

提高80 t钢包自动引流率的工艺实践

周国子

(湘潭钢铁集团有限公司炼钢厂,湘潭411101)

摘要 对影响80 t钢包钢水自动引流率的各种因素进行了分析,并结合湘钢炼钢厂的实际情况,通过采取提高引流砂质量和改善加入方法,改进座砖、上水口的结构,减少钢水待浇时间等措施,使炼钢厂钢包自动引流率从原来的84.3%提高至96.2%。

关键词 80 t钢包 滑动水口 引流砂 自动引流率

Process Practice for Improving 80 t Ladle Free-Opening Rate

Zhou Guozi

(Steelmaking Plant, Xiangtan Iron and Steel Co Ltd, Xiangtan 411101)

Abstract A analysis on various factors to influence 80 t ladle sliding nozzle free-opening rate is carried out. Combined with the situation of steelmaking plant at Xiang Steel, by adopting measures including increasing quality of initiate packing sand and improving its adding method, improving base brick and upper nozzle structure, and decreasing waiting time of liquid for casting, the ladle free-opening rate at steelmaking plant increases to 96.2% from original 84.3%.

Material Index 80 t Ladle, Sliding Nozzle, Initiate Packing Sand for Liquid Flow, Free-Opening Rate

湘潭钢铁集团有限公司炼钢厂现有3座80 t氧气顶吹转炉、3座CAS(Composition Adjustment by Sealed Argon Bubbling)、3座LF(Ladle Furnace)、1座VD(Vacuum Degass)、4台连铸机等主要装备。炼钢厂钢包自动引流率一直徘徊在较低的水平(84%左右)。钢包能否达到自动引流,直接影响着钢水质量、工艺流程的顺行和生产率。钢包中的钢水如在滑板打开后不能自动流出,就需要倒包或用氧管烧开的方法来处理。倒包一方面可能导致钢水温度降低而回炉处理,另一方面影响连铸生产周期可能造成断浇。采用氧管烧开的方法一方面可能导致部分钢水二次氧化而降低钢水质量,另一方面可能造成钢包渗钢等恶性生产事故,同时也影响生产周期。为了保证品种钢的产品质量,生产出优质钢坯为轧钢厂提供优质原料,必须提高钢包自动引流率,实现保护浇铸依此来防止钢水二次氧化,保证生产顺行和铸坯质量的提高。

1 钢包水口填充引流砂作用机理

炼钢生产过程中,在准备钢包时,将引流砂灌入上水口内部和座砖顶部,形成一个小馒头状砂丘。出钢时,钢水注入钢包的初期,填入水口上表面的引流材料迅速烧结,成为高粘度的液相层,阻碍了熔融钢水向引流砂内部的渗透。高粘度液相层下面是烧结层,烧结层下面是松散的引流砂。在下部物料的

支撑下能够承受钢水的静压力而不被破坏;由于引流砂材料的特点,传热相对较慢,引流砂的烧结速度也会变慢,烧结层保持在一定厚度。引流时下部的未烧结物料因自重作用下落,烧结层失去支撑,致使烧结层在钢水的重力作用下而破碎,实现引流^[1]。

2 钢包自动引流率的影响因素分析

由于生产条件、钢包容积、引流剂的质量和冶炼钢种的不同,钢包的自动引流率也存在较大的差别,炼钢厂从2003年到2011年,钢包的最低自动引流率为73%,通过不断改进优化,自动引流率在逐步提高。

2.1 引流砂质量

钢包用引流砂主要是硅砂和铬砂两种,目前湘钢炼钢厂两种引流砂均在使用,考虑成本因素,生产中以硅砂为主。引流砂作为钢包水口填充材料,由引流剂自动开浇的机理得知,一方面要求能在较低的温度下烧结,以避免出钢时引流砂上浮;另一方面要求在高温和长时间精炼状态下不能过度烧结^[2],这样才能使烧结层的厚度不致过厚,且随着盛钢时间的延长和温度的变化,使烧结层的厚度几乎保持不变,否则影响自动开浇率。总的来说,对引流砂的要求包括:流动性好、化学稳定性好、隔热性好、烧结性适度、耐火度高。引流砂的质量是自动引流率提高的前提条件。

