



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111780106 B

(45) 授权公告日 2022.07.12

(21) 申请号 202010614947.7

F23D 14/26 (2006.01)

(22) 申请日 2020.06.30

F23D 14/46 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

F23D 14/70 (2006.01)

申请公布号 CN 111780106 A

F27D 99/00 (2010.01)

(43) 申请公布日 2020.10.16

(56) 对比文件

(73) 专利权人 武汉钢铁有限公司

CN 110345478 A, 2019.10.18

地址 430083 湖北省武汉市青山区厂前2号
门股份公司机关

CN 104235849 A, 2014.12.24

CN 101639218 A, 2010.02.03

(72) 发明人 丁翠娇 曹炳雷 宋中华 向云畔
杜贤武

CN 105546521 A, 2016.05.04

DE 102013105378 B3, 2014.08.28

CN 206648031 U, 2017.11.17

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

审查员 何兰兰

专利代理师 王和平

(51) Int. Cl.

F23D 14/02 (2006.01)

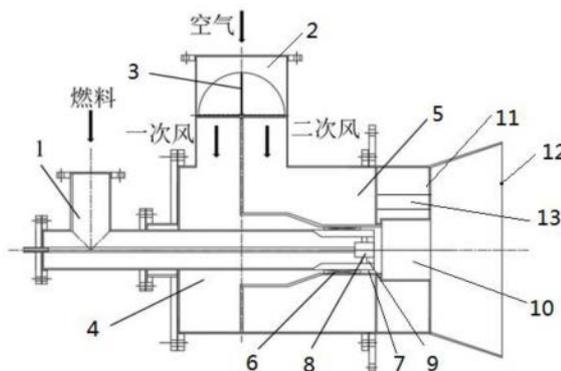
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

轧钢加热炉无焰燃烧器及其应用

(57) 摘要

本发明公开了一种轧钢加热炉无焰燃烧器,该轧钢加热炉无焰燃烧器燃气进气管道、空气进气管道、设置于空气进气管道中的一二次风调节挡板、一次风进气管道、二次风进气管道、燃气喷嘴、燃气钝体、一次风喷嘴,旋流叶片、稳焰腔体、二次风喷嘴和出口扩张段,所述二次风进气管道与所述一次风进气管道分置于燃烧器中心轴的两侧。本发明的无焰燃烧器通过与加热炉炉膛内腔结构相结合布置燃气喷嘴和空气喷嘴,在炉内加热区域形成紧贴炉壁的环状点火稳焰区、烟气回流加热区、贫燃稀薄燃烧区、贫氧稀薄燃烧区和当量比稀薄燃烧区,得到稳定的可常温点火运行的无焰燃烧状态;通过调整气流动力学参数,可达到炉膛加热温度均匀、燃烧效率高、NOx生成低的良好效果。



1. 一种轧钢加热炉无焰燃烧器在轧钢加热炉中的应用,其特征在于:该燃烧器包括燃气进气管道、空气进气管道、一次风进气管道、二次风进气管道、燃气喷嘴、燃气钝体、一次风喷嘴,旋流叶片、稳焰腔体、二次风喷嘴和出口扩张段,所述空气进气管道上设置有一二次风调节挡板,所述一二次风调节挡板用于调节空气进入一次风进气管道和二次风进气管道的比例,所述一次风进气管道同轴套在所述燃气进气管道外部,所述旋流叶片位于一次风进气管道内的出口端一侧,所述一次风喷嘴为由一次风进气管道、燃气进气管道和旋流叶片构成的通道,所述燃气进气管道内的出口端一侧的中心设有燃气钝体,所述燃气喷嘴为燃气进气管与燃气钝体共同形成的环状通道,所述燃气喷嘴与所述一次风喷嘴的出口位于同一平面,并通过稳焰腔体与所述扩张段连接,所述二次风进气管道与所述一次风进气管道分置于燃烧器中心轴的两侧,所述二次风进气管道通过所述二次风喷嘴与所述扩张段相连,所述二次风喷嘴出口面与所述稳焰腔体的出口面齐平,所述扩张段与轧钢加热炉的炉内连通,其形状为与燃烧器同中心轴且由内向外张口渐大的喇叭状腔体;

