



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106414778 B

(45)授权公告日 2019.05.14

(21)申请号 201580027036.1

(22)申请日 2015.05.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106414778 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(30)优先权数据

2014-101724 2014.05.15 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.11.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2015/063755 2015.05.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/174450 JA 2015.11.19

(73)专利权人 株式会社神户制钢所

地址 日本兵库县

(72)发明人 王昌麟 伊东修三

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 张玉玲

(51)Int.Cl.

C21B 13/12(2006.01)

C21B 11/08(2006.01)

C21B 11/10(2006.01)

C21B 13/10(2006.01)

C22B 1/16(2006.01)

C22B 1/24(2006.01)

审查员 张杰

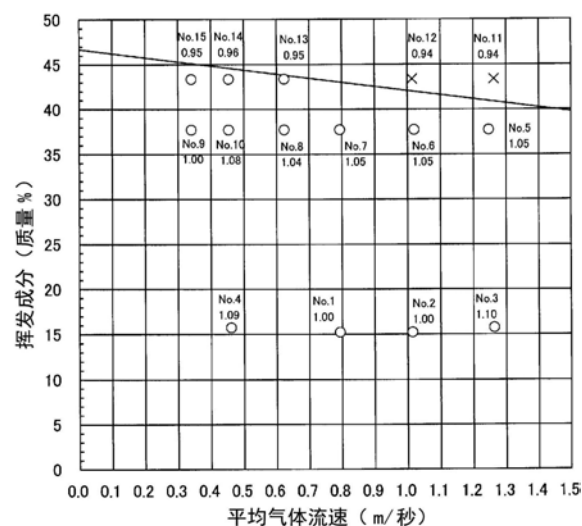
权利要求书1页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

粒状金属铁的制造方法

(57)摘要

在本发明中,使碳质还原剂所含的挥发成分的质量比例(质量%),与加热炉内的气氛气体的平均气体流速(m/秒)的关系满足下式(1),以此方式制造粒状金属铁。挥发成分的质量比例 $\leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 46.7 \cdots (1)$ 。



1. 一种粒状金属铁的制造方法, 其特征在于, 是成块包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物, 将所得到的团块装入到加热炉的炉床上加热, 由此还原该团块中的氧化铁, 进一步加热使还原铁熔融, 并使还原铁凝集而制造粒状金属铁的方法,

在所述加热炉的炉床上加热上述团块时,

所述碳质还原剂所含的挥发成分以质量%计的质量比例, 与所述加热炉内的气氛气体以m/秒计的平均气体流速的关系, 满足下式(1),

$$20 \leq \text{挥发成分的质量比例} \leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 46.7 \cdots (1)。$$

2. 根据权利要求1所述的制造方法, 其中,

用来自所述团块中包含的含氧化铁物质以质量%计的氧量, 除以来自该团块中包含的碳质还原剂以质量%计的固定碳量所得的值即氧量/固定碳量为1.46~2.67。

3. 根据权利要求1或2所述的制造方法, 其中,

所述混合物还含有熔点调节剂。

粒状金属铁的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物成块,将所得到的团块装入到加热炉的炉床上进行加热,由此还原该团块中的氧化铁还原,再加热而使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁的方法。

背景技术

[0002] 作为以铁矿石为原料的炼铁工艺,已知有高炉—转炉法。该高炉转炉法,是以高炉还原铁矿石而制造含有高浓度的碳的铁水,用转炉对该铁水进行脱碳而制造钢的方法。在上述高炉—转炉法中,需要对焦炭和烧结矿等的原料进行预处理,另外,近年来为了享受规模利益,大型化的倾向得以推进,对于资源的温和性和生产率降低。另外,从保护自然环境的观点出发,要求抑制CO₂气体的排放量的炼铁工艺,但上述高炉—转炉法,因为是所谓间接炼铁法,所以与还原铁矿石直接制造钢的直接炼铁法相比,存在CO₂气体的排放量多这样的课题。因此,近年来,直接炼铁法重获重视。

[0003] 作为上述直接炼铁法,例如已知有MIDREX法。在MIDREX法中,作为还原铁矿石的还原剂,大量使用天然气。因此,存在工厂的所在地受到天然气的生产地域限制这一难点。

[0004] 因此最近,使用更容易获取的煤替代天然气而作为还原剂的方法受到注目。该方法中,将铁矿石等的含氧化铁物质和含煤等的碳质还原剂的团块,装入移动炉床炉等的加热炉的炉床上,在炉内以来自加热燃烧器的气体传热和辐射热加热,还原团块中的氧化铁,再加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁。在该方法中,除了能够直接利用粉末状的铁矿石以外,铁矿石与还原剂还可靠近配置,因此可以高速还原,另外,还具有通过调整还原剂的调含量等的方法,能够调整制品中的碳含量这样的优点。

[0005] 本发明者们,在以移动炉床式加热还原炉制造粒状金属铁时,作为能够制造C量高、S量低的高品质的粒状金属铁的方法,公开有专利文献1的技术。该技术具有的特征在于,将包含含氧化铁物质和碳质还原剂的原料混合物,装入到移动炉床式加热还原炉的炉床上进行加热,利用碳质还原剂还原原料混合物中的氧化铁,使生成的金属铁熔融,一边将熔融的金属铁与副产的熔渣分离,一边使之凝集为粒状后,在使之冷却凝固而制造粒状金属铁时,控制炉内的气氛气体的流速。具体来说,将炉内的气氛气体的平均气体流速控制在5m/秒以下,该流速的控制,至少从还原末期至金属铁熔融完毕的期间进行。

[0006] 【现有技术文献】

[0007] 【专利文献】

[0008] 专利文献1:日本国特开2008—121085号公报

[0009] 根据上述专利文献1所公开的技术,制造出了高品质的粒状金属铁,但是要求能够提高粒状金属铁的成品率,并且缩短用于制造粒状金属铁的时间,提高粒状金属铁的生产率。

发明内容

[0010] 本发明着眼于上述这样的情况而形成,其目的在于,提供一种能够使粒状金属铁的生产率提高的技术。

[0011] 能够解决上述课题的所谓本发明的粒状金属铁的制造方法,是使包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物成块,将所得到的团块装入到加热炉的炉床上加热,从而还原该团块中的氧化铁,再加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁的方法。而且具有如下要旨:在上述加热炉的炉床上加热上述团块时,所述碳质还原剂中所含的挥发成分的质量比例(质量%),与所述加热炉内的气氛气体的平均气体流速(m/秒)的关系,满足下式(1)。

[0012] 挥发成分的质量比例 $\leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 46.7 \cdots (1)$

[0013] 用来自所述团块中包含的含氧化铁物质的氧量(质量%),除以来自该团块中包含的碳质还原剂的固定碳量(质量%)的值(氧量/固定碳量)优选为1.46~2.67。所述混合物也可以还含有熔点调节剂。

