



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109991125 A

(43)申请公布日 2019.07.09

(21)申请号 201910408259.2

(22)申请日 2019.05.16

(71)申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区正街174号

(72)发明人 白晨光 宋家齐 游志雄 周凯
刘勇杰 吕学伟 邱贵宝 张生富
扈玫珑 徐健 余文轴 邓青宇

(74)专利代理机构 重庆晟轩知识产权代理事务
所(普通合伙) 50238

代理人 王海凤

(51)Int.Cl.

G01N 11/00(2006.01)

G01N 25/04(2006.01)

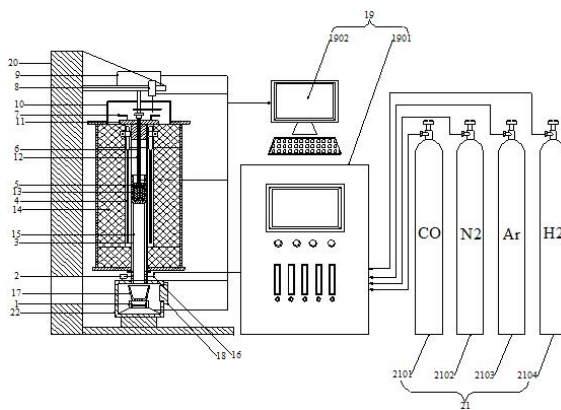
权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种变压式软熔滴落性能测试方法及设备

(57)摘要

本发明公开了一种变压式软熔滴落性能测试方法及设备,该变压式软熔滴落性能测试方法包括以下步骤:试样准备、装样、程序升温控制、气体成分控制、压力控制及数据采集;该变压式软熔滴落性能测试设备包括加压装置、熔滴炉炉体、控制系统、支撑架、供气系统和收集装置,支撑架的一侧设置有所述熔滴炉炉体,所述熔滴炉炉体的底端设置有与所述支撑架底部连接的所述收集装置,所述控制系统与所述供气系统之间通过管道连接。该设备可以对炉料所施加荷重压力进行改变,实验过程随着温度的升高,对炉料施加的荷重压力会逐渐变化,用本发明方法和设备得到的高炉炉料熔滴性能参数更能客观反映高炉内部的实际情况。



1. 一种变压式软熔滴落性能测试方法,其特征在于,包括如下步骤:

S100: 试样准备: 分别称取实验所需的实验样品含铁炉料和焦炭,将所述含铁炉料和所述焦炭放置于干燥箱中干燥;

S200: 装样: 向预先准备好的石墨坩埚中加入干燥后的部分焦炭,并平整施加压力,该层焦炭层为下层焦炭层,测试所述下层焦炭层的厚度;再向所述石墨坩埚中加入干燥后的含铁炉料,并平整施加压力,测试所述含铁炉料厚度;再向所述石墨坩埚内,含铁炉料的表面加入部分焦炭,平整后,与上层焦炭层表面施加初始荷重压力;

S300: 程序升温控制: 将上述石墨坩埚放置预先配置好的熔滴炉内施加压力并升温;

S400: 气体成分控制: 当所述熔滴炉开始升温即通入保护氮气;当温度升至900℃且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气混合气体;当升温结束后立即切换为氮气,在氮气气氛下降温至500℃以下,随后停止通入氮气;

S500: 压力控制: 温度在900℃以内时,保持0.5~1Kg/cm²的初始荷重压力,随后压力以0~0.05 Kg/cm²·s的速度增加;

S600: 数据采集,所述温度传感器采集实验样品的温度信号,并传至处理器,所述位移变送器采集试验样品的位移信号,并传至处理器,加压装置的压力信号直接传至处理器,滴落物重量传感器采集滴落物的重量信号,并传至处理器;

S700: 所述处理器根据S600传输的数据,计算软熔滴落特定温度区间和软熔带厚度,其中特定温度区间是指软化区间 ΔT_1 ,融滴区间 ΔT_2 和软熔区间 ΔT_3 ;

软化区间 ΔT_1 : 软化终了与软化开始温度的差,即 $T_{40}-T_{10}$;

融滴区间 ΔT_2 : 滴落温度与熔化开始温度的差,即 T_d-T_s ;

软熔区间 ΔT_3 : 滴落温度与软化开始温度的差,即 T_d-T_{10} ;

软熔带厚度 ΔH : $\Delta H=H_d-H_s$;

其中, T_{10} 软化开始温度,即实验样品收缩率为10%时的温度, T_{40} 表示软化终了温度,即实验样品收缩率40%时的温度; T_s 表示熔化开始温度,即压差陡升时拐点温度, T_d 表示滴落温度,即实验样品开始滴落时的温度。

