

超白玻璃工艺控制、生产问题及行业发展前景探析

杨再兴（河北省超白功能玻璃材料技术创新中心，河北 廊坊 065600）

冯冬冬（河北南玻玻璃有限公司，河北 廊坊 065600）

摘要：现阶段超白玻璃在我国能源领域得到广泛应用，其光学特性使得超白玻璃在环保、节能效果方面存在显著优势，并成为建筑设计中前卫、时尚元素之一。本文从超白玻璃的工艺控制分析入手，分析当前超白玻璃生产现状，对其行业发展前景进行展望。

关键词：超白玻璃；工艺控制；原料；熔化；行业前景

得益于节能环保理念的全面普及，促使我国玻璃行业迎来转型契机，作为新型玻璃材料之一，超白玻璃在我国太阳能光伏、建筑工程等领域得到有效应用，相较于常规玻璃材料而言，超白玻璃在透光率、含铁量等方面存在显著优势。将其作为太阳能光伏的重要基材，能够在促进光电转换效率显著提升的同时，为太阳能光伏产业的创新、持续发展提供助力。

1 超白玻璃工艺控制

1.1 原料要求

随着我国第一条超白玻璃生产线顺利投产，目前太阳能、建筑工程等领域对超白玻璃的需求得到有效满足。对超白玻璃原料组成与要求进行分析，具体包括：

1.1.1 化学原料组成

现阶段超白玻璃生产中常用化学原料涉及 MgO 、 SiO_2 、 CaO 、 SO_3 、 Al_2O_3 等，各成分含量见表 1。在实

际生产过程中，为进一步加强对超白玻璃生产质量、成品率的控制，需做到对水分含量、原料粒度的严控。同时，为保证其透光率控制符合预期要求，目前各生产单位对各原料的使用，存在超出国家生产要求标准的情况，其中有效氧化物的控制愈发受到企业的重视。基于对相关数据资料的采集以及生产实践分析，对超白玻璃生产中有害物杂质、有效氧化物含量进行汇总，具体控制值见表 2。

1.1.2 低铁

为保证超白玻璃生产符合低含铁量要求，需在实践生产期间杜绝原料加工、输送过程引入杂质铁情况出现，并按照地铁控制需求对接触设备专业化处理，具体手段包括除铁与避铁。避铁方法应用主要是视生产情况对铁质设备进行隔离使用，或者借助非铁质设备加工、输送原料。目前，超白玻璃生产中常用避铁方法包括高分子器喷刷、增设衬板隔离等。如单位可

表 1 超白玻璃化学成分组成

玻璃成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	SO_3
%	70.8~72.5	0.94~1.1	0.015	8.2~8.9	3.34~4.2	14.3	0.30

表 2 超白玻璃有害杂质与有效氧化物控制值

原料	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2CO_3	TiO_2	NaCl
石英砂	$\geq 98.5 \pm 0.3$	$\leq 1.0 \pm 0.1$	$\leq 0.01 \pm 0.001$				$\leq 0.1 \pm 0.01$	
长石	$< 70 \pm 0.6$	$\geq 15 \pm 0.25$	$< 0.15 \pm 0.05$					
白云石			$< 0.015 \pm 0.002$	$\geq 30 \pm 0.3$	$\geq 20 \pm 0.3$			
石灰石			≤ 0.018	≥ 52				
重质碱			≤ 0.001			$> 99.0 \pm 0.1$		< 0.3
氢氧化铝		$\geq 63.5 \pm 0.1$	≤ 0.001					
芒硝	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \geq 99 \pm 0.1$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \pm 0.001$							
焦锑酸钠	Na_2SbO_4 主含量: $\text{Sb}_2\text{O}_3 \geq 64$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq \pm 0.055\%$							
三氧化二锑	主要是采用国标 0 级 Sb_2O_3 ，其主成份 Sb_2O_3 在 99.5% 以上，平均粒径 1.3~1.5 μm ，平均粒径 0.3~0.35 μm ，其中最大粒径应控制在 5 μm 以内。							

结合高铁控制要求的分析,在提升机壳体、活化料斗、倒料仓、下料溜子、皮带机轮罩等位置进行高分子漆喷涂。结合耐磨复合材料应用,处理生产线中磨损严重的设备部位,做到对杂质铁的有效隔离。除铁方法应用借助除铁器强化超白玻璃铁含量控制。通常将除铁器设置于生产线皮带机、料仓底部出口等位置,提升超白玻璃生产的除铁效果。