该燃烧器在应用于轧钢加热炉时,一次风喷嘴结构根据加热炉所用燃气热值不同发生变化:燃气热值小于 $4\text{MJ}/\text{m}^3$ 时,旋流叶片旋转角度为 $15^\circ\sim 30^\circ$ 、一次风喷嘴流通面积为二次风喷嘴流通面积的 $1/20\sim 1/10$;燃气热值在 $4\text{MJ}/\text{m}^3\sim 7\text{MJ}/\text{m}^3$ 范围时,旋流叶片旋转角度为 $5^\circ\sim 15^\circ$ 、一次风喷嘴流通面积为二次风喷嘴流通面积的 $1/50\sim 1/20$;燃气热值大于 $7\text{MJ}/\text{m}^3$ 时,一次风喷嘴取消;

燃气喷嘴结构和中心轴位置根据加热炉加热宽度不同发生变化,加热宽度小于 4m 时,燃气钝体直径为燃气进气管道直径的 $1/2$,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离为零;加热宽度在 $4\text{m}\sim 6\text{m}$ 间,燃气钝体直径为燃气进气管道直径的 $1/4$,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离为一倍的燃气进气管道直径;加热宽度大于 6m 时,燃气钝体直径为零,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离为两倍的燃气进气管道直径;

二次风喷嘴提供出口速度在 $40\sim 100\text{m}/\text{s}$ 范围的空气直喷射流,喷嘴喷孔流通面积根据加热炉加热宽度变化,加热宽度小于 4m ,二次风出口速度在 $40\sim 50\text{m}/\text{s}$ 范围;加热宽度在 $4\text{m}\sim 6\text{m}$ 间,二次风出口速度在 $50\sim 80\text{m}/\text{s}$ 范围;加热宽度大于 6m ,二次风出口速度在 $80\sim 100\text{m}/\text{s}$ 范围。

2. 根据权利要求1所述的轧钢加热炉无焰燃烧器在轧钢加热炉中的应用,其特征在于:所述旋流叶片旋转角度为 $5^\circ\sim 30^\circ$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的轧钢加热炉无焰燃烧器在轧钢加热炉中的应用,其特征在于:所述二次风喷嘴设置有单个或多个独立的喷孔。

4. 根据权利要求3所述的轧钢加热炉无焰燃烧器在轧钢加热炉中的应用,其特征在于:所述加热炉加热高度为 2m 以内炉膛,所述喷孔数为 $1\sim 7$ 个。

5. 根据权利要求4所述的轧钢加热炉无焰燃烧器在轧钢加热炉中的应用,其特征在于:所述加热炉加热高度为 2m 以内炉膛,所述喷孔数为 $1、3、5、7$ 个。

轧钢加热炉无焰燃烧器及其应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种轧钢加热炉无焰燃烧器及其应用,属于冶金热工领域。

背景技术

[0002] 轧钢加热炉是冶金行业热连轧生产线上的主要耗能设备,用于将连铸坯加热到均匀的适合轧制的温度(奥氏体组织),以提高钢的塑性,降低轧制过程的形变抗力。燃烧器是加热炉的核心工艺装备,其性能直接影响到加热钢坯的温度均匀性、炉窑能耗水平和污染物排放等各项技术经济指标。燃烧器设计通常以高效、低排和温度均匀为首要的性能目标。

[0003] 无焰燃烧是一种新型高效低污染燃烧技术,相对于传统燃烧,无焰燃烧具有以下优点:反应速率低、局部释热少、无火焰锋面、加热温度均匀,且氮氧化物(NO_x)排放极低,特别适合应用于轧钢加热炉加热过程中。无焰燃烧技术可降低70%的氮氧化物排放,被国际燃烧界视为21世纪最具备发展潜力的技术之一。

[0004] 目前,国内外已存在一些基于无焰燃烧技术的专利。例如,中国专利(申请号96199385.5)提出了一种无焰燃烧器,该发明在燃烧室内设置一个催化表面以降低燃料的自然温度,并将燃料和助燃空气预热至高于燃料经降低之后的自然温度以上,从而在整个燃烧炉膛内实现无焰燃烧,并且温度分布均匀。中国专利(申请号201710893746.3)提出了一种工业中高热值废气无焰燃烧器,该发明可以使中高热值废气完全燃烧,避免灭火或爆燃,消除了安全隐患。中国专利(申请号200910104757.4)设计了一种无焰燃烧蓄热式平焰烧嘴,该发明利用位于喷嘴本体中的蓄热体预热助燃空气从而实现炉内无焰燃烧,降低 NO_x 排放量。中国专利(申请号201410019516.0)提出了一种直喷式燃气无焰燃烧器,该发明提供了一种结构简单,无需预热空气,内置搅拌反应器和设置蓄热体,即可在炉膛中实现无焰燃烧的直喷式燃气无焰燃烧器。国际专利(Flameless combustor,US005899269A)提供了一种采用无焰燃烧技术的燃烧室装置。该装置在燃烧室内设备套管以实现无焰燃烧。

