

·冲天炉专题·

# 顶置外热风冲天炉渣铁回用

宋 强

(青岛青力环保设备有限公司, 山东 青岛 266317)

**摘 要** 炼钢渣铁的熔炼是其回收利用的可行方法,对熔炼炉和熔炼工艺都有特殊的要求,采用顶置式外热风冲天炉和适当的熔炼工艺可收到良好的综合效益。本文分析了渣铁熔炼的技术条件,介绍了顶置外热风冲天炉及渣铁熔炼工艺。

**关键词** 顶置外热风冲天炉 渣铁回用 熔炼工艺

**中图分类号**: TG232.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1004-6178(2008)04-0010-04

## The Recycling of Slag Iron of Top- Outside Hot- air Cupola

SONG Qiang

(Qingli Environment Protection Equipment CO., LTD, Qingdao Shandong 266317, China)

**Abstract** Melting is available for recycling iron slag from producing steel. It needs special demands to furnace and process. Applying top- outside hot- air cupola and proper melting process leads to improve comprehensive benefits. The technique of melting iron slag is analyzed and the top- outside hot- air cupola and melting process are introduced, melting Process.

**Keywords** top- outside hot- air cupola, recycling slag iron, melting process

青岛青力环保设备有限公司与本溪钢铁公司鹏程分公司合作研究开发了顶置外热风长龄冲天炉,用于渣铁的回收熔炼,取得成功。经一年多的生产检验,效果良好,综合效益显著,通过了青岛市科技局和经委联合组织的科技成果鉴定和产品鉴定。

### 1 渣铁回收利用的效益及技术条件

渣铁是钢铁厂炼钢过程中飞溅出来的大小不等的铁和渣的液滴,落地沉积凝聚粘结而成的无规则块状物。历来被当作废物弃置,长久堆积。以本溪钢铁公司一个炼钢厂为例,年产钢 700 万 t,产生渣铁 1 万 t,其中炉渣和非金属夹杂物约占 30%,铁及氧化铁约占 70%。将大块非金属夹杂物去除后的渣铁作炉料,熔炼出铸铁占 85.5%~92%,粒化炉渣约占出铁量的 23.6%,粒化渣被用来生产水泥和建筑构件。

渣铁形成时,由于液滴小、比表面积大,在飞溅过程中凝固冷却,被空气中氧气强烈氧化脱

碳,并形成了大量氧化铁,要求在熔炼中完成一定程度的增碳和还原。为此,熔炼炉应具备高温熔炼环境和较强的铁液过热能力;渣铁中有较多的渣和杂质,而且渣铁块在破碎时产生许多细碎料,在熔炼过程中会产生大量熔渣,这些熔渣不应影响熔炼过程的正常进行。在采用冲天炉熔炼并全部用渣铁为炉料的条件下,对冲天炉提出的要求是:

1)缩小氧化带,形成热量集中的高温氧化区。风口区是冲天炉内氧气浓度最高、氧化气氛最重的区域,铁液流经风口区被氧化的程度与温度关系密切,铁液的脱碳受炉气成分影响很大,在底焦中形成一个相对小的、集中的氧化带,产生更高的氧化带温度,从化学反应热力学条件上降低金属元素的氧化反应。在较大的还原带内,铁料逐渐升温,还原气氛抑制了铁液的脱碳并使铁液得到更长距离的、更充分的过热。

2)更高的底焦最高温度。提高底焦中的最高温度是改善炉内冶金条件、减少元素烧损、提高过热效率和铁液质量最主要的办法之一。随着温度的提高,氧的化学活性增强,炉气的流速加快,有利于减

收稿日期 2008-06-24

作者简介 宋强(1943-),男,教授,主要从事冲天炉熔炼工艺等铸造设备的研究。

轻炉壁效应。表明碳的燃烧速度快,氧化带缩短,温度分布更均匀。

3)合理的焦炭燃烧条件和铁液吸热条件。合适的炉型是保证焦炭合理燃烧的必要条件,也是热量合理分布的基础。按工艺要求,合理的焦炭燃烧应形成温度尽可能高的、高度尽可能小的氧化带,以减弱氧化性气氛而增强还原性气氛。

合理的铁液吸热条件应符合铁液的吸热升温规律,达到更大的过热度。高温铁液才能更好地完成其冶金任务,使铁液的成分和质量达到要求。

高温使渣的流动性更好,流经焦炭表面的时间更短,更有利于洗净焦炭表面,减弱对氧向焦炭表面扩散的阻隔,有利于焦炭的燃烧和铁液的脱硫。

4)节能降耗。渣铁成分复杂,杂质含量高,通常熔炼渣铁的能量和材料消耗都比熔炼正常炉料大,但由于各种原因造成的能源和材料浪费也往往更大,实际生产中仍存在着不小的节能降耗空间。

