

高炉出铁沟浇注料长寿化实践

余鸿林 祝东玲 王春生
(首钢炼铁厂)

摘 要: 本文简要分析了浇注料耐火材料在首钢高炉出铁沟上的施工、应用维护情况、经使用后提高了沟料通铁寿命,大大降低消耗并减轻了工人劳动强度。

关键词: 浇注料、出铁沟、长寿。

1、前言

随着钢铁新技术的发展,钢铁工业用耐火材料技术也有了划时代的转变和发展,国内外的钢铁厂纷纷利用当前契机,大力发展炼铁技术,不断提高高炉的有效容积,诸多的冶炼技术进步均提高了出铁系统的负荷,增大了出铁沟耐火材料的侵蚀破坏程度,相关的耐材费用大幅提高。国内各钢铁厂随着炼铁工艺的不断革新,冶炼强度的不断提高,对主沟及渣铁沟通铁量不断提出了更新、更高的要求。

2、国内外现状

1、国际上高炉出铁沟浇注料主要分为日本和欧美两大流派,日本主要是 4000m³ 以上的大型高炉,所用原材料主要是致密电熔刚玉、碳化硅、碳素;而欧美主要是 2000-3000m³ 的大中型高炉,所用原材料主要是板状氧化铝、棕刚玉、碳化硅、碳素;日本高炉的出铁沟壁厚在 300-400 mm,而欧美出铁沟壁厚在 500 mm 左右。根据有关资料,欧美出铁沟通铁量要明显高于日本,其原因是欧美出铁沟壁厚大于日本,故用通铁量无法衡量高炉出铁沟浇注料的水平,为此引入熔损速率 (mm/kt-p) 作为统一的评判标准:熔损速率新沟壁厚-使用后壁厚 / 总通铁量。从熔损速率看日本出铁沟技术水平要优于欧美,而从先后引进的欧美出铁沟浇注料和日本同类产品在我国的使用实际来看,日本的出铁沟浇注料水平要略胜一筹。

从代表世界出铁沟浇注料先进水平的日本近年来的报道看,其熔损速率在 3.21 mm/kt-p 左右。在材质方面,主要是以 Al₂O₃-SiC-C 系材质为主,即使有添加尖晶石或 MgO 的报道,主要还是用于脱硅的场合或从机理、实验室工作角度进行的探索,未见有成功的工业性应用报道,由此看来 Al₂O₃-SiC-C 质系列浇注料是可以满足高炉出铁沟的操作要求的。就大、中型高炉出铁沟耐火材料而言,国内的水平在熔损率为 3.3 mm/kt-p 左右。

2、宏观经济角度分析:04 年至今,国内各大钢分别新建、在建大中型高炉数十座,钢材市场供大于求的过剩势头已展现在眼前。宝钢大幅下调 06 年首季钢价,平均降幅达到 16%,因此出铁场耐材增收节支势在必行。

3、以首钢为例:现在高炉主沟、支沟、撇渣器、摆动沟所用沟料是同样的浇注料,其主沟的过铁量达到 15 万吨以上,其成分主要由刚玉、碳化硅微粉、铝酸钙水泥、硅粉和添加剂组成。浇注料各种成分在铁沟料中使用的主要成分比例各单位不尽相同,首钢在 20 世纪 90 年代初使用的主要成分比例大致是:焦粉 40%-50%;黏土 15%-20%;刚玉 25%;碳化硅 20%-25%。又如:宝钢提出主出铁沟一次性通铁 12 万吨(原为 10 万吨)的使用要求;上钢一厂提出主出铁沟热修补一次通铁 13 万吨(原为 12 万吨)的需求……。

目前,随着科学技术的进步,高炉炉前用耐火材料有了飞速的发展,各种新的材料在逐步试验及应用,使铁沟的过铁量有大幅提高并大幅降低炉前铁沟修垫的劳动强度。

3、首钢铁沟浇注料长寿实践

1、目前首钢在京本部共四座高炉，其中一、三高炉有三个铁口，炉容均是 2536 m^3 。二、四高炉有二个铁口，二炉炉容 1726 m^3 ，四炉炉容 2100 m^3 。根据高炉的生产要求，铁沟的浇注有冷浇与热浇之分。有三个铁口的高炉因施工时间长，可采取冷浇方式，有两个铁口的高炉因施工时间短，只能进行热浇，相比之下，热浇时的劳动强度大于冷浇方式。

2、本论文“长寿化”内容基本局限于使用维护范畴，不包括对各种浇注料本身性能的研究。

3、从源头把关控制浇注料进货渠道，确保同等价格使用最优质浇注料是长寿化的前提基础。

首钢高炉出铁沟浇注料包括：铁沟浇注料、渣沟浇注料、摆动沟浇注料、主沟热喷补料等系列产品。首钢总公司技术部门及供应部门按照非垄断采购招标的原则，引进诸多供应商开展竞争，优胜劣汰。供应商有无锡宝耐、北京宝宜、河南亚中、南方、洛阳、鞍山等 6 家。在出铁沟系列浇注料中，主沟使用的条件最为苛刻，其使用温度最高，冲刷力最大，同时受到铁水和熔渣的侵蚀都是其它使用场合无法比拟的，如果主沟一旦出现渗漏，直接经济损失就在百万以上，因此主沟用料的水平最能代表整个浇注料的实用水平。

