

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.08.010

GF/碳酸钙复合改性 PS 选择性激光烧结实验^{*}

杨来侠¹, 陈梦瑶¹, 宋娟²

(1. 西安科技大学机械工程学院, 西安 710054; 2. 榆林职业技术学院, 陕西榆林 719000)

摘要: 针对选择性激光烧结工艺中聚苯乙烯 (PS) 粉末烧结件强度不足的缺点, 通过添加玻璃纤维 (GF) 粉末和碳酸钙粉末制备 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末来提高烧结件强度。采用单因素实验法、弯曲强度测试和扫描电子显微镜分析探索了 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型的不同工艺参数范围, 研究了不同工艺参数对烧结件弯曲强度的影响。结果表明, 分层厚度在 0.18~0.22 mm 范围内, 扫描间距在 0.25~0.29 mm 范围内, 扫描速度在 1 500~1 800 mm/s 内可以确保 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型; 分层厚度为 0.18 mm, 扫描间距为 0.25 mm, 扫描速度为 1 500 mm/s 时, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度最高, 可达 10.94 MPa; 在 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型的工艺参数范围内, 随着分层厚度、扫描间距、扫描速度的增大, 弯曲强度降低。

关键词: 选择性激光烧结; 聚苯乙烯; 玻璃纤维; 碳酸钙; 弯曲强度

中图分类号: TG439.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)08-0044-06

Selective Laser Sintering Experiment of Polystyrene Modified by Calcium Carbonate and Glass Fibre

Yang Laixia¹, Chen Mengyao¹, Song Juan²

(1. College of Mechanical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Yulin Vocational and Technical College, Yulin 719000, China)

Abstract: Aiming at the shortage of polystyrene (PS) sintered parts' strength in selective laser sintering (SLS) process, the strength of sintered parts were improved by putting GF and CaCO₃ into the PS powder. The different process parameters' ranges of the sintered parts molding with PS/GF/CaCO₃ composite powder were detected by means of single factor experiment method, bending strength measure and SEM analysis, the effects of which on the sintered parts' bending strength were observed. The results show that, with the layer thickness of 0.18~0.22 mm, the scanning interval of 0.25~0.29 mm and scanning speed of 1 500~1 800 mm/s, the kind of PS/GF/CaCO₃ composite powders can be sintered to be parts. The layer thickness is 0.18 mm, the scanning interval is 0.25 mm and the scanning speed is 1 500 mm/s, which can make the bending strength of PS/GF/CaCO₃ composite powder sintered parts highest, even reach to 10.94 MPa. During the range of best process parameters above, bending strength is decreased with the increase of layer thickness, scanning space, scanning speed.

Keywords: selective laser sintering; polystyrene; glass fibre; calcium carbonate; bending strength

选择性激光烧结技术是 3D 打印技术的一种, 基于材料累加成型原理, 导入经切片软件处理的试样模型, 启动自动成型系统, 逐层扫描, 依次累加, 将三维加工转变为二维累加直至烧结件成型^[1]。选择性激光烧结工艺在加工零件时, 可以不受其形状自身复杂程度的制约, 依照切片模型, 可直接烧结成型; 成型速度快, 成本低, 相对于传统加工方法, 制造工艺简单、成型精度高、大大降低生产成本以及提高了效率^[2]; 材料选择方面, 选择性激光烧结工艺的粉末选择范围较广, 有粉末自身可提供支撑、可直接烧结零件等诸多优点, 发展速度迅猛。

聚苯乙烯 (PS) 粉末是拥有较低的玻璃化转变温度、收缩率小、成型过程中流动性较好、价格便宜

等众多优点的热塑性高分子材料^[3]; 但是, 在选择性激光烧结工艺下, PS 烧结件存在孔隙率较大, 强度不足, 精度低的问题。为了满足工业生产要求, 需要对 PS 粉进行材料改性实验探索^[4]。玻璃纤维 (GF) 强度高, 加入到 PS 基体粉末中可以改善烧结件的力学性能, 这是因为 GF 粉末和 PS 粉末混合后, 会使作用力传导到 GF 上, GF 自身强度较高且被充分利用, 从而达到增强烧结件强度的目的^[5], 因玻璃纤维价格适中, 自身性能优异, 是纤维增强中最为常

^{*}863 计划项目 (2015AA042503)

