

光固化法制造三维零件及其检测*

楼永坚 曹向群 金彤

(浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室, 杭州, 310027)

摘要: 本文介绍了一种光固化法快速造型技术, 阐述了光敏树脂的理化性能和曝光特点, 在精密圆分度台上, 通过旋转平面对零件各参数进行了测定, 得出了一系列平面高度变化和径向变化数据, 并对之分析讨论。

关键词: 光固化 立体光刻 测试

Fabricating and testing of three dimensional model with photohardening polymer

Lou Yongjian, Cao Xiangqun, Jin Tong

(State Key Laboratory of CAD/CG, Zhejiang University)

Abstract: This paper described the fabrication method of the plastic model by using the fast liquid photohardening polymer. The physical, chemical, and photo-sensitive performance of the photopolymer are presented in this paper. When a model was rotating on a circular index table, the parameters of the circular flat surface were tested and controlled with a computer system. The roudness and the variation curves of the flat surface were tested.

Key words: stereolithography photopolymer testing

一、引 言

光固化聚合物经过激光照射之后, 便会从液体状态凝固成固体, 在计算机控制下, 使激光器按 CAD 设定的图形进行逐点曝光, 于是会形成一平面图形, 为了形成立体图形, 采取分层曝光的方法, 即在某一平面内图形曝光完成之后, 在 z 方向向下(或向上)移动, 在曝光过的图形上, 又覆盖一层胶层, 再按 CAD 设定的图形曝光, 然后又在 z 方向升降, 逐渐搭接而成立体图形。此技术需要采用激光、精密机械、光化学、计算机等多方面的技术, 因而光固化法或激光立体成型技术是高科技的产物^[1~2]。

采用该技术加工的零件具有下述特点^[3]: 设计加工一步完成, 加工周期短; 能形成任意形状的曲线曲面; 修改形状仅需修改软件, 甚为方便; 采用光固化材料, 因而提供的是塑料件。此技术在国外发展很快, 已在汽车、飞机、船舶、玩具、假肢、建筑等行业中应用。由于发表的文献中, 很少涉及零件的轮廓尺寸, 为此本文将对一圆形轴类零件提供详细的测试数据, 以供大家参考。

二、工作原理及光固化机理

该技术的工作原理如图 1 所示。光源一般采用 He-Cd 或 Ar⁺ 激光器, 采用石英透镜聚焦,

* 本课题为国家自然科学基金资助。

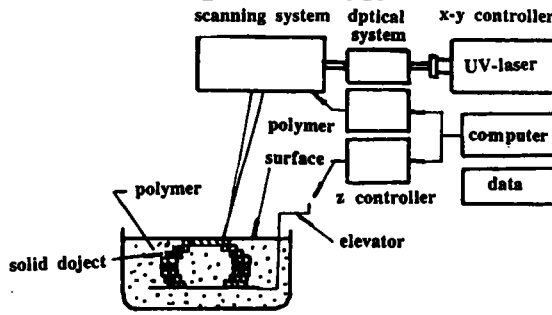


Fig. 1 Schematic diagram of a practical system developed for commercial use

光点聚成 0.2mm~0.6mm 左右,扫描速度约 2.5m/s,当曝光时,微机根据所设计的软件控制光点扫描,在一层图形完成后,z 方向下降一层,于是进行新的一层扫描,液体胶层就逐步形成固体图形,对扫描固化的图形经紫外光照射后,即形成所需零件。

光固化树脂与热固化树脂的特性表面上有些类似,即固化前为液体,具有流动、可塑、易于涂布的特点。光固化之后,使之成为不溶物。因此光固化时,主要考虑光源的波长,曝光强度,吸收透射性等。当前光固化树脂比热固化树脂品种少,价格贵,但比起热固化树脂有下述特点:能在常温下操作;保存时稳定;固化时间短;搭接性能好,因此光固化技术将会迅速发展。

光固化的主要机理为^[5]:在光化学反应中,感光材料分子吸收一个辐射量子,形成一个电子激发态分子,此时电子的跃迁仅在分子中,两个能量满足能级差 Bohr 频率条件时产生:

$$\nu = \Delta E/h$$

式中,ν 为光的频率,h 为 Plank 常数,ΔE 为分子中的能级差。

由此可见,并非所有波长的光波都能使分子产生光化学反应,短波长的紫外光光子的能量更有利于引起光化学反应。

三、光固化试验及固化零件测试

光固化树脂通常由两部分组成,光固化聚合物和光固化引发剂^[4],我们对环氧聚硅氧烷丙烯酸脂预聚物和氨基甲酸酯丙烯酸预聚物作为光固化聚合物进行了研究,而两种光固化引发剂采用 5% 左右的安息香乙醚和安息香双甲醚,采用高压汞灯进行光固化实验,图 2 为环氧聚硅氧烷丙烯酸脂预聚物加入少于 5% 的安息香乙醚之后的光固化曲线图。图中曲线 1, 2, 3, 照度分别为 140lx, 220lx, 330lx。显然,随着

