包钢120 t转炉滑板挡渣技术的改进*

邵 亮,宋 超,刘佳旭,付 岳,石 龙

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章介绍了包钢120 t转炉滑板挡渣与红外下渣检测技术改进及实际应用情况,并与目前常用挡渣方式进行对比分析,结果表明:改进后挡渣成功率达到99%以上,下渣量控制在80 mm以内,钢水回磷平均控制在0.001%以内,提高了钢水的洁净度,为生产高附加值的钢种和降低生产成本奠定了基础。

关键词: 滑板挡渣;下渣量;回磷量;转炉

中图分类号: TF713 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0005-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.002

Improvement of Slag Retaining Technology with Sliding Plate for 120 t Converter of Baotou Steel

Shao Liang, Song Chao, Liu Jia-xu, Fu Yue, Shi Long

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the improvement and practical application of slag retaining with sliding plate and detecting technology of roughing slag with infrared ray for 120 t converter of Baotou Steel are introduced as well as they are compared with present common slag retaining ways and analyzed. The results showed that the success rate of slag retaining could reach over 99%, the quantity of roughing slag was controlled within 80 mm and average rephosphorization of molten steel could be controlled within 0.001% with the improvement so that the cleanliness of molten steel was improved to lay a good foundation for manufacturing steel grades with high added value and reducing production costs.

Key words: slag retaining with sliding plate; quantity of roughing slag; quantity of rephosphorization; converter

近年来,随着我国钢材消费结构的变化,对高品质、高附加值钢的需求量越来越大,同时在当前严峻的钢铁行业形势下,建设高效率、低成本的洁净钢平台越来越成为钢厂的工作重点。转炉钢水的洁净度作为制约优质洁净钢的重要因素,成为各钢铁企业关注的焦点,减少转炉出钢过程中的下渣量是提高钢水洁净度的一个重要环节[1]。在转炉出钢过程中采取有效的挡渣方式不仅可以降低钢水脱氧及合金化过程中提高合金的收得率,还能减少钢水回磷、回硫以及氧化物夹杂的数量,提高钢水的洁净度。为了解决转炉出钢下渣量大的难题,包钢对120 t转炉挡渣系统进行了技术改进,引进了先进的滑板挡渣和红外下渣检测技术,不仅提高了挡渣成功率,而且有效地减少了出钢下渣量,从而为生产高附加值钢种和降低生产成本奠定良好的基础。

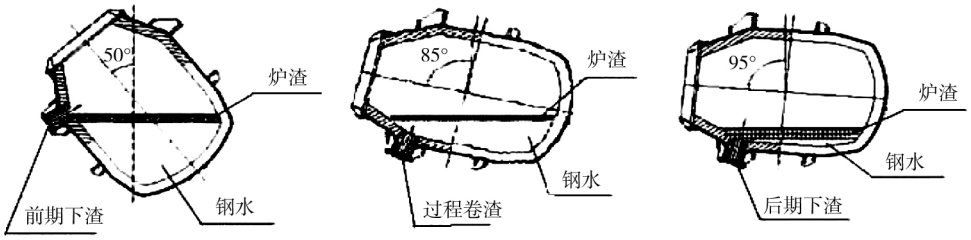
1 常用的挡渣方式的比较

在转炉出钢过程中,由于转炉渣的密度小于钢

* 收稿日期:2021-05-06

作者简介:邵 亮(1988-),男,内蒙古通辽市人,工程师,现从事转炉冶炼工艺研究工作。

水而浮于钢水面上，因此转炉出钢时的下渣包括三部分：前期渣（转炉倾动至38°～50°）、过程渣（前期渣之后开始出钢，临近出钢后期可观察到钢水的涡旋效应卷渣）、后期渣（出钢后期至出钢结束阶段）。在转炉出钢到钢包的下渣量中，前期渣量大体占30%，涡旋效应从钢水表面带下的渣量约为30%，后期渣约为40%[2]，见图1。



