

DOI: 10.13228/j.boyuan.issn1005-4006.20190032

减少唐钢中薄板坯连铸机黏结实践

赵建平, 王 帅, 冯 帅, 武学强, 金 玉, 吴志杰, 刘 鑫
(河钢集团唐钢公司, 河北 唐山 063016)

摘 要:分析了唐钢中薄板坯连铸机黏结的原因,结果表明黏结主要由保护渣在坯壳与结晶器铜板间流入不均造成,通过选择合理的水口结构和板间氩气流量,保证结晶器液位稳定,控制中间包车对中偏差3 mm以内,结晶器振幅3.0~3.5 mm,应用漏钢预报系统,优化加渣操作和换水口操作等措施,最终使唐钢中薄板坯连铸机月平均黏结次数由10次降至2次。

关键词:中薄板坯连铸机;黏结;黏结次数

文献标志码:A **文章编号:** 1005-4006(2020)01-0074-05

Practice of reducing sticking in medium-thin slab caster of Tangsteel

ZHAO Jian-ping, WANG Shuai, FENG Shuai, WU Xue-qiang,
JIN Yu, WU Zhi-jie, LIU Xin

(Tangshan Iron and Steel Company, Hebei Iron and Steel Group, Tangshan 063016, Hebei, China)

Abstract: The causes of sticking in medium-thin slab caster of tangsteel are analysed. The results showed that the sticking is caused by uneven flow of mould powder between shell and copper plate. Measures such as selecting appropriate submerged nozzle structure, argon flow, stabilizing the mould level, controlling the center deviation of tundish car within 3 mm, controlling the mould amplitude 3.0-3.5 mm, applying the breakout prediction system, optimizing mould powder adding operation and submerged nozzle quick replacement operation are adopted. By means of corresponding measures being taken, the average monthly sticking times was decreased from 10 to 2.

Key words: medium-thin slab caster; sticking; sticking times

漏钢是连铸生产过程中最严重的工艺事故,它所造成的危害也最大。不仅降低连铸机的作业率,而且损害设备、危害职工安全。在众多类型的漏钢事故中,黏结漏钢是发生频率最高的漏钢事故^[1-3]。对于板坯连铸机,50%以上的漏钢事故都是黏结漏钢。

关于黏结,国内外很多学者都有相关研究,其产生原因与结晶器液位波动,保护渣性能不良,结晶器振动偏摆以及浇钢工操作的随意性等因素有关^[4-5]。但不同钢厂的连铸机设备不同,影响黏结的主要因素也不同,本文通过研究唐钢中薄板坯连铸机的黏结产生原因及相应控制技术,在解决问题的同时,向其他钢厂推广经验,具有重要的意义。

1 唐钢中薄板坯连铸机的主要技术参数

唐钢1 700 mm热轧带钢生产线中薄板坯连铸机的主要技术参数如下,

铸机类型:直弧型;
台/流数:1/2;
铸机断面:(850~1 550)×(150或180) mm;
拉速:0.8~1.7 m/min;
铸坯半径:7 000 mm;
结晶器长度:1 100 mm;
二冷系统:气水雾化冷却系统。

2 黏结的产生机制

在结晶器内,凝固的初生坯壳与结晶器铜板之间的摩擦力必须克服结晶器内坯壳在该点受到的拉坯力,如果坯壳某点受到的摩擦力大于拉坯产生的应力,初生坯壳被撕裂,就会与铜板产生黏结现象。此时,钢液沿着坯壳撕裂处渗出,重新凝固成新的坯壳,在摩擦力和拉坯力的作用下,新形成的坯壳又被拉断,钢水补充后又形成另一个新的坯

壳。这一过程反复进行,直到新坯壳到达结晶器下口时,就发生了黏结漏钢事故,黏结发生的根本原因在于保护渣不能起到良好的润滑和传热作用。

3 控制措施

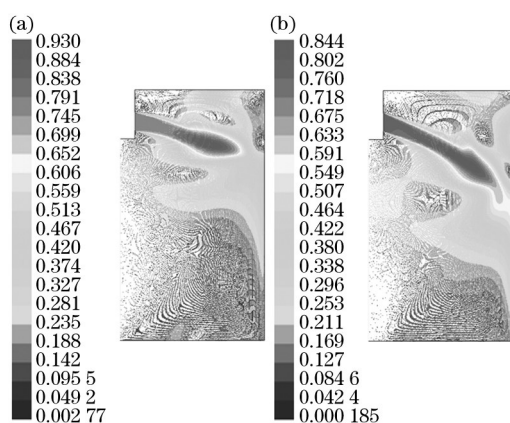
造成保护渣润滑、传热不良的原因与结晶器流场不合理、结晶器液位波动、保护渣性能差等因素有关^[6-8]。因此为了减少黏结,唐钢板坯连铸机采取优化水口结构、优化中间包3路氩气流量、保证结晶器液位稳定、严控中间包车对中精度和结晶器振幅、优化加渣捞渣操作等措施。

