

宝钢转炉钢包用耐火材料的现状及发展趋势

TQ115 A

□ 邱文冬 牟济宁 汪宁

宝山钢铁股份公司炼钢厂 上海 200941

摘 要 综述了宝钢转炉钢包用耐火材料的变化过程及使用现状,重点介绍了近年来宝钢在钢包耐火材料使用上的一些技术进步,提出了存在的问题及对策,展望了今后宝钢转炉钢包的发展方向。

关键词 宝钢,转炉,钢包,耐火材料,使用现状,发展趋势

宝钢转炉炼钢系统包括 300 t 和 250 t 炼钢两部分。其中 300 t 炼钢系统是宝钢一、二期工程建成的,设计产钢量 671 万 t,实际产钢量在 700 万 t 以上,目前连铸比 70% 左右,精炼方式有 RH、KIP/CAS 及 LF。250 t 炼钢系统是三期建成的,设计产钢量 325 万 t,实际产钢量在 330 万 t 以上,连铸比 100%,精炼方式有 RH、IR-UT,冶炼钢种以低碳钢、超低碳钢为主。

1 转炉钢包用耐火材料的发展历程

自 1985 年 9 月投产以来,宝钢 300 t 钢包用耐火材料主要的变化过程如下:

渣线:蜡石砖(1985 年 9 月至 1988 年)→锆质砖(1985 年 9 月至 1989 年)→高铝砖(1986 年 6 月至 1990 年 2 月)→镁碳砖(1989 年 7 月至今);

包壁:蜡石砖(1985 年 9 月至 1988 年)→锆质砖(1985 年 9 月至 1989 年)→高铝砖(1986 年 6 月至今)→铝镁碳(1990 年 5 月至 1998 年 6 月)→微膨胀高铝砖(1991 年至 1997 年)→不烧铝镁砖(1998 年 6 月至 2002 年 4 月)→铝镁尖晶石质浇注料(1995 年 10 月至今);

包底:蜡石砖(1985 年 9 月至 1991 年 12 月)→蜡石-碳化硅砖(1991 年 11 月至今)→铝镁尖晶石质浇注料(1999 年至今)→铝镁质预制块和高铝不烧砖组合(2001 年 10 月至今)。

在宝钢投产初期,使用蜡石砖的钢包平均包龄

为 38 次,吨钢耐火材料平均消耗为 5.9 kg;使用进口的锆质砖为包壁和渣线砖,包底使用蜡石砖,平均寿命为 90 次,吨钢耐火材料平均消耗为 3.6 kg;使用国内生产的高铝砖为包壁及渣线砖,包底砖采用蜡石砖后,平均包龄在 50 次左右,吨钢耐火材料消耗为 5 kg 左右。1989 年 7 月二期连铸投产后钢包包龄显著下降,包龄仅 30 次左右,吨钢耐火材料消耗在 10 kg 左右,高铝包的主要问题是剥落、粘渣及渗冷钢,导致钢包超重和拆包困难。1990 年以后,宝钢与国内耐火材料生产厂及研究机构一起联合开发了包壁用铝镁(尖晶石)碳砖、微膨胀高铝砖,渣线用镁碳砖,包底用蜡石-碳化硅砖,同时提高钢包管理水平,使 300 t 钢包包龄从 30 次左右逐步提高到 100 次以上,吨钢耐火材料消耗从 10 kg 降低到 3 kg。

2 转炉钢包用耐火材料使用现状

永久层:包底永久层和大部分包壁永久层使用高铝质浇注料,另有一部分包壁永久层使用蜡石砖或高铝砖。

渣线:镁碳砖(碳含量 14%,已试验过碳含量 7% 左右的镁碳砖)。

包壁工作层:主要有二种,一种是高铝砖,另一种是铝镁尖晶石质浇注料。使用时,高铝砖和浇注料的吨钢成本基本相当。

包底工作层:主要是蜡石-碳化硅砖,使用寿命较低,小修周期仅 25 次,导致包底耐火材料消耗较高。也有部分钢包使用整体浇注料,方法是在冲击区用预制块,四周用浇注料,寿命在 70~100 次。主要问题是钢包小修周期仅 25 次,挖修透气砖及水口座砖后容易导致冷钢和渣渗入,形成夹层结