[0005] 现有的无焰燃烧装置主要采用预热空气、内置搅拌反应器、蓄热体或者使用催化剂等方式,除蓄热式无焰燃烧外,其他类型均不适合大型轧钢加热炉工程应用,且多存在结构复杂,设备制造成本高,运行和维护困难的问题。蓄热式无焰燃烧运行还需成对布置燃烧器,周期换向系统,单独设置点火烧嘴提前预热等,系统更加复杂,设备故障率高,生产成本低。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明的目的是提供一种无需蓄热换向的大型轧钢加热炉无焰燃烧装置。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用以下的技术方案:

[0008] 一种轧钢加热炉无焰燃烧器,该燃烧器包括燃气进气管道、空气进气管道、一次风进气管道、二次风进气管道、燃气喷嘴、燃气钝体、一次风喷嘴,旋流叶片、稳焰腔体、二次风喷嘴和扩张段,所述空气进气管道上设置有一二次风调节挡板,所述一二次风调节挡板用

于调节空气进入一次风进气管道和二次风进气管道的比例,所述一次风进气管道同轴套在所述燃气进气管道外部(即所述一次风进气管道为环状通道),所述旋流叶片位于一次风进气管道内的出口端一侧,所述一次风喷嘴为由一次风进气管道、燃气进气管道和旋流叶片构成的通道,所述燃气进气管道内的出口端一侧的中心设有燃气钝体,所述燃气喷嘴为燃气进气管与燃气钝体共同形成的环状通道,所述燃气喷嘴与所述一次风喷嘴的出口位于同一平面,并通过稳焰腔体与所述扩张段连接,所述二次风进气管道与所述一次风进气管道分置于燃烧器中心轴的两侧,所述二次风进气管道通过所述二次风喷嘴与所述扩张段相连,所述二次风喷嘴出口面与所述稳焰腔体的出口面齐平,所述扩张段与轧钢加热炉的炉内连通,其形状为与燃烧器同中心轴且由内向外张口渐大的喇叭状腔体。

[0009] 优选地,所述旋流叶片旋转角度为 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。

[0010] 优选地,所述二次风喷嘴设置有单个或多个独立的喷孔。喷孔数根据加热炉加热高度变化,加热高度2m以内炉膛,喷孔数1~7个。更优选地,所述喷孔数为1、3、5、7个。

[0011] 本发明还提供了该燃烧器在轧钢加热炉中的应用。

[0012] 该燃烧器在应用于轧钢加热炉时,一次风喷嘴结构根据加热炉所用燃气热值不同发生变化。燃气热值小于 $4\text{MJ}/\text{m}^3$ 时,旋流叶片旋转角度为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 、一次风喷嘴流通面积为二次风喷嘴流通面积的 $1/20\sim 1/10$;燃气热值在 $4\text{MJ}/\text{m}^3\sim 7\text{MJ}/\text{m}^3$ 范围时,旋流叶片旋转角度为 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 、一次风喷嘴流通面积为二次风喷嘴流通面积的 $1/50\sim 1/20$;燃气热值大于 $7\text{MJ}/\text{m}^3$ 时,一次风喷嘴取消。

[0013] 燃气喷嘴结构和中心轴位置根据加热炉加热宽度不同发生变化,加热宽度小于4m时,燃气钝体直径为燃气进气管道直径的 $1/2$,燃气进气管道的中心轴与燃烧器中心轴的距离为零(由于一次风进气管道与燃气进气管道同轴,这时,可视其相对于二次风进气管道为特殊情况的分置于燃烧器中心轴的两侧);加热宽度在4m~6m间,燃气钝体直径为燃气进气管道直径的 $1/4$,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离为一倍的燃气进气管道直径;加热宽度大于6m时,燃气钝体直径为零,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离为两倍的燃气进气管道直径。