[0014] 根据本发明,因为适当地控制了作为原料使用的碳质还原剂中包含的挥发成分的质量比例,与加热炉内的气氛气体的平均气体流速的关系,所以能够提高粒状金属铁的生产率。

附图说明

[0015] 图1是表示碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与干燥球团的表观密度(g/cm³)的关系的图解。

[0016] 图2是表示碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与干燥球团所含的总铁量(质量%)的关系的图解。

[0017] 图3是表示碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与反应时间(分)的关系的图解。

[0018] 图4是表示电炉内的平均气体流速(m/秒)与干燥球团所含的碳质还原剂中的挥发成分的质量比例(质量%)的关系的图解。

[0019] 图5是表示用氧量除以固定碳量的值(氧量/固定碳量)与粒状金属铁的成品率(%)的关系的图解。

具体实施方式

[0020] 本发明者们,为了提高粒状金属铁的生产率,反复锐意研究。其结果发现,如果恰当控制作为原料使用的碳质还原剂中所含的挥发成分的质量比例,与加热炉内的气氛气体的平均气体流速的关系,则能够提高粒状金属铁的成品率,并且能够缩短用于制造粒状金属铁的时间,因此能够提高粒状金属铁的生产率,从而完成了本发明。

[0021] 装入到加热炉的炉床上的团块,被来自设于炉中的燃烧器的气体传热和辐射热加热,团块中包含的含氧化铁物质中的氧化铁,被碳质还原剂还原。而后再加热该还原铁,通过团块中的碳质还原剂、作为底层炉料而铺设在加热炉的炉床上的碳质还原剂使还原铁渗碳,经熔融、凝集,生成粒状金属铁。

[0022] 作为上述燃烧器的燃料,一般来说使用天然气等的化石燃料,因此,由燃烧而生成

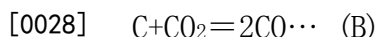
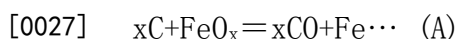
二氧化碳气和水蒸气等的氧化性气体。在该氧化性气体作用下,上述还原铁再氧化。若还原铁再氧化,则生成的FeO向熔渣侧过渡,因此在熔融、凝集阶段,熔渣中的FeO浓度上升。如下述所示,熔渣中的FeO与熔融铁中所含的碳发生反应,生成CO气。该反应是吸热反应,因此熔渣中的FeO浓度越高,至所熔融的还原铁形成粒状金属铁的时间越长,粒状金属铁的生产率降低。



[0024] 另外,若发生的CO气作为气泡留在熔渣中,则成为使熔渣膨胀的原因。该熔渣的膨胀,被称为熔渣起泡,若熔渣起泡发生,则熔融、凝集中的还原铁被熔渣覆盖,因此从周围供给来热量的传热被隔断。其结果是,至熔融的还原铁形成粒状金属铁的时间变长,粒状金属铁的生产率降低。

[0025] 如此,为了使粒状金属铁的生产率提高,重要的是防止还原铁的再氧化,为此,降低团块邻域的气氛气体的氧化度很重要。

[0026] 为了降低团块邻域的气氛气体的氧化度,考虑减小团块邻域的气氛气体的流速,或提高团块所含的碳质还原剂中的碳材的反应性,增加从团块中放出的CO气体量。其中,作为提高团块中所含的碳质还原剂中的碳材的反应性的方法,考虑使用挥发成分多的碳材。碳材一般来说含有的挥发成分越多,包含的固定碳的结晶度越低,下式(A)和下式(B)的反应容易进行。因此,CO气生成,团块邻域的气氛气体的氧化度降低,还原铁的再氧化得到抑制。



[0029] 但是,若碳质还原剂中所含的挥发成分多,则为了确保氧化铁的还原所需要的固定碳量,就需要增多调合到团块中的碳质还原剂的比例。因此,使加热炉内的加热时间一定时,团块的表现密度变小,且该团块中包含的铁量变少,其结果是粒状金属铁的生产率降低。

[0030] 因此,本发明者们在还原氧化铁,使所得到的还原铁熔融、凝集时,为了防止还原铁的再氧化而抑制熔渣起泡的发生,为了缩短粒状金属铁的制造所需要的时间,使粒状金属铁的生产率提高而反复研究。其结果查明,在加热炉的炉床上加热团块时,碳质还原剂中包含的挥发成分的质量比例(质量%),与所述加热炉内的气氛气体的平均气体流速(m/秒)的关系,满足下式(1)即可。

$$[0031] \quad \text{挥发成分的质量比例} \leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 46.7 \cdots (1)$$

[0032] 上述式(1)的关系,是本发明者们反复经各种实验导出的,如后述的实施例一项说明的,设碳质还原剂的质量为100%时,该碳质还原剂所含的挥发成分的质量比例,与加热炉内的气氛气体的平均气体流速的关系,不满足上式(1)时,为生产率降低结果。即,为了使加热团块时的团块邻域的气氛气体的氧化度降低,如上述,考虑使碳质还原剂所含的挥发成分的质量比例增加。挥发成分的增加,本来会引起团块中的铁分的降低和团块的密度的降低,因此认为生产率会降低。但是结果却是粒状金属铁的制造所需要的时间缩短,因此粒状金属铁的生产率反而增加这样意外的事实。

[0033] 上式(1)的关系,优选满足下式(1a)的关系,更优选满足下式(1b)的关系。

$$[0034] \quad \text{挥发成分的质量比例} \leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 45.3 \cdots (1a)$$

[0035] 挥发成分的质量比例 $\leq -4.62 \times \text{平均气体流速} + 43.4 \cdots (1b)$

[0036] 上述挥发成分的质量比例的下限值没有特别限定,但根据本发明的制造方法,设碳质还原剂的质量为100%时,例如,能够在10%以上使用,也能够20%以上使用。另外,上述挥发成分的质量比例也可以为30%以上。

[0037] 上述碳质还原剂所含的挥发成分的质量比例,基于JIS M8812 (2004年) 分析即可。

[0038] 上述加热炉内的气氛气体的平均气体流速 (m/秒),能够通过用每单位时间 (秒) 的气体流量 (m^3),除以相对于气体的行进方向和炉床面垂直的炉内截面积 (m^2) 来计算。上述每单位时间 (秒) 的气体流量,在实机中,例如,能够通过如下方式计算:根据供给到炉内的每单位时间 (秒) 的燃料的量,和为了使该燃料燃烧而供给的每单位时间 (秒) 的含氧气体量,通过燃烧计算求得燃烧后的每单位时间 (秒) 的总气体量 ($\text{m}^3/\text{秒}$),用其除以相对于气体的进行方向和炉床面垂直的炉内截面积 (m^2)。

