

链算机 - 回转窑球团工艺耐火材料的使用

吴增福

(中冶北方工程技术有限公司)

摘要 随着我国高炉入炉炉料结构的优化,球团矿的需要量越来越大,链算机-回转窑球团工艺生产氧化球团的快速发展,使业界对三大主机耐火材料的使用逐步重视。链算机、回转窑、环冷机三大主机的正常运行关系到整个生产线的作业率。讨论了三大主机耐火材料砌筑及使用过程中遇到的问题以及解决办法。通过理论计算结合实际生产经验设计耐火材料材质、砌筑方法以及厚度。耐火材料根据工况不同选择合适材质,高温区域尽可能选择非金属锚固件,合理设置各个工作区域的膨胀缝,严格按照升降温曲线开关炉窑。

关键词 链算机-回转窑 球团 三大主机 耐火材料

Application of the refractory material of grating machine - rotary kiln palletizing process

Wu Zengfu

(Northern Engineering and Technology Corporation, MCC)

Abstract Along with the structure optimization of our country's blast furnace burden, the demand quantity on pellet is more and more big. The rapid development of oxidized pellet produced by grating machine - rotary kiln palletizing process, make industry pay more attention to the using of refractory material for the three host machine. The normal operation of the three host machine, grating machine - rotary kiln - circular cooler, concerns the operation rate for the whole production line. The troubles and the solutions in the masonry and the using of the refractory material for the three host machine were discussed. According to the theoretical calculation and the practical production experiences, design the material, masonry method and thickness of the refractory material. According to the different working condition, select the suitable material for refractory material. In the high temperature field should choose the nonmetal material anchorages. Set the expansion joint of each work area reasonably. Power on/off the furnace strictly according to the curve of raised and lowered temperature.

Keywords grating machine - rotary kiln pellet three host machine refractory material

随着我国链算机-回转窑球团工艺生产氧化球团的快速发展,此工艺逐步受到业界的广泛认可。链算机、回转窑、环冷机三大主机的正常运行关系到整个生产线的作业率,能够影响三大主机正常运行的因素很多,其中耐火材料的合理使用为重中之重,受到普遍重视。链算机-回转窑

设备多,且各设备工况差异较大,不同部位耐火材料内衬要分别承受不同物料的冲刷、低熔物的化学侵蚀、急冷急热作用等,而且结构复杂,施工和烘烤困难。众所周知:选择合理的耐火材料以及科学的砌筑方法不仅可以最大程度的保护三大主机钢结构件在高温状态下正常运行,而且还能起到节能降耗的目的,从而降低生产厂家的运营成本。

收稿日期:2011-02-11
吴增福(1978-),工程师;110014 辽宁省鞍山市。

下面分别介绍一下三大主机在耐火材料的选择以及砌筑过程中遇到的问题和解决办法。

1 链算机

通常情况下,链算机分为四个段,即鼓风干燥段、抽风干燥段、预热 I 段和预热 II 段。这四个段温度逐渐升高,并且烟气中的灰尘含量和流速均不同,因此各个段的耐火材料的选择和砌筑方法也各有不同。

根据热平衡公式^[1]计算各个段侧墙和炉顶耐火材料的厚度。

$$Q_{\text{壁}} = \frac{t_{\text{壁}} - t_{\text{环}}}{\sum (S/\lambda) + 0.014} F_{\text{壁}} \quad (1)$$

式中: $t_{\text{壁}}$ ——炉壁内表面温度,℃; $t_{\text{环}}$ ——炉子周围环境温度,℃; S ——各层耐火材料厚度, m; λ ——各层耐火材料的导热系数, kJ/(mh·℃); $F_{\text{壁}}$ ——炉壁外表面积, m²。

在低温段只采用轻质材料作为工作层,在侧墙钢板和轻质材料之间再铺一层保温棉防止因为串风烧坏钢板。侧墙的砌筑采用轻质砖加上锚固砖相结合的形式^[2]。高温段考虑耐火以及耐磨等因素采用复合结构。不同温度段侧墙厚度不同。炉顶的结构目前有两种砌筑方法:一种是预制的分块结构,另一种是整体浇注结构。这两种结构各有优缺点,见表 1。

表 1 两种炉顶结构优缺点比较

结构	优点	缺点
预制	不会因为局部损坏而牵连其它部位,修补方便、快捷。烘炉方便。	漏风、漏灰严重,整体性能不好。
整体浇注	局部损坏可能引起大面积脱落,修补麻烦。在低温段烘炉不方便。	漏风、漏灰很少,整体性能好。