（a）前期下渣　（b）过程下渣　（c）后期下渣

图1　转炉下渣的主要形式

在转炉下渣的不同时期，所采用的挡渣法可能不尽相同，甚至相同挡渣方法在同一时期产生的效果也不同。目前应用最广的几种挡渣方法的工作原理及使用效果列于表1。

表1　常用挡渣法工作原理及效果比较

挡渣方法	工作原理	效果比较
挡渣帽	出钢开始时，利用挡渣帽封住即将流过出钢口的钢渣。	主要针对前期渣，对中期渣、后期渣的控制无明显效果。
挡渣塞	在炉渣先通过出钢口后，特制软质挡渣塞破裂。	有效控制出钢前期渣的下渣量，但对过程渣、后期渣的控制效果不明显。
挡渣球	出钢结束时，密度介于渣钢之间的特制挡渣球阻断炉渣下排。	控制后期下渣量，挡渣率较高，但挡渣球不固定，挡渣稳定性较差，且对前、中期控制无效。
挡渣棒	利用导向杆将半球形挡渣塞定位到出钢口，与挡渣球类似。	较挡渣球稳定性高，并一定程度抑制中期“涡流现象”，挡渣率更高，但对前期渣无效。
气动法	通过元件推测出钢口流量变化，准确控制挡渣时间。	在可靠性、自动化、费用等方面优势明显，但存在误判现象，部件损失率高，对前期渣无效。
滑板挡渣法	采用液压驱动方式，滑板关闭速度快。	可实现前后挡，挡渣效果极好，故障率较低，但设备投资及后期运行耐材费用较高，且因滑板寿命限制，更换滑板作业对生产组织有一定影响。滑板挡渣法一般挡渣成功率不小于99%。

2　系统工作原理及设备改造

2.1　滑板挡渣设备工作原理

转炉滑板挡渣是应用钢包滑动水口机构的工作原理，经优化设计后，移植到转炉出钢口部位。在现有转炉出钢口法兰上安装基准板、连结板部件，滑板挡渣机构本体安装于连结板上，通过操作系统以液压控制的方式开启或关闭滑板，以达到挡渣的目的。滑板挡渣机构内部的组合形态和布局如图2所示。采用机构在线整体更换技术，可将更换时间控制在15 min之内，满足转炉与连铸生产的匹配。机构离线开启，实现机构内滑板砖的更换。

PLC控制转炉滑板挡渣机构与下渣检测装置联动，即下渣检测装置检测到出钢下渣时，自动发出关闭滑板挡渣机构的指令信号，滑板挡渣机构自动关闭。

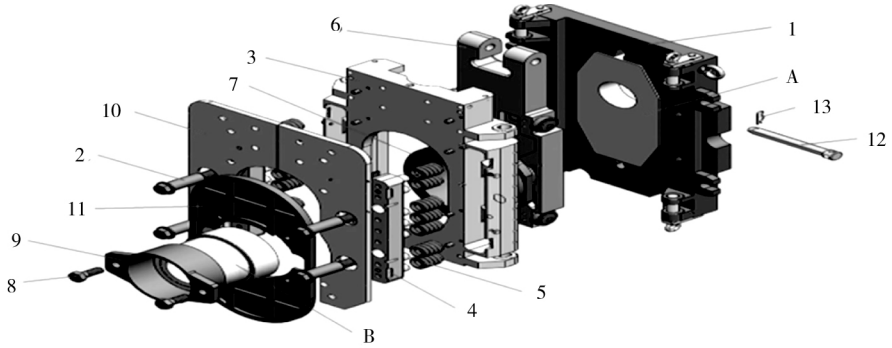


图 2　挡渣闸阀机构分解图

1 – 安装板; 2 – 面压螺栓; 3 – 门框; 4 – 弹簧压板; 5 – 弹簧; 6 – 滑动框; 7 – 顶紧套; 8 – 螺栓; 9 – 顶紧器; 10 – 固定隔热板; 11 – 活动隔热板; 12 – 连接销; 13 – 弹簧销; A – 滑板砖; B – 外水口砖

2.2　转炉滑板挡渣设备改造

2.2.1　旋转接头改造

由于滑板挡渣机构使用液压驱动，系统压力高达 20 MPa，且炉体高温区域现场管路、液压油缸及机构弹簧需采用水冷或风冷方式进行保护性冷却，需增加液压油管 2 路、进出水管 2 路、压缩空气管 1 路，同时对转炉旋转接头进行适应性改造，对原有的耳轴预留通道及炉体风冷管道加以利用，见图 3。