联系人: 杨来侠, 教授, 博导, 主要从事快速成型与模具制造研究

收稿日期: 2017-05-15

见的手段之一;由于无机材料 GF 粉末和有机材料 PS 粉末相容性较差,单纯的物理混合不能达到理想的效果,故提前用硅烷偶联剂处理,来解决 GF 粉末与 PS 粉末的相容性问题^[6]。碳酸钙(CaCO_3)表面原子处于高度活化状态,粒子颗粒非常小,为微米级粉末材料,表面积比较大,是一种常用的无机填充剂。在塑料中添加,可使结晶颗粒变细小,并能控制一定的晶型,从而达到提高韧性的目的^[7]。同理,由于无机材料 CaCO_3 粉末和 PS 粉末存在相容性较差的问题,前期采用铝酸酯偶联剂对 CaCO_3 粉末进行处理,以提高 CaCO_3 粉末和 PS 粉末的相容性,便于实验的顺利进行。

选择性激光烧结工艺下,针对 PS 改性研究的文献中,有 GF 改性 PS,使其强度提高^[8],但精度方面不足;有 CaCO_3 改性 PS,精度得以改善强度却不足^[9]。通过查阅文献及结合前期实验经验,选用 GF/ CaCO_3 复合粉末为增强材料,PS 粉末为基体材料,进行 PS 的选择性激光烧结实验,以 PS/GF/ CaCO_3 复合粉末烧结件弯曲强度为指标,利用单因素实验、扫描电子显微镜实验研究 GF/ CaCO_3 复合粉末初步改性 PS 的可行性。此次实验是在 SLS 工艺下,GF/ CaCO_3 复合改性 PS 的探索性实验,在确保 PS/GF/ CaCO_3 复合粉末烧结件成型的前提下,研究烧结件成型的工艺参数范围;后期需进行一系列的实验探索并确定复合粉末的最佳配比及最佳工艺参数,以得到弯曲强度最好的烧结件,为后期功能件的使用奠定基础。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PS 粉: 125 μm , 江苏常州荣晟新材料科技有限公司;

GF 粉: 75 μm , 四川至诚长远复合材料有限公司;

CaCO_3 粉: 10 μm , 北京三明轩贸易有限公司;

铝酸酯偶联剂: 北京三明轩贸易有限公司;

硅烷偶联剂: 靖江市康高特塑料科技有限公司。

1.2 主要仪器及设备

激光快速成型机: XJRPSLS300 型, 陕西恒通智能机器制造有限公司;

数显游标卡尺: 0~150 mm, 太欣半导体股份有限公司;

多功能静力学试验机: PLD-5kN 型, 美特斯工

业系统(中国)有限公司;

扫描电子显微镜(SEM): S-4800 型, 日本 Hitachi 公司;

电热鼓风干燥箱: 101-2AB 型, 上海实研电炉有限公司。

1.3 PS/GF/ CaCO_3 复合粉末制备

首先将准备好的 GF 粉末用硅烷偶联剂处理, CaCO_3 粉末用铝酸酯偶联剂处理; 其次对 PS 粉末、处理的 GF 粉末、处理的 CaCO_3 粉末进行干燥处理; 然后分别将粉末通过 106 μm 的筛子筛选备用; 最后通过查阅文献和前期实验基础, 将 PS : GF : CaCO_3 复合粉末按照 8.5 : 1 : 0.5 的质量比机械混合, 搅拌均匀。

1.4 试样制备

笔者所用激光快速成型机, 激光器类型为 CO_2 激光器, 激光束直径 0.3 mm, 设定预热温度为 75℃, 实验功率为 25 W, 选取分层厚度为 0.18~0.25 mm, 扫描速度为 1500~2000 mm/s, 扫描间距为 0.25~0.30 mm。基于 ISO 178:2010《塑料—弯曲性能的测定》, 烧结 80 mm×10 mm×4 mm 的烧结件试样, 实验过程中每次成型 5 个试样, 为了确保 5 个试样的性能一致, 在烧结过程中将 5 个试样模型按 1×5 的矩形阵列排布一次成型, 烧结件排布图如图 1 所示。

