

DOI: 10.13228/j.boyuan.issn1005-4006.20200009

板坯连铸过程结晶器角缝夹钢控制

梅 宁, 刘延强

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北 唐山 063200)

摘 要:针对某钢厂板坯连铸过程中结晶器角缝夹钢导致非计划断浇和漏钢事故的问题,结合长期在现场持续跟踪测量的夹钢位置、长度、角缝等数据,从设备功能精度和工艺操作两方面分析了夹钢形成的具体原因,并对其形成规律进行了研究。研究表明:结晶器角缝夹钢通常会发生在铸机开浇和调宽的过程中,主要与设备功能精度和操作系统有关,通过优化结晶器铜板性能、置换结晶器碟簧、优化结晶器调宽压力程序、改进开浇防溅板、增加中间包快换结晶器角缝打胶、制定结晶器铜板维护制度等措施,板坯连铸过程结晶器角缝夹钢发生率由2.5%降低至0.01%以下。

关键词:结晶器;角缝夹钢;调宽;中间包快换

文献标志码:A **文章编号:**1005-4006(2020)02-0019-04

Control of mold corner infiltration breakouts during slab continuous casting

MEI Ning, LIU Yan-qiang

(Shougang Jingtang Iron and Steel Co., Ltd., Tangshan 063200, Hebei, China)

Abstract: In order to solve the problem of the unscheduled casting breakout caused by the corner infiltration breakouts in mold during slab continuous casting. According to the long-term data of position, length and the corner infiltration breakouts measured long-term continuously on site, the specific formation causes of the corner infiltration breakouts were analyzed from two aspects of equipment accuracy and process operation, and its formation law was studied. The results show that the corner infiltration breakouts usually occurs in the process of start casting and width adjustment, which is mainly related to the equipment accuracy and operation technology. By optimizing the performance of copper plate of mold, replacing the disc spring of mold, optimizing the pressure program of mold width adjustment, improving the protect plate during the start cast, adopting silica gel as sealing material in the process of tundish quick change, establishing the maintenance regulations for copper plate of the mold, the rate of the corner infiltration breakouts in the mold was reduced from 2.5% to less than 0.01%.

Key words: mold; corner infiltration breakouts; width adjustment; quick change of tundish

为适应客户对钢种、规格多样性的需求,现代大型板坯连铸生产过程中,大力推行中间包快换、在线调宽、调锥等技术,解决了钢种、规格多样性与产量、成本之间的矛盾。但是,此类技术应用中常常伴随着结晶器角缝夹钢的风险,大型板坯连铸过程中一旦结晶器角缝发生夹钢,轻则导致非计划断浇;重则在连铸过程发生漏钢^[1-2],同时,结晶器角缝夹钢会持续划伤初生坯壳,导致板坯角部产生重接缺陷,在热轧轧制过程中产生通长断续边部翘皮缺陷。结晶器角缝夹钢多发生于铸机开浇、结晶器调宽、中间包快换开浇等非稳态生产过程,在钢铁企

业连续生产时,严重制约着铸机产能的发挥。中国一些钢铁厂针对开浇过程角缝夹钢问题,采取角缝涂抹硅胶、木质防溅板和铁质防溅板配合使用等措施^[3],但木质防溅板需要在加入保护渣前取出,导致存在5 s防护空白期;针对中间包快换角缝夹钢采取结晶器液位维持目标位置不下降等措施^[4],中间包快换时间成为关键制约因素。

中国某钢铁公司一期炼钢厂连铸工序一共4台连铸机,分为两台2 150 mm连铸机、两台1 650 mm连铸机,年产能达1 000万t以上,铸机作业率达90%。为实现铸机产能匹配和满足客户多样化订单

资助项目:国家重点基础材料技术提升与产业化研发计划项目(2017YFB0304001)

作者简介:梅 宁(1985—),男,硕士,工程师;

E-mail: mein2611@sgjsteel.com;

