



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102127610 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 201010256513. 0

第 1 段至第 4 页第 1 段和附图 1-4.

(22) 申请日 2010. 08. 19

CN 101665849 A, 2010. 03. 10, 实施例 1.

(73) 专利权人 董亚飞

审查员 李涛

地址 271127 山东省莱芜市钢城区黄庄镇金
鼎南区 27 号 1107

(72) 发明人 董亚飞

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 李健康

(51) Int. Cl.

C21B 13/00 (2006. 01)

C21B 13/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 201351168 Y, 2009. 11. 25, 说明书第 2 页

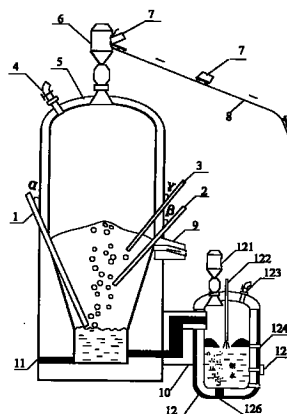
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种铁矿石直接熔融还原炼铁设备及炼钢工
艺

(57) 摘要

本发明涉及一种铁矿石直接熔融还原炼铁工艺和装置, 熔炼炉内形成厚渣层的铁渣熔池后, 三级复合喷吹、四区熔融还原技术实现了用铁矿石直接炼铁。高压喷煤枪把优质煤粉或焦粉喷入铁水熔池中、碳氧枪向熔渣中部喷入煤粉和氧气、氧枪向熔渣上部喷入氧气, 分别形成一区熔池还原区、二区还原区、三区中氧化度熔渣熔融区、四区高氧化度高温熔融区; 铁矿石块预热到 600-1200℃ 加入到厚熔渣中被快速熔化成液态铁氧化物, 铁氧化物液滴下落穿过三到一区被升温 and 快速还原, 生产出合格铁水。本发明的生产率高, 热效率高, 炉子寿命长, 流程短, 易于生产的连续化和自动控制, 节省设备和基建投资, 节约土地, 节能减排。



1. 一种铁矿石直接熔融还原炼铁装置,包括熔炼炉(5)、高温料加入系统、出渣口(9)、出钢口(10)和三级复合喷吹系统组成;熔炼炉(5)上部炉顶与高温料加入系统和煤气出口(4)相连,熔炼炉侧壁安装有出渣口(9)、“乙型”出铁口(10)、放铁口(11)、连续炼钢氧化炉(12)和三级复合喷吹系统;

其特征在于,高温加料系统依次包括:串罐式布料器(6)、上料车(7)、轨道(8);上料车(7)运行在轨道(8)上;其中串罐式布料器(6)与熔炼炉(5)的炉顶相连;三级复合喷吹系统,自下而上依次包括高压喷煤枪(1)、碳氧枪(2)和氧枪(3);

所述高压喷煤枪(1)心部管道是优质煤粉或焦粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料;高压喷煤枪由出渣口(9)以上的炉壁插入熔渣中的铁渣界面,高压喷煤枪与渣浴炉侧壁成 α 角, α 角为 $25 \sim 45$ 度夹角;

所述碳氧枪(2)的心部管道是氧气、中部管道是煤粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料;或者是氧气管道与煤粉管道并列、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料;碳氧枪由出渣口(9)以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 $1.0 \sim 1.2\text{m}$ 处,碳氧枪与渣浴炉侧壁成 β 角, β 角为 $25 \sim 55$ 度夹角;

所述的氧枪(3)心部管道是氧气、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料;氧枪由出渣口(9)以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 $1.7 \sim 1.8\text{m}$ 处,氧枪与渣浴炉侧壁成 γ 角, γ 角为 $35 \sim 70$ 度夹角。

2. 如权利要求1所述的铁矿石直接熔融还原炼铁装置,其特征在于,熔炼炉(5)熔池区是圆柱形、熔渣区是圆台形、熔渣上部空间是圆柱形炉子,熔渣上部空间圆柱形体积是熔渣区圆台形体积的 $3 \sim 5$ 倍;熔炼炉(5)外壳以及“乙型”出铁口(10)的外壳均采用水冷炉壁结构。

3. 如权利要求1所述的铁矿石直接熔融还原炼铁装置,其特征在于,连续炼钢氧化炉(12)包括:连续炼钢氧化炉炉体(124)、熔剂串罐式布料器(121)、顶吹氧枪(122)、氧化炉煤气出口(123)、连续炼钢出渣口(124),连续炼钢出钢口(125),底吹氧透气砖(126);连续炼钢氧化炉(12)通过“乙型”出铁口与熔炼炉(5)相连、熔剂串罐式布料器(121)把造渣熔剂加入到连续炼钢氧化炉,顶吹氧枪(122)和底吹氧透气砖(126)对连续炼钢氧化炉实施吹氧,氧化炉煤气出口(123)与熔炼炉煤气出口(4)相连保持连续炼钢氧化炉(12)与熔炼炉(5)压力一致。

4. 一种铁矿石直接熔融还原炼铁工艺,包括如下步骤:

1) 熔炼炉内首先形成 $0.8 \sim 1.0\text{m}$ 深的铁水熔池,铁水熔池上面形成 $1.9 \sim 2.0\text{m}$ 厚熔渣;

2) 三级复合喷吹、四区熔融还原技术:

一级喷吹:高压煤枪喷吹区把煤粉或焦粉高压喷入铁水熔池中和渣铁界面上,在熔池渣铁界面上形成过饱和铁水并有高温碳颗粒的第一区熔池界面终还原区;喷入铁水熔池和渣铁界面的煤或焦粉,还原 FeO 产生的 CO 和 $1450 \sim 1500^\circ\text{C}$ 的高温碳颗粒向上运动,直到碳氧枪喷吹区 $0.8\text{m} \sim 1.0\text{m}$ 区域熔渣中形成有大量 CO 和高温碳颗粒的第二区熔渣还原区;

二级喷吹:碳氧枪向熔渣中部距渣铁界面 $1.0 \sim 1.2\text{m}$ 处同时喷入煤粉和氧气,煤粉氧气燃烧产生的热量全部被 $1650 \sim 1750^\circ\text{C}$ 的高温熔渣吸收,快速加热比重 4.5 快速下行的液态的铁氧化物,形成第三区中氧化度熔渣加热区,氧化度 $40 \sim 55\%$;