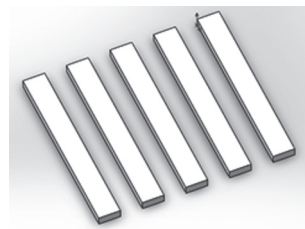


图 1 烧结件排布图

1.5 性能测试及表征

尺寸测量: 将烧结件用数显游标卡尺测量 X 、 Y 及 Z 三个方向尺寸的长(l)、宽(b)、高(h)各 5 次, 计算出平均值。

弯曲强度测试: 通过多功能静力学试验机, 对所制备的 PS/GF/ CaCO_3 复合粉末烧结件进行 3 点弯曲试验, 多功能静力学试验机设定施力速度为 5 mm/min, 压头半径 R 为 5 mm, 支撑跨距 S 为 64 mm, 最大弯曲力 F ; 根据公式 $\sigma = \frac{3FS}{2bh^3}$, 计算出

弯曲强度 σ , 弯曲强度为每组 5 个 PS/GF/ CaCO_3 复合粉末烧结件的弯曲强度平均值。

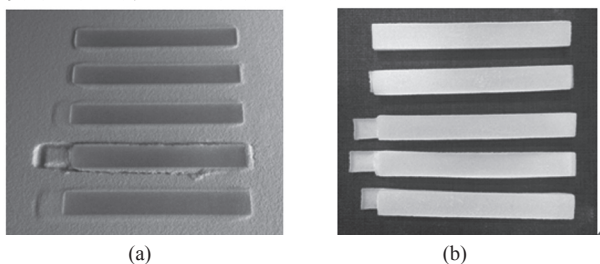
SEM:将所制备的 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件机械折断,然后对折断面进行喷金处理,最后在 SEM 下通过不同倍数的放大来观察断裂面的内部结构。

2 结果与讨论

2.1 分层厚度对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响

SLS 成型工艺是通过逐层累加来形成三维实体的,所以制件在 Z 向的分层厚度是非常关键的。由于 SLS 工艺的成型原理,只要对三维模型进行分层切成薄片,就不可避免地产生台阶效应,一般来说分层厚度越小,制件精度越高。然而分层厚度并非越小越好,分层厚度取值小,就必须选用较小的粉末颗粒,而粉末越小就容易引起团聚和静电现象,造成铺粉困难或不能铺粉,同时成型效率也会大大降低,因此分层厚度的选取还应与粉末粒径大小以及其它工艺参数相匹配^[10]。本次实验分层厚度选取范围为 0.18~0.25 mm。

实验为单因素烧结实验,即固定其它工艺参数,只改变单一变量值。依照前期的数据分析,设定扫描间距为 0.25 mm,扫描速度分别在 1 500, 1 600, 1 700, 1 800, 1 900, 2 000 mm/s 的情况下,选取分层厚度从 0.18 mm 增至 0.25 mm 时,观察分层厚度的改变对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响;通过实验发现,当分层厚度大于 0.22 mm 时,PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件不能正常成型,错层现象明显,烧结件错层图如图 2 所示,PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件不能正常成型,因此,为了确保 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件正常成型,分层厚度的选取应为 0.18~0.22 mm。随分层厚度、扫描速度的变化,PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度值也在变化,不同扫描速度下弯曲强度与分层厚度关系图如图 3 所示。



(a) 烧结过程错层图; (b) 烧结件错层图

图 2 烧结件错层图

分析图 3 可得, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度最高值为 10.94 MPa。此时分层厚度、

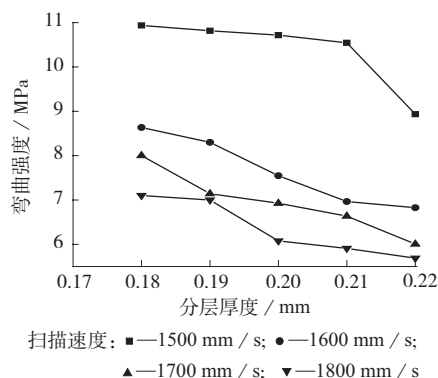


图 3 不同扫描速度下弯曲强度与分层厚度关系图

扫描速度、扫描间距分别为 0.18 mm, 1 500 mm/s, 0.25 mm。由图 3 可得,扫描速度相同时,即观察单一曲线,随着分层厚度的增大, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末制件弯曲强度值由大变小;当扫描速度由 1 500 mm/s 增至 1 800 mm/s,所有曲线走势相同,均呈递减状态,分层厚度对制件弯曲强度的影响变化规律相同。这是由于在烧结粉末的过程中,分层厚度由小至大,但激光的能量密度是一定的,激光在粉末中需要透射的高度增高,也就是说分层厚度增大的过程中,单位面积内 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末接收到的能量变低,过低的能量使得粉末无法进行深度烧结,粉末之间不能充分熔融,仅靠粉末表面颗粒熔融粘结,导致 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末制件强度降低。