3.1 合理的浸入式水口结构

浸入式水口结构决定着结晶器流场,因此,合理的水口结构对黏结的控制至关重要。唐钢生产实践表明,水口浸入深度、水口底部倾角大小、水口内壁厚度都是影响黏结的重要因素^[9-10]。

唐钢中薄板坯连铸机水口浸入深度低于80 mm,结晶器液面变得活跃,黏结的概率增加,浸入深度高于150 mm,影响保护渣的融化,也容易发生黏结,因此,水口浸入深度80~150 mm有利于控制黏结。

通过Fluent数值模拟软件,模拟的底部倾角10°、20°的浸入式水口的结晶器流场分别如图1(a)、图1(b)所示,可见随着水口底部倾角的增大,水口出口射流冲击点的位置逐渐下移,液面波动减弱,上回流涡心也逐渐下移,液面波动加剧,容易黏结。水口倾角太大、太小都不利于黏结的控制,唐钢中薄板坯连铸机使用底部倾角为20°的水口,既能保证结晶器液面平稳,又不影响保护渣融化,利于黏结的控制。



(a) 水口底部倾角10°; (b) 水口底部倾角20°。

图1 板坯结晶器中心宽面1/2截面速度矢量图

Fig.1 Velocity vector diagram of 1/2 cross section of slab mould

对比了30 mm壁厚和27.5 mm壁厚的浸入式水口对黏结的控制效果,结果表明随着水口壁厚的增加,流股的冲击深度增加,涡心高度降低,钢液的热中心向下移动,同时结晶器水口附近和结晶器1/4处的平均速度降低,导致水口附近和结晶器1/4处温度低,不利于保护渣的融化,黏结的概率增加。生产过程中壁厚27.5 mm的浸入式水口黏结控制效果更好。

3.2 合适板间氩气流量

中间包上、下水口间密封良好也是控制黏结的关键。因为氩气流量过大,结晶器液面波动,容易造成保护渣流入不均,引发黏结,而氩气流量不足,水口面容易氧化,造成氩气不能在水口面均匀分布,会导致水口串气,也容易导致保护渣流入不均、黏结,并且对部分黏结炉次的取样分析发现,钢中夹杂物较多,钢中夹杂物被保护渣吸附后改变其物理性能,使保护渣融化不好,流动性变差,引起传热不均,导致黏结,而上下水口连接处的密封不严,也是导致夹杂物产生的原因之一,因此,合适的氩气流量对黏结的控制至关重要,唐钢中薄板坯连铸机浇钢过程中,氩气流量保证压力0.01~0.025 MPa,既保证保护浇注效果,防止水口面氧化,又不使结晶器液面剧烈波动,利于控制黏结。

3.3 保证结晶器液面稳定

连铸过程中一旦发生结晶器液面波动,弯月面处保护渣容易流入不均,发生黏结。这是因为弯月面连接凝固的坯壳和中心过热度高的钢液;由于弯月面根部的冷却速度快,温度梯度很大,弯月面下钢液运动剧烈,而且还要承受钢水液内部压力和保护渣的外压力以及结晶器铜壁的摩擦力^[11-12]。一旦弯月面破损,便失去薄膜的功能,极易出现黏结现象。为有效的控制结晶器内液面,均匀形成坯壳,唐钢中薄板坯连铸机采取了如下措施:(1)保证结晶器液面波动控制在±1 mm以内;(2)保证液面控制的探头安装要牢靠,结晶器盖板位置适中,在浇钢过程中不能有探头与盖板共振现象,探头位置保证与结晶器铜板上沿平齐,设定液面高度为75 mm;(3)控制塞棒的电动缸安装要牢靠,不能有松动现象;(4)中间包内的渣子不能有结壳现象,因为渣子结壳后,电动缸不能有效的控制塞棒的动作,致使结晶器内液位波动大,容易发生黏结。

