

韶钢6号高炉碱金属危害的控制

伍世辉 刘三林 李鲜明
(韶关钢铁集团有限公司)

摘 要 对韶钢6号高炉碱金属元素来源及其对炉衬蚀损机理进行了总结分析,并提出了防止高炉碱金属元素危害的途径,确保高炉长期顺行。

关键词 高炉 碱金属 排碱

韶钢6号750m³高炉于2002年12月点火投产,投产以来高炉运行较为顺利。韶钢高炉入炉原燃料中含有碱金属(K₂O + Na₂O),随着高炉冶炼强度和操作条件的变化,碱负荷也发生了较大的变化。目前,高炉炉衬砖衬剥落及炉皮裂缝的情况时有发生。2005年4月,由于碱金属与炉底炉缸耐材反应和铅在炉底炉缸耐材中渗透、沉积导致砖衬异常膨胀,高炉炉底呈锅状上涨,至今高炉炉壳涨高了130mm。2008年2月,因炉墙结厚、炉缸堆积导致炉况恶化。弄清韶钢高炉在高强度冶炼条件下碱金属的来源、碱负荷及碱金属在炉内的循环富集规律等,对进一步改善高炉冶炼操作、降低高炉碱害、提高焦炭的抗碱侵蚀能力、促使高炉冶炼顺行、延长高炉寿命具有重要的意义。

1 高炉碱金属来源及支出

高炉炉内的碱金属主要由高炉的炉料带入,对入炉原燃料烧结矿、生矿、焦炭、喷吹煤粉及其高炉产物炉渣、炉灰、瓦斯泥的碱金属进行调查(见表

1)。结果表明:

(1)高炉中80%以上碱金属来自烧结矿和焦炭(烧结矿约67%、焦炭约17%),并按一定的规律随炉渣、炉灰、瓦斯泥等物料排出。

(2)在高炉冶炼条件下,在炉内不同温度区间存在着不同的碱金属盐类的循环富集。韶钢高炉碱金属负荷是4.256kg/t,循环富集量为1.454kg/t,其富集率是34.16%。

2 碱金属对高炉冶炼的危害

(1)恶化焦炭冶金性能。不同碱量条件下测定的焦炭反应性及反应后强度,结果表明加入钾、钠后,焦炭的反应性增加,而且钾、钠的浓度越高,焦炭的反应性就越大。钾、钠对焦炭的碳溶反应起正催化作用,而且钾的催化作用高于钠。焦炭在反应后引起气孔壁迅速变薄,致使其反应后强度急剧下降,焦炭块度减小,产生较多的碎焦和焦粉,从而使高炉的透气性变差,影响高炉的生产。有关资料测定表明,焦炭含碱量每增加1%,反应性增加8%,焦炭

表1 韶钢6号高炉入炉原燃料及产物中碱金属含量

原燃料及产物	K ₂ O, %	Na ₂ O, %	R ₂ O, %	碱金属总量, kg/t
烧结矿	0.105	0.068	0.173	2.850
球团矿	0.025	0.024	0.049	0.167
生矿	0.089	0.357	0.446	0.160
焦炭	0.874	0.918	1.792	0.715
喷吹煤粉	0.986	1.641	2.627	0.364
入炉量				4.256
炉渣	0.569	0.358	0.927	2.746
炉灰	0.137	0.192	0.329	0.027
瓦斯泥	0.212	0.183	0.395	0.029
排出量				2.802

强度下降0.99%，反应后强度降低9.2%，而且小于10mm粉末增加^[1]。焦炭碱金属含量与其强度关系见表2。

表2 韶钢6号高炉焦炭碱金属含量与其强度关系实测值

项目	1号	2号	3号
焦炭灰分中碱金属含量,%	~2	5~7	12~15
焦炭粒度<10mm,%	1.0	5.1	17.2
焦炭平均直径,mm	18.2	14.2	9.3
透气阻力系数, R_k	1075	1805	4701
碱金属气化总量,%	9.5	17.6	44.2

(2)致使焦比升高。高炉冶炼统计结果表明,碱负荷平均每增加1kg,焦比平均升高18.75kg,使得高炉技术经济指标高,不利于低成本生产。

(3)破坏炉况顺行。碱金属化合物在随着炉料下降的过程中被还原,形成碱金属蒸气,随高炉煤气上升。向上运动过程中,K蒸气在烧结矿中形成低熔点的 K_2SiO_3 等硅酸盐,使烧结矿变松软,熔点降低。因此,导致高炉冶炼时,软熔带上升,熔融层加厚,煤气阻力大,在炉温波动时易形成管道及炉瘤。与此同时,碱金属促成的凝结物掉落炉缸,降低炉缸温度,造成炉缸堆积,成为风、渣口烧坏的一个重要原因。高炉出现上述征兆时,往往压差升高,崩、悬料次数增多,渣、铁流动性变坏,引起炉况失常。