2. 如权利要求1所述的变压式软熔滴落性能测试方法,其特征在于,所述S100中称取的含铁炉料和焦炭粒度均为10-12.5mm,铁炉料和焦炭的质量分别为500g,干燥箱的干燥温度为 $100\pm 10^\circ\text{C}$ 。

3. 根据权利要求1所述的变压式软熔滴落性能测试方法,其特征在于,所述S200中,所述下层焦炭层的焦炭质量为100g,下层焦炭层平整后施加0.5Kg/cm²的压力;

所述含铁炉料平整后施加0.5Kg/cm²的压力;

所述上层焦炭层的焦炭质量为50g,上层焦炭层表面施加0.5Kg/cm²的初始荷重压力。

4. 根据权利要求1所述的变压式软熔滴落性能测试方法,其特征在于,所述S300中以10℃/min的升温速率由室温升至900℃时,于900℃保温30min;当温度高于900℃时,以5℃/min的升温速率升至1500℃并停止升温。

5. 根据权利要求1所述的变压式软熔滴落性能测试方法,其特征在于,所述S400中开始通入氮气的流量为5L/min;当温度升至900℃且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气的混合气体,混合气体的总流量为10L/min,且混合气体中一氧化碳与所述氮气比例为3:7;升温结束后,在流量为5L/min的氮气气氛下降温。

6. 一种变压式软熔滴落性能测试设备,其特征在于,所述权利要求1限定的变压式软熔滴落性能测试方法使用该变压式软熔滴落性能测试设备进行;

所述设备包括支撑架(20)、加压装置(9)、熔滴炉炉体(14)、收集装置(22)、供气系统(21)和控制系统(19);

支撑架(20):所述支撑架(20)的截面为L形结构;

熔滴炉炉体(14):所述熔滴炉炉体(14)设置在所述支撑架(20)的一侧;

所述熔滴炉炉体(14)的顶端设置有排风罩(10),在熔滴炉炉体(14)炉膛顶端且位于所述排风罩(10)内设置有隔热套环(11),隔热套环(11)与熔滴炉炉体(14)炉膛同轴设置;

所述熔滴炉炉体(14)炉膛内设有石墨支管(3),所述石墨支管(3)的底端贯穿所述熔滴炉炉体(14)底端,所述石墨支管(3)的外侧设有U型硅钼棒(4),所述U型硅钼棒(4)的顶部与熔滴炉炉体(14)炉膛内壁固定连接;

所述石墨支管(3)内侧设有石墨坩埚(13),且石墨坩埚(13)位于石墨支管(3)长度方向的中部,所述石墨坩埚(13)内部设置有石墨压头(5),所述石墨压头(5)顶端连接有石墨压杆(12),所述石墨压杆(12)的顶端依次贯穿所述隔热套环(11)及所述排风罩(10);

所述石墨压杆(12)内部套设有热电偶(6);

所述石墨坩埚(13)的底端设置有刚玉护管(15),且所述刚玉护管(15)的底端贯穿所述熔滴炉炉体(14)的底端;

所述石墨支管(3)上且位于所述熔滴炉炉体(14)底部与所述收集装置(22)顶部之间设置有进气口(16)和压差变送器(2);

加压装置(9):所述加压装置(9)设置在熔滴炉炉体(14)的上方,且加压装置(9)与支撑架(20)的侧壁连接;

所述石墨压杆(12)的顶端与加压装置(9)的压力输出件连接;

所述加压装置(9)的一侧设置有位移变送器(8),所述位移变送器(8)的检测端通过连接杆与石墨压杆(12)连接,用于检测石墨压杆(12)的位移;

收集装置(22):所述收集装置(22)设置在熔滴炉炉体(14)的下方,且收集装置(22)与支撑架(20)的底部固定连接;

所述收集装置(22)的顶部与石墨支管(3)的底端密封连接;

所述收集装置(22)内设有电子天平(1),所述电子天平(1)上设有收集坩埚(17);

供气系统(21):所述供气系统(21)包括相互并联的一氧化碳气瓶(2101)和氮气气瓶(2102);

控制系统(19):所述控制系统(19)包括气氛控制柜(1901)和控制器(1902),

所述气氛控制柜(1901)与供气系统(21)之间通过管道连接,所述气氛控制柜(1901)的出气口与所述进气口(16)连通;

所述控制器(1902)的信号输入端分别与位移变送器(8)的信号输出端,加压装置(9)的信号输出端,热电偶(6)的信号输出端,压差变送器(2)的信号输出端和电子天平(1)的信号输出端连接。

