



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111100961 A

(43)申请公布日 2020.05.05

(21)申请号 202010012298.3

(22)申请日 2020.01.07

(71)申请人 武钢集团昆明钢铁股份有限公司
地址 650300 云南省昆明市安宁市金方街
道

(72)发明人 林安川 吴仕波 刘宁斌 胡兴康
罗英杰 王亚力 夏海英 葛居娜

(74)专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理
有限公司 51214

代理人 胡东东

(51)Int.Cl.
G21B 5/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书17页 附图1页

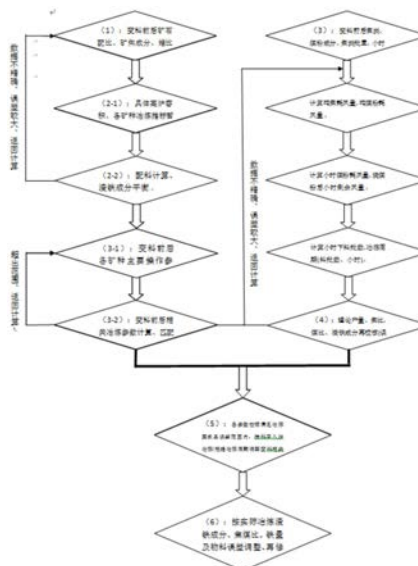
(54)发明名称

普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法

(57)摘要

本发明公开了一种普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,涉及在一个冶炼周期内换料过程中,由高炉适时入炉风量计算出燃烧焦炭数量,进而得出具体冶炼参数条件下的小时料批来确定新的原料料柱准确到达的位置,并结合具体高炉冶炼参数对[Si]、燃料比的影响和不同矿种冶炼参数的变化特点进行控制,精确、稳定地达到变换后新矿种的适宜冶炼参数、渣铁成分、燃料比等指标,本发明解决了普通矿种与钒钛矿种在冶炼中互换时冶炼参数、焦比、碱度平衡、终渣成分、生铁成分控制、冶炼周期等相关联数据相互影响的处理,在确保炉况稳定顺行条件下,快速获取矿种变换后稳定冶炼指标的方法,具有方法简单、控制快速和准确的特点。

CN 111100961 A



1. 一种普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 包括以下步骤:

(1)、变料前配料计算、参数以及指标校核分析: 由高炉容积大小定出常用矿批和焦批, 以及变料前后各种物料化学成分, 根据变料前的冶炼参数, 按照输入的炉料配比先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度进行理论计算, 将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分以及冶炼指标进行校核, 如果误差范围不超过5%, 则继续下一步骤;

(2)、变料后冶炼参数暂定计算、匹配性校核以及调整: 变料后暂定硅含量不变, 根据暂定的硅含量确定综合燃料比, 减少喷煤率0-5%, 然后根据现有计算方式, 计算出变料前后吨焦耗风量、吨煤耗风量、小时料速及冶炼周期;

(3) 变料前后指标、成分再校核及装料调整: 根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后, 对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分进行再校核, 控制误差在常规范围内;

(4)、变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整: 根据上述渣铁平衡测算、指标预测、冶炼参数满足冶炼要求且误差在常规范围内的结果, 按料序入炉冶炼, 过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间调整变料相关参数, 得实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比和铁量;

(5)、实际冶炼结果返回修正: 根据实际冶炼渣铁成分、焦煤比、铁量及物料误差进行调整, 直至变料后冶炼后炉况稳定顺行, 渣铁流动性良好, 热量充沛, 主要参数和指标均在预测范围为止, 然后按照常规出渣、出铁、炉渣、燃料比返回修正计算参数, 矿种互换一个冶炼周期结束。

2. 如权利要求1所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 在步骤1中, 配料时变料前后的具体情况如下:

变料前: 烧结矿为70-75wt%, 普通球团矿为20-25wt%, 低硅块矿为0-5wt%, 合计为100%;

变料后: 烧结矿为68-73wt%, 钒钛球团矿为20-27wt%, 高硅块矿为0-5wt%, 合计为100%。

3. 如权利要求2所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 所述烧结矿成分按质量百分比包括: 51.5-53.0%的Fe、5.5-6.5%的SiO₂、12.0-13.0%的CaO、1.95-2.15%的Al₂O₃、2.3-2.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%、S的量小于0.08%, 堆比重为1.80-1.95t/m³。

4. 如权利要求3所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 所述自产高硅酸性氧化性球团矿成分按质量百分比包括58.5-60.0%的Fe、9.5-11.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%, 堆比重2.3-2.5t/m³。

5. 如权利要求4所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 所述低硅块矿成分按质量百分比包括53.5-55.0%的Fe、3.5-4.5%的SiO₂、1.8-2.1%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.0%的MgO、TiO₂的量小于1.5%, 堆比重2.2-2.4t/m³。

6. 如权利要求5所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法, 其特征在于, 所述高钒钛球团矿成分按质量百分比包括53.0-54.5%的Fe、4.0-5.0%的SiO₂、1.0-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量大于9.5%, 堆比重2.3-

2.5t/m³;所述高硅块矿成分按质量百分比包括52.0-53.5%的Fe、17.0-20.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.1-2.4t/m³。

7.如权利要求6所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,其特征在于,所述焦炭成分按质量百分比包括:83.0-84.0%的C、13.5-14.5%的灰,堆比重0.55-0.65t/m³。

8.如权利要求1-7之一所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,其特征在于,在步骤(1)中,由高炉容积大小定出常用矿批、焦批,根据变料前冶炼参数,按照输入的炉料配比先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度进行理论计算,将计算值与变料前实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标进行校核。

9.如权利要求8所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,其特征在于,在步骤(1)中,如果误差范围超过5%,则需要重新计算各个参数,排查误差较大的产生原因,直至误差范围不超过5%。

10.如权利要求9所述的普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,其特征在于,在步骤(2)中,根据变料前后焦炭含量、煤粉成分、焦炭批重以及小时煤参数,运用现有相对应的计算方法,分别计算出变料前后的吨焦耗风量、吨煤粉耗风量、小时煤粉耗风量、烧煤粉后小时剩余风量、小时下料批数和冶炼周期,最终得到变料前冶炼参数和变料后理论冶炼参数,然后再根据再进行校核和匹配,如果误差超过常规范围,则重复步骤(2),并排查误差较大的产生原因,直至误差不超过常规范围内为止。

普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高炉冶炼技术领域,特别涉及普通矿与钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法。

背景技术

[0002] 高炉冶炼过程强化、稳定顺行并能在具体条件下获得日渐改善的技术经济指标是一个繁杂的系统工程。就高炉操作技术方法来说,就是要找寻到与具体原燃料条件相适宜的直接冶炼参数及相关参数,并能进行较为准确的冶炼结果预测并能不断修正,从而获得与条件相适应并具有较好指标的冶炼结果。普通矿、钒钛矿综合成分、冶炼参数差异较大,在强化冶炼过程中进行互换并快速获取稳定指标,是炼铁生产中比较复杂的实践操作,除了系统地掌握不同矿种原料性能、特点及其对冶炼过程的影响,更要准确、快速地进行相关冶炼参数的匹配和过程控制,既要立足于冶炼基础理论,更要结合经验实践总结,过程中涉及到大量的计算,尤其是矿种变化的物料平衡、调剂参数、冶炼行程计算过程复杂,并且必须保证在普通矿、钒钛矿条件下烧结矿、球团矿、块矿等物料数量计算结果准确,不同矿种条件下直接冶炼参数、间接冶炼参数与具体矿种冶炼特点相适宜,过程中提高参数调整幅度、匹配程度、时间节点的准确度,实时、精确预测冶炼结果,达到互换过程中高炉综合炉料结构合理,维持甚至加大冶炼强度,冶炼参数、生铁[Si]含量、炉渣镁铝比、碱度成分合理,炉缸热量充沛,渣铁流动性良好目的,实现在1-2个冶炼周期内完成完全置换并获取稳定冶炼指标。