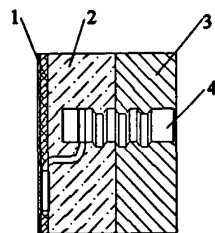
由于低温段气流中的灰尘比较少,在选用耐火材料时一般不考虑磨损问题。但是,在高温段必须考虑磨损问题,因为在高温段气流中的灰尘含量很大,随着温度的升高耐火材料表面的耐磨性能也会逐渐降低,因此在选择工作层耐火材料的时候不但要满足耐火的需要同时还要满足耐磨的需要。高温段的炉墙采用的是重质料+轻质料^[2]的复合结构,这种结构不仅满足耐火又可满足保温的要求。

重质料+轻质料的复合结构炉墙具有自身的

缺点:(1)施工困难大。因为两种都是浇注料,需要先浇注轻质层浇注料,待轻质层定性后再浇注重质层。这样就必须支两次模板,尤其是支轻质浇注料模板时困难很大,因为需要避让开锚固砖的位置;(2)由于两种材料高温热膨胀系数不同,重质浇注料较轻质浇注料高温热膨胀系数大,而轻质浇注料往往具有一定的强度,这样就容易在两种物料交界处形成剪切力破坏锚固砖。

链算机炉顶和高温段侧墙均采用锚固砖结合浇注料的形式,如图 1,锚固砖的强度起到至关重要的作用。要求锚固砖的高温耐压强度至少达到 65MPa。

综合以上因素,对大型链算机侧墙结构进行了优化。首先,改轻质浇注料为硅钙板或者强度低、保温效果好的保温材料,这样做既可以大幅降低施工难度又可以有效避免因为热膨胀对锚固砖带来的破坏作用。其次,在链算机高温段侧墙水平方向上设置一条托板,这样做的好处是人为地在竖直方向上设置一条膨胀缝,可以最大程度消除因为热膨胀积累对锚固砖产生的破坏作用。



1——隔热材料; 2——轻质耐火材料; 3——重质耐火材料; 4——锚固砖

图 1 链算机侧墙耐火材料结构图

2 回转窑

回转窑是球团生产过程中非常重要的环节,回转窑的耐火材料好坏直接决定了整个球团生产线能否正常运转。

目前,回转窑筒体的耐火材料主要采用两种结构形式:(1)预制砖带和浇注料带间隔布置的结构形式;(2)全部均为预制砖。这两种结构各有其优缺点,第一种形式的优点是:①结构紧凑;②修补方便;③不易大面积破坏。缺点是:①施工时间长;②需要按照烘炉温度曲线烘炉,烘炉时间长浪费能源严重。第二种形式的优

点是：①施工时间短；②不需要烘炉可以直接投产使用。缺点是：①容易造成大面积破坏；②因为预制砖咬合非常紧所以修补不方便；③砌筑要求严格，否则砖与砖之间缝隙会使气流渗透。考虑到以上各种因素大部分生产线的耐火材料结构采用第一种结构。

回转窑工作温度可以达到 1300℃ 左右，因此工作层的耐火材料选用重质耐火材料，这种耐火材料同时还需要具有荷重软化温度高，不易与球团熔融物粘连的特点^[3]。重质耐火材料具有耐高温、耐磨等优点，但是这种耐火材料的导热系数很大，通过耐火材料传出去的热量很大，造成能源的大量浪费，为了解决这个问题，在重质耐火材料和回转窑窑皮之间铺设轻质耐火预制砖，设置轻质预制砖有以下两方面好处：一是可以有效防止热量的损失，另一方面可以减少回转窑的转动重量从而减少电能的消耗。

耐火材料特别是重质浇注料在高温情况下膨胀严重，因此，在浇注料带沿着回转窑长度方向设置膨胀缝^[4]，膨胀缝设置间隔根据耐火浇注料实验室测试结果确定，膨胀缝的深度约为浇注料深度的三分之二，膨胀缝的布置采取螺旋前进的方式防止在膨胀缝处出现整个断面的情况发生。在某条生产线上已经应用这个方法，经过实际生产的检验取得了良好的效果。国内的生产线大部分回转窑没有设置膨胀缝，这也可能是回转窑筒体耐火材料容易破坏的原因。

