

# 超白浮法玻璃生产工艺控制分析

杜磊 石扬

(绍兴旗滨光伏科技有限公司, 浙江 绍兴 312073)

**摘要** 本文分析了超白浮法玻璃的特点以及生产工艺的相关特性, 认为超白浮法玻璃生产过程中存在的问题主要集中在玻璃液澄清效果容易受到影响、玻璃生产池内温度分布均匀度不足导致的一系列其他问题等方面, 围绕提高玻璃液澄清质量、稳定成型退火质量、降低玻璃霉变发生率、提升玻璃原料利用率、降低污染成分产生量等方面提出了提高超白浮法玻璃生产工艺控制水平的有效方式, 以供参考。

**关键词** 超白浮法玻璃 玻璃液澄清 成型退火 玻璃生产池温度 玻璃霉变发生率

中图分类号: TQ171

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)06-0018-03

超白浮法玻璃俗称“高铁玻璃”、“高透明玻璃”, 具备极强的透光率(超过91.5%), 一眼望去犹如水晶般晶莹剔透, 使人产生高贵典雅之感<sup>[1]</sup>。因此, 超白浮法玻璃在玻璃家族中素有“水晶王子”之称。此种玻璃一般被应用于制作展览馆、珠宝、化妆品等展示高档物品的展柜, 可有效解决普通玻璃透光度不足的问题。目前, 生产此种玻璃的过程中存在一些问题, 需在工艺控制方面加以调整。

## 1 超白浮法玻璃的特性简析

### 1.1 超白浮法玻璃的特点

超白浮法玻璃是指超白玻璃同时具备优质浮法玻璃所具有的一切可加工的性能, 具备极其优秀的物理、机械、光学性能, 能够像其他优质浮法玻璃一样, 根据需求进行多种深加工。目前已知的深加工适用工艺包含钢化、镀膜、彩釉、热弯、夹胶、中空装配等。超白浮法玻璃应用于现代建筑工程时, 具备节能环保的特性, 还能够使建筑具备时尚、前卫的特性。超白浮法玻璃本身便是一种具备高透光率的高铁玻璃, 透光率达到91.5%以上, 含铁量最大值不超过120ppm, 因此也被称为高铁玻璃。如表1所示, 为超白浮法玻璃与普通浮法玻璃的中各物质占比情况对比。可见, 除了三氧化二铁含量之外, 其他成分无明显差异。总体而言, 超白浮法玻璃是当前市场上流行的一种高档建筑装饰物, 目前在太阳能压延光伏玻璃紧缺的情况下已经开始替代压延超白玻璃用作太阳能电池板背板封装材料, 今后的主要应用还会朝着薄膜太阳能电池方向发展。

表1 两种玻璃各成分含量对比(%)

成分	超白浮法玻璃	普通浮法玻璃
二氧化钙	73.05	73.00
氧化钠	13.60	13.60
氧化钾	0.05	0.05
氧化钙	9.00	9.00
氧化镁	3.82	3.80
氧化铝	0.12	0.10
氧化铁	0.015	0.10
三氧化硫	0.23	0.23

### 1.2 超白浮法玻璃的生产工艺特性分析

与普通的浮法玻璃相比, 超白浮法玻璃的生产工艺较为复杂, 生产难度较高, 主要体现在两个方面: 第一, 超白玻璃本身便是高铁玻璃, 采用浮法工艺制备时, 玻璃中铁的含量更加难以控制; 第二, 熔化原料的过程中会产生大量气泡, 而传统的工艺无法有效清除这些气泡。

## 2 超白浮法玻璃生产过程中存在的问题简析

### 2.1 玻璃液澄清效果受影响程度较大

超白浮法玻璃生产的过程中, 玻璃液的特点为: 由于玻璃液的平均温度极高, 导致黏性较小。在水平方向, 玻璃液具备极强的流动性。由此造成的后果是, 玻璃液流经澄清区域时, 停留的时间相对不足, 导致玻璃液澄清效果受到很大的影响。