3.4 严控中间包车对中精度

唐钢中薄板坯连铸机浸入式水口在使用过程中,要对中间包车上升1~2次,上升高度0~50 mm,

使浸入式水口具有两道渣线,以保证浸入式水口的使用寿命,但是在使用第二道或三道渣线过程中,中间包车的南北液压缸若偏差大,会造成水口歪斜,影响结晶器内的流场,容易发生黏结,因此生产过程中严格要求设备精度,中间包车南北两侧液压缸偏差3 mm以内。

3.5 合理的结晶器振幅

结晶器振幅的大小,影响结晶器负滑脱距离,是影响黏结发生的一个重要因素,生产实践表明,结晶器振幅低于3.0 mm,容易发生黏结。生产过程中保证结晶器振幅3.0~3.5 mm,可有效控制黏结。

3.6 正确判断黏结

漏钢预报系统能及时准确地预报黏结漏钢^[13-14]。结晶器铜板热相图能够实时动态显示钢水在结晶器内的凝固情况,让操作人员直观地观察液面附近保护渣的熔化情况、弯液面附近铸坯坯壳的形成情况、水口的对中情况、结晶器锥度调整情况、保护渣的熔化及润滑情况。如图2所示,若浇钢过程中热相图有冷点,应该采取降速同时捞渣,因为可能该位置的渣条过大,不能很好的传热。如果不能及时降速或采取必要措施,冷点继续扩展必须立即停车,以防发生黏结漏钢事故。

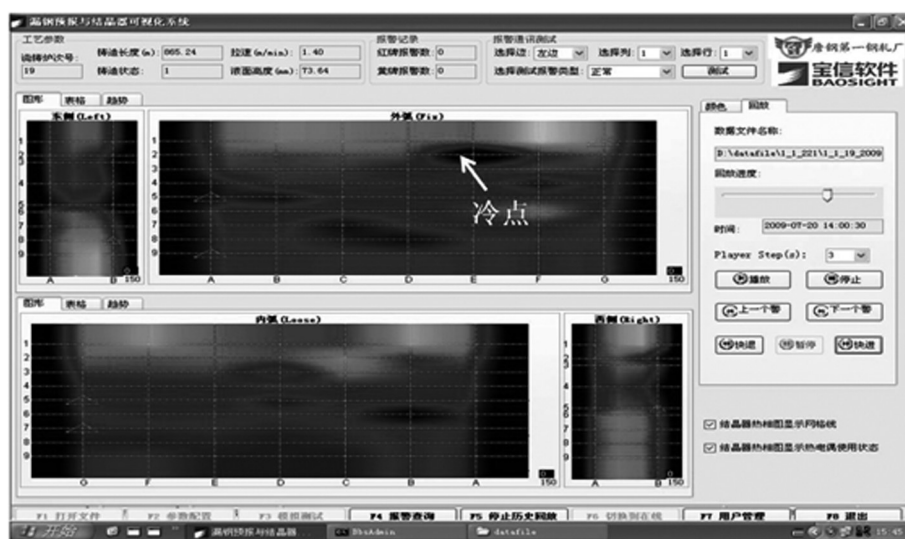


图2 热相图照片

Fig.2 Photo of mould thermal phase diagram

此外,通过热流曲线也可判断黏结的发生,对于板坯连铸机来讲,结晶器内的钢水在温度和连铸机拉速不变的状态下,窄面热流升高,就意味发生黏结的趋势,图3为唐钢中薄板坯连铸机黏结前,典

型的热流变化曲线,具体热流数值及窄面、宽面热流比分别如表1和表2所示,可见窄面热流高于宽面热流为黏结趋势,当宽面热流低到一定程度,宽窄面热流比高到一定程度,易于发生黏结。

