

# 光学纤维面板中网络成因

朱耀武 刘峻 (中国建材研究院)

**〔摘要〕** 网络严重影响光学纤维面板的质量, 其形成原因主要有三个方面: 制成光学纤维面板的芯玻璃与皮玻璃之间的化学相容性欠佳; 拉丝、排板操作过程中的操作不当和污染; 热压拉丝工艺制度的影响。通过工艺试验就可以确定产生原因并有效地加以解决。

**关键词:** 光学纤维面板, 网络

## 一、前言

网络是光学纤维面板中要求检验的一项重要指标。网络形成的实质是二次复丝或一次复丝边界上的纤维芯皮界面反射率降低, 当用肉眼观察时就可以看见一个六边形网状结构, 严重影响光学纤维面板质量。根据多年来的试验本文提出网络成因及其解决方法。

## 二、网络形成的原因及其解决方法

网络形成的原因及其解决方法主要有以下几个方面:

### 1. 芯玻璃与皮玻璃的化学不相容

光学纤维面板是由几千万根玻璃纤维组成的, 每根玻璃纤维由高折射率的芯玻璃和低折射率皮玻璃制成, 它是根据光的全反射原理通过芯皮界面多次反射来传递图象的。高质量的光学纤维面板对制成它的芯皮玻璃应该满足以下几个条件:

(1) 芯皮玻璃折射率差要接近 0.4, 以满足数值孔径为 1 的要求, 提高集光的能力。

(2) 芯玻璃和皮玻璃应具有相匹配的拉

丝粘度( $\sim 10^7$  泊), 而热压温度比拉丝温度低, 热压时要求芯玻璃比皮玻璃又要有较高的粘度( $\sim 10^9$  泊), 以便提高气密性合格率。

(3) 皮玻璃相对于芯玻璃要有足够低的热膨胀系数, 这样在拉丝冷却时玻璃丝表面产生压应力, 以提高玻璃纤维的机械强度。

(4) 芯玻璃和皮玻璃的抗折晶性能要好, 以便于经受多次拉丝工艺及热压工艺的操作。

(5) 尽可能低的比重。

满足上述要求的玻璃系统可以拉制出高质量的玻璃纤维, 经过热压后可制成传像性能最佳的光学纤维面板。但是要完全达到上述要求的玻璃系统不容易得到, 因为皮玻璃通常采用硼酸盐或钠钙玻璃, 其折射率在 1.48-1.51 之间, 要求相互匹配的芯玻璃是折射率在 1.80-1.85 的镧系玻璃。折射率增大析晶速率明显增大, 温度-粘度曲线斜率也同样增加。这样, 在拉制纤维时如果芯皮不匹配就会产生离子扩散, 使芯皮界面全反射系数明显下降; 如果芯皮玻璃界面上出现析晶乳化或分层, 就会破坏界面的完美性, 也会致使反射系数明显下降。此外, 由于光学纤维面板中有光吸收玻璃, 而且光吸收玻璃与皮玻璃成分相近, 如果光吸收玻璃中着色剂渗入到皮玻璃中也会破坏界面的全反射。因此应尽量避免。

关于芯皮玻璃相互扩散对界面上全反射系数的影响,有人进行了理论计算<sup>[1]</sup>。假定光学纤维皮玻璃层的厚度为 $0.6\mu$ ,在芯中和皮层中的扩散深度相等,光线的入射角等于临界角,则计算结果如表1。

表1 扩散深度与反射系数关系

扩散深度 $\delta(\mu)$	0	0.06	0.3	0.54	0.6
扩散程度 $\delta/0.6$	0	0.1	0.5	0.9	1
反射系数	0.89	0.84	0.55	0.04	0.006