收稿日期:2020-02-03

的要求,连铸生产通过推行异钢种中间包快换和调宽等工艺技术手段,实现了铸机产能释放的目的。目前一期连铸每月铸机开浇在220次以上、中间包快换开浇在150次左右、调宽次数达350次以上,工艺技术推广后结晶器角缝夹钢概率大幅度提高,每月发生夹钢在1.5次以上,发生率达2.5%之高,给铸机连续生产带来巨大隐患。为了进一步发挥公司高效、低成本生产高品质钢的设计目标,最大限度发挥铸机产能,结晶器角缝夹钢问题迫在眉睫。

1 结晶器角缝夹钢原因

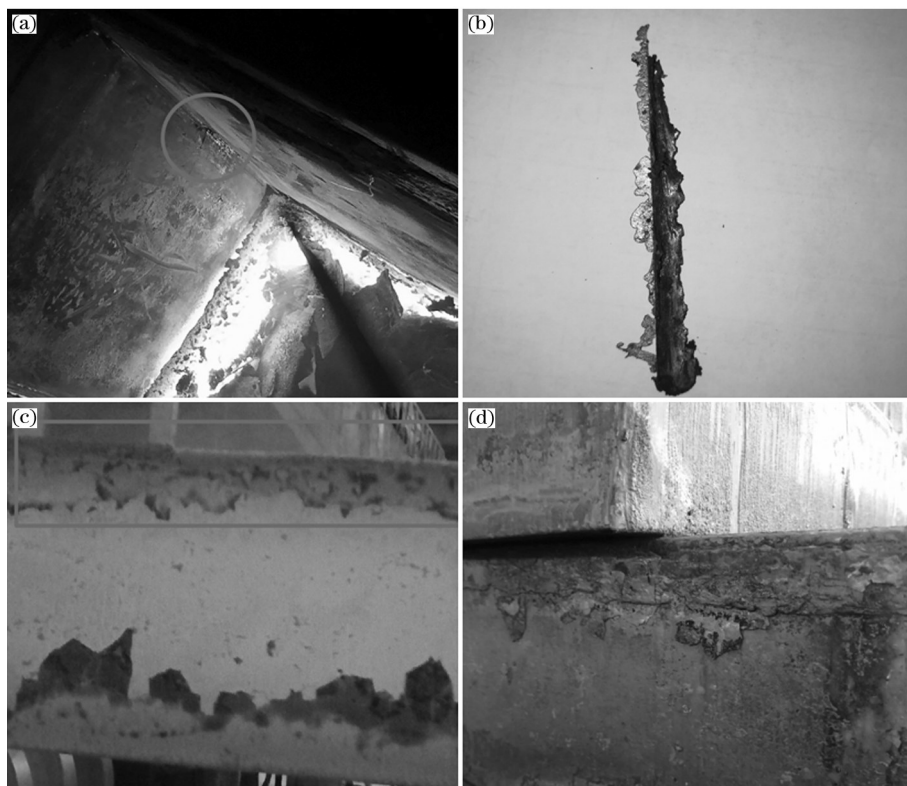
1.1 结晶器角缝夹钢规律

从现场跟踪测量数据来看,结晶器角缝夹钢主

要分为两类。

一类为铸机开浇、中间包快换开浇时造成的结晶器角缝夹钢,其多发生于弯月面以下,最多可到弯月面以下300 mm位置,且结晶器大面活动侧居多。角缝夹钢起初很小,在浇注过程中持续破坏初生坯壳而长大,板坯角部缺陷会越来越严重,这个过程会持续较长时间,板坯在线检查时发现异常可及时组织停浇,但如果发现不及时,最终会导致漏钢,典型缺陷形貌如图1所示。

另一类为结晶器调宽、调锥导致的角缝夹钢,多发生于调宽过程中,结晶器铜板伴随着划伤,夹钢多位于弯月面位置,直接破坏弯月面初生坯壳,多数情况下板坯未出扇形段就发生漏钢。