### 2.2 玻璃生产池内温度分布均匀度不足导致的一系列问题

尽管玻璃生产池内的整体温度较高, 但每一个区域的温度并非完全相同, 彼此之间甚至存在较大的温度差。具体而言: 第一, 与普通的浮法玻璃相比, 在垂直方向上, 超白浮法玻璃的温度变化趋势(梯度)和黏度变化趋势(梯度)均较小, 但生产池底部的温度却高于普通浮法玻璃。出现此种现象的原因在于: 在垂直方向上, 生产池的温度变化幅度较低, 因此随着高度的增加, 对流强度呈现下降的趋势, 故导致气泡无法完全排净; 第二, 回流玻璃液在生产池内向下流动时, 会产生热量。受温度升高的影响, 积存在生产池内尚未排净的气泡会因热化学的作用而分散到玻璃液中。由于玻璃液含铁量及黏性程度较低, 而导致这些气泡会大量上升, 进而分布到表面流中, 影响玻璃质量; 第三, 上文提到, 相较于普通浮法玻璃生产池, 超白浮法玻璃生产池池底的温度更高, 且呈现出持续提升的特性。受此影响, 在水平方向上, 玻璃液的流动速度(或是转动速度)会呈现出增加的趋势。如此一来, 原本处于封闭状态的耐火材料的气孔会被迫打开, 导致部分玻璃液被吸到这些气孔中。此后, 气孔中原本存在的空气会因为“交换作用”而进入玻璃液中, 最终产生了一种“耐火材料气泡”。总体而言,

因玻璃生产池中温度控制效果不佳(不同区域之间存在温差),加之玻璃液具备流动特性,会导致玻璃液澄清环节受到影响。不仅如此,“耐火材料气泡”会分布在已经成型的超白浮法玻璃中,直接影响玻璃质量。因此,为提高超白浮法玻璃质量,必须围绕上述问题,调整生产工艺控制水平,保证高质量玻璃的生产效率。

### 3 提高超白浮法玻璃生产工艺控制水平的有效方式

#### 3.1 提高玻璃液澄清质量的控制方式

超白浮法玻璃生产过程中,与含铁量相关的问题与生产池内温度控制问题经常同时出现<sup>[2]</sup>。为提高玻璃液澄清质量,尽量降低耐火材料气泡以及常规气泡的出现量,可采用以下方式完成控制:第一,技术人员务必对生产期间的热负荷值进行系统性考量,并对数值控制范围区间进行调整。采用此种方式的目的在于,能够显著降低玻璃熔化过程中的热负荷量,从而降低设备承载压力,使温度控制更加理想。比如生产炉的构成方式共计设有8对小炉,可降低前四对的热负荷,提高后四对的热负荷。完成此种控制之后,超白浮法玻璃实际生产效率不会降低,澄清质量会显著提高;第二,有技术人员基于超白浮法玻璃的特性,对生产过程进行“逆向推导”,找出一个无需调整窑炉热负荷,只需要添加具备快速熔化配合料,即可降低热负荷的方式。但经过实际检测后发现,此种方式忽略了一个重要条件,即进行玻璃液澄清作业时,由于其内存在大量微气泡,故配合料尽管在高温的环境下已经熔化,却无法有效融合进玻璃液中。因此,原本设想的“降低热负荷”不仅无法实现,还会使热负荷在一定程度上升高。尽管此种控制方式不具备可行性,但在理论上却存在可借鉴之处,即严格控制小炉的数量,防止因热量较大而导致微气泡数量增多(气泡的特性为:具备较强的吸附能力,一旦在玻璃液表面流上大量积存,不仅导致热负荷相关问题,气泡流通后还会二次生成,进一步影响澄清效果);第三,加入快速熔化配合料的方式不可行,但可适量向生产池中加入消泡剂及复合澄清剂。但需要注意的是要确保窑内气氛稳定,尤其是超薄玻璃的拉引量调整时,燃料量减少,热负荷及助燃风量会发生大的变化,会导致气氛不稳定从而导致澄清不良。经过此中调整,配合池底鼓泡技术(在窑炉的热泉处设置一排鼓泡管,可向玻璃液中“鼓泡”,可有效增强热障作用。受热障作用的影响,玻璃液的对流中作用会加剧,窑炉底部的玻璃液温度会进一步升高。如此一来,玻璃液流动的稳定性会大幅度增加,还会在一定程度上促进配合料熔化。不仅如此,尽管窑炉底部的温度明显升高,但窑炉整体的温度却显著降低,熔化量也会随之提升,可达到降低能耗、节省成本的目的)。