* 邱文冬:男,1965 年生,博士,高级工程师。

收稿日期:2002-06-12

编辑:李光辉

构,钢包重量增加,而且难以多次修理,耐火材料成本增加,无法推广应用。目前正在试验无碳包底砖。

表1是宝钢和国外某先进钢厂钢包(250 t)各部位的耐火材料消耗情况。宝钢的生产工艺条件与国外某先进钢厂中的A厂二炼钢及B厂相似。

表1 宝钢与国外钢厂钢包吨耐火材料消耗 kg

项目	国外某钢厂(1999年)		宝钢						
	A厂		宝钢(1999年)		宝钢(2000年)		宝钢(2001年)		
	二炼钢	一炼钢	300 t	250 t	300 t	250 t	300 t	250 t	
渣线	0.24	0.33	0.35	0.29	0.34	0.35	0.39	0.35	0.40
包壁	0.3	0.38	0.36	0.6	0.68	0.61	0.69	0.58	0.69
包底	0.32	0.29	0.34	0.95	0.9	0.97	0.9	0.94	0.89
其他	0.19	0.12	0.08	0.61	0.716	0.61	0.48	0.46	0.47
S/N	0.02	0.08	0.08	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
水口	0.04	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06	0.03	0.06	0.03
合计	1.19	1.24	1.24	2.56	2.71	2.66	2.54	2.45	2.53

宝钢钢包(300 t)和国外钢厂(250 t)的使用及维修情况如下:当渣线部分采用镁碳砖时,宝钢钢包寿命在100次以上,国外钢厂钢包寿命为144次;宝钢钢包包壁采用高铝材质时,寿命为105次,采用整体浇注时,寿命为160次,而国外钢包采用整体浇注时的寿命达到288次;宝钢钢包包底采用蜡石-碳化硅材质时,寿命为25次,国外钢包包底采用整体浇注,寿命为48次;宝钢钢包小修周期为25次,小修内容为包底全部,国外钢厂小修周期为48次,主修透气砖及水口。

3 转炉钢包用耐火材料的技术进步

3.1 整体浇注技术的应用

宝钢300 t钢包从1995年9月开始使用进口浇注料进行试验。用日本浇注料共浇注6个钢包,平均包龄217次,吨钢耐火材料消耗为1.94 kg,用欧洲浇注料共浇注11个钢包,平均包龄251次,吨钢耐火材料消耗为1.84 kg。为降低成本,宝钢从1996年12月先后试用了国内九家耐火材料厂生产的浇注料,到2000年6月,共使用了43个钢包,平均使用寿命258次,吨钢耐火材料平均消耗1.78 kg,达到并超过了进口料的使用水平。

2000年300 t钢包LF炉投产,整体浇注钢包包龄下降幅度较大,同时永久层改用整体浇注后,工作层厚度减薄,2001年平均包龄降到154.5次。根据这种状况,宝钢发明了一种全新的浇注方法,虽然包龄不高,2002年1~4月平均仅157.5次,但吨钢耐火材料消耗仅1.6 kg,而且吨钢成本可以比

往的浇注方法下降20%以上。

250 t钢包2002年1~4月平均包龄214次,吨钢耐火材料消耗平均为1.99 kg。

目前宝钢已拥有一套成熟的整体浇注钢包的施工、使用及维护技术,转炉钢包将在今后两年内全部改为整体浇注钢包。

3.2 保温材料的应用

为减少钢包的过程降温,提高钢包包壳的使用寿命,宝钢与研究机构合作研究开发了一种钢包用保温板,保温板的性能为:110℃24 h烘后的体积密度为0.905 g·cm⁻³,110℃24 h烘后压缩量20%时的压缩强度为2.16 MPa,1100℃6 h烧后线收缩率为1.86%,热面800℃时的热导率为0.138 W·(m·K)⁻¹,w(Al₂O₃+SiO₂)=98.51%。

开发的保温材料在转炉钢包上已得到全面应用。对于砖砌包,未使用保温板时,包壳平均温度为368℃,使用20 mm厚保温板时,包壳平均温度下降到261℃;对于整体浇注包,未使用保温板时,包壳平均温度为377℃,使用20 mm厚保温板时,包壳平均温度下降到272℃。