[0003] 在实际冶炼过程中,普通矿炉料结构为烧结矿+酸性高硅球团矿+低硅块矿,整体品位较高,炉渣(TiO_2) $<3.0\%$,相比较于普通矿,钒钛球团矿为低品位、低硅、高(TiO_2),为维持相对合理的烧结矿比例,往往需要配入高硅含量块矿,使综合入炉品位降低 $0.5\% - 2.0\%$ 。而在炉渣 $w(TiO_2) > 5.0\%$ 之后,高炉冶炼具有了中钛渣冶炼特色,表现为: $w(TiO_2)$ 还原出来的钛与风中氮、铁中碳结合成极高熔点的氮化钛、碳化钛、碳氮化钛而恶化了料柱透气透液性和渣铁流动性,并随着温度和时间的延长影响加剧,在冶炼上与普通矿存在较大差异,需要控制更低的[Si]含量,更短的冶炼周期,更大的风量、富氧率、理论燃烧温度以及更多改善炉渣流动性的措施等。并且,一旦在冶炼过程中超出了规定热制度范围,炉温过高、过低均易引发异常炉况。因此,要达到普通矿、钒钛矿快速互换、避免中间过程影响并得到稳定合理指标,需要准确的结合点和进程、结果预测,尤其是对过程调整中涉及物料及热量平衡、配料计算及渣铁合理成分确定、冶炼相关参数计算及合理范围确定、理论下料量及指标测算等,并且三者计算结果相辅相成,必须达到全范围的合理性才能实现目的。

[0004] 然而,对于上述参数的计算确定,传统计算方法较为繁琐,且不能全面考虑关联性,以及参数变化幅度、调整时间的切入点,或是凭借经验、分段过渡看结果再调整以及仅依靠局部计算做调整,而在实际中原燃料条件、生产条件都可能会发生临时变化,这都要求更加及时、全面、系统、高效准确的计算。因此,有必要对上述复杂过程关联计算进行模式化、即时化、全面系统处理,摒弃复杂、费时、准确度不高的经验化或传统多元联立方程组计

算思路和模式,解决现有不足。

发明内容

[0005] 本发明的发明目的在于:针对上述存在的问题,提供一种通矿、钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,通过自动或手动获取高炉参数,经多个计算系统自动完成各种计算关联过程并对配料平衡、成分指标预测及物料入炉、冶炼参数调整幅度、时间节点及校核等过程进行精确控制,从而大大提高各种待解数据在复杂过程中的准确性、即时性,并满足在条件(数据)发生临时变化时的高适应性,并形成配料、冶炼参数、指标预测等多个关联计算体系的闭环及修正,解决传统复杂、费时、准确度不高的经验化或传统多元联立方程组计算思路 and 模式所带来的缺陷。

[0006] 本发明采用的技术方案如下:一种普通矿、钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,包括以下步骤:

[0007] (1)、变料前配料计算、参数以及指标校核分析:由高炉容积大小定出常用矿批和焦批,以及变料前后各种物料化学成分,根据变料前的冶炼参数,按照输入的炉料配比先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度进行理论计算,将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分以及冶炼指标进行校核,如果误差范围不超过5%,则继续下一步骤;

[0008] (2)、变料后冶炼参数暂定计算、匹配性校核以及调整:变料后暂定硅含量不变,根据暂定的硅含量确定综合燃料比,减少喷煤率0-5%,然后根据现有计算方式,计算出变料前后吨焦耗风量、吨煤耗风量、小时料速及冶炼周期;

[0009] (3)变料前后指标、成分再校核及装料调整:根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后,对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分进行再校核,控制误差在常规范围内;

[0010] (4)、变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整:根据上述渣铁平衡测算、指标预测、冶炼参数满足冶炼要求且误差在常规范围内的结果,按料序入炉冶炼,过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间调整变料相关参数,得实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比和铁量;

[0011] (5)、实际冶炼结果返回修正:根据实际冶炼渣铁成分、焦煤比、铁量及物料误差进行调整,直至变料后冶炼后炉况稳定顺行,渣铁流动性良好,热量充沛,主要参数和指标均在预测范围为止,然后按照常规出渣、出铁、炉渣、燃料比返回修正计算参数,矿种互换一个冶炼周期结束。

[0012] 在本发明中,在步骤1中,配料时变料前后的具体情况如下:

[0013] 变料前:烧结矿为70-75wt%,普通球团矿为20-25wt%,低硅块矿为0-5wt%,合计为100%;

[0014] 变料后:烧结矿为68-73wt%,钒钛球团矿为20-27wt%,高硅块矿为0-5wt%,合计为100%。

[0015] 进一步,所述烧结矿成分按质量百分比包括:51.5-53.0%的Fe、5.5-6.5%的SiO₂、12.0-13.0%的CaO、1.95-2.15%的Al₂O₃、2.3-2.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%、S的量小于0.08%,堆比重为1.80-1.95t/m³。

[0016] 进一步,所述自产高硅酸性氧化性球团矿成分按质量百分比包括58.5-60.0%的Fe、9.5-11.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量

小于1.5%，堆比重2.3-2.5t/m³。

[0017] 进一步，所述低硅块矿成分按质量百分比包括53.5-55.0%的Fe、3.5-4.5%的SiO₂、1.8-2.1%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.0%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.2-2.4t/m³。

[0018] 进一步，所述高钒钛球团矿成分按质量百分比包括53.0-54.5%的Fe、4.0-5.0%的SiO₂、1.0-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量大于9.5%，堆比重2.3-2.5t/m³；所述高硅块矿成分按质量百分比包括52.0-53.5%的Fe、17.0-20.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.1-2.4t/m³。

[0019] 作为优选，所述焦炭成分按质量百分比包括：83.0-84.0%的C、13.5-14.5%的灰，堆比重0.55-0.65t/m³。

[0020] 进一步，在步骤(1)中，由高炉容积大小定出常用矿批、焦批，根据变料前冶炼参数，按照输入的炉料配比先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度进行理论计算，将计算值与变料前实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标进行校核。

[0021] 进一步，在步骤(1)中，如果误差范围超过5%，则需要重新计算各个参数，排查误差较大的产生原因，直至误差范围不超过5%。

[0022] 进一步，在步骤2中，根据变料前后焦炭含量、煤粉成分、焦炭批重以及小时煤参数，运用现有相对应的计算方法，分别计算出变料前后的吨焦耗风量、吨煤粉耗风量、小时煤粉耗风量、烧煤粉后小时剩余风量、小时下料批数和冶炼周期，最终得到变料前冶炼参数和变料后理论冶炼参数，然后再根据再进行校核和匹配，如果误差超过常规范围，则重复步骤(2)，并排查误差较大的产生原因，直至误差不超过常规范围内为止。

[0023] 本发明用于高炉在钒钛矿冶炼过程中由于中长期计划检修需要，普通矿开炉达产达标后根据资源特色转钒钛矿冶炼，或是由于不同种类矿石经济性在现实市场条件下发生改变需要互相转换获取相对低成本经济性冶炼效果时，用于取代长期依靠炉长、工长经验值的操作或是凭借经验、分段过渡看结果再调整以及仅依靠局部计算做调整的方法，本发明提高了高炉在普通矿、钒钛矿互换冶炼产生铁[Si]含量、炉渣、炉渣各化学成分控制的精确度，不同矿种直接冶炼参数、间接冶炼参数的匹配性和适宜性，以及高炉在互换矿种冶炼时操作参数的调整幅度、时间节点的精确性，缩短了高炉不同矿种互换冶炼时获得稳定指标的周期。

[0024] 本发明与传统依靠操作经验、多元联立方程组计算思路和模式及现有的变料计算及方法相比，在于高炉在普通矿、钒钛矿互换冶炼时由于其在配料、冶炼参数确定及匹配、强化冶炼特点及调剂趋势等特殊操作过程涉及的庞大参数及复杂计算过程中，全面考虑各个影响因素关联性，以及参数变化调整幅度、参数调剂及作用时间等。解决传统方法考虑变量数量不足缺点；解决传统方法会因增加变量就需要增加联立数学方程个数，计算结果精确度不足问题；解决计算耗时过长，且修正迅捷可有效避免因物料数据及操作参数发生临时变化时对该特殊操作产生的不良影响；解决参数调整不能兼顾冶炼系统性，更结合实际变化实现实时计算，便于高炉参数控制，获取最佳效果；在该特殊高炉操作中涉及所有计算和控制过程均由自动控制装置完成，可迅捷达到矿种变换冶炼时配料、冶炼参数变化下满足工艺要求的结果。目标参数命中率、准确度大为提高，数据采集方便全面，实践生产效果