2.2 上水口与座砖的结构和材质不合理

炼钢厂目前钢包存在如下不合理情况:

(1) 钢包上水口直径小, 只有 45 mm, 在钢水静压力一定的情况下, 钢包水口直径越小, 越不利于自动引流; (2) 钢包上水口因浸有沥青, 使用时沥青受热流出, 使引流砂粘结在上水口, 引流砂不能顺利从水口内流出来; (3) 钢包座砖和上水口顶部在同一平面上, 水口上部不能积聚引流砂, 导致上水口内引流砂加不满或形成凹坑状, 水口上部灌入钢水易凝固结壳; (4) 座砖材质较差, 使用后期为了防止座砖和上水口之间渗钢, 在钢包水口周围填充拌有大量水分的铝镁浇注料, 填充的浇注料还会造成上水口直径变小, 不利于引流砂的加入及钢水自动引流。

2.3 吹扫钢包等工艺操作不规范

钢包使用后, 在吹扫上水口内的冷钢及安装滑板砖和下水口时, 座砖、上水口处的冷钢、残渣清理不干净, 当钢包内盛有钢水时, 冷钢融化会粘口水口部位的引流砂, 阻碍引流砂的顺利流出, 残渣较多时, 还会堵塞水口使引流砂流不出来。

2.4 炼钢生产周期偏长

炼钢厂生产组织模式为“三炉对四机”即: 3 座转炉对 4 台连铸机 (2 台 4 机 4 流、2 台 8 机 8 流连铸机), 在生产周期正常的情况下, 转炉出钢完毕至连铸引流的过程时间 (以下简称钢水周期) 见表 1。

表 1 正常生产情况下的钢水处理时间
Table 1 Treatment time of liquid in normal condition

精炼工艺	时间/min
CAS	20 ~ 25
CAS + LF	60 ~ 90
CAS + LF + VD	120 ~ 180

但是生产过程中由于湘钢其它两钢厂检修、效益平衡等原因要平衡公司总体铁、钢产量, 经常会出现生产周期不正常的情况, 运行“三炉对四机”的插钢生产组织模式, 导致钢水严重积压。钢水周期时间常常超过正常周期时间; 有时在事故状态下, 钢水上钢包炉处理最长达 4 ~ 6 h。对 2010 年 8 月份钢水积压时间的炉次与自动引流率进行了统计分析如表 2。

由表 2 可知, 钢水积压时间越长, 自动引流率越低。这是因为钢水积压时间越长, 引流砂受钢液高温作用时间越长, 导致钢包水口内引流砂的烧结层增厚, 这显然不利于钢水冲破烧结层, 严重影响钢包水口自动引流率。

表 2 钢水等待时间对钢包自动引流率的影响

Table 2 Effect of liquid waiting time on free-opening rate of ladle

钢水等待时间/min	冶炼炉数/炉	自动引流炉数/炉	自动引流率/%
≤25	1 579	1 539	97.4
26 ~ 70	696	672	96.5
71 ~ 90	824	782	94.9
≥91	273	241	88.3

2.5 引流砂的加入方法

炼钢厂原先采用人工投包法加引流砂。投包法存在以下缺点: 由于引流砂投到包底的具体位置是由投掷力的大小和方向决定的, 而灌砂操作者投包用力全凭经验, 用力具有随意性, 故命中水口率不高, 在生产中存在投包不到位的情况, 更不能保证水口内引流砂填满灌满。若水口内引流砂量不足, 则出钢时, 水口内空位进入钢液; 由于水口孔位置低于包底, 使在钢包吹氩过程中, 水口内钢液亦不能参与钢包内钢水的循环对流, 仍滞留于水口, 被引流砂吸热, 温度逐渐降低, 导致钢液与砂粒粘结冷凝成块, 使引流砂流动性变差; 当滑板打开后, 引流砂自然下落极为困难, 导致钢包自开失败。