从表1中可知,当芯玻璃组份进入涂层一半厚度以上时,光学纤维已不再透光了。不同芯玻璃料和皮玻璃料的配合试验证实了这一点。

表2

芯玻璃料	皮玻璃料	热压拉丝工艺	网络情况
$2^{\text{F}}$	$B_2$	相同	有
$2^{\text{F}}$	$B_1$	相同	无

从表2可知,在相同工艺条件下同一芯玻璃和不同的皮玻璃而出现不同结果,原因是芯皮玻璃化学不相容所致。

图1是相容性差的两种玻璃制成光学纤维面板的显微照片。

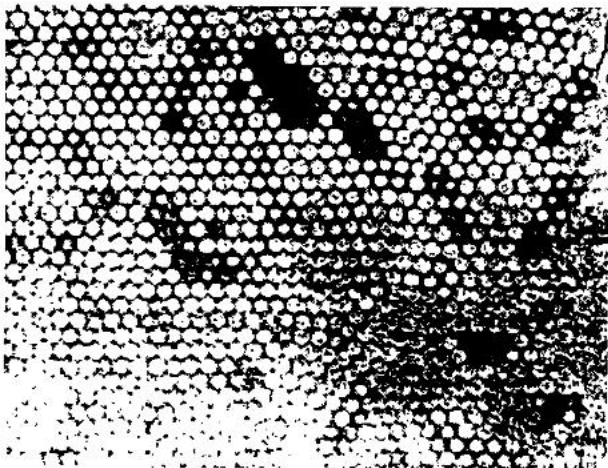


图1 相容性差的两种玻璃制作的  
光学纤维面板的显微照片

## 2. 拉丝和排板操作过程中引起网络

在拉丝过程中通常采用摩擦传动,通过一对橡胶轮将纤维拉制成所需要的尺寸,如果橡胶轮的质量包括耐磨性、硬度和耐热性不好,或者不及时更换用久的橡胶轮,这样就会有少量橡胶粘在纤维表面,在排板过程中污物粘在纤维表面,而在热压过程中没有充分燃烧,二次复丝界面上就会出现网络。

## 3. 热压和拉丝工艺制度对网络的影响

利用我们研制出化学相容性良好的芯、皮玻璃成分,在熔化工序熔制出合格的芯皮玻璃棒管,在拉丝工序精心操作,把无污染、无破损的二次复丝排列在模具中,下一步所遇到的问题就是:如何合理地制定热压和拉丝工艺制度,使光学纤维面板没有网络。在本文中,拉丝工艺制度主要是指拉丝温度,热压工艺制度是指热压温度、高压保压时间……等。在热压过程中,温度的高低、高温时间的长短对网络的形成起着重要的作用,温度过高或高温时间过长就会形成网络。首先在光学纤维面板外围形成网络,如果高温时间再延长就会在整个面板上形成网络。若温度过低在复丝界面尚未压紧也会产生网络。同一种芯皮玻璃进行不同拉丝温度下试验表明,当拉丝温度过高时,包括一次或二次复丝都可以出现网络现象。因此,我们进行了大量热压和拉丝工艺制度实验,表3和表4列出了其中几个实验结果。

从表3中可以看出,热压温度的高低对光学纤维面板网络的出现与否起着决定性的作用。当热压温度 $<673^{\circ}\text{C}$ 时,光学纤维面板不产生网络,当热压温度 $\geq 673^{\circ}\text{C}$ 时,不论高压保压时间的长短,拉丝温度的高低,均易出现网络。

表3 热压与拉丝工艺制度试验I

试验号	550℃保温时间 (min)	热压温度 (℃)	高压保压时间 (min)	拉丝温度 (℃)	网络情况
3	60	673	20	849	有
4	60	671.5	20	846	无
5	60	670	30	840	无
7	60	673	33	842	有

表4 热压与拉丝工艺制度试验II

试验号	550℃保温时间 (min)	热压温度 (℃)	高压保压时间 (min)	拉丝温度 (℃)	网络情况
2	60	670	60	880	有
3	60	670	50	880	有
6	60	670	60	874	无
7	60	672	52	873	无
9	60	671	60	871	无

当热压温度 $< 673^{\circ}\text{C}$ 的范围时,为正常热压温度。在正常热压温度下,光学纤维面板也会出现网络现象,那么此时哪一个因素起主要作用呢?经过长期的实践,认为热压

