

# 浅谈基板玻璃窑炉加料部位的耐火材料

闵超 赵宇峰

中电彩虹集团陕西彩虹工业智能科技有限公司 陕西咸阳 712021

**摘要:** 本文简单介绍玻璃窑炉加料部位用耐火材料。分别叙述了玻璃窑炉前墙加料部位的几种侵蚀原因。描述前墙加料部位的侵蚀机理,并结合实际介绍不同材料的性质。

**关键词:** 耐火材料; 玻璃窑炉; 抗侵蚀

## 引言

窑炉作为玻璃生产的核心设备,广泛采用了提高燃烧强度、强化传热效果、减少散热损失、降低对产品及其环境的污染等新技术。要求有优质耐火材料作为保障条件,要求耐火材料能承受更高的温度、更急剧的温度变化、更强烈的化学侵蚀、更严酷的应力破坏。优质耐火材料对现代高温技术不仅是消耗性材料,而且是实现高温新技术所必须的功能性材料。好的基板玻璃前墙结构应高效得将粉料完全顺利地通过加料部位投放进炉内,并且还保证窑炉前墙的整体结构一致性。但是,前墙加料部位始终处于十分严酷的环境中:来自粉料进入炉内升华作用的化学侵蚀、靠近液面线受到高温舔蚀作用、冷料与炉内高温的前后温度波动以及粉料移动下沉承受的机械应力等。由此造成部位的老化、堵塞、严重变形甚至塌陷,使窑炉的热效率降低、玻璃质量下降、操作控制困难,甚至提前停炉,缩短了炉龄。所以使用的更高效的耐火材料,既可提高池炉的使用寿命又可降低成本。

## 一、侵蚀分类

玻璃窑炉是在恶劣的环境下工作,窑炉前墙加料部位材料的损坏主要受以下因素影响。



前墙加料部位侵蚀图

### 1. 化学侵蚀

玻璃液本身富含二氧化硅,属酸性。当加料部位材料与窑炉内部靠近玻璃液面线附近的玻璃液接触,或在粉料进入炉内时,受到炉内高温气氛影响而发生固-气-液三相相交相融的作用下,又或者受到粉料挥发出来的粉

尘结焦凝变反应等作用下,加料部位材料极易受化学侵蚀严重。尤其是加料部位接近池壁处,长期受玻璃液高温反应侵蚀,化学侵蚀更严重。在加料通道内部,粉料温度变化梯度高低错综复杂,含粉尘较多等条件很苛刻。

### 2. 机械冲刷

机械冲刷主要是前墙加料部位耐火砖受到粉料玻璃向炉内移动的强烈冲刷,料层附加着加料时的推力磨损,及粉料初步形成玻璃液后的侵蚀冲刷,以及加料部位附属周围的熔融火焰的冲刷影响。所以前墙加料部位的损坏情况,是在整体窑炉耐火材料侵蚀情况范围内较为严重的,尤其是前墙加料部位靠近炉内液面线附近的阳角吊挂砖和支撑砖。其角部凸出部位遭受强烈的磨损侵蚀和冲刷,耐火砖材内外表面因为长期高强度冲刷会形成较大的温差,同时会产生较大的机械应力,加之该部位长期也会存在有一定的温度大范围波动,故对耐火砖材造成极易损坏。

### 3. 高温作用

玻璃窑炉的正常工作温度往往都是在1600℃以上,所以直接接触炉内空间的耐火砖材的自身温度也通常在1400℃以上,并且各部位的温度波动也往往在100℃至200℃之间,且长时间使用过程中变化不会太大。前墙加料部位的耐火砖材是在长期的高温作用下使用,选材时要能耐高温侵蚀,同时还要不污染玻璃液。

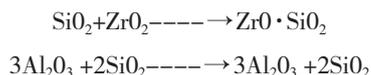
玻璃窑炉前墙加料部位的损毁主要以高温反应侵蚀为主,并有热应力冲刷的作用。高温反应侵蚀的程度、速度则取决于加料使用部位的规格、玻璃窑炉的最高使用温度以及熔融玻璃的品种配方有着极为密切的相关联系。玻璃窑炉前墙加料部位所使用的耐火材料的性质,对于玻璃窑炉的操作和玻璃的质量都有十分显著的影响。使用质量低劣的耐火材料不但会造成经常的停炉待修、无法提升更高的炉内熔融温度、降低玻璃窑炉的日平均融化产率,而且还会缩短玻璃窑炉的耐火砖材使用寿命,

