

干熄炉斜道区耐火材料改进与应用

方昌荣¹ 代洁¹ 李世明² 盛军波² 张亦平³

(1.中冶集团武汉冶建技术研究有限公司,武汉 430081;

2.武汉钢铁集团焦化有限责任公司,武汉 430081; 3.武汉钢铁集团国贸公司,武汉 430081)

摘 要 在调查和分析干熄炉斜道区支撑梁耐火材料破损状况的基础上,结合干熄炉工艺特点,针对目前使用耐火砖质量不稳定、砖型设计不合理以及耐火泥浆黏结强度低等缺陷导致的干熄炉寿命短、维修频繁等问题,进行了系统研究,提出了改进砖型结构、选用优质塞隆结合碳化硅砖、提高耐火泥浆常温黏结强度、严格控制耐火材料的施工质量等系统改进方案。改进后,干熄炉运行至今尚未发生掉砖等现象,取得了明显的效果。

关键词 干熄炉 斜道 支撑梁 过梁 耐火材料

文章编号:1005-9598(2008)-03-0031-03 中图分类号:TQ050.47 文献标识码:B

熄焦是焦炭生产过程中的重要环节。熄焦的方式有湿法熄焦和干法熄焦两种。干法熄焦是利用惰性气体为载体达到熄焦目的。干熄炉是干熄焦装置中的主要组成部分,由上部椎体(炉顶)、预存段(环形气道)、斜道和冷却室组成。炽热焦炭在干熄炉中与冷惰性气体(N₂)逆向运动进行热交换,焦炭被冷却。与湿法熄焦相比,干法熄焦具有节约能源、减少水资源浪费,改善焦炭质量和保护环境等优点。随着社会的进步,环保、能源、资源的可持续发展,干熄焦已成为我国炼焦行业的发展趋势。

目前,耐火材料存在的诸多问题严重影响干熄炉使用寿命,主要集中在干熄炉斜道区的支撑梁(俗称牛腿)和过梁。为此,我们对干熄炉斜道区耐火材料进行破损调查,结合干熄炉工艺特点,提出改进措施,并应用于武钢7#干熄炉中,取得满意效果。

1 斜道区耐火材料的破损分析

1.1 干熄炉支撑梁、过梁耐火材料破损状况

武钢7#干熄炉于2003年12月投产,2004年11月停炉。检修时发现支撑梁、过梁耐火材料破损状况严重。支撑梁正面直缝出现10mm~25mm的开裂,斜道

支撑梁侧面出现3mm~15mm的裂缝。耐火砖普遍疏松,36个支撑梁不同程度存在耐火砖表面龟裂、断裂、脱落现象,有的部位甚至出现断裂剥落三分之一的严重状况。预存段过梁砖由于支撑梁的破坏,也多处出现下沉、断裂、坍塌。

1.2 斜道支撑梁耐火砌体破损分析

1.2.1 影响支撑梁耐火材料使用寿命的因素

干熄炉斜道区结构复杂,炉内工况条件变化大,有诸多因素影响斜道支撑梁耐火材料的使用寿命^[1]:(1)在整体结构设计上,斜道支撑梁必须承受预存段上部直筒部分全部耐火材料的重量,高温荷重必然导致结构强度的逐渐降低;(2)在焦炭自上而下、惰性气体自下而上运动过程中,斜道支撑梁耐火材料承受着焦炭的撞击、磨损和气流、粉尘的冲刷;(3)斜道支撑梁下部温度约为300℃,上部温度约为1000℃,支撑梁耐火材料由下到上,存在近700℃的温度梯度,致使耐火材料内部应力聚集;(4)化学侵蚀作用——炼焦夹带的有害介质、冷却产生的还原性气体、煤灰粉尘、余热回收工艺制度的变化(喷雾、喷气、渗透等)等,也是导致耐材熔解、侵蚀、损毁的因素。在这些破损原因中,温度波动产生的热应力是导致支撑梁和过梁耐火材料损毁的主要因素。