7. 根据权利要求6所述的变压式软熔滴落性能测试设备,其特征在于,还包括冷却水管(7),所述冷却水管(7)顶部位于排风罩(10)内,冷却水管(7)的底部穿过隔热套环(11),冷却水管(7)位于石墨压杆(12)的外侧。

8. 根据权利要求6或7所述的变压式软熔滴落性能测试设备,其特征在于,所述加压装置(9)为液压式加压装置、电机结合压力杆或其他可以改变压力的加压设备中的至少一种,且所述加压装置(9)压力的控制范围为0-10Kg/cm²。

9. 根据权利要求6所述的变压式软熔滴落性能测试设备,其特征在于,所述收集装置(22)的一侧开设有窥孔(18)。

10. 根据权利要求8所述的变压式软熔滴落性能测试设备,其特征在于,所述供气系统(21)还包括氩气气瓶(2103)和氢气气瓶(2104);

所述一氧化碳气瓶(2101)、氮气气瓶(2102)、氩气气瓶(2103)和氢气气瓶(2104)相互并联;

所述一氧化碳气瓶(2101)与所述氮气气瓶(2102)、所述氩气气瓶(2103)及所述氢气气瓶(2104)的顶部分别均设置有减压阀和质量流量计。

一种变压式软熔滴落性能测试方法及设备

技术领域

[0001] 本发明涉及钢铁冶金领域,具体来说,涉及一种变压式软熔滴落性能测试方法及设备。

背景技术

[0002] 由于高炉炉料(包括烧结矿、球团矿及块矿)不是纯物质的晶体,所以它们没有统一的熔点,而是具有一定范围的软熔区间。高炉炉料在下降过程中,随着温度的升高,炉料先开始会受热膨胀,然后开始软化,软化结束后炉料随着温度进一步升高和还原,炉料会开始熔化。在熔渣和金属聚集成液滴前,软熔带的透气性会逐渐变差,阻挡还原气体流过,故会出现很大的压差。当熔渣和金属聚集成液滴后,液体由软熔带滴落进入炉缸。在这过程中高炉炉料的熔滴性能决定了软熔带的位置、厚度及形状,进而会影响到高炉煤气的分布、料柱的透气性以及高炉的顺行,从而影响整个高炉冶炼过程。目前,国内外对高炉炉料的熔滴性能的测定一般通过荷重软熔滴落实验,因此,使用能客观反映高炉内部实际情况的荷重软熔滴落实验装置及方法意义重大。

[0003] 荷重软熔滴落实验主要测定高炉炉料的各种软熔性能指标。最新发布的铁矿石高温荷重还原软熔滴落性能测试方法(GB/T34211-2017)中,规定试验过程炉料的重量约为500g,炉料的荷重压力恒定为 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 。同时该方法规定料柱收缩率达10%和40%的时候对应的温度分别为软化开始温度和软化終了温度,二者之间的温度区间为软化区间,压差陡升时候对应的温度为熔化开始温度,与滴落温度之间的温度区间为熔融区间,软化开始温度与滴落温度之间的温度区间为软熔区间,对熔滴温度区间内的压差进行积分得到熔滴性能总体特征值S,与软化温度区间、熔滴温度区间的测定参数来共同表达高炉炉料的软熔滴落性能。

[0004] 然而,尽管发布了最新的国标文件,但是不同高校和研究单位依旧会根据各自需求采用不同的荷重软熔滴落实验装置及方法。测试过程由于坩埚内径、荷重压力、升温制度、气体流速等的差异,导致测试结果存在非常大的区别,无法反映炉料在炉内的真正行为。发明专利CN107543777A中公开了一种高炉含铁炉料软熔滴落特性的测试装置及方法,它包括熔滴炉、加热装置、石墨压杆、热电偶、取样箱、自动控制装置(升降机构、荷重、位移变送器以及供气系统)。该方法使用的石墨坩埚为2kg级;所述的石墨压杆为活塞式石墨压杆,荷重一端与活塞式石墨压杆连接,另一端与吊装钢丝绳连接,试验过程所采用的荷重为 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

[0005] 发明专利CN102213548B中公开了一种测定铁矿石熔滴性能装置,该装置炉体由耐高温的材料制作而成,中间形成个封闭状的炉膛,在炉膛外面设置有加热装置,在炉体的上面,设置有空心石墨压杆,空心石墨压杆穿过炉体进入炉膛内,在空心石墨压杆内放置热电偶,热电偶的下端穿过石墨坩埚内的石墨压头与矿石试样接触,能够准确测定物料的温度;并且在炉体下面设置测量用的摄像头,通过经摄像头拍摄上传至计算机的图片即可准确的判定滴落的时间点。此外,发明专利CN104099436B中公开了一种观测高炉炉料熔滴过程的

