

· 光电器件与材料 ·

光纤面板放大像畸变的产生机理分析

张 弦, 刘 辉, 贾金升

(中国建筑材料科学研究总院, 北京 100024)

摘要:放大像畸变是光纤面板常见像畸变的一种,由于它的存在,极大地影响了相关元器件的成像质量和精度。研究了光纤面板内部放大像畸变的分布,发现板段内横向放大率变化趋势为由大变小然后又逐渐增大,靠近边缘位置存在一个突变区;纵向上中心放大率最小,两端放大率最大。根据单纤维的局部微观受力情况分析该种放大率分布产生的原因及影响因素,通过增加润滑材料,以及优化光纤面板毛坯板段的热压温度和下压刻度等工艺参数,实现了有效控制放大像畸变在1%以内的目标。

关键词: 光纤面板;像畸变;放大率

中图分类号: TN204

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2013)-01-0029-03

Principle Analysis of Magnification Image Distortion in Fiber Plate

ZHANG Xian, LIU Hui, JIA Jin-sheng

(China Building Materials Academy, Beijing 100024, China)

Abstract: As one of the common image distortions in fiber plate, the imaging quality and accuracy of relative components are influenced by magnification image distortion greatly. Distribution of magnification image distortion in fiber plate is researched. Changing trend of horizontal magnification in plate is from high to low then grows high gradually and there is an abrupt area close to edges. Center magnification is the lowest at vertical and magnifications at both ends are the highest. According to forced states of single fiber at local micro area, producing reasons and influence factors of the magnification distribution are analyzed. Magnification image distortion is controlled in 1% effectively by adding lubricating materials and optimizing process parameters such as thermo-forming temperature and suppressed scale etc. of roughcast sections of optical fiber plates.

Key words: fiber plate; image distortion; magnification

光学纤维面板是由许多根规则排列的光学纤维经过高温熔压而成的一种硬性光纤元件。它具有集光性能好、分辨率高、可以无失真地传递图像等特点,广泛应用于各种电子光学器件的输入、输出屏,可以显著改善电子光学器件的性能,尤其是作为夜视用微光像增强器的核心器件,它的使用显著提高了成像质量^[1]。

但是,由于制造工艺等因素的影响,光纤面板中会存在一些结构缺陷,导致成像畸变,进而影响瞄准设备的观察和瞄准精度,必须严格加以控制。放大(缩小)像畸变就是这些像畸变中的一种,它是指图

像经过光纤面板的传递后会产生一定程度上放大或缩小。当作为输入输出窗口的光纤面板存在放大或缩小作用时,必然会导致所传图像的放大或缩小,尤其是当整个面板的放大缩小不一致时,会形成枕形畸变或者桶形畸变,影响成像质量^[2]。为改善这一像畸变,部分系统会采用数字方法对该畸变进行校正^[3],这显然提高了系统的复杂性,不利于设备的小型化。由于同一块光纤面板输入输出面的变化会导致成像放大缩小效应的转换,为统一起见,以下将放大缩小像畸变统称为放大像畸变。

文中将从光纤面板毛坯板段的放大像畸变测试

收稿日期: 2012-11-28

作者简介: 张弦(1981-),男,湖北人,硕士,工程师,现主要从事光纤面板与微通道板的生产研发以及特种光学玻璃的研发工作。

结果出发,分析整个毛坯板段的放大像畸变分布情况,探讨其产生的机理,并根据研究结果及实际工艺情况采取改进措施,以期实现有效控制放大像畸变的目标。

1 放大像畸变的测试方法

将光纤面板的一面置于十字基准分划板的夹具中,用漫射光垂直照射长度为 L_1 的直线段,经光纤面板另一端面输出的直线段图形,通过投影仪投影观察,在投影仪上读出经光纤面板输出的该直线段的长度 L_2 (实际测试时,一般取 $L_1=2\text{ mm}$,测量实际 L_2 的长度,放大像畸变计算公式为^[4]

$$M=(L_1-L_2)/L_1(\text{测量区域取中心}\Phi 2\text{ mm})$$

2 毛坯板段的放大像畸变测量结果及分析

(1) 毛坯板段横向放大像畸变测试结果

从毛坯的中心延伸至外边缘,分别测量不同位置的放大像畸变分布情况如图1所示(其中第一、三只为毛坯的两端,第二支为中间部分)。从图中可以看出,处于两端的毛坯的中心放大像畸变较大,从中心开始逐渐靠近边缘,放大像畸变会有所减小,到达一定位置时,毛坯对图像的影响会从原来的放大变成缩小,进一步靠近边缘位置,放大像畸变开始增大。

