术没有考虑熔渣中FeO成分进一步降低的情况。

[0019] 即,在以在风口前的炉内产生的高浓度还原气体在图1(图1的说明后述)的区域A的范围内(包含H<sub>2</sub>气体=0~100体积%、N<sub>2</sub>气体=0~71体积%、CO气体=0~100体积%的范围内)的方式操作的情况下,铁系原料从低温起的还原被促进到以往的操作以上,因此炉下部的铁系原料的到达还原率上升。在这种情况下,在以往的操作方法的状态下,担心会由于熔渣中FeO成分的减少而熔渣通液性降低,熔渣滞留在焦炭层的空隙中,炉内通气阻力增加而诱发窜气。

[0020] 本发明是鉴于上述情况而完成的,其目的在于提供一种高炉的操作方法,其在实施在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作时,改善熔渣性状,即使熔渣中的FeO成分减少,也能够确保高炉内的软熔带和滴落带中的通气性。

[0021] 用于解决问题的方法

[0022] 用于解决上述问题的本发明的主旨如下所述。

[0023] [1]一种高炉的操作方法,其是从高炉的炉顶装入铁系原料、副原料和焦炭并从高炉的风口吹入在风口前的炉内产生高浓度还原气体的气体的高炉的操作方法,其中,将上述铁系原料与上述副原料的原料总成分的碱度设定在规定范围内。

[0024] [2]根据[1]所述的高炉的操作方法,其中,将上述原料总成分的碱度设定在1.0以上且1.7以下的范围内。

[0025] [3]根据[1]所述的高炉的操作方法,其中,以炉腹气体组成表示时,上述高浓度还原气体由H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体构成,H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体的比例为H<sub>2</sub>气体-N<sub>2</sub>气体-CO气体的三元系相图中由H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:100体积%的点、H<sub>2</sub>气体:100体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:0体积%的点、H<sub>2</sub>气体:29体积%、N<sub>2</sub>气体:71体积%、CO气体:0体积%的点和H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:37体积%、CO气体:63体积%的点这4个点围成的区域内的

组成,包含0~100体积%的范围内的H<sub>2</sub>气体、0~71体积%的范围内的N<sub>2</sub>气体和0~100体积%的范围内的CO气体。

[0026] [4]根据[2]所述的高炉的操作方法,其中,以炉腹气体组成表示时,上述高浓度还原气体由H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体构成,H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体的比例为H<sub>2</sub>气体-N<sub>2</sub>气体-CO气体的三元系相图中由H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:100体积%的点、H<sub>2</sub>气体:100体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:0体积%的点、H<sub>2</sub>气体:29体积%、N<sub>2</sub>气体:71体积%、CO气体:0体积%的点和H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:37体积%、CO气体:63体积%的点这4个点围成的区域内的组成,包含0~100体积%的范围内的H<sub>2</sub>气体、0~71体积%的范围内的N<sub>2</sub>气体和0~100体积%的范围内的CO气体。

[0027] [5]根据[1]~[4]中任一项所述的高炉的操作方法,其中,上述高浓度还原气体中的H<sub>2</sub>气体量在0~500Nm<sup>3</sup>/铁水-吨的范围内。

[0028] 发明效果

[0029] 在本发明中,在实施在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作时,将铁系原料与副原料的原料总成分的碱度(质量%CaO/质量%SiO<sub>2</sub>)设定在规定范围内。由此,使高炉内的软熔带和滴落带中生成的熔渣的粘度最佳化,高炉内的熔渣的通液性被控制在可操作范围内,其结果是,能够使高炉内的气体通气性保持良好,能够实现高炉的稳定操作。

## 附图说明

[0030] 图1是在H<sub>2</sub>气体-N<sub>2</sub>气体-CO气体的三元系相图的气体成分组成中将通过本实施方式的高炉的操作方法在风口前的炉内生成的高浓度还原气体的成分范围以炉腹气体组成表示的图。

[0031] 图2是示出在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验中原料总成分的碱度对熔融物滴落量产生的影响的图。

[0032] 图3是示出在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验中原料总成分的碱度对通气阻力指数KS产生的影响的图。