方法及系统,用于观测高炉炉料软熔过程的各个阶段,在不同阶段分别经计算机数据图像处理系统接收高温熔滴炉料试样进入对应阶段的时刻信息并在接收后控制X射线源发射射线,射线穿过含铁炉料后形成投影成像,探测器接收到数据后传递至计算机,计算机将其转化为图像信息后显示。该观测方法可直接反映炉料试样在对应特征温度下的状态及形状。

[0006] 在高炉冶炼过程,由于料柱自身具有一定重力,对下部炉料将产生压力,因此,此实验过程必须考虑高炉冶炼状态下软熔带的负荷,以上实验方法在整个实验过程中都对试样施加了恒定的荷重(从 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ - $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 不等)。然而,以上实验装置中,对炉料所施加荷重压力均为定值,实际高炉冶炼状态下软熔带的负荷会随着料位和炉顶压力等不停地变化,与高炉实际生产情况不符,故无法客观展示高炉内部实际情况。因此,亟需一种可变压荷重软熔滴落实验的装置及方法。实验过程随着温度的升高,对炉料施加的荷重压力会逐渐变化,用这种装置和方法得到的高炉炉料熔滴性能的参数更能客观反映高炉内部的实际情况。

[0007] 针对相关技术中的问题,目前尚未提出有效的解决方案。

发明内容

[0008] 针对现有技术存在的上述问题,本发明提出一种变压式软熔滴落性能测试方法及设备。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:一种变压式软熔滴落性能测试方法,包括如下步骤:

S100: 试样准备:分别称取实验所需的实验样品含铁炉料和焦炭,将所述含铁炉料和所述焦炭放置于干燥箱中干燥;

S200: 装样:向预先准备好的石墨坩埚中加入干燥后的部分焦炭,并平整施加压力,该层焦炭层为下层焦炭层,测试所述下层焦炭层的厚度;再向所述石墨坩埚中加入干燥后的含铁炉料,并平整施加压力,测试所述含铁炉料厚度;再向所述石墨坩埚内,含铁炉料的表面加入部分焦炭,平整后,与上层焦炭层表面施加初始荷重压力;

S300: 程序升温控制:将上述石墨坩埚放置预先配置好的熔滴炉内施加压力并升温;

S400: 气体成分控制:当所述熔滴炉开始升温即通入保护氮气;当温度升至 900°C 且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气混合气体;当升温结束后立即切换为氮气,在氮气气氛下降温至 500°C 以下,随后停止通入氮气;

S500: 压力控制:温度在 900°C 以内时,保持 $0.5\sim 1\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的初始荷重压力,随后压力以 $0\sim 0.05\text{ Kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 的速度增加;

S600: 数据采集,所述温度传感器采集实验样品的温度信号,并传至处理器,所述位移变送器采集试验样品的位移信号,并传至处理器,加压装置的压力信号直接传至处理器,滴落物重量传感器采集滴落物的重量信号,并传至处理器;

S700: 所述处理器根据S600传输的数据,计算软熔滴落特定温度区间和软熔带厚度,其中特定温度区间是指软化区间 ΔT_1 ,融滴区间 ΔT_2 和软熔区间 ΔT_3 ;

软化区间 ΔT_1 :软化终了与软化开始温度的差,即 $T_{40}-T_{10}$;

融滴区间 ΔT_2 :滴落温度与熔化开始温度的差,即 T_d-T_s ;

软熔区间 ΔT_3 :滴落温度与软化开始温度的差,即 T_d-T_{10} ;

软熔带厚度 ΔH : $\Delta H=H_d-H_s$;

其中, T_{10} 软化开始温度,即实验样品收缩率为10%时的温度, T_{40} 表示软化终了温度,即实验样品收缩率40%时的温度; T_s 表示熔化开始温度,即压差陡升时拐点温度 T_d 表示滴落温度,即实验样品开始滴落时的温度。

[0010] 作为改进,所述S100中称取的含铁炉料和焦炭粒度均为10-12.5mm,铁炉料和焦炭的质量分别为500g,干燥箱的干燥温度为 $100\pm 10^\circ\text{C}$ 。

[0011] 作为改进,所述S200中,所述下层焦炭层的焦炭质量为100g,上层焦炭层平整后施加 $0.5\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的压力;

所述含铁炉料平整后施加 $0.5\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的压力;

所述下层焦炭层的焦炭质量为50g,上层焦炭层表面施加 $0.5\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的初始荷重压力。

[0012] 作为改进,所述S300中以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率由室温升至 900°C 时,于 900°C 保温30min;当温度高于 900°C 时,以 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升至 1500°C 并停止升温。