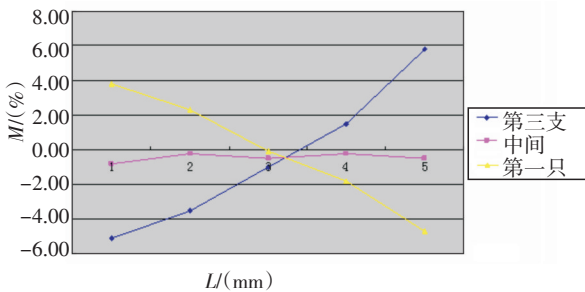


图1 毛坯板段横向放大像畸变分布情况

(2) 毛坯板段纵向放大像畸变测试结果

将毛坯板段沿纵向横切为5 mm的薄板,依次测量中心18 mm范围内的放大像畸变,其结果如图2所示。可以看出,沿毛坯的中间分别向两端方向,均会对图像起放大作用。

目前,国内多采用机械方法制板^[5],由于模具的变形,会导致板段的外型产生塔状的变形,一般会认为这是导致放大率产生的根本原因。如果这一推测

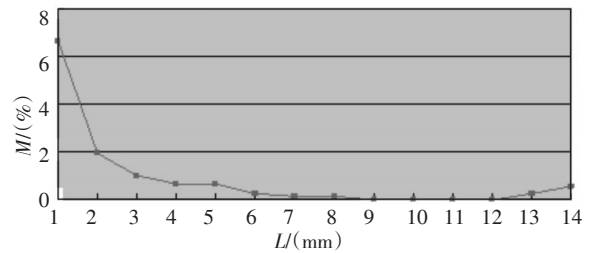


图2 毛坯板段纵向放大像畸变分布情况

正确的话,沿板段中心到塔尖的第一只板,其塔形结构(上端尺寸小下端尺寸大)应该产生缩小畸变,而从测试结果来看,塔尖的第一只板产生的是放大畸变,也就是说在目前的毛坯外形控制精度以及只关注中心有效区域放大率的前提下,产生放大畸变可能另有原因。

3 放大像畸变产生的机理及影响因素分析

熔压过程中,单根复丝的伸长性能主要取决于其受变形力以及接触摩擦力的大小^[7]。相对于中心区域的复丝而言,最靠近边缘的复丝所受摩擦力最大(模具与复丝的接触面对复丝的摩擦^[8],初始状态下由于该摩擦力大于复丝所需的变形力,复丝无法伸长,而次外层的复丝所受到边缘复丝的摩擦同样较大,从边缘到中心,复丝所受的伸长摩擦力逐渐减小。随着压力的增加,中心区域的复丝伸长变形力首先达到使复丝伸长的临界值,中心区域的复丝开始伸长。由于邻近复丝的摩擦作用,(由于多个方向内摩擦力的存在,邻近复丝所产生的摩擦力应与拉应力存在一定的夹角)复丝的伸长部分会产生如图3所示的横向位移^[6],与中间部分的复丝相比,其整体伸长量较小,而且伸长部分局部实际丝径变化较小,

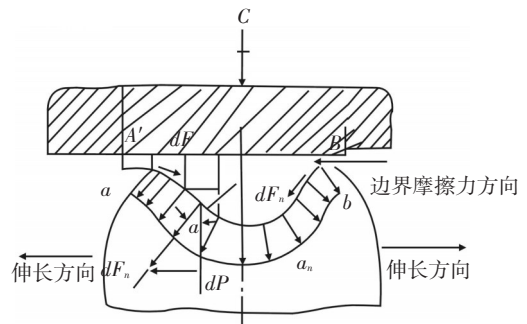


图3 毛坯板段纤维受力分析

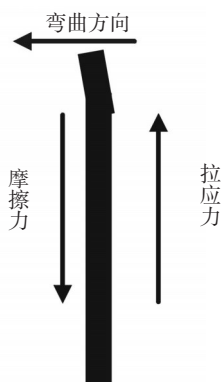


图4 单丝变形趋势图

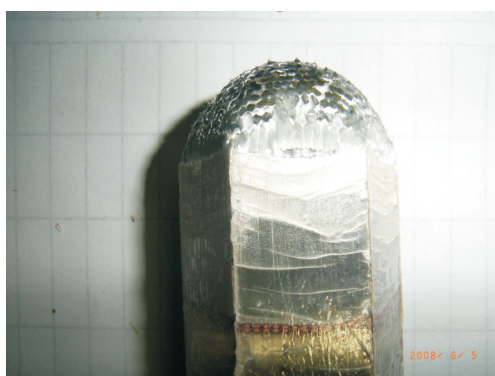


图5 毛坯板段外形实物图

图4即为单根复丝变形趋势示意图;图5为实物图(中心及边缘有明显的外翻,即横向位移)进一步加大压力,中心复丝继续伸长,而且伸长区域逐渐向边缘扩展,直至板段熔压完毕后形成如图5所示的凸出形状。