温度、拉丝温度、高压保压时间、拉丝温度与高压保压时间的交互作用等因素,都有可能引起光学纤维面板产生网络,所以对表4的结果进行了回归分析,分析结果见表5。

表5 分析结果

分析结果	热压温度	高压保压时间	拉丝温度	拉丝温度与高压保压时间的交互作用	F 临界值
F 值	3.657	0.024	14.717	0.302	$F_{0.01}(1,5) = 16.3$
对光学纤维面板网络影响程度	影响不显著	影响不显著	影响显著	影响不显著	$F_{0.05}(1,5) = 6.61$
					$F_{0.1}(1,5) = 4.06$

从表5中可以看出,拉丝温度对光学纤维面板网络的影响显著,其它因素均对光学纤维面板网络的影响不显著,它们影响程度的排列次序如下:

拉丝温度 $>$ 热压温度 $>$ 拉丝温度与高压保压时间的交互作用 $>$ 高压保压时间

从表4还可以看出:拉丝温度偏高,光学纤维面板易产生网络;光学纤维面板于 $550^{\circ}\text{C}$ 保温60分钟不是产生网络的因素。

所以,在现有光学纤维面板芯、皮玻璃

成分及生产工艺条件下,如果光学纤维面板出现网络,则应该检查热压温度是否高于正常热压温度范围;如果热压温度处于正常范围内,则应该调整拉丝温度。

### 三、结 论

综上所述,要解决网络形成主要从芯皮相容性、拉丝、热压工艺中解决。

1. 要研制出化学相容性良好的芯、皮玻  
(下转第34页)

表5 复合水泥技术经济分析表

材料名称	熟料	铜矿渣	石灰石	干矿渣	石膏	$\Sigma$ (元/t)	材料差价 (元/t)
材料价格(元/t)	120	50	10	140	70		14.9
原 325 配比(%)	55	/	/	40	5		
材料成本(元/t)	66	/	/	56	3.5	125.5	
现 325 配比(%)	55	5	8	27	5		
材料成本(元/t)	66	2.5	0.8	37.8	3.5	110.6	
原 425 配比(%)	70	/	/	25	5		17.9
材料成本(元/t)	84	/	/	35	3.5	125.5	
现 425 配比(%)	70	5	8	12	5		
材料成本(元/t)	84	2.5	0.8	16.8	3.5	107.6	

以 10 万吨规模水泥厂为例, 生产 325、425 复合水泥各半, 每年可利用铜矿渣 0.5 万吨、石灰石 0.8 万吨, 吨水泥降低材料成本 16.4 元/t, 相对生产矿渣水泥而言, 年为企业增加直接经济效益 164 万元。

### 三、结 语

1. 因地制宜, 采用铜矿渣作混合材料与石灰石、矿渣制造复合硅酸盐水泥是成功

的, 迄今尚未见到有关的报道。

2. 工业生产过程可稳定制备 325、425 水泥。由于铜矿渣和石灰石的活性微集料作用促使熟料水化速率加快, 使该水泥具有优良的物理力学性能。水泥外观呈淡黑色, 深受用户青睐。

3. 生产本品种复合水泥, 可降低材料成本 16.4 元/t, 不仅大幅度提高了企业的经济效益, 同时有效地治理了工业废渣污染, 有良好的发展前景。

#### (上接第 30 页)

璃成分。

2. 在拉丝操作过程中, 操作人员要细致、精心, 不能把光学纤维丝碰破或弄脏, 同时要定期检查拉丝用的橡胶轮有无损伤并及时更换。

3. 当上述两点满足后, 在现有光学纤维面板芯、皮玻璃成分及生产工艺条件下, 如果光学纤维面板出现网络, 则应该检查热压

温度是否高于正常热压温度范围; 如果热压温度处于正常范围内, 则应该调整拉丝温度。

#### 参考文献

[1] 刘德森等《纤维光学》, 科学技术出版社, 1987.