

煤气炉应用硅酸铝耐火纤维有效节约能源研究

朱卫国, 许亚锋, 董丹, 沈杰, 姚惠杰*

浙江长兴绿色动力能源科技有限公司 浙江湖州

【摘要】当下, 对比传统材料, 硅酸铝耐火纤维具备耐高温、节约能源的优势, 能够帮助煤气炉节约成本。但是目前煤气炉在应用硅酸铝耐火纤维过程中, 由于硅酸铝耐火纤维存在强度低、收缩现象严重、粉化现象常见等问题, 导致硅酸铝耐火纤维依然有改进空间。因此, 对如何改进硅酸铝耐火纤维在煤气炉中的应用进行研究成为重要难题之一。本文首先对硅酸铝耐火纤维进行了概述, 随后分析了硅酸铝耐火纤维的特点, 最后对煤气炉中应用硅酸铝耐火纤维的存在问题及防护措施进行了探讨, 以供参考。

【关键词】煤气炉; 硅酸铝耐火纤维; 节能

【收稿日期】2023 年 1 月 26 日 **【出刊日期】**2023 年 3 月 16 日 **【DOI】**10.12208/j.aes.20230004

Study on effective energy saving of aluminum silicate refractory fiber in gas furnace

Weiguo Zhu, Yafeng Xu, Dan Dong, Jie Shen, Huijie Yao*

Zhejiang Changxing Green Power Energy Technology Co., LTD. Huzhou, Zhejiang

【Abstract】 At present, compared with traditional materials, aluminum silicate refractory fiber has the advantages of high temperature resistance and energy saving, which can help save the cost of gas furnace. However, during the application of aluminum silicate refractory fiber in the gas furnace at present, due to the problems of low strength, serious shrinkage and common pulverization of aluminum silicate refractory fiber, there is still room for improvement of aluminum silicate refractory fiber. Therefore, how to improve the application of aluminosilicate refractory fiber in gas furnace has become one of the important problems. This paper first summarizes the aluminum silicate refractory fiber, then analyzes the characteristics of the aluminum silicate refractory fiber, and finally discusses the existing problems and protective measures of the application of aluminum silicate refractory fiber in the gas furnace for reference.

【Keywords】 Gas stove; Aluminum silicate refractory fiber; Energy conservation

前言: 当下煤气炉通常采用高铝砖砌造。高铝砖本身具备较高的耐压强度和耐火度, 但是其自身热容量较大, 热量散失较多, 温度留存率低, 导致需要经常提升温度, 浪费热能的同时也浪费资源。因此, 需要寻找一种材料作为隔热材料, 该材料应满足周期性及间断性工业炉。而硅酸铝耐火纤维自身具备高耐热性和热容量低等特点, 逐步走入国内工厂的视线。在经过多数工厂使用后, 硅酸铝耐火纤维的性能良好, 能够有效减少煤气消耗。对比改装前后, 无论是工作时间、轧制机工作效率还是烧

嘴工作效率都有了明显变化, 改装后工作时间明显减少, 轧制可以不间断进行, 烧嘴可以少开或不开, 一定程度上减少了能源消耗, 实现了节能的目的。但是当前利用硅酸铝耐火纤维过程中依然有较高的改进空间, 因此深入研究改进路径及改进方向是当前研究重点内容。

1 关于硅酸铝耐火纤维的概述

硅酸铝耐火纤维本身属于一种无机材料, 也可以称为陶瓷纤维, 是将优质焦宝石、二氧化硅、锆英砂、高纯氧化铝等材料作为原材料, 选择适当工

*通讯作者: 姚惠杰

艺, 通过原料加工、融化、成纤三个步骤处理, 经过电阻炉熔融喷吹或者甩丝, 从而对化学构成不同的分散材料进行聚合, 最终得到的一种纤维材料。根据不同的原料进行加工工艺能够产出耐火温度不同的硅酸铝耐火纤维产品, 其中包含普通耐火纤维棉、标准耐火纤维棉、高纯耐火纤维棉、高铝耐火纤维棉、含锆耐火纤维棉等一系列产品^[1]。同时, 在上述纤维棉的基础上还能够进行二次加工制成纤维毯、纤维毡、纤维板、纤维砖等不同材料。