[0039] 上述气氛气体的平均气体流速 (m/秒),能够通过燃烧器的加热方法、加热量、炉的内部形状等进行调整。气氛气体中包含的二氧化碳气和水蒸气等的氧化性气体的比例为30~50体积%即可。

[0040] 上述团块中,用来自该团块中包含的含氧化铁物质的氧量 (质量%),除以来自该团块中包含的碳质还原剂的固定碳量 (质量%) 的值 (氧量/固定碳量) 优选为1.46~2.67。还有,上述氧量和上述固定碳量,均为设团块的质量为100%时的值。

[0041] 上述氧量/固定碳量,是用于决定碳质还原剂的调合量的指标。即,含氧化铁物质作为代表的铁矿石中包含的铁分,在铁矿石中,作为 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 等的氧化铁 (以下,将其统一表述为 FeO_x) 存在。另一方面,作为碳质还原剂,能够适宜使用煤,该煤所含的碳,除了在加热时作为挥发成分流失掉的以外,其余的即使加热也会遗留,在其加热后留下的碳,一般被称为固定碳。挥发性的碳,对于氧化铁的还原几乎没有帮助,但固定碳却有助于氧化铁的还原。因此固定碳的含量越多的煤,煤的品质越优异。因此上述氧量/固定碳量表示相对于应该还原的氧量,存在多少固定碳量,该值越小,意味着在氧化铁的还原上存在着越充分的固定碳,而该值越大,则意味着固定碳相对于氧化铁越有不足的倾向。

[0042] 若上述氧量/固定碳量低于1.46,则由于还原氧化铁后残留的碳,导致还原铁的凝集阻碍发生,粒状金属铁的成品率降低至低于95%。为了使粒状金属铁的成品率为95%以上,上述氧量/固定碳量优选为1.46以上。上述氧量/固定碳量更优选为1.50以上,进一步优选为1.60以上。

[0043] 但是若上述氧量/固定碳量高于2.67,则不能还原全部氧化铁,因此粒状金属铁的生成量变少,粒状金属铁的成品率降低至低于95%。还有,2.67这一值,是通过计算求得的用于正好还原团块中所含的含氧化铁物质中的氧化铁所需要的固定碳的理论值。在本发明中,上述氧量/固定碳量优选为2.67以下,更优选为2.50以下,进一步优选为2.00以下。

[0044] 上述团块中包含的含氧化铁物质中的氧量,能够按以下的步骤计算。

[0045] 首先,通过化学分析,求得团块中的总铁 (T.Fe) 和FeO量。

[0046] 其次,在T.Fe之中,将不作为FeO存在的Fe,全部假定其作为 Fe_2O_3 存在,根据下式 (i),计算团块中所含的 Fe_2O_3 的质量 ($W_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$)。在下式 (i) 中, W_x 表示成分X的质量 (质量%), M_x 表示成分X的分子量。具体来说, $W_{\text{T.Fe}}$ 是T.Fe的质量 (质量%), W_{FeO} 是FeO的质量 (质量%), $W_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$ 是 Fe_2O_3 的质量 (质量%), M_{Fe} 以Fe的分子量计为55.85, M_{FeO} 以FeO的分子量计为71.85,

M_{Fe2O3} 以 Fe_2O_3 的分子量计为159.7。

[0047] 【算式1】

$$[0048] \quad W_{Fe2O3} = \frac{(W_{T,Fe} - W_{FeO} \times \frac{M_{Fe}}{M_{FeO}})}{2M_{Fe}} \times M_{Fe2O3} \quad \cdot \cdot \cdot (i)$$

[0049] 接着,基于下式(ii),作为 Fe_2O_3 所含的氧量和 FeO 所含的氧量的合计,计算团块中包含的含氧化铁物质中的氧量。式中, M_O 以氧的原子量计为16。

[0050] 【算式2】

$$[0051] \quad \text{氧量} = \left(\frac{W_{Fe2O3}}{M_{Fe2O3}} \times 3 + \frac{W_{FeO}}{M_{FeO}} \right) \times M_O \quad \cdot \cdot \cdot (ii)$$

[0052] 接下来,对于本发明的粒状金属铁的制造方法进行说明。

[0053] 本发明的粒状金属铁的制造方法,是使包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物成块(以下,称为成块工序),将所得到的团块装入到加热炉的炉床上进行加热,由此还原该团块中的氧化铁,进一步加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁(以下,称为加热工序)的方法。而且,本发明的特征在于,在上述加热炉的炉床上加热上述团块时,如上述,上述碳质还原剂中所含的挥发成分的质量比例(质量%),与上述加热炉内的气氛气体的平均气体流速(m/秒)的关系,满足上式(1)。对于上式(1)的关系时为上面已经详述,所以下述对于其以外的部分进行说明。

[0054] [成块工序]

[0055] 在成块工序中,将包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物成块而制造团块。作为上述含氧化铁物质,具体来说,能够使用铁矿石、铁矿砂、炼铁粉尘、有色金属精炼渣、炼铁废弃物等的氧化铁源。作为上述碳质还原剂,能够使用含有碳的还原剂,例如,可列举煤和焦炭等。

[0056] 上述混合物中,还可以调合熔点调节剂。上述所谓熔点调节剂,意思是具有降低含氧化铁物质中的脉石和碳质还原剂中的灰分的熔点这一作用的物质。即,通过在上述混合物中调合熔点调节剂,能够对团块中所含的氧化铁以外的成分,特别是脉石的熔点产生影响,例如能够使其熔点下降。由此脉石的熔融得到促进,形成熔融渣。这时氧化铁的一部分熔化于熔融渣,在熔融渣中被还原。熔融渣中生成的还原铁,与以固体的状态被还原的还原铁接触,从而作为固体的还原铁凝集。

[0057] 作为上述熔点调节剂,例如,能够使用 CaO 供给物质、 MgO 供给物质、 Al_2O_3 供给物质、 SiO_2 供给物质、萤石(CaF_2)等。作为上述 CaO 供给物质,例如,能够使用从 CaO (生石灰)、 $Ca(OH)_2$ (熟石灰)、 $CaCO_3$ (石灰石)和 $CaMg(CO_3)_2$ (白云石)所构成的群中选择的至少一个。作为上述 MgO 供给物质,例如,也可以调合从 MgO 粉末、由天然矿石和海水等提取的含 Mg 物质、 $MgCO_3$ 所构成的群中选择的至少一个。作为上述 Al_2O_3 供给物质,例如,能够调合 Al_2O_3 粉末、矾土、勃姆石、三水铝矿、硬水铝石等。作为上述 SiO_2 供给物质,例如,能够使用 SiO_2 粉末和硅砂等。