我国目前钢的年产量约5亿t,产生的渣铁约50万t,用于渣铁熔炼的冲天炉,无疑具备大容量生产的资源条件,优化冲天炉结构和工艺参数,实现更大限度的节能降耗,不但是可行的,也是建设和谐社会的要求,因此具有重大的意义。

5)控制烟尘排放,减轻环境污染。渣铁中的粉尘含量很高,处理不当将造成环境污染。炉料中的粉尘随烟气飞出炉外,一部分在小范围沉降,一部分随风扩散成为飘尘。渣铁炉的渣量大,不经回收利用,将形成占地污染。因此,渣铁炉应具备减排性能,应配备烟气净化装置和炉渣回收装置。

6)长炉龄连续熔炼。无衬长龄炉可形成稳定的熔炼环境,因炉衬侵蚀造成的参数改变极小,长期连续熔炼也是节能降耗,减排增效的主要途径。

熔炼渣铁的工艺应与渣铁炉有机配合,共同实现产品的产量、质量、成本的目标,并达到环保、劳动卫生、安全生产的要求。渣铁熔炼工艺的要点是:

1)低熔化强度。为了向铁液中大量渗碳及还原氧化铁,熔化带滴落的铁液滴不能大,单位熔化带横截面积单位时间滴落的铁液滴也不能多,这样,使铁液在滴落的过程中与焦炭接触的时间更长,铁液在焦炭上的流层更薄,有利于铁液的过热及冶金过程的进行。低熔化强度也降低了渣的流量,避免大量熔渣阻碍焦炭燃烧。

2)偏低的熔化带送风强度。通过控制熔化带送

风强度来控制熔化强度比增加焦耗降低熔化率更经济、更稳定。风口区的送风强度仍应正常,以保证向炉内提供足够的热量。

3)湿炉底操作。炉缸是最有力的增碳区域,在闭渣口操作时,炉缸内是还原性气氛,碳的烧损被抑制,而铁液与焦炭的接触是铁液增碳的主要途径。湿炉底创造了铁液与焦炭长时间、大面积接触的条件,可以达到很高的增碳率。

4)控制风温。风温对焦炭燃烧和炉温分布有较大的影响,从而影响铁液的吸热升温 and 成分的变化。将风温控制在一定的范围内,对于稳定炉况是很必要的。生产实践表明,当风温波动超过500℃,铁液的碳、硫含量就有明显变化。最低风温应保证要求的铁液成分和尽可能高的出铁率。

5)满料操作。对于正常炉料冲天炉,保持满料操作是稳定炉况、避免增大烟尘排放量的必要条件。对于渣铁炉,其影响远超过正常炉料冲天炉,如果是水冷长龄炉,还会影响熔化带及预热带中、下部挂渣,严重时,不能继续熔炼。

6)闭渣口操作。开渣口操作能有效提高开炉初期炉缸温度,这是靠炉缸内焦炭燃烧达到的。正常炉料熔炼时,为了尽快提高冲天炉开始出铁的温度,通常都采取初期开渣口操作。但在渣铁熔炼中,是不宜开渣口操作的。因为开渣口操作时,炉缸呈氧化性气氛,会使铁液氧化脱碳。

根据上述要求,采用的冲天炉具有如下结构特点:

- (1) 炉外预热送风。
- (2) 水冷无炉衬。
- (3) 一排插入式水冷风口。
- (4) 虹吸式分渣器及湿法炉渣粒化装置。
- (5) 配备湿法除尘设备。

## 2 顶置外热风长龄冲天炉

根据上述对熔炼炉的要求,应采用具有较好冶金性能的外热风冲天炉。顶置式外热风装置具有结构简单、造价低、易维护、在小型炉上使用性能稳定可靠的特点,应是渣铁熔炼炉的首选。

### 2.1 结构特点

1) 炉身。采用水冷无炉衬结构,最大炉径在熔化带及其稍偏上部位,熔化带的熔化强度取 $3.5\sim 4\text{ t}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ;为控制烟气从炉料顶面逸出的速度,从熔化带向上为直筒型炉膛,并取比正常值稍高的有效高度,以减少炉料中细碎部分被吹出炉外。

2)炉缸 :直筒型炉缸 ,深度为炉缸直径的 1~1.5 倍 ,在长炉龄操作的情况下 ,用碳化硅砖、碳化硅捣打料或浇筑料筑衬。为适应长炉龄熔炼 ,设置两个过桥孔以备轮流使用和维修。在适当的位置开设工作门 ,作为修炉料和点火柴的送入口及打炉残料的卸出口。在底部最低位置设置残液口 ,以备必要时放出炉缸内残存的铁液和渣液。