1.2.2 支撑梁结构和耐火砖砖型结构设计不合理

干熄炉斜道支撑梁、过梁对干熄炉预存段上部起着支撑作用,支撑梁和过梁要承受上部全部重量。斜道上部近300t的重量施加在斜道的36个支撑梁上,

收稿日期:2008-02-20

作者简介:方昌荣(1957—),女,1980年毕业于武汉科技大学耐火材料专业,高级工程师,从事工业炉工程技术与耐火材料研发工作。

如果支撑梁设计过于单薄,就难以承受上部砌体重量,容易破坏。目前大型干熄炉斜道支撑梁设计过于单薄,有待于从总体设计上加以改进。另外,斜道支撑梁耐火砖砖型组合端部错缝太小,耐火砖的勾、舌设计过多过大,造成上下层耐火砖平面接触面积变小,受力面积大幅减少,这在某种程度上会加剧耐火砖的损坏。

1.2.3 莫来石结合碳化硅砖质量不稳

目前,国内大型干熄炉斜道支撑梁大部分选用莫来石结合碳化硅砖。莫来石结合碳化硅砖是通过加入氧化铝、氧化硅在基质中形成连续莫来石相,将碳化硅骨料包裹形成的多相材料^[2]。它具有碳化硅机械强

度高、热导率高、膨胀系数低、热震稳定性好、耐化学侵蚀性好特点,是一种优质耐火材料。经验表明,莫来石结合碳化硅砖显微结构与碳化硅颗粒分布、莫来石相发育状况、烧成温度、烧成时间有关,直接影响莫来石结合碳化硅砖性能^[3]。必须严格控制原料、工艺,否则因二次莫来石化、玻璃化及方石英的形成,使制品变脆、强度变差、热震稳定性降低。表1为莫来石结合碳化硅砖技术指标,其中产品实测值为武钢7#干熄炉用砖。由表1看出,产品实测值与技术指标相差较大,其先天不足——高温强度低、热震稳定性差,必定无法满足干熄炉内复杂的工况。

表1 干熄炉斜道支撑梁耐火砖部分指标

莫来石-碳化硅砖	耐火度 /℃	体积密度 /g·cm ⁻³	显气孔率 /%	常温耐压强度 /MPa	荷重软化温度 (0.2MPa)/℃	高温抗折强度 (1100℃×0.5h) /MPa	热振稳定性 (1100℃↔冷水)/次
要求指标	≥1770	≥2.5	≤21	≥85	≥1600	≥20	≥50
实测值	>1800	2.6	14.9	92	>1650	12.87	13

1.2.4 耐火泥浆选择不当

斜道区支撑梁和过梁要承受上部砌体全部重量,因而要求支撑梁具有足够的整体结构强度。从损坏的支撑梁可以看出,砖与砖体间不黏结,泥浆强度低,支

撑梁未形成整体,无法承受上部砌体重量。表2为武钢7#干熄炉斜道区用磷酸盐结合莫来石-碳化硅耐火泥浆技术指标。

表2 磷酸盐结合耐火泥浆技术指标

干熄炉斜道区磷酸盐泥浆	SiC/%	Al ₂ O ₃ /%	抗折黏结强度 /MPa					
			常温(1天)	常温(2天)	常温(3天)	110℃	400℃	600℃
要求指标	≥30	≥40	—	—	—	≥4	≥6	≥6
实测值	30.82	44.54	0	0	0	7.4	4.71	3.95

干熄炉斜道区磷酸盐泥浆	抗折黏结强度 /MPa		耐火度 /℃	黏结时间 /s	荷重软化温度 /℃	粒度 /%	
	800℃	1000℃				+0.5mm	-0.074mm
要求指标	≥6	≥8	≥1770	60~120	≥1500	≤1	≥50
实测值	5.17	8.82	1770	96	1520	0	72.8

从表2可以看出,砌筑支撑梁使用的耐火泥浆无常温抗折强度技术要求,实测值为0。因而在施工过程中,不足以承受后续上部逐步增加的耐火材料的重量,因此在重力作用下,砖与砖间产生不同程度的微量偏移,耐火泥浆受挤压应力,黏接面遭到破坏,造成支撑梁及过梁的初始破坏。

1.2.5 耐火泥浆强度下降趋势明显

国内大型干熄炉支撑梁普遍采用磷酸盐结合耐火泥浆。从拆炉现场还观察到砖剥落处耐火泥浆疏松。后续试验发现,泥浆试样经1000℃保温3h、保温

6h,抗折黏结强度分别为8.82MPa和7.25MPa,随着烧成时间延长强度降低,为此进行深入研究。将泥浆制成70mm×70mm×70mm试样,分别测定其原样、还原气氛1000℃下分别保温3h、6h试样内层与外层P₂O₅含量。试验结果见表3。