#### 3.2 提升玻璃成型退火质量的控制方式

##### 3.2.1 锡槽方面工艺控制

由于超白玻璃通常为3.2mm以下的薄玻璃,透明度较好。因此,锡槽内的一些缺陷会被放大,超白玻璃粘度小、

纵向流动速度快,会导致圆形气泡会被纵向拉长为椭圆形气泡,核心尺寸变大,增加了被在线监测仪判等的几率,影响成品率。其次,超白玻璃由于粘度小、速度快在洋葱头区域流速过快、停留时间短、摊平抛光不够,导致高温区锡液温度、空间温度均较低,更不利于成型,玻璃厚薄差及光学性能均会受到影响。再者,由于成分的差异,超白玻璃相较于普白析晶温度更高、析晶速度更快,导致超白玻璃更容易产生析晶。尤其是在生产2mm及以下玻璃时经常会降低拉引量,窑内玻璃液流动会发生较大变化,工作部以及流量闸板前的冷玻璃极有可能会被带入锡槽,导致析晶<sup>[3]</sup>。

针对以上问题,可对应采取以下措施改善:(1)在调整拉引量时,一定要缓慢,杜绝大步子调整;(2)适当提升流道温度、高温区温度,保证抛光摊平充分,可以减少或取消高温区空间水包使用或者开启前端电加热补充热量,也可以将首对拉边机后移,延长摊平长度,要注意拉边机参数的对应调整(需要确保鱼肚子不能太宽、成型温度在合理范围)。同时要注重锡槽两侧保温,加强密封,可以在两侧增加保温板。高温区可以设置石墨挡旗,减少锡液纵向流动,提升前区温度;(3)对于析晶,主要是要稳定拉引量和闸板前后的温度,避免大幅度波动,温度可以适当高一些,对析晶和抛光成型均有好处,同时也可以节约电耗。

##### 3.2.2 退火工艺控制

超白玻璃由于成分变化,导致退火温度发生变化,玻璃的塑性形变温度转变点和弹性形变转变点对比普白有所降低(约3℃),另外超白玻璃普遍拉引量较小,导致热量不够,A区温度更低。这样就会导致A区提前退火,没有起到均热的作用,玻璃温差增大,应力和切割质量不受控制。对应措施:(1)提升锡槽出口温度(保证合理爬坡距离,保证板底质量前提下),适当提高A区整体温度。(2)对退火窑各区温度及功能可以重新合理定义,多做一些尝试。

#### 3.3 降低玻璃霉变发生率的控制方式

相较于普通浮法玻璃,超白浮法玻璃出现霉变的几率更大,会严重影响超白浮法玻璃的质量。围绕此种现象转变控制方法时,首先需要确定产生霉变的原因。有研究显示,导致超白浮法玻璃霉变的主要原因为:玻璃内部成分中的碱性金属离子在一定时间内持续性地增加,且积累到一定数量之后,会向远方大规模扩散。如果环境因素给予一定的“支持”,则金属离子会与环境中的部分成分频繁“交换”,最终出现霉变。数据显示,超白浮法玻璃中的碱性金属氧化物约占据总量的15%,远远高于普通浮法玻璃,故发生霉变的几率自然更高。

明确原因之后,可通过如下方式加以控制:第一,针对玻璃液中的碱性金属阳离子含量进行控制,如果该类物质含量持续性、快速性增长,则超白浮法玻璃霉变的速度会越来越快,霉变区域也会越来越大。而与碱性金属氧离子

(下转第32页)

能力不行。最高泵压十六点五兆帕,日注水五十米,后采用十五米热化学解堵剂处理注水层段,注水量得到了大幅度的回升,在12MPa下日注水120m,完成了地质配注要求,起到了降压增注的效果,有助于以后的增注。

#### 4 化学生热解堵技术施工注意要点

##### 4.1 采用多措施并举的方法

化学生热解堵技术的适应范围主要是近井区域,能有效解决污染堵塞,但是反应范围小,作用距离短,无法到达深处的堵塞,而且该方法无法改变油层的原始结构。因此,可以配合压裂一起进行,结合液体解堵和物理造缝技术,扩大两种技术的应用效果。