早于 20 世纪 40 年代, 工人就可以将高岭土作为原料, 经过熔融喷吹制出普通硅酸铝耐火纤维, 并且在发展过程中推广较快, 在国外得到了广泛应用。如今, 国内也已经加大了对硅酸铝耐火纤维的重视程度, 并将硅酸铝耐火纤维作为隔热材料。应用于煤气炉当中。但是当前煤气炉的能耗较高, 因此探究硅酸铝耐火纤维的应用以降低能耗成为当下重点研究内容之一。

2 煤气炉中硅酸铝耐火纤维的特点

2.1 耐高温

耐高温是耐火纤维的重要特点之一, 也是必备特点之一。通常而言, 普通硅酸铝耐火纤维是一种将矾土、高铝原料、耐火黏土在熔融状态下通过特殊冷却方法制成的非晶质纤维。得益于硅酸铝耐火纤维的导热率与热容量十分贴近空气, 导致其空隙率几乎可达 90% 以上, 从而使气孔中充斥着大量低导热率控制, 对固态分子的连续网络结构进行了破坏, 达到了良好的耐热保温性能。因此硅酸铝耐火纤维的使用温度通常在 1000 摄氏度左右, 甚至部分可达 1300 摄氏度, 能够在高温中应用。

2.2 化学稳定性

对于硅酸铝耐火纤维而言, 其化学成分以及杂质含量决定了化学稳定性。由于材料本身含碱量较低, 几乎无法与冷热水产生作用, 因此氧化气氛下十分稳定。但是如果硅酸铝耐火纤维处于强还原气氛中, 则纤维中的 Fe_2O_3 、 TiO_2 等多种杂质容易出现被还原的情况^[2], 从而对硅酸铝耐火纤维的使用寿命造成极大影响。

2.3 施工简便

硅酸铝耐火纤维本身重量较轻, 加工十分容易, 并且在加入粘结剂后可以形成许多不同制品, 同时还有各种规格的毡、毯等成品, 使用途径十分广泛

且使用较为方便。此外, 当前硅酸铝耐火纤维应用范围较为广泛, 国内已经有诸多硅酸铝材料制品, 可以适用于多数领域当中, 无需重复研发即可加以应用。

2.4 容重及导热系数

对于硅酸铝耐火纤维而言, 采用不同生产工艺会导致不同的硅酸铝耐火纤维的容重具有较大差别, 一般会处于每立方米 50-200 千克的范围之间。对比其他材料, 硅酸铝耐火纤维的耐火保温性能较好, 导热系数较少, 而导热系数的大小能够对耐火保温材料性能的优劣进行有效衡量。此外, 导热系数本身并非常数, 而是与容重和温度有关, 对比其他材料, 硅酸铝耐火纤维的容重及温度更适用于煤气炉^[3]。

3 煤气炉中应用硅酸铝耐火纤维的存在问题

3.1 材料本身强度低, 耐气流冲击性差

一方面, 硅酸铝耐火纤维本身强度较低, 由于火焰出口的劳能较大, 纤维砖受到冲刷而损坏的情况数不胜数。另一方面, 由于长期处于高温工作环境中, 硅酸铝耐火纤维的表面晶粒会逐渐长大变脆, 使抗拉强度缩小。而在粉化后, 纤维会受到高速气流的冲刷, 导致粉化微粒随介质一起流动, 被不断吹起, 影响炉内温度, 并增加热耗, 影响煤气炉使用寿命的同时还影响周围环境。

3.2 有害气体侵蚀导致硅酸铝耐火纤维结构被破坏

对于煤气炉而言, 炉内空气成分较为复杂, 一方面炉内燃料燃烧产生的有害气体较多, 成分较为复杂。另一方面原材料中还存在各式金属离子。同时还会存在水蒸气。耐火纤维自身比表面积较大, 如果空气中存在水蒸气, 耐火纤维会大量吸湿, 导致二氧化碳和二氧化硫溶于水形成弱酸, 弱酸会与纤维中的氢氧根发生置换反应, 从而对纤维结构进行破坏。如果长期使用就会导致纤维被侵蚀, 出现腐烂、变质的情况。同时, 部分金属离子会与硅酸铝耐火纤维产生反应, 形成不同固体产物, 从而破坏纤维的网络结构, 影响硅酸铝耐火纤维的使用寿命。此外, 炉内有害气体会与耐火纤维发生较为复杂的反应, 对耐火纤维形成腐蚀, 破坏自身结构, 从而使耐火纤维出现粉化、崩裂、收缩等不良现象, 严重影响耐火纤维的使用寿命和工作效率。