[0014] 二次风喷嘴提供出口速度在 $40\sim 100\text{m}/\text{s}$ 范围的空气直喷射流,喷嘴喷孔流通面积根据加热炉加热宽度变化,加热宽度小于4m,二次风出口速度在 $40\sim 50\text{m}/\text{s}$ 范围;加热宽度在4m~6m间,二次风出口速度在 $50\sim 80\text{m}/\text{s}$ 范围;加热宽度大于6m,二次风出口速度在 $80\sim 100\text{m}/\text{s}$ 范围。

[0015] 轧钢加热炉以达到钢件加热温度均匀为首要的性能目标,不均匀的加热结果会导致产品质量问题。加热炉燃烧器多布置于炉膛两侧,大型的轧钢加热炉炉宽多达10米以上。单侧燃烧器在对应加热区域的温度均匀性与燃气的燃烧特性、空气和燃气的流动状态、混合状态以及加热炉结构密切相关。本发明的燃烧器通过燃气喷嘴提供高速环状直喷射流,一次风喷嘴提供同轴环状旋转射流,在稳焰腔体内由空气旋转射流卷吸中心燃气形成一圈紧贴炉壁的环状小火焰,起到点火和稳焰的作用,保障燃烧器在常温状态下即可点火运行和稳定燃烧。根据加热炉所用燃气的热值条件,改变一次风喷嘴结构以保证燃烧器在实现稳定燃烧的最小点火空气量状态工作,点火燃烧部分热负荷控制在燃烧器总热负荷的3%以下,点火燃烧部分热负荷越大, NO_x 生成量越多,控制最小点火负荷可同时实现燃烧器常温稳定点火工作,又能保证有害气体 NO_x 生成最小。轧钢加热炉常用燃气主要为冶金附产气

高炉煤气、焦炉煤气、转炉煤气以及三者混合得到的不同热值的混合煤气,也有与天然气混合配制的中低热值混合气。燃气主要燃烧成分为CO、CH₄、H₂和少量C₂H₄及C₂H₆等,不同热值的混合气可燃组分的含量不同,燃气热物性参数和燃烧特性不同。一般热值越高,点火越容易,最小点火负荷越小,热值越低点火越困难,最小点火负荷越大。

[0016] 无焰燃烧的形成需要气流有足够的动量和卷吸足够的稀释烟气,本发明的燃烧器通过燃气喷嘴提供高速环状直喷射流,根据加热炉加热宽度需要变化燃气钝体结构,以实现最佳的燃气出口速度和最大的烟气回流量,达到加热炉加热宽度方向加热温度均匀性要求。加热炉越宽,燃气出口速度越大。不合适的燃气出口速度会造成火焰过长或过短,影响整个加热区域的温度均匀程度。

[0017] 从燃气喷嘴喷出的高速燃气流,一部分被一次风旋转风流卷吸混合燃烧在稳焰腔内形成点火源,大部分与周围烟气和助燃空气混合,形成贫氧稀薄燃烧区,混合程度通过燃气喷嘴中心轴位置调整,燃气进气管道中心轴与燃烧器中心轴的距离越大,高速气流周围烟气回流区越大,卷吸的稀释烟气量越大,形成的贫氧稀薄燃烧区域氧浓度越低,NO_x生成越低。

[0018] 从二次风喷嘴喷出的空气直喷射流卷吸炉内燃烧烟气,形成氧浓度较低的空气与烟气的混合气体,根据加热炉加热宽度不同改变气流出出口速度,以调整空气和烟气的混合程度,保证加热区域获得最佳温度均匀效果的同时达到最低的含量浓度,以控制燃烧过程中NO_x的生成,降低炉窑烟气NO_x的排放。

[0019] 燃气与烟气的混合气体在燃烧器出口扩张段与空气和烟气的混合气体相互卷吸混合,从扩张段喷射进入加热炉内,进一步卷吸加热炉燃烧烟气,高速扰动,充分混合,在整个加热区域形成一种气体分布均匀、氧含量极低的匀相混合状态,通过稳焰腔点火火源,在整个加热区形成一种体积燃烧模式,整个加热区处当量比稀薄燃烧状态,形成无焰燃烧。无明显可见火焰,无火焰锋面,加热温度均匀,氮氧化物(NO_x)排放极低。