三级喷吹:氧枪向熔渣上部距渣铁界面 1.7 ~ 1.8m 处喷入氧气,氧气燃烧熔渣中的 CO 和高温碳颗粒,产生的热量被熔渣吸收,产生氧化度为 75-100% 的高温熔渣,温度为 1400-1600℃,形成第四区高氧化度加热熔融区;

熔渣顶部即第四区高氧化度加热熔融区的顶部,由于不断加入的 1000 ~ 1200℃ 的铁矿石块或球团的熔融吸热,使第四区分为上下两部分,即上半区是在高氧化度熔渣下铁矿石加热熔融区,大量 CO₂ 及 CO、N₂ 上升的动力充分搅动熔渣和铁矿石,形成传热和化学反应的充分地理学条件,由于铁矿石熔融大量吸热使该区温度为 1400-1550℃,熔融的铁矿石在低温和高氧化度的熔渣中能快速氧化脱磷;下半部是高氧化度熔渣 1550-1600℃ 的加热区,对熔融的铁矿石形成的液态铁氧化物快速加热;

3) 10-50mm、比重为 1.8 ~ 2.2 的铁矿石块,经预热到 1000-1200℃,利用高温串罐加料设备加入到熔炼炉第四区顶部,铁矿石进入并飘浮在最上部的比重为 2.5 ~ 2.7 的厚熔渣中,被快速加热熔化成 1400 ~ 1500℃ 的液态铁氧化物,比重为 4.5 的液态铁氧化物下落穿过氧枪喷吹区的第四区高氧化度加热熔融区被快速升温至 1500-1600℃,穿过碳氧枪喷吹区的第三区中氧化度熔渣加热区继续升温至 1650-1750℃,穿过第二区熔渣还原区被逐步还原,由于还原吸热反应使温度逐步降低至 1500-1600℃,进入第一区熔池界面终还原区被终还原,生产出 1450 ~ 1470℃ 的合格铁水,铁水由“乙形”溢铁口供连续炼钢氧化炉;当熔炼炉的厚渣达到 3.0-3.5m 厚时,停止加料 3 分钟后开始出渣,渣到达 1.9 ~ 2.0m 厚时,停止出渣,继续下一个周期的冶炼;

4) 在步骤 3) 进行的同时向熔炼炉加入熔剂造渣,对铁水脱硫、脱磷,渣碱度控制在 1.1 ~ 1.3 范围内;使铁水中的硫、磷控制在 $S < 0.050\%$, $P < 0.015\%$ 。

5. 如权利要求 4 所述的铁矿石直接熔融还原炼铁工艺,其特征在于,

步骤 2) 所述高压喷煤枪是用氮气做为载体,用 0.5-1.2MPa 的压力把优质煤粉或焦粉高压喷入铁水熔池中。

6. 如权利要求 5 所述的铁矿石直接熔融还原炼铁工艺,其特征在于,步骤 2) 中优质煤粉或焦粉的喷入量为 350-460 公斤 / 吨铁。

7. 如权利要求 4 所述的铁矿石直接熔融还原炼铁工艺,其特征在于,步骤 4) 所述熔剂为生石灰、白云石、萤石中的一种或几种,熔剂经高温加料系统按吨铁水 90-120 公斤加入渣浴炉内。

一种铁矿石直接熔融还原炼铁设备及炼钢工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及铁的生产工艺,尤其涉及一种用铁矿石直接熔融还原炼铁的生产工艺方法和装置,属钢铁冶金技术领域。

背景技术

[0002] 为解决日益匮乏的焦煤资源问题和环保问题,冶金领域的科学家们在不断探讨各种不用焦炭的炼铁或炼钢方法,如 Itmk3 “第三代炼铁法”日本神户制钢与美国米德兰 (Midrex) 公司联合开发球团烧结设备直接还原新工艺 (Fastmet),以天然气为还原剂的 MIDREX、HYL 法以及煤为还原剂的回转窑法、竖炉法等。熔融还原主要是用非焦煤生产铁水-转炉炼钢流程工艺方法,主要有 AUSIRON、HISMELT、DIOS、ROMELT、CCF、AISI、CLEANMELT、COREX、FINEX 等,大多数熔融还原工艺还处于研发阶段, COREX 炼铁工艺建成了 6-7 条生产线,在浦项、南非、印度等一些厂已经运行了十年以上,尤其是南非的 COREX-2000,浦项的 FINEXCOREX,中国宝钢引进的 COREX-3000。HISMELT 工艺已经开发成熟,在澳大利亚昆纳纳建设了一座 80 万吨的工厂,目前正在试运行,SRV 熔融还原炉矿粉需用强力喷枪才能喷入熔池、存在投资大、传热效率低等问题。

[0003] 中国专利申请 02116882.2 公开了一种煤-铁矿微波还原-电炉直接炼钢方法及设备,这种方法生产效率低,难以规模化生产;中国专利申请 86105494 公开了褐煤预还原矿石直接炼钢轧材,是将矿石先制成海绵铁,再由电炉炼钢,再轧成钢材,能源利用效率和生产效率低;中国专利申请 200610040303.1 公开了用感应炉直接炼钢的方法,能耗高、生产效率低;中国专利申请 200610040696.6 公开了用铁矿粉与无烟煤粉的混合料块利用转炉直接炼钢方法和中国专利申请 200610040838.9 公开了用氧化铁皮与无烟煤粉的混合料利用电炉直接炼钢方法以及中国专利申请 87101210 公开了一种铁矿石直接炼钢的方法是指由铁精矿、非焦煤和溶剂做成的未经任何还原的冷固结球团,加到现代工业炼钢炉中炼钢的方法,这些方法的铁矿石还原效率低,能耗高,生产效率低;中国专利申请 92113519.X 公开了用矿石直接炼钢的方法及设备,是先将矿石用还原气体还原成海绵铁,然后将高温海绵铁在与外界大气隔离的情况下送入熔化室内熔化,再加入造渣剂去除有害元素的方法,能耗高,生产效率低,未见到产业化的报道。

