

文章编号:1002-2082(2009)02-0309-04

高精度玻璃打孔技术

刘军汉, 闫德全, 周 杨

(华中光电技术研究所 武汉光电国家实验室, 湖北 武汉 430073)

摘要: 光学零件制造领域中, 用传统的方法在微晶玻璃上加工高精度内孔存在很多困难, 如钻孔时常出现椭圆、中心偏、锥形、爆边等问题。为了解决这些问题, 利用简单的钻床和万能外圆磨床设备, 在微晶玻璃上完成钻孔、扩孔、磨边加工后, 得到了内孔尺寸精度为0.01 mm、内孔与外圆同轴度为0.01 mm的高精度圆孔。生产实践表明: 该工艺重复性良好, 加工性能稳定。不仅解决了玻璃钻孔常见问题, 而且得到了高精度玻璃内孔。

关键词: 微晶玻璃; 钻孔; 内孔; 同轴度

中图分类号: TN204

文献标志码: A

High-precision glass drilling technology

LIU Jun-han, YAN De-quan, ZHOU Yang

(Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, Huazhong Institute of Electro-Optics, Wuhan 430073, China)

Abstract: In the processing of common optical elements, there are many problems in drilling high-precision holes on the glass ceramics with the traditional drilling technology. The common problems are ellipse, decentration, taper and edge cracks et al. To resolve these problems, a new drilling technology was used, and a high-precision inner hole, whose diameter tolerance and coaxiality were 0.01 mm, was prepared on a glass ceramic by using a simple drilling machine and a universal cylindrical grinder. The production practice shows that this process is repetitive and steady. The problems existing in the glass drilling were solved and the high-precision inner holes were obtained.

Key words: glass ceramics; drilling; inner hole; coaxiality

引言

卡塞格林光学系统具有很重要的实用价值^[1], 原因是: 反射镜材料比透射镜材料容易获得, 尤其是大尺寸的材料; 反射镜镀铝膜或介质膜的反射层, 在很宽的波段范围内具有很高的反射率; 光学系统没有色差。因此, 在反射式天文望远镜系统、红外系统或紫外光学系统、天文导航及光电跟踪等设备中, 卡塞格林光学系统都有很高的应用价值。为了实现长焦距、短结构的目的, 卡塞格林光学系统中主

反射镜需要钻圆孔^[2-4], 一般内孔尺寸精度小于0.01 mm, 内孔与外圆同轴度要求小于0.01 mm。

在光学零件制造中, 一般采用硬质合金钻头、空心钻头、金刚石空心钻头或超声波打孔方法加工, 在打孔过程中经常出现椭圆、中心偏、锥形、炸裂等常见问题。产生这些打孔常见问题的主要因素是: 钻头变形或摆动大; 夹具没有定好中心, 钻头轴线与工作台面不垂直; 钻头使用时间过长而磨损变形, 工件厚度大; 进刀量过大, 冷却液不足, 钻头转

收稿日期: 2008-09-26; 修回日期: 2008-10-28

基金项目: 华中光电技术研究所自研项目(ZY36)

作者简介: 刘军汉(1981—), 男, 河南南阳人, 硕士, 助工, 主要从事先进光学制造与检测技术的研究工作。

E-mail: j. h. liu@163.com

速太快。为了解决打孔常见问题,就必须控制以上因素。

对于小口径或精度要求不高的孔,采用硬质合金钻头、空心钻头、金刚石空心钻头或超声波打孔方法可以满足加工要求。但是,对于大尺寸、高精度、与外圆同轴度要求高的孔,普通方法通常无法满足要求。例如在圆柱型微晶玻璃($\phi 146\text{ mm}\times 25\text{ mm}$)上打一个口径为 $43.03\pm 0.01\text{ mm}$ 、与外圆的同轴度为 0.01 mm 的内孔,关键就是要解决钻孔常见的问题和提高加工精度。为此,采取了一些措施,解决了问题,加工出来的零件满足了要求。以下为设计出的新的高精度玻璃打孔工艺^[5-9],如图1所示。

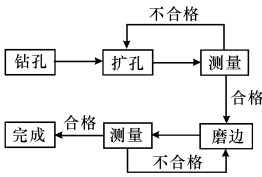


图1 打孔工艺流程图

Fig. 1 Flow chart designed for drilling process

1 玻璃打孔工艺流程

1.1 钻孔

一般光学零件制造中,钻孔会产生较多的问题,而且采用金刚石空心钻头钻孔时,孔的直径通常要比钻头的直径大 $0.1\text{ mm}\sim 0.3\text{ mm}$ 。为了解决钻孔常见问题和满足高精度要求,先将玻璃钻一个小孔,然后采取扩孔的方法将孔扩到需要的尺寸。如果需要 $\phi 43.03\text{ mm}$ 的孔,那么先在玻璃中心钻一个 $\phi 40.7\text{ mm}$ 的小孔,然后将小孔扩到 $\phi 43.03\text{ mm}$ 。钻孔工艺如图2所示。

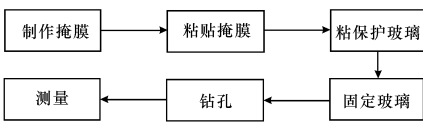


图2 钻孔工艺流程图

Fig. 2 Process flow for drilling holes on glass ceramic

1) 制作掩膜

制作掩膜的目的是为了使孔的轴线与微晶玻璃外圆的轴线重合,掩膜可以用铝皮、塑料片或者纸制作成圆环形状,掩膜的外圆直径与微晶玻璃的口径相等,内孔直径与金刚石空心钻头的口径相等。

2) 粘贴掩膜

将掩膜粘贴到微晶玻璃上,使掩膜外圆与玻璃外圆重合,以便于钻头和掩膜的内孔对齐,从而使钻头定位。

3) 粘贴保护玻璃

将保护玻璃粘贴到微晶玻璃底部,防止在钻孔过程中发生爆边。

4) 固定玻璃

将微晶玻璃安装在台钻的工作平台上,此时要注意保持在玻璃端面与钻头轴线垂直,并且钻头要对准掩膜的内孔,从而保证钻头和内孔同轴。另外,在玻璃上下分别垫上橡皮,以免在钻孔过程中玻璃产生变形或者被压碎。安装示意图如图3所示。

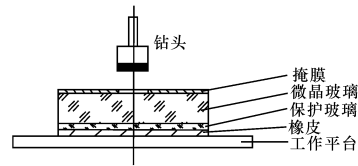


图3 安装示意图

Fig. 3 Schematic diagram of installation

5) 扩孔

扩孔采用金刚石空心钻头,在钻床上实现微晶玻璃的扩孔。此时选择较低转速(大约 480 r/min),以免速度过快使玻璃爆边或者内孔壁出现裂纹。

6) 测量

将钻好内孔的玻璃取下清洗,用内径千分尺测量内孔的直径,百分表测量内孔与外圆的同轴度。

1.2 扩孔

扩孔的目的是将内孔由 $\phi 40.7\text{ mm}$ 扩到 $\phi 43.03\text{ mm}$,并且消除椭圆、锥形等扩孔问题,保证内孔的尺寸精度。使用的设备是外圆磨床,用外径为 25 mm 的金刚石砂轮。扩孔示意图如图4所示。

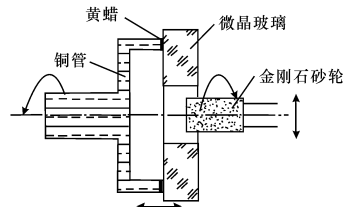


图4 扩孔示意图

Fig. 4 Schematic diagram of reaming

加工步骤如下。

1) 首先将微晶玻璃清洗干净,再用黄蜡粘到铜管上,最后将铜管固定在外圆磨床上。以铜管轴线为基准,在外圆磨床上用百分表调节与内孔的同轴度,使玻璃内孔与铜管的同轴度在 0.05 mm 以内。

2) 用金刚石砂轮(ϕ 25 mm)进行扩孔,直到达到要求尺寸。

3) 用内径千分尺测量内孔直径,用千分表测量内孔与铜管的同轴度在 0.005 mm 以内。

1.3 磨边

当内孔扩加工完成以后,虽然消除了椭圆、锥形、爆边等问题,但是仍然存在中心偏,即内孔的轴线和外圆的轴线不重合。为了解决中心偏问题,就需要对微晶玻璃进行磨边。磨边是在内孔完成后,直接在外圆磨床上对玻璃外圆加工,将玻璃外圆由 ϕ 146 mm 磨到要求的 ϕ 143.56 mm。外圆加工示意图如图 5 所示。

加工完成后,先在外圆磨床上用千分表测量内孔与铜管的同轴度,然后测量内孔与外圆的同轴

度。最后将零件取下清洗,对零件尺寸进行测量。

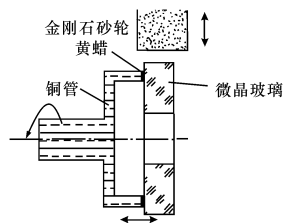


图 5 磨外圆示意图

Fig. 5 Schematic diagram of edging grinding

2 实验研究及分析

2.1 实验研究

对 2 块 ϕ 146 mm \times 25 mm 的微晶玻璃(1#, 2#)进行打孔试验,要求内孔直径为 43.03 mm,外圆直径为 143.56 mm,内孔与外圆同轴度为 0.01 mm。内径用内径千分尺测量,外圆用外径千分尺测量,同轴度用百分表或千分表测量。钻孔、扩孔、磨边后的检测结果如表 2 所示。

表 1 试验结果

Table 1 Experiment results

工艺	编号	内径/mm	内径误差/mm	外径/mm	外径误差/mm	同轴度/mm	同轴度误差/mm
毛坯	1#	—	—	146.10	± 0.04	—	—
毛坯	2#	—	—	145.80	± 0.02	—	—
钻孔	1#	40.70	± 0.02	146.10	± 0.04	0.13	± 0.01
钻孔	2#	40.70	± 0.02	145.80	± 0.02	0.34	± 0.01
扩孔	1#	43.03	± 0.005	146.10	± 0.04	0.13	± 0.01
扩孔	2#	43.03	± 0.005	145.80	± 0.02	0.34	± 0.01
磨边	1#	43.03	± 0.005	143.56	± 0.005	0.01	± 0.01
磨边	2#	43.03	± 0.005	143.56	± 0.005	0.005	± 0.01

2.2 实验分析

在整个加工过程中有很多地方需要注意。在钻孔阶段,掩膜的制造材料需要轻薄,而且掩膜的内孔与外圆的同轴度只要保证在 0.1 mm 以内即可,因为在后面的加工过程中扩孔和磨边就是为了提高同轴度;在粘贴掩膜的时候,掩膜的外圆一定要和微晶玻璃的外圆重合,从而保证所钻的孔基本位于玻璃的中心;在玻璃的底部粘贴保护玻璃是防止金刚石空心钻头在钻穿玻璃时因压力太大而产生爆边;在装夹微晶玻璃时,需要固定在钻床的工作平台上,防止在加工过程中因震动而使内孔呈椭圆;用压板固定玻璃时,在保护玻璃底部和掩膜顶部垫上橡皮,这样不仅防止玻璃被强烈挤压而造成

破裂或变形,也可保证玻璃固定可靠;掩膜的内孔和钻头外圆重合,防止过大的中心偏;玻璃固定后还需保证水平并与钻头垂直,防止孔倾斜;钻孔时要注意用低速(大约 480 r/min),加压要小,切削速率也要低,防止玻璃内壁崩裂。

在扩孔阶段,微晶玻璃和铜管间需要加足够的黄蜡,防止玻璃被金刚砂轮打掉或者冷却液(煤油)将黄蜡浸蚀掉;玻璃刚粘到铜管上时,在工作台上初调内孔轴与铜管同轴;当黄蜡快冷却时,将铜管安装到外圆磨床上调节同轴(同轴度在 0.1 mm 就可以),直到黄蜡冷却;在扩孔时,切削速度控制在 0.03 mm/min 以内,防止微晶玻璃移位或被撞掉;扩孔完成后,用内径千分尺测量内孔直径为

43.03 mm,用千分表打内壁跳动在0.001以内,说明解决了椭圆、锥形、爆边问题。

扩孔完成后,铜管和微晶玻璃不要取下,在外圆磨床上直接磨边,这样才能保证内孔与外圆同轴度;同时,加工过程要尽可能迅速,因为如果加工时间过长,煤油会对黄蜡浸蚀,使玻璃移位或脱落,从而不能保证同轴度要求。

对2块微晶玻璃加工完成后的内孔和同轴度测量,得到玻璃内孔精度达0.01 mm,内孔与外圆同轴度高达0.01 mm,满足卡塞格林光学系统的要求。

3 结论

这种新的玻璃打孔工艺利用简单的钻床和外圆磨床设备,对微晶玻璃进行内孔和外圆加工,不仅解决了椭圆、中心偏、锥形、爆边等钻孔常见问题,而且得到了高精度的内孔并满足同轴度要求。从而解决了长久以来高精度玻璃打孔难的问题,同时又不依赖于高精度高价格的加工设备。

参考文献:

- [1] 潘君骅. 光学非球面的设计、加工与检测[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2004.
PAN Jun-hua. Design, processing and detection for optical aspheric[M]. Suzhou: Soochow University Press, 2004. (in Chinese)
- [2] 苏瑛, 支西玲, 丛丽艳, 等. 晶体光学零件的光胶工艺研究[J]. 应用光学, 2008, 29(2): 289-292.
SU Ying, ZHI Xi-ling, CONG Li-yan, et al. Optical cement technique for optical crystal elements [J]. Journal of Applied Optics, 2008, 29(2): 289-292. (in Chinese)
- [3] 刘军汉, 刘卫国. 超薄LiTaO₃晶片的键合减薄技术[J]. 应用光学, 2007, 28(6): 769-772.
LIU Jun-han, LIU Wei-guo. Ultrathin LiTaO₃ wafer acquired by wafer bonding and mechanical thinning

- processes [J]. Journal of Applied Optics, 2008, 28(6): 769-772. (in Chinese)
- [4] 李爱魁, 王泽敏, 曾晓雁, 等. 溶胶-凝胶法制备SiO₂-TiO₂平板光波导工艺研究[J]. 应用光学, 2008, 29(2): 293-297.
LI Ai-kui, WANG Ze-min, ZENG Xiao-yan, et al. Preparation of SiO₂-TiO₂ planar optical waveguide with sol-gel method [J]. Journal of Applied Optics, 2008, 29(2): 293-297. (in Chinese)
- [5] 孙建章, 吕玉山, 梁宁玉. 电镀金刚石环形钻头钻削玻璃的研究[J]. 机械设计与制造, 2001, 1(1): 58-59.
SUN Jian-zhang, Lü Yu-shan, LIANG Ning-yu. Study on drilling glass with electroplating diamond annular bit [J]. Machinery Design & Manufacture Acture, 2001, 1(1): 58-59. (in Chinese)
- [6] 王俊. 经济性数控系统在玻璃钻孔加工中的应用[J]. 机床电器, 2004, 31(3): 25-26.
WANG Jun. The application of the economic numerical control system on drilling of glass [J]. Machine Tool Electric Apparatus, 2004, 31(3): 25-26. (in Chinese)
- [7] 姜信建. X-Y 数控滑架式玻璃钻孔加工技术[J]. 机械工程师, 2003, 12(3): 57-58.
JIANG Xin-jian. Technique for drilling glass with X-Y NC sliding rack [J]. Mechanical Engineer, 2003, 12(3): 57-58. (in Chinese)
- [8] 姜信建. 玻璃钻孔数控加工技术[J]. 新技术新工艺, 2001, 11(12): 10-11.
JIANG Xin-jian. Numerical control machining technology for drilling of the glass [J]. New Technology & New Process, 2001, 11(12): 10-11. (in Chinese)
- [9] 王东, 陆勇. 玻璃钻孔机钻孔工艺的研究与探讨[J]. 中国玻璃, 2001, 12(2): 3-6.
WANG Dong, LU Yong. Study and investigate of drilling process with glass drilling machine [J]. Chinese Glass, 2001, 12(2): 3-6. (in Chinese)