3.3 永久层浇注料的开发应用

永久层原来使用的是蜡石砖和高铝砖,每次大修时永久层均无法保留,严格意义上不能称永久层,只能称安全层,而蜡石砖和高铝砖砌筑的永久层由于有大量砖缝,安全层也并不安全。为使永久层既能长寿,又能安全,开发了一种供永久层使用的较为高档的高铝莫来石质浇注料,其特点是在浇注料厚度较薄的条件下具有高的强度、良好的热震稳定性及高温体积稳定性。钢包永久层整体浇注的好处主要有两点:一是提高钢包使用的安全可靠;二是延长永久层使用寿命,降低工人劳动强度,使隔热保温材料可多次使用,降低钢包生产成本。目前永久层使用寿命最低为500次。

3.4 低碳镁碳砖的应用

为减少耐火材料对钢水的污染,宝钢曾先后在钢包渣线上试验过镁锆质、铝镁质、铝铬质、镁铝质等多种材质的预制块,效果均不理想。在目前无碳材料不能满足渣线使用要求的情况下,宝钢进行了降低渣线镁碳砖中碳含量的试验,把渣线中的碳含量从14%左右降低到7%左右,为保证低碳镁碳砖有良好的抗热震性和抗熔损性,在结合剂和外加剂上进行了大量研究。低碳镁碳砖在300 t钢包上进

行了多次试验,结果证明低碳镁碳砖使用寿命可达110次左右,与普通镁碳砖相当,可基本满足300 t钢包的使用要求。存在的问题是砖的质量不稳定,今后应开发质量稳定的低碳镁碳砖,最终使低碳镁碳砖完全取代普通镁碳砖。

3.5 包沿口可塑料及保护板的应用

以前当镁碳砖砌到最后一环时,与包沿口钢板之间的空隙约50 mm的高度是用高铝质浇注料填充的,存在的问题是施工不方便,浪费较多,而且为了将浇注料灌入缝隙中,需要加入较多的水,容易导致镁碳砖的氧化,为此开发了一种高铝质的可塑料,特点是施工方便。钢包在使用中钢水和渣溢出会烧毁包沿口钢板,导致钢包提前送修,这种现象在300 t LF钢包表现更明显。通过与上海贝尔耐火材料公司合作,开发了一种“L”型的包沿口保护板,达到了保护包沿口钢板的目的。

3.6 钢包修补料的开发及应用

早期包壁几乎不修补,后来在包壁熔损较为光滑时采用贴补的办法,贴补一层高铝砖后能使用50次左右。存在的问题是有时难以贴补,有时贴补后钢包壁易渗入钢水和渣,导致超重。1996年开始使用镁质及镁钙质喷补料对熔损严重部位进行喷补,喷补附着率在85%左右,喷补加水量为20%左右。存在的主要问题是喷补厚度有限,一般在30 mm左右,而且镁质料容易粘渣,喷补表面无法清理。镁质料能使用15~25次,镁钙质料能使用5~20次。经过多次试验研究,开发了一种铝镁质修补料代替喷补料,加水量在7%左右,其特点是附着性好、耐熔损、易于施工,效果很理想。每次小修时都对包壁熔损较严重的部位进行修补,修补料使用寿命可达25次以上。修补料性能见表2。另外1400℃ 1h的高温抗折强度为1.9 MPa,荷重软化温度 $T_{0.6\%} = 1350\text{℃}$, $T_{2\%} = 1450\text{℃}$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 89.51\%$, $w(\text{MgO}) = 6.48\%$, $w(\text{SiO}_2) = 1.21\%$ 。

表2 钢包修补料的理化性能

处理条件	110℃ 24h	1000℃ 3h	1400℃ 3h	1500℃ 3h	1600℃ 3h
抗折强度/MPa	8.5	7.8	-	33.5	-
耐压强度/MPa	29.8	23.7	142.8	>184	>185
体积密度/(g·cm ⁻³)	2.97	2.93	2.89	2.95	2.98
显气孔率/%	20	23	22	20	17
线变化率/%	-	0	+0.4	0	-0.7

3.7 滑板材质的改进

针对现有钢包用铝碳锆滑板在使用中存在的

问题,宝钢和上海永和耐火材料公司合作开发了采用烧结刚玉、锆刚玉、部分稳定氧化锆等低硅原料生产的新型铝碳锆质滑板,其性能指标与原来使用的普通铝碳锆滑板的对比见表3。

