

## (科普) 钢化玻璃自爆为什么不能完全避免

### 一、钢化玻璃自爆及其分类

#### 1、钢化玻璃自爆分类

钢化玻璃诞生开始,就伴随着自爆问题。钢化玻璃自爆可以表述为钢化玻璃在无外部直接作用的情况下而自动发生破碎的现象。

自爆按起因不同可分为两种:一是由玻璃中可见缺陷引起的自爆,例如结石、砂粒、气泡、夹杂物、缺口、划伤、爆边等;二是由玻璃中硫化镍(NiS)杂质和异质相颗粒引起钢化玻璃自爆。

此外,在钢化加工、贮存、运输、安装、使用等过程中均可发生钢化玻璃自爆。

#### 2、钢化玻璃自爆的特点

钢化玻璃自爆时间没有确定性,可能是刚出炉,也可能是出厂后 1~2 月,也有出厂 1~2 年才自爆的,引起钢化玻璃较多自爆的时间可能是产品生产完成后的 4~5 年。

据不完全了解,大部份厂家产品的概率是 3%左右的自爆率;个别厂家产品的概率可能还要高。钢化玻璃自爆的根本原因是因为玻璃中含有硫化镍及异质相颗粒杂质,杂质是如何混入的?最大可能的来源是设备上使用的各种含镍合金部件及窑炉上使用的各种耐热合金。对于烧油的熔窑,曾报道在小炉中发现富镍的凝结物。硫毫无疑问来源于配合料中及燃料中的含硫成份。当温度超过 1000℃时,硫化镍以液滴形式存在于熔融玻璃中,这些小液滴的固化温度为 797℃。1 克硫化镍就能生成约 1000 个直径为 0.15mm 的小结石。

硫化镍类自爆后更换难度大,处理费用高,同时会伴随较大的质量投诉及经济损失,造成业主的不满甚至更为严重的其他后果。称之为“玻璃幕墙的癌症”。“玻璃幕墙的癌症”出自著名建筑师福斯特之口:那年由斯特事务所设计的伦敦市政厅从地板到天花板高度的玻璃破裂。这座市政厅靠近伦敦塔桥,全部用玻璃做覆面,承包商不得不着手检查所有的内部玻璃。大伦敦市议会发言人说,根据初步调查,问题出在玻璃含有镍硫化物上,也就是说,在建造过程中玻璃被镍元素污染,镍和玻璃中的硫化物进行化学反应,造成破裂。

## 二、钢化玻璃自爆率及自爆原因

### 1、自爆率

国内的自爆率各生产厂家并不一致,从 3%~0.3%不等。一般自爆率是按片数为单位计算的,没有考虑单片玻璃的面积大小和玻璃厚度,所以不够准确,也无法进行更科学的相互比较。为统一测算自爆率,必须确定统一的假设。定出统一的条件:每 5~8 吨玻璃含有一个足以引发自爆的硫化镍;每片钢化玻璃的面积平均为 1.8mm;硫化镍均匀分布。则计算出 6mm 厚的钢化玻璃计算自爆率为 0.64%~0.54%,即 6mm 钢化玻璃的自爆率约为 3%~5%。这与国内高水平加工企业的实际值基本吻合。即使完全按标准生也不能彻底避免钢化玻璃自爆。大型建筑物轻易就会用上几百吨玻璃,这意味着玻璃中硫化镍和异质相杂质存在的率很大,所以钢化玻璃虽经热浸处理,自爆依然不可避免。

### 2、钢化玻璃不可控自爆的原因

钢化玻璃不可控自爆的来源不仅是传统认识中的 NiS 微粒,还有许多其它异质相颗粒。玻璃中的裂纹萌发和扩展主要是由于在颗粒附近处产生的残余应力所致的。这类应力可分为两类,一类是相变膨胀过程中的相变应力,另一类是由热膨胀系数不匹配产生的残余应力。

NiS 是一种晶体,存在二种晶相:高温相- $\alpha$ -NiS 和低温相  $\beta$ -NiS,相变温度为 379°C 玻璃在钢化炉内加热时,因加热温度远高于相变温度,NiS 全部转变为  $\alpha$  相。然而在随后的淬冷过程中,NiS 来不及转变为  $\beta$ -NiS,从而被冻结在钢化玻璃中。在室温环境下  $\alpha$ -NiS 是不稳定的,有逐渐转变为  $\beta$ -NiS 的趋势,并且这种转变伴随着约 2~4%的体积膨胀,在玻璃内部产生局部的应力集中,使玻璃承受巨大的相变张应力,从而导致自爆。

### 3、如何鉴别钢化玻璃的自爆

首先看起爆点(钢化玻璃裂纹呈放射状均有起始点)是否在玻璃中间,如在玻璃边一般是因为玻璃未经过倒角磨边处理或玻璃边缘有损伤,造成应力集中,裂纹逐渐发展造成的;如起爆点在玻璃中部,看起爆点是否有两小块多边形组成的类似两片蝴蝶翅膀似的图案,俗称“蝴蝶斑”,如果有仔细观察两小块多边形公用边(蝴蝶斑的躯干部分)应有肉眼可见的黑色小颗粒(硫化镍结石),

则可判断是自爆的;否则就应是外力破坏的。

#### 4、如何最大程度避免钢化玻璃自爆

为了减少钢化玻璃在建筑上自爆的可能,一方面要严格挑选原片玻璃,将硫化镍晶体排除在钢化过程之外;二是需要在加工制作过程中,严格控制玻璃的磨边精度格控制钢化工艺,在满足钢化玻璃质量要求的情况下尽可能降低钢化玻璃的内部应力;最后是将钢化玻璃做热浸处理,虽然这样会导致钢化玻璃的成本增加,但是可以消除钢化玻璃在幕墙上自爆的危险并延长幕墙的使用寿命。