[0058] 在上述混合物中,还可以调合粘合剂。作为上述粘合剂,例如,能够使用有机粘合

剂和无机粘合剂等。作为有机粘合剂,例如,能够使用多糖类。作为多糖类,例如,能够使用玉米淀粉和小麦粉等的淀粉等。作为无机粘合剂,熟石灰和膨润土等。

[0059] 上述含氧化铁物质、碳质还原剂和熔点调节剂,优选在混合前预先进行粉碎。例如,推荐以如下方式进行粉碎,上述含氧化铁物质使平均粒径为 $10\sim 60\mu\text{m}$,上述碳质还原剂使平均粒径为 $10\sim 60\mu\text{m}$,上述熔点调节剂使平均粒径为 $5\sim 90\mu\text{m}$ 。

[0060] 上述粉碎的手段未特别限定,能够采用公知的手段。例如,振动磨机、辊式破碎机、球磨机等。

[0061] 上述含氧化铁物质等,使用旋转容器型的混合机和固定容器型的混合机进行混合即可。作为旋转容器型的混合机,例如,可列举旋转滚筒型、双锥型、V形等的混合机,但不限定于此。作为固定容器形的混合机,例如,可列举在混合槽内,例如,设有犁刀等的旋叶的混合机,但不限定于此。

[0062] 接着,成块由上述混合机所得到的混合物,制造团块。上述团块的形状未特别限定,例如,为球团状和压块状等即可。上述团块的大小也没有特别限定,但优选粒径为5mm以下。若使团块的粒径过大,则造粒效率变差。另外,若使团块过大,则向团块的下部的传热变差,生产率降低。还有,团块的粒径的下限值为5mm左右。

[0063] 作为成块上述混合物的压块机,例如,能够使用盘式造粒机、圆筒式造粒机、双辊型压块成型机、挤压机等。还有,盘式造粒机也称为圆盘形造粒机。另外,圆筒式造粒机,也称为转鼓式造粒机。

[0064] [加热工序]

[0065] 在加热工序中,将由上述成块工序得到的团块装入到加热炉的炉床上进行加热,由此还原该团块中的氧化铁,再加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁。

[0066] 作为上述加热炉,例如,可列举电炉和移动炉床炉。所谓上述移动炉床炉,是使炉床为带式输送机在炉内移动的加热炉,例如,可列举回转炉床炉和隧道炉。上述回转炉床炉,按照使炉床的起点和终点处于相同位置的方式将炉床的外观形状设计为圆形或圆环状,装入到炉床上的团块中所含的氧化铁,在炉内环绕一周期间被加热还原而生成还原铁。因此,在回转炉床炉中,在旋转方向的最上游侧设置将团块装入炉内的装入机构,在旋转方向的最下游侧设置排出机构。因为回转炉床炉的炉床是旋转结构,所以旋转方向的最下游侧,实际上处于装入机构的正上游侧。上述所谓隧道炉是炉床沿直线方向在炉内移动的加热炉。

[0067] 在本发明中,在上述加热炉内生成的上述还原铁,在上述加热炉内,全部先熔融。

[0068] 上述团块在炉床上,优选以 $1350\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 加热还原。若上述加热温度低于 1350°C ,则还原铁和熔渣难以熔融,得不到高生产率。因此上述加热温度优选为 1350°C 以上,更优选为 1400°C 以上。但是若上述加热温度高于 1500°C ,则废气温度变高,因此废气处理设备大规模化,设备成本增大。因此上述加热温度优选为 1500°C 以下,更优选为 1480°C 以下。

[0069] 在上述加热炉中装入上述团块之前,为了保护炉床,优选先铺设底层炉料。

[0070] 作为上述底层炉料,除了作为上述碳质还原剂所例示的以外,例如,还能够使用耐火陶瓷等的耐火性粒子。

[0071] 上述底层炉料的粒径的上限,优选为团块及其熔融物不会陷入其中这样的粒径。上述底层炉料的粒径的下限,优选为底层炉料不会被燃烧器的燃烧气体吹飞这样的形状。

[0072] [其他]

[0073] 由上述加热工序得到的粒状金属铁,分离成粒状金属铁和熔渣,并回收粒状金属铁即可。回收的粒状金属铁,例如能够在高炉、转炉、电炉等之中作为铁源使用。

[0074] 以下,列举实施例更具体地说明本发明,但本发明不受下述实施例限制,当然也可以在能够符合前·后述的宗旨的范围加以变更实施,这些均包含在本发明的技术范围内。

[0075] 【实施例】

[0076] 在下述实验例1和实验例2中,将包含含氧化铁物质和碳质还原剂的混合物成块,将所得到的团块装入加热炉进行加热,由此还原该团块中的氧化铁,进一步加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁。这时,在下述实验例1中,调查碳质还原剂中所含的挥发成分的质量比例(质量%)与加热炉内中的气氛气体的平均气体流速(m/秒)的关系,对粒状金属铁的生产率造成的影响。另一方面,在下述实验例2中,调查来自团块中包含的含氧化铁物质的氧量(质量%),除以来自该团块中包含的碳质还原剂的固定碳量(质量%)的值(氧量/固定碳量),对粒状金属铁的成品率产生的影响。还有,在下述实验例1、2中,作为团块使用球团。

[0077] [实验例1]

[0078] 作为上述含氧化铁物质,使用下述表1所示的成分组成的铁矿石 α 。在下述表1中,T.Fe意味着总铁。另外,在下述表1中,一并显示铁矿石 α 中所含的FeO中的氧量、铁矿石 α 中所含的Fe₂O₃中的氧量的计算结果。另外,将铁矿石 α 中所含的FeO和Fe₂O₃表示为FeO_x时,将铁矿石 α 中所含的FeO_x中的氧量一并显示在下述表1中。

[0079] 作为上述碳质还原剂,使用下述表2所示的成分组成的碳材a~d。在下述表2中,T.C意思是总碳量。

[0080] 在上述铁矿石和上述碳材中,混合熔点调节剂和粘合剂,再调合适量的水,对此混合物,用轮胎(タイヤ)型造粒机造粒直径19mm的生球团。

[0081] 将所得到的生球团装入干燥机,除去附着水分,制造球状的干燥球团。将得到的干燥球团的成分组成显示在下述表3中。下述表3所示的所谓“其他”,是熔点调节剂和粘合剂。作为粘合剂,使用由小麦粉代表的有机粘合剂。

[0082] 下述表3中,显示设干燥球团的质量为100%时的该干燥球团中所含的铁矿石中的氧量,和该干燥球团中所含的碳材中的固定碳量的计算结果。另外,在下述表3中,显示用上述氧量(质量%),除以上述固定碳量(质量)的值(氧量/固定碳量)的计算结果。

[0083] 在此,采用下述表3所示的干燥球团A,对于计算氧量/固定碳量的值的步骤进行说明。

[0084] (氧量)

