

# 新型透明防火复合玻璃研究

## Research on New Transparent Fireproof Safety Glass

北京航空材料研究所 傅为刚

Fu Weigang (Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

[摘要] 介绍了新型透明防火安全玻璃的研制及其生产工艺要点。

[Abstract] The research and process on the transparent fireproof safety glass is introduced.

### 1 前言

随着社会经济的发展,现代建筑对玻璃及其制品的需求日益增多。作为建筑玻璃,已从过去单纯作为采光和装饰材料向着控制光线、调节室温、防止噪声、改善环境等多种功能方向发展,安全防火便是近年各类现代建筑对玻璃提出的一项新的功能要求。

多年来,国内建筑业很少使用防火玻璃。必要时,多用夹丝安全玻璃或钢化玻璃代替使用。由于经济的发展,有关建筑防火安全标准的要求不断提高,即使采用性能较好的夹丝玻璃,亦因透光率低、耐热性不够而无法推广使用。

防火安全玻璃应具有良好的透光性,而且在遇到一定等级的火灾时,亦应使透光性得到一定程度的保持。与此同时,防火安全玻璃还应在遭遇火灾的一定时间之内不易碎裂,以起到隔焰、隔烟作用,防止火灾的蔓延。为使防火安全玻璃具备上述功能和实现国产化的要求,有必要对该类材料的设计进行理论分析,并通过实验评定研究出理想的制作工艺,以供工业生产使用。

### 2 改性技术及理论分析

建筑应用对防火安全玻璃性能的要求,主要是应当具有良好的透光性和耐热性。其中,耐热性是指材料在高温条件下其组织中不应发生化学或晶态的变化,以防止材料变软或熔融;同时,当有温度急剧变动时,材料不能由于热胀冷缩而发生破坏。大量研究表明,只有石英玻璃和硅酸盐玻璃才能满足这些要求。不过,石英玻璃价格昂贵,无法普遍采用。硅酸盐玻璃价格低廉,原料充足,易于生产,但其耐热性与现行防火安全标准<sup>[1,2]</sup>的要求尚有一定差距。

硅酸盐玻璃具有良好的透光率和耐热性,其原因是由于其内部的化学组成和组成原子(离子或分子)的空间排布与键合方式极为复杂,它们的存在状态介于液态与结晶态之间,键合方式往往亦非单一性。从结构上

讲,是由无数的硅氧四面体基本结构单元在三维空间中无序排列形成的一种网络结构。当有碱金属或碱土金属离子存在时,它们将进入硅氧四面体的空隙之中,并使硅氧四面体构成的网环出现断裂,导致其与氧离子间结合方式发生变化。硅酸盐玻璃中离子间结合方式有两种类型,即离子键和共价键。由于这两种键合方式中结合力强弱不同,故结合方式所占比例的变化便影响着玻璃的耐热性能<sup>[3]</sup>。这样,借助于玻璃改性技术,可以提高玻璃的防火性能。

玻璃改性方法很多,自 60 年代以来,国内外学者运用改性技术已经取得了很大进展<sup>[4]</sup>,但在防火安全应用方面进展不大。玻璃改性技术,按其机制可分为物理方法与化学方法两大类型。防火玻璃开发中使用内夹丝结构便属物理改性方法。由于该方法解决了遇到一定程度火灾时玻璃的软化与熔融流淌问题,一直延用至今。但夹丝的结果使得玻璃的透光性恶化,同时未能提高玻璃的耐热性而限制了它的应用。防火涂层的出现,提高了玻璃的耐热性,但现有的优质防火涂层<sup>[5,6]</sup>未能解决透光性而无法用于建筑玻璃。另外,如美国 Corning 公司研制成功的 Vgcor 玻璃,利用化学改进技术以耐热性原料(硼硅酸盐)生产出具有高透明石英玻璃代用材料<sup>[7]</sup>,其物理性能几乎与石英玻璃相当,但易碎,仍未解决防火安全的问题。由此可得结论,采用单一的改性技术难于获得理想的效果,必须根据我国具体国情——以国产普通窗玻璃为基,采用综合改进技术研制工艺简便的新型防火安全玻璃。