表3 磷酸盐结合耐火泥浆还原气氛中P₂O₅含量

原样中P ₂ O ₅ 体积分数 /%	1000℃、3h还原气氛下P ₂ O ₅ 体积分数 /%		1000℃、6h还原气氛下P ₂ O ₅ 体积分数 /%	
	P ₂ O ₅ 体积分数 /%		P ₂ O ₅ 体积分数 /%	
	里层	外层	里层	外层
22.82	21.68	23.34	20.78	23.51

根据表3数据分析,试样内层、外层与原样 P_2O_5 含量有明显变化,并随保温时间加长变化加大。内层 P_2O_5 含量比原样少,外层 P_2O_5 含量比原样多,说明 P_2O_5 由内层向外层发生迁移。这与磷酸盐结合剂在 300°C 以上时, P_2O_5 开始被升华分解相符。经过长期高温使用后,实际 P_2O_5 完全升华排除。此时若尚不能过度到陶瓷结合,其强度必然明显降低。

2 斜道区支撑梁耐火材料改进措施

2.1 改进斜道支撑梁耐火砖的砖型结构

在干熄炉斜道及支撑梁结构不改变的情况下,对大型干熄焦干熄炉斜道支撑梁耐火砖的砖型进行了重新设计。耐火砖采用了“暗扣”技术(已申报专利)。这种专利技术的砖型,既可增加砖与砖的平面接触面积,又可减缓耐火砖因形状突变而产生的集中应力,同时还可进一步加强上下层以及同一层砖与砖之间的相互牵制作用。

2.2 采用优质塞隆结合碳化硅砖

针对干熄炉斜道部位的工况条件,以及支撑梁耐火砌体所承受的荷载,对大型干熄炉斜道支撑梁耐火砖的材质及理化指标进行了改进,采用塞隆结合碳化硅砖^[4]。这种砖是由硅、铝、氧、氮组成的化合物,兼有氮化硅和氧化铝特性,具有极高的热震稳定性和很好的高温力学性能,耐压强度可大于 200MPa 、 1250°C 水冷热震稳定性大于250次、热态抗折强度大于 40MPa ,其性能远优于莫来石结合碳化硅砖。

2.3 采用溶胶结合耐火泥浆

根据斜道支撑梁耐火砖的结构及砌筑特点,我们开发研制出了新型、大型干熄炉斜道支撑梁耐火砖砌筑专用耐火泥浆。斜道区耐火泥浆由原磷酸盐泥浆改为溶胶结合氮化硅碳化硅泥浆。在研制过程中,增加常温抗折黏结强度。表4为其技术指标。

2.4 严格控制耐火材料的施工质量

在对耐火砖及耐火泥浆的材质及理化指标进行改进的基础上,严格控制耐火材料的施工质量也是重要措施之一。严格控制砌筑过程施工进度及砌筑质量,对斜道支撑梁部位的耐火砖砌筑制定了严格的质量保证措施,规定斜道支撑梁一天只能砌筑3层砖(在具有强度后才能砌筑上一层砖)。并将灰缝严格控制在 $3\text{mm}\pm 1\text{mm}$ 的范围,不允许以灰缝来调节各层耐火砖的标高。

3 结 语

武钢焦化干熄焦装置从2003年12月投产至

表4 氮化硅结合碳化硅耐火泥浆技术指标

项 目	干熄炉斜道区耐火泥浆		
	技术指标	实测值	
SiC/%	≥ 50	50.8	
Si ₃ N ₄ /%	适量		
常温(1天)	1.0	1.68	
常温(2天)	1.5	2.29	
常温(3天)	3.5	4.05	
抗折黏结	110 $^\circ\text{C}$	6.0	8.67
强度 /MPa	400 $^\circ\text{C}$	6.0	10.03
	600 $^\circ\text{C}$	6.0	9.63
	800 $^\circ\text{C}$	6.0	10.71
	1000 $^\circ\text{C}$	8.0	9.82
线变化率 /%(1000 $^\circ\text{C}$)	± 0.5		-0.26
黏结时间 /s	60~120		96
粒度 /%	+0.5mm	≤ 1	0
	-0.074mm	≥ 50	72.8