可以假设突变区是这样形成的:初始加压时,边缘的复丝被压缩,从边缘到中心位置,其压缩程度逐渐递减;板段开始伸长后,中心区域的复丝在外层复丝摩擦力的作用下伸长的同时横向位移,在一定程度上缓解了单元丝的压缩,从而导致同一根复丝在毛坯不同区域的压缩量不同,其中处于毛坯两端的复丝的实际压缩量较小,处于毛坯中心区域的复丝压缩量较大,从而形成放大,这一放大作用逐步从中心向边缘扩展;而边缘复丝在成型模具和中心复丝的双向共同挤压下,靠近毛坯端部的复丝其实际缩小量会大于处于板段中心位置复丝的缩小量,形成缩小区域,当中心的放大区域与边缘的缩小区域重合时会相互抵消形成突变区:突变区内层是放大,外层是缩小。

因此,从上面的分析中可以总结出以下因素将影响放大畸变:

(1)压缩量

板段中心放大像畸变是压力以及压缩量到达一定程度后形成的,因此压缩量增大是形成中心放大的首要因素。由于最外层的复丝伸长较少,随着压缩量的增大,内外层复丝的伸长差别加大,中心区域的复丝横向位移也随之加大,放大像畸变自然也会随之增大。

(2)压板温度

压板温度越高,玻璃粘度越低,中心伸长所需的拉应力以及边缘复丝被压缩所需的应力越小,中心区域的复丝伸长与边缘复丝的伸长差别也越大,其侧向位移也加大,因此在相同下压刻度,压板温度越高,中心放大像畸变也会越大。

(3)保温时间的影响

保温时间的影响较为复杂。当边缘温度较高,而中心温度较低时,中心的伸长量会有所减小,理论上会对减小中心有效区的放大率有利,但是会加大边缘复丝的变形,而且当保温时间过短时,还会导致中心复丝向上拱出现象的发生。

因此,要想从保温时间着手控制放大像畸变,工艺可操作性较差。

(4)模具摩擦作用的影响

模具摩擦力的存在使得边缘复丝的伸长较少,相比之下,中心区域的复丝由于所受摩擦力较小,伸长较大。二者伸长的差别正是导致放大率产生的根本原因。因此,减小模具对复丝的摩擦理论上将有利于控制放大像畸变的产生。

文中尝试在模具与复丝之间增加润滑材料来减少模具对复丝的摩擦力,有效地控制了放大像畸变的产生。图6即为增加润滑材料所制作的板段整个板面的横向放大像畸变变化情况。可以看出,增加润滑材料可以有效减小板段的放大像畸变值,提高整个板段变形的一致性,且在有效区内没有出现放大缩小突变的现象。

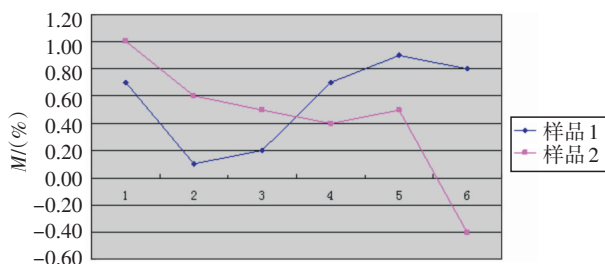


图6 增加润滑材料后毛坯段横向放大率分布情况

(5)料性的长短及芯皮玻璃的粘度差

(下转第75页)