普通窗用玻璃软化温度约为 720~730℃,耐火温度国际标准极限规定为 850~950℃。解决该问题最有效而又简便的方法,应以能够切断玻璃与火焰直接接触的途径、并能减缓或阻止外界热流向玻璃传递的物理改性技术为主,同时能使上述功能在玻璃表面可牢固地得以维持的化学改性相辅的方法予以实现。这样,应设计并研制出一种透明、安全、防火的玻璃表面涂层,使其

能以牢固粘接、阻燃和隔离。

新型防火玻璃性能指标<sup>[8]</sup>为：

- (1) 外观质量：
  - (a) 距玻璃制件 1m 处观察，无影响透明度的气泡与杂质存在；
  - (b) 玻璃板面无裂纹与尖角形划伤；
  - (c) 制件周边应做胶粘剂与塑料粘合胶带严格密封。
- (2) 透光性能：

可见光透过率不低于相同层数普通玻璃的 90% (按 GB 2410—80 检测)。
- (3) 耐火性能 (按 GB 7633—87 和 ISO—3009 检测)：
  - A 级应达耐火极限 1.2h；
  - B 级应达耐火极限 0.9h；
  - C 级应达耐火极限 0.6h。
- (4) 耐温性能 (按 GB 2410—80 检测)：

制件在不密封状态下于 +80℃ 和 -30℃ 各放置 24h，透光率和颜料无变化。

3 样品制备及实验方法

3.1 样品制备

3.1.1 试样尺寸

原材料为 3mm 和 5mm 厚平板玻璃，切取 L×W×H=100mm×100mm×10mm 试样。

为研究玻璃化学组成影响，分别选用了北京南口玻璃厂、石家庄玻璃厂、沈阳玻璃厂和秦皇岛玻璃厂生产的普通浮法平板玻璃。

3.1.2 胶粘剂

为便于比较，设计了五种不同组分的防火胶粘剂，如表 1。

表 1 单位：wt%

例号	1	2	3	4	5
配合例					
水合硅酸钠	93	95	89.6	94.1	86.7
发泡剂	6	4	1.8	1.77	1.54
增韧剂	1	0.8	7	4	9.98
催化剂	0.3	0.2	1.6	0.13	1.26
分散剂					0.02
活性剂					0.5
合计	100	100	100	100	100

3.1.3 试样制备

将防火胶粘剂与平板玻璃粘接复合后，经固化即

可。工艺流程如图 1。

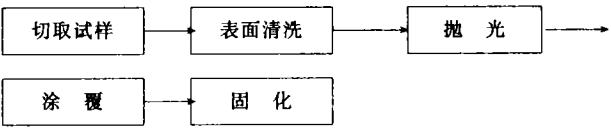


图1 试样制备工艺流程图

4 实验结果与讨论

用 GB 2410—80 方法测定了原材料玻璃与防火复合玻璃的透光率和雾度，结果列于表 2。

表 2

材料	耐温前 透光率 %	耐温后透光率，%	
		80℃×24h	-30℃×24h
1# 防火玻璃	73	73	73
2# 防火玻璃	72	71	71
3# 防火玻璃	61	60	56

注：耐温前后试样的颜色无明显变化

可以看出：防火胶粘剂具有良好的透光性，而且防火胶粘剂中水合硅酸钠的含量对透光性具有很大影响。

耐火试验按照 ISO—3009 标准进行，结果见图 2。根据该标准，新型透明防火复合玻璃耐燃烧时的时间—温度关系，可用下式表达：

$$T - T_0 = 345 \lg 10 (8t + 1)$$

式中：T—t 时的炉温，℃

T<sub>0</sub>—加热炉起始温度，℃

t—时间，min

试验结果表明 (图 2)，实际测得的 t—T 曲线与理论数值极其接近，表明防火胶粘剂与载体浮平玻璃构成的复合玻璃的耐火性能极佳。这是由于防火胶粘剂在火焰作用下，很快在玻璃间形成一层海绵状隔热层，充分起到了减缓或阻止热流向玻璃基材的传递。改性机制的构成达到了理论预计的效果。

从耐火极限测定结果 (表 3) 还可看出，防火胶粘剂受热后的膨胀量对其防火性能有很大影响。膨胀量越大，隔热效果越好，但因防火玻璃属构件材料，为防止由于防火胶粘剂过大膨胀导致玻璃与隔热层受力过大造成耐火性下降，应对膨胀量大小做出一定限制：试验表明，膨胀量以 1：6 为最佳。

另一方面，平板玻璃的化学组成对耐火性也有很大影响，主要与其内所含杂质有关。这在文献<sup>[7]</sup>中已有论述。

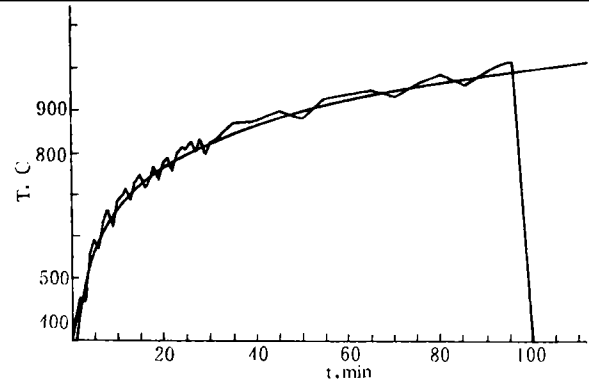


图 2 防火复合玻璃 T-t 关系曲线

表 3 耐火极限

型号	厚度 (mm)	ISO-3009 标准 (h)	产品实例耐火 极限 (h)
B-TF22	22±1.0	1.2	1.58
B-TF15	15±1.0	0.9	1.08
B-TF13	13±1.0	0.6	0.73

参考文献

1 GB 7633-87 玻璃防火门  
2 ISO-3009 镶嵌玻璃构件  
3 王孟钟, 黄应昌. 胶粘剂应用手册, 化学工业出版社, 1987: 552  
4 王承遇, 陶英. 玻璃表面和表面处理, 中国建材工业出版社, 1993 (下略)

5 结论

\*\*\*\*\*

(上接封三)

表 4 AK4-2 合金挤压型材的断裂韧性、低周疲劳和持久强度与 AK4-1 合金的比较

合金 牌号	取样 方向	K <sub>IC</sub> MPa $\sqrt{m}$	低周疲劳 周; K <sub>t</sub> =26; $\sigma=160$	$\sigma_{-1}$ , MPa	
				光滑试样	带缺口试样
AK4-2 (1143)	纵向	33. 5~40. 0	83~145	130	90
	横向	25. 0~33. 5			
	高向	23. 5~25. 0			
AK4-1	纵向	22. 8~25. 6	35~95	110	70
	横向	—			
	高向	20. 3~21. 5			

表 5 AK4-2 合金锻件 (尺寸为 65mm×1500mm×11000mm) 常温下的力学性能与 AK4-1 合金的比较

合金 牌号	取样 方向	$\sigma_b$ (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	$\delta$ (%)	$a_{KU}$ (J/cm <sup>2</sup> )	$a_{TV}$ (J/cm <sup>2</sup> )	K <sub>IC</sub> (MPa $\sqrt{m}$ )	$\sigma_{150}^*$ (MPa)	$\sigma_{150}^*$ (MPa)
AK4-2 (1143)	纵向	430	370	13	16~18	11~12	—	320	270
	横向	420	340	10	9~12	—	—		
	高向	390	330	6. 5	6~7	—	23. 5~27		
AK4-1	纵向	430	360	9	10~12	5~6	—	325	280
	横向	420	350	7	7. 5	—	—		
	高向	400	330	5	—	—	17. 5~23. 3		

从两种合金性能对比看出, AK4-2 合金的冲击韧性、低周疲劳、断裂韧性和裂纹扩展速率等优于 AK4-1 合金, 个别指标甚至高出 40%。是最有希望用于新一代超音速干线民机的高温铝合金。 (朱荃芳)