与计算结果结合良好,改善高炉普通矿、钒钛矿变换冶炼特殊操作完成质量、效率。因此,本发明具有方法简单、控制快速和准确的特点。

[0025] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0026] 1、本发明基于高炉全炉物料平衡和热量平衡基本原理,在高炉具有一定冶炼强度、技术指标条件下进行普通矿、钒钛矿冶炼互换时,根据不同矿种冶炼特点对操作参数的要求及冶炼行程的变化,很好地解决了合理炉料结构平衡、渣铁成分及控制、直接冶炼参数及相关间接冶炼参数的匹配、参数调整幅度及时间节点、冶炼强度(下料速度)、技术指标变化等几个相关联数据相互影响关系的处理及矿种变化前后冶炼行程的控制,并具有不断修正的功能;

[0027] 2、本发明将复杂的冶炼操作变换过程中相关原料成分、冶炼参数、调剂幅度节点、冶炼特点及指标变化等模块化、数据化,具有全面、快速、准确,满足条件临时变化的要求,方法简单,只需获取相应变量、成分、配比数据就可替代繁琐并易出差错的多元联立方程求解,计算过程中也充分体现出普通矿、钒钛矿冶炼对直接冶炼参数及相关间接冶炼参数的变化趋势和不同要求;

[0028] 3、本发明满足了各种冶炼变化的物料平衡成分、冶炼参数、指标计算数量准确,满足了不同矿种高炉冶炼时参数变化趋势和适宜性、匹配性要求,尤其是实现了对过程物料及热量平衡、配料计算及渣铁合理成分确定、冶炼相关参数计算及合理范围确定、理论下料量及指标测算等几个方面计算结果的相铺相成、协调统一,过程易于校核验证,输入不同物料成分、各影响因素实际值等变量即可实现循环校核,直至误差最小,效果最精确;

[0029] 4、本发明与传统依靠操作经验、多元联立方程组计算思路和模式及现有的变料计算及方法相比,其优势在于,在于高炉在普通矿、钒钛矿互换冶炼时,由于其在配料、冶炼参数确定及匹配、强化冶炼特点及调剂趋势等特殊操作过程涉及的庞大参数及复杂计算过程中,全面考虑了各个影响因素关联性,以及参数变化调整幅度、参数调剂及作用时间等,解决了传统方法考虑变量数量不足缺点,以及传统方法会因增加变量就需要增加联立数学方程个数,计算结果精确度不足问题;并且还解决了传统计算方法计算耗时过长的问题,有效避免了因物料数据及操作参数发生临时变化时对该特殊操作产生的不良影响,克服了参数调整不能兼顾冶炼系统性的矛盾,同时,本发明更结合实际变化实现实时计算,以便于高炉参数控制,获取最佳效果,在该特殊高炉操作中涉及所有计算和控制过程均由自动控制装置完成,可迅捷达到矿种变换冶炼时配料、冶炼参数变化下满足工艺要求的结果,目标参数命中率、准确度大为提高,数据采集方便全面,实践生产效果与计算结果结合良好,改善了高炉普通矿、钒钛矿变换冶炼特殊操作完成质量、效率。

附图说明

[0030] 图1是本发明的普通矿、钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法流程示意图;

具体实施方式

[0031] 下面结合附图,对本发明作详细的说明。

[0032] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对

本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0033] 如图1所示,本发明的普通矿、钒钛矿互换快速获取稳定指标的高炉冶炼方法,包括根据变料前配比、各种矿焦成分、堆比重,具体高炉容积、变料前冶炼参数、指标进行配料计算、参数、指标校核分析,变料后冶炼参数暂定、计算、匹配性校核,变料前后指标、成分再校核及装料调整(根据炉温控制影响因素、幅度),按照变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整(根据冶炼周期、参数作用时间)、实际冶炼结果返回修正步骤(进一步地,在烧结矿配入钒钛精矿后但属于中钛渣冶炼范围之内时亦可参照执行,要点仍然是变料前后硅、氧气、煤量等因素调剂的先后、幅度和变料前后的参数衔接)。

[0034] 具体步骤如下:

[0035] 步骤(1)、配料:

[0036] 变料前(以质量百分数计,下同):烧结矿70-75%,普通球团矿20-25%,低硅块矿0-5%,合计为100%,焦炭6500-7000kg;

[0037] 变料后:烧结矿68-73%,钒钛球团矿20-27%,高硅块矿0-5%,合计为100%,焦炭6500-7000kg;

[0038] 上述焦炭质量为每批料单独的投入量;

[0039] 步骤(2)、变料前配料计算、参数、指标校核分析:由高炉容积大小定出常用矿批、焦批,变料前后各种物料化学成分,根据变料前冶炼参数([Si]含量、风量、风压、小时煤量、小时料速等),先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度(按照输入的炉料配比计算,结果详见后续列表)等进行理论计算,将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标等进行校核(变料前理论计算与实际之差超出范围则返回步骤(1),找出原因、校准参数取值、化学分析、仪表误差、经验系数等),误差范围内<5%则进入步骤(3),以上计算如下:

[0040] 理论铁量 $M = \text{矿批重量} \times \text{入炉品位} \times \text{金属回收率} / 0.94$

[0041] 理论吨铁渣量 $M = \sum (\text{物料CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots)$

[0042] 其中(SiO₂)为扣掉[Si]还原进入铁水剩余部分

[0043] 炉渣成分 $N_{\text{CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots} = (\text{CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots) / M$

[0044] 步骤(3)、变料后冶炼参数暂定、计算、匹配性校核、调整:变料前冶炼参数,风压、风量,风温,富氧等送风参数,装料制度,在普通矿→钒钛矿冶炼时,规律为:装料制度边缘减轻,风量、氧量增加,理论燃烧温度、鼓风动能、边缘发展指数等相关冶炼参数随之匹配变化,用料结构步骤为一步实现;钒钛矿→普通矿冶炼时,方向相反,用料结构步骤为一步实现。依据此趋势暂定变料后主要操作参数。暂定变料后[Si]含量(变料前后([Si]+[Ti])含量基本维持不变,定出[Si]),根据暂定出的[Si]含量、变料前燃料比等调整变料后综合燃料比(依据[Si]±1.0%,焦比±40kg/t),减少喷煤率0-5%,以上计算(确定炉料结构、冶炼参数变化前后冶炼强度、周期)如下:

[0045] 吨焦耗风量 $= 1000 * w(C) / 100 / 24 * 22.4 / (0.21 + 0.29 * F / 100 + 0.79 * o / 100) * f$

[0046] 吨煤粉耗风量 $= 1000 * w(C) / 100 / 24 * 22.4 / (0.21 + 0.29 * F / 100 + 0.79 * o / 100) * f$