2.6 引流砂干燥程度

含水量多或潮湿的引流砂加入钢包水口中, 产生的水蒸气在高温下和石英 SiO_2 反应可以生成类似硅胶的产物, 容易将其他引流砂黏结到一起, 导致钢水自重不能压破而产生引流。因此, 将引流砂烘烤干燥也可以提高钢包的自动引流率^[3]。

2.7 钢包温降大

对于钢包温度低或者出钢钢水温度低的情况, 钢包盛钢后, 上水口里的钢水与耐火材料接触, 热量散失较快, 钢水温降大, 钢包底部产生凝钢, 打开滑动水口后, 钢水不容易流出, 常需要引流操作。

3 改进措施

3.1 改善引流砂质量

湘钢炼钢厂使用的引流砂为硅质和铬质引流砂两种, 不经过钢包炉精炼的普通钢时, 采用石英砂作为引流剂, 而经过钢包炉精炼的钢种, 采用优质铬质引流剂。硅砂要求供应商采用天然石英砂, 其自开率明显高于人工破碎的石英砂, 其原因是天然石英砂的 SiO_2 含量高, 低熔点物质比破碎加工的石英砂少; 同时由于人工加工石英砂表面棱角多、不规则, 因此自然流动性差, 而且不规则的形状致使引流砂在水口内分布不均匀, 影响自开率。

铬质引流砂以铬铁矿和添加剂 (长石粉、石墨、

炭黑等)制成,它具有比重大、流动性好、熔点高、不过度烧结等优点。铬质引流砂要求供应商铬铁矿加入量在61%~64%,铬质引流砂粒度组成为0.5~1.0 mm占28%~30%,0.15~0.5 mm占67%~65%,0.15 mm以下占5.0%,颗粒太粗易造成颗粒偏析,料混不匀;太细易造成过度烧结。在铬质引流砂中,随着铬铁矿加入量的变化,铬铁矿在试样中呈现不同分布;当加入量大于60%时,铬铁矿呈连续分布。铬矿的连续分布有助于形成连续的烧结层,防止钢水向下渗透和引流砂上浮。在高温使用条件下,铬铁矿中FeO反应脱溶并形成二次尖晶石,使烧结层体积发生变化而产生裂纹,当滑板打开时,水口下部未烧结的引流砂迅速流出,烧结层裂纹迅速扩展,在钢水的静压力作用下烧结层完全被破坏,从而达到自动引流的目的。

3.2 优化钢包座砖和上水口

对座砖和上水口进行优化改型,针对上水口直径小,座砖和上水口顶部平齐,上水口内引流砂不易加满,水口内易积聚残钢的特点,将上水口长度方向缩短15 mm,内径增加5 mm,并把水口内腔改成无沥青的喇叭状,使其和座砖结合的部位形成圆滑过渡,有利于引流砂的流动;把座砖加高30 mm,使其在上水口顶部形成凹坑,便于引流砂投入时顺利滑入水口内,使引流砂形成拱起的球冠状;另外通过改进座砖材质,提高了座砖质量,修补次数明显减少。

3.3 增大水口清理力度监督

对于钢包的自动开浇,作为热修工必须注意把座砖及上水口的冷钢和安装滑板时留下的残泥清理干净,否则对自动开浇不利。热修工操作影响开浇的因素主要有:(1)水口内的残余冷钢清理不干净,就会减小水口的直径,从而影响到引流砂的加入量和打开滑板时引流砂流下的速度;(2)水口座砖周围的废钢清理不干净,一方面影响引流砂加入量,另一方面在线烘烤时,由于温度升高废钢会黏结引流砂,阻碍引流砂的顺利流出;(3)倒包后包底废渣掉入水口,灌砂时没有发现而堵塞水口;(4)滑板安装完毕后,多余滑板泥料清理不干净而堵塞水口;(5)安装上水口后不经过烘烤而直接用于加砂(原理相当于引流砂受潮)。

