

首钢鱼雷罐渣线砖分析与研究

韩宏刚， 范万臣

(首钢技术研究院，北京石景山 100041)

摘 要: 本文首先对首钢炼铁厂鱼雷罐渣线砖使用情况进行了介绍,然后对各厂家供应的渣线砖的理化性能进行了检验分析。最后在对试验结果对比分析的基础上，为进一步提高鱼雷罐使用寿命工作提出建议。

关键词: 鱼雷罐；渣线砖；使用寿命

Analyze and Research of Torpedo Flux-Line Bricks Usage of Shougang

HAN Hong-gang, FAN Wan-chen

(Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100041)

Abstract: This text analyzes the torpedo flux-line bricks usage of Shougang Puddling Plant at first, checks up the physical and chemical property of the torpedo bricks from different suppliers then. Basing on contrasting the test results, it proposes some useful suggestions to improve the service life of torpedo cars.

Key words: torpedo cars; flux-line bricks; service life

引言

首钢炼铁厂现运行 48 台 260 t 鱼雷罐。1990 年以前鱼雷罐内衬使用高铝砖，平均寿命在 300 次左右，自 90 年代初期开始，鱼雷罐车开始使用铝碳化硅碳砖以后，使用寿命一直稳定在 800~900 次左右。但在进入 2004 年，鱼雷罐使用寿命急剧下降，平均使用寿命下降到 450 次左右，最低已经降到 233 次，严重的影响总公司的正常生产，同时也加大了修砌工作量，带来了综合成本大幅度上升的后果。经过提高鱼雷罐寿命的专项攻关工作，目前鱼雷罐的使用寿命已经稳定在 700 次~800 次之间，本文主要对首钢炼铁厂鱼雷罐寿命提高的攻关工作进行介绍。

1 近年来鱼雷罐砖使用情况介绍

目前，首钢 260 吨鱼雷罐砖根据其品质及使用要求，分别砌筑在罐内不同位置，主要分为铁区砖、渣线砖、两端堵头砖和冲击区砖等。过去首钢公司炼铁厂一直使用 4 个供货厂家供应的鱼雷罐砖，原砖的质量比较稳定，使用次数平均在 800~900 次左右。但

在 2004 年初分别有 2 个厂家的鱼雷罐在渣线部位发生漏罐事故，自此 4 个供货厂家的鱼雷罐使用寿命逐渐大幅度降低，到 2006 年，平均使用寿命仅在 450 次左右，有 2 个厂家的最低使用寿命降低到 230 多次，严重的影响到钢铁生产的正常运行，增大了鱼雷罐大修的工作量，造成鱼雷罐使用综合成本大幅度升高，

近年来，由于鱼雷罐的使用寿命下降，因而导致鱼雷罐的砌筑数量在 2005 年骤然增加（见表 1），随着总公司对提高鱼雷罐使用寿命的重视，开展了一系列的攻关活动，鱼雷罐的使用寿命逐渐提高，因此砌筑的数量基本接近历时最好水平。

鱼雷罐使用寿命下降，引起了各方面的重视，北京地区炼铁厂曾经几次召集有关供货厂家通

表 1 炼铁厂鱼雷罐各年砌筑台数

Table 1 Number of brickwork in iron-making plant during recent years

年	2004	2005	2006	2007
鱼雷罐台数	45	76	65	44

报情况,同时首钢技术研究院对此也进行了认真的分析、试验和研究。在此基础上分别同各供货厂家一起进行科研攻关,针对炼铁厂近年来冶炼操作制度的一些变化,各个供货厂家也根据鱼雷罐使用的变化而做出不同的生产方式改变,找出各自生产中的不足之处,并以此试验调整生产配方。首先严格控制各种原料的质量,提高主要原料的高纯度;其次尽量降低控制生产配料中各种原料的含水量,增加原料的烘干设施,保证各种原料的烘干效果;在制砖过程中,严格控制层裂的现象出现,保证原砖的体积密度达标;对于砌铸泥浆的生产配方,也增加了高纯度的原料比例;在鱼雷罐砖抗氧化方面,各个厂家也作出了相应的调整;在鱼雷罐砌筑施工现场,加强质量跟踪检查,严格控制砌筑砖缝,远远低于规程所规定的标准。在日常使用过程中,对不同使用周期结合热检和冷检,综合分析及时调整鱼雷罐的使用状况。经过近2年的试验和使用,终于使鱼雷罐的使用寿命稳定在700~800次水平。