[0085] 如下述表3所示,干燥球团A中所含的铁矿石量为71.34%,该铁矿石中所含的FeO_x中的氧量由下述表1可知为27.67%,据此,设干燥球团A的质量为100%时的该干燥球团A中所含的铁矿石中的氧量为19.74%。

[0086] $(71.34 \times 27.67) / 100 = 19.74$

[0087] (固定碳量)

[0088] 如下述表3所示,干燥球团A中所含的碳材量为16.27%,该碳材中所含的固定碳量由下述表2可知为78.00%,据此,设干燥球团A的质量为100%时的该干燥球团A中包含的碳

材中的固定碳量为12.69%。

[0089] $(16.27 \times 78.00) / 100 = 12.69$

[0090] 因此,用于干燥球团A中所含的铁矿石中的氧量,除以该干燥球团A中所含的碳材中的固定碳量的值(氧量/固定碳量)为1.56。

[0091] 另外,测量干燥球团的表观密度 ρ (g/cm^3),和干燥球团中包含的总铁(T.Fe)的量(质量%),结果显示在下述表4中。还有,在下述表4中,显示干燥球团的种类,制造该干燥球团时所用的碳材的种类,设碳材的质量为100%时的该碳材所含的挥发成分的质量比例。挥发成分的质量比例,与下述表2所示的值相同。

[0092] 在此,碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与干燥球团的表观密度(g/cm^3)的关系显示在图1中。

[0093] 另外,碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与干燥球团所含的总铁量(质量%)的关系显示在图2中。

[0094] 接着,将所得到的干燥球团装入到加热炉的炉床上,以1450℃加热,还原干燥球团中的氧化铁,进一步加热使还原铁熔融,使还原铁凝集而制造粒状金属铁。作为上述加热炉,使用电炉。还有,在干燥球团的装入之前,为了保护炉床,在上述电炉的炉床上铺设含碳的固体物质,例如石墨粉末等。

[0095] 在上述电炉的炉床上加热上述干燥球团时,使该电炉内的气氛气体的组成,模拟使天然气完全燃烧时的气体组成,作为二氧化碳气和氮气的混合气体气氛,并控制电炉内的平均气体流速($\text{m}/\text{秒}$)。上述平均气体流速,是将用流量计调整的每单位时间的气体流量($\text{m}^3/\text{秒}$),基于电炉内的温度换算成每单位时间的气体流量($\text{m}^3/\text{秒}$),并用该气体流量除以流路的截面积(m^2)而计算出的值。所谓流路的截面,意思是相对于气体的进行方向垂直,相对于炉床面而垂直的断面。在下述表4中,显示计算出的电炉内的平均气体流速($\text{m}/\text{秒}$)。另外,将该平均气体流速代入上式(1)的右边而计算右边的值。计算出的右边的值,以下称为Z值,该Z值显示在下述表4中。

[0096] $Z = -4.62 \times \text{平均气体流速} + 46.7$

[0097] 另外,测量用于还原熔融上述干燥球团所需要的时间(分钟),测量结果显示在下述表4中。还有,在下述表4中,表述为反应时间(分钟)。

[0098] 在此,碳材所含的挥发成分的质量比例(质量%)与反应时间(分钟)的关系显示在图3中。

[0099] 接着,在还原结束后,将含有粒状金属铁的试料从电炉排出。

[0100] 对于所得到的试料进行磁选,用网眼为3.35mm的筛子对磁化物进行分级,留在筛上的残留物作为制品回收。作为制品回收的残留物,主要是粒状金属铁,测量其质量。基于粒状金属铁的质量(g)和干燥球团中所含的T.Fe的质量(g),计算粒状金属铁的成品率(%),结果显示在下述表4中。还有,在粒状金属铁中,除了Fe以外,还含有C等,因此成品率也有高于100%的情况。

[0101] $\text{成品率}(\%) = (\text{粒状金属铁的质量} / \text{干燥球团所含的T.Fe的质量}) \times 10$

[0102] 在此,基于下述表4所示的干燥球团的表观密度、干燥球团所含的总铁量、用于还原熔融干燥球团所需要的时间(以下,称为反应时间)、粒状金属铁的成品率,通过下式计算粒状金属铁的生产率。计算结果显示在下述表4中。

[0103] 生产率 = $(A \times B \times D) / C$

[0104] 其中, A~D如下。

[0105] A=干燥球团的表观密度 (g/cm^3)

[0106] B=干燥球团所含的总铁量 (质量%)

[0107] C=还原熔融干燥球团所需要的时间 (分钟)

[0108] D=粒状金属铁的成品率 (%)

[0109] 另外, 将下述表4所示的No.1的生产率为基准值1.00, 计算No.2~15的生产率的相对值作为生产率指数, 结果显示在下述表4中。

[0110] 另外, 下述表4所示的电炉内的平均气体流速 (m/秒), 与干燥球团所含的碳质还原剂中的挥发成分的质量比例 (质量%) 的关系, 显示在图4中。图4所示的○号, 表示下述表4所示的No.1~10、13~15的结果, ×号表示下述表4所示的No.11和12的结果。在各标绘点的附近记录的数值, 表示下述表4所示的生产率指数。

[0111] 由下述表3、表4和图4能够进行如下考察。No.11、12是不满足本发明规定的要件的例子。即, 碳材所含的挥发成分的质量比例, 与加热炉内的气氛气体的平均气体流速的关系, 不满足上式(1), 因此不能提高生产率。相对于此, No.1~10和No.13~15是满足本发明中规定的要件的例子。即, 碳材所含的挥发成分的质量比例, 与加热炉内的气氛气体的平均气体流速的关系满足上式(1), 因此能够提高生产率。另外, 因为用干燥球团所含的铁矿石中的氧量, 除以该干燥球团中所含的碳材中的固定碳量的值 (氧量/固定碳量), 满足1.46~2.67的范围, 所以粒状金属铁的成品率变高。

[0112] 【表1】

铁矿石	成分组成 (质量%)			氧量 (质量%)		
	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	FeO中	Fe ₂ O ₃ 中	FeO _x 中
α	65.18	3.10	89.75	0.69	26.98	27.67

[0114] 【表2】

碳材	成分组成 (质量%)		
	固定碳	挥发分	T.C
a	78.00	15.25	86.87
b	77.51	15.77	87.59
c	54.97	37.74	78.14
d	50.00	43.40	69.46

[0116] 【表3】

[0117]

干燥球团	成分组成(质量%)				氧量 (质量%)	固定碳量 (质量%)	氧量／固定碳量
	铁矿石	碳材		其他			
		种类	量				
A	71.34	a	16.27	12.39	19.74	12.69	1.56
B	69.91	b	17.06	13.04	19.34	13.22	1.46
C	69.61	b	17.06	12.98	19.26	13.22	1.46
D	69.43	c	18.82	11.76	19.21	10.35	1.86
E	68.60	c	19.34	12.07	18.98	10.63	1.79
F	65.97	d	21.23	12.81	18.25	10.62	1.72