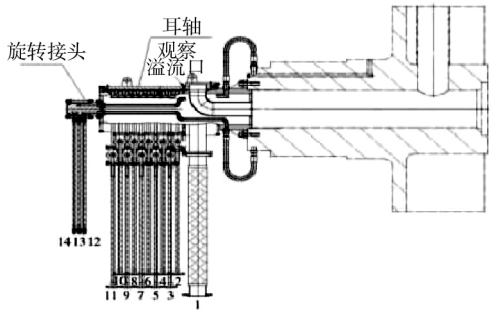


图 3　旋转接头改造图

1 – 冷却水管; 2—11 – 底吹 Ar 管路; 12 – 压缩空气管; 13—14 – 液压油管

2.2.2　出钢口的改造

为确保转炉摇炉及出钢过程的安全距离，要求机构安装后距离烟罩最低点不小于 250 mm，距离钢包液面不小于 650 mm。经过充分的分析和论证，决定将出钢口整体缩短 170 mm，并对原出钢口法兰进行了适应性改造，以便于机构连接板的安装，同时还对出钢座砖、出钢口套管砖进行了重新设计，见图 4。

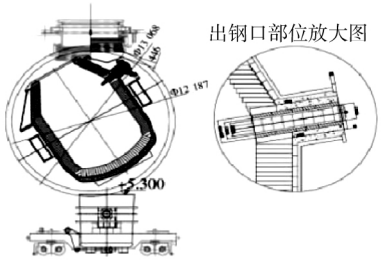


图 4　出钢口改造图

2.2.3　红外下渣检测装置

在进行挡渣系统升级改造的同时，增加了一套红外下渣检测装置，以远红外探测技术、计算机图像处理及人工智能技术为基础，通过非接触式检测方法，对出钢流进行实时监测分析，准确识别钢流中钢渣夹带程度，并做出准确的判断，及时给出报警信号，与滑板挡渣系统联动，实现自动挡渣功能。红外下渣检测系统结构见图 5。

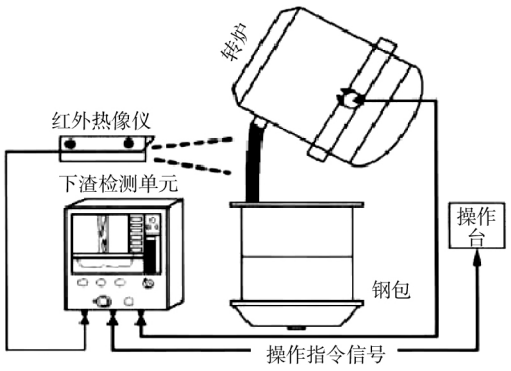


图 5　红外下渣检测系统结构图

3 滑板挡渣使用和优化

3.1 存在的问题

由于对滑板挡渣机构与耐材更换、使用维护缺乏经验，在前期使用过程中存在不少问题，对生产组织造成了不利影响。

(1) 滑板耐材使用寿命低，最高15炉，平均每班需更换1次，影响铸机时序。

(2) 更换滑板时间长，承包方操作人员操作不熟练，存在准备工作不到位的现象。

(3) 承包方操作人员持有叉车证的人少，更换滑板时会开叉车的人少。

(4) 滑板挡渣防护机构的易损件备品不齐全，影响防护质量。

3.2 改进措施

(1) 要求承包方操作人员持有叉车证，保证安全工作。

(2) 改进滑板材质，其使用寿命由最高15炉提高至18炉，每天减少1次更换，有利于生产连续与稳定。

(3) 建议承包方对操作人员进行培训，提高操作技能；准备工作做到位，减少等待时间。

(4) 增添滑板挡渣防护机构的易损件备品，提高防护质量，防止钢渣流进滑板挡渣机构内，影响更换滑板的速度。

(5) 增加新材料试验方案，不断提高滑板使用寿命。

4 滑板挡渣技术应用效果

4.1 挡渣成功率

传统挡渣球、挡渣棒的挡渣方式的挡渣效果受钢渣黏度、出钢口形状、炉型影响较大，不能有效的在钢水流尽时堵住出钢口，因而挡渣成功率较低。在使用滑板挡渣系统的实际生产中，只要滑板机构正常，挡渣成功率达到100%，见表2。

表2 挡渣成功率对比

挡渣方法	投用炉数	挡住炉数	成功率/%
挡渣杆方法	550	507	92.18
滑板挡渣法	355	355	100.00

4.2 下渣量与钢包回磷

由于一些传统挡渣方式成功率低，造成下渣较多，下渣量在120～150 mm左右；滑板挡渣可以有效地控制出钢过程中的前期渣和后期渣，下渣量可以稳定地控制在80 mm左右。