[0013] 作为改进,所述S400中开始通入氮气的流量为 $5\text{L}/\text{min}$;当温度升至 900°C 且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气的混合气体,混合气体的总流量为 $10\text{L}/\text{min}$,且混合气体中一氧化碳与所述氮气比例为3:7;升温结束后,在流量为 $5\text{L}/\text{min}$ 的氮气气氛下降温。

[0014] 一种变压式软熔滴落性能测试设备,上述的变压式软熔滴落性能测试方法使用该变压式软熔滴落性能测试设备进行;

该设备包括支撑架、加压装置、熔滴炉炉体、收集装置、供气系统和控制系统;

支撑架:所述支撑架的截面为L形结构;

熔滴炉炉体:所述熔滴炉炉体设置在所述支撑架的一侧;

所述熔滴炉炉体的顶端设置有排风罩,在熔滴炉炉体炉膛顶端且位于所述排风罩内设置有隔热套环,隔热套环与熔滴炉炉体炉膛同轴设置;

所述熔滴炉炉体炉膛内设有石墨支管,所述石墨支管的底端贯穿所述熔滴炉炉体底端,所述石墨支管的外侧设有U型硅钼棒,所述U型硅钼棒的顶部与熔滴炉炉体炉膛内壁固定连接;

所述石墨支管内侧设有石墨坩埚,且石墨坩埚位于石墨支管长度方向的中部,所述石墨坩埚内部设置有石墨压头,所述石墨压头顶端连接有石墨压杆,所述石墨压杆的顶端依次贯穿所述隔热套环及所述排风罩;

所述石墨压杆内部套设有热电偶;

所述石墨坩埚的底端设置有刚玉护管,且所述刚玉护管的底端贯穿所述熔滴炉炉体的底端;

所述石墨支管上且位于所述熔滴炉炉体底部与所述收集装置顶部之间设置有进气口和压差变送器;

加压装置:所述加压装置设置在熔滴炉炉体的上方,且加压装置与支撑架的顶端与加压装置的压力输出件连接;

所述加压装置的一侧设置有位移变送器,所述位移变送器的检测端通过连接杆与石墨压杆连接,用于检测石墨压杆的位移;

收集装置:所述收集装置设置在熔滴炉炉体的下方,且收集装置与支撑架的底部固定

连接;

所述收集装置的顶部与石墨支管的底端密封连接;

所述收集装置内设有电子天平,所述电子天平上设有收集坩埚;

供气系统:所述供气系统包括相互并联的一氧化碳气瓶和氮气气瓶;

控制系统:所述控制系统包括气氛控制柜和控制器,

所述气氛控制柜与供气系统之间通过管道连接,所述气氛控制柜的出气口与所述进气口连通;

所述控制器的信号输入端分别与位移变送器的信号输出端,加压装置的信号输出端,热电偶的信号输出端,压差变送器的信号输出端和电子天平的信号输出端连接。

[0015] 作为改进,还包括冷却水管,所述冷却水管顶部位于排风罩内,冷却水管的底部穿过隔热套环,冷却水管位于石墨压杆的外侧。

[0016] 作为改进,所述加压装置为液压式加压装置、电机结合压力杆或其他可以改变压力的加压设备中的至少一种,且所述加压装置压力的控制范围为0-10Kg/cm²。

[0017] 作为改进,所述收集装置的一侧开设有窥孔。窥孔主要用于观察收集室内部熔滴过程的滴落性况。

[0018] 作为改进,所述供气系统还包括氩气气瓶和氢气气瓶;

所述一氧化碳气瓶、氮气气瓶、氩气气瓶和氢气气瓶相互并联;所述一氧化碳气瓶与所述氮气气瓶、所述氩气气瓶及所述氢气气瓶的顶部分别均设置有减压阀和质量流量计。氢气可用于调整还原气体的组成,氩气主要用于改变冷却气体的成分,以排除冷却过程氮气对还原产物的影响。

[0019] 与现有技术相比,本发明至少具有如下技术效果:

1、本发明方法的测试过程荷重在不断变化,而传统方法的负荷在试验过程保持不变,得到的熔滴性能的参数更能客观反映高炉内部的实际情况。

[0020] 2、本发明在试验装置采用加压装置代替了传统质量固定的荷重砝码;且采用质量流量计、光栅位移传感器等精密仪器使试验过程的程序控制和数据采集更加精确。另外,本发明采用变压式测试方法和装置,与实际的高炉生产过程更加接近,可大幅度提高测试结果的准确性和可靠性,更有利于指导高炉生产。