在热修钢包时应注意以下几点:(1)水口及其座砖周围的废钢要清理干净。如钢水粘包底严重,要采用从包前清理的方法进行清理,确保水口座砖的喇叭型盛砂漏斗完全清理干净。(2)滑板安装完毕后,要将多余滑板泥料清理干净后再用风管吹扫。

滑板泥料在风力推动作用下向前移动,可能会停留在上水口和座砖接头之间(滑板泥料由于自身重量和黏结性),从而在倒包后堵塞水口。最好是使用具有一定弯度的风管从包后水口伸入清理,以确保水口座砖的喇叭型盛砂漏斗中的泥料清理干净。(3)新安装的上水口不要及时灌砂,最好用火烘烤10 min后(给滑板和上水口预热)再进行灌砂操作。(4)灌砂以前,灌砂工要检查水口是否有异物,如发现有异物堵塞水口或水口中发红,要翻包后再进行灌砂操作。

3.4 对钢包水口退油处理

通过现场跟踪发现,未改进前使用的是煮柏油后未退柏油的水口,水口内的沥青焦在高温的状态下呈液态流出与水口的引流砂烧结,形成较厚的烧结层而出现不引流的现象。此后要求钢包水口厂家进行退油处理,改进后使用略呈白色无油水口,引流率明显改善。

3.5 稳定炼钢生产周期

优化炼钢厂生产组织模式,实行“一炉对一机”的组织模式,即1座转炉对1台连铸机,剩余的1台连铸机轮流进行检修。多余的铁水进行翻罐处理,制成生铁块,再加入转炉,从而减少生铁块的采购,同样实现了公司总体铁、钢的平衡。规定一般情况下在钢包炉的时间 ≤ 150 min,钢水在钢包时间超过180 min的炉次必须进行钢水折罐处理,从而稳定了自动引流率。

3.6 改进加砂方式和加入量

对投灌引流砂方式进行了改进,转炉炉后增设1套带有导向杆的加砂装置,大罐到位下放导向杆,对中水口直接加砂,有利于加砂的准确性,同时不会将积渣等杂物带入水口内(图1)。炼钢厂自行设计了下料筒装置,钢包出钢前,使用下料筒灌砂法取代人工投砂包法向钢包水口内加入引流砂。其操作方

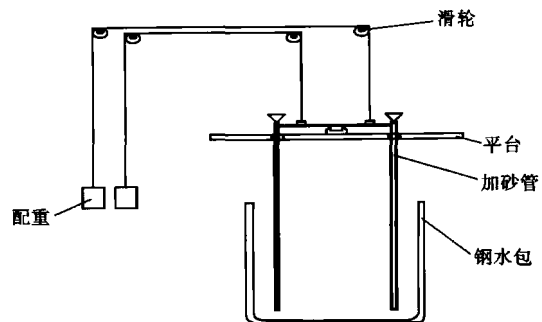


图1 加砂装置

Fig. 1 Device for adding sand

法是:先将下料筒由高位下降至待灌砂的钢包水口孔上方约 200 mm 处,使下料筒下端出口与钢包水口孔对正对中;然后从料筒上端,将散装引流砂倒入料筒中。引流砂在自身重力作用下沿料筒内壁全部落入钢包水口内,确保了灌砂准确到位水口填充饱满,为钢包自开创造了条件。

引流砂在上水口的填充方式和填充量的要求为引流砂加成“锥”型。引流砂加成“锥”型,这样可以增加钢水对烧结层的接触面积,也相当于增大钢水对烧结层的静压力。

通过优化改进加砂方式和加入量,钢包自动引流率大有提高。

3.7 增加引流砂干燥箱

对于引流剂的管理,要求引流剂生产厂家必须在纺织包装袋内加装塑料薄膜,并在运送过程中增加防雨措施,防止引流剂受潮或雨淋;引流剂到厂后,指定干燥的存放地点^[4],并制作了两个蒸气烘烤箱,保持烘烤温度 40 ~ 50 ℃,并执行“先进先用”的原则,确保在线烘烤时间 ≥ 24 h,避免存放时间长而结块影响自动引流率。