## 具体实施方式

[0033] 以下,对本发明的实施方式进行说明。本实施方式的高炉的操作方法是从高炉的炉顶向高炉内交替且以层状装入铁系原料、副原料和焦炭并且从设置在高炉的下部的风口向高炉内吹入气体、利用从风口吹入的气体在风口前的高炉内生成高浓度还原气体的高炉操作方法。铁系原料中包含例如铁矿石、铁矿石的烧结矿、铁矿石的颗粒、还原铁和废铁。副原料中单独或复合地包含SiO<sub>2</sub>、CaO。所使用的铁系原料、副原料和焦炭的种类没有特别限制,只要是在以往的高炉操作中使用的铁系原料、副原料和焦炭,则能够在本发明中也适当使用。

[0034] 用于生成高浓度还原气体的气体包含将高炉内的铁系原料还原的还原成分。在此,将高炉内的铁系原料还原的还原成分中,不仅包含作为能够还原铁系原料的成分的CO气体、H<sub>2</sub>气体、烃气体,而且还包含作为通过与焦炭的反应或分解反应等生成还原气体的成分的CO<sub>2</sub>气体、H<sub>2</sub>O气体等。

[0035] 图1是在H<sub>2</sub>气体-N<sub>2</sub>气体-CO气体的三元系相图的气体成分组成中将通过本实施方

式的高炉的操作方法在风口前的炉内生成的高浓度还原气体的成分范围以炉腹气体组成表示的图。本实施方式中的高浓度还原气体是指使用该高浓度还原气体将铁系原料在900℃下还原180分钟时的平均还原率达到80%以上的还原气体。以炉腹气体组成表示该还原气体时,由H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体构成,H<sub>2</sub>气体、N<sub>2</sub>气体和CO气体的比例(其中,设定为H<sub>2</sub>气体+N<sub>2</sub>气体+CO气体=100体积%时的比例)在图1中由斜线部表示的区域A(本发明的操作的范围)的范围内,是包含0~100体积%的范围内的H<sub>2</sub>气体、0~71体积%的范围内的N<sub>2</sub>气体、0~100体积%的范围内的CO气体的气体组成。

[0036] 区域A在H<sub>2</sub>气体-N<sub>2</sub>气体-CO气体的三元系相图中,在由点O(H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:100体积%)、点P(H<sub>2</sub>气体:100体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:0体积%)、点Q(H<sub>2</sub>气体:29体积%、N<sub>2</sub>气体:71体积%、CO气体:0体积%)和点R(H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:37体积%、CO气体:63体积%)这4个点围成的范围内。另外,在图1中比较示出以往的一般的高炉操作范围的气体组成。在该区域A中,在由点O(H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:100体积%)、点P(H<sub>2</sub>气体:100体积%、N<sub>2</sub>气体:0体积%、CO气体:0体积%)、点Q'(H<sub>2</sub>气体:43体积%、N<sub>2</sub>气体:57体积%、CO气体:0体积%)和点R'(H<sub>2</sub>气体:0体积%、N<sub>2</sub>气体:14体积%、CO气体:86体积%)这4个点围成的范围内,将铁系原料在900℃下还原180分钟时的平均还原率达到90%以上,因此炉内的软熔带中的熔渣成分中的FeO含量显著降低。因此,在风口的炉内生成该成分范围的高浓度还原气体的情况下,用于恢复包含熔渣的熔融物的滴落量的原料总成分的碱度(质量%CaO/质量%SiO<sub>2</sub>)的调整所产生的效果进一步提高。

[0037] 本发明人使用模拟了高炉的比例尺1/4的小型试验炉,进行在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验,进行炉内的软熔带和滴落带中的熔渣成分的调查。在表1中示出小型试验炉中使用的铁系原料的成分组成的一例。

[表1]

	铁系原料的成分组成(质量%)							
	T-Fe	M-Fe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
[0038] 烧结矿1	57.30	0.03	9.04	71.77	5.36	1.83	9.05	1.25
烧结矿2	54.14	0.10	8.04	68.32	5.72	2.08	12.76	1.19
铁矿石1	62.93	0.10	0.29	89.65	1.75	2.24	0.04	0.02
铁矿石2	57.81	0.10	0.29	82.34	7.15	4.35	0.01	0.03