附图说明

[0021] 图1是根据本发明实施例的一种变压式软熔滴落性能测试设备的结构示意图。

[0022] 图中:1-电子天平;2-压差变送器;3-石墨支管;4-U型硅钼棒;5-石墨压头;6-热电偶;7-冷却水管;8-位移变送器;9-加压装置;10-排风罩;11-隔热套环;12-石墨压杆;13-石墨坩埚;14-熔滴炉炉体;15-刚玉护管;16-进气口;17-收集坩埚;18-窥孔;19-控制系统;1901-控制柜;1902-计算机;20-支撑架;21-供气系统;2101-一氧化碳气瓶;2102-氮气气瓶;2103-氩气气瓶;2104-氢气气瓶;22-收集装置。

具体实施方式

[0023] 为进一步说明各实施例,本发明提供有附图,这些附图为本发明揭露内容的一部分,其主要用以说明实施例,并可配合说明书的相关描述来解释实施例的运作原理,配合参

考这些内容,本领域普通技术人员应能理解其他可能的实施方式以及本发明的优点,图中的组件并未按比例绘制,而类似的组件符号通常用来表示类似的组件。

[0024] 实施例1:一种变压式软熔滴落性能测试方法,包括如下步骤:

S100:试样准备:分别称取实验所需的实验样品含铁炉料和焦炭,将所述含铁炉料和所述焦炭放置于干燥箱中干燥;

作为改进,所述S100中称取的含铁炉料和焦炭粒度均为10-12.5mm,铁炉料和焦炭的质量分别为500g,干燥箱的干燥温度为 $100\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。焦炭的质量500g,误差为 ± 1 粒。

[0025] S200:装样:向预先准备好的石墨坩埚中加入干燥后的部分焦炭,并平整施加压力,该层焦炭层为下层焦炭层,测试所述下层焦炭层的厚度;再向所述石墨坩埚中加入干燥后的含铁炉料,并平整施加压力,测试所述含铁炉料厚度;再向所述石墨坩埚内,含铁炉料的表面加入部分焦炭,平整后,与上层焦炭层表面施加初始荷重压力;

作为改进,所述S100中称取的含铁炉料和焦炭粒度均为10-12.5mm,铁炉料和焦炭的质量分别为500g,干燥箱的干燥温度为 $100\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。焦炭的质量500g,误差为 ± 1 粒。

[0026] S300:程序升温控制:将上述石墨坩埚放置预先配置好的熔滴炉内施加压力并升温;

作为改进,所述S300中以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率由室温升至 900°C 时,于 900°C 保温30min;当温度高于 900°C 时,以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升至 1500°C 并停止升温。

[0027] S400:气体成分控制:当所述熔滴炉开始升温即通入保护氮气;当温度升至 900°C 且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气混合气体;当升温结束后立即切换为氮气,在氮气气氛下降温至 500°C 以下,随后停止通入氮气;

作为改进,所述S400中开始通入氮气的流量为 $5\text{L}/\text{min}$;当温度升至 900°C 且恒温30min后,通入一氧化碳、氮气的混合气体,混合气体的总流量为 $10\text{L}/\text{min}$,且混合气体中一氧化碳与所述氮气比例为3:7;升温结束后,在流量为 $5\text{L}/\text{min}$ 的氮气气氛下降温。

[0028] S500:压力控制:温度在 900°C 以内时,保持 $0.5\sim 1\text{Kg}/\text{cm}^2$ 的初始荷重压力,随后压力以 $0\sim 0.05\text{Kg}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ 的速度增加;

S600:数据采集,所述温度传感器采集实验样品的温度信号,并传至处理器,所述位移变送器采集试验样品的位移信号,并传至处理器,加压装置的压力信号直接传至处理器,滴落物重量传感器采集滴落物的重量信号,并传至处理器;具体实施时,温度传感器为热电偶。

[0029] S700:所述处理器根据S600传输的数据,计算软熔滴落特定温度区间和软熔带厚度,其中特定温度区间是指软化区间 ΔT_1 ,融滴区间 ΔT_2 和软熔区间 ΔT_3 ;

软化区间 ΔT_1 :软化终了与软化开始温度的差,即 $T_{40}-T_{10}$;

融滴区间 ΔT_2 :滴落温度与熔化开始温度的差,即 T_d-T_s ;

软熔区间 ΔT_3 :滴落温度与软化开始温度的差,即 T_d-T_{10} ;

软熔带厚度 ΔH : $\Delta H=H_d-H_s$;

其中, T_{10} 软化开始温度,即实验样品收缩率为10%时的温度, T_{40} 表示软化终了温度,即实验样品收缩率40%时的温度; T_s 表示熔化开始温度,即压差陡升时拐点温度即压差为 0.98kPa 时的温度, T_d 表示滴落温度,即实验样品开始滴落时的温度。