1.1.3 碎玻璃

作为超白玻璃生产的主要原料之一,碎玻璃质量的控制对提升超白玻璃透光率有着重要影响。在实际工艺生产中,按照相关要求对碎玻璃进行高铁化处理,并规避外来杂质污染碎玻璃质量的情况。纵观常规玻璃生产线的设计,其中破碎机、落板仓等设施构件的制作均以钢材为主,在高速冲击作用下破碎机和落板仓易形成铁屑杂质,对碎玻璃铁含量控制产生负面影响。为此,可在设计超白玻璃生产线时,将耐磨钢板作为碎玻璃落板仓的内衬,以堆焊工艺对破碎机进行耐磨焊条焊接。若条件允许,可将金属探测器、除铁器安设于碎玻璃输送皮带上,以期将碎玻璃的铁含量控制在预期范围内。重视对碎玻璃堆场的强化处理,加设防护罩减少外来杂质污染。若单位涉及到对多条生产线的安设,需注意将超白玻璃生产线远离普通生产线,结合对隔断的有效设置来降低外界污染对超白玻璃生产的影响。

1.2 熔化要求

熔化过程控制是为了提升超白玻璃生产质量,以氧化性操作为基准对超白玻璃熔化过程进行控制,避免因 SO_x 还原为硫化物对玻璃的白度产生影响。在生产期间需重视对燃料成分的合理选择,相较于重油天然气燃烧效果明显更好,在保证玻璃料色不受影响的同时,确保玻璃生产符合节能降耗的要求。

澄清质量控制。相较于普通玻璃生产,超白玻璃熔融的导热系统难度更大,玻璃液处理极易出现微气泡无法顺利排出、澄清困难等问题,玻璃原版中微气泡会随着玻璃熔窑池底温度的持续升高不断增多,对玻璃液的均化与澄清产生负面影响。同时,超白玻璃生产期间熔窑池深方向上温度呈现出梯度小的状态,意味着窑底玻璃液温度与表层玻璃液温度不存在较大偏差,而玻璃液澄清则受到垂直热对流减弱的影像导致难度增大,再加上生产的超白玻璃内部气泡数量的持续增多,对超白玻璃成品率控制产生影响。为保证玻璃液澄清效果控制符合预期要求,可视情况借助池

底鼓泡技术优化生产线,结合对复合澄清剂增加、玻璃液澄清区域增大等措施的实施,达到提升澄清效果目的。另外,生产单位需重视对先进澄清技术的融合应用,控制玻璃液内气泡优化超白玻璃成品率。

1.3 成型与退火要求

考虑到超白玻璃生产吨位明显小于普通玻璃,故借助水平连续压延法提升成型质量。该方法主要是以水平方向为基准,利用金属辊将熔融的玻璃液制成板状玻璃带。为保证其压延效果符合预期要求,在生产时严格遵循以下工艺指标:流溢口温度控制在 $1150 \pm 20^\circ\text{C}$ 左右,退火温度A、B区分别控制在 $600\sim 540^\circ\text{C}$ 、 $540\sim 470^\circ\text{C}$,以4mm厚度为基准,超白玻璃的压延速度需控制在260m/h左右,以5mm厚度为基准,玻璃压延速度需控制在208m/h。

受到超白玻璃板宽大、吨位小等因素的影响,其退火窑壳体相较于常规玻璃生产线拥有更大散热比例,极易对纵向温降、横向温差的控制产生不利影响。不同于浮法锡槽成型工艺,压延成型技术的应用会导致横向温差增大,再加上纵向波动的存在,致使超白玻璃的退火控制难度增大。结合以下要求优化退火窑的配置:

①根据情况增加退火窑的电加热配置,确保在不连续生产状态下退火窑能够支撑超白玻璃的高质量生产;

②加强对退火窑壳体保温能力的控制。

2 超白玻璃产品生产问题及处理方法

2.1 厚度控制问题分析

超白玻璃生产厚度的控制效果与压延设备有效应用之间存在密切关联,可结合以下方法合理调节超白玻璃的生产厚度:

①压杠压力控制和厚度调节装置。即在生产期间通过对两侧边手轮的操控,达到压延机厚度合理调节目的,将超白玻璃生产厚度控制在要求范围内。针对压杠压力控制方法的应用,以自动化控制系统的布设为前提,核实的压杠压力数值输入至控制面板,系统会自动对压杠压力和上下压延辊控制,确保玻璃厚度控制符合要求;

②压延机位置控制。在超白玻璃生产过程中,其厚度控制受到升降、移动压延机运行直接影响,生产中超白玻璃厚度会随着压延机上升持续减小,随着压延机与分机的持续下降而增大玻璃厚度;

③厚度不均控制方法。超白玻璃在生产期间极易

因压延辊完全导致薄厚不均匀现象。在生产阶段加强对压延辊表面温度的均匀控制,并通过对跳动量的控制避免压延辊出现弯曲。加强对压延机耐磨套磨损的控制,有效解决厚度不均匀问题。