表3 铝碳锆滑板的性能对比

项目	w/%			体积密度 (g·cm ⁻³)	显气孔率 /%	耐压强度 /MPa
	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	C			
新型滑板	78.61	8.87	9.43	3.12	6	158.3
普通滑板	71.8	6.23	8.62	3.01	7	136.5

从性能指标来看,新型铝碳锆滑板与普通滑板相差不大,但由于新型滑板中SiO₂含量低,在使用中抗熔损性能可能优于普通铝碳锆滑板。新型铝碳锆滑板在宝钢300 t钢包上应用,平均使用寿命高于普通滑板30%左右。

3.8 钢包除渣剂的应用

300 t钢包粘渣后重量增加,使得行车长期处于超负荷状态,严重威胁着行车的运行安全,同时也减少了钢包的有效容积,影响出钢量。另一方面,考虑到行车的运行安全,粘渣超重的钢包只好提前打掉,使钢包周转紧张,包龄降低,耐火材料消耗增加。研究表明,粘渣的直接原因是渣冷凝后析出高熔点相所致。粘渣主要是钢种(渣)、钢包热状态和包衬耐火材料共同作用的结果,它不仅与钢包渣中的Al₂O₃含量高有关,也与钢包热状态差和渣、钢渗入耐火材料有关。其他原因包括连铸比逐年提高,铝镇静钢比例较高,钢包小修次数多,耐火材料抗渗透性不足,保温剂影响等。

为减少钢包粘渣现象,采取了一些有效手段,如加快钢包红包周转,改变保温剂的化学组成。更重要的是开发了钢包除渣剂,采取化学办法使渣改性。通过使用除渣剂,钢包粘渣现象显著减少,砖砌钢包平均包龄从粘渣严重时的85次左右提高到了115次,降低了钢包生产成本,保证了行车的安全生产。目前钢包除渣剂已推广到同样存在粘渣和超重问题的250 t钢包上使用。

4 存在的问题及对策

4.1 砖砌包比例较高

目前宝钢尚有相当一部分钢包使用高铝砖。在成本相当的情况下,砖砌包的吨钢耐火材料消耗比整体包高1 kg左右,继续使用高铝砖是不明智的。与整体浇注钢包相比,砖砌包有以下几点不

足:一是熔损快,对钢水污染大;二是砌筑工作量大,维修困难;三是安全性差。因此,在有条件的钢包上应尽快全面使用整体浇注包。有一部分 300 t 钢包的包壳由于使用时间较长,变形严重,已无法放入模芯浇注。对这部分包壳也已试验了预制砖,成本和消耗与整体包相当,甚至优于整体包,目前也在使用中,在取得了经验后有必要进一步推广。

4.2 包底寿命低

目前,宝钢使用的包底砖是蜡石-碳化硅砖,使用寿命仅 25 次。这是钢包耐火材料中最差的一个环节,是耐火材料消耗高的主要原因。宝钢也在部分钢包上使用包底整体浇注,无法大量使用的主要原因是维修困难,由于小修周期仅 25 次,多次修理后冷钢夹层较多,寿命无法达到国外报道的 125 次以上,同时吨钢成本也是蜡石-碳化硅砖的 2~3 倍。目前正在试验的是冲击区用铝镁尖晶石质预制砖,四周用高铝质不烧砖,目标寿命可达 50 次。

4.3 小修周期过短

目前,宝钢钢包的小修周期是 25 次,而国际上先进钢厂一般在 50 次左右。小修周期短导致耐火材料消耗高,钢包热周转率低。限制钢包小修周期提高的主要障碍是上水口和透气砖的寿命低。对各种材质的上水口进行过试验,寿命均难有大的提高。开发了一种修理环,可使寿命达到 25 次以上。目前正在研究上水口与座砖的结构,使之能在热态下更换,估计不久即可成功。国内外许多钢包都在实行透气砖的热态更换,宝钢也有必要尽快解决此问题。

4.4 特殊钢用耐火材料消耗高

某些钢种(如钢帘线钢和电工钢)对耐火材料

的熔损特别大,尤其是钢帘线钢,对耐火材料有特殊要求,一般耐火材料不能使用,在冶炼这种钢时,渣线寿命有时连 10 次都达不到,钢包修理次数多,耐火材料消耗极高。虽然这种钢产量不大,但对钢包耐火材料消耗的影响很大。必须开发满足这些钢种冶炼要求的耐火材料。