(4)侵蚀炉墙,使炉壳涨高,降低高炉寿命。韶钢6号高炉开炉不到6年,炉墙侵蚀严重,近10块铜冷却板已烧坏。2005年4月,由于碱金属与炉底炉缸耐材反应导致砖衬异常膨胀,高炉炉底呈锅状上涨,至今高炉炉壳涨高了130mm。这一切直接和碱金属侵蚀有关。碱金属对炉衬蚀损机理可以表明,炉内碱蒸气在炉身发生如下反应: $2R + CO = R_2O + C$,生成的 R_2O 与碳同时渗入砖缝或砖衬气孔中而沉积。此外, K_2O 与煤气中的 CO_2 反应,生成 K_2CO_3 (熔点 $910^{\circ}C$,在有 Na_2CO_3 存在时,熔点降低到 $700^{\circ}C$ 左右)^[2]。沉积作用和反应生成物使炉体砖衬产生内应力,降低炉体砖衬的强度,最终引起砖衬疏松,加之煤气流作用等,致使砖衬易于剥落。陶瓷杯采用了刚玉莫来石及复合棕刚玉耐材,刚玉质耐材的热膨胀系数较大,K、Na元素对其影响比较大,刚玉质高铝砖遇到碱金属会发生相变,体积膨胀;同时还会与碱金属形成钾长石和霞长石,发生很大的膨胀;加上铅在炉底炉缸砖耐材中渗透、沉积,促使砖衬异常膨胀导致高炉炉底密封板开裂、炉底

板上挠、炉壳涨高。

3 减轻高炉碱害的措施

(1)做到最大的炉渣排碱量。国内外的研究表明,排出碱金属的主要渠道是炉渣,炉渣中碱金属的质量分数约占入炉碱金属总量的85%~90%。为进一步提高韶钢的高炉生产率,需要研究炉渣组成对其排碱能力的影响规律,从而为提高炉渣的排碱能力指明方向。炉渣的碱度影响炉渣中碱金属含量,通过选取2006年6~9月炉渣碱度及碱金属含量均值可发现炉渣碱度与排碱能力的关系(见表3);随着炉渣碱度的升高,高炉的排碱能力呈下降的趋势;碱度越高,其排碱能力越低,碱度低有利于高炉排碱。有资料表明:一定炉温下,炉渣碱度降低0.1%则增加渣中 $(Na_2O + K_2O)0.21\%$ ^[3]。为了提高排碱率,在生产合格生铁前提下,保持炉渣碱度在1.0以下是十分必要的。为此我们制定高炉操作方针:将[S]控制范围从0.030%~0.050%提高0.045%~0.065%;同时将[Si]控制范围从0.30%~0.50%提高到0.40%~0.60%。

表3 韶钢6号高炉炉渣不同碱度条件下的排碱能力

炉渣R	0.80	0.95	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40
$(Na_2O + K_2O),\%$	1.70	1.68	1.59	1.54	1.53	1.50	1.46

韶钢原料中 Al_2O_3 含量高,炉渣中 (Al_2O_3) 达16%~18%,造成冶炼过程中渣、铁流动性差,炉缸易堆积,影响炉况顺行。炼铁厂经过多年的探索实践,增加渣中MgO含量(7%~9%),基本能消除渣中 Al_2O_3 高的不利影响。排碱时增加渣中MgO可降低 Na_2O 、 K_2O 活度,从而提高排碱率。渣中 $MgO \pm 1\%$ 则影响渣中 $(Na_2O + K_2O) \pm 0.21\%$ ^[3]。所以韶钢宜将渣中MgO含量增加到10%~12%,既利于改善炉渣流动性又利于排碱。

为了减少高炉内循环的碱量,减小碱金属在炉内的不利影响,应尽量提高炉渣的排碱能力,通过造大量低碱度高MgO炉渣,从而达到排碱目的。韶钢根据高炉炉况周期性波动的情况,每隔1个月将炉渣碱度降低到0.95~1.0,以保持生铁含硫不出格为原则,进行定期1周的炉渣排碱措施。如出现炉况不顺,渣、铁沟有白点等,采取果断排碱措施(降低炉渣碱度)必要时,在渣、铁物理热充足流动性良好情况下,同时降低炉温并加锰矿或萤石洗炉,使排碱条件最优化,从而达到最大的控制碱害目的。