[0004] 中国专利申请 86106417 高炉连续炼钢与制钢生产的连续化,提出改进高炉用纯氧和加压气化煤气作燃料和还原剂直接炼成钢的方法,未见到产业化的报道。中国专利申请 87104957.0 槽式炉连续炼钢工艺及设备,设前炉、槽式炉和后炉的一种连续炼钢工艺,所用原料仍然是高炉铁水,效率低,成本高。中国专利申请 200810238696.6 一种含铁物料连续炼钢工艺方法及装置,提出了把煤粉和氧气喷入到熔渣的中下部的钢渣界面上,把转底炉预还原 70-97% (金属化率) 900℃~1000℃的预还原金属化球团在渣中熔融和还原的工艺方法和装置,该工艺方法实现了把高温预还原球团热量高效利用、煤粉和氧气在熔渣中燃烧具有较高的热效率的目的,但是在 600-1200mm 的厚熔渣中既要保持渣的高氧化性获得高热量熔融球团,还原保持渣的高还原性还原铁氧化物,熔融渣还要具备较好的流动

性提供反应的动力学条件是一对难以协调的科学矛盾,同时转底炉热损失高达 20%,影响了全系统的热效率,生产规模小,存在只能用于预还原球团,若用于氧化球团则煤耗和成本将大幅度提高并切无法实现熔融还原等技术不足。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明的目的是提供一种铁矿石直接熔融还原炼铁设备。

[0006] 本发明的另一目的是提供一种铁矿石直接熔融还原炼铁的工艺方法。

[0007] 本发明提出的铁矿石直接熔融还原炼铁的工艺方法和装置,直接生产出 C 含量 4.2~4.5%、磷含量<0.015%、硫含量<0.050%、硅含量<0.05%、锰含量<0.05%的合格铁水,提供一种全新的高质量炼铁工艺。

[0008] 本发明提出一种全新铁矿石直接熔融还原炼铁工艺方法,即三级复合喷吹、四区熔融还原技术。熔炼炉内首先形成厚渣和铁水熔池,对熔炼炉实施三级复合喷吹,一级高压煤枪喷吹区把优质煤粉(固定碳含量 77%以上,硫尽量低)或焦粉高压喷入铁水熔池中,和渣铁界面上,在熔池渣铁界面上形成过饱和铁水并有高温碳颗粒的第一区熔池界面终还原区;喷入铁水熔池和渣铁界面的煤或焦粉,还原 FeO 产生的 CO 和高温碳颗粒向上运动,直到碳氧枪喷吹区 0.8m-1.0m 区域熔渣中形成有大量 CO 和高温碳颗粒的第二区熔渣还原区;二级碳氧枪喷吹区向熔渣中部离渣铁界面 1.0-1.2m 处同时喷入煤粉和氧气,煤粉氧气燃烧产生的热量全部被中氧化度(40-55%)的高温熔渣(1650-1750℃)吸收,形成第三区中氧化度熔渣加热区;三级氧枪喷吹区向熔渣上部离渣铁界面 1.7-1.8m 处喷入氧气,熔渣中由下部的高压煤枪和碳氧枪产生的 CO 和剩余高温碳颗粒上升至此被氧燃烧,产生的高热量全部被高氧化度(75-100%)的高温熔渣(1400-1600℃)吸收,形成第四区高氧化度熔融加热区;第四区高氧化度加热熔融区的顶部由于不断加入的铁矿石块或球团(预热到 1000-1200℃)的熔融吸热,使第四区上半区主要是铁矿石加热熔融区,其温度有所降低(1400-1500℃);下半区主要是高氧化度熔渣加热区(1500-1600℃)。即自上而下形成氧化度逐渐降低、由强氧化到强还原的熔融和还原四个厚渣区,其氧化度曲线如图 2 所示。

[0009] 比重 1.8-2.2 的 10-50mm 铁矿石块,经预热到 1000-1200℃,利用高温串罐加料设备加入到熔炼炉熔渣第四区上半区铁矿石快速加热熔融区,铁矿石进入并飘浮在最上部的厚熔渣(比重为 2.5-2.7)中并被快速加热、熔化成液态铁氧化物(1400-1500℃),液态铁氧化物(比重为 4.5)下落穿过氧枪喷吹区高氧化度高温加热区被快速升温(1500-1600℃),穿过碳氧枪喷吹的第三区中氧化度熔渣加热区继续升温(1600-1750℃),穿过第二区熔渣还原区被逐步还原,还原吸收了热量使温度逐步降低(1500-1600℃),进入第一区熔池界面终还原区被终还原,生产出合格铁水(1450-1470℃),铁水由“乙形”溢铁口直接供连续炼钢氧化炉。铁矿石熔融还原温度曲线如图 2 所示。

[0010] 厚熔渣的比重也由上而下、由 2.5-5.6 逐步增大。厚熔渣上部由于铁矿石熔融吸热和下部还原反应吸热,厚熔渣的温度形成上、下两端温度低,中间及中上部温度高的分布规律,如图 2 所示。

[0011] 名词解释:

[0012] 三级复合喷吹:是指高压煤枪、碳氧枪和氧枪分别从厚熔渣不同的高度、把煤粉或煤氧或氧气同时喷入铁水熔池、厚熔渣中部和上部,自下而上形成了四个加热熔融还原区。

[0013] 四区熔融还原：是指熔炼炉内自上而下形成 4 个区氧化度逐渐降低、由强氧化到强还原的加热熔融和还原区，即过饱和并溶解有高温碳颗粒的第一区熔池界面终还原区 (A)、在铁水和熔渣界面及以上 0.8m-1.0m 熔渣中形成 CO 气体和高温碳颗粒的第二区熔渣还原区 (B)、氧化度为 40%~55% 的第三区中氧化度熔渣加热区 (C)、氧化度为 75%~100% 的第四区高氧化度加热熔融区 (D)。

[0014] 本发明提供一种铁矿石直接熔融还原炼铁装置，包括熔炼炉 (5)、高温料加入系统、出渣口 (9)、出钢口 (10) 和三级复合喷吹系统组成；熔炼炉 (5) 上部炉顶与高温料加入系统和煤气出口 (4) 相连，熔炼炉侧壁安装有出渣口 (9)、“乙型”出铁口 (10)、放铁口 (11)、连续炼钢氧化炉 (12) 和三级复合喷吹系统；