[0020] 通过与加热炉炉膛内腔结构相结合布置燃气喷嘴、一次风喷嘴和二次风喷嘴,在炉内加热区域形成紧贴炉壁的环状点火稳焰区、烟气回流加热区、贫燃稀薄燃烧区、和当量比稀薄燃烧区,得到稳定的可常温点火运行的无焰燃烧状态,通过调整气流动力学参数,扩大当量比稀薄燃烧区域范围,获得炉膛加热温度均匀、燃烧效率高、NO_x生成低的良好效果。燃烧器结构简单,无特殊装置和复杂系统,制造成本低,运行和维护容易。

[0021] 根据加热炉加热宽度变化调整空气流出口速度,可在获得形成无焰燃烧所需的足够气流动量和卷吸足够的稀释烟气的同时,获得最优的加热区域温度均匀性。

[0022] 空气进气管道内设置一二次风调节挡板,可以扩大同一燃烧器对燃气条件的适应范围。在实际工业生产中,当燃气热值和成分发生变化时,通过在空气进气管道内设置一二次风调节挡板调节一二次风进风比例,则可无需更换燃烧器硬件设备,即可获得最优的燃烧状态。

[0023] 一次风进气管道在一次风供风比例为零时即可通过一二次风调节挡板进行控制实现,也可直接取消该一次风进气管道。

[0024] 进入燃烧器的空气(即一次风、二次风)可为常温也可为经空气换热器预热后的热风。

[0025] 燃烧器所用燃气可为常温也可为经煤气换热器预热后的热煤气。

[0026] 燃烧器在加热炉上有两种安装方式,一种为二次风进气管道与燃气进气管道水平布置安装,一种为二次风进气管道在上,燃气进气管道在下的垂直安装模式。布置方式可根据加热炉炉长和炉膛高度实际情况灵活调整。

[0027] 本发明具有如下的有益效果:

[0028] 良好的加热温度均匀性和超低 NO_x 排放是轧钢加热炉燃烧器设计要达到的两大首要性能目标。本发明的无焰燃烧器通过与加热炉炉膛内腔结构相结合布置燃气喷嘴和空气喷嘴(即一次风喷嘴和二次风喷嘴),在炉内加热区域形成紧贴炉壁的环状点火稳焰区、烟气回流加热区、贫燃稀薄燃烧区、贫氧稀薄燃烧区和当量比稀薄燃烧区,得到稳定的可常温点火运行的无焰燃烧状态,通过调整气流动力学参数,扩大当量比稀薄燃烧区域范围,获得炉膛加热温度均匀、燃烧效率高、 NO_x 生成低的良好效果。可适用于以冶金附产燃气及与天然气混合配制的中低热值燃气为燃气的各类轧钢加热炉,在加热炉炉温达到 1300°C 以上时,炉内加热温度均匀,最大温度差在 20°C 以内,炉尾烟气 NO_x 排放放在 $30\sim 60\text{mg}/\text{m}^3$ 水平,远优于国家超低排放小于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准要求。燃烧器结构简单,无特殊装置和复杂系统,制造成本低,运行和维护容易。

附图说明

[0029] 图1为燃烧器的主视图。

[0030] 1-燃气进气管道,2-空气进气管道,3-一二次风调节挡板,4-一次风进气管道,5-二次风进气管道,6-一次风旋流叶片,7-一次风喷嘴,8-燃气钝体,9-燃气喷嘴,10-稳焰腔体,11-二次风喷嘴,12-扩张段,13-喷孔

[0031] 图2为燃烧器的右视图。

具体实施方式

[0032] 为了更清楚地说明本发明,下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步的说明。本领域技术人员应当理解,下面所具体描述的内容是说明性的而非限制性的,不应以此限制本发明的保护范围。

[0033] 另外,在下面的详细描述中,为便于解释,阐述了许多具体的细节以提供对本文披露的实施例的全面理解。然而明显地,一个或多个实施例在没有这些具体细节的情况下也可以被实施。在其他情况下,公知的结构和装置以图示的方式体现以简化附图。在本发明中的实施例中所提到的一些方位词,例如“左”、“右”、“顶部”、“底部”等,这些方位词的含义与装置的放置情况有关,不应理解为对本发明专利的限制。