[0039] 在小型试验炉中进行如下试验:使铁系原料、副原料和焦炭的配合为与专利文献2中记载的操作方法同样地铁系原料与副原料的原料总成分的碱度为2.0的配合,在风口前的炉内生成高浓度还原气体。在该试验条件下,计算出炉内的软熔带中的熔渣成分为:FeO成分小于3.5质量%、SiO<sub>2</sub>成分为25.4~28.3质量%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分为8.6~9.2质量%、CaO成分为52.5~56.7质量%、MgO成分为5.3~7.3质量%。由于熔渣的碱度高达约2.0、熔渣的滴落量减少至以往的试验的约十分之一,气体的通气性恶化至能够稳定地持续进行试验的范围以外。

[0040] 为了增加熔渣的滴落量,认为需要降低生成的熔渣的碱度。因此,进行使铁系原料与副原料的原料总成分的碱度在0.95~2.23的范围内改变、在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验,调查原料总成分的碱度对熔融物滴落量和通气阻力指数KS产生的影响。

[0041] 关于熔融物滴落量,将试验中滴落的熔融物在实验后回收,利用称重仪测定其总

重量。通气阻力指数KS以基于在炉内的温度为1000°C以上的区域中测定的压力损失和根据操作条件推定的物性值计算出的通气阻力K值(1/m)的积分值来计算。

[0042] <通气阻力指数KS的计算方法>

[0043] 通气阻力K值(1/m)利用下述(1)式来计算。

$$[0044] \quad K = (\Delta P/H) / (\rho_{\text{gas}}^{0.7} \times \mu_{\text{gas}}^{0.3} \times v_{\text{gas}}^{1.7}) \quad \dots (1)$$

[0045] 在此,  $\Delta P$ 为压力损失(Pa),  $H$ 为炉内填充层层厚度(m),  $\rho_{\text{gas}}$ 为气体密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),  $\mu_{\text{gas}}$ 为气体粘度( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ),  $v_{\text{gas}}$ 为气体流速(m/s)。 $\Delta P$ 通过在风口和试验炉上部(比填充层靠上部的空间)的炉壁上设置压力计并计算压力的差分而求出。关于 $H$ ,例如从在试验炉上部穿孔的孔插入测定用夹具来测定填充层表面的位置,将填充层表面位置与风口被设置的位置的高度方向的距离作为 $H$ 来使用。填充层表面的位置可以使用激光测距仪进行测定。 $\rho_{\text{gas}}$ 可以由从风口导入的气体成分、炉内的温度和炉内的压力计算。 $\mu_{\text{gas}}$ 可以由从风口导入的气体成分和炉内的温度计算。 $v_{\text{gas}}$ 可以由从风口导入的气体流量、炉内的温度和炉内的压力计算。在此,关于炉内的温度,在与填充层对应的位置的炉壁设置多个温度计,使用该温度计的测定值的平均值。同样地,关于炉内的压力,在与填充层对应的位置的炉壁设置多个温度计,使用该压力计的测定值的平均值。也可以将 $\Delta P$ 的计算中使用的风口的压力与填充层上部的压力的平均值用作炉内的压力。

[0046] 通气阻力指数KS利用下述(2)式来计算。

$$[0047] \quad KS = \int_{1000^{\circ}\text{C}}^{T_{\text{max}}} K dt \quad \dots (2)$$

[0048] 在(2)式中, $T_{\text{max}}$ 为测定炉内压力损失的最高温度,每次测定都不同,但为约1500°C~约1650°C。

[0049] 图2是示出在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验中原料总成分的碱度对熔融物滴落量产生的影响的图。图2的横轴为原料总成分的碱度(质量%CaO/质量%SiO<sub>2</sub>),纵轴为熔融物滴落量(g)。

[0050] 图3是示出在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验中原料总成分的碱度对通气阻力指数KS产生的影响的图。图3的横轴为原料总成分的碱度(质量%CaO/质量%SiO<sub>2</sub>),纵轴为通气阻力指数KS(10<sup>5</sup>°C/m)。

[0051] 如图2所示,铁系原料与副原料的原料总成分的碱度在1.0~1.7的范围内时,熔融物滴落量增加。另外,如图3所示确认到,铁系原料与副原料的原料总成分的碱度在1.0~1.7的范围内时,通气阻力指数KS降低到作为目标值的2000以下。通气阻力指数KS的目标值2000是能够持续进行稳定的试验的阈值。稳定的试验是指填充层表面高度相对于时间均匀地降低、不产生窜气等故障的试验。