[0047] 上述公式中,w(C)为高炉用焦炭含碳量,F为大气相对湿度,o为高炉鼓风富氧率,f为高炉焦炭燃烧率。

- [0048] 小时喷煤耗风量=小时煤量×吨煤粉耗风量
- [0049] 变料前后冶炼参数下理论料速、冶炼周期的计算：
- [0050] 小时料批=(小时风量×有效风利用率-小时喷煤耗风量)/吨焦耗风量/焦批干基重量
- [0051] 批料容积=(焦炭批重/焦炭堆比重+矿石综合批重/矿石综合堆比重)×(1-压缩率)
- [0052] 冶炼周期(料批数)=高炉工作容积/批料容积
- [0053] 冶炼周期(小时数)=高炉工作容积/批料容积/小时料批
- [0054] 步骤(4)、变料前后指标、成分再校核及装料调整：根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后，对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分再校核(控制误差范围以内)：
- [0055] 产量=理论小时料速×批料理论铁量
- [0056] 焦比=焦批/批料理论铁量煤比=小时煤量/(小时料速×批料理论铁量)
- [0057] 同步骤(1)和(2)：渣铁成分平衡计算及校核；
- [0058] 步骤(5)、按照变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整：渣铁成分平衡测算、指标预测(根据理论计算量)、各种冶炼参数满足冶炼要求且误差范围内，按料序入炉冶炼，过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间等调整变料涉及装料制度、送风制度等相关参数，按实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比、铁量返回再修正计算模板；
- [0059] 入炉控制步骤：
- [0060] 步骤(5-1)、将步骤(1)中所述三种矿总和为100%，以及较高灰分、硫分的焦炭，按常规量送入高炉中，在普通矿→钒钛矿冶炼时，用料结构步骤为一步实现，钒钛矿→普通矿冶炼时，用料结构步骤为分步实现；
- [0061] 步骤(5-2)、在下列条件下进行冶炼：
- [0062] 变料前：热风压力为0.30-0.35MPa，顶压0.145-0.155Mpa，热风温度为1180℃，入炉风量为2600-2800m³/min，氧气含量为6500-7500m³/h，煤粉喷吹量为140-150kg/t铁(喷煤率25.0-28.0%)；矿批30.0-32.0吨，焦批6.8-7.0吨；w([Si])0.10-0.35%，炉渣碱度1.10-1.15，铁水温度1430-1460℃；
- [0063] 变料后：热风压力为0.30-0.35MPa，顶压0.145-0.155Mpa，热风温度为1180℃，入炉风量为2600-2800m³/min，氧气含量为6500-7500m³/h，煤粉喷吹量为140-150kg/t铁(喷煤率25.0-28.0%)；矿批30.0-32.0吨，焦批6.8-7.0吨；w([Si])0.10~0.35%，炉渣碱度1.10-1.15，铁水温度1430-1460℃；
- [0064] 在普通矿→钒钛矿冶炼时：装料制度边缘减轻，风量、氧量增加，降低喷煤率、矿批、铁水w([Si])，铁水温度范围下限；钒钛矿→普通矿冶炼时，调整方向、趋势相反，变料前后冶炼参数调整节点依据(影响参数、幅度)为：
- [0065] 入炉矿石综合Fe波动1%，影响焦比2.0%；
- [0066] 炉渣R₂波动0.1%，影响焦比5.0%；
- [0067] 铁水w([Si])波动1.0%，影响焦比40kg；
- [0068] 熟料率波动10%，影响焦比2.0%；
- [0069] 喷吹煤粉波动10kg，影响焦比7-8kg；
- [0070] 鼓风湿度波动1g/m³，影响焦比1kg；

[0071] 炉顶压力波动0.01MPa,影响焦比0.3-0.5%;

[0072] 上述影响因素作用完成时间分别为:入炉品位、炉渣碱度、熟料率、顶压均为一个冶炼周期(5.0-5.5h),喷吹煤粉2.5-3.0h,风量、风温、湿度为1h,调整节点为相应影响因素发生变化和调整因素发挥作用时间相符合,以维持综合燃料比相对稳定为依据;

[0073] 步骤(5-3)、在下列条件下进行冶炼:

[0074] 变料前:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.60-0.70、炉渣碱度1.10-1.15、控制风温1180℃、富氧率3.0-4.0%、透气性指数16000-18000m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2350-2390℃、鼓风动能11000-12000kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.70-0.90、小时料速7.0-8.5批;

[0075] 变料后:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.60-0.70、炉渣碱度1.10-1.15、控制风温1180℃、富氧率3.0-4.0%、透气性指数16000-18000m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2350-2390℃、鼓风动能11000-12000kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.70-0.90、小时料速7.0-8.5批;

[0076] 在普通矿→钒钛矿冶炼时:炉渣美铝比、富氧率、透气性指数、理论燃烧温度、边缘煤气流分布指数增加,以及因矿批减小料速增加;钒钛矿→普通矿冶炼时,调整方向、趋势相反,变料前后鼓风动能相对稳定;

[0077] 步骤(6)、实际冶炼结果返回修正:按常规出渣、出铁(钒钛矿冶炼比普通矿冶炼铁次增加2次-3次/日),根据出炉产量、w([Si])、炉渣R₂、燃料比返回修正计算参数;

[0078] 在上述方法中,所述步骤(2)中的计算过程为:知道变料前原燃料成分、堆比重、冶炼参数、正常炉况冶炼下的技术指标,结合冶炼强度(小时料速、利用系数),计算出理论出铁量、渣量、焦比等技术指标。依据物料平衡,进行铁平衡、炉渣各成分如SiO₂、CaO、Al₂O₃、MgO、TiO₂平衡,计算出各自成分占全部炉渣量的百分含量、镁铝比、炉渣碱度。

[0079] 在上述方法中,所述步骤(3)中的校核过程为:由不同矿种冶炼特点暂定变料后各矿种主要操作参数,再结合变料前后焦炭、煤粉成分、焦炭批重、小时煤量,计算吨焦耗风量、吨煤粉耗风量,计算小时煤粉耗风量,得出烧煤粉后小时剩余风量,进而计算出变料前后小时下料批数、冶炼周期(料批数、小时),变料前后相关冶炼参数调整依据及方向为:热制度控制方面,依据热平衡,控制([Si]+[Ti])含量保持稳定,调剂方向在于:在普通矿→钒钛矿冶炼时,装料制度边缘减轻,风量、氧量增加,降低喷煤率、矿批、铁水w([Si]),铁水温度范围下限;钒钛矿→普通矿冶炼时,调整方向、趋势相反,风量、风压、氧量等直接冶炼参数与理论燃烧温度、透气性指数、边缘煤气发展指数、鼓风动能等间接冶炼参数计算、匹配程度校核数据控制误差范围均<5%,各个参数冶炼控制范围如步骤(5)。

[0080] 在上述方法中,所述步骤(4)中的校核过程为:由步骤(3)得出的达到控制范围的冶炼强度(小时料速、冶炼周期)按照步骤(3)计算。

[0081] 在上述方法中,所述步骤(6)中的校核过程为:根据步骤(5)得到的实际冶炼结果按照步骤(2)计算方法,修正计算参数,形成闭环。

[0082] 在上述方法中,所述普通矿炉料组成为:矿批30000-32000kg/批料,组成为烧结矿、普通高硅酸性氧化性球团矿、低硅块矿;所述钒钛矿炉料组成为:矿批30000-32000kg/批料,组成为烧结矿、高钒钛球团矿、高硅块矿。

[0083] 在上述方法中,所述烧结矿成分按质量百分比包括:51.5-53.0%的Fe、5.5-6.5%

的SiO₂、12.0-13.0%的CaO、1.95-2.15%的Al₂O₃、2.3-2.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%、S的量小于0.08%，堆比重为1.80-1.95t/m³。

[0084] 在上述方法中，所述自产高硅酸性氧化性球团矿成分按质量百分比包括58.5-60.0%的Fe、9.5-11.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.3-2.5t/m³。

[0085] 在上述方法中，所述低硅块矿成分按质量百分比包括53.5-55.0%的Fe、3.5-4.5%的SiO₂、1.8-2.1%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.0%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.2-2.4t/m³。

[0086] 在上述方法中，所述高钒钛球团矿成分按质量百分比包括53.0-54.5%的Fe、4.0-5.0%的SiO₂、1.0-1.5%的CaO、2.00-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量大于9.5%，堆比重2.3-2.5t/m³。

[0087] 在上述方法中，所述高硅块矿成分按质量百分比包括52.0-53.5%的Fe、17.0-20.0%的SiO₂、0.5-1.5%的CaO、1.50-2.30%的Al₂O₃、0.5-1.5%的MgO、TiO₂的量小于1.5%，堆比重2.1-2.4t/m³。

[0088] 在上述方法中，所述焦炭成分按质量百分比包括：83.0-84.0%的C、13.5-14.5%的灰，堆比重0.55-0.65t/m³。

[0089] 为了更好地解释本发明，以下列举具体实施例：

[0090] 实施例1

[0091] 步骤(1)、高炉大修开炉达产达标后，恢复钒钛矿中钛渣冶炼，开炉用料为普通矿(包括烧结矿、自产高硅酸性氧化性球团矿和常规低硅块矿)，变料后为钒钛矿炉料结构(包括烧结矿、高钛球团矿、高硅块矿)。

[0092] 变料前：其中烧结矿化学成分为：Fe为52.36%、SiO₂为6.10%、CaO为12.95%、Al₂O₃为2.05%、MgO为2.45%、TiO₂为0.46%、S为0.045%，堆比重为1.88t/m³；其中，自产高硅酸性氧化性球团矿化学成分为：Fe为59.80%、SiO₂为9.50%、CaO为0.76%、Al₂O₃为2.09%、MgO为0.77%、TiO₂为0.987%，堆比重2.50t/m³；低硅块矿化学成分为：Fe为53.73%、SiO₂为4.00%、CaO为2.04%、Al₂O₃为2.06%、MgO为0.67%、TiO₂<0.462%，堆比重2.28t/m³；