(a) 中间包快换角缝夹钢形貌; (b) 夹钢(长度70 mm); (c) 热态板坯角部缺陷; (d) 常温板坯角部缺陷。

图1 结晶器角缝夹钢与板坯角部缺陷

Fig.1 Mold corner infiltration breakouts and corner defects of slab

1.2 结晶器角缝夹钢形成原因

1.2.1 设备功能精度方面

(1) 结晶器铜板性能差,当过钢量大于6万t,铜板部分位置磨损量会超过1.5 mm,同时,常常伴随着镀层脱落、角部开裂等问题,此类问题容易导致结晶器相应位置角缝超过0.5 mm,在开浇或者调宽时容易造成角缝夹钢。而且,调宽、调锥技术的推广应用,结晶器铜板镀层受到挤压会形成纵向凸

棱,在特定的断面会增加角缝。

(2) 结晶器大面夹紧碟簧设计不满足功能精度要求。跟踪现场使用碟簧,在线使用1 000炉后测试碟簧预紧力,80%存在失效现象,每月因碟簧问题导致结晶器角缝大下线5~6次,严重制约铸机产能发挥。

(3) 调宽过程角缝夹钢主要原因为:一是结晶器大面打开压力设定不合理,压力低于4 MPa时调

宽会划伤结晶器铜板镀层,高于6.5 MPa时角缝夹钢概率增大80%;二是结晶器大面打开压力异常波动,导致结晶器角缝异常增大,结晶器弯月面位置的钢水钻进角缝形成夹钢。

1.2.2 工艺方面

(1) 开浇防溅板设计不合理。开浇、中间包快换开浇采用360 mm×238 mm×12 mm的木质防溅板,防护位置只能到弯月面以下100 mm,引锭头以上长度320 mm的角缝只有涂抹的铁泥防护,而铁泥在开浇钢水冲刷下极易脱落。现场多次试验增加木质防溅板长度,试验结果表明长度增加100 mm后防溅板不易拿出。此类型防溅板还需要在结晶器内加入保护渣之前拿出,过晚容易与冷钢黏连,导致拿出困难、无法正常启车涨拉速等问题。而且,撤出挡渣板后保护渣尚未加入结晶器会形成4~6 s防护空白期,因此曾发生漏钢事故。

(2) 角缝涂抹的密封铁泥黏性差。开浇备完机后要求30 min以内开浇,因设备故障等原因长时间等待,结晶器角缝涂抹的铁泥脱落导致防护薄弱,钢水飞溅至结晶器角缝铁泥脱落位置形成夹钢。

(3) 中间包快换时角缝没有涂抹铁泥操作。中间包快换开浇与备机开浇类似,但又存在区别。中间包快换时,塞棒关闭后结晶器液位需降低至弯月面以下270 mm位置再停机,与开浇引锭头作用一致。但是,中间包快换时两个铸流从事防护操作时间不足2 min,一般中间包快换总时间需控制在5 min以内^[9],时间过长铸坯冷却太容易导致卧坯事故。因此,中间包快换与开浇不同在于,没有充足的时间对结晶器角缝进行防护,此前中间包快换只放置木质防溅板。因角缝没有涂抹铁泥操作,加上木质防护板长度偏短,结晶器下部角缝基本上没有防护,开浇后钢水溅入结晶器角缝形成夹钢。

(4) 结晶器铜板维护使用不当。一是备机前结晶器窄面两侧杂物清理不彻底,大面夹紧后角缝增大,调宽过程挤压结晶器铜板镀层形成划伤,增大结晶器角缝;二是测试调宽程序时,结晶器铜板没有涂抹润滑剂。

2 预防结晶器角缝夹钢措施

2.1 结晶器铜板性能优化

性能优越的结晶器铜板镀层应该具备高强度、高耐磨性、抗热疲劳、强耐腐蚀性能^[6-8],以满足钢铁厂连续生产的需求,减少更换结晶器的次数。根据现场跟踪结果,与结晶器铜板供货商共同设计,调