2.2 扫描间距对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响

在 SLS 成型过程中,制件由点-线-面-体逐步成型的,扫描间距指的是相邻两条扫描线之间的距离。激光快速成型机的激光直径为 0.30 mm,理想状态下,扫描间隔的取值应低于 0.30 mm,另外由于激光具有高斯光源的特性,边缘处能量相对于中间部分较弱,为了保证 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件相邻扫描线间接收到的能量可以满足烧结件正常成型,也需要将扫描间距调至 0.30 mm 以下。本实验扫描间距范围选取为 0.25~0.30 mm^[11]。

选取分层厚度固定值为 0.20 mm,扫描速度分别在 1 500, 1 600, 1 700, 1 800, 1 900, 2 000 mm/s 的情况下,选取扫描间距从 0.25 mm 增至 0.30 mm 时,探究扫描间距的变化对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响。实验表明,当扫描间距大于 0.29 mm 时, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件不能正常成型,也会出现如图 2 所示的错层现象;

故选取满足 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型的扫描间距范围为 0.18~0.22 mm。当扫描间距、扫描速度变化时, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度值也在变化,不同扫描速度下弯曲强度与扫描间距关系图如图 4 所示。

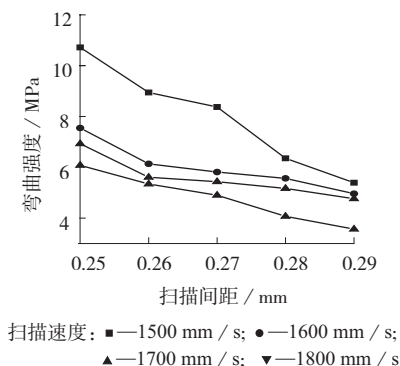


图4 不同扫描速度下弯曲强度与扫描间距关系图

分析图 4 可知, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的最高值可达 10.47 MPa。此时扫描间距、分层厚度、扫描速度依次为 0.25 mm, 0.20 mm, 1500 mm/s。进一步分析发现, 当扫描速度保持不变, 即观察单一曲线时, 扫描间距由 0.25 mm 增至 0.29 mm, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度值逐渐减小; 当扫描速度增大时, 每条曲线均呈递减趋势, 扫描间距对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响规律一致。这是由于在扫描间距增大的同时, 两条扫描路径之间会有部分粉末未被烧结, 粉末间的完全熔融粘结变为表面熔融粘结, 就会出现粉末难以粘结在一起的现象, 使得单层粉末熔致密化程度降低, 最终使得 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件的弯曲强度降低。

2.3 扫描速度对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的影响

从成型效率的角度看, 扫描速度越大, 加工每层的时间就会越短, 成型效率就越高, 同时粉料接收的能量也会变低, 变形量就会减小, 有利于制件精度的提高。但是扫描速度也不能太大, 扫描速度过大, 激光照射在粉末上的时间就会变短, 相同的激光功率下粉料所吸收的能量就会变少, 就有可能导致粉末不能熔化, 同时材料熔体也不能充分扩散与流动, 相邻 PS 粉间的烧结颈变小, 烧结强度降低, 但是扫描速度太小, 会使制件产生翘曲变形甚至分解, 因此扫描速度的取值还需根据材料的热特性和其它工艺参数进行选择。本次实验扫描速度选择在 1500~2000 mm/s 范围内。

选取扫描间距固定值为 0.25 mm, 分层厚度在 0.18, 0.19, 0.20, 0.21, 0.22 mm 时, 扫描速度从 1500 mm/s 增至 2000 mm/s 时, 不同分层厚度下扫描速度的变化会引起弯曲强度变化, 不同分层厚度下弯曲强度与扫描速度关系图规律如图 5 所示。选取分层厚度固定值为 0.20 mm, 扫描间距在 0.25, 0.26, 0.27, 0.28, 0.29 mm 时, 扫描速度从 1500 mm/s 增至 2000 mm/s 时, 不同扫描间距下扫描速度的变化同样导致弯曲强度改变, 其规律如图 6 所示。