[0093] 变料后：高钛球团矿化学成分为：Fe为53.56%、SiO₂为4.40%、CaO为1.16%、Al₂O₃为2.06%、MgO为1.46%、TiO₂为9.87%，堆比重2.35/m³；高硅块矿化学成分为：Fe为52.09%、SiO₂为17.85%、CaO为0.93%、Al₂O₃为2.10%、MgO为0.53%、TiO₂为0.10%，堆比重2.18t/m³；

[0094] 焦炭成分为：C为83.68%、Ash为14.25%，堆比重0.57t/m³；

[0095] 变料前配比：烧结矿72%，普通球团矿25%，低硅块矿3%；

[0096] 步骤(2)、变料前配料计算、参数、指标校核分析：变料前为高炉常用矿批31.5t、焦批6.9t，变料前后各种物料化学成分如步骤(1)；根据变料前冶炼参数([Si]含量0.38%、风量2637min/m³、风压0.310Mpa、小时煤量20t/h、小时料速7.90批等)，先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度(按照输入的炉料配比计算，计算结果详见步骤(5)后述列表)等进行理论计算，将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标等进行校核，本次误差均在控制范围内(小于5%)，进入步骤(3)，以上计算如下：

- [0097] 理论铁量 $M = \text{矿批重量} \times \text{入炉品位} \times \text{金属回收率} / 0.94$
- [0098] 理论吨铁渣量 $M = \Sigma (\text{物料CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots)$
- [0099] 其中(SiO₂)为扣掉[Si]还原进入铁水剩余部分
- [0100] 炉渣成分 $N_{\text{CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots} = (\text{CaO, MgO, Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2, \text{TiO}_2, \dots) / M$
- [0101] 步骤(3)、变料后冶炼参数暂定、计算、匹配性校核、调整:变料前冶炼参数,风压、风量,风温,富氧等送风参数,装料制度,在普通矿→钒钛矿冶炼时,规律为:装料制度边缘减轻,风量、氧量增加,理论燃烧温度、鼓风动能、边缘发展指数等相关冶炼参数随之匹配变化,用料结构步骤为一步实现;钒钛矿→普通矿冶炼时,方向相反,用料结构步骤为一步实现,依据此趋势暂定变料后主要操作参数。暂定变料后[Si]含量0.16%(变料前[Si]含量0.38%、[Ti]含量0.10%,变料前后([Si]+[Ti])含量基本维持不变,定出[Si]),根据暂定出的[Si]含量、变料前燃料比等调整变料后综合燃料比(依据[Si]±1.0%,焦比±40kg/t),减少喷煤率0.93%,变料前后相关计算(确定炉料结构、冶炼参数变化前后冶炼强度、周期,计算结果详见步骤(5)后统一列表):
- [0102] 吨焦耗风量 $= 1000 * w(C) / 100 / 24 * 22.4 / (0.21 + 0.29 * F / 100 + 0.79 * O / 100) * f$
- [0103] 吨煤粉耗风量 $= 1000 * w(C) / 100 / 24 * 22.4 / (0.21 + 0.29 * F / 100 + 0.79 * O / 100) * f$
- [0104] 上述公式中,w(C)为高炉用煤粉含碳量,F为大气相对湿度,O为高炉鼓风富氧率,f为高炉焦炭燃烧率;
- [0105] 小时喷煤耗风量=小时煤量×吨煤粉耗风量
- [0106] 变料前后冶炼参数下理论料速、冶炼周期的计算:
- [0107] 小时料批=(小时风量×有效风利用率-小时喷煤耗风量)/吨焦耗风量/焦批干基重量
- [0108] 批料容积=(焦炭批重/焦炭堆比重+矿石综合批重/矿石综合堆比重)×(1-压缩率)
- [0109] 冶炼周期(料批数)=高炉工作容积/批料容积
- [0110] 冶炼周期(小时数)=高炉工作容积/批料容积/小时料批
- [0111] 步骤(4)、变料前后指标、成分再校核及装料调整:根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后,对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分再校核(控制误差范围以内、计算结果详细见步骤(5)后统一列表):
- [0112] 产量=理论小时料速×批料理论铁量
- [0113] 焦比=焦批/批料理论铁量煤比=小时煤量/(小时料速×批料理论铁量)
- [0114] 同步骤(1)和(2):渣铁成分平衡计算及校核;
- [0115] 本次校核变料后配比:烧结矿68%,高钛球团矿27%,高硅块矿5%
- [0116] 步骤(5)、按照变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整:经上述步骤(渣铁成分平衡测算、指标预测(根据理论计算量)、各种冶炼参数满足冶炼要求且误差范围内),按料序入炉冶炼,过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间等调整变料涉及装料制度、送风制度等相关参数,得实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比、铁量;入炉冶炼参数控制步骤:
- [0117] 步骤(5-1)、将步骤(1)所述三种矿总和为100%,以及较高灰分、硫分的焦炭,按常规量送入高炉中;在普通矿→钒钛矿冶炼时,用料结构步骤为一步实现;钒钛矿→普通矿冶炼时,用料结构步骤为分步实现;

[0118] 步骤(5-2)、在下列条件下进行冶炼:

[0119] 变料前:热风压力为0.31MPa,顶压0.150Mpa,热风温度为1180℃,入炉(仪表)风量为2637m³/min,氧气含量为7000m³/h,煤粉喷吹量为20000kg/h铁(喷煤率26.88%);矿批31.5吨,焦批6.9吨; $w([\text{Si}])$ 0.38%、 $w([\text{Ti}])$ 0.10%,炉渣碱度1.12,铁水温度1460℃;

[0120] 变料后:热风压力为0.30MPa,顶压0.148Mpa,热风温度为1180℃,入炉(仪表)风量为2667m³/min,氧气含量为7500m³/h,煤粉喷吹量为19700kg/h铁(喷煤率25.95%);矿批31.0吨,焦批6.9吨; $w([\text{Si}])$ 暂定值0.16%、 $w([\text{Ti}])$ 计算值0.218%,炉渣碱度1.13;

[0121] 在普通矿→钒钛矿冶炼时:装料制度边缘减轻,风量、氧量增加,降低喷煤率、矿批、铁水 $w([\text{Si}])$,铁水温度范围下限;钒钛矿→普通矿冶炼时,调整方向、趋势相反,变料前后冶炼参数调整节点依据(影响参数、幅度)为:

[0122] 入炉矿石综合Fe波动1%,影响焦比2.0%;

[0123] 炉渣R₂波动0.1%,影响焦比5.0%;

[0124] 铁水 $w([\text{Si}])$ 波动1.0%,影响焦比40kg;

[0125] 熟料率波动10%,影响焦比2.0%;

[0126] 喷吹煤粉波动10kg,影响焦比7~8kg;

[0127] 鼓风湿度波动1g/m³,影响焦比1kg;

[0128] 炉顶压力波动0.01MPa,影响焦比0.3-0.5%;

[0129] 上数影响因素作用完成时间分别为:入炉品位、炉渣碱度、熟料率、顶压均为一个冶炼周期(本例变料前5.32h,变料后5.17h),喷吹煤粉2.5-3.0h(普通矿→钒钛矿取值下限,反之则反之),风量、风温、湿度为1h;调整节点为相应影响因素发生变化和调整因素发挥作用时间相符合,以维持综合燃料比相对稳定为依据;

[0130] 步骤(5-3)、在下列条件下进行冶炼:

[0131] 变料前:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.65、炉渣碱度1.12(理论计算值)、控制风温1180℃、富氧率3.47%、透气性指数16481m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2385℃、鼓风动能11134kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.76、小时料速7.88批、冶炼周期5.32h;

[0132] 变料后:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.69、炉渣碱度1.13(理论计算值)、控制风温1180℃、富氧率3.68%、透气性指数17546m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2392℃、鼓风动能11427kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.81、小时料速8.15批、冶炼周期5.17h;

[0133] 步骤(2)的计算过程:知道变料前原燃料成分、堆比重、冶炼参数、正常炉况冶炼下的技术指标,结合冶炼强度(小时料速、利用系数),计算出理论出铁量、渣量、焦比等技术指标,依据物料平衡,进行铁平衡、炉渣各成分如SiO₂、CaO、Al₂O₃、MgO、TiO₂平衡,计算出各自成分占全部炉渣量的百分含量、镁铝比、炉渣碱度;