2006年3月,不足3年时间进行过3次停炉检修。检修原因均为斜道支撑梁耐火砖疏松、龟裂,36个斜道支撑梁不同程度存在耐火砖断裂、脱落现象,掉砖现象严重,预存段过梁砖多处出现下沉、断裂、破损。如此频繁检修,不仅增加了生产成本,而且严重影响后续生产正常进行。2006年3月再次检修时,采取综合系统改进技术,包括改进砖型结构、选用优质塞隆结合碳化硅砖、提高耐火泥浆常温黏结强度等,对斜道36根支撑梁、过梁进行解体重砌,投入使用。于2007年9月正常年修停炉观察——支撑梁、过梁光滑完整,砖缝密实,耐火砖无裂纹、无剥落、无断裂。该干熄炉使用至今,尚未发现掉砖等异常现象,效果极为明显。

参考文献:

- [1] 蒋伟锋. 干熄焦用内衬砖的损蚀机理及对策[J]. 煤化工, 2004, 32(1): 27-29.
- [2] 司全京, 张效锋. 莫来石结合碳化硅制品的研制[J]. 耐火材料, 1999, 33(2): 90-92.
- [3] 隋万美, 杜玲玲. SiC复相耐火材料的显微结构特征[J]. 耐火材料, 2003, 37(1): 45-47.
- [4] 乐红志, 彭达岩, 文洪杰, 等. 氮化物结合碳化硅耐火材料的研究现状[J]. 耐火材料, 2004, 38(6): 435-438.

态,它包裹着气泡实现分子的传递,无论是两相接触的相界面,还是液相中分子传递的路程,都与喷射型塔板无法相比的。

除了塔器本身之外,还应重视脱苯塔富油进塔温度的控制,进塔温度一般应控制在 180℃左右。温度过高,不仅加大管式炉热负荷,而且会对洗油的质量造成影响。因为,洗油吸收的粗苯中含有大量的不饱和化合物,在管式炉内的局部高温使它们非常容易聚合,造成洗油分子量加大,黏度增加,影响洗油的质量;温度过低,粗苯挥发度下降,增加分离难度,贫油含苯高,如果靠塔底蒸汽来提温,对分离的效果并不好,此外还会加大蒸汽的消耗。所以,企业应特别注意

对富油进塔温度加以控制。

3 结 语

焦化生产中,化产回收越来越受到企业的重视,正确、合理地选用化工传质分离装置,对工业生产至关重要。随着精馏技术的发展,新型高效塔内件不断涌现,新一轮技术创新活动需要在焦化行业大力倡导。

从新型塔内件在通钢焦化厂、唐钢焦化厂、徐州环宇焦化厂应用实践来看,CJST塔板在化产中的成功应用,实现了企业的技术创新,其高收率、低消耗为企业创造了较好的经济效益,有很大的推广前景。

Application of the New Mass Transfer Separation Facility In the Benzene Wash and Removal Plant

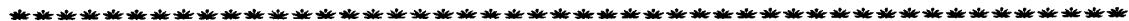
Wei Gaixia, Shang Xiufang and Shang Enxia

(Handan Iron & Steel Group Co., Ltd., Handan 056015;

Tianjin Chuangju Science & Technology Co., Ltd., Tianjin 300130)

Abstract With China's rapid economic development, energy crisis causes high prices of the coking coal, and the coking enterprises face the problem of cost rise. We must attach importance to recovery of chemical production. Recovery of crude benzol from the coke oven gas in an efficient way is an important work for the optimization of the coking plant technology. In this paper Through reviewing the advantages and disadvantages of all types of the mass transfer device and basis selection theory, we analyze the mass transfer process of separation characteristics of the benzene absorber and stripper. Combining technical parameters and the characteristics of CJST tray, suggestion about selection of key equipment is put forward, Practice has proved that the introduction of the new tower into the Crude benzol recovery system has been markedly improved.

Key words coking, internals, benzene wash and removal, CJST tray



(上接第33页)

Improvement and Application of the Refractory Materials Used in CDQ Slope Air Course

Fang Changrong¹, Dai Jie¹, Li Shiming², Sheng Junbo² and Zhang Yiping³

(1. Wuhan Metallurgical Construction Technology Resource Co., Ltd.

of China Metallurgical Group, Wuhan 430081;

2. Coking Co., Ltd. of Wuhan Iron and Steel Group, Wuhan 430081;

3. International Trading Co., of Wuhan Iron and Steel Group, Wuhan 430081)

Abstract According to the investigation of the damaging status of the refractory materials used in CDQ slope air course and the characteristics of the dry quenching oven, it suggested that the short life time and frequent repair of the dry quenching oven are caused by unstable quality and irrational model design of the refractory bricks, and also the low bonding strength of the refractory mortar. Based on the comprehensive and systematic analysis, some improvements on the brick model structure have been recommended. It is suggested to use Sialon-bonded SiC bricks, increase the bonding strength of the mortar, control the construction quality, etc. Remarkable effects were realized after putting these steps into practice.