[0052] 由这些结果确认到,通过将铁系原料与副原料的原料总成分的碱度设定在1.0~1.7的范围内,能够稳定地进行在风口前的炉内生成高浓度还原气体的试验。

[0053] 本实施方式的高炉的操作方法是基于上述试验结果而完成的,其是从高炉的炉顶装入铁系原料、副原料和焦炭并从高炉的风口吹入在风口前的炉内产生高浓度还原气体的气体的高炉的操作方法,其中,将装入的铁系原料与装入的副原料的原料总成分的碱度设定在规定范围内。

[0054] 在此,装入的铁系原料与装入的副原料的原料总成分的碱度优选在1.0以上且1.7以下的范围内。由此,能够提高高炉下部的熔融物的滴落性和通气性。在铁系原料与副原料的原料总成分的碱度小于1.0的情况以及铁系原料与副原料的原料总成分的碱度大于1.7的情况下,熔渣的粘度都上升而在稳定操作范围以外,因此不优选。

[0055] 需要说明的是,装入的铁系原料与副原料的原料总成分的碱度更优选为1.1以上且1.7以下,进一步优选为1.4以上且1.5以下。由此,熔渣的粘度进一步降低,能够进一步提高熔融物的滴落性和通气性。在原料调整时,优选将熔渣量设定为400kg/铁水-吨以下。通过将熔渣量设定为400kg/铁水-吨以下,能够抑制从低温区域起熔出的熔融物量的增加所引起的通气性的降低。

[0056] 另外,高浓度还原气体优选该高浓度还原气体中的 $H_2$ 气体量(包含烃中的氢)在 $0 \sim 500Nm^3$ /铁水-吨的范围内。由此,能够抑制炉内温度的降低和还原反应速度的降低。另一方面,高浓度还原气体中的 $H_2$ 气体量大于 $500Nm^3$ /铁水-吨时,炉内温度降低,还原反应速度降低,因此不优选。另外,在以单质吹入 $H_2$ 气体的情况下,为了将风口前温度保持在操作范围内,优选加热 $H_2$ 气体后进行送风。

[0057] 如以上说明的那样,在本实施方式的高炉的操作方法中,在实施在风口前的炉内产生高浓度还原气体的高炉操作时,将装入的铁系原料与装入的副原料的原料总成分的碱度控制在规定范围内。由此,使高炉内的软熔带和滴落带中生成的熔渣的粘度最佳化,高炉内的熔渣的通液性被控制在可操作范围内,能够使高炉内的气体通气性保持良好,实现稳定操作。

[0058] 实施例

[0059] 使用大型高炉,实施如下高炉操作试验:从炉顶交替装入铁系原料、副原料和焦炭,使从炉顶装入的铁系原料与副原料的原料总成分的碱度变化,在风口前的炉内生成高浓度还原气体。在表2中示出试验结果的一例。

[0060]

[表2]

项目	单位	发明例1	发明例2	发明例3	发明例4	比较例1	比较例2	比较例3
装入原料								
总成分								
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	质量%	73.26	72.43	82.23	75.82	70.09	74.08	74.08
FeO	质量%	6.61	6.53	4.25	5.85	6.32	6.68	6.68
SiO <sub>2</sub>	质量%	6.68	7.73	4.19	5.89	10.72	5.63	5.63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	质量%	1.70	1.68	1.97	2.10	1.63	1.72	1.72
CaO	质量%	10.33	10.21	6.47	9.09	9.88	10.44	10.44
MgO	质量%	1.43	1.41	0.90	1.26	1.37	1.45	1.45
碱度 (CaO/SiO <sub>2</sub> )	-	1.55	1.32	1.54	1.54	0.92	1.85	1.85
TFT *1	°C	2050	2050	2050	2100	2050	2050	2100
气体量	Nm <sup>3</sup> /吨	1140	1140	1140	930	1140	1140	930
CO	体积%	62	62	62	84	62	62	84
H <sub>2</sub>	体积%	38	38	38	15	38	38	15
N <sub>2</sub>	体积%	0	0	0	1	0	0	1
H <sub>2</sub> 量	Nm <sup>3</sup> /吨	433	433	433	140	433	433	140
焦炭比	kg/吨	390	390	390	290	390	390	290
PCR *2	kg/吨	0	0	0	250	0	0	250
甲烷比 *3	kg/吨	155	155	155	0	155	155	0
送风单位消耗量	Nm <sup>3</sup> /吨	350	350	350	300	350	350	300
氧富集	% (干燥)	100	100	100	100	100	100	100
送风温度	°C	25	25	25	25	25	25	25
送风湿分	g/Nm <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0
滴落性	-	良好	良好	良好	良好	不良	不良	不良
通气性	-	良好	良好	良好	良好	不良	不良	不良