整结晶器镀层镍钴合金含量,提高铜板耐磨性,改进后的铜板过钢量可超过10万t。针对结晶器铜板使用过程中形成的纵向凸棱、镀层脱落、角部开裂等问题,制定铜板镀层打磨制度,检查发现铜板镀层凸起、划伤和镀层脱落等问题,安排专人对铜板镀层用砂纸、角磨机进行修磨。

2.2 碟簧置换

结晶器加紧油缸夹紧力依靠蝶形弹簧组合堆叠提供,碟簧的设计预紧力和疲劳寿命至关重要。在实际生产过程中超载荷或者使用后期,很容易造成碟簧弹性变形失效和疲劳失效,导致结晶器角缝超标,在浇铸过程中引起角缝夹钢、漏钢事故^[9-10]。通过全部改换艾志碟簧,且碟簧到货后经过压力测试合格后再投入使用,测试预紧力85 kN条件下变形量由原来35 mm减小至26 mm。跟踪置换后的艾志碟簧在线炉数由原来的1 000炉提高至2 100炉,角缝得到有效保障。

2.3 调宽压力程序优化

综合现场跟踪调宽后铜板划伤和角缝夹钢情况,最后设定调宽过程结晶器大面打开压力:顶部压力设定5 MPa、底部压力设定3 MPa,误差均为0.5 MPa,超出范围时调宽程序页面报红、无法启动调宽程序。调宽过程出现压力异常波动时,调宽程序默认底部电机自动停止调宽,顶部电机继续运作以恢复正锥度保护值,避免负锥度浇注导致漏钢事故。

2.4 开浇防溅板改进

现场组织试验不同尺寸的铁质防溅板,通过多次现场跟踪测试,最终确定使用480 mm×330 mm×0.2 mm的铁质防溅板,采用放置双层防溅板的方法,取得非常好的效果。此种设计的优点在于,铁质防护板可以在铸机起拉速时拿出,0.2 mm厚度的薄板下部会在钢水中融化,防护板的长度得到有效增加,解决了冷钢黏连拿出困难的难题,同时,避免了此前撤出防溅板后保护渣尚未加入结晶器的4~6 s防护空白期。单层0.2 mm厚度薄板会被开浇瞬间飞溅钢水击穿,采用双层防溅板可以彻底解决厚度与防护时间的矛盾。

2.5 改用硅胶密封角缝

将涂抹角缝用的铁泥改为性能更优越的防水防霉硅胶。在备机码好冷料以后,在结晶器四角角缝从下至上均匀涂抹硅胶,厚度控制在3 mm左右。

2.6 中间包快换增加打胶操作

为了彻底解决中间包快换过程结晶器角缝夹钢问题,铸机停浇中间包车开出后,操作人员对角

缝进行清理,然后,使用硅胶枪将硅胶由下至上均匀地涂抹在结晶器四角角缝上,厚度控制在3 mm左右,再在结晶器窄面上部铺上单层石棉布,最后在窄面两侧放置两层铁质防溅板,防溅板使用方法如图2所示。

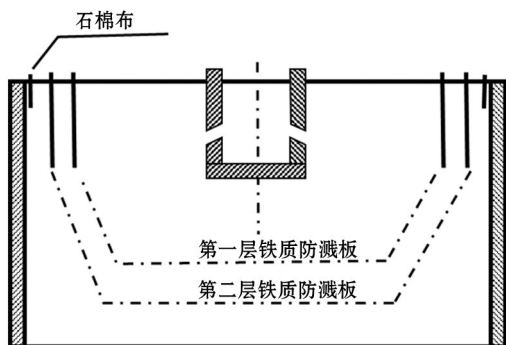


图2 防溅板使用方法

Fig.2 Usage of splash guard

2.7 制定结晶器铜板使用制度

制定结晶器铜板清理制度,一是规范结晶器清理标准,每次铸机备机前对结晶器大面进行高压水冲洗,对窄面两端使用特制刮板进行清理后再用高压水冲洗,清除异物,避免杂物造成的角缝大和划伤铜板镀层;二是每次调宽测试前,结晶器铜板充分涂抹润滑剂石墨乳。