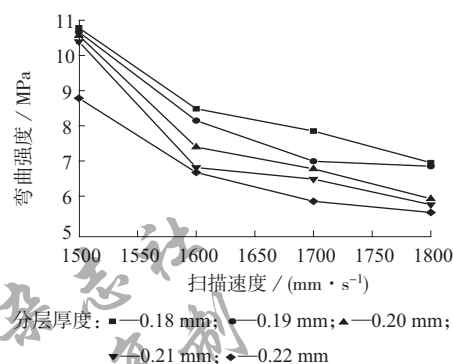


图5 不同分层厚度下弯曲强度与扫描速度关系图

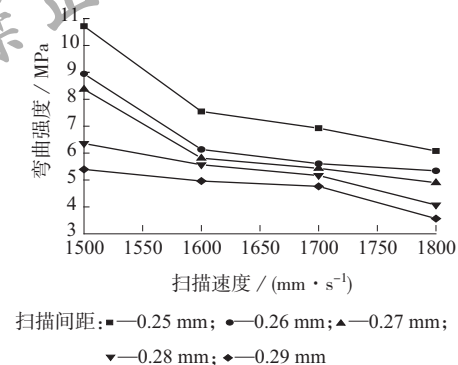


图6 不同扫描间距下弯曲强度与扫描速度关系图

实验结果显示, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件可以正常成型的扫描速度范围为 1500~1800 mm/s; 当扫描速度大于 1800 mm/s 时, 复合粉末粘结强度不足, 分层现象明显, 烧结件不能正常成型, 烧结件分层图如图 7 所示; 故选取复合粉末烧结实验的扫描速度的范围为 1500~1800 mm/s。

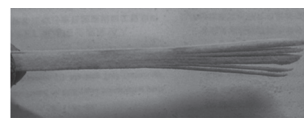


图7 烧结件分层图

分析图 5、图 6 可得, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度最高值为 10.94 MPa。此时工艺参数如扫描速度、分层厚度、扫描间距依次为

1 500 mm/s, 0.18 mm, 0.25 mm。

在 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件可成型的基础条件下,在固定分层厚度及扫描间距的条件下,扫描速度越高,制件的弯曲强度越低。在不同的分层厚度及扫描间距下,扫描速度对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度影响的变化规律相同。PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度的降低是因为随扫描速度增大,该层区域内的复合粉末被激光扫描照射的时间变短,粉末接收到的激光能量变小,致密化程度降低,造成粉末之间的粘接性能变差。

2.4 烧结件的微观组织形貌

图 8 为不同分层厚度 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件放大 200 倍的 SEM 图。除分层厚度外,两图工艺参数一致,扫描间距、扫描速度依次均为 0.25 mm, 1 600 mm/s。对比分析发现,图 8a 试样烧结颈较大,内部空隙相对于图 8b 较少,说明图 8a 中较大比例的 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末充分熔融;图 8b 分层厚度大于图 8a,激光能量不足致使粉末未充分熔融粘结变为表面颗粒微熔粘结,烧结颈变小,空隙增大,能看到明显的分层现象,强度必然降低。

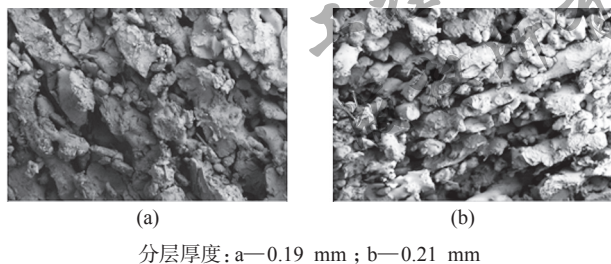


图 8 不同分层厚度 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件的 SEM 图

图 9 为不同扫描间距 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件放大 200 倍的 SEM 图。