[0034] 实施例1

[0035] 结合图1、图2可以看出,本发明的无焰燃烧器包括燃气进气管道1,空气进气管道2、一次风进气管道4,二次风进气管道5,所述空气进气管道2中设置有一二次风调节挡板3,通过转动一二次风调节挡板3的位置,可以调节空气进入一次风进气管道4和二次风进气管道5的比例,所述一次风进气管道4同轴套在所述燃气进气管道1的外部,因此燃气进气管道1为圆柱状的通道而一次风进气管道4为环状通道,所述一次风进气管道4内的出口端一侧设置有旋流叶片6,所述一次风进气管道4、燃气进气管道1和旋流叶片6构成的通道形成一次风喷嘴7,所述燃气进气管道1内的出口端一侧的中心设有圆柱形的燃气钝体8(燃气钝体

8按照本领域公知的方式固定在燃烧器上),所述燃气进气管道1与燃气钝体8共同构成的环状通道(当燃气钝体8的底面直径为0时,则该环状通道变成内圈直径为0的通道,即圆柱状通道)形成燃气喷嘴9,所述燃气喷嘴9与所述一次风喷嘴7的出口位于同一平面,并通过稳焰腔体10与扩张段12连接,所述二次风进气管道5与所述一次风进气管道4分置于燃烧器中心轴的两侧,所述二次风进气管道5通过二次风喷嘴11与所述扩张段12相连,所述二次风喷嘴11的出口面与所述稳焰腔体10的出口面齐平,二次风喷嘴11设置有单个或多个独立的喷孔13,所述扩张段12为与燃烧器同中心轴且由内向外张口渐大的喇叭状腔体。加热炉无焰燃烧器通过扩张段12与加热炉相连。

[0036] 实施例2

[0037] 本实施例中的加热炉无焰燃烧器的按如下的方式进行应用:加热炉无焰燃烧器安装于加热炉侧墙,与加热钢坯平行布置。燃烧器关键结构尺寸与加热炉炉膛内腔结构和燃气热值条件相对应。加热炉所用燃气热值为 $6\text{MJ}/\text{m}^3$,燃烧器一次风进气管道4提供空气旋转射流旋流射角为 5° 、旋流速度为 $15\text{m}/\text{s}$ 、经一次风喷嘴7出来的旋流风风量占总风量比例3%。

[0038] 本实施例加热炉炉宽为12米,单侧燃烧器加热宽度为6m,燃气出口速度为 $60\text{m}/\text{s}$;二次风进气管道5与燃气进气管道1的出口轴线距离为300mm;二次风喷嘴11设置有单个或多个独立的喷孔13,喷口数根据加热炉加热高度变化。本实施例中加热炉的加热高度为2m以内炉膛,因此其喷孔13的数量选择为7个。燃气钝体的直径选择为为燃气进气管道直径的 $1/4$ 。二次风进气管道5的作用是实现空气直喷射流,其射流速度根据加热炉加热宽度变化,由于单侧燃烧器加热宽度为6m,因此,二次风出口速度选择为 $80\text{m}/\text{s}$;经二次风喷嘴11出来的风量占总供风量比例为97%。燃烧器助燃空气为常温,燃气为常温煤气,在加热炉上为二次风进气管道5在上,燃气进气管道1在下的垂直安装模式。本发明的燃烧器燃气钝体8的结构与加热炉加热宽度相适应,这样,通过燃气喷嘴9提供高速环状直喷射流和通过一次风喷嘴7提供同轴环状旋转射流,在稳焰腔体10内,空气旋转射流有足够的动量卷吸足够的经稀释的中心燃气,形成一圈紧贴炉壁的环状小火焰,起到点火和稳焰的作用,在加热区域内形成均匀的无焰燃烧状态空间,加热炉炉温达到 1100°C 以上时,炉内加热温度均匀,最大温度差在 20°C 以内,炉尾烟气 NO_x 排放在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 左右水平,远优于国家超低排放小于 $200\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准要求。

[0039] 实施例3

[0040] 本实施例中的加热炉无焰燃烧器的按如下的方式进行应用:加热炉无焰燃烧器安装于加热炉侧墙,与加热钢坯平行布置。燃烧器关键结构尺寸与加热炉炉膛内腔结构和燃气热值条件相对应。加热炉所用燃气热值为 $8.5\text{MJ}/\text{m}^3$,燃烧器一次风进气管道4提供空气旋转射流旋流射角为0、旋流速度为0、旋流风风量占总风量比例为0。