2.2 白斑问题分析

超白玻璃白斑问题的成因主要是花纹面残留由压延辊使用期间形成的氧化物斑点,通常此种斑点不易被察觉,需在光线照射下以特定角度进行观察。要想有效解决白斑问题,可视情况采取洗辊、刷辊方法进行解决。

2.3 上表面划伤问题分析

划伤问题的主要成因是碎玻璃藏匿于炸板后冷端防霉液布帘下方,在运行期间与玻璃板相互摩擦形成划伤,或者是热电偶在退火窑运行过程中脱落,与玻璃带相互作用导致上表面划伤问题产生。对于此类问题的解决,需以玻璃带上划伤位置的测量为前提,同时对退火窑出口玻璃板利用手电筒进行照明检查,若存在划伤问题,要求相关人员及时停工并开展排查作业。若出口不存在划伤情况,则需对冷端位置进行检查。

2.4 下表面划伤问题分析

通常下表面划伤问题成因主要是玻璃板在运行阶段与冷端输送辊金属产生摩擦,其划伤呈现出间隔均匀的特点。解决此问题,要求人员检查玻璃板上划伤位置,判断是否存在上述规律后,对退火窑出口位置进行检查,若发现玻璃带热端是导致划伤问题的成因,则需在确定位置后分析原因。若划伤问题来自原冷端,在明确划伤规律的前提下,精准定位划伤辊子有针对性处理。

2.5 辊印

超白玻璃生产期间,有印痕存在于玻璃板表面,主要特征表现为凹凸不平、长短不一,主要成因是生产期间过渡辊或压延机存在传动不稳定,对于压延机风嘴、风刀的风量控制,可能出现配比不符合要求的现象,或者因成型玻璃液过快拉引、温度过高导致辊印出现。对此,在生产阶段重视对过渡辊、压延机的定期检查,结合润滑处理来规避传动不平稳问题发生,分析实际情况,对玻璃液温度进行优化控制,或将拉引速度控制在合理范围内,结合对风刀、风嘴风流量配比的优化,降低辊印问题的出现概率。另外,还有部分辊印在玻璃板上呈纵向分布,主要原因在于过渡辊未与压延机副辊保持同一水平,以及速比控制不合

理,或者是压延辊自身存在质量缺陷。要求管理人员视情况对拉引速比、风刀风量、过渡辊与压延机副辊落差的合理调整,避免因辊印的存在影响到超白玻璃生产质量。

2.6 水印问题分析

水印问题主要是在玻璃板上存在成片的白色印记,相较于其他区域而言,印记区的颜色明显不同。分析该问题的成因,主要是下辊局部存在未彻底清洁或水污染的情况。为避免水印问题频繁出现影响到超白玻璃成品率,需强调对下辊的全面清洁,并结合防护罩的设置来降低水污染现象发生概率。

3 超白玻璃行业发展前景

纵观现阶段玻璃行业发展,同质化问题的普遍存在对企业发展提出更高要求,再加上产生过剩情况的持续加剧,促使建筑玻璃行业面临“洗牌”。为此,企业要想实现转型发展,并提升自身核心竞争力,要将发展目光放在超白玻璃领域。自超白玻璃引入我国后,先是在光伏产业“发光发热”,随着幕墙常用的钢化玻璃频繁出现自爆问题,促使超白玻璃在建筑领域中的应用愈发重视,并且因其具备美观、安全、节能等优势,迅速在我国建筑工程领域打开市场。自2011年后,各厂商开始加大对超白玻璃的生产规模,借助到目前,超白玻璃行业发展势头逐渐放缓。随着我国生产技术与工艺的持续升级,超白玻璃的生产质量与效率逐渐提升。鉴于此,未来各生产厂家应将发展眼光放在国外市场,思考如何在国际市场占据高地。

现阶段,超白玻璃在我国光伏、建筑工程等领域发挥重要作用。为推动超白玻璃生产事业的可持续发展,要结合实际生产需求,重视超白玻璃生产工艺的优化控制,分别以原料控制、熔化要求、碎玻璃控制、成型控制等作为切入点来优化生产工艺应用,通过对生产问题缺陷的分析与解决,进一步提升超白玻璃成品率,生产高质量超白玻璃产品,结合对行业前景的分析来推动超白玻璃事业的长远发展,并为超白玻璃生产效益的增大创造提供保障。

参考文献:

- [1] 张荣辉. 浅谈降低光伏超白玻璃原料成本的方法 [J]. 玻璃与搪瓷, 2020, 48(06): 29-33.
- [2] 乔心宽, 李连杰, 智明, 等. 超白浮法玻璃生产存在的问题及解决对策 [J]. 智能城市, 2021, 7(14): 2.
- [3] 余德兴, 豆庆河, 周贤军, 等. 超白玻璃生产中耐火材料气泡的分析与对策 [J]. 玻璃, 2020, 344(05): 49-52.