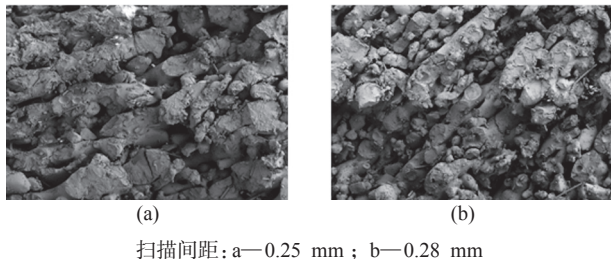
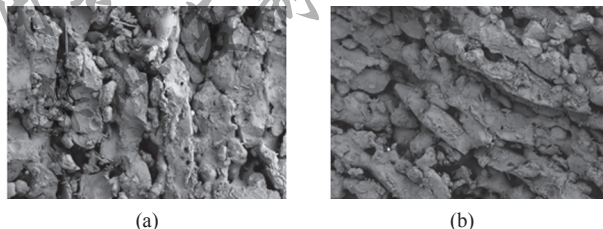


图 9 不同扫描间距 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件的 SEM 图

除扫描间距外,两图工艺参数一致,扫描层厚、扫描速度依次均为 0.20 mm, 1 600 mm/s。分析图可得,图 9a 烧结颈较大, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件 PS 粉可以将部分 GF 包裹起来,作用力由 GF 传递, GF 的强度被充分利用,且 GF 密度较高,

因此, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件致密度高,烧结件的强度也随之提高;图 9b 烧结件的烧结颈较小,内部空隙较多, PS 粉末与 GF 仅在表面粘结,故烧结件致密度较小,强度下降。

图 10 为不同扫描速度 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件放大 200 倍的 SEM 图。除扫描速度外其它工艺参数相同,单层厚度、扫描间距依次均为 0.19, 0.25 mm。随着扫描速度增大,单位面积内, PS/GF/CaCO₃ 复合材料被激光扫描照射的时间缩短,粉末接收到的激光能量变低,粉末的熔致密化程度越低,造成粉末之间的粘接性能越差,相邻颗粒紧靠熔融表面未粘结,从而导致强度不足。由图 10 可以看出,图 10a 中 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件的烧结颈较大,图 10b 的烧结颈变小,且致密度较小,烧结件内部孔隙较多,层层之间仅靠微熔的粉末粘结,分层现象更加明显;从而导致 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件强度不足。



扫描速度: a—1 500 mm/s; b—1 800 mm/s

图 10 不同扫描速度 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件的 SEM 图

3 结论

采用机械混合方法配备质量比为 8.5 : 1 : 0.5 的 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末,采用单因素实验法探索 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型工艺参数的范围,研究了针对 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末不同工艺参数对烧结件弯曲强度的影响,最后结合 SEM 烧结件断面内部结构并进行分析,可以得到以下结论:

(1) 在扫描速度、分层厚度、扫描间距依次为 1 500 ~ 1 800 mm/s, 0.18 ~ 0.22 mm, 0.25 ~ 0.29 mm 时,可确保 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件正常成型。

(2) 分层厚度为 0.18 mm, 扫描间距为 0.25 mm, 扫描速度为 1 500 mm/s 时, PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件弯曲强度最高为 10.94 MPa。

(3) 在 PS/GF/CaCO₃ 复合粉末烧结件成型的前提下,随着分层厚度、扫描间距、扫描速度的逐渐

增大,单层粉末接收到的能量减少,PS/GF/CaCO₃复合粉末烧结件的烧结颈变小,致密化程度降低,层与层之间粘结不足,导致PS/GF/CaCO₃复合粉末烧结件弯曲强度下降。