[0030] 实际高炉冶炼状态下软熔带的负荷会随着料位和炉顶压力等不停地变化,本发明

方法可以对炉料所施加荷重压力进行改变,实验过程随着温度的升高,对炉料施加的荷重压力会逐渐变化,用本发明得到的高炉炉料熔滴性能的参数更能客观反映高炉内部的实际情况。

[0031] 实施例2:如图1所示,一种变压式软熔滴落性能测试设备,该变压式软熔滴落性能测试设备包括支撑架20、加压装置9、熔滴炉炉体14、收集装置22、供气系统21和控制系统19;

支撑架20:所述支撑架20的截面为L形结构;

熔滴炉炉体14:所述熔滴炉炉体14设置在所述支撑架20的一侧;

所述熔滴炉炉体14的顶端设置有排风罩10,在熔滴炉炉体14炉膛顶端且位于所述排风罩10内设置有隔热套环11,隔热套环11与熔滴炉炉体14炉膛同轴设置;

具体地,熔滴炉炉体14的炉膛直径为100mm。

[0032] 所述熔滴炉炉体14炉膛内设有石墨支管3,所述石墨支管3的底端贯穿所述熔滴炉炉体14底端,所述石墨支管3的外侧设有U型硅钼棒4,所述U型硅钼棒4的顶部与熔滴炉炉体14炉膛内壁固定连接;

所述石墨支管3内侧设有石墨坩埚13,且石墨坩埚13位于石墨支管3长度方向的中部,所述石墨坩埚13内部设置有石墨压头5,所述石墨压头5顶端连接有石墨压杆12,所述石墨压杆12的顶端依次贯穿所述隔热套环11及所述排风罩10;

所述石墨压杆12内部套设有热电偶6;

所述石墨坩埚13的底端设置有刚玉护管15,且所述刚玉护管15的底端贯穿所述熔滴炉炉体14的底端;

所述石墨支管3上且位于所述熔滴炉炉体14底部与所述收集装置22顶部之间设置有进气口16和压差变送器2;具体实施时,所述位移变送器2为光栅位移变送器,代替传统的标尺,精度更高。

[0033] 加压装置9:所述加压装置9设置在熔滴炉炉体14的上方,且加压装置9与支撑架20的侧壁连接;

所述石墨压杆12的顶端与加压装置9的压力输出件连接;

所述加压装置9的一侧设置有位移变送器8,所述位移变送器8的检测端通过连接杆与石墨压杆12连接,用于检测石墨压杆12的位移;

具体实施时,所述加压装置9为液压式加压装置、电机结合压力杆或其他可以改变压力的加压设备中的至少一种,且所述加压装置9压力的控制范围为0-10Kg/cm²。

[0034] 收集装置22:所述收集装置22设置在熔滴炉炉体14的下方,且收集装置22与支撑架20的底部固定连接;

所述收集装置22的顶部与石墨支管3的底端密封连接;

所述收集装置22内设有电子天平1,所述电子天平1上设有收集坩埚17;

作为改进,所述收集装置22的一侧开设有窥孔18。

[0035] 供气系统21:所述供气系统21包括相互并联的一氧化碳气瓶2101和氮气气瓶2102;

作为改进,所述供气系统21还包括氩气气瓶2103和氢气气瓶2104;

所述一氧化碳气瓶2101、氮气气瓶2102、氩气气瓶2103和氢气气瓶2104相互并联;

所述一氧化碳气瓶2101与所述氮气气瓶2102、所述氩气瓶2103及所述氢气气瓶2104的顶部分别均设置有减压阀和质量流量计。

[0036] 控制系统19:所述控制系统19包括气氛控制柜1901和控制器1902,

所述气氛控制柜1901与供气系统21之间通过管道连接,所述气氛控制柜1901的出气口与所述进气口16连通;

所述控制器1902的信号输入端分别与位移变送器8的信号输出端,加压装置9的信号输出端,热电偶6的信号输出端,压差变送器2的信号输出端和电子天平1的信号输出端连接。

[0037] 所述控制器1902用于接收位移变送器8的信号输出的位移信号,加压装置9传送的压力信号,温度传感器传递的温度信号和滴落物重量传感器传送的滴落物的重量信号,并对接收的信号进行处理。