- 用[D]. 武汉:华中科技大学,2010:18-20.
- [9] L Christen, O F Yilmaz, S Nuccio, et al. Tunable 105 ns optical delay for 80 Gb/s RZ-DQPSK, 40 Gb/s RZ-DPSK, and 40 Gb/s RZ-OOK signals using wavelength conversion and chromatic dispersion[J]. Optical Letter, 2009, 34:542-544.
- [10] Okawachi Y, Sharping J E, Xu C, et al. Large tunable optical delays via self-phase modulation and dispersion[J]. Optics Express, 2006, 14(25):12022-12027.
- [11] Wang Y, Yu C, Yan L, et al. 44-ns continuously tunable dispersionless optical delay element using a PPLN waveguide with two-pump configuration, DCF, and a dispersion compensator[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2007, 19(11):861-863.
- [12] Masayuki Matsumoto, Yoshiyuki Shimada, Hironobu Sakaguchi. Wavelength-Shift-Free SPM-Based 2R Regeneration by Bidirectional Use of a Highly Nonlinear Fiber[A]. Optical Fiber Communication Conference & Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference [C]. California, America, 2008:1-3.
- [13] Zhaoyang Hu, Daniel J. Blumenthal. SPM-Based 2R Regenerative 10 Gbps Optically Linearly Controlled Delay Line with 0 ps to 170 ps Tuning Range[A]. Optical Fiber Communication Conference & Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference [C]. California, America, 2008:1-3.
- [14] Taiji Sakamoto, Takashi Matsui, Kyoza Tsujikawa, et al. Wide-Range Tunable Optical Delay Line Using Dual Concentric Core Fiber With Dispersion Coefficient of -2800 ps/nm/km[J]. Journal of Light Wave Technology, 2011, 29(13):1920-1922.
- [15] 李利军. 高速光时分复用系统关键技术研究[D]. 上海:上海交通大学, 2008:2-3.
- [16] 吴彭生, 韩秀友, 谷一英, 等. 基于可调光时延线的光子学微波频率测量[J]. 光子学报, 2011, 32(9):944-945.
- [17] 陈伟, 李诗愈, 陆培祥. 光纤慢光与全光通信技术[J]. 光通信研究, 2009, 1:40-41.
- [18] 卢超, 毛幼菊. 光分组交换网络中光纤延迟线缓存技术[J]. 光电技术应用, 2009, 24(1):1-4.

(上接第31页)

由于板段的边缘与中心区域通常存在 $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温差^[9], 当原料的粘度随着温度的变化而变化较大时(即料性较短), 由于温差所导致的伸长性能差异也会导致放大像畸变的产生。

另外, 为保证皮料的熔合性能, 芯料粘度会比皮料粘度稍高(较理想的匹配为芯料 T_g 比皮料 T_g 高 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[10], 若芯皮玻璃的粘度差别较小, 熔压过程中芯料变形量较大, 也会导致放大像畸变的产生。

4 结论

产生放大像畸变的原因主要是熔压过程中不同区域的纤维变形不一致。毛坯板段中放大像畸变的具体分布情况为横向放大像畸变变化趋势为(从中心到边缘)由大变小然后又逐渐增大, 靠近边缘位置存在一个突变区; 纵向上中心放大像畸变最小, 两端放大率最大;

压缩量、压板温度、保温时间、模具摩擦和原材料性能等因素都会影响毛坯板段的放大像畸变;

通过在模具与复丝之间增加润滑材料, 减少模具对板段伸长的摩擦阻力, 可以有效控制板段的放大像畸变。

通过综合采取以上措施, 最终实现了放大像畸

变小于1%的产品合格率大于80%。

参考文献

- [1] David W. Stowe etc. Direct Contact Fiber Optic Plates for the Detection of Luminescent Cells. Incom:2007(10).
- [2] Zhang Qing. Character Measurement of Fiber Optic Image Device using CCD Camera, ICCASM 2010:V13-444.
- [3] 邓志成. 一种像增强器图像失真的校正方法[J]. 深圳大学学报(理工版), 2006(7):258-261.
- [4] 顾肇业. 光学纤维面板测试方法[S]. 中华人民共和国国家标准, GB11447-89.
- [5] 钟汉民. 真空气压光学纤维面板工艺初探[J]. 光学技术, 1986(5).
- [6] 林治平. 锻压变形力的工程计算[M]. 北京:机械工业出版社, 1986:70-71.
- [7] 许光明, 崔建忠. 金属成型过程中摩擦的分析[J]. 有色矿冶, 200, 16(5):44-47.
- [8] 刘艳霞, 朱宇姝, 皮亚南. 金属成型加工时坯料与模具间的摩擦特点[J]. 江西科学, 2002, 20(4):245-249.
- [9] 齐艳. 大尺寸光纤产品毛坯制作初探[J]. 机械管理与开发, 2011(4).
- [10] Lee Cook, Susan Patterson. New Fiber Optic faceplate glass system development Electron Image Tubes and Image intensifiers 1990, 1243:176.