参考文献

- [1] 王广春,赵国群.快速成型与快速模具制造技术及其应用[M].北京:机械工业出版社,2013.
Wang Guangchun, Zhao Guoqun. Rapid prototyping and rapid tooling manufacturing technology[M]. Beijing:China Machine Press,2013.
- [2] 汪艳.选择性激光烧结高分子材料及其制件性能研究[D].武汉:华中科技大学,2005.
Wang Yan. Study on the polymer materials of selective laser sintering and the properties of sintered parts[D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2005.
- [3] 李小城.SLS高分子粉料成型工艺参数及成型质量的比较研究[D].呼和浩特:内蒙古工业大学,2007.
Li Xiaocheng. Research on sintering parameters and prototyping quality of SLS polymer powders[D]. Huhehaote:Inner Mongolia University of Technology,2007.
- [4] Soe S P. Improving dimensional accuracy in the production of a castform (TM) polystyrene pattern for investment casting[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture,2010,1(B11):1-8.
- [5] 党慧娟.短纤维增强聚氨酯弹性体的研究[J].山西科技,2012(6):104-107.
Dang Huijuan. Reinforcement of polyurethane elastomers with short fibers[J]. Shanxi Science and Technology,2012(6):104-107.
- [6] 耿丽.γ-氯丙基硅烷的合成与应用[D].天津:河北工业大学,2015.
Geng Li. Study on the synthesis and application of γ-chloropropylsilane[D]. Tianjin:Hebei University of Technology,2015.
- [7] 刘丽敏,李长江.碳酸钙填充改性聚苯乙烯[J].北京化工大学学报:自然科学版,1996(1):84-87.
Liu Limin, Li Changjiang. Calcium carbonate filled and reformed polystyrene resin[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology : Natural Science Edition,1996(1):84-87.
- [8] 杨来侠,龚林,周文明,等.选择性激光烧结聚苯乙烯/玻璃纤维制件的工艺研究[J].工程塑料应用,2016,44(8):50-53.
Yang Laixia, Gong Lin, Zhou Wenming, et al. Technology study of polystyrene / glass fiber parts molded by selective laser sintering[J]. Engineering Plastics Application,2016,44(8):50-53.
- [9] 杨来侠,龚林.碳酸钙改性聚苯乙烯的初步选择性激光烧结实验[J].工程塑料应用,2016,44(3):49-53.
Yang Laixia, Gong Lin. Preliminary selective laser sintering experiment of polystyrene modified by calcium carbonate[J]. Engineering Plastics Application,2016,44(3):49-53.
- [10] 刘旭.基于选区激光烧结的聚苯乙烯成型工艺及改性研究[D].西安:西安科技大学,2016.
Liu Xu. Research on molding process and modification of polystyrene based on selective laser sintering[D]. Xi'an:Xi'an University of Science and Technology,2016.
- [11] 徐林.碳纤维/尼龙12复合粉末的制备与选择性激光烧结成形[D].武汉:华中科技大学,2009.
Xu Lin. Preparation and selective laser sintering of carbon fibre / polyamide 12 composite powders[D]. Wuhan:Huazhong University of Science and Technology,2009.

塑料母粒市场前景看好,钛白粉、炭黑企业或将受益

Ceresana 咨询公司发布了全球塑料母粒的市场报告,预计到2024年,全球塑料母粒市场将以每年3.7%的速度增长。该报告显示,2016年全球共消费400多万t的塑料母粒,其中亚太地区色母粒市场需求量占全球需求量的40%,亚太地区色母粒收入占全球色母粒收入的三分之一。

白色母粒 2016年最重要的母粒类型是白色母粒。2008年~2016年,全球白色母粒的需求量以2.2%的速度递增。钛白粉是无机颜料中最常用的白色颜料添加剂,塑料行业是钛白粉的第二大用户。尽管钛白粉的市场价格不断攀高,但是在白色母粒中使用最多的颜料仍是钛白粉。钛白粉用于白色母粒中有以下优点:①高遮盖力、高着色力和高消色力,使母粒呈现白色;②提高塑料制品的耐热、耐光、耐候性能,改善塑料制品的力学性能和电性能,使塑料制品免受UV光的侵袭,避免产品褪色;③钛白粉无毒,塑料行业需要对玩具、电子设备、汽车零配件、家居、塑料薄膜和其它日用

品进行着色,使用钛白粉进行着色可以避免对人体健康造成危害。

黑色母粒 黑色母粒的需求量在色母粒中最大。黑色母粒的添加剂主要是炭黑,炭黑作为一种颜色添加剂,在许多塑料应用中颇具优势。不同的色素炭黑可以使塑料呈现不同的黑度,添加炭黑的塑料色泽难以改变,即使在极端恶劣的户外环境下,它也不会褪色。同时炭黑在塑料中不只是黑色的着色剂,还是防紫外线老化剂和抗静电剂。

塑料行业的发展同时带动了钛白粉、炭黑等粉体企业的发展。塑料市场需求量的不断提高,钛白粉的需求量也随之提高,钛白粉价格或将继续稳定增长,钛白粉企业净利润也随之增长。尽管炭黑在塑料中的需求量不如在橡胶制品中的大,但是炭黑对塑料的性能影响更大,因此塑料对炭黑的要求更高。塑料市场需求量增多,给炭黑企业带来更多的需求,同时也促进企业开发更多品种的塑料用炭黑。

(工程塑料网)