##### 4.2 根据实际工况进行分析

使用该方法进行选井时,必须要根据实际工况进行分析,对于油井产量低的原因和底层堵塞的原因必须分析清楚,做到对症下药,有效提高解堵的成功率。

##### 4.3 注意施工压力

化学生热技术施工时,要密切注意施工压力。施工作

业过程中,施工压力必须小于地层破裂压力,对有速敏现象者要控制排量不超过临界流速,对有水敏现象者应尽可能用与之相配伍的水型配液。

#### 5 结语

化学生热技术具有乳化石油、去除油污的能力,能够顺利解除入井液滤失水、胶质、沥青质等引起的污染和堵塞。利用化学生热技术可以实现油层解堵,促进油井产量提高,并且成本低,施工简单,对油水井有较强的解堵增产增注的作用,同时为高压低渗(能)油藏的后继开发指明了新的技术发展方向。

#### 参考文献:

- [1] 胡伟伦.表面活性剂在分析化学中的具体运用探究[J].现代盐化工,2021(01):49-50.
- [2] 陶磊.温度与表面活性剂协同作用下的特超稠油油水固界面行为分析[J].科学技术与工程,2019,19(14):152-158.

(上接第19页)

含量增加的直接相关因素为,氧化镁、氧化钙等溶剂的使用过量。因此,降低此类含氧配合料的使用量,能够在一定程度上降低玻璃液内碱性金属阳离子的浓度;第二,采用传统的物理方法进行干预。尽管玻璃内部含有碱性金属阳离子,但若尽量隔绝与环境的接触,则霉变的发生率也会降低。故可使用防霉粉等,干扰霉变产生环境。

#### 3.4 提升玻璃原料利用率,降低污染成分产生量的控制方式

上文所述内容均是技术层面的控制与调整。除此之外,还需注重原材料管理方面的相关调整。具体而言,生产超白浮法玻璃所用的原材料在进场之前,本身可能存在质量问题,或是在运输、存储的过程中由于管理不当,导致质量受损。使用存在质量问题的材料生产超白浮法玻璃时,必定会引发质量问题。基于此,管理方面的控制要点为:第一,在运输期间采用“吨袋”包装模式,且以散装形态为主(内部必须设置底板,防止原材料与地面、包装袋等直接接触);第二,运输期间,需内衬PE板,隔绝污染物与原材料的接触;第三,使用的车辆应该为超白浮法玻璃生产原材料专用运输车辆,且在运输期间应避免与铁制品放置于同一区域(超白浮法玻璃的性能远远超过普通浮法玻璃。具体而言:超白浮法玻璃的氧化铁( $Fe_2O_3$ )的含量不得高于0.015%,而普通浮法玻璃的含量要求仅为0.1%,二者相差近7倍)<sup>[4]</sup>;第三,改造生产设备,特别时窑炉的底部、侧壁等能够与玻璃液直接接触的区域,绝不能使用含铁材质制造,否则必定会导致铁元素、含铁化合物渗入玻璃液,造成污染。总之,隔绝杂质和铁制品,可在一定

程度上提高玻璃原材料利用率,降低污染成分产生量。

#### 4 结语

超白浮法玻璃具备优良的特性,决定了生产加工过程的复杂程度必然较高。相较于普通的浮法玻璃,在澄清液环节的控制质量如果无法得到保证,则超白浮法玻璃的生产质量必定受到影响。基于此,需提高玻璃液澄清质量。在此基础上,原料控制、成型退火控制、霉变控制等均是提高超白浮法玻璃生产质量必须重点关注的环节,且工艺改进之后,可提高原料使用率,降低污染物产生率,切实提高利润空间,践行环保理念。目前,国内已有多家玻璃公司采用了一窑多线的模式,既可以丰富产品线,同时每条支线不需要经常改规格,减少窑炉、锡槽波动及玻璃损失,对于窑槽工况稳定大有裨益,此外大吨位窑炉在节能降耗上也有很大优势,这也将是超薄浮法玻璃未来的主流趋势。

#### 参考文献:

- [1] 唐文鹏.超白浮法薄玻璃生产工艺探讨[J].玻璃,2020,47(12):42-46.
- [2] 乔心宽,李凡,智明,等.超白浮法玻璃生产的工艺控制[J].智能城市,2020,6(07):247-248.
- [3] 武林雨,许世清,王长军,等.超白浮法玻璃熔化温度与黏度特性及其对液流影响的分析[J].玻璃,2021,48(05):15-19.
- [4] 赵宝盛,武林雨.超白浮法玻璃熔窑热负荷调整对玻璃气泡缺陷的影响[J].玻璃搪瓷与眼镜,2020,48(03):14-16,34.