



(21) 申请号 202210460496.5

C22B 1/243 (2006.01)

(22) 申请日 2022.04.28

C22B 1/244 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114737050 A

(56) 对比文件

CN 111020181 A, 2020.04.17

CN 110273065 A, 2019.09.24

(43) 申请公布日 2022.07.12

CN 107120963 A, 2017.09.01

(73) 专利权人 中南大学

CN 215864592 U, 2022.02.18

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路932号

CN 112410545 A, 2021.02.26

CN 103468931 A, 2013.12.25

CN 208532252 U, 2019.02.22

(72) 发明人 甘敏 范晓慧 吕浩 季志云

孙增青 陈许玲 黄晓贤 刘卓奇

审查员 李啸颖

(74) 专利代理机构 长沙市融智专利事务所(普

通合伙) 43114

专利代理师 张伟

(51) Int. Cl.

C22B 1/20 (2006.01)

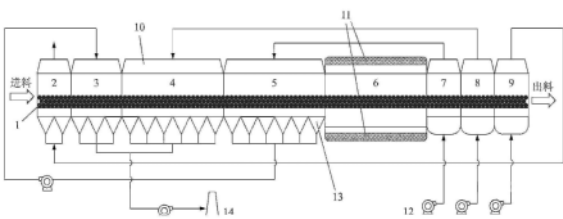
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺,该工艺是将球团料置于移动台车上依次经过鼓风干燥段、抽风干燥段、预热I段、预热II段、焙烧段、冷却I段、冷却II段和冷却III段处理,得到成品球团矿,主要改进点在于焙烧段通过微波装置直接供热。该工艺通过采用微波直接加热方式对球团料进行均匀加热,促进了焙烧段球团料充分固结,提高球团矿质量,降低了焙烧温度,同时,以微波直接加热的供热方式取代现有技术中碳基燃料燃烧为主的供热方式,实现了球团生产过程“碳零排”,极大地降低 NO_x 及 SO_2 的排放。



1. 一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 将球团料置于移动台车上依次经过鼓风干燥段、抽风干燥段、预热I段、预热II段、焙烧段、冷却I段、冷却II段和冷却III段处理, 得到成品球团矿, 其特征在于: 所述焙烧段通过微波装置直接供热; 所述微波装置为腔体结构, 腔体内部上下表面均设有微波发生器; 所述微波发生器的工作频率为915~2450MHz, 将球团料加热至1180~1250℃;

所述球团料在移动台车上的布料厚度为100~200mm, 所述球团料的粒度为8~13mm; 所述冷却I段产生的热废气循环到预热II段; 所述冷却II段产生的热废气循环到预热I段; 所述冷却I段产生的热废气中氧含量不低于18%, 温度为1050~1150℃; 所述冷却II段产生的热废气中氧含量不低于18%, 温度为800~1000℃; 所述球团料经过预热II段后, 控制球团料中FeO含量 $\leq 3\%$, 球团料中硫的脱除率 $\geq 85\%$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 其特征在于: 所述冷却III段产生的热废气循环到鼓风干燥段;

所述预热II段产生的热废气循环到抽风干燥段。

3. 根据权利要求2所述的一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 其特征在于: 所述预热II段产生的热废气温度为400~500℃。

4. 根据权利要求2所述的一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 其特征在于: 所述冷却III段产生的热废气温度为250~350℃。

5. 根据权利要求1所述的一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 其特征在于: 所述球团料在鼓风干燥段停留时间为2~3min, 在抽风干燥段停留时间为4~5min, 在预热I段停留时间为6~10min, 在预热II段停留时间为6~10min, 在焙烧段停留时间为8~12min。

6. 根据权利要求1所述的一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺, 其特征在于: 所述球团料在冷却I段、冷却II段及冷却III段中以50~80℃/min的速度进行冷却, 控制最终成品球团矿温度低于150℃。

一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种球团生产工艺,特别涉及一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺,属于铁矿球团节能减排技术领域。

背景技术

[0002] 球团矿是优质的高炉炼铁原料,相比烧结矿而言,具有铁品位高,冶金性能好的优点,且球团生产过程的工序能耗及污染物排放也更低。此外,我国以精矿为主的铁矿资源现状也更适宜球团矿的发展。近年来,随钢铁行业的发展,球团矿产量也呈逐步上升的趋势。因此,推动球团工艺进步与发展,进一步开发球团生产工艺的节能减排技术,是助力钢铁工业“碳达峰、碳减排”的有效举措。