3)连续出铁出渣装置 :为使大量的熔渣出炉即与铁液分离 ,采用虹吸式分渣器为连续出铁出渣装置。在炉缸的两个过桥孔外各设置一个分渣器 ,以备轮换使用及维修。在分渣器铁液池最下部开设残液口 ,以备在需要时放出分渣器中残液。

4)加料口 :采用流槽式加料口 ,可以将加料口的尺寸缩到尽可能小 ,从而便于控制加料口逸出的烟气量或吸入的空气量 ,保持燃烧室内炉气的稳定燃烧。

5)炉气燃烧室 :顶置外热风系统的炉气燃烧室设置在加料口段之上。为在燃烧室温度低于一氧化碳燃点时点燃炉气 ,在燃烧室偏下部设置自动引燃器。偏上部位设置送风管 ,根据热风温度自动调节送风量 ,控制热风温度在设定的范围内。

6)水冷风口 :为保持底焦中稳定的送风位置 ,采用一排插入式水冷风口。风口在炉壁上的布置间距 600 mm~900 mm ;倾角 50 °~100 ° ;风口区的风口比 4 %~6 %。

2.2 系统组成

1)预热送风系统由炉气燃烧室、管束式火管换热器、风机、管道、风箱等组成。换热器为浮动式管束结构 ,隔板式迂回风道 ,下端有排烟口和集尘室。换热器安装在燃烧室上部或侧面 ,安装在侧面的换热器热效率略有降低 ,但烟气从上端进入从下部排出 ,更有利于减少换热管积灰。罗茨式风机配备滤清器、消声器和放风阀。风箱和换热器连接管道设置放风阀和闸阀 ,在冲天炉关闭闸阀休风时 ,开启放风阀 ,继续对换热器送风冷却。

为及时清除换热器管壁积灰 ,在换热器上端或下端设置声波清灰器 ,采取定时或热风温控自动清灰。

热风通道外全部作保温包缚。

2)水冷系统由水泵及供水管路、喷淋管、控制装置组成。喷淋管沿炉的高度分 2~3 层布置 ,每层

表 1 渣铁炉性能对比

参数	熔化强度 /t·(m <sup>2</sup> ·h <sup>-1</sup> )	熔化率 /t·h <sup>-1</sup>	炉龄/h	铁焦比	铁液温度 /	炉渣状态	出铁率 /%	热风温度 /	烟尘排放
原炉	2~3	1	8~10	4:1	1 380	大块	60~70	约 400	无净化
本炉	3.5~4	3.5~4	>500	5:1	>1 450	粒化	85~93	>500	环保达标

均分为三段 ,可分别调控水流量。集水槽在炉缸中下部 ,通过设置回水管的高度 ,可决定对炉缸进行喷淋冷却或浸浴冷却。系统配备进、回水压力、流量、温度表和阀门 ,以检测、调控冷却水参数在设定范围。

3)炉渣粒化装置由冲渣槽、渣池、捞渣装置、水泵供水系统组成。

4)烟气净化装置由抽风机、旋风除尘器、喷淋除尘器组成。

5)加料机 :采用翻斗爬式加料机。为了及时加料 ,保持满料操作 ,在冲天炉加料口处安装了杠杆式料位计。炉料为单一渣铁 ,无须配料 ,采取人工对炉料、焦炭和熔剂称量。人工根据料位计缺料灯光信号操纵加料机加料。

2.3 特 点

渣铁与钢铁切屑、轻薄废钢、严重锈蚀的洒落铁等 ,都属于低质废钢铁。用作冲天炉炉料时 ,对于冲天炉的性能要求是大致相同的。与通常用于熔炼低质废钢铁的冲天炉不同 ,顶置外热风冲天炉的特点是 :

1)优化了炉型结构参数和熔炼工艺参数 ,使其性能达到了更高的水平。主要性能参数与该厂原用炉对比见表 1。

2)炉气直接进入燃烧室 ,降温很少 ,其物理热得到了充分的利用 ,也使其燃烧较稳定。管束式火管换热器换热管内走高温烟气 ,降低了换热器与环境的温差 ,减少了热量损失。隔板式迂回风道、顺流换热 ,加之保温包缚 ,使换热器有很高的换热效率 ,热风温度可达 600 °以上。合理配置的掺风调温系统使热风温度的波动小于 30 °。