回转窑窑头固定筛的耐火材料结构也做了优化。以前的做法是全部浇注重质浇注料，这样做有两方面的缺点：①由于固定筛水冷梁在生产过程中焊接点容易开裂而漏水，这样必须刨开耐火浇注料对水管进行焊接补漏，因为重质耐火浇注料经过高温烘烤后强度非常大，这就给水管补漏造成非常大的困难；②由于重质浇注料隔热效果差，导致大量热量通过耐火材料传至水管由水带走，造成能源的浪费。另外，由于水管内外温差过大容易导致水管焊缝被撕裂而漏水。在水管周边设置一定厚度的轻质浇注料，并且严格控制浇注料的施工加水量，这样可以保证轻质浇注料在烘干后不会具有很大的强度，在轻质浇注料上层铺设重质浇注料，改进后的结构既能抵抗高温侵蚀又能保温，可以很大程度保护水管。

我国的球团回转窑耐火材料使用寿命很短，主要表现为高温状态下耐火材料表面会逐渐剥落，最终露出窑体钢板，导致无法生产。由于回转窑的特殊结构特点，耐火材料施工时不像其它炉窑耐火材料施工时预留膨胀缝。在我国回转窑耐火材料设计施工过程中还未考虑预留膨胀缝的问题。耐火材料随着温度的升高具有一定的膨胀量，如何有效消除这个膨胀量是回转窑耐火材料使用寿命提高的关键。由于回转窑是一个筒体结构，理论上耐火材料径向的膨胀可以通过回转窑的筒体钢板受热向外膨胀来消除，耐火材料轴向的膨胀通过长度方向的钢板膨胀来消除。但是，事实上径向的钢板受热膨胀量要低于耐火材料高温膨胀量，这就会在耐火材料工作层产生由于膨胀导致的热应力，当耐火材料本身的强度无法克服热应力时，相邻耐火材料之间就会产生相互的挤压力，耐火材料的工作层就会产生剥落的现象发生；由于回转窑的温度分布是中部高两端低，这就会造成高温区域的耐火材料膨胀量大于钢板的膨胀量，从而在径向方向上产生剪切力对耐火材料产生破坏，这就是高温段耐火材料易损坏的主要原因。

综合以上分析，在耐火材料设计及施工过程中充分考虑耐火材料在工况情况下的膨胀趋势，在预制砖靠近工作层表面增加膨胀板以及在浇筑带每隔一段距离设置一个膨胀缝，这个距离要根据工况温度而定，而且这些膨胀缝都不贯通。

这种砌筑的新方法有以下优点：（1）可以有效消除由于耐火材料和钢结构膨胀不一致产生的热应力；（2）由于膨胀缝没有贯穿整个耐火材料，不会因为高温烟气会沿着膨胀缝穿透至钢板造成“红窑”，也不会由于串风而侵蚀靠近窑体钢板轻质耐火材料。

3 环冷机

环冷机是用冷风来冷却球团矿的设备。环冷机的耐火材料是由两部分构成的，包括回转体的台车栏板砖和上罩。

环冷机的台车栏板砖目前有两种做法，一种是做成小块分为上下两部分，另外一种是做成大块把内外环分成几大块不分上下部分。这两种做法优缺点如下：小块台车栏板砖优点是安装、更

换方便,缺点是漏风严重;大块台车栏板砖优点是严密,热量损失小,缺点是安装、更换困难大,几乎无法更换,只能等到大修时统一更换。通常采用小块台车栏板砖,尽量做到安装空隙小、填缝严密等来尽可能减少漏风导致的热量损失以及对环境的影响。

环冷机上罩采用锚固砖结合浇注料的结构形式。浇注料同样采用重质浇注料加轻质浇注料(或硅钙板)的结构。考虑到环冷机温度低浇注料很难达到耐火材料烘烤温度的要求,把侧墙采用类似于回转窑的结构形式,这样可以很大程度上提高侧墙的整体强度,延长了耐火材料的使用寿命。上罩炉顶结构与链算机相类似,通过改变工作层和外部保温层的材质的厚度来处理不同冷段。

4 结语

链算机-回转窑球团工艺中,链算机、回转

窑、环冷机三大主机的耐火材料的选择与结构形式直接决定了三大主机的作业率。因此,需要工程技术人员在生产过程中吸取国内外的先进技术积极改进耐火材料的结构和材质,耐火材料厂家研究生产出更适合球团生产过程工况的耐火材料也非常重要。

参考文献

- [1] 王秉铨主编. 工业炉设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 编写小组. 筑炉工手册 [M]. 北京: 中国工业出版社, 1971.
- [3] 李红霞主编. 耐火材料手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [4] 北京钢铁设计总院主编. 钢铁厂工业炉设计参考资料 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1979.