由于首钢没有主沟专用浇注料，而通用铁沟浇注料代替，因此我们对铁沟浇注料的质量更加关注。目前，我们使用北京宝宜和无锡宝耐的浇注料有较好的耐冲刷性能和抗侵蚀性能。经三年来统计的渣铁沟浇注料熔损率平均参数 2.75 mm/kt-p。

三年首钢渣铁沟浇注料熔损率平均参数

	主沟上沿	主沟渣线	主沟铁线
使用前尺寸 (mm)	800	700	550
使用后尺寸 (mm)	1650	1580	1200
通铁量	15 万吨		
熔损速率 (mm/kt-p)	2.66	2.75	2.03

4、严密监控施工过程，确保生产工艺操作规程的无差错执行。

出铁沟浇注料施工过程对最终交付炉前使用的质量起着决定性作用，这也是人为因素最多、最容易出现问题的过程。接触耐材的人们常说浇注料“三分材料、七分施工”此言虽然有些夸张，但从侧面反映了使用中施工和维护的重要性。为此：要求上至管理人员，下至生产现场的一线工人，无差错地认真贯彻执行岗位堆积和岗位责任制，努力做到“精心、再精心”。

4、出铁沟结构

1、1995 年至今 1-4 号高炉出铁沟全部应用浇注料，一条出铁整沟含：主沟、铁沟、渣沟、撇渣器、残铁沟、摆动流嘴沟、一代沟龄通铁量标准 200 万吨左右，有效寿命三年左右。（指以钢结构沟壳更换一次）。

2、筑沟工艺——钢结构沟壳内侧砌衬高铝砖——安装胎具——浇注——脱模——烘烤——通铁。

3、沟体耐材结构：铁沟料、渣沟料、铁沟喷补料、免烘烤料、铁口泥套料、铁沟捣打料、高强铁沟垫补料、铝碳沟盖、高铝砖、粘土砖等。

4、维修：一般正常情况是指对浇注料的有效工作层作维修，工作层的有效区域指沟壁厚度的50%，永久层在未受损害的前提不维修。

5、一期沟龄通铁量：15万吨。

5、出铁沟施工维护方式

1、堵铁口放净残铁并清理。

2、人工对出铁沟工作面渣铁侵蚀层作解体清理。必须将旧料铲除，要见到永久层或砖衬，高压风吹扫杂物。

3、施工前彻底清理施工机具和胎具，搅拌机。胎具工作面涂上润滑油以利脱模，采用强制式搅拌机混炼浇注料。

4、检查浇注料在贮运期间有否受潮结块现象，应剔除结块受潮料。

5、核对浇注料的名称、牌号、避免投料失误。

6、浇注料用水须清洁、PH值在6-8之间。

7、参考加水量：铁沟料5-6%、渣沟料5.5-6.5%之间。

8、干料投入搅拌机内干混1分钟，随后加入水量的80%水搅拌，以保证浇注料即有良好的流动性又有理想的可塑性。因此将剩余水徐徐加入，视其干湿成度，直至获得适宜的成型流动性能为止。要严格杜绝和控制习惯性人为乱加水现象，目前我们规定有专人负责搅拌和加水。（必须采用二步加水法）

9、加水搅拌好的浇注料应在30分钟内用完。以免放置时间过长，引起湿料凝固影响施工质量。

10、振捣：对浇注料质量的优与差尤为显的重要，正确的振捣方法是交叉垂直密实方法进行，振捣效应以浇注料表面翻浆和无明显排气泡为佳。防止漏振或过振。04年我们感到振捣器力度不够。将1.0KW振捣器调动为1.5KW。同时纠正了重视闸板区域而不重视主沟两侧，特别是铁口区域的成型质量。

11、脱模及烘烤，浇注料的厚度与通铁寿命呈正比，而养护与烘烤又是浇注料达到使用强度的关键环节。三个铁口的出铁沟，可以冷修、其施工期为7个工作日，二个铁口的出铁沟就只能热修，其施工期为16小时，因此二、四炉修沟就必须采用快速拆除清理、浇注、挤压出充分的时间留给烘烤避免因时间紧，烘烤升温过快，导致浇注料在烘烤过程中出现爆裂现象。

冬季浇沟气温低，要求供方在料中增加适量促凝剂，加快脱水时间。

6、如何提高出铁沟寿命

不断延长通铁寿命是我们努力的目标，我们面临如何解决出铁沟长寿化的主要因素体现在两个方面：

其一、对主沟结构的合理改造。

其二、加强主沟在中后期使用中的维护

主沟改造：

1、改造主要集中在三个区域

氧化脱碳区——指耐材在出铁过程中暴露在空气中的部分。

渣蚀区——指被炉渣覆盖的部分

铁水冲刷区——指被铁水覆盖的部分

2、一、三号高炉为贮铁式主沟，二、四号高炉为非贮铁式，生产中发现二、四炉出铁时间铁流落点呈抛物线或弧线直击主沟底部，在铁口 1.5M 处形成冲击坑，如果不及时修补，造成此坑扩大并大量存铁，不但影响主沟寿命，严重时还会烧穿主沟。为防止烧穿，炉前工平均每三天热垫沟一次，每次 2 小时，每次用免烘烤料 1.5 吨左右。04 年度，二、四炉 4 条主沟热垫就达 332 次，每次都是单炉门连续出铁，也给高炉炉况的顺稳带来许多隐形的未知变数。04 年二、四高炉因垫沟单场连出造成炉内瞥风 108 次，减产 4800 吨。

3、2005 年我们先后对二、四高炉 4 条主沟进行了储铁式改造。主沟改造是利用更换钢结构之机采用原钢结构，并将主结构向炉门方向前移 0.5m。新的浇注模具从第二节开始加深，储铁容积增加了 1.81-1.85m³。

4、通过改造使铁水的冲击落点直接落在主沟储存的铁水液面中，杜绝直接冲刷沟底料层，主沟的损坏得到减缓，不但减少职工三天垫一次主沟的热劳动强度，也使主沟的使用寿命得以延长。

7、主沟维护---热喷补技术

1、主沟损坏较快的部位是氧化脱碳区和渣蚀区，撇渣器的过眼部位渣铁冲刷严重。主沟氧化脱碳区和渣蚀区损坏严重，渣线以下部位侵蚀较轻，不易拆除，增加了工作的劳动强度和耐火材料的浪费。1998 年高炉主沟改造后，在全厂 1-4 号高炉主沟和撇渣器过眼全面实施热喷补工作。

2、热喷补施工是利用压缩空气作为喷补耐火材料的载体，将耐材和水在喷枪内混合后喷射到施工部位。根据首钢渣系情况，喷补料属于高铝质喷补料，加入特殊的粘结剂、添加剂，具有很好的粘结强度及很强的抗冲刷、抗腐蚀性能。

3、喷补时主沟壁处在高温状态（呈红色，温度大约在 800℃以上）喷补效果最佳。出铁后，及时放净撇渣器和主沟内的积铁，迅速清净残渣残铁，然后进行了喷补。喷补沟壁时，先对喷补部位喷涂薄薄一层再向一侧延伸喷补，这样来回摆动，逆层叠加，待每层料湿干时再喷上新的一层；喷补过眼时，适情况插入模具，喷补不规则部位应降低喷射速度，喷补厚度较薄的部位，喷枪与墙面可呈 45° 角，由下至上实施；喷补完后，让喷补料自行干燥烧结一小时，然后即可出铁。注意：沟壁内无需冷却，严禁往沟内喷水或风吹，清理粘结在沟壁上的残渣可与喷补同时进行，根据高炉顺稳情况，一次性热喷补时间不大于 5 小时。

4、热喷补技术是主沟维护的重要措施，它对主沟局部侵蚀较厉害部位及时进行修补，延长了主沟的使用寿命，降低了工作的劳动强度和主沟耐火材料的消耗，无需人工进行烘烤，每次用料 2-3 吨，热喷涂一次安全出铁 2-3 万吨左右，一条沟一般喷涂 1-3 次，可使主沟过铁量由原来的 8-10 万吨增加到现在 15 万吨以上。

8、初步效果

近三年我们在实践中从浇注料的优选---生产操作工艺优化---技术改造合理化的循环往复，将技术创新与出铁沟使用长寿化相结合，极大地提高了耐材的综合使用性能，熔损速率明显减少，出铁沟通铁量明显增加，吨铁耐材消耗在降低。

我们还一直学习先进的管理经验，收集信息，不断总结，在技术经济指标上努力攀登高标准，目前已取得较理想的效果。

九、结束语

经过 3 年多使用现场的反复实践，我们克服了诸多的困难和难题，使生产操作工艺趋于成熟，浇注质量逐步稳定，吨铁单耗的下降使经济效益也明显提高。但制约出铁沟使用寿命

的关键依然是要落铁冲击区域的渣铁混流区域内,如何解决均衡熔损,其主沟维护热修补技术和用料还要进一步研发突破,使出铁沟使用寿命得到进一步的提高。这是一项新的挑战和工作方向,我们将继续在该领域进行探索实践,为降低耐材单耗做努力。

参考文献:

- 1、由文泉:实用高炉炼铁技术
- 2、王涛:首钢高炉炉前技术进步
- 3、戚新明:高炉浇注料研究