间接的提高了窑炉的使用成本和后期维护成本<sup>[2]</sup>。

## 二、高温反应侵蚀机理

高温反应侵蚀会降低耐火材料的结构性能，从而加大了热力学侵蚀和机械侵蚀对材料耐磨性能的影响。目前依据玻璃窑炉普遍使用的主要是电熔系列耐火砖材来分析，侵蚀损坏机理是耐火砖材自身在无机非金属材料结构学说中的多晶相分子材料的转变的一种过程。

首先，其耐火砖材自身的处理结构进入到熔融的转变状态，这其中就包括玻璃相的析出。析出的玻璃相温度通常往往在1300℃至1450℃之间范围，当析出的玻璃相进入到玻璃液之后，耐火砖材自身材料结构就会出现侵蚀孔洞。析出的玻璃相会被玻璃液的熔融高温侵蚀反应如下：

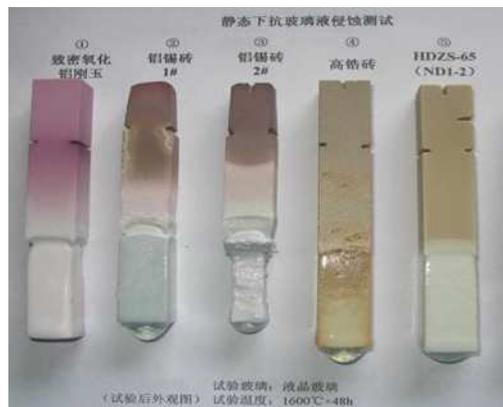


高粘度物质熔入玻璃液中会影响它的均匀性。由于电熔耐火砖材的表面张力比玻璃液小，故电熔耐火砖材在使用过程中会一直受到玻璃液的侵蚀浸润<sup>[1]</sup>。其次，当电熔材质的耐火砖材受到玻璃相的熔融侵蚀后，由于粉料进入炉内进行不断连续的冲刷，致使耐火砖材表面的熔融侵蚀层离开原来的结构部位，移动进入玻璃液中。

最后，当旧的已完成移动的熔融侵蚀层中的物质离开出原来位置后，会将暴露出新的耐火砖材表面和微小孔洞。粉料中析出的玻璃相进入玻璃液中，致使玻璃液渗入，继续又再次进行耐火砖材的熔融作用。在电势能的作用下的扩散过程不仅会加速渗透、而且还会致使耐火砖材自身的熔融效应也得到剧烈反应。

上述的过程的不断重复进行，致使耐火砖材进而不断连续的被玻璃相进行侵蚀损坏。粉料进入玻璃窑炉内时的温度升高时，侵蚀损坏会成倍上升态势加快，会导致耐火砖材的使用效果和抗侵蚀的自身能力出现大幅度的降低。并且，前墙加料部位靠近炉内玻璃液区域，位于粉料和玻璃液的气、固、液三相交汇界面处的玻璃液面的耐火砖材损坏更为严重。在高温条件下，耐火砖材自身内部除方石英外，刚玉也会熔融于玻璃液中，并且熔融影响更为剧烈。致使玻璃液的密度和表面张力都会显著增大，将会使熔融剥落物质在已完成侵蚀的部位形成更为严重的应力作用的流动。新的活性玻璃液被引向砖表面。这个连续的侵蚀过程导致出现更严重的侵蚀。

依据上述反应机理，针对前墙加料部位普遍使用的耐火砖材进行一组对比性侵蚀实验。通过实验观察分析不同材料的抗侵蚀效果。



抗玻璃液侵蚀测试对比图

### 1. 通常耐火材料选用

选择玻璃窑用耐火材料，应该考虑窑型、使用部位以及损毁机理、熔制玻璃的品种和颜料的种类等。玻璃窑用耐火材料首先应该能很好的抵抗玻璃熔体和气体作用物的侵蚀，并应具有足够高的荷重软化温度和热稳定性。