4.5 维修判断技术及标准落后

要降低钢包耐火材料的消耗,必须有科学合理的残厚管理标准。由于钢包残厚基本上是人工判断的,具有随意性及风险性,操作人员往往更多地考虑钢包安全生产的重要性,而忽视成本。要降低钢包耐火材料的消耗,必须有先进的判断及维护技术,例如:采用激光测厚来保证钢包的安全使用;使用湿法喷涂技术来维护钢包内衬;透气砖热更换安全系统。通过提高耐火材料安全使用的可靠性,来减少耐火材料的浪费。

5 发展趋势

钢包耐火材料总的发展趋势是降低消耗、清洁钢包。降低消耗不仅可以降低成本,更重要的是可以减少对钢水的污染;清洁钢包一方面是要用无碳、熔损小的耐火材料,另一方面要减少钢包的粘渣。宝钢钢包耐火材料的使用要达到世界一流水平,在今后几年内必须做到以下几点:1)在工作层和永久层全面推广应用整体浇注技术;2)延长包底小修周期,除开发有宝钢特点的包底耐火材料外,必须引进或开发先进的维修技术,主要是激光测厚、透气砖热态更换及湿法喷涂技术;3)在稳定低碳镁碳砖质量的基础上开发无碳渣线材料。

Current status and developing trend of refractories for converter ladle in Baosteel/Qiu Wendong, Mou Jining, Wang Ning//Naihuo Cailiao. -2002,36(4):231

The evolution process and current status of refractories used in converter ladle in Baosteel are reviewed, some technical advancement achieved in the application of refractories in converter ladle in Baosteel in recent years are introduced emphatically, the existing problems in the refractories application and the countermeasures are proposed and the developing trend of converter ladle in Baosteel are forecasted.

Key words: Baosteel, Converter, Ladle, Refractories, Utilization current status, Developing trend

Author's address: Baosteel Steel Making Plant, Shanghai 200941, China

宝钢转炉钢包用耐火材料的现状及发展趋势

作者: [邱文冬](#), [牟济宁](#), [汪宁](#)
作者单位: [宝山钢铁股份公司炼钢厂](#), 上海, 200941
刊名: [耐火材料](#) ISTIC PKU
英文刊名: [REFRACTORIES](#)
年, 卷(期): 2002, 36(4)
被引用次数: 8次

本文读者也读过(4条)

1. [邱文冬](#). [牟济宁](#). [陈金荣](#). [王燕群](#). [宝钢300 t钢包用国产浇注料的性能与应用](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2001, 35(6)
2. [李一为](#). [丁伟中](#). [王习东](#). [傅元昆](#). [钢包用耐火材料的发展与最新动向](#) [会议论文]-2002
3. [张兴业](#). [李宗英](#). [ZHANG Xing-ye](#). [LI Zong-ying](#). [我国钢包用耐火材料的品种及应用](#) [期刊论文]-[山东冶金](#) 2007, 29(2)
4. [陈林权](#). [范启星](#). [钢包内衬耐火材料的选择与使用](#) [期刊论文]-[炼钢](#) 2002, 18(4)

引证文献(8条)

1. [田守信](#). [钢包操作条件对耐火材料使用寿命的影响](#) [期刊论文]-[山东冶金](#) 2009(5)
2. [唐洪乐](#). [孙晓辉](#). [洪建国](#). [钢包粘渣原因分析及措施](#) [期刊论文]-[炼钢](#) 2009(4)
3. [宋素格](#). [王新志](#). [王三忠](#). [陈丛虎](#). [现代高效连铸用耐火材料的选择及应用](#) [期刊论文]-[中国冶金](#) 2008(12)
4. [周斌](#). [攀钢全连铸钢包长寿化技术的实践](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2007(4)
5. [张兴业](#). [李宗英](#). [我国钢包用耐火材料的品种及应用](#) [期刊论文]-[山东冶金](#) 2007(2)
6. [徐延庆](#). [连铸用无碳功能耐火材料的研究进展](#) [期刊论文]-[耐火材料](#) 2003(3)
7. [崔建军](#). [特大型钢包用材性能测试与结构合理性分析](#) [学位论文] 硕士 2006
8. [崔建军](#). [特大型钢包用材性能测试与结构合理性分析](#) [学位论文] 硕士 2006

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_nhcl200204016.aspx