[0118] 【表4】

No.	干燥球团	碳材		密度ρ (g/cm ³)	T.Fe (质量%)	平均气体流速 (m/秒)	Z 值	反应时间 (分)	成品率 (%)	生产率	生产率指数
		种类	挥发分								
1	A	a	15.25	2.125	46.50	0.793	43.04	10.67	99.24	918.9	1.00
2	A	a	15.25	2.125	46.50	1.014	42.02	10.57	98.53	921.0	1.00
3	B	b	15.77	2.237	45.57	1.262	40.87	9.90	98.53	1014.5	1.10
4	C	b	15.77	2.249	45.37	0.460	44.57	10.17	100.10	1004.2	1.09
5	D	c	37.74	2.048	45.25	1.246	40.94	9.46	98.88	968.7	1.05
6	D	c	37.74	2.048	45.25	1.020	41.99	9.63	100.27	965.0	1.05
7	D	c	37.74	2.048	45.25	0.793	43.04	9.63	100.63	968.5	1.05
8	D	c	37.74	2.048	45.25	0.623	43.82	9.80	100.65	951.9	1.04
9	D	c	37.74	2.048	45.25	0.340	45.13	10.03	99.81	922.3	1.00
10	E	c	37.74	2.132	44.71	0.453	44.61	9.63	100.63	996.2	1.08
11	F	d	43.40	1.920	43.00	1.262	40.87	9.43	98.83	865.1	0.94
12	F	d	43.40	1.920	43.00	1.014	42.02	9.53	100.20	867.9	0.94
13	F	d	43.40	1.920	43.00	0.623	43.82	9.67	102.20	872.4	0.95
14	F	d	43.40	1.920	43.00	0.453	44.61	9.50	101.74	884.0	0.96
15	F	d	43.40	1.920	43.00	0.340	45.13	9.53	101.21	876.6	0.95

Z=-4.62×平均气体流速+46.7

[0119]

[0120] [实验例2]

[0121] 作为上述含氧化铁物质,使用上述表1所示的成分组成的铁矿石a。作为上述碳质还原剂,使用上述表2所示的成分组成的碳材a~d。在上述铁矿石和上述碳材中,混合熔点调节剂和粘合剂,再调合适量的水,将由此得到混合物按照与上述实验例1相同的步骤,造粒成平均直径为19mm的生球团。

[0122] 将所得到的生球团装入干燥机,按照与上述实验例1相同的条件干燥,制造球状的干燥球团。所得到的干燥球团的成分组成显示在下述表5中。下述表5所示的所谓“其他”,是熔点调节剂和粘合剂。下述表5中,显示干燥球团所含的铁矿石中的氧量,和该干燥球团所含的碳材中的固定碳量的计算结果。另外,下述表5中,显示用上述氧量除以上述固定碳量而得的值(氧量/固定碳量)的计算结果。

[0123] 接着,将所得到的干燥球团装入到加热炉的炉床上,按照与上述实验例1相同的条件以1450℃加热,还原干燥球团中的氧化铁,进一步加热使还原铁熔融,并使还原铁凝集而制造粒状金属铁。

[0124] 在上述电炉的炉床上加热上述干燥球团时,使该电炉内的气氛气体的组成,模拟使天然气完全燃烧时的气体组成,作为二氧化碳气与氮气的混合气体气氛,并控制电炉内的平均气体流速(m/秒)。上述平均气体流速,是将用流量计调整的每单位时间的气体流量($\text{m}^3/\text{秒}$),基于电炉内的温度换算成每单位时间的气体流量($\text{m}^3/\text{秒}$),并用该气体流量除以流路的截面积(m^2)而计算出的值。下述表5中,显示计算出的电炉内的平均气体流速(m/秒)。

[0125] 接着,在还原结束后,将含有粒状金属铁的试料从电炉排出,在与上述实验例1相同的条件下,计算粒状金属铁的成品率(%)。结果显示在下述表5中。

[0126] 另外,用下述表5所示的氧量,除以固定碳量的值(氧量/固定碳量),与粒状金属铁的成品率(%)的关系显示的图5中。

[0127] 基于下述表5和图5,能够进行如下考察。通过增大上述氧量/固定碳量的值,可读取粒状金属铁的成品率有变高的倾向,如果使氧量/固定碳量的值为1.46以上,则可知能够使粒状金属铁的成品率达到95%以上。

[0128] 【表5】

[0129]

No.	干燥球团	成分组成(质量%)				氧量 (质量%)	固定碳量 (质量%)	氧量／固定碳量	平均气体流速 (m／秒)	成品率 (%)	
		铁矿石	碳材								其他
			种类	量							
21	A	71.34	a	16.27	12.39	19.74	12.69	1.55	1.262	98.60	
22	B	69.91	b	17.06	13.04	19.34	13.22	1.46	1.262	96.38	
23	C	70.33	b	16.46	13.22	19.46	12.76	1.53	1.262	98.40	
24	D	69.30	b	17.41	13.30	19.17	13.49	1.42	1.262	91.02	
25	E	69.43	c	18.82	11.76	19.21	10.34	1.86	1.262	98.88	
26	F	68.60	c	19.34	12.07	18.98	10.63	1.79	1.262	98.81	
27	G	65.97	d	21.23	12.81	18.25	10.62	1.72	1.262	98.83	