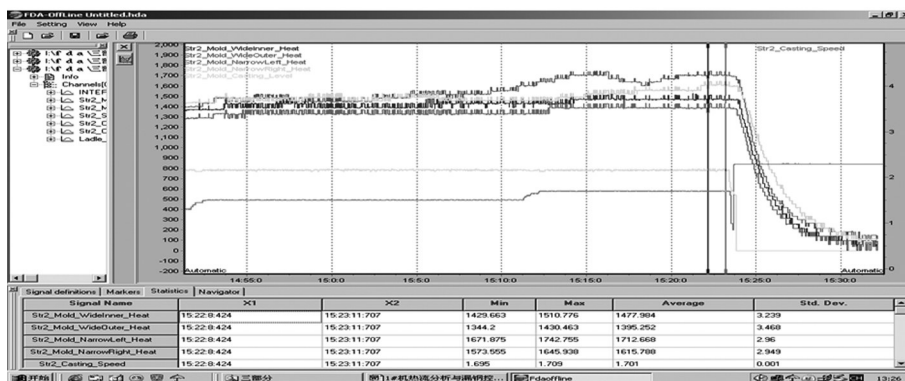


图3 黏结漏钢前热流情况

Fig.3 Heat flux curves of mould before sticking breakout

表1 结晶器各面热流的平均值

Table 1 Average heat flow on each surface of the mold

参数	内弧/ ($\text{kw}\cdot\text{m}^{-2}$)	外弧/ ($\text{kw}\cdot\text{m}^{-2}$)	右侧/ ($\text{kw}\cdot\text{m}^{-2}$)	左侧/ ($\text{kw}\cdot\text{m}^{-2}$)
拉速 1.7 m/min				
漏钢前热流	1 478	1 395	1 615	1 712

表2 窄宽面的热流比

Table 2 Comparison of heat flux on narrow and wide face of mould

参数	窄右/宽内	窄右/宽外	窄左/宽内	窄左/宽外
热流比值	1.09	1.16	1.16	1.23

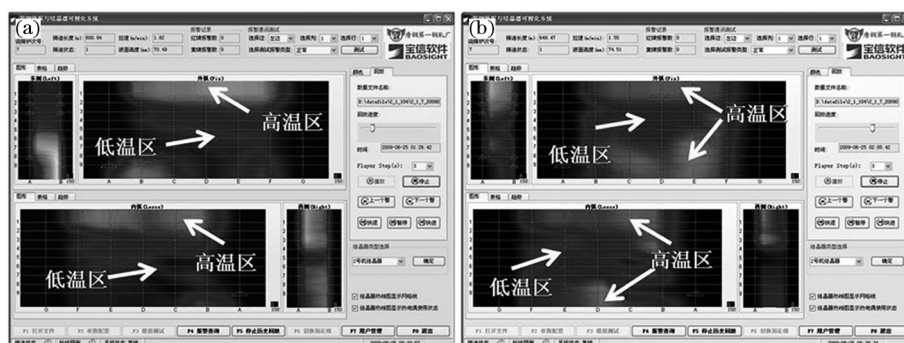
3.7 正确的加渣捞渣操作

为减少黏结,实际操作中要注意以下两点^[15]:
(1)保护渣的加入应做到勤加、少加,每次添加的时间间隔不应过长,且均匀添加。(2)正常浇注过程中

禁止用钢条搅动钢液面,以防止破坏保护渣在结晶器内的正常融化,且浇钢过程中捞渣的操作不要过勤,渣条厚度大于 20 mm 再捞出,此外,捞渣时动作要轻,防止渣圈碎断,捞渣时要捞净,涨速降速、液位波动、启渣线时严禁捞渣,以确保有足够的液渣持续稳定地流入结晶器与坯壳之间。

3.8 合理的换水口操作

图4为唐钢中薄板坯连铸机换水口前后热相图对比照片,可以看出,换水口前,坯壳由弯月面位置到结晶器下口,坯壳由薄变厚,换水口后,可以看出结晶器内外弧下半部分温度明显偏高,造成此现象的原因是因为换水口后结晶器内的液渣层过薄,保护渣对坯壳的填充不均匀,影响了结晶器传热。现场观察表明,换水口时,由于结晶器液面波动大,结晶器四周形成厚厚的渣圈,阻碍了保护渣流入,因此,换水口后,要立即将结晶器四周渣圈捞净,以防黏结。



(a) 换水口前; (b) 换水口后。

图4 换水口前后热相图对比

Fig.4 Comparison of thermal phase diagram before and after submerged nozzle

唐钢中薄板坯连铸机通过采取上述措施,黏结得到有效控制,月平均黏结次数由攻关前的 10 次,降至 2 次,取得良好的控制效果。

4 结论

(1) 黏结主要是保护渣在坯壳与结晶器铜板间流入不均造成。

(2) 通过选择水口浸入深度 80~150 mm、底部倾角 20°、水口壁厚度 27.5 mm,板间氩气背压 0.01~0.025 MPa,保证结晶器液位稳定,中间包车对中偏差不大于 3 mm,结晶器振幅 3.0~3.5 mm,应用漏钢预报系统,优化捞渣操作和换水口操作等措施,使唐钢中薄板坯连铸机月平均黏结次数由 10 次降至 2 次。