[0134] 步骤(3)的校核过程:由不同矿种冶炼特点暂定变料前后各矿种主要操作参数,再结合变料前后焦炭、煤粉成分、焦炭批重、小时煤量,计算吨焦耗风量、吨煤粉耗风量,计算小时煤粉耗风量,得出烧煤粉后小时剩余风量,进而计算出变料前后小时下料批数、冶炼周期(料批数、小时);变料前后相关冶炼参数调整依据及方向为:热制度控制方面,依据热平衡,控制 $([\text{Si}]+[\text{Ti}])$ 含保持稳定;风量、风压、氧量等直接冶炼参数与理论燃烧温度、透气性指数、边缘煤气发展指数、鼓风动能等间接冶炼参数计算、匹配程度校核数据控制误差范围均<5%;

[0135] 步骤(4)的校核过程:由步骤(3)得出的达到控制范围的冶炼强度(小时料速、冶炼周期)按照步骤(2)计算;

[0136] 本例为普通矿→钒钛矿冶炼,参数校核变化:炉渣美铝比、富氧率、透气性指数、理论燃烧温度、边缘煤气流分布指数增加,以及因矿批减小料速增加;钒钛矿→普通矿冶炼时,调整方向、趋势相反,变料前后鼓风动能相对稳定;

[0137] 本次各个参数计算、校核结果如下列表:

[0138] 表1-1变料前实际、变料前后理论计算参数

项目	V	T	P	P _理	T _理	煤比	O ₂ %	S _{风口}	矿批	焦批	pt	W _c	透指	T _理	E
变料前实际值	2637	1180	0.310	0.150	184	143	3.47	0.2059	31.5	6.9	1460	0.76	16481	2385	11134
变料前理论值	2637	1180	0.310	0.150	184	143	3.47	0.2059	31.5	6.9		0.76	16481	2385	11134
变料后理论值	2667	1180	0.300	0.148	185	144	3.68	0.2067	31.0	6.9		0.81	17546	2392	11427

[0140] 表1-2变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

项目	干焦批	富氧率	吨焦耗风量	吨煤耗风量	小时煤量	小时煤耗风	小时进风量	烧煤剩余小时风量	小时料批
单位	kg	%	m ³ /t	m ³ /t	t/h	m ³ /t	m ³ /h	m ³ /h	批
变料前实际	6900	3.47			20000				7.90
变料前理论值	6900	3.47	2050	2632	20000	52646	164220	111574	7.88
变料后理论值	6900	3.68	2037	2615	19700	51511	166020	114509	8.15

[0143] 表1-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

项目	矿批	焦批	小时煤量	料速	[Si]	[Ti]	铁量	焦比	煤比	喷煤率	燃料比
单位	kg	kg	kg/h	批/h	%	%	kg/批	kg/t	kg/t	%	Kg/h
变料前实际	31500	6900	20000	7.88	0.38	0.10	17729	393	145	26.95	538
变料前理论值	31500	6900	20000	7.88	0.38	0.10	17729	389	143	26.88	532
变料后理论值	31000	6900	19700	8.15	0.16	0.22	16936	407	143	25.95	550

[0145] 续表1-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

项目	批料容积	周期	日产	利用系数	冶炼周期	烧结矿 ⁺	球团矿 ⁺	配比	入炉品位
单位	m ³	批	t/d	t/(d·m ³)	h	%	%	%	%
变料前实际	23.61		3321	3.075		72	25	3	54.26
变料前理论值	23.61	41.93	3355	3.106	5.32	72	25	3	54.26
变料后理论值	23.51	42.11	3311	3.066	5.17	68	27	5	52.67

[0147] 表1-4变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

品种	[Si]	[Ti]	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	渣比	碱度	镁铝比
单位	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
变料前实际	0.38	0.10	34.07	39.04	8.10	12.45	2.11	1.18		1.14	0.65
变料前理论值	0.38	0.10	34.42	38.66	8.02	12.35	2.08	1.23	448.60	1.12	0.65
变料后理论值	0.16	0.22	31.12	35.02	7.93	11.41	9.31	1.13	488.77	1.13	0.69

[0149] 步骤(5)、实际冶炼结果返回修正:钒钛矿冶炼冶炼周期缩短、渣量增加,按照比普

通矿冶炼铁次增加2次/日组织,矿种互换一个冶炼周期结束,根据出炉产量、 $w([\text{Si}])$ 、炉渣 R_2 、燃料比返回修正计算参数用于下一周期;

[0150] 步骤(6)校核过程为:根据得到的实际冶炼结果按照步骤(2)计算方法,修正计算参数,形成闭环。

[0151] 本次变料当日实际冶炼、出炉情况如:

项目	矿批	焦批	料速	[Si]	[Ti]	pt	碱度	镁铝比	出铁量	利用系数	焦比	煤比	燃料比
[0152] 单位	kg	kg	批/h	%	%	°C	%	%	kg/批	t/(d.m ³)	kg/t	kg/t	Kg/h
实际	31500	6900	8.2	0.16	0.23	1458	1.12	0.70	3299.7	3.055	412	143	555

[0153] 变料后冶炼后炉况稳定顺行,渣铁流动性良好,热量充沛,主要参数、指标均在预测范围,无需更改、修正相关参数。

[0154] 实施例2

[0155] 以下各步骤计算公式和过程同实施例1。

[0156] 步骤(1)、高炉计划长休风检修,由钒钛矿中钛渣冶炼转为普通矿冶炼,钒钛矿中钛渣冶炼炉料结构为烧结矿、高钛球团矿、高硅块矿;变料后普通矿炉料结构为烧结矿、高钛球团矿、高硅块矿;

[0157] 变料前:其中烧结矿化学成分为:Fe为52.86%、 SiO_2 为5.80%、CaO为12.10%、 Al_2O_3 为1.98%、MgO为2.35%、 TiO_2 为0.37%、S为0.040%,堆比重为1.87t/m³;高钛球团矿化学成分为:Fe为54.01%、 SiO_2 为4.26%、CaO为1.23%、 Al_2O_3 为1.89%、MgO为1.45%、 TiO_2 为10.565%,堆比重为2.31t/m³;高硅块矿化学成分为:Fe为52.55%、 SiO_2 为18.35%、CaO为0.8%、 Al_2O_3 为2.07%、MgO为0.33%、 TiO_2 为0.13%,堆比重为2.27t/m³;

[0158] 变料后:其中自产高硅酸性氧化性球团矿化学成分为:Fe为59.60%、 SiO_2 为9.88%、CaO为0.70%、 Al_2O_3 为2.15%、MgO为0.65%、 TiO_2 为1.01%,堆比重2.50t/m³;低硅块矿化学成分为:Fe为54.05%、 SiO_2 为3.98%、CaO为2.00%、 Al_2O_3 为2.00%、MgO为0.80%、 TiO_2 为0.39%,堆比重为2.28t/m³;

[0159] 焦炭成分为:C为83.98%、Ash为14.05%,堆比重为0.56t/m³;

[0160] 变料前配比:烧结矿68%,高钛球团矿27%,高硅块矿5%;

[0161] 步骤(2)、变料前配料计算、参数、指标校核分析:变料前为高炉常用矿批31.0t、焦批6.9t,变料前后各种物料化学成分如步骤(1);根据变料前冶炼参数([Si]含量0.20%、[Si]含量0.23%、风量2730min/m³、风压0.305Mpa、小时煤量20t/h、小时料速8.40批等),先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度(按照输入的炉料配比计算,计算结果详见后述列表)等进行理论计算,将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标等进行校核,本次误差均在控制范围内(小于5%),进入步骤(3);

[0162] 步骤(3)、变料后冶炼参数暂定、计算、匹配性校核、调整:变料前冶炼参数,风压、风量,风温,富氧等送风参数,装料制度,本例为钒钛矿→普通矿冶炼时,规律为:装料制度边缘增重,风量、氧量减少,理论燃烧温度、鼓风动能、边缘发展指数等相关冶炼参数随之匹配变化,用料结构步骤为一步实现。依据此趋势暂定变料后主要操作参数。暂定变料后[Si]含量0.35%(变料前[Si]含量0.20%、[Ti]含量0.23%,变料前后([Si]+[Ti])含量基本维

持不变,定出[Si]),根据暂定出的[Si]含量、变料前燃料比等调整变料后综合燃料比(依据[Si]±1.0%,焦比±40kg/t),减少喷煤率1.43%,

[0163] 步骤(3)、变料前后指标、成分再校核及装料调整:根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后,对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分再校核(控制误差范围以内、计算结果详细见后续统一列表);