[0038] 作为改进,该设备还包括冷却水管7,所述冷却水管7顶部位于排风罩10内,冷却水管7的底部穿过隔热套环11,冷却水管7位于石墨压杆12的外侧。

[0039] 该变压式软熔滴落性能测试设备在具体应用时,在石墨坩埚13的底部先加入实验试样,在隔热套环11打开的同时将盛有实验试样的石墨坩埚13放置熔滴炉炉体14内部中刚玉护管15的顶端,并通过控制柜1901控制加压装置9向石墨压杆12施加压力后控制热电偶6开始升温,以10/min由室温升至900℃时,于900℃保温30min;高于900℃,升温速率5℃/min,当温度达到1500℃时停止升温;熔滴炉炉体14开始升温即通过控制柜1901控制氮气气瓶2102从石墨坩埚13底部进入并与炉料接触通入保护氮气,流量为5L/min;当温度升至900℃且恒温30min后,通过控制柜1901控制氮气气瓶2102和一氧化碳气瓶2101通入一氧化碳、氮气混合气体(总流量为10 L/min,比例为30%CO+70%N₂);恒温结束后立即通过控制柜1901控制氮气气瓶2102通入氮气,在流量为5L/min的氮气气氛下降温至500℃以下,随后停止通入氮气;当温度在900℃以内时,使加压装置9保持0.5-1Kg/cm²的初始荷重压力,随后压力以0-0.05 Kg/cm²·s的速度匀速增加;由计算机1902自动采集试验过程中的温度、压力、位移变化,以及滴落物的重量变化。

[0040] 综上所述,借助于本发明的上述技术方案,实际高炉冶炼状态下软熔带的负荷会随着料位和炉顶压力等不停地变化,本发明可以对炉料所施加荷重压力进行改变,实验过程随着温度的升高,对炉料施加的荷重压力会逐渐变化,用本发明得到的高炉炉料熔滴性能的参数更能客观反映高炉内部的实际情况。

[0041] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

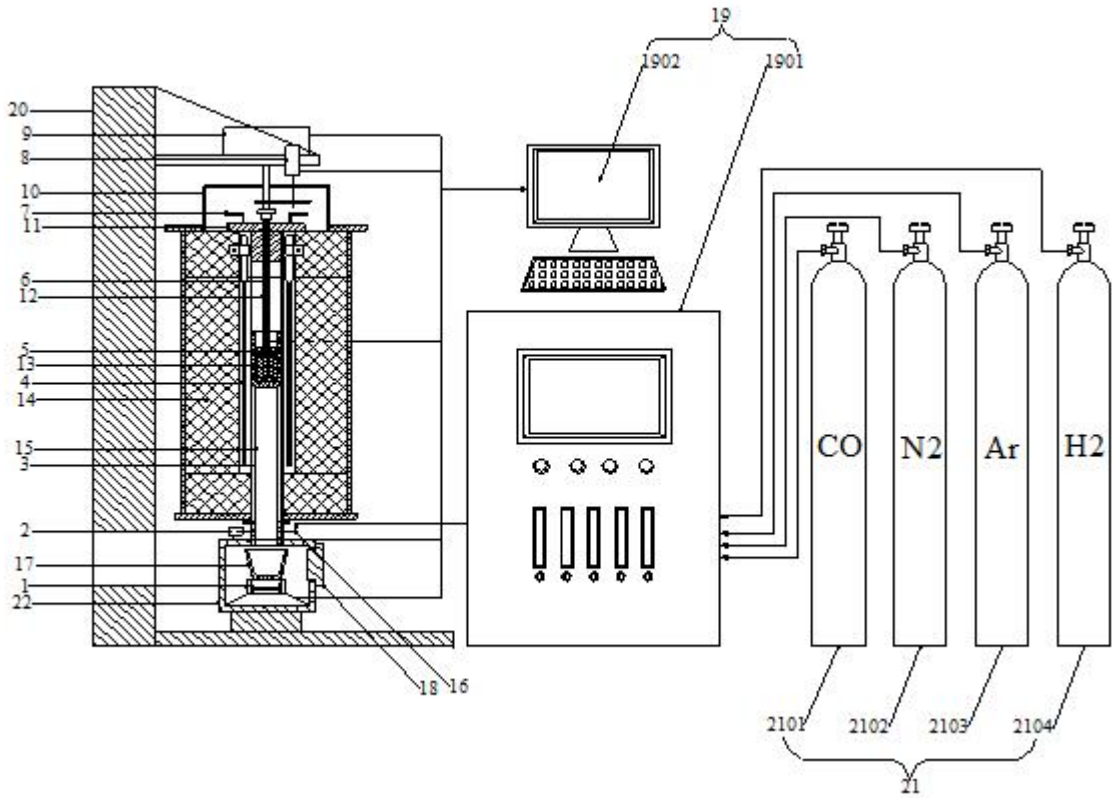


图1