根据钢水回磷的热力学分析，转炉的下渣量对钢水回磷量影响较大，下渣量越多，回磷量越大[3]。由于转炉渣中的P_2O_5含量较高，进入钢包中的炉渣经过脱氧后，渣中的FeO含量下降，渣中的P_2O_5会被的Al、Si等元素还原，从而造成在转炉后续工序处理过程中回磷。使用滑板挡渣后，低合金钢和中合金钢钢包中基本无回磷现象，高合金钢有轻微的回磷现象，这仅仅是合金加入带来的磷，且平均回磷量可以控制在0.002%以内，见表3，使钢中磷含量得到有效的控制，提高了钢水质量。

表3 下渣厚度与回磷量对比

挡渣方法	下渣厚度/mm	回磷量/%		
		平均	最大	最小
挡渣杆方法	≤150	0.004	0.008	0.002
滑板挡渣法	≤80	0.001	0.002	0

4.3 脱氧剂使用

转炉采用滑板挡渣后，转炉氧化渣减少约55%，在生产条件和精炼就位Al含量没有发生变化的情况下，转炉可以减少脱氧剂用量0.3 kg/t，见表4。

表4 脱氧剂加入量对比 kg/t

挡渣方法	转炉	精炼	合计
挡渣杆方法	1.8	0.8	2.6
滑板挡渣法	1.5	0.8	2.3
比较	-0.3	0	-0.3

4.4 炉下设备损耗减少

转炉采用滑板挡渣后，由于滑板关闭速度快，出钢过程下渣量大量减少，钢包车电缆和底吹管线烧损事故减少，炉渣对罐体和渣线的耐火材料侵蚀减少，从而降低了设备维修的成本和维修工人的劳动强度。

5 结论

(1) 滑板挡渣性能可靠，大幅提高挡渣成功率，挡渣成功率由原来的92.18%提高到100%。

(2) 滑板挡渣效果良好，下渣量显著减少，下渣量由原来的120～150 mm减小至80 mm左右，且平

(下转第53页)

表 7　P22 工业热处理工艺

材质	规格	热处理制度
P22	Φ325 mm × 10 mm	正火温度 930 ℃,保温 50 min 然后炉冷至 770 ℃出炉冷却(辊底炉温度设定:1 ~ 3 区 930 ℃,4 ~ 6 区 930 ℃,7 ~ 10 区 770 ℃),回火温度 750 ℃,保温 150 min。

表 8　采用正火后缓冷 + 空冷 + 回火热处理后 P22 性能

规格	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度 *HBW*		
Φ325 mm × 10 mm	364	525	31.5	157	158	160
	366	528	31.5	154	156	154

表 9　其他规格 P22 工业热处理性能

规格	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度 *HBW*		
Φ457.2 mm × 13.5 mm	362	550	33.0	158	159	159
	362	547	33.5	160	160	159
	361	542	32.0	161	161	161
	356	525	32.5	159	159	157

4　结论

(1) 正火后控制合理的冷却速度,得到以铁素体 + 珠光体为主的显微组织,是保证 P22 高压锅炉管具有良好综合机械性能的关键。

(2) 采用“正火后缓冷 + 空冷 + 回火”热处理工艺,利用现有热处理设备,可生产满足 ASME SA—335/SA—335M 及 GB/T 5310—2017 标准 P22 高压锅炉管产品。

参　考　文　献

[1] 朱晓林. P22 钢管力学工艺性能与室温断裂机制研究[J]. 计量与测试技术,2016,43(4):38 - 39.

[2] GB/T 5310—2017,高压锅炉用无缝钢管[S].

[3] ASME SA—335/SA—335M—2019, SPECIFICATION FOR SEAMLESS FERRITIC ALLOY - STEEL PIPE FOR HIGH - TEMPERATURE SERVICE[S].

[4] 靳燕. P22 耐热管的热处理工艺研究[J]. 包钢科技,2016,42(3):48 - 50.

[5] 刘宗昌. 金属固态相变教程[M]. 北京: 冶金工业出版社,2014.

(上接第 8 页)

均回磷量水平由原来的 0.004% 减小至 0.002% 以内。

(3) 滑板挡渣成果明显,生产条件和精炼就位 Al 含量保持原来水平,减少脱氧剂用量 0.3 kg/t。

参　考　文　献

[1] 胡光立,谢希文. 钢的热处理[M]. 西安: 西北工业大学出版社,2010.

[2] Enkner B, Paster A, Schwelberger J. 新型 VAI - CAN转炉挡渣系统[J]. 钢铁,2002,37(8):28 - 32.

[3] 张贺艳,姜周华,梁连科. EAF - LF 炼钢流程中钢水回磷的热力学分析[J]. 钢铁研究学报,2003,15(1):11 - 15.