[0164] 本次校核变料后配比:烧结矿75%,酸性氧化性高硅球团矿25%,低硅块矿0%;

[0165] 步骤(5)、按照变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整:经上述步骤(渣铁成分平衡测算、指标预测(根据理论计算量)、各种冶炼参数满足冶炼要求且误差范围内),按料序入炉冶炼,过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间等调整变料涉及装料制度、送风制度等相关参数,得实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比、铁量;

[0166] 入炉冶炼参数控制步骤:

[0167] 步骤(5-1)、将步骤(1)所述三种矿总和为100%,以及较高灰分、硫分的焦炭,按常规量送入高炉中;在钒钛矿→普通矿冶炼时,用料结构步骤为一步实现;

[0168] 步骤(5-2)、在下列条件下进行冶炼:

[0169] 变料前:热风压力为0.305MPa,顶压0.150Mpa,热风温度为1180℃,入炉(仪表)风量为2730m³/min,氧气含量为7500m³/h,煤粉喷吹量为20000kg/h铁(喷煤率25.82%);矿批31.0吨,焦批6.9吨;w([Si])0.20%、w([Ti])0.23%,炉渣碱度1.09,铁水温度1460℃;

[0170] 变料后:热风压力为0.315MPa,顶压0.155Mpa,热风温度为1180℃,入炉(仪表)风量为2700m³/min,氧气含量为6500m³/h,煤粉喷吹量为20500kg/h铁(喷煤率27.25%);矿批31.0吨,焦批6.8吨;w([Si])暂定值0.35%、w([Ti])计算值0.09%,炉渣碱度1.09;

[0171] 各个影响因素作用完成时间分别为:入炉品位、炉渣碱度、熟料率、顶压均为一个冶炼周期(本例变料前5.06h,变料后5.27h),喷吹煤粉2.5-3.0h(本例钒钛矿→普通矿取值上限),风量、风温、湿度、富氧为1h;调整节点为相应影响因素发生变化和调整因素发挥作用时间相符合,以维持综合燃料比相对稳定为依据;

[0172] 步骤(5-3)、在下列条件下进行冶炼:

[0173] 变料前:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.68、炉渣碱度1.09(理论计算值)、控制风温1180℃、富氧率3.59%、透气性指数17613m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2382℃、鼓风动能11955kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.90、小时计算料速8.33批、冶炼周期5.06h;

[0174] 变料后:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.64、炉渣碱度1.09(理论计算值)、控制风温1180℃、富氧率3.15%、透气性指数16875m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2369℃、鼓风动能11665kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.69、小时计算料速8.05批、冶炼周期5.27h;

[0175] 本例为钒钛矿→普通矿冶炼,参数校核变化:炉渣美铝比、富氧率、透气性指数、理论燃烧温度、边缘煤气流分布指数降低或减少,以及因矿批减小料速增加,变料前后鼓风动能相对稳定;

[0176] 本次各个参数计算、校核结果如下列表:

[0177] 表2-1变料前实际、变料前后理论计算参数

[0178]

项目	V	T	P	P _理	T _理	煤比	O ₂ %	S _{风口}	矿批	焦批	pt	W _c	透指	T _理	E
变料前实际值	2730	1180	0.305	0.150	155	143	3.59	0.2067	31.0	6.9	1460	0.90	17613	2382	11955
变料前理论计值	2730	1180	0.305	0.150	155	148	3.59	0.2067	31.0	6.9		0.90	17613	2382	11955
变料后理论计值	2700	1180	0.315	0.155	188	145	3.15	0.2059	31.0	6.8		0.69	16875	2369	11665

[0179]

表2-2变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

[0180]

项目	干焦批	富氧率	吨焦耗风量	吨煤耗风量	小时煤量	小时煤耗风	小时进风量	烧煤剩余小时风量	小时料批
单位	kg	%	m ³ /t	m ³ /t	t/h	m ³ /t	m ³ /h	m ³ /h	批
变料前实际	6900	3.59			20000				8.30
变料前理论计值	6900	3.59	2043	2622	20000	52439	169800	117361	8.33
变料后理论计值	6800	3.15	2072	2660	20500	54534	168000	113466	8.05

[0181]

表2-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

[0182]

项目	矿批	焦批	小时煤量	料速	[Si]	[Ti]	铁量	焦比	煤比	喷煤率	燃料比
单位	kg	kg	kg/h	批/h	%	%	kg/批	kg/t	kg/t	%	Kg/h
变料前实际	31000	6900	20000	8.30	0.20	0.24	17092	406	142	25.91	548
变料前理论计值	31000	6900	20000	8.33	0.20	0.23	17092	404	141	25.82	544
变料后理论计值	31000	6800	20500	8.05	0.35	0.09	17539	388	145	27.25	533

[0183]

续表2-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

[0184]

项目	批料容积	周期	日产	利用系数	冶炼周期	烧结矿 ⁺	球团矿 ⁺	配比	入炉品位
单位	m ³	批	t/d	t/(d.m ³)	h	%	%	%	%
变料前实际	23.51		3371	3.089		68	27	5	53.16
变料前理论计值	23.51	42.11	3415	3.162	5.06	68	27	5	53.16
变料后理论计值	23.33	42.43	3389	3.138	5.27	75	25		54.55

[0185]

表2-4变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

[0186]

品种	[Si]	[Ti]	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	渣比	碱度	镁铝比
单位	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
变料前实际	0.20	0.24	31.13	34.12	8.00	12.05	2.11	1.18		1.10	0.66
变料前理论计值	0.20	0.23	30.98	33.88	7.91	11.64	9.99	1.08	470.66	1.09	0.68
变料后理论计值	0.35	0.09	35.11	38.21	7.97	12.50	1.92	1.21	436.63	1.09	0.64

[0187]

步骤(6)、实际冶炼结果返回修正:普通矿冶炼周期延长、渣量减少,按照比钒钛矿冶炼铁次减少2次/日组织,矿种互换一个冶炼周期结束,本次变料当日实际冶炼、出炉情况如:

[0188]

项目	矿批	焦批	料速	[Si]	[Ti]	pt	碱度	镁铝比	出铁量	利用系数	焦比	煤比	燃料比
单位	kg	kg	批/h	%	%	°C	%	%	kg/批	t/(d.m ³)	kg/t	kg/t	Kg/h
实际	31000	6800	8.4	0.33	0.11	1456	1.09	0.68	3518.2	3.257	390	140	530

[0189]

变料后冶炼后炉况稳定顺行,渣铁流动性良好,热量充沛,主要参数、指标均在预

测范围,无需更改、修正相关参数。

[0190] 实施例3

[0191] 以下各步骤计算公式和过程同实施例1。

[0192] 步骤(1)、在正常冶炼过程中,经测算转换为现时条件下经济性更佳的钒钛矿中钛渣冶炼,变料前用料:烧结矿、自产高硅酸性氧化性球团矿、常规低硅块矿,变料后为钒钛矿炉料结构(包括烧结矿、高钛球团矿、高硅块矿);

[0193] 变料前:其中烧结矿化学成分为:Fe为51.66%、SiO₂为6.19%、CaO为12.76%、Al₂O₃为2.15%、MgO为2.46%、TiO₂为0.78%、S为0.038%,堆比重为1.85t/m³;自产高硅酸性氧化性球团矿化学成分为:Fe为58.5%、SiO₂为9.596%、CaO为0.80%、Al₂O₃为2.20%、MgO为0.76%、TiO₂为1.076%,堆比重2.50t/m³;低硅块矿化学成分为:Fe为54.55%、SiO₂为3.60%、CaO为1.90%、Al₂O₃为1.95%、MgO为0.55%、TiO₂为0.42%,堆比重为2.30t/m³;

[0194] 变料后:其中高钛球团矿化学成分为:Fe为53.80%、SiO₂为4.33%、CaO为1.28%、Al₂O₃为1.93%、MgO为1.53%、TiO₂为10.213%,堆比重2.30/m³;高硅块矿化学成分为:Fe为52.00%、SiO₂为17.23%、CaO为0.77%、Al₂O₃为2.13%、MgO为0.36%、TiO₂为0.15%,堆比重2.20t/m³;

[0195] 焦炭成分为:C为84.05%、Ash为13.95%,堆比重0.57t/m³;

[0196] 变料前配比:烧结矿75%,普通球团矿22%,低硅块矿3%;