参考文献:

- [1] 刘曙光,赵建平,王帅,等.中板坯连铸机黏结的原因分析及预防措施[J].连铸,2018,43(3):31.
- [2] 李波,轩宗宇,柳洪义.方坯连铸机漏钢原因分析及改进措施[J].钢铁研究,2010,38(2):46.
- [3] 孙启浩,文光华,朱先飞,等.保护渣固态渣膜传导及辐射耦合传热特性研究[J].连铸,2017,42(1):35.
- [4] 姚云苗,杨国涛,苏本红.板坯连铸机黏结漏钢的原因与预防措施[J].钢铁研究,2010,38(S2):269.
- [5] 王谦,何生平,任勤,等.连铸保护渣析晶温度的调查[J].钢铁,2004,39(S1):641.
- [6] 管令宇.降低宽板坯连铸机的漏钢率[J].连铸,2010(4):16.
- [7] 文鹏,徐书强.板坯黏结漏钢的原因分析及预防措施[J].连铸,2013(3):4.
- [8] 于海歧,龙山,王金辉,等.宽厚板坯连铸机漏钢原因分析[J].连铸,2013(1):1.
- [9] 干明,唐萍,文光华,等.浸入式水口壁厚对结晶器内钢液速度场和温度场的影响[J].过程工程学报,2008(S1):83.

- [10] 赵登报. 浸入式水口壁厚影响坯壳黏结的原因分析[J]. 连铸, 2012(2):16.
- [11] 刘欣. 板坯连铸黏结的原因分析及预防措施[J]. 钢铁研究, 2010, 38(S2):289.
- [12] 田建良, 陈开义, 江中坎. 梅钢漏钢预报系统的开发与实践[J]. 连铸, 2013(3):15.
- [13] 韩立海, 姜英, 唐作宇. 薄板坯连铸机的黏结机制分析及控制实践[J]. 连铸, 2014(6):7.
- [14] 何飞. 板坯连铸结晶器漏钢预报系统的开发与实践[J]. 连铸, 2015, 41(3):68.
- [15] 刘曙光, 赵建平, 王帅, 等. 浅谈如何减少生产低碳低硅铝镇静钢时结晶器卷渣[J]. 连铸, 2019, 44(1):27.

《物理测试》征稿启事

《物理测试》(CN 11-2119/O4; ISSN 1001-0777)由中国钢铁工业协会主管、中国钢研科技集团有限公司主办、北京钢研柏苑出版有限责任公司编辑和出版发行,是金属材料检测领域重要的专业技术刊物之一,也是全国冶金物理测试信息网的网刊,已被“中国知网”独家收录,其影响因子正逐年上升。

《物理测试》以“求实创新,服务企业”为目标,坚持理论与实践相结合的原则,注重文章的学术性和应用性,重点报道检测领域的新技术、新方法、新成果、新设备和新标准,是金属材料检测领域进行学术研究、信息沟通、经验交流的优质平台。

为了更好地为读者服务,加强学术交流,特向广大作者和读者征集原创科技论文。

1 征稿对象

在生产企业、科研单位、大专院校、质检、商检、安监等部门从事金属材料研究、生产、加工和使用的专家、学者、工程技术人员、研究生、管理人员等。

2 征稿范围

在金属材料的生产和使用过程中,与金属材料的检验和

测试相关的科学技术论文。重点报道新技术、新工艺、新方法、新材料、新设备、新标准的研究和应用。具体包括:样品采集和制备;金属材料微观组织检验和分析;物理常数、织构的测定;不同温度条件下金属材料的硬度、拉伸性能、冲击性能、疲劳性能、蠕变性能的测定;金属材料表面缺陷、涂镀层、表面质量的测试和评判;无损探伤、光谱检测;金属材料的成分、组织、处理工艺对性能的影响研究。

3 投稿方式

请登录《钢铁期刊网》网站(<http://www.chinamet.cn>),点击“物理测试”的图标或刊名导航条,进入期刊的首页了解详情。

4 联系方式

联系人:杨希

电话:010-62182617

传真:010-62185134

邮箱:wuliceshi@163.com

通讯地址:北京市海淀区学院南路76号

邮编:100081