\* 1; TFT是指在理论燃烧温度(Theoretical Flame Temperature的简称)下,在绝热下完全燃烧时的温度

\* 2; PCR是指粉煤比(Pulverized Coal Ratio的简称),是每1吨铁水的粉煤吹入量

\* 3; 甲烷比是指每1吨铁水的甲烷吹入量

[0061] 如表2所示,在将从炉顶装入的铁系原料与副原料的原料总成分的碱度设定为本发明的范围的发明例1~4中,确认到滴落性和通气性良好,能够进行稳定操作。另一方面,在从炉顶装入的铁系原料与副原料的原料总成分的碱度为本发明的范围以外的比较例1~3中,不能得到充分的滴落量,通气性也不良。

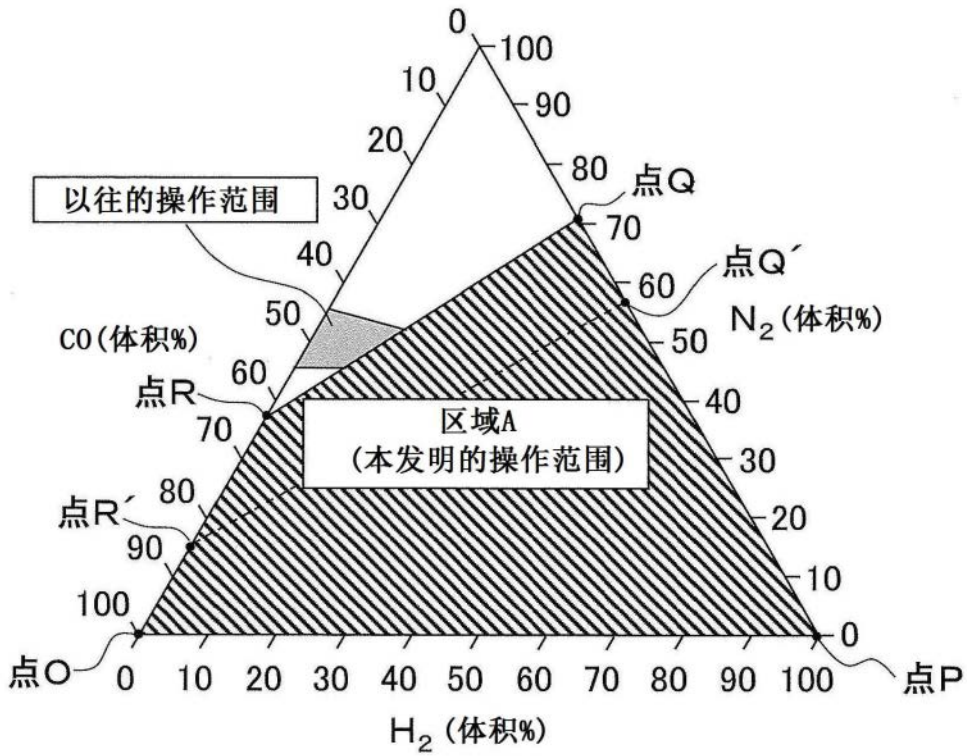


图1

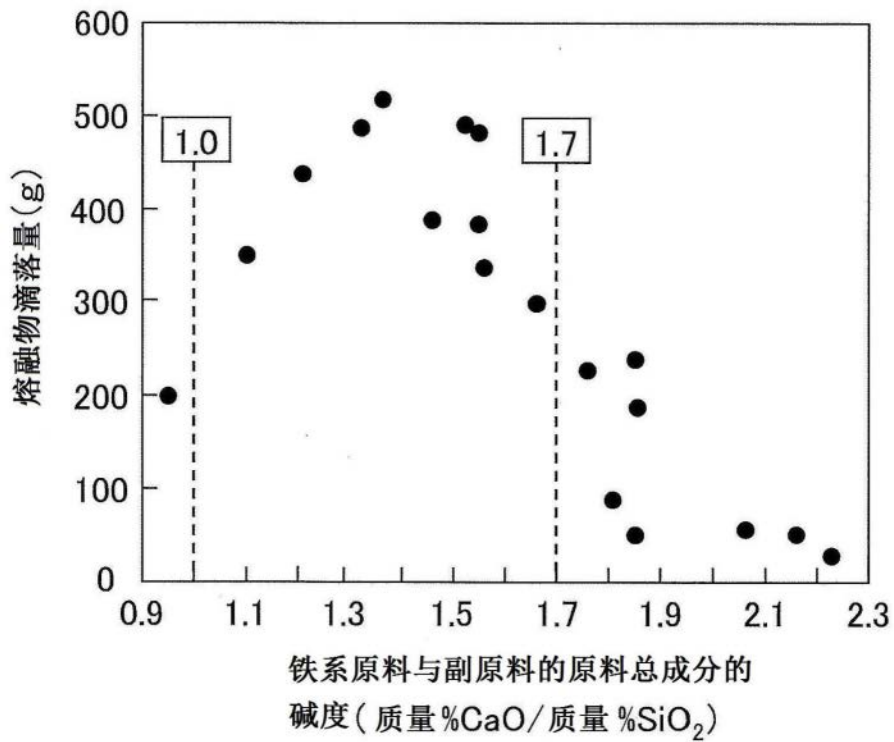


图2

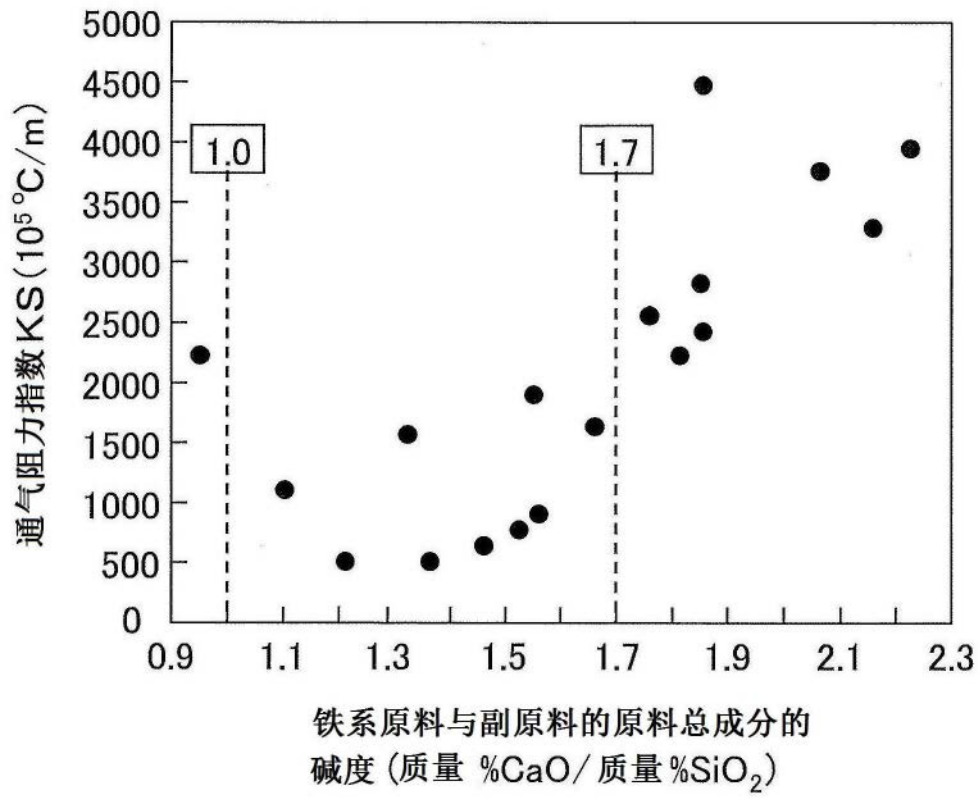


图3