万雷 编辑

(上接第9页)

环境治理工程成果的同时,也塑造了钢铁企业清洁、环保、绿色的新形象。

能源资源是有限的,节能潜力是无限的。在实现了主要生产工序的余热、余能回收利用的基础上,进一步优化物流、优化生产过程运行方式,大力进行城区老钢铁企业的流程再造;高度关注介质使用效率、以及内部运行费用等,确保整个生产流程由可控运行转变为经济运行。多项措施落实后,2010年要在能源成本上降低10亿元。

2 小结

低碳经济时代已经到来,对钢铁企业既是挑战更是机遇,做好碳减排工作不仅是企业履行社会责任的具体体现之一,而且也是关系企业可持续发展的关键所在。

近几年,钢铁企业通过清洁生产,减少污染排放,耗水、排废、二氧化硫等指标得到明显改善,钢铁工业节能减排工作取得了一定的进展。而实现“低碳经济”,一方面要从减少碳排放、

减少能源消耗的角度寻找出路,另一方面要从新能源技术的应用角度寻找出路。发展循环经济和低碳经济,是新的钢铁产业发展政策的重要内容,是缓解资源约束矛盾的根本出路。钢铁行业高赢利、高增长的时代,不仅掩盖和屏蔽了发展中的一些问题,而且使企业无暇顾及及节能减排和发展新能源。但危机来临后,在给钢铁行业造成巨大冲击的同时,也使我们对企业的发展方向、发展质量有了缜密、审慎的思考。

钢铁企业低碳发展是竞争的需要、环境的压力、民生的要求,落实科学发展观的实践,使绿色发展之路成为中国钢铁企业的必然选择。钢铁企业必须转变发展方式,创新发展模式,加快实施绿色发展战略,全面致力于建设资源节约型、环境友好型绿色钢铁企业。

唐钢的发展过程,一直是学习、进步的过程。节能减排,发展绿色钢铁,成就了唐钢过去的成绩,也必将推动唐钢实现以低能耗、低污染为基础的“低碳经济”!

赵艳 编辑

链算机-回转窑球团工艺耐火材料的使用

作者: 吴增福, Wu Zengfu
作者单位: 中冶北方工程技术有限公司
刊名: 冶金能源 
英文刊名: ENERGY FOR METALLURGICAL INDUSTRY
年, 卷(期): 2011, 30(4)

参考文献(4条)

1. 北京钢铁设计总院 [钢铁厂工业炉设计参考资料](#) 1979
2. 李红霞 [耐火材料手册](#) 2007
3. 编写小组 [筑炉工手册](#) 1971
4. 王秉铨 [工业炉设计手册](#) 1996

本文读者也读过(10条)

1. 刘济兴 [竖炉结块与结炉的预防](#)[期刊论文]-[烧结球团](#)2002, 27(5)
2. 杨时元, 胡世龙 [利用淘汰水泥回转窑改产陶粒初探](#)[期刊论文]-[墙材革新与建筑节能](#)2005(6)
3. 吴敬, 张树伟 [750t/d生产线篦冷机和回转窑密封的两次改造](#)[期刊论文]-[水泥](#)2010(7)
4. 黄霖, Huang lin [湘潭瑞通球团10m²竖炉的改造及效果](#)[期刊论文]-[烧结球团](#)2010(3)
5. 王永昌, WANG Yong-chang [通过改进节点性能确保火灾下钢框架结构的鲁棒性](#)[期刊论文]-[防灾减灾工程学报](#) 2012, 32(1)
6. 李栓强, 何春利, Li Shuanqiang, He Chunli [不同加热方式回转窑制备MgMnZn铁氧体料球研究](#)[期刊论文]-[陶瓷](#) 2010(11)
7. 杨华, 刘发起, 吕学涛, 张素梅, YANG Hua, LIU Fa-qi, LV Xue-tao, ZHANG Su-mei [三面受火的矩形钢管混凝土柱受力机理与耐火极限](#)[期刊论文]-[建筑钢结构进展](#)2011, 13(6)
8. 杨帆 [高温下有粘结预应力混凝土筒支板变形研究](#)[期刊论文]-[科技创新导报](#)2012(2)
9. 林玩君, 赵侠, 吴欣, 余稳松, 邬玉龙, LIN Wan-jun, ZHAO Xia, WU Xin, YU Wen-song, WU Yu-long [一种无机代木复合防火门的耐火性能研究](#)[期刊论文]-[建材世界](#)2012, 33(1)
10. 左志康, 贾虎昌, 贾清芳, 贺少鹏, 宋朝辉, 张金明 [新型隧道防火涂料研制和应用](#)[期刊论文]-[现代涂料与涂装](#) 2012, 15(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_yjny201104014.aspx