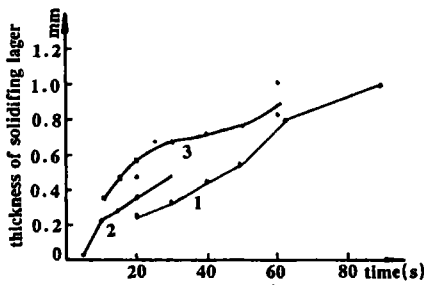


Fig. 2 Relationship between solidification layer thickness and solidifying time
1- 140lx 2- 220lx 3- 330lx

曝光时间的增加,固化厚度会增加,照度增大,厚度亦增大。

外廓概貌如图 3 所示的零件是在 SLA 系统上完成(SLA 为美国 3D-Systems 公司的立体光固化机)的。零件 A 面经过切割,在测试几个表面时作为基准面,零件采用网格成型技术,颜色呈微黄,强度、硬度属于硬塑料类。

零件的测试是在精密机床台面上完成的^[6],

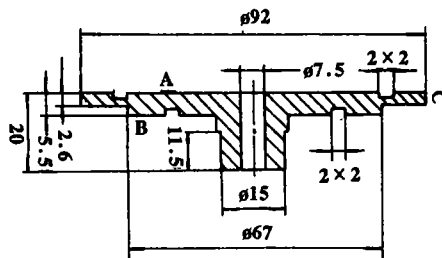


Fig. 3 Tested solid object

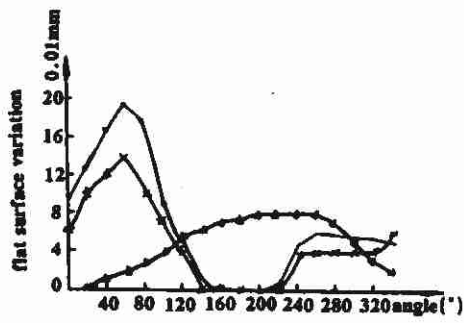


Fig. 4 Flat surface variation of three hoops
— $\varnothing 80\text{mm}$ x— $\varnothing 62\text{mm}$ Δ — $\varnothing 35\text{mm}$

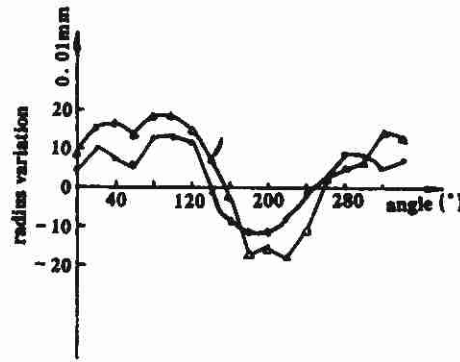


Fig. 5 Circular flat surface variation
— $\varnothing 92\text{mm}$ Δ — $\varnothing 67\text{mm}$

测试 B 面时, 以 A 面为基准, 测试 $\varnothing 80\text{mm}$, $\varnothing 62\text{mm}$, $\varnothing 35\text{mm}$ 三个环带, 测试时零件放于旋转台上, 每 20° 测试一点, 其测试结果表现了 B 面的平面度变化, 如图 4 所示。

对零件 $\varnothing 92\text{mm}$, $\varnothing 67\text{mm}$, 的两个侧面 C 进行了测试, 结果如图 5 所示。对零件的两个环带 $\varnothing 82\text{mm} \sim \varnothing 92\text{mm}$, $\varnothing 57\text{mm} \sim \varnothing 67\text{mm}$ 在均布的 120° 三个方向进行了测试, 得出了径向尺寸变化数据, 见附表。

Table. Testing data on radius direction

direction	position							
	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8.0	9.6	
$\varnothing 82\text{mm}$	0°	0	0.02	0.04	0.08	0.10	0.11	0.15
	120°	0	0.04	0.06	0.10	0.12	0.14	0.16
	240°	0	0.02	0.06	0.12	0.14	0.20	0.24
$\varnothing 57\text{mm}$	0°	0	0.03	0.06	0.13	0.15	0.19	0.27
	120°	0	0.02	0.04	0.06	0.10	0.16	0.18
	240°	0	0.01	0.02	0.06	0.13	0.16	0.18

参 考 文 献

- 1 永森 茂. 光アイアンス, 1994; (5): 19~23
- 2 山田 真次郎. 光アイアンス, 1994; (5): 29~30
- 3 曹向群. 国际学术动态, 1994; (4): 59~61
- 4 楼永坚, 曹向群. 应用激光, 1994; 14(4): 174~176
- 5 范华良, 曹向群. 光子学报, 1994; 23(2): 168~173
- 6 曹向群主编. 光学刻划技术论文精选. 北京: 机械工业出版社, 1991: 129~138



作者简介: 楼永坚, 女, 1970 年 10 月出生。硕士。目前从事 VLSI CAD 工作。

收稿日期: 1995-04-03 收到修改稿日期: 1995-06-13