3 结论

(1) 设备功能精度方面,通过调整结晶器镀层镍钴合金含量,提高铜板耐磨性,改进后的铜板过钢量由6万t提高至10万t;结晶器碟簧全部置换为南京艾志碟簧,跟踪在线炉数由原来的1 000炉提高至2 100炉,同时对结晶器调宽压力程序进行了优化,角缝得到有效保障。

(2) 工艺防护方面,将原来的木质防溅板改进为铁质防溅板,并采用双层铁质防溅板间隔叠加放置,角部防护铁泥改进为防水防霉硅胶,同时,中间包快换过程中增加打胶操作,跟踪改进后使用效果非常明显。

(3) 通过设备功能精度和工艺防护两方面采取一系列有力举措,结晶器角缝夹钢问题得到有效控制,在大力推行中间包快换、调宽、调锥技术的条件下,2019年某公司一期炼钢厂4台连铸机连续九个月未发生结晶器角缝夹钢事故,夹钢事故发生率由2.5%降低至0.1%以下。

参考文献:

- [1] 杨健. 板坯连铸漏钢与铸机设备精度之间的关系[J]. 科技经济市场, 2017, (12): 36.
- [2] 何宇明. 板坯连铸结晶器修复及使用监管技术探讨[J]. 连铸, 2019, 44(1): 66.
- [3] 孙凤晓. 板坯连铸开浇漏钢控制措施[J]. 山东冶金, 2004, 26(4): 11.
- [4] 杨杰, 吴仲文. 湘钢连铸中间包快换工艺实践[J]. 现代冶金, 2019, 47(5): 25.
- [5] 周文奎. 板坯连铸中间包快换工艺实践[J]. 天津冶金, 2009, (3): 9.
- [6] 王中岐, 王三忠, 高新军, 等. 超宽板坯结晶器镀层寿命研究与应用[J]. 连铸, 2010, 35(6): 22.
- [7] 刘健健, 朱诚意, 李光强. 连铸结晶器铜板表面涂镀层应用研究进展[J]. 材料导报, 2019, 33(9): 2831.
- [8] 王文学, 杨超武, 黄进春, 等. 常规板坯结晶器铜板下口磨损问题的分析和解决[J]. 连铸, 2018, 43(3): 81.
- [9] 刘彥汉, 卢巍. 连铸结晶器结构优化[C]//第十八届(2014年)全国炼钢学术会议论文集——S06: 凝固与连铸. 西安: 中国金属学会, 2014.
- [10] 丘铭军, 郭星良, 艾春璇, 等. 结晶器在线热调宽夹紧力液压伺服控制系统仿真与试验研究[J]. 连铸, 2017, 42(3): 54.

(上接第13页)

(4) 经过对NKK液位系统PID控制参数及结晶器流场的优化,7号单流连铸机基本能够满足生产宽幅汽车板时的结晶器液面控制精度要求,从二冷轧制质量反馈情况看,优化后的汽车板成材率得到明显的提高,从94.3%提高到98%以上,效果显著。

参考文献:

- [1] 蔡开科. 连铸坯质量控制[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [2] 佟亚男. 本钢薄板坯铸机生产硅钢结晶器液位波动的原因分析及改进措施[C]//2012年炼钢—连铸高品质洁净钢生产技术交流会议论文集. 本溪: 中国金属学会, 2012, 19.
- [3] 雷洪, 朱苗勇, 邱同榜, 等. 板坯连铸结晶器流场优化[J]. 炼钢, 2000(3), 29.