2 鱼雷罐渣线砖对比试验

根据2004年以后首钢公司北京地区炼铁厂使用的鱼雷罐停罐大修的主要原因是由于渣线砖蚀损严重的情况,对4个供货厂家试验攻关前的渣线砖和试验后的渣线砖进行各种理化性能检验和同比分析,以便查找技术原因,求得试验后各个供货厂家渣线砖的质量提高的原因。

2.1 化学成分

首钢公司制订的鱼雷罐砖进厂标准为SiC、Al₂O₃和C的含量为不小于7.00%、54.00%和8.00%。改进试验前后渣线砖的化学成分分析结果见表2。(注:改进试验前各个厂家序号为1~4,改进试验后为A~D,下同)。

2.2 理化性能

根据引起寿命下降的主要部位—渣线砖,进行综合分析后,并取自各供货厂家的试验前渣线部位原砖进行各项理化指标的检测,同时将试验研究以后生产的新型渣线砖一同对比进行分析检验,并取自炼铁厂的炉前渣进行抗渣试验,测得部分数据如表3。

2.3 抗渣试验

渣线砖抗渣性试验采用坩埚静态法,试样尺寸为80 mm×80 mm×75 mm、中心钻有φ42 mm、高40 mm的孔,孔内填有80 g高炉渣。将80 g渣样放入坩埚样品内,在高温炉内分别加热至1500℃,保温3 h,

表2 不同供货厂家鱼雷罐渣线砖试验前后化学成分分析

Table 2 Chemical composition of torpedo slag-line brick former and later experimentation of different

manufacturers							
货号	SiC	Al ₂ O ₃	C	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂
1	6.61	64.81	10.66	14.52	0.83	1.07	0.95
2	14.82	61.81	11.53	10.24	0.54	0.11	0.49
3	12.15	62.63	9.41	13.51	0.53	0.38	0.63
4	11.58	65.45	10.53	10.25	0.66	0.14	0.77
A	15.92	61.36	11.69	9.04	0.72	0.096	0.72
B	10.15	65.90	11.31	10.12	0.96	0.12	0.92
C	8.78	69.27	11.41	7.43	0.68	0.12	1.15
D	8.81	69.72	11.74	7.86	0.66	0.18	0.66
标准	≥7	≥54	≥8				

表3 4个供货厂家试样基本物理性能试验前后对比

Table 3 Basic physical property contrasting of the former and later experimentation of four manufactures

名称	体密	气孔	耐压强度 Mpa		抗折强度 Mpa	线变率%
	g/cm ³	%	110	1500	1400℃	1500℃
			℃	℃	×30min	×3h
			×24h	×3h		
标准	≥2.55	≤9	≥40	-	≥3	
				-		
1	2.81	8	51	24	5.36	+0.2
2	2.81	5	44	34	9.36	+0.1
3	2.91	6	50	37	7.93	+0.3
4	2.74	10	53	28	6.84	+0.2
A	2.92	1.3	65.0	42.5	13.18	0.27
B	2.93	1.4	48.5	43.0	15.42	0.30
C	2.96	4.8	58.5	38.5	9.72	0.58
D	2.91	5.0	57.5	39.5	11.43	0.30

待试样冷却至室温后从中心剖开,测量侵蚀后的孔径,侵蚀前后渣孔直径差即为侵蚀深度。渣线砖抗渣性试验数据采集部位的剖面图如表4和图1所示(所有试样渣侵蚀试验后的剖面形状基本相似)。

2.4 热震稳定性

A~F的鱼雷罐砖热震稳定性除D只有7次外,其他都大于10次,但热震稳定性在10次以上的

试样外观也不完全一样。热震稳定性试验后 A~F 的外观见图 2。

表 4 渣侵蚀记录

Table 4 Slag erosion result

供货厂家	试验前渣线砖 侵蚀深度mm	试验后渣线砖 侵蚀深度mm
	1500℃×3h	1500℃×3h
1	10.68	3.2
2	16.10	5.62
3	8.95	6.82
4	12.66	4.10