[0003] 当前,球团矿生产工艺以链篦机-回转窑及带式焙烧机为主,二者占比总和超过90%。无论是链篦机-回转窑工艺还是带式焙烧机工艺,主要都是以无烟煤或煤气等燃料燃烧产生的热量,通过热传导的方式,对球团料进行焙烧。一方面,球团工序能耗主要集中在焙烧段,而目前球团生产工艺主要是磁铁矿及赤铁矿制备的混合铁精矿球团,兼具了经济性与产品质量好的优点,其焙烧温度大多在1250~1280℃以上,若能降低焙烧温度至1250℃以下,将极大减少球团工序能耗。另一方面,通过热传导供热对球团料进行焙烧时,存在球团料中温度场不均的问题,影响球团矿质量的均匀性。如链篦机-回转窑中局部火焰温度过高或过低,会造成部分球团过烧或欠烧;带式焙烧机通过风流热传导对球团料层进行焙烧,存在“上层过烧、下层欠烧”球团矿质量不均的问题;对于单个球团矿而言,热传导“由外到内”的加热方式,也存在加热速度慢,内外固结不均匀的问题。这都使得球团焙烧温度有进一步降低的需求及可能。此外,无烟煤及煤气等碳基燃料在燃烧过程中会产生大量CO₂、NO_x和SO₂等污染物。据统计,每生产1t球团矿,约排放63kgCO₂、0.35kg NO_x,使得球团生产面临一定的环保压力。

[0004] 因此,有必要开发一种新的球团焙烧工艺,取代现有的以碳基燃料燃烧、热传导供热为主的球团焙烧方式,提高球团焙烧过程温度场的均匀性,降低焙烧温度,从源头减少球团生产能耗及污染物排放,降低球团工艺生产成本,助力钢铁行业绿色发展。

发明内容

[0005] 针对现有技术中球团生产工艺主要以碳基燃料燃烧、热传导供热为主的焙烧方式,存在焙烧温度高、能耗大,球团焙烧不均匀、部分球团“过烧”或“欠烧”,以及碳排放、烟气污染物排放的问题,本发明的目的是在于提供一种微波低温无碳焙烧的铁矿氧化球团生产工艺,该工艺关键在于通过采用微波直接加热方式对球团料进行均匀加热,促进了焙烧段球团料充分固结,提高球团矿质量,降低了焙烧温度,同时,以微波直接加热的供热方式取代现有技术中碳基燃料燃烧为主的供热方式,实现了球团生产过程“碳零排”,极大降低NO_x及SO₂的排放。在保证球团矿质量的情况下,实现了球团生产过程的节能减排。

[0006] 为了实现上述技术目的,本发明提供了一种微波低温无碳焙烧的球团生产工艺,

将球团料置于移动台车上依次经过鼓风干燥段、抽风干燥段、预热I段、预热II段、焙烧段、冷却I段、冷却II段和冷却III段处理,得到成品球团矿;关键的改进点在于:所述焙烧段通过微波装置直接供热;所述微波装置为腔体结构,腔体内部上下表面均设有微波发生器。

[0007] 本发明技术方案的关键在于球团焙烧过程中采用微波直接加热方式,相对现有技术中的燃料供热方式,一方面,能够从源头大幅度降低由于采用化石燃料而导致的 NO_x 及 SO_2 排放,实现了球团生产过程“碳零排”;另一方面,微波加热方式和燃料燃烧加热方式是通过完全不同的作用原理来实现加热,微波加热主要是通过离子传导及偶极子转动等作用实现内摩擦生热,能够快速均匀升温,料层加热过程不受普通燃烧供热的热传导等作用的影响,因此可以有效降低球团料的烧结温度,而采用燃料燃烧加热过程中由于热传导作用而不可避免地产生温度梯度,从而要获得更高的烧结效率,采用燃料烧结则需要更高的烧结温度;第三方面,微波加热方式本身具有升温快和受热均匀的特点,而通过设置特殊的微波装置,采用腔体式微波加热装置,且在料层上下表面均设置微波发生装置,能够使得球团料层上下受热更加均匀,有效避免球团料烧结过程出现局部过热,烧结不均匀的技术问题,并且能够保证在一定球团料厚度的情况下,使球团料温度场更加均匀,提高球团矿质量均匀性。综上所述,通过采用微波直接加热球团,能够对球团料进行均匀加热,促进了焙烧段球团料充分固结,提高球团矿质量,降低焙烧温度,且相对现有技术中燃料燃烧为供热方式,实现了球团生产过程“碳零排”,极大降低 NO_x 及 SO_2 的排放,在保证球团矿质量的情况下,实现了球团生产过程的节能减排。

[0008] 作为一个优选的方案,所述腔体结构最好是截面为长方形的腔体结构。而移动台车从腔体中心位置通过,能够使得球团料的整个料层上下都能够均匀地受微波作用而快速升温。

[0009] 作为一个优选的方案,所述微波发生器的工作频率为915~2450MHz,将球团料加热至1180~1250℃。传统的燃料燃烧焙烧温度大多在1250~1280℃以上,而通过采用高频微波加热方式,可以有效地降低焙烧温度至1250℃以下,极大地减少球团烧结能耗。通过控制高频微波的工作频率能够有效调控球团料温度。

[0010] 作为一个优选的方案,所述球团料在移动台车上的布料厚度为100~200mm,所述球团料的粒度为8~13mm。利用微波“整体加热”的特点,以及上下层球团料同时微波加热的方式,可在保证在较高的球团料厚度的情况下,使球团料温度场更加均匀,提高球团矿质量均匀性。同时球团料的粒度以及其布料厚度控制在适当的范围内,以便微波充分穿透球团料进行加热。

[0011] 作为一个优选的方案,所述冷却I段产生的热废气循环到预热II段。进一步优选,所述冷却I段产生的热废气中氧含量不低于18%,温度为1050~1150℃。作为一个优选的方案,所述冷却II段产生的热废气循环到预热I段。进一步优选,所述冷却II段产生的热废气中氧含量不低于18%,温度为800~1000℃。本发明技术方案在采用微波加热进行焙烧之前,还采用了两段预热工艺,两段预热工艺通过严格控制氧含量及温度,能够使得球团料在微波焙烧之前完成大部分氧化、脱硫、碳酸盐分解以及初步微结晶等化学反应,如球团料经过预热II段后,球团料中FeO含量 $\leq 3\%$,球团料中硫的脱除率 $\geq 85\%$,为微波快速焙烧过程提供有利条件,能够强化微波焙烧段球团固结,由于微波焙烧段需要在相对密闭、独立空间以防止微波泄露才能实现快速加热并达到所需烧结温度,而相对密闭、独立空间会影响球

团料的氧化等过程,因此,通过两段预热完成大部分氧化、脱硫、碳酸盐分解以及初步微结晶等化学反应过程,使得微波焙烧段的相对独立成为可能,两段预热工艺对于改善微波焙烧效果是有益的。此外,对于预热II段和预热I段的热废气分别来自冷却I段和冷却II段,能够实现能量的循环。

[0012] 作为一个优选的方案,所述冷却III段产生的热废气循环到鼓风干燥段。进一步优选,所述冷却III段产生的热废气温度为250~350℃。作为一个优选的方案,所述预热II段产生的热废气循环到抽风干燥段。进一步优选,所述预热II段产生的热废气温度为400~500℃。冷却III段和预热II段产生的热废气分别满足鼓风干燥段及抽风干燥段中球团料的干燥脱水。

[0013] 作为一个优选的方案,所述球团料在鼓风干燥段停留时间为2~3min,在抽风干燥段停留时间为4~5min,在预热I段停留时间为6~10min,在预热II段停留时间为6~10min,在焙烧段停留时间为8~12min。

[0014] 作为一个优选的方案,所述球团料经过预热II段后,控制球团料中FeO含量 $\leq 3\%$,球团料中硫的脱除率 $\geq 85\%$ 。

[0015] 作为一个优选的方案,所述球团料在冷却I段、冷却II段及冷却III段中以50~80℃/min的速度进行冷却,控制最终成品球团矿温度低于150℃。

[0016] 作为一个优选的方案,本发明的球团料为常见的铁矿烧结球团料,主要包括含铁矿物、粘结剂及添加剂等。含铁矿物例如磁铁矿、赤铁矿及钒钛磁铁矿等,粘结剂例如膨润土和有机粘结剂(羧甲基纤维素钠、淀粉类、聚乙烯醇、腐植酸类等等),添加剂例如含钙添加剂和含镁添加剂。这些都是铁矿烧结过程中常见的球团原料。

[0017] 本发明的球团生产工艺中微波发生器分别设置在微波装置腔体内部的上下表面,并在微波发生器外侧设置耐火层,以保护微波发生器,并且腔体内部上下表面均设置了微波屏蔽板,以阻止微波泄漏。

[0018] 本发明的球团生产工艺中在鼓风干燥段、抽风干燥段、预热I段、预热II段、微波焙烧段、冷却I段、冷却II段及冷却III段之间用耐火挡板分隔开,防止窜风。

[0019] 本发明的球团生产工艺中涉及移动床为链篦机或带有篦床的装置。

[0020] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0021] (1) 本发明利用微波“整体加热”的特点,采用具有腔体结构的微波装置,通过在腔体内部上下表面均设有微波发生器来实现球团料上下层同时进行微波直接加热,以代替传统热风传导加热的方式,使球团料上下层及球团矿内外的温度场更加均匀,从而改善球团矿质量,在产品质量不变的情况下,可将焙烧段温度降低至1250℃以下,防止球团过烧,降低球团能耗。

[0022] (2) 本发明通过两段预热,使球团料在预热I段及预热II段完成球团料的大部分氧化、初步微结晶、脱硫及碳酸盐分解。一方面,充分的氧化及初步微结晶有利于强化微波焙烧段球团的固结。另一方面,可减少微波焙烧段中球团料进行相关反应的需求,使得微波焙烧段的相对独立成为可能,同时结合在微波装置腔体内部设置微波屏蔽板等手段,可减少微波泄漏的风险。

[0023] (3) 本发明通过将冷却I段、冷却II段高温高氧废气分别循环至预热II段与预热I段,将冷却III段热废气循环至鼓风干燥段、预热II段热废气循环至抽风干燥段,可提高热

量利用率,降低热损失。

[0024] (4)本发明通过在焙烧段采用微波加热,不使用无烟煤及煤气等碳基燃料供热,能够有效减少球团生产过程烟气污染物的排放,可实现球团生产过程“碳零排”,极大降低 NO_x 及 SO_2 的排放,减少环保运行成本。

[0025] 综上所述,本发明利用微波“整体加热”的特点,在焙烧段通过微波直接加热球团料,结合两段强化预热及热废气循环的方法,开发了低温无碳的铁矿氧化球团生产工艺,可进一步降低球团生产能耗,减少球团工序碳排放及烟气污染物排放。

附图说明

[0026] 图1为本发明的基于微波低温无碳焙烧球团生产工艺的流程图;其中,1:球团料;2:鼓风干燥段;3:抽风干燥段;4:预热I段;5:预热II段;6:焙烧段;7:冷却I段;8:冷却II段;9:冷却III段;10:烟罩;11:微波发生器;12:风机;13:风箱;14:烟气处理塔。

具体实施方式

[0027] 为了进一步说明本发明的内容,下文将结合较佳的实施例对本发明作更全面、细致地描述,但本发明的保护范围并不限于以下具体的实施例。

[0028] 除非另有定义,下文中所使用的所有专业术语与本领域技术人员通常理解的含义相同。本文中所使用的专业术语只是为了描述具体实施例的目的,并不是旨在限制本发明的保护范围。

[0029] 本发明的球团生产过程示意图如图1所示。焙烧过程主要在微波装置中进行,微波装置具有腔体结构,腔体结构截面为长方形,腔体内部上下表面均设有微波发生器,并且在腔体内部上下表面均设置了微波屏蔽板,以阻止微波泄漏,在腔体外部的上下表面设置耐火层,主要是保护微波发生器。在球团焙烧过程中装载球团料的链篦机从微波装置的腔体中心位置通过,能够使得球团料的整个料层上下都能够均匀地受微波作用而快速升温。球团生产过程中冷却I段产生的热废气循环到预热II段;冷却II段产生的热废气循环到预热I段;冷却III段产生的热废气循环到鼓风干燥段;所述预热II段产生的热废气循环到抽风干燥段。球团生产过程中在鼓风干燥段、抽风干燥段、预热I段、预热II段、微波焙烧段、冷却I段、冷却II段及冷却III段之间用耐火挡板分隔开,防止窜风。

[0030] 对比例1

[0031] 针对链篦机-回转窑-环冷机铁矿氧化球团生产工艺,采用98.8%磁、赤混合铁精矿原料(磁铁矿:赤铁矿=7:3),配加1.2%膨润土制备酸性球团。工艺过程中,球团料厚度180mm,球团粒度8~16mm,在250℃鼓风干燥2min、400℃抽风干燥5min、650℃过渡预热3min、950℃预热8min、1250℃焙烧10min,冷却速度60℃/min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0032] 对比例2

[0033] 针对带式焙烧机铁矿氧化球团生产工艺,采用92.4%磁、赤混合铁精矿原料(磁铁矿:赤铁矿=7:3),配加1.2%膨润土、2.0%氧化镁粉及4.4%石灰石,制备镁质熔剂性球团(碱度0.4,MgO含量2.0)。工艺过程中,球团料厚度400mm,球团粒度8~16mm,在300℃鼓风干燥3min、400℃抽风干燥7min、预热升温速率50℃/min、预热升温时间18min、1275℃焙烧

10min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0034] 对比例3

[0035] 采用98.8%磁、赤混合铁精矿原料(磁铁矿:赤铁矿=7:3),配加1.2%膨润土制备酸性球团。工艺过程中,球团料厚度200mm,球团粒度8~13mm,微波频率2450MHz,在350℃鼓风干燥2min、500℃抽风干燥4min、650℃预热3min、950℃预热8min的热工制度下,预热后球团中FeO含量为6.7%、球团料脱硫率为71.3%;在1200℃焙烧8min,冷却速度80℃/min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0036] 实施例1

[0037] 针对本发明提出的基于微波低温无碳焙烧球团工艺,采用98.8%磁、赤混合铁精矿原料(磁铁矿:赤铁矿=7:3),配加1.2%膨润土制备酸性球团。工艺过程中,球团料厚度200mm,球团粒度8~13mm,微波频率2450MHz,在350℃鼓风干燥2min、500℃抽风干燥4min、800℃预热6min、1050℃预热10min的热工制度下,预热后球团中FeO含量为2.2%、球团料脱硫率为92.3%;在1180℃焙烧8min,冷却速度80℃/min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0038] 实施例2

[0039] 针对本发明提出的基于微波低温无碳焙烧球团工艺,采用91.2%磁、赤混合铁精矿,配加0.5%有机粘结剂(CMC)、3.8%菱镁石、4.5%石灰石,制备镁质熔剂性球团(碱度0.4,MgO含量2.0)。工艺过程中,球团料厚度200mm,球团粒度8~13mm,微波频率915MHz,在300℃鼓风干燥3min、450℃抽风干燥5min、1000℃预热8min、1150℃预热8min的热工制度下,预热后球团中FeO含量为1.8%、球团料脱硫率为88.3%;在1250℃焙烧10min,冷却速度50℃/min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0040] 实施例3

[0041] 针对本发明提出的基于微波低温无碳焙烧球团工艺,采用96.3%钒钛磁铁矿,配加1.6%膨润土、2.1%氧化镁粉,制备镁质钒钛球团(MgO含量2.0%)。工艺过程中,球团料厚度100mm,球团粒度8~13mm,微波频率2450MHz,在250℃鼓风干燥3min、400℃抽风干燥5min、1000℃预热10min、1150℃预热6min的热工制度下,预热后球团中FeO含量为2.7%、球团料脱硫率为89.5%;在1230℃焙烧12min,冷却速度50℃/min的热工制度下,得到成品球团矿。球团矿强度指标、球团生产过程碳排放、 NO_x 排放见表1。

[0042] 表1实施本发明工艺生产的球团矿强度指标

[0043]

方案	球团抗压强度/N·个 ⁻¹		由供热产生的 CO ₂ 排放 /kg·t ⁻¹ (球团矿)	NO _x 排放 /kg·t ⁻¹ (球团矿)
	平均值	标准差		
对比例 1	2671	375	72	0.47
对比例 2	2787	417	61	0.28
对比例 3	2045	61	0	0.13
实施例 1	3188	67	0	0.08
实施例 2	2933	98	0	0.12
实施例 3	2725	43	0	0.10

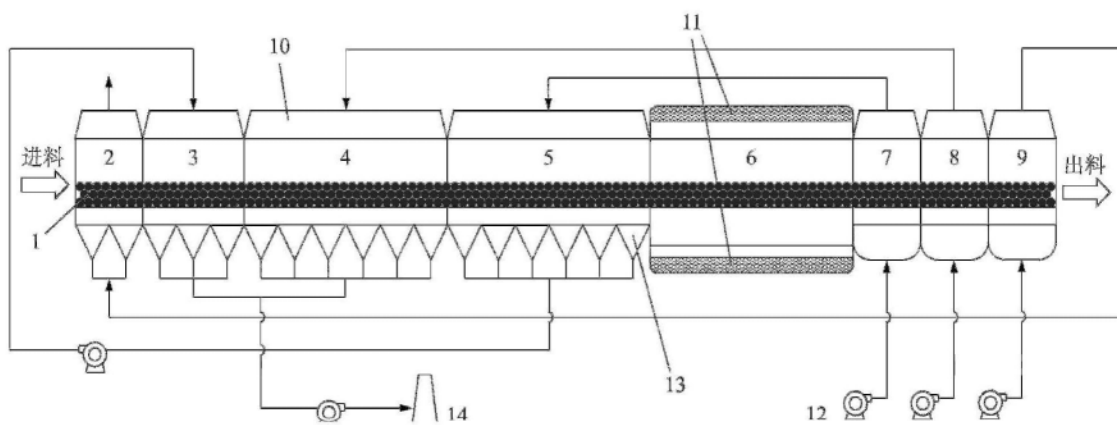


图1