[0041] 本实施例加热炉炉宽为14米,单侧燃烧器加热宽度为7m,燃气出口速度为 $80\text{m}/\text{s}$;二次风进气管道5与燃气进气管道1出口轴线距离为500mm;二次风喷嘴11设置有5个独立的喷孔(图2中示出的为实施例2的7个情况),燃气钝体取消。二次风进气管道5的作用是实现空气直喷射流,射流速度根据加热炉加热宽度变化,单侧燃烧器加热宽度为7m,二次风出口速度为 $100\text{m}/\text{s}$;二次风风量占总供风量比例为100%。燃烧器助燃空气为 500°C 预热空气,燃气为 280°C 预热煤气,在加热炉上为热风管与燃气管水平布置安装。燃烧器常温点火,稳定

运行,在加热区域内形成均匀的无焰燃烧状态空间,加热炉炉温达到1300℃以上时,炉内加热温度均匀,最大温度差在20℃以内,炉尾烟气NO_x排放在40-60mg/m³左右水平,远优于国家超低排放小于200mg/m³的标准要求。燃烧器结构简单,无特殊装置和复杂系统,制造成本低,运行和维护容易。

[0042] 本发明仅以上述实例进行解释说明,并非是对本发明的实施方式的限定,各部件的结构、位置设置及其连接都是可以变化的。在本发明技术基础上,凡根据本发明原理对个别部件进行的改变或等同变换,均不应排除在本发明的保护范围之外。

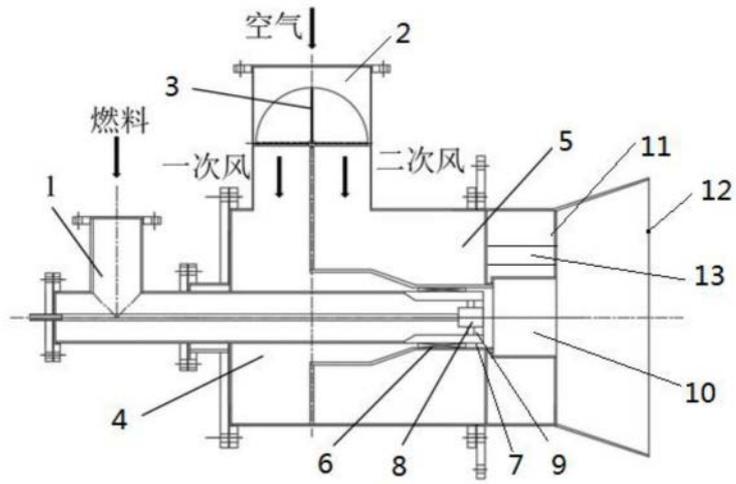


图1

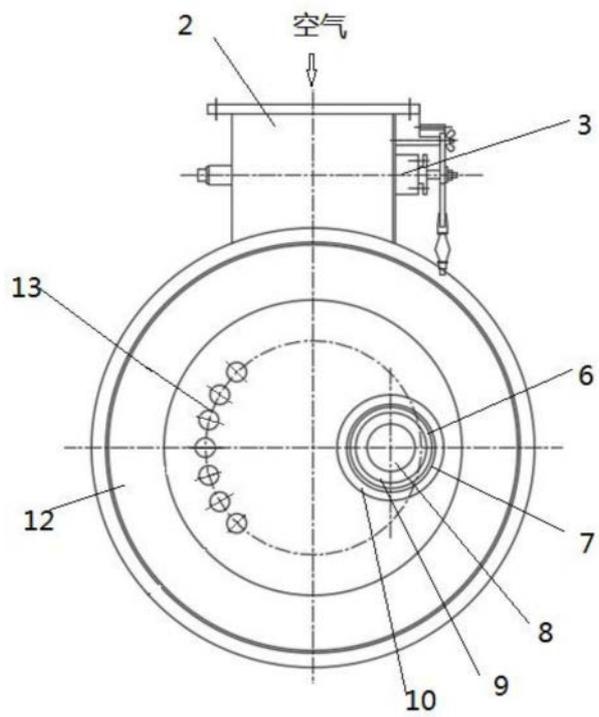


图2