[0130] 详细并参照特定的实施方式说明了本发明,但不脱离本发明的精神和范围能够加以各种变更和修改,这对从业者来说很清楚。

[0131] 本申请基于2014年5月15日申请的日本专利申请(专利申请2014-101724),其内容在此作为参照被编入。

[0132] 【产业上的可利用性】

[0133] 在以本发明的铁矿石为原料的炼铁工艺中,能够高效率地制造粒状金属铁。

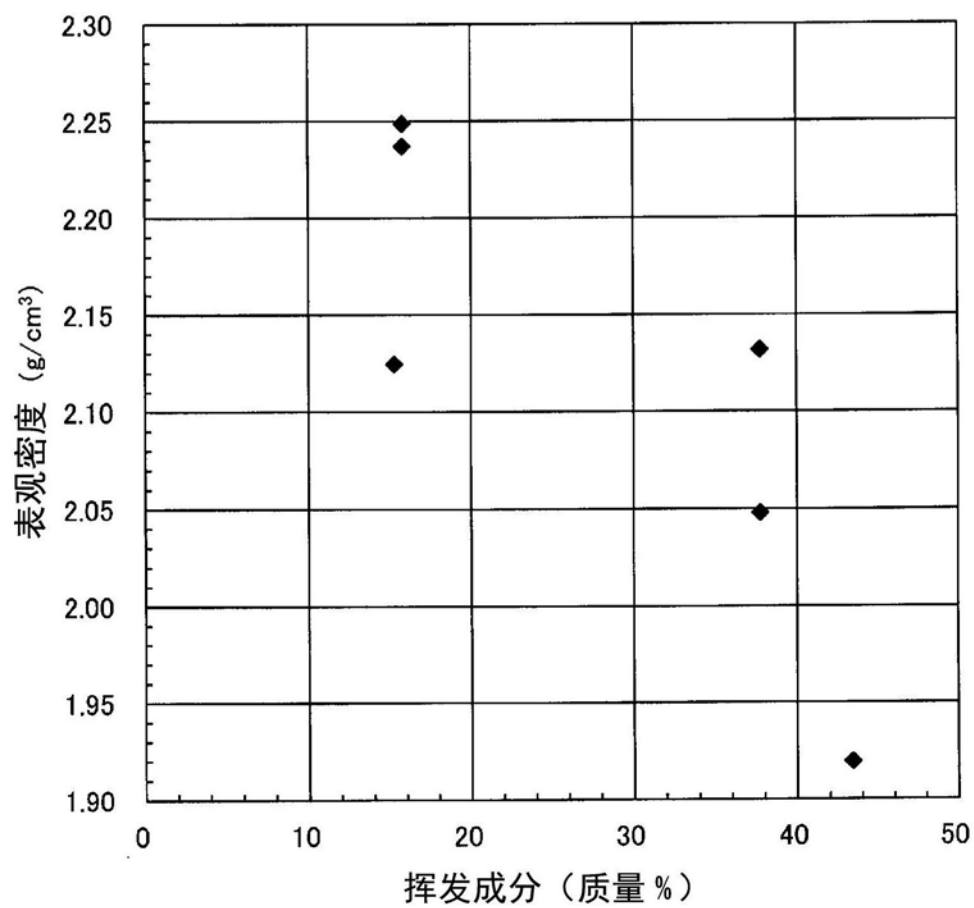