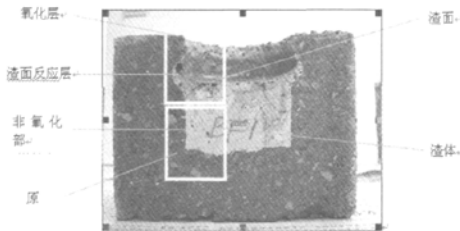


图 1 抗渣试验剖面示意图

Fig.1 Section sketch map of slag resistant experimentation

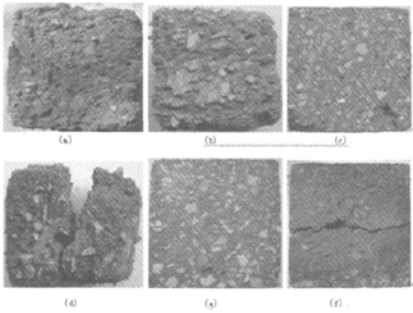


图 2 热震稳定性试验后 A~F 的外观

Fig.2 Microstructure for A~F

3 分析讨论

鱼雷罐渣线砖在改进试验前的使用是引起鱼雷罐整体寿命下降的主要原因，因此，选择渣线砖作为改进试验是提高鱼雷罐整体寿命的一个重要措施。改

进试验后的鱼雷罐砖重视了首钢炼铁厂高炉冶炼条件的变化，所以产品性能，特别是抗渣性、抗氧化性、抗冲刷性、抗侵蚀性和中温强度有了显著改善。能够适应首钢股份公司炼铁厂的生产条件需要。

3.1 试验前后鱼雷罐渣线砖的化学组成

从试验前后鱼雷罐渣线砖化学成分分析结果（见表 2）对比可知，化学成分的进厂标准只有 3 个，从各厂的试验前化学分析三大指标来看，SiC：其中只有一家的含量略低于标准值，其余符合我公司的要求，试验后的 SiC 平均含量要高于试验以前用砖；Al2O3：试验后的三氧化二铝含量也高于试验以前用砖；C：碳含量均比以前高；没有进厂标准的化学成分中二氧化硅比以前有大幅度降低，其他变化不大。改进试验后各个供货厂家的 SiC、Al2O3、C 含量三大指标均有较大提高，其中 SiC 含量提高幅度最大，说明其主材料使用了一定数量 Al2O3 和 SiC 以及 C 含量高的材料；而化学成分中二氧化硅比以前有大幅度降低，说明其使用的主材料应属于或者接近刚玉质，这对砖的高温性能有利；碳含量比过去有增加，这对砖的抗热震性和抗渣性有利；在 Fe2O3 前后变化不大的情况下，CaO 含量的降低和 TiO2 含量的增加，说明其配料中各个供货厂家不同程度的使用了抗氧化的添加剂。

从如上各化学成分的前后变化所引起的鱼雷罐渣线砖质量提高的事实来看，这种改变的思路正确，对提高鱼雷罐整体寿命有了良好的保证。

3.2 抗渣性和热震稳定性

从改进试验前后鱼雷罐渣线砖不同抗渣侵蚀深度的结果（见表 4）来看，改进试验后的鱼雷罐渣线砖抗侵蚀能力远远高于试验前的渣线砖，4 个供货厂家中有 3 个厂家的抗渣侵蚀能力有了质的提高，这说明各个厂家试验所使用材料纯度相对高的砖，其抗侵蚀性相对好。目前抗热震性和抗渣性最优的砖仍然是含碳材料的砖，从各厂鱼雷罐渣线砖试验前后碳含量增加的变化可以看出，试验后的渣线砖保证了热震稳定，这从实际应用情况也可以证实，改进试验后的鱼雷罐在使用初期和中期，发生层裂和大面积剥落的现象远远小于试验以前的状况。

3.3 基本物理性能

从改进试验前后鱼雷罐渣线砖不同的基本物

理性能（见表 3）看，改进前的鱼雷罐渣线砖极个别指标达不到进厂标准，但改进后的各项理化指标都有较大的变化，4 个厂试验砖常温理化指标中体积密度有了较大的升幅，气孔率有了明显的下降；1500℃烧后耐压强度有明显的提高；抗折强度有了明显的改善；线变化率的指标变化不大，属于正常现象。综上所述，从各项鱼雷罐渣线砖的数据指标的变化来看，都有了明显的改善，这在鱼雷罐使用过程中保证砖体的抗冲刷性、抗侵蚀性，对于提高鱼雷罐的整体使用寿命有良好的保证作用。

4 结论

（1）首钢炼铁厂鱼雷罐整体寿命下降的主要原因是原供货商的鱼雷罐渣线砖，没有随着首钢炼铁厂高炉冶炼条件的变化及时加以改进，导致产品性能不能适应新的生产条件需要。

（2）影响鱼雷罐整体寿命除了砖本身质量问题外，烘烤期间的氧化剥落、砖与砖之间的砌筑泥浆质量问题、鱼雷罐内衬的不合理砌筑结构等等也都是影响整体寿命的主要因素。