3.3 高温下易出现粉化

在热力学角度分析, 每一种物质都具备使其表面能趋于最低的特性, 因此耐火纤维总表面积总是趋于最小。在耐火纤维表面, 细小的晶粒会逐渐合并, 形成较大的晶粒和颗粒, 并且会伴随着温度上升而使单元体积不断提升, 最终引发耐急冷急热的性能变差。而对于晶粒而言, 其体积变化通常具备不可逆的特性, 因此在密实烧结的氧化物中会根据晶粒大小产生裂缝, 同时纤维表面还会逐渐向粗糙方向转变。等耐火纤维表面晶体无限接近纤维直径时, 纤维强度就会急剧下降, 无法承受工作压力, 从而使纤维出现粉化的情况。此外, 由于耐火纤维常年在高温环境下工作, 高温下纤维表面逐渐粗糙, 导致其弯曲度增加, 使其烧结在一起, 纤维无法维持弹性, 从而出现粉化、脱落、崩裂等情况。

耐火纤维粉化时, 纤维会一层层剥落, 但是内部纤维的外观不会出现较大变化。表层纤维在高温环境工作过程中受到有害气体侵蚀, 导致自身结构遭到破坏, 形成相较黏稠的玻璃液。玻璃液纤维中的细晶更容易长大, 导致玻璃液纤维结构遭到破坏, 但是会形成一层保护, 对内部纤维进行保护。

3.4 安装方式不到位, 选材不合理

硅酸铝耐火纤维种类较多, 通常分为普通型耐火纤维、标准型耐火纤维、高纯型耐火纤维、高铝型耐火纤维等。目前对于复合型耐火纤维的应用范围还不够广泛, 工厂通常会根据当地原材料自身特性选择不同种类的耐火纤维。比如原料中如果含碱量或含硫量较高时, 需要采用复合型耐火纤维。

同时, 当前耐火纤维的安装规范度不足, 许多耐火纤维生产厂家会利用锚固件, 采用挂钩式将耐火纤维模块固定。对于耐火纤维模块而言, 固定完全依靠自身受外力压缩后用打包带进行固定, 随后放开打包带, 利用压缩后的膨胀弥补模块之间的缝隙。如果没有将锚固钉完全定位, 则会导致模块产生游动, 同时由于高温引发的收缩导致模块之间存在缝隙, 最终引发锚固件氧化, 使模块脱落, 无法固定, 增加材料成本和工作成本, 影响工作质量。

4 煤气炉中应用硅酸铝耐火纤维的防护措施

4.1 根据原材料选择耐火纤维的型号和规格

选择耐火纤维的型号和规格需要根据当地原材料的特点和特性进行选择, 比如, 如果原材料中的

碱含量或硫含量较高时, 耐火纤维最好选择复合型耐火纤维或者高铝型耐火纤维, 确保耐火纤维不会由于成分化学反应影响自身工作效率和使用寿命^[4]。同时, 为了保证硅酸铝耐火纤维能够长期使用, 不受气流冲击, 炉内可保留轻质黏土砖, 减少硅酸铝耐火纤维受到的影响, 延长硅酸铝耐火纤维的使用寿命。面对纤维体积收缩现象, 可以采用在热面粘贴两层纤维毡的方法, 厚度大概在 15 毫米左右, 从而弥补体积收缩的缺点。但是也会在工作过程中增加工作量, 如有需要可提前进行准备。

4.2 采用高铝型耐火纤维

首先, 在炉内高温区应采用高铝型耐火纤维, 并在耐火纤维的表面喷涂高温节能型纤维专用辐射涂料, 厚度大概在 1 毫米左右。其次, 在低温区可以采用普通型耐火纤维, 同样需要喷涂专用辐射涂料。再次, 无论是低温区还是高温区, 都需要在结构上铺设 3-5 毫米范围内的钢板, 并将锚固钉焊接在钢板之上, 并将耐火纤维衬里的厚度加厚到 300 毫米以上, 确保其符合 GB/T 16400-2006 标准之规定^[5]。最后, 注重施工要点, 根据真实工作环境选择合理工艺, 确保耐火纤维满足工作需求。并在此基础上最大程度延长耐火纤维的使用寿命。