(2)保持最低的碱负荷。控制入炉料碱负荷:一方面加强选矿工作;另一方面适当减少烧结配料中强磁精矿的配比,在炉料结构上应配用部分含碱金属低的普通矿石;第三,尽可能降低焦炭灰分。通过近几年来对韶钢高炉原、燃料条件的改善,高炉的吨铁碱负荷已经有很大的改善,对高炉的碱金属有效控制十分有利。

(3)使用块度大一些的焦炭。尽可能使用块度大一些的焦炭,这样可减少焦炭对碱的吸收。降低焦炭气化速度,不仅可保持焦炭一定的机械强度,并能减少碳素溶损,提高煤气利用率。使碱金属对焦炭影响减低,保证炉况顺行。

(4)用锰矿代替萤石洗炉。为了排碱,要尽量少用或不用萤石来洗炉和稀释炉渣。因为 CaF_2 能提高炉渣中碱的活度,加快碱金属氧化物的还原速度,从而加大碱金属在炉内的循环富集。用锰矿洗炉则没有此副作用,相反随着 $(\text{MnO})/[\text{Mn}]$ 值增大有利于提高排碱率。

(5)采用抗碱的耐火材料。今后韶钢新建高炉或大修时,建议在炉身下部或炉腰炉腹部分采用和 SiC 结合的耐火材料,以抵抗碱金属的侵蚀。

4 排碱后效果

韶钢6号高炉从2006年6月开始对碱金属危害进行有效控制,采取的定期排碱措施适合韶钢原、燃料特性,有利于维持合理的操作炉型。在排碱过程中,明显出现了掉渣皮现象,在焦炭负荷和熟料比没有大变化的情况下,炉温出现明显下行,铁水中硫大幅度上行,达到0.072%,炉渣流动性变差,大沟、龙沟和下渣沟中冒大量的白烟,渣上面有白色粉末。这是循环在炉内的碱金属及铅大量的排出,此时排

碱效果最好。排碱后风量有较大幅度提高,炉况明显好转。2007年生产稳定,高炉年利用系数达2.664,入炉焦比达到393 kg/t,煤比154 kg/t,高炉炉型也得到很好的维护。2007年后基本控制了高炉炉壳涨高,炉墙侵蚀情况也得到有效抑制,碱金属的危害很大程度上得到了控制。

5 结语

(1)碱金属恶化焦炭冶金性能、破坏炉况顺行,还侵蚀炉墙、使炉体涨高,降低高炉寿命。

(2)应定期降低炉渣碱度排碱,同时在日常操作中适当提高铁水中 $[\text{S}]$ 的含量,避免连续炉次的高Si低S铁水产生,以有利于炉况的长期稳定顺行。

(3)排碱期间以发展边缘气流为主,既有利于炉况顺行,又可以消除附着在炉墙上的碱金属及铅锌等,防止造成炉墙结厚甚至结瘤。

(4)对于韶钢6号高炉宜将 MgO 含量增加到10%~12%,既有利于改善炉渣流动性又有利于排碱。

6 参考文献

- [1] 刘海燕,付涛.八钢炼铁过程中碱金属的行为浅析[J].新疆钢铁,2000(4):35-38.
- [2] 王艺慈.提高包钢炉渣的排碱能力的实验研究[J].包头钢铁学院学报,2001(2):105-107.
- [3] 周传典.高炉炼铁生产技术手册[M].北京:冶金工业出版社,2002.348-349.

联系人:伍世辉 工程师 电话:0751-8786281

Email:wushihuitian@163.com

(512123)广东省韶关市韶关钢铁集团有限公司炼铁厂

收稿日期:2008-08-06

· 技术信息 ·

《张寿荣文选》出版发行

2008年12月28日,武汉钢铁(集团)公司在武汉举行了隆重的“《张寿荣文选》出版发行座谈会”。中国工程院院士殷瑞钰、陆钟武、崔崑以及来自北京科技大学、武汉科技大学、宝钢、鞍钢、首钢、中冶南方等单位的知名专家教授参加座谈会。

为庆祝张寿荣院士80岁华诞,武钢整理了张寿荣院士有代表性的论文和报告,分上、下两卷出版。

上卷为炼铁技术的中英文论文,下卷为钢铁技术、科技管理和继续工程教育的论文和报告。这些文章不仅反映了武钢科技进步的历史,也是近几十年来我国钢铁工业发展的一个缩影。

装帧精致的《张寿荣文选》由湖北科学技术出版社出版,16开本,共870千字。

(本刊讯)