Key words CDQ, slope air course, support beam, lintel, refractory materials

干熄炉斜道区耐火材料改进与应用

作者: [方昌荣](#), [代洁](#), [李世明](#), [盛军波](#), [张亦平](#), [Fang Changrong](#), [Dai Jie](#), [Li Shiming](#), [Sheng Junbo](#), [Zhang Yiping](#)

作者单位: [方昌荣,代洁,Fang Changrong,Dai Jie\(中冶集团武汉冶建技术研究有限公司,武汉,430081\)](#), [李世明,盛军波,Li Shiming,Sheng Junbo\(武汉钢铁集团焦化有限责任公司,武汉,430081\)](#), [张亦平,Zhang Yiping\(武汉钢铁集团国贸公司,武汉,430081\)](#)

刊名: [煤化工](#) **ISTIC**

英文刊名: [COAL CHEMICAL INDUSTRY](#)

年,卷(期): 2008,36(3)

被引用次数: 1次

参考文献(4条)

1. [蒋伟锋](#) [干熄焦用内衬砖的损蚀机理及对策](#)[期刊论文]-[煤化工](#) 2004(01)
2. [司全京;张效锋](#) [莫来石结合碳化硅制品的研制](#) 1999(02)
3. [隋万美;杜玲玲](#) [SiC复相耐火材料的显微结构特征](#)[期刊论文]-[耐火材料](#) 2003(01)
4. [乐红志;彭达岩;文洪杰](#) [氮化物结合碳化硅耐火材料的研究现状](#)[期刊论文]-[耐火材料](#) 2004(06)

本文读者也读过(10条)

1. [徐正](#). [徐立伟](#). [吕英华](#) [扩散燃烧式硅砖热风炉烘烤器](#)[会议论文]-2008
2. [隋万美](#) [刚玉/ \$\beta\$ -Sialon复相材料的高温氧化及热震行为](#)[会议论文]-2007
3. [王元顺](#). [张民强](#). [穆允生](#). [林金良](#) [干熄焦延长年修周期实践与探索](#)[期刊论文]-[山东化工](#)2011, 40(6)
4. [何小锴](#). [周延明](#). [He Xiaokai](#). [Zhou Yanming](#) [干熄炉多段式斜道技术的应用研究](#)[期刊论文]-[燃料与化工](#) 2010, 41(4)
5. [夏焱](#). [李平](#). [王飞](#). [严解荣](#). [朱义文](#) [干熄炉斜道区损坏原因分析与解决措施](#)[期刊论文]-[燃料与化工](#)2010, 41(4)
6. [鲁昌龙](#). [洪超](#) [陶瓷纤维在窑炉构筑中的应用](#)[期刊论文]-[科技创新导报](#)2008(16)
7. [钱虎林](#) [干熄炉炉衬技术的改进措施](#)[期刊论文]-[燃料与化工](#)2012, 43(2)
8. [李玉山](#). [卜景龙](#). [李如椿](#). [LI Yu-shan](#). [BU Jing-long](#). [LI Ru-chun](#) [SiC-Sialon复相材料制备及高温性能](#)[期刊论文]-[河北理工学院学报](#)2004, 26(4)
9. [李玉山](#). [卜景龙](#). [李如椿](#). [LI Yu-shan](#). [BU Jing-long](#). [LI Ru-chun](#) [压力成型制备SiC-Sialon复相材料](#)[期刊论文]-[河北理工学院学报](#)2005, 27(1)
10. [励军](#). [曹鸿琛](#). [王立辉](#). [徐志栋](#). [宋飞](#). [Li Jun](#). [Cao Hongshen](#). [Wang Lihui](#). [Xu Zhidong](#). [Song Fei](#) [耐磨预制块的研制及在干熄炉中的应用](#)[期刊论文]-[燃料与化工](#)2010, 41(3)

引证文献(1条)

1. [黄环](#) [攀钢新1#、2#干熄焦干熄炉牛腿损坏原因的分析及对策](#)[期刊论文]-[四川冶金](#) 2010(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mhg200803010.aspx