4.3 选择合理工艺制成硅酸铝耐火纤维

对比其他耐火材料, 硅酸铝耐火纤维本身制作成本较低, 能够有效降低制品造价。首先, 在使用过程中, 氧化铝在高温环境下形成骨架, 能够保证高温条件下硅酸铝耐火纤维不会变形。其次, 在氧化铝纤维及硅酸铝纤维接触的部分, 硅酸铝中多余的二氧化硅以及氧化铝纤维中多余的氧化铝能够结合在一起, 形成莫来石组织, 对纤维形成保护, 从而达到耐高温的效果^[6]。再次, 由于硅酸铝耐火纤维强度较低, 可以搭配不锈钢丝或者玻璃丝纤维作为加强材料, 制成布、绳等制品, 作为炉口幕帘, 对硅酸铝耐火纤维新城表面保护, 从而起到绝热的作用。最后, 硅酸铝耐火纤维制造过程中可以加入 10% 左右的有机纤维, 有机纤维需要经过特殊阻燃处理。加入的有机纤维对硅酸铝耐火纤维表面进行混合, 随后加入增强材料, 从而延长硅酸铝耐火纤维的使用寿命, 延长煤气炉的使用寿命。

4.4 合理选择炉衬材料

炉衬的主要作用是能够隔热保温, 因此在选择

炉衬材料时应满足使用温度、工作寿命、能源消耗、施工难度、筑炉成本等多方面要求,才能延长煤气炉的使用寿命,确保工作效率及进度不受影响。当下铸造车间面临的常见问题是如何对能耗较大的电阻炉进行改造,首先需要对改造炉的数据进行测定,确保改造后能够满足数据上的需求。比如额定功率、炉壁温度、环境温度、升温时间等多项数据。其次由于旧炉原耐热保温材料性能不佳,导致旧炉炉衬偏厚。因此需要在改造过程中在满足设计需求的前提下填充家保温材料,从而保证保温耐热性能不受影响,但是炉衬蓄热损失要有所增加。此外,炉体表面温度应处于 50-80 摄氏度之间,如果温度过高会导致热损失增加,如果温度过低会影响保温强度,保温材料就需要加厚,从而导致材料浪费,增加蓄热损失^[7]。因此在改造和选择材料过程中需要根据实际使用情况合理选择炉衬的材料。

结束语:煤气炉是机械、化工、轻工、建材、玻璃、冶金等诸多行业的加热炉及工业窑炉理想的二次能源设备。由于需要煤气燃烧,因此合理选择耐火、耐高温材料成为煤气炉的重要内容。硅酸铝耐火纤维能够满足 1000-1300 摄氏度之间的工作环境,为煤气炉运转提供有效帮助,是煤气炉运转的得力帮手之一。但是,目前煤气炉应用硅酸铝耐火纤维的过程中依然存在材料耐冲击性差、粉化情况严重、结构被破坏、安装不合理等情况,导致硅酸铝耐火纤维的使用寿命短,无法满足煤气炉的长期使用需求。因此,工作人员需要根据原材料选择耐火纤维的型号和规格,通过不同的工艺制成适用于

不同环境的硅酸铝耐火纤维,并对炉衬材料进行选择,在不影响工作效率的前提下最大程度上延长硅酸铝耐火纤维的使用寿命,从而延长煤气炉的使用寿命,实现节能的目的,为煤气炉发展提供有力帮助。

参考文献

- [1] 王铜,贺春明,WangTong,等.常压炉的耐火纤维喷涂衬里[J].石油工程建设,1999(3).
- [2] 赵新征.一段炉炉衬喷涂耐火纤维[J].中氮肥,2001.
- [3] 潘新娟,傅晨风,祁克成,等.石灰窑炉顶采用硅酸铝耐火纤维[J].上海金属,1991(04):60-61.
- [4] 余其铮,温宁,杨立峰.硅酸铝耐火纤维的绝热性能[J].材料研究学报,1989,3(3):249-254.
- [5] 李植林.煤气炉应用硅酸铝耐火纤维有效节约能源[J].上海有色金属,1980(03):57.
- [6] 岑佩莉.耐火纤维在热处理炉上的应用[J].冶金能源,1984,000(001):66-71.
- [7] 李永恒.煤气炉及所属设备运行周期论述[J].全国造气技术通讯,2011(002):000.

版权声明:©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS