

# 冰洲石晶体的化学机械抛光研究

王海鹏<sup>1</sup>, 王永宪<sup>2</sup>, 王善军<sup>1</sup>, 薛军<sup>1</sup>

(1.中国人民解放军装甲兵技术学院 机械工程系, 长春 130117 2.中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

**摘要** 针对冰洲石的性能, 在试验的基础上, 研究出一套实用的、行之有效的晶体加工工艺。在重点讨论了化学机械抛光工艺同时, 对加工后零件的表面质量、消光比及透过率进行了测试。结果表明, 所采用的化学机械加工法可取得非常好的抛光效果。

**关键词** 冰洲石; 化学机械抛光; 工艺技术; 性能测试

**中图分类号** O482.3

**文献标识码** A

**文章编号** :1002-2333(2008)08-0117-02

## Chemical Mechanical Polishing of Calcite

WANG Hai-peng<sup>1</sup>, WANG Yong-xian<sup>2</sup>, WANG Shan-jun<sup>1</sup>, XUE Jun<sup>1</sup>

(1.Department of Mechanical Engineering, Armor Technique Institute of PLA, Changchun 130117, China 2.Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

**Abstract** : The paper introduces a set of practical and effective processing technology of Calcite on the basis of a large number of experiments and puts emphasis on chemical mechanical polishing technology. We also test the processing parameter surface quality and transmittance after we process the Calcite material. The results show that chemical mechanical polishing processing we have applied is efficient and practical.

**Key words** : Calcite; chemical mechanical; polishing process technology; performance test

冰洲石晶体是一种非常难得的纯净碳酸钙六角系天然晶体。晶体呈平行六面体状, 每个表面都是平行四边形。由于冰洲石晶体的重屈折、双折射和透明度很高, 因而在光学工业得到广泛应用, 紫外光、可见光及近红外光谱透过范围很宽, 是一种少有的质量高的光学材料。用它

表1 冰洲石晶体性能参数

材料属性	Value
密度	2.7
硬度	3
双折射率(590nm)	0.17193
传动比(550-1300nm)	90%
传输范围	220-3700 nm
化学成分	CaO 56% Co 244%

制成的偏振分光元件, 可用于高档偏振光显微镜、偏振分光仪、旋光仪、椭圆偏振仪、光弹实验装置、激光开关、激光通

讯及计量仪器中<sup>[1]</sup>。冰洲石晶体性能见表1所示。

冰洲石的晶体抛光通常采用传统抛光方法, 但是传统抛光方法无法解决冰洲石解理现象, 对棱镜性能有很大的影响<sup>[2-7]</sup>。本文对冰洲石采用化学机械抛光 (Chemical Mechanical Polishing, 简称CMP) 方法<sup>[8]</sup>。目前国内外没有论文描述冰洲石的CMP过程。但是对于接近冰洲石性能(质软且脆)的晶体如ZnSe有过少量的介绍。他们所用磨料是1-3 $\mu\text{m}$ 金刚砂加有0.5N HNO<sub>3</sub>。抛光盘由松香和沥青制成。在化学机械抛光过程中, ZnSe的各向非均匀性影响表面的平行度<sup>[9-10]</sup>。

本文对冰洲石晶体的CMP工艺进行了研究并对加工后零件表面质量、消光比及透过率等进行测试, 结果表明, 所采用的工艺条件可取得非常好的抛光效果, 消光比

和透过率都超过原先设计的参数, 加工之后的冰洲石Glan-thompson棱镜性能达到设计要求。

## 1 实验

冰洲石晶体属软质的晶体, 在加工上还是比较容易的。但是冰洲石晶体属于脆性材料, 尤其在垂直于光轴面的抛光时, 光轴面容易出现解理, 会裂出小的四面体, 最后影响棱镜性能。

### 1.1 冰洲石 Glan-thompson 棱镜技术指标

冰洲石 Glan-thompson 棱镜技术指标见表2所示。图1所示为冰洲石棱镜加工后的零件图纸, 其中所有的尺寸公差均为 $\pm 0.05$ 。

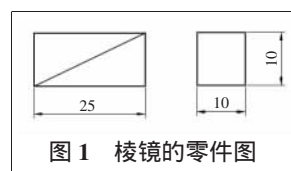


图1 棱镜的零件图

### 1.2 冰洲石晶体缺陷的检测

为了提高晶体加工的成品率, 降低成本、节省工时, 同时考虑晶体中的缺陷对光学材料的均匀性、光损耗等均有影响, 所以晶体中缺陷的检测在晶体加工之前是必不可少的一道工序。冰洲石晶体属于天然晶体, 晶体中不可避免的有各种缺陷(纹理缺陷和错位缺陷)和杂质等。我们选择的晶体是无色、全透明、无包裹体、无裂缝、无双晶、无节瘤。

试验中我们使用事先定向好的晶体, 根据后续工艺

表2 冰洲石棱镜技术指标

棱镜性能	值
同轴度	10'
偏离角	1°
半视场角	10°
传动比	80%
消光比	10 <sup>-5</sup>

### 1.3 冰洲石晶体切割

试验中我们使用事先定向好的晶体, 根据后续工艺

的需要留出一定的加工余量。确定加工余量的原则为：

$$\Delta_n = S_{n-1} - S_n \quad (1)$$

式中  $\Delta_n$ —第  $n$  道工序余量  $S_n$ —第  $n$  道工序破坏层深度  $S_{n-1}$ —第  $n-1$  道工序破坏层深度。

经验指出,以上计算余量太理想化了,实际生产中的余量比计算量大一些,比如粗磨单面余量为 1mm,而  $S_n$  最大常为 0.3mm 以下。由于冰洲石晶体较软,其加工余量应相应增加。

#### 1.4 粗磨

粗磨在冰洲石晶体加工中较易实现,但需满足下述要求:(1)平面粗磨机的转速控制在 20~40r/min,机床要稳。(2)研磨过程中,要勤加砂子,否则冰洲石研磨面会出现解理斑。(3)避免磨盘外缘与晶体接触,防止铁盘外缘划伤研磨面导致解理。(4)垂直于光轴的面易于研磨平整且不崩边,而其它面尤其是平行于光轴的面极易崩边,应注意倒角。

#### 1.5 棱边倒角

为避免在定心磨边过程中对镜面造成损坏,影响镜面的光洁度,我们采取先定心磨边、后抛光的办法。粗磨好的工件的棱边倒角  $0.5 \times 45^\circ$ 。

#### 1.6 抛光

抛光使用的设备是在传统的抛光机基础上改装的,要求转速平稳,抛光温度控制在  $27^\circ\text{C}$  左右。在粗磨过程中,平面镜盘已上完盘,粗磨后可以进行抛光。在开始阶段,用毛毡制作抛光模的抛光盘进行抛光,然后使用软沥青和松香制作抛光模的抛光盘来精修面形精度及表面粗糙度。在粗抛时,抛光液为 W2.5(粒度为  $2.5 \sim 1.5\mu\text{m}$ )的普通  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,精修时用加有双氧水和 NaOH 的光谱纯(粒度为  $0.5\mu\text{m}$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,在抛光过程中,适度增加主轴转速和抛光模压力,同时相应地保持抛光液的正常供给和抛光胶适宜的硬度。这时,抛光效率将随着压力和转速的增加而增加。但是,压力和速度太大会影响面形精度。因此,一般采用线速度为  $0.1 \sim 0.2\text{m/s}$  压力为  $140 \sim 210\text{kg/m}^2$ 。由于速度增加对面形精度有较大影响,并会产生局部或区域误差,所以利用加大压力来提高抛光效率较为适宜。抛光过程应摸索最佳抛光压力和速度。

### 2 加工后零件的性能测试

#### 2.1 表面质量的检测

在实验中使用的是 10 倍放大镜来观察表面质量,检测发现在垂直于光轴的平面上没有明显的三角形凹坑、划痕。

#### 2.2 消光比的测试

消光比的测试采用如图 2 所示方法进行。测试结果

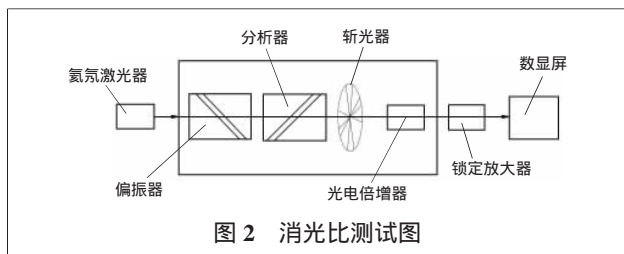


图 2 消光比测试图

表 3 冰洲石消光比测试结果

次数	正光传输光照强度	正光传输光照强度	消光 $\times 10^{-4}$
1	0.00056 lumen	5.55197 lumen	1.0086
2	0.00043 lumen	5.57698 lumen	0.77102
3	0.00041 lumen	5.56795 lumen	0.73635
消光比			0.83865

见表 3 所示。

#### 2.3 透过率的测试

透过率测量使用的是如图 3 所示系统,测量时,首先让光从样品架的空格中通过,测得其光强为  $I_0$ 。然后让光从样品上通过,测得其光强为  $I_1$ ,则透过率  $T = I_1/I_0$ 。测试结果见表 4。

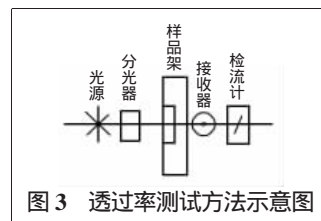


图 3 透过率测试方法示意图

表 4 冰洲石透过率测试结果

次数	光强 $I_0$	光强 $I_1$	透过率 $T$
1	4.78	5.24	91.2%
2		5.18	92.7%
3		5.20	91.9%
平均传输			91.93%

### 3 结 论

粗抛平面采用抛光液为加有双氧水和 NaOH 的(粒度为  $2.5 \sim 1.5\mu\text{m}$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,精抛使用加有双氧水和 NaOH 的光谱纯(粒度为  $0.5\mu\text{m}$ )  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。试验表明,在精抛过程中,抛光液 pH 值保持在 9.5 左右,光洁度最好。对加工后零件的表面质量、消光比及透过率进行测试,结果表明所采用的工艺条件可取得非常好的抛光效果,消光比和透过率的测试都超过原先设计的参数,加工之后的表面质量达到设计要求。

#### [参考文献]

- [1] 金国藩,李景镇.激光测量学[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 李玉红.冰洲石加工的试验研究[D].广州:华南理工大学,1991.
- [3] 吴福全,许晓平,李国华.光学薄膜在格兰·汤普逊棱镜上的应用研究[J].曲阜师范大学学报,1995,21(1):48-51.
- [4] 宋利鹤,等.冰洲石晶体的抛光研究[J].光学技术,1994(3):31-32.
- [5] 宋利鹤,等.冰洲石偏振光棱镜的性能测试及制造工艺[J].光学技术,1994(1):15-19.
- [6] 夏伟,等.冰洲石晶体加工技术的新进展[J].光学精密工程,1995,3(1):1-6.
- [7] 夏伟,等.冰洲石切屑加工表面的形成机理[J].中国机械工程,1998,9(3):54-56.
- [8] Runnels S R, Eyman L M. Tribology analysis of chemical-mechanical polishing [J]. Electrochemical Society, 1994, 141 (6): 1698-1701.
- [9] Gavrilshchuk E M, Timofeev O V, Pogorelko A A, et al. Effect of Polishing Conditions on the Optical Properties of Zino Selenide Surfaces[J]. Inorganic Materials, 2004, 40(3):217-220.
- [10] Cook L M. Chemical process in glass polishing[J]. Journal of Non-Crystal Solids, 1990, 120:152-171.

(编辑 明 涛)

作者简介:王海鹏(1978-),男,讲师,主要从事化学机械方面的研究。  
收稿日期:2008-06-01