[0197] 步骤(2)、变料前配料计算、参数、指标校核分析:变料前为高炉常用矿批31.0t、焦批7.0t,变料前后各种物料化学成分如步骤(1);根据变料前冶炼参数([Si]含量0.28%、风量2600min/m³、风压0.30Mpa、小时煤量19.5t/h、小时料速7.80批等),先对变料前入炉品位、理论铁量、渣量、燃料比、炉渣成分及碱度(按照输入的炉料配比计算)等进行理论计算,将计算值与实际冶炼参数、渣铁成分、冶炼指标等进行校核,本次误差均在控制范围内<5%,进入步骤(1);

[0198] 步骤(3)、变料后冶炼参数暂定、计算、匹配性校核、调整:变料前冶炼参数,风压、风量,风温,富氧等送风参数,装料制度,本例为普通矿→钒钛矿冶炼时,规律为:装料制度边缘减轻,风量、氧量增加,理论燃烧温度、鼓风动能、边缘发展指数等相关冶炼参数随之匹配变化,用料结构步骤为一步实现。依据此趋势暂定变料后主要操作参数。暂定变料后[Si]含量0.15%(变料前[Si]含量0.28%、[Ti]含量0.14%,变料前后,根据暂定出的[Si]含量、变料前燃料比等调整变料后综合燃料比,减少喷煤率0.91%);

[0199] 步骤(4)、变料前后指标、成分再校核及装料调整:根据变料前后冶炼参数计算出小时料速后,对变料前后理论产量、焦比、煤比、渣铁成分再校核(控制误差范围以内、计算结果详细见步骤(5)后统一列表);

[0200] 本次校核变料后配比:烧结矿70%,高钛球团矿25%,高硅块矿5%;

[0201] 步骤(5)、按照变料后冶炼参数入炉、控制冶炼参数调整:经上述步骤(渣铁成分平衡测算、指标预测(根据理论计算量)、各种冶炼参数满足冶炼要求且误差范围内),按料序入炉冶炼,过程中根据冶炼周期、冶炼参数作用时间等调整变料涉及装料制度、送风制度等相关参数,得实际冶炼出炉产量、渣铁成分、焦煤比、铁量;

[0202] 入炉冶炼参数控制步骤:

[0203] 步骤(5-1)、将步骤(1)所述三种矿总和为100%,以及较高灰分、硫分的焦炭,按常

规量送入高炉中;本例普通矿→钒钛矿冶炼,用料结构步骤为一步实现;

[0204] 步骤(5-2)、在下列条件下进行冶炼:

[0205] 变料前:热风压力为0.30MPa,顶压0.145Mpa,热风温度为1190℃,入炉(仪表)风量为2600m³/min,氧气含量为6500m³/h,煤粉喷吹量为19500kg/h铁(喷煤率26.42%);矿批31.0吨,焦批7.0吨;w([Si])0.28%、w([Ti])0.14%,炉渣碱度1.12,铁水温度1456℃;

[0206] 变料后:热风压力为0.31MPa,顶压0.155Mpa,热风温度为1190℃,入炉(仪表)风量为2650m³/min,氧气含量为6800m³/h,煤粉喷吹量为19500kg/h铁(喷煤率25.51%);矿批30.5吨,焦批7.0吨;w([Si])暂定值0.15%,w([Ti])计算值0.230%,炉渣碱度1.12;

[0207] 各个影响因素作用完成时间分别为:入炉品位、炉渣碱度、熟料率、顶压均为一个冶炼周期(本例变料前5.40h,变料后5.32h),喷吹煤粉2.5-3.0h(普通矿→钒钛矿取值下限),风量、风温、湿度、富氧为1h;调整节点为相应影响因素发生变化和调整因素发挥作用时间相符合,以维持综合燃料比相对稳定为依据;

[0208] 步骤(5-3)、在下列条件下进行冶炼:

[0209] 变料前:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.64、炉渣碱度1.09(理论计算值)、控制风温1190℃、富氧率3.27%、透气性指数16774m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2379℃、鼓风动能11367kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.69、小时料速7.76批、冶炼周期5.40h;

[0210] 变料后:冶炼过程中,炉渣中镁铝比0.68、炉渣碱度1.09(理论计算值)、控制风温1190℃、富氧率3.36%、透气性指数17097m³/(min.MPa)、理论燃烧温度2385℃、鼓风动能10817kg.m/S、边缘煤气流分布指数Wt 0.86、小时料速7.92批、冶炼周期5.32h;

[0211] 本例为普通矿→钒钛矿冶炼,参数校核变化:炉渣美铝比、富氧率、透气性指数、理论燃烧温度、边缘煤气流分布指数增加,以及因矿批减小料速增加;

[0212] 本次各个参数计算、校核结果如下列表:

[0213] 表3-1变料前实际、变料前后理论计算参数

项目	V	T	P	P _理	T _理	煤比	O ₂ %	S _{风口}	矿批	焦批	pt	W _理	透指	T _理	E
变料前实际值	2600	1190	0.30 0	0.14 5	180	145	3.47	0.205 9	31.0	7.0	1456	0.69	16774	2379	11367
变料前理论计值	2600	1190	0.30 0	0.14 5	180	147	3.27	0.2059	31.0	7.0		0.69	16774	2379	11367
变料后理论计值	2650	1190	0.31 0	0.15 5	160	145	3.36	0.2067	30.5	7.0		0.86	17097	2385	10817

[0215] 表3-2变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

项目	干焦批	富氧率	吨焦耗风量	吨煤耗风量	小时煤量	小时煤耗风	小时进风量	烧煤剩余小时风量	小时料批
单位	kg	%	m ³ /t	m ³ /t	t/h	m ³ /t	m ³ /h	m ³ /h	批
变料前实际	7000	3.27			19500				7.80
变料前理论计值	7000	3.27	2064	2650	19500	51669	163800	112131	7.76
变料后理论计值	7000	3.36	2058	2642	19000	50202	164400	114198	7.92

[0217] 表3-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

项目	矿批	焦批	小时煤量	料速	[Si]	[Ti]	铁量	焦比	煤比	喷煤率	燃料比
单位	kg	kg	kg/h	批/h	%	%	kg/批	kg/t	kg/t	%	Kg/h
[0218] 变料前实际	31000	7000	19500	7.80	0.28	0.14	17126	405	145	26.17	554
变料前理计值	31000	7000	19500	7.76	0.28	0.14	17126	409	147	26.42	555
变料后理计值	30500	7000	19000	7.92	0.15	0.23	16518	424	145	25.51	569

[0219] 续表3-3变料前实际、变料前后理论计算指标、确定炉料配比

项目	批料容积	周期	日产	利用系数	冶炼周期	烧结矿	球团矿	配比	入炉品位
单位	m ³	批	t/d	t/(d.m ³)	h	%	%	%	%
[0220] 变料前实际	23.65		3236	2.997		72	25	3	53.26
变料前理计值	23.65	41.87	3189	2.953	5.40	75	22	3	53.26
变料后理计值	23.49	42.14	3141	2.909	5.32	70	25	5	52.21

[0221] 表3-4变料前实际、变料前后理论计算小时料批(冶炼强度)

品种	[Si]	[Ti]	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	渣比	碱度	镁铝比
单位	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
[0222] 变料前实际	0.28	0.14	34.69	38.65	7.94	12.55	2.78	1.23		1.11	0.63
变料前理计值	0.28	0.14	34.35	38.46	7.98	12.47	2.79	1.15	470.44	1.12	0.64
变料后理计值	0.16	0.22	30.96	34.83	7.97	11.69	9.51	1.05	502.79	1.12	0.68

[0223] 步骤(6)、实际冶炼结果返回修正:钒钛矿冶炼冶炼周期缩短、渣量增加,按照比普通矿冶炼铁次增加2次/日组织,矿种互换一个冶炼周期结束,本次变料当日实际冶炼、出炉情况如下:

项目	矿批	焦批	料速	[Si]	[Ti]	pt	碱度	镁铝比	出铁量	利用系数	焦比	煤比	燃料比
单位	kg	kg	批/h	%	%	°C	%	%	kg/批	t/(d.m ³)	kg/t	kg/t	Kg/h
[0224] 实际	30500	7000	8.10	0.17	0.25	1455	1.12	0.72	3211.0	2.973	424	141	565

[0225] 变料后冶炼后炉况稳定顺行,渣铁流动性良好,热量充沛,主要参数、指标均在预测范围,无需更改、修正相关参数。

[0226] 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、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