[0015] 优选的，高温加料系统依次包括：串罐式布料器 (6)、上料车 (7)、轨道 (8)；上料车 (7) 运行在轨道 (8) 上；其中串罐式布料器 (6) 与熔炼炉 (5) 的炉顶相连。

[0016] 优选的，三级复合喷吹系统，自下而上依次包括高压喷煤枪 (1)、碳氧枪 (2) 和氧枪 (3)。

[0017] 优选的，所述高压喷煤枪 (1) 心部管道是优质煤粉或焦粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用。优选的，高压喷煤枪 (1) 由出渣口 (9) 以上的炉壁插入熔渣中的铁渣界面，是可更换的，根据炉子的大小和冶炼需要，本专业技术人员可选择安装 2 到 16 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。优选的，高压喷煤枪与渣浴炉侧壁成 α 角， α 角为 15~45 度夹角。

[0018] 优选的，铁矿石块 (5-50mm) 可直接用于本工艺，小于 5mm 的铁矿粉、氧化铁皮、高炉除尘灰、转炉除尘灰、电炉除尘灰、烧结除尘灰等等含铁物料均可生产成球团，再经改造后的带式焙烧机、或链篦机回转窑、或竖炉等设备预热到 1000-1200℃，然后加入熔炼炉。

[0019] 优选的，所述碳氧枪 (2) 的心部管道是氧气、中部管道是煤粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用；或者是氧气管道与煤粉管道并列、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用。碳氧枪 (2) 可通过控制碳氧比，控制中氧化度熔渣区的氧化度 (45-55%)。优选的，碳氧枪 (2) 由出渣口 (9) 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.0-1.2m 处，是可更换的，根据炉子的大小和冶炼需要，本专业技术人员可选择安装 2 到 16 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。优选的，碳氧枪与渣浴炉侧壁成 β 角， β 角为 20~50 度夹角。

[0020] 优选的，所述的氧枪 (3) 心部管道是氧气、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用。优选的氧枪 (3) 由出渣口 (9) 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.7-1.8m 处，是可更换的，根据炉子的大小和冶炼需要，本专业技术人员可选择安装 2 到 16 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。优选的，氧枪与渣浴炉侧壁成 γ 角， γ 角为 40~70 度夹角。

[0021] 优选的，熔炼炉 (5) 熔池区是圆柱形、熔渣区是圆台形、熔渣上部空间是圆柱形炉子；优选的，熔渣上部空间的圆柱形体积是熔渣区圆台形体积的 3-5 倍；在熔炼炉的底部设有放铁口 (11)，供大修时使用。优选的，熔渣区的圆台形是上大下小的圆台型，上表面的圆周直径是下表面圆周直径的 1.5~3 倍。

[0022] 优选的，熔炼炉 (5) 外壳以及“乙型”出铁口 (10) 的外壳均采用水冷炉壁结构，使炉子寿命可达到 20 年以上。

[0023] 优选的,连续炼钢氧化炉(12)包括:连续炼钢氧化炉炉体(124)、熔剂串罐式布料器(121)、顶吹氧枪(122)、底吹氧透气砖(125)和氧化炉煤气出口(123);连续炼钢氧化炉炉体(124)通过“乙型”出铁口与熔炼炉(5)相连、熔剂串罐式布料器(121)把造渣熔剂加入到连续炼钢氧化炉,顶吹氧枪(122),底吹氧透气砖(125),氧化炉煤气出口(123)与熔炼炉煤气出口(4)相连保持连续炼钢氧化炉(12)与熔炼炉(5)压力一致。

[0024] 本发明提供一种铁矿石直接熔融还原炼铁工艺,包括如下步骤:

[0025] 1) 熔炼炉内首先形成 0.8 ~ 1.0m 深的铁水熔池,铁水熔池上面形成 1.9 ~ 2.0m 厚熔渣;

[0026] 2) 三级复合喷吹、四区熔融还原技术:

[0027] 一级喷吹:高压煤枪喷吹区把优质煤粉或焦粉高压喷入铁水熔池中中和渣铁界面上,在熔池渣铁界面上形成过饱和铁水并有高温碳颗粒(1450 ~ 1500℃)的第一区熔池界面终还原区(A);喷入铁水熔池和渣铁界面的煤或焦粉,还原 FeO 产生的 CO 和高温碳颗粒向上运动,直到碳氧枪喷吹区 0.8m-1.0m 区域熔渣中形成有大量 CO 和高温碳颗粒的第二区熔渣还原区(B),该区 CO 和高温碳颗粒的向上动力和液态铁氧化物(比重 4.5)的向下动力为还原反应提供了充分的动力学条件;

[0028] 二级喷吹:碳氧枪向熔渣中部距渣铁界面 1.0 ~ 1.2m 处同时喷入煤粉和氧气,煤粉氧气燃烧产生的热量全部被 1650 ~ 1750℃ 的高温熔渣吸收,快速加热比重 4.5 快速下行的液态的铁氧化物,形成第三区中氧化度熔渣加热区(C),氧化度 40-55%;

[0029] 三级喷吹:氧枪向熔渣上部距渣铁界面 1.7 ~ 1.8m 处喷入氧气,氧气燃烧熔渣中的 CO 和高温碳颗粒,产生的热量被熔渣吸收,产生氧化度为 75-100% 的高温熔渣(温度为 1400-1600℃),为铁矿石的快速熔融和液态铁氧化物快速加热升温提供足够的热量和传热动力,形成第四区高氧化度加热熔融区(D);

[0030] 熔渣顶部即第四区高氧化度加热熔融区的顶部,由于不断加入的 1000 ~ 1200℃ 的铁矿石块或球团的熔融吸热,使第四区分为上下两部分,即上半区(D1)主要是在高氧化度熔渣下铁矿石加热熔融区,大量 CO₂ 及 CO、N₂ 上升的动力充分搅动熔渣和铁矿石,形成传热和化学反应的充分地理学条件,由于铁矿石熔融大量吸热使该区温度为 1400-1550℃,熔融的铁矿石在低温和高氧化度的熔渣中能快速氧化脱磷,所以该工艺其有较强的脱磷能力;下半区(D2)主要是高氧化度熔渣加热区(1550-1600℃),对熔融的铁矿石形成的液态铁氧化物快速加热。

[0031] 3) 10-50mm、比重为 1.8 ~ 2.2 的铁矿石块,经预热到 1000-1200℃,利用高温串罐加料设备加入到熔炼炉第四区顶部,铁矿石进入并飘浮在最上部的比重为 2.5 ~ 2.7 的厚熔渣中,被快速加热熔化成 1400 ~ 1500℃ 的液态铁氧化物,比重为 4.5 的液态铁氧化物下落穿过氧枪喷吹区的第四区高氧化度加热熔融区被快速升温至 1500-1600℃,穿过碳氧枪喷吹区的第三区中氧化度熔渣加热区继续升温至 1650-1750℃,穿过第二区熔渣还原区被逐步还原,由于还原吸热反应使温度逐步降低至 1500-1600℃,进入第一区熔池界面终还原区被终还原,生产出 1450 ~ 1470℃ 的合格铁水,铁水由“乙形”溢铁口供连续炼钢氧化炉。当熔炼炉的厚渣达到 3.0-3.5m 厚时,停止加料 3 分钟后开始出渣,渣到达 1.9 ~ 2.0m 厚时,停止出渣,继续下一个周期的冶炼;

[0032] 4) 在步骤 3) 进行的同时向熔炼炉加入熔剂造渣,对铁水脱硫、脱磷,渣碱度控制

在 1.1 ~ 1.3 范围内 ;使铁水中的硫、磷控制在 $S < 0.050\%$, $P < 0.015\%$ 。

[0033] 步骤 1) 所述的厚熔渣,是指熔炼炉中铁渣界面以上厚 2-3.5 米的熔渣。

[0034] 步骤 2) 所述的优质煤粉是指固定碳含量 77% 以上、硫磷尽量低的煤粉。

[0035] 优选的,熔炼炉产生的高温煤气经旋风除尘后,其中的 10-30% 经煤气改质炉后生成 700-800℃ 的优质改质煤气,用于轧钢加热炉燃料、或带式焙烧机、或链篦机回转窑的燃料 ;其中的 60-80% 用于预热铁矿石块或球团到 600-1200℃,剩余的煤气用来发电等。

[0036] 所述煤气改质炉是把熔炼炉的高温煤气 (1450-1500℃) 通过煤气改质炉中焦炭或煤 (直径 3-20mm) 组成的改质剂,利用高温煤气的热量使煤气中的 CO_2 与碳反应转化成 CO 、水蒸汽与 C 反应生成 H_2 和 CO ,然后生成 600-800℃ 的优质煤气。

[0037] 所述的渣碱度,生产现场多采用二元碱度算法,即 CaO/SiO_2 的比值。

[0038] 所述的氧化度,是由下述公式计算所得含量百分比。 $D = (1 - \text{Fe}^{2+}/3\text{TFe} - \text{Fe}^0/\text{TFe}) \times 100\%$ 式中 : D ——氧化度, Fe^{2+} ——含量需由渣中 FeO 含量折算, Fe^0 ——表示金属铁含量, TFe ——渣中全铁含量。

[0039] 优选的,步骤 2) 所述高压喷煤枪是用氮气做为载体,用 0.5-1.2MPa 的压力把优质煤粉或焦粉高压喷入铁水熔池中。优选的,优质煤粉或焦粉的喷入量为 350-460 公斤 / 吨铁。

[0040] 步骤 2) 所述碳氧枪的心部管道是氧气、外部管道是煤粉,或者是氧气管道与煤粉管道并列。碳氧枪可通过控制碳氧比,使喷入渣中的碳完全燃烧,并富余 5-20% 的氧,控制高温熔渣的氧化度 (40-55%)。

[0041] 步骤 2) 高温熔渣的氧化度为 75-100%。

[0042] 优选的,步骤 3) 所述连续炼钢氧化炉是一个有底部连续吹氧、顶部强吹氧、加入造渣剂脱硫磷、炉气与熔炼炉相通并保持与熔炼炉内压力平衡的炉子,并对铁水进行脱硫、脱磷、脱碳、提高温度。其主要作用是使熔炼炉的铁水通过“乙形”溢铁口连续不断地流入到连续炼钢氧化炉,保持熔炼炉的铁水始终处于一个相对波动很小的高度,保持熔炼炉冶炼的稳定性。

[0043] 优选的,步骤 4) 所述熔剂为生石灰、白云石、萤石等中的一种或几种,熔剂经高温加料系统按吨铁水 90-120 公斤加入渣浴炉内。

[0044] 本发明的优势体现在 :

[0045] (1) 不用焦炭,用矿石块预热后或氧化球团等直接炼铁,生产效率高,可与竖炉、链篦机回转窑等高效设备相连接,实现大规模生产,综合能耗低,生产成本低,节能减排效果显著。

[0046] (2) 实现了把 600 ~ 1200℃ 预热的铁矿石、或高温氧化球团等等直接加入熔炼炉,余热利用效率高,这一点优于现有的高炉 - 转炉流程、COREX 熔融还原炼铁 - 转炉流程, Hismel t- 转炉流程,同时也优于一些专利提出连续炼钢或一步炼钢方法。

[0047] (3) 本发明炼铁设备简单,与长流程炼铁比设备和基建投资节省 50% 以上,节约土地 2/3 以上,物流得到充分简化,节能 25% 以上,减排约 50% 以上,易于实现生产的连续化和自动控制,炉子寿命可长达 20 年以上 ;3 座 500 万吨规模的改造后的带式焙烧机或链篦机回转窑对应 6 座 (或 3 座) 熔炼炉可实现年产 1000 万吨钢,是钢铁冶金的一个革命性工艺变革。

附图说明

[0048] 图 1 是本发明的示意图。其中：1：高压喷煤枪，2：碳氧枪，3：煤气氧枪，4：煤气出口，5：熔炼炉，6：串罐式布料器，7：上料车，8：轨道，9：出渣口，10：“乙型”出铁口，11：放铁口，12：连续炼钢氧化炉，121：熔剂串罐式布料器，122：顶吹氧枪，123：氧化炉煤气出口，124：连续炼钢出渣口，125：连续炼钢出钢口，126：底吹氧透气砖。

[0049] 图 2 是本发明熔融还原直接炼铁原理示意图。其中：1：高压喷煤枪，2：碳氧枪，3：煤气氧枪，21：铁矿石块，22：氧化球团，23： CO ，24： CO_2 ，25：液态铁氧化物，26：氧气，27：煤粉，28：铁液滴，29：熔渣熔池温度分布曲线，30：氧化度分布曲线，31：熔渣比重分布曲线。 $H(m)$ 为铁水或熔渣高度，单位为米。A：熔池界面终还原区，B：熔渣还原区，C：中氧化度熔渣加热区，D：高氧化度加热熔融区，D1：上半区铁矿石加热熔融区，D2 下半区高氧化度熔渣加热区。

具体实施方式

[0050] 以下实施例是对本发明的进一步说明，但本发明并不局限于此。

[0051] 实施例 1：

[0052] 原料：铁矿块，优质煤粉（硫磷尽量低，固定碳含量在 77% 以上）；预热设备：竖炉。

[0053] 本发明的铁矿石直接熔融还原炼铁设备，包括：竖炉，高压喷煤枪 1，碳氧枪 2，煤气氧枪 3，煤气出口 4，熔炼炉 5，串罐式布料器 6，上料车 7，轨道 8，出渣口 9，“乙型”出铁口 10，放铁口 11 和连续炼钢氧化炉 12。如图 1 所示。

[0054] 串罐式布料器 6、上料车 7、轨道 8 依次相连；上料车 7 运行在轨道 8 上，组成加料系统；串罐式布料器 6 与熔炼炉 5 的炉顶相连。

[0055] 高压喷煤枪 1、碳氧枪 2 和氧枪 3 自下而上依次排列。

[0056] 高压喷煤枪 1 心部管道是优质煤粉或焦粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用。高压喷煤枪 1 由出渣口 9 以上的炉壁插入熔渣中的铁渣界面，是可更换的，安装 3 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。高压喷煤枪与渣浴炉侧壁成 α 角， α 角为 30 度夹角。

[0057] 碳氧枪 2 的心部管道是氧气、中部管道是煤粉、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用；碳氧枪 2 由出渣口 9 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.0-1.2m 处，选择安装 3 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。碳氧枪与渣浴炉侧壁成 β 角， β 角为 35 度夹角。

[0058] 氧枪 3 心部管道是氧气、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料，可插入熔渣中使用。氧枪 3 由出渣口 9 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.7-1.8m 处，安装 4 支枪，布置在炉壁周围合适的位置。氧枪与渣浴炉侧壁成 γ 角， γ 角为 50 度夹角。

[0059] 熔炼炉 (5) 熔池区是圆柱形、熔渣区是圆台形、熔渣上部空间是圆柱形炉子；熔渣上部空间的圆柱形体积是熔渣区圆台形体积的 3 倍；在熔炼炉的底部设有放铁口 11，供大修时使用。熔渣区的圆台形是上大下小的圆台型，上表面的圆周直径是下表面圆周直径的 2 倍。

[0060] 熔炼炉 5 外壳以及“乙型”出铁口 10 的外壳均采用水冷炉壁结构。

[0061] 连续炼钢氧化炉 12 包括：连续炼钢氧化炉炉体 124、熔剂串罐式布料器 121、顶吹氧枪 122、底吹氧透气砖 125 和氧化炉煤气出口 123；连续炼钢氧化炉炉体 124 通过“乙型”出铁口与熔炼炉 5 相连、熔剂串罐式布料器 121 把造渣熔剂加入到连续炼钢氧化炉，顶吹氧枪 122，底吹氧透气砖 125，氧化炉煤气出口 123 与熔炼炉煤气出口 4 相连保持连续炼钢氧化炉 12 与熔炼炉 5 压力一致。

[0062] 熔炼炉 5 内首先行成 1.0m 深的铁水熔池，铁水熔池上面形成 2.0m 厚渣；

[0063] 高压喷煤枪 1 把优质煤粉高压喷入铁水熔池中，形成过饱和铁水并有高温碳颗粒的熔池界面终还原区 (A)；喷入铁水和渣铁界面的煤或焦粉，还原 FeO 产生的 CO 和高温碳颗粒向上运动，直到碳氧枪喷吹区 0.8m 区域熔渣中形成有大量 CO 和高温碳颗粒的第二区熔渣还原区 (B)；碳氧枪 2 向熔渣中部离渣铁界面 1.0 处同时喷入煤粉和氧气，煤粉氧气燃烧产生的热量全部被中氧化度 (40-55%) 的高温熔渣 (1650-1750℃) 吸收，形成第三区中氧化度熔渣加热区 (C)；煤气氧枪 3 向熔渣上部离渣铁界面 1.7m 处喷入氧气，熔渣中由下部的高压煤枪和碳氧枪产生的 CO 和剩余高温碳颗粒上升至此被氧燃烧，产生的高热量全部被高氧化度 (75-100%) 的高温熔渣 (1400-1600℃) 吸收，形成第四区高氧化度熔融加热区 (D)；第四区高氧化度加热熔融区的顶部由于不断加入的铁矿石块或球团 (预热到 1000-1200℃) 的熔融吸热，使第四区上半区主要是铁矿石加热熔融区 (D1)，由于矿石熔融吸热使其温度有所降低 (1400-1500℃)；下半区主要是高氧化度熔渣加热区 (D2) (1500-1600℃)。

[0064] 竖炉把铁矿石块 (5-50mm、比重 1.8-2.2)，由竖炉预热到 1000℃，通过上料车 7 和高温串罐式布料器 6 加入到熔炼炉 5 中熔渣第四区上半区铁矿石快速加热熔融区，铁矿石进入并飘浮在最上部的厚熔渣 (比重为 2.5-2.7) 中并被快速加热，熔化成液态铁氧化物 (1400-1500℃)，液态铁氧化物 (比重为 4.5) 下落穿过氧枪喷吹区高氧化度高温加热区被快速升温 (1500-1600℃)，穿过碳氧枪喷吹的第三区中氧化度熔渣加热区继续升温 (1600-1750℃)，穿过第二区熔渣还原区被逐步还原，还原吸收了热量使温度逐步降低 (1500-1600℃)，进入第一区熔池界面终还原区被终还原，生产出合格铁水 (1450-1470℃，C: 4.3%，Mn: 0.05%，P < 0.015%，S < 0.050%，Si < 0.02%)。铁水由“乙型”出铁口 10 连续出铁到连续炼钢氧化炉 12，熔剂串罐式布料器 121 把造渣熔剂加入到连续炼钢氧化炉，底吹氧透气砖 125 和顶吹氧枪 122 连续吹入氧气对铁水进行脱硫、脱磷、脱碳、提高温度，炼出台格钢。

[0065] 当熔炼炉的厚渣达到 3.0-3.5m 厚时，停止加料 3 分钟后开始出渣，渣到达 1.9 ~ 2.0m 厚时，停止出渣，继续下一个周期的冶炼。

[0066] 铁矿石块加入的同时按吨铁 100 公斤向熔炼炉加入熔剂造渣，对铁水脱硫、脱磷，渣碱度控制在 1.1 ~ 1.3 范围内。

[0067] 实施例 2：

[0068] 原料：铁矿粉生产成球团，焦粉和优质煤粉 (硫磷尽量低，固定碳含量在 77% 以上)，预热设备：链篦机回转窑；

[0069] 本发明的直接熔融还原炼铁设备，包括：球团制球设备、改造后的链篦机回转窑，熔炼炉。制球设备把铁矿粉制成球团，链篦机回转窑利用熔炼炉煤气把氧化球团加热到

1200℃的高温加入到熔炼炉。高压喷煤枪 1 把焦粉高压喷入铁水熔池中,形成过饱和铁水并有高温碳颗粒的熔池界面终还原区,其他同实施例 1。

[0070] 高压喷煤枪 1 安装 6 支枪,布置在炉壁周围合适的位置。高压喷煤枪与渣浴炉侧壁成 α 角, α 角为 45 度夹角。

[0071] 碳氧枪 2 是氧气管道与煤粉管道并列、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料,可插入熔渣中使用。碳氧枪 2 安装 6 支枪,碳氧枪与渣浴炉侧壁成 β 角, β 角为 20 度夹角。

[0072] 氧枪 3 心部管道是氧气、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料,可插入熔渣中使用。氧枪 3 出渣口 9 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.8m 处,安装 9 支枪,布置在炉壁周围合适的位置。氧枪与渣浴炉侧壁成 γ 角, γ 角为 40 度夹角。

[0073] 熔炼炉 (5) 熔池区是圆柱形、熔渣区是圆台形、熔渣上部空间是圆柱形炉子;熔渣上部空间的圆柱形体积是熔渣区圆台形体积的 5 倍;在熔炼炉的底部设有放铁口 11,供大修时使用。熔渣区的圆台形是上大下小的圆台型,上表面的圆周直径是下表面圆周直径的 2.5 倍。

[0074] 实施例 3:

[0075] 原料:铁矿粉 50%,含铁冶金粉尘 50%,优质煤粉(硫磷尽量低,固定碳含量在 77%以上),预热设备:改造后的带式焙烧机;

[0076] 本发明的直接熔融还原炼铁设备,包括:球团制球设备、改造后的带式焙烧机,熔炼炉。

[0077] 高压喷煤枪 1 安装 9 支枪,布置在炉壁周围合适的位置。高压喷煤枪与渣浴炉侧壁成 α 角, α 角为 15 度夹角。

[0078] 碳氧枪 2 是氧气管道与煤粉管道并列、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料,可插入熔渣中使用。碳氧枪 2 安装 9 支枪,碳氧枪与渣浴炉侧壁成 β 角, β 角为 50 度夹角。

[0079] 氧枪 3 心部管道是氧气、外部管道是水冷管、最外层是耐火材料,可插入熔渣中使用。氧枪 3 由出渣口 9 以上的炉壁插入熔渣中离渣铁界面 1.8m 处,安装 12 支枪,布置在炉壁周围合适的位置。氧枪与渣浴炉侧壁成 γ 角, γ 角为 70 度夹角。

[0080] 熔炼炉 (5) 熔池区是圆柱形、熔渣区是圆台形、熔渣上部空间是圆柱形炉子;熔渣上部空间的圆柱形体积是熔渣区圆台形体积的 4 倍;在熔炼炉的底部设有放铁口 11,供大修时使用。熔渣区的圆台形是上大下小的圆台型,上表面的圆周直径是下表面圆周直径的 3 倍。

[0081] 含铁冶金粉尘:氧化铁皮、高炉除尘灰、转炉除尘灰、电炉除尘灰、烧结球团除尘灰等中的一种或几种的混合粉。

[0082] 制球设备把铁矿粉 50%和含铁冶金粉尘 50%生产出球团,改造后的带式焙烧机利用熔炼炉煤气把氧化球团加热到 1200℃的高温加入到熔炼炉。其他同实施例 1。

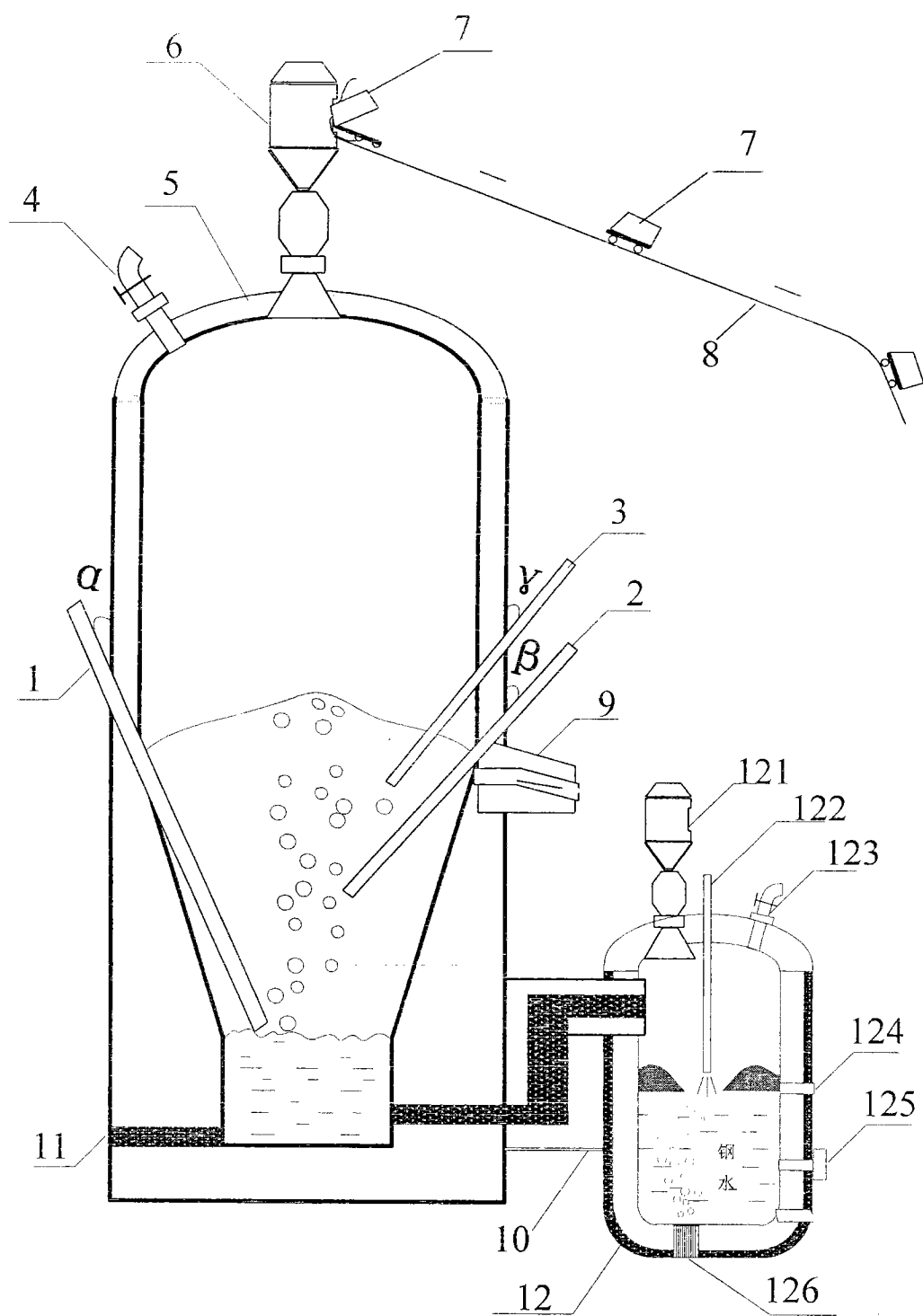


图 1

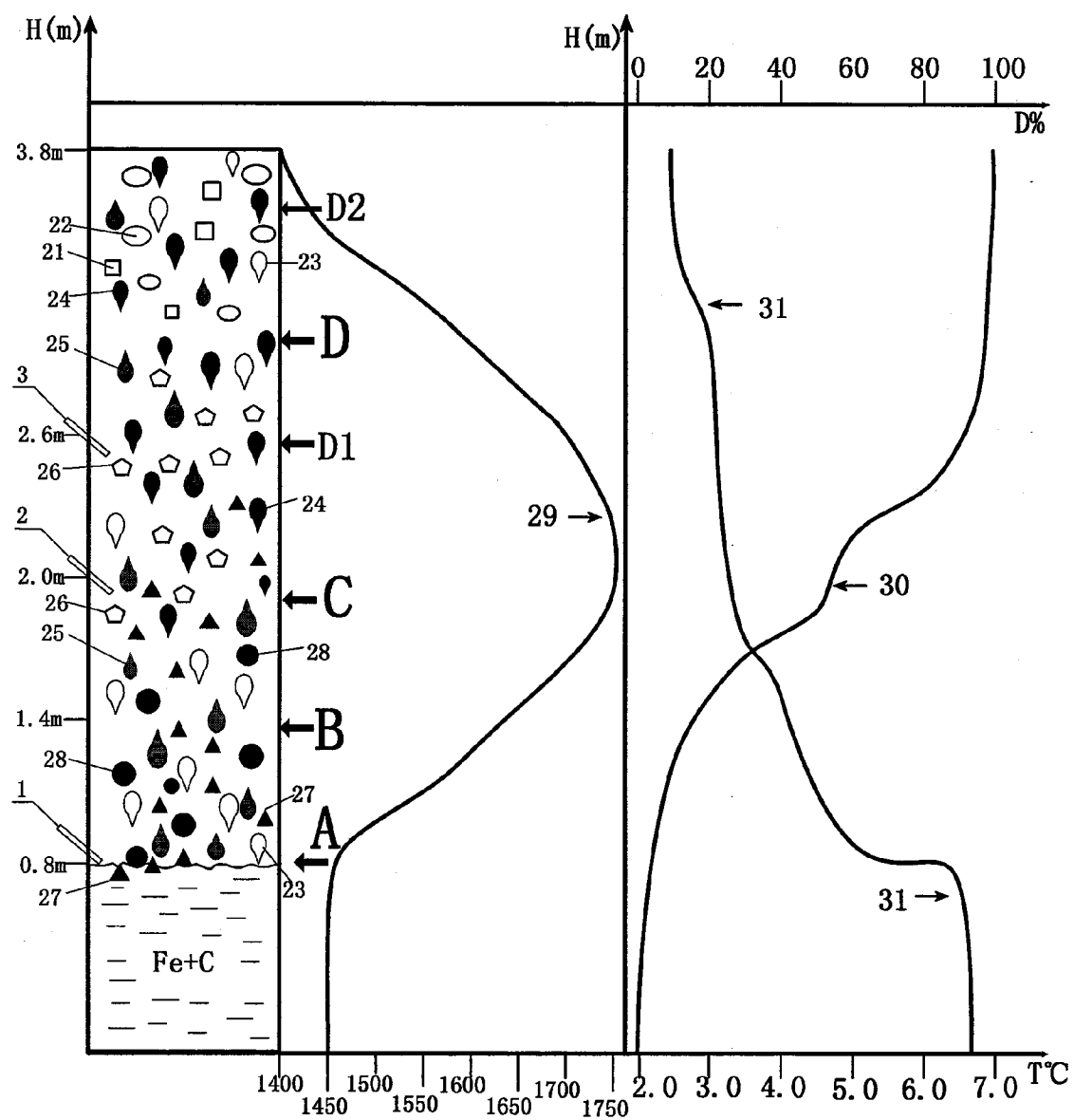


图 2