电熔耐火材料是将精确配好的混合料在电弧炉中熔融，然后在砂型模中浇注成形，铸块经热处理后再进行机械加工。熔炼过程可得到完整粗大的晶体和致密的结构。与烧结耐火材料比较，它具有结构致密、气孔率很低、体积密度大、机械强度和高温结构强度高、耐玻璃液侵蚀性强等特点。目前品种有电熔莫来石砖、电熔铬刚玉砖、电熔铬刚玉砖、电熔刚玉砖等<sup>[3]</sup>。

### 2. 电熔莫来石砖

莫来石砖是以莫来石为主品相的硅铝系统耐火制品。耐火度在1850℃左右，荷重软化温度高，高温蠕变率低，抗热振性好，耐酸性腐蚀。电熔莫来石砖以高铝矾土为原料，将不同的矾土配成莫来石的组成。其耐玻璃液侵蚀比烧结的耐火材料强，但不如其他电熔耐火材料。电熔莫来石砖的热膨胀系数低、抗热振性好、耐玻璃液的侵蚀性强。

莫来石砖在1450℃以上不宜与碱类物质接触，否则将使莫来石分解。在1370℃以上的还原气氛下，莫来石也将分解，部分SiO<sub>2</sub>变为气态SiO离开砖体。在温度高于1650℃时，即使不是还原气氛而在较低的氧分压下，莫来石也会分解。莫来石耐火砖在高温下容易被碱性耐火砖侵蚀。此外，在高温下，莫来石可以与水蒸气按反应生成Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>而受到损坏。

### 3. 电熔铝刚玉砖

刚玉砖的主晶相为刚玉，它具有优良的性质，如熔点高、硬度大，是中性矿物，因而制品硬度大，抗冲刷，耐磨，同时抗侵蚀。熔铸α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>砖，主要是由α型刚玉组成的严密结实的细晶结构实体，主要用于玻璃窑。

适用于熔制硼硅玻璃、乳白玻璃。但是它的高温抗侵蚀性较差,它在1600℃高温时,耐玻璃液侵蚀性会迅速降低。由于它不污染玻璃液,且在1350℃以下具有良好的耐玻璃液侵蚀性能和优良的高温耐磨性能,所以它是玻璃窑炉的澄清部、冷却部等部位较理想的耐火材料<sup>[4]</sup>。

#### 4. 电熔锆刚玉砖

电熔锆刚玉砖俗称白铁砖,也称为刚玉-斜锆石砖。主要化学成分 $Al_2O_3$ 和 $ZrO_2$ ,其余为 $SiO_2$ 。主要矿物组成为斜锆石、刚玉和玻璃相。斜锆石结晶形成砖体骨干, $ZrO_2$ 熔点高(2715℃)化学稳定性好,对酸性、碱性介质特别是玻璃液的抗侵蚀能力较强。由于采用熔铸工艺和使用高纯原料,ZA系列氧化法电熔锆刚玉产品具有特殊的,高的抗玻璃液侵蚀性能,并且对玻璃的污染也是极小的。在防止污染玻璃液方面是特别的优越,它在玻璃中造成结石,气泡及基本玻璃相析出的趋向是很小的。

#### 三、结束语

通过对材料的不断尝试和创新性试验,在基板玻璃

窑炉前墙加料部位采用品质优良的电熔铝刚玉砖和锆刚玉砖,对提高窑炉砖材使用寿命,尤其是前墙寿命,有着至关重要的作用。

#### 参考文献:

- [1]陈芳. AZS耐火材料侵蚀形成玻璃缺陷的机理浅析[J]. 玻璃, 2011, 38(8):4. [2]刘建安, 杨学刚. 玻璃窑炉易损部位结构的改进及选材[J]. 玻璃, 1997, 024(005):20-24.
- [3]李楠. 中国耐火材料大典, 2005.04
- [4]陈国平,唐保军,殷海荣,李慧,章春香. 浅析全氧燃烧玻璃熔窑耐火材料配置[J]. 材料导报, 2008, 22(11):4.

通讯作者: 闵超、男、汉族、1985.11.27、籍贯: 陕西、学历: 本科、职称: 工程师、毕业院校: 西安建筑科技大学、研究方向: 玻璃窑炉、单位名称: 中电彩虹集团陕西彩虹工业智能科技有限公司、邮箱: minchao315183090@126.com。