3)熔炼过程中 ,风口的送风位置、熔化带炉径基本无变化 ,只要稳定工艺参数 ,即可稳定炉况。易于操作 ,劳动强度低。但由于炉料块度、强度、成分常有变化 ,要求操作人员有较高的炉况观察判断能力 ,及时对工艺参数作必要的适当调整 ,以保持良好而稳定的熔炼效果。

4)虹吸式分渣器易更换、维修 ,很适合渣量大的状况 ,通过使用中的少量修补调整 ,可使单个分渣器的寿命达到 7 d~12 d。与水冲法渣粒化装置配



合,不但实现了炉渣的回收利用,也改善了生产环境,优化了生产秩序。

5)配套的两级除尘,使烟气的污染物排放量达到了环保的标准。多层喷淋加水膜及水幕的湿法除尘器通过对烟尘的喷淋润湿、水膜的吸附不但达到了较高的除尘效率,还可溶解烟气中的 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 等有害其体。

6)设备系统结构简单、紧凑,与旁置外热风冲天炉相比,占地面积不到三分之一,造价不足二分之一。

### 3 渣铁熔炼工艺

该冲天炉针对熔炼低质钢铁废料设计,其结构为熔炼工艺的实施创造了适宜的条件。熔炼工艺的要点是:

1)重视炉料处理,适当净化炉料。通过破碎、磁选、筛分和必要的人工分揀,使渣铁的块度适当,清除砖石等非熔炼产物夹杂及大块炉渣等,降低非金属杂质的质量分数。

2)控制适当的熔化强度。为了达到冶金目的,获得较高的出铁率及合格的铁液质量,应控制铁焦比和风量,使炉子的熔化率保持在适当的程度。反之,从出铁温度、铁液表面氧化状况、铁液含碳量;渣的颜色、重度及氧化铁含量等观察分析中可确定合适的熔化强度并以此作为熔炼操作控制的目标之一。

3)适时调控送风强度,保持底焦最佳燃烧状态及热量分布。炉内热量状态对熔炼效果有决定性的影响,在一定的焦耗下,风量就是决定的因素。在渣量很大的渣铁熔炉内,风量很容易波动,而炉况对风量的波动也很敏感。敏感的表现可从渣的颜色看出,通常随着风量的增大,渣的颜色会加深。

4)炉料的质量不同,需要的焦耗率也不同,含碳量越低、氧化越重的炉料焦耗量越大。合适的碳耗量应在保证铁液成分合格的同时达到工艺要求的温度和最大的熔化率。为了确定合适的焦耗率可以用铁液成分和熔化率为目标函数,固定不同的焦

耗量,调整风量达到目标,直至达到最低焦耗量。

5)风温是渣铁炉基本工艺参数,风温越高,铁液质量越好,风温波动对铁液质量的影响越小。而在实际生产中,出于对工艺成本的考虑,往往不宜采用很高的风温,通常在能达到铁液成分要求的条件下,采用更低的风温。风温越低,对风温的稳定性要求越高,控制风温的难度越大。根据熔炼的物质条件和技术水平选择适当的风温是适宜的。

6)熔剂及其用量:渣铁的杂质中,低熔点的炉渣比例较大,经过净化处理后,绝大部分渣是和铁粘在一起的,因为这些渣不能被磁选排除。渣在炉内熔化并不消耗熔剂,确定熔剂量时应予排除。炉料中氧化铁较多,为了减少铁液增硫,宜用石灰石(或生石灰)加白云石作熔剂,可发挥较好的脱硫作用。白云石质量分数约为10%~20%,不宜过多,以免渣粘。

7)休风前,放净炉缸内残液,为防止炉缸降温凝渣,阻碍复炉,应间隔1h~2h半风量送风一次,每次3min~5min。休风超过2h应熔净炉料,补加焦炭至底焦正常高度。休风将带来焦炭、电力和人工的浪费,处理不当会对复炉产生不良影响,甚至复炉失败。因此在生产安排上不宜有休风环节,必须休风时,应有专人值守监控。

### 4 烟尘回收展望

冲天炉的固体排放物主要是粉尘和炉渣,经收集的粉尘和炉渣弃置不当仍可能造成二次污染。避免污染的最好途径是回收利用,最佳利用办法是形成资源。冲天炉烟尘中尚未燃烧的焦粉占有很大分数,通常在60%以上,其余为矿物质灰尘。将除尘器收集的烟尘经附加燃料装置按适当流量随送风吹入冲天炉内,称为烟尘反吹。焦粉在炉内燃烧增加了炉内热量,促进炉气中 $\text{CO}$ 燃烧,发挥节焦、提高炉温及熔化率的作用;矿物质灰尘进入炉渣,更便于回收利用。冲天炉烟尘反吹是冲天炉节能降耗、减排环保的行之有效的方法,应积极推广应用。

欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告