图1

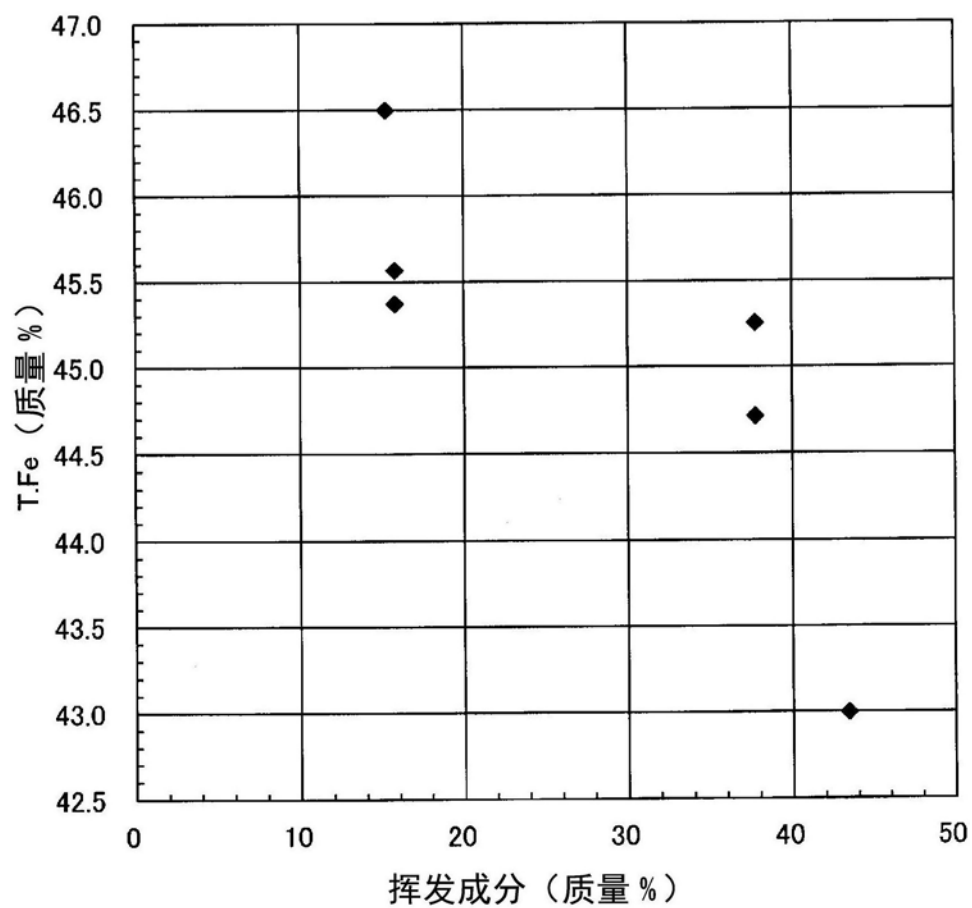


图2

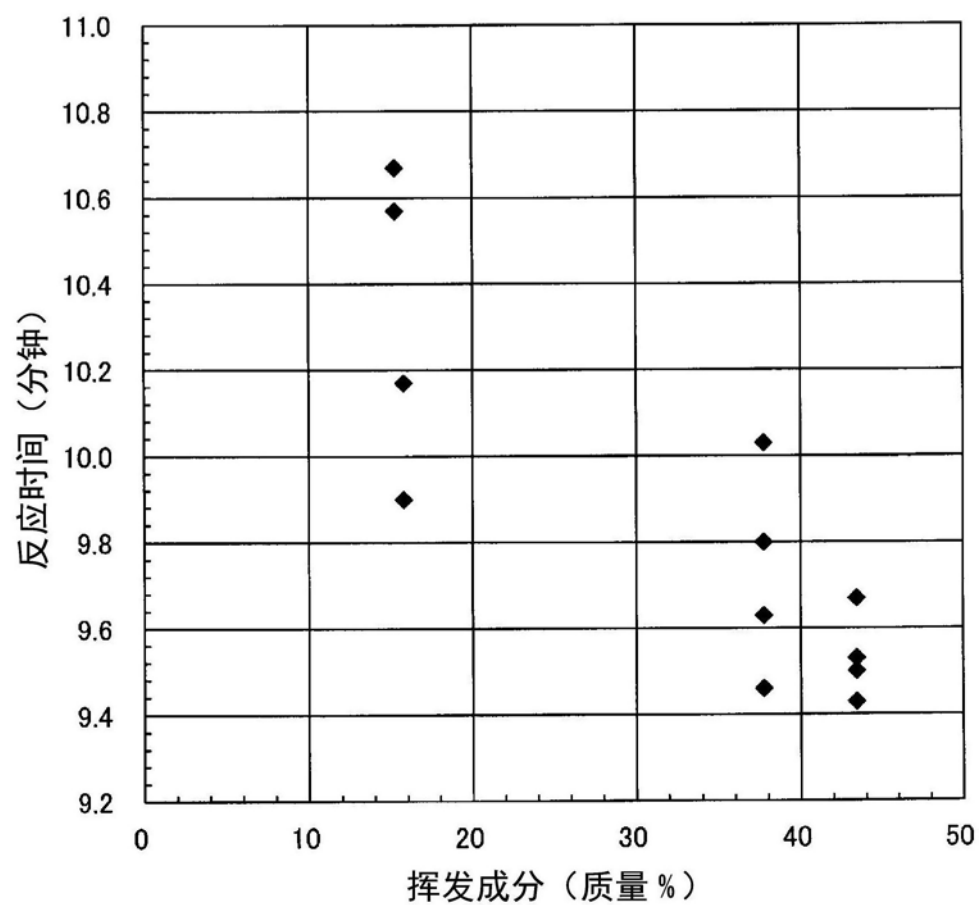


图3

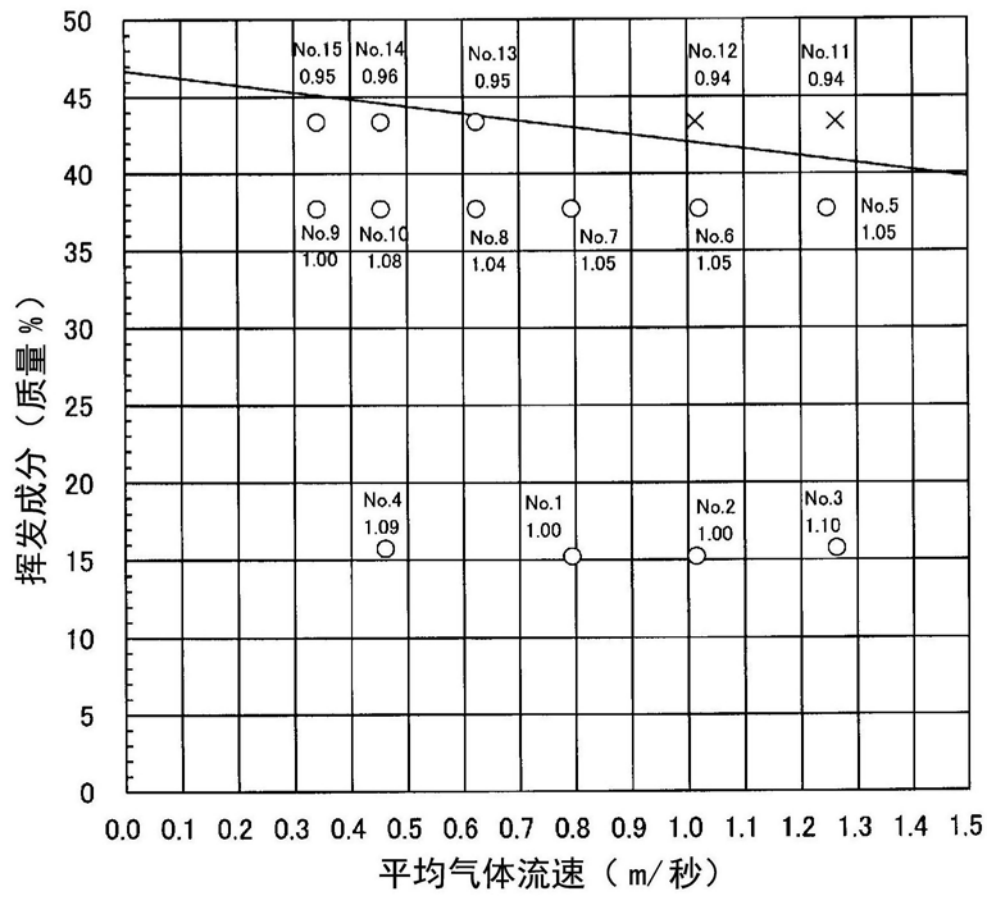


图4

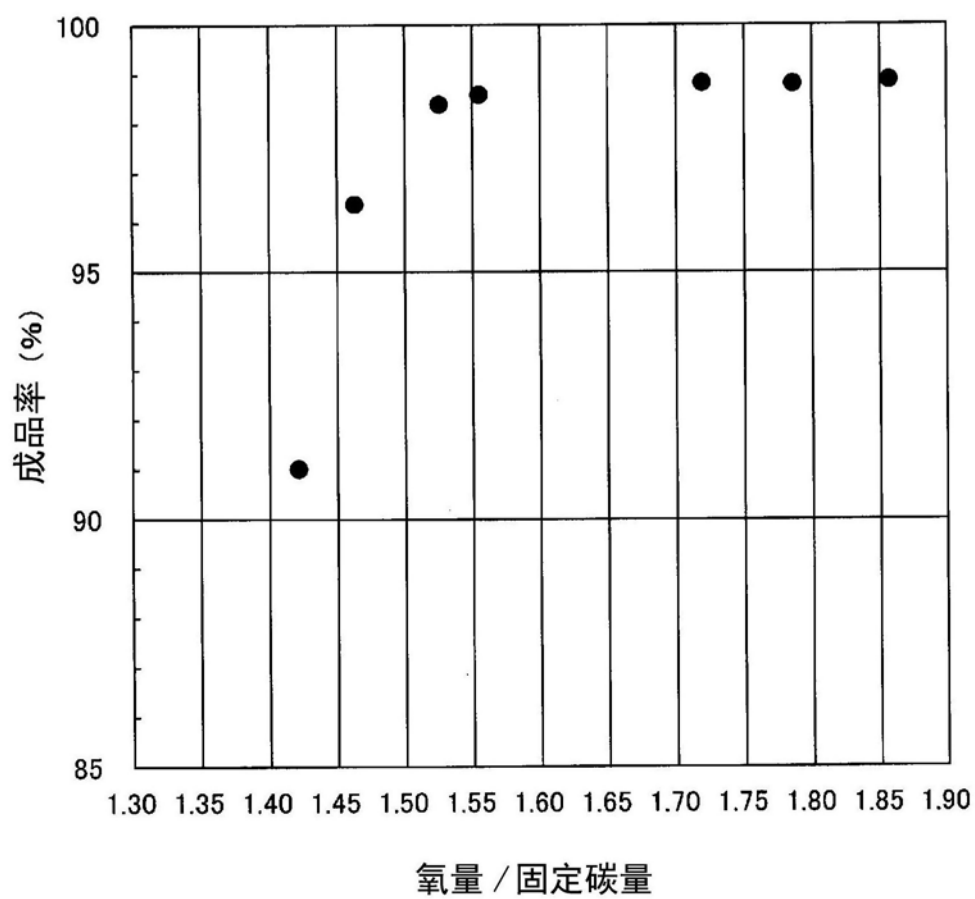


图5