3.8 加强出钢、钢包周转过程监控

在出钢前制定了具体的操作规范,要求钢流不得直接冲击到引流剂区域,钢流要正,以防止破坏引流剂的合理形状;另外严禁出钢前将合金或顶渣直接加在包底。

黑包、凉包等非周转包对自动引流率影响很大,因此,在生产组织时,必须做好钢包周转的监控管理,正常周转时间:≤ 75 min 为正常罐。合理控制钢包周转个数,同时对浇次当中需要投入新钢包时,要对钢包提前进行烘烤,并制定烘烤制度(表 3);对于浇完钢水的钢包及时组织下空包下台倒包,要求转包 5 min 内组织倒包,防止包底粘钢或粘渣和增大钢包温降。

表 3 钢包烘烤制度 /h

Table 3 Baking schedule of ladle /h

钢包修砌情况	小火烘烤	大火烘烤
小修	4	16
中修	8	16
大修	16	32

通过实施改进的工艺和操作措施,80 t 钢包的月平均自动引流率由 84.3% 提高至 96.2%,改进前后主要工艺参数、操作对比见表 4。

表 4 改进前后 80 t 钢包滑动水口的主要工艺参数、操作和自动引流率的对比

Table 4 Comparison of main process parameters, operation and free-opening rate of 80t ladle sliding nozzle between before and after improvement

工艺和操作	改进前	改进后
引流砂的质量	只要求化学成分达标。	(1)硅砂要求采用天然石英砂;(2)铬质砂要求铬铁矿加入量在 61% ~ 64%,粒度组成为 0.5 ~ 1 mm 占 28% ~ 30%,0.15 ~ 0.5 mm 占 65% ~ 67%,0.15 mm 以下占 5.0%。
上水口与座砖的结构和材质	(1)钢包上水口直径小,只有 45 mm;(2)钢包上水口受热有沥青流出;(3)钢包座砖和上水口顶部在同一平面上;(4)座砖材质较差。	(1)将上水口长度方向缩短 15 mm,内径增加 5 mm,并把水口内腔改成无沥青的喇叭状,使其和座砖结合的部位形成圆滑过渡;(2)对钢包水口退油处理;(3)座砖加高 30 mm;(4)改进座砖材质。
吹扫钢包等工艺操作	座砖、上水口处的冷钢、残渣清理不干净。	(1)细化吹扫清理钢包要点;(2)增大水口清理力度监督和考核力度。
炼钢生产周期	生产组织模式为“三炉对四机”。	生产组织模式优化为“一炉对一机”。
引流砂的加入方法	采用人工投包法。	(1)采用导向杆式料罐灌砂法;(2)引流砂加入量以加成“锥”型为原则。
引流砂干燥程度	(1)运输过程无防雨措施;(2)无引流砂干燥箱。	(1)运输过程增加防雨措施;(2)制作两个蒸气烘烤箱,保持烘烤温度在 40 ~ 50 ℃,并执行“先进先用”的原则,确保在线烘烤时间 ≥ 24 h。
钢包温降	黑包、凉包温降大。	(1)红包出钢;(2)减少钢包周转个数。
月平均自动引流率	84.3%	96.2%

4 结论

引流砂材质、加引流砂方法、钢包座砖和水口、钢包水口清理情况以及生产周期等是影响钢包自动引流率的重要因素。总之,自 2010 年采取了一系列切实有效的措施后,2011 年自动开浇率上升到 96.0% 以上,为炼钢厂生产顺行和铸坯质量的提高创造了良好条件。

参考文献

- 郭新亮,王豫东.影响炼钢浇铸大包自流率的工艺分析.新疆钢铁,2010(1):16
- 米源.影响钢包自动开浇率的因素分析及措施.武钢技术,2007,45(2):18
- 尤良.提高钢包自动开浇率.科学之友,2010(9):8
- 刘宇,刘青,苏庆林,等.钢包自动开浇率的控制.炼钢,2006,22(6):14

周国子(1976-),男,工程硕士,工程师,2002 年安徽工业大学毕业,炼钢、精炼生产技术和管理工作。

收稿日期:2012-01-07