

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.11.015

PS/ABS 复合粉末选区激光烧结表面质量及弯曲强度

徐超,王勃,杨来侠,周文明
(西安科技大学机械工程学院,西安 710054)

摘要:为了解决纯聚苯乙烯(PS)选区激光烧结(SLS)成型质量较差的问题,制备了PS/ABS复合粉末,在扫描方式XYSTA、扫描间距0.28 mm等因素不变的前提下,研究了预热温度、激光功率、扫描速度和单层厚度对PS/ABS烧结件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律,并通过正交试验和方差分析对工艺参数进行了优化选择。结果表明,激光功率对PS/ABS复合粉末烧结件表面质量的影响最大,扫描速度和预热温度居中,单层厚度最小;激光功率对PS/ABS复合粉末烧结件弯曲强度的影响最大,扫描速度和单层厚度居中,预热温度最小;通过综合分析各工艺参数对烧结件表面质量和弯曲强度的影响,得到最优工艺参数组合为预热温度90℃,激光功率35 W,扫描速度1800 mm/s和单层厚度0.22 mm;在此工艺参数组合下得到的PS/ABS复合粉末烧结件的表面粗糙度仅为11.03 μm ,弯曲强度为9.97 MPa。

关键词:选区激光烧结;正交试验;方差分析;弯曲强度;表面质量

中图分类号:TQ322.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2018)11-0067-06

Surface Quality and Bending Strength of Selective Laser Sintering of PS/ABS Composite Powder

Xu Chao, Wang Bo, Yang Laixia, Zhou Wenming

(College of Mechanical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to solve the poor quality of the pure polystyrene (PS) selective laser sintering (SLS), the PS/ABS composite powder was prepared. Under the condition that the scanning mode XYSTA and scanning interval 0.28 mm and other factors were not changed, the effects of preheating temperature, laser power, scanning speed and monolayer thickness on bending strength and surface quality of PS/ABS sintered parts were studied. Through orthogonal test and variance analysis, the above process parameters were optimized. The results show that the laser power has the greatest influence on the surface quality of PS/ABS composite powder sintered parts, the scanning speed and the preheating temperature are in the middle, the thickness of the layer is the least. The laser power has the greatest influence on the bending strength of the PS/ABS composite powder sintered parts, the scanning speed and the layer thickness are in the middle, and the preheating temperature is the least. By synthetically analyzing the surface quality and bending strength of sintered parts, the optimum process parameters are preheating temperature 90℃, laser power 35 W, scanning speed 1800 mm/s and monolayer thickness 0.22 mm. The surface roughness of the PS/ABS composite powder sintered by the combination of the process parameters is 11.03 μm , and the bending strength is 9.97 MPa.

Keywords: selective laser sintering; orthogonal test; analysis of variance; bending strength; surface quality

快速铸造技术是一种符合“绿色制造”理念的高效生产方式^[1]。它将3D打印与传统的铸造工艺相结合,利用3D打印技术的快速性和制造灵活性等优点快捷地生产出铸造所需要的熔模或砂芯,极大地提高了生产效率和制造柔性^[2-3]。在众多的3D

打印技术中选区激光烧结(SLS)工艺因其可用材料广泛、成型效率高、材料利用率高等优点,在快速铸造技术领域得到了广泛的应用^[4]。

众多的粉末材料均可满足SLS工艺的要求,如尼龙(PA)、聚碳酸酯(PC)、聚苯乙烯(PS)等^[5-6],其

基金项目:国家863计划项目(2015AA042503)

通讯作者:徐超,博士,主要从事快速成型方面的研究 E-mail: 1078654261@qq.com

收稿日期:2018-08-17

引用格式:徐超,王勃,杨来侠,等. PS/ABS复合粉末选区激光烧结表面质量及弯曲强度[J]. 工程塑料应用,2018,46(11): 67-72.

Xu Chao, Wang Bo, Yang Laixia, et al. Surface quality and bending strength of selective laser sintering of PS/ABS composite powder[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(11): 67-72.

中 PS 因为价格较低、吸湿率低以及高温后灰分含量低等优点在快速熔模精密铸造领域得到了广泛的应用^[7-8];但在实际生产中发现纯 PS 烧结件的强度低、变形量大,打印尺寸较大的模型时难以成型,因此需对其进行适当的共混改性处理。丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS) 是由丙烯腈 (A), 丁二烯 (B) 和苯乙烯 (S) 组成的三元共聚物,其中丙烯腈具有耐热和拉伸强度高的特性,丁二烯具有韧性和耐冲击性的特点,苯乙烯具有着色性和易加工性的特点;所以 ABS 具有优良的综合性能,并与 PS 之间具有较好的融合效果,两者共混效果良好^[9-10]。基于以上特征,笔者制备了满足 SLS 工艺要求的 PS/ABS 复合粉末材料,在扫描方式 XYSTA、扫描间距 0.28 mm 等因素不变的前提下,分别研究了预热温度、激光功率、扫描速度和单层厚度对 PS/ABS 烧结件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律,并通过正交试验和方差分析对上述工艺参数进行了优化选择。

1 实验部分

1.1 原材料

PS 粉: 工业级, 75 μm , 北京易加三维科技有限公司;

ABS 高胶粉: HR-181 型, 75 μm , 韩国锦湖石油化学株式会社;

抗静电剂: Atemer 129 型, 70 μm , 上海井宏化工科技有限公司。

1.2 主要设备与仪器

真空干燥箱: DZF6050AB 型, 上海坤天试验仪器有限公司;

电子天平: MS104TS 型, 精度为 0.1 mg, 梅特勒-托利多国际贸易 (上海) 有限公司;

高速混合机: SHR-10A 型, 张家港市万凯机械有限公司;

数显式游标卡尺: 150 型, 南京苏测计量仪器有限公司;

激光粒度分析仪: LS230 型, 美国 Beckman Coulter 公司;

多功能力学测试仪: XBD5000 型, 上海馨标检测仪器制造有限公司;

粗糙度测试仪: JB-4C 型, 上海光学仪器五厂有限公司;

选区激光快速成型机: XJRPSLS300 型, 陕西恒通智能机器有限公司。

1.3 PS/ABS 复合粉末材料与试样制备

(1) PS/ABS 复合粉末材料制备。

在前期材料配比试验的基础上, 确定了较优的复合粉末材料配比 PS : ABS : 抗静电剂为 88.5 : 10 : 1.5^[11]。首先, 根据试验需要选择适量的 ABS 粉放入真空干燥箱中以 45 $^{\circ}\text{C}$ 干燥 3 h, 干燥后对较大的结块进行粉碎处理; 然后根据材料配比使用电子天平称取 PS 粉、烘干后的 ABS 粉以及抗静电剂, 简单手工混合后放入高速混合机中以 1500 r/min 的转速混合 15 min, 混合后使用孔径为 150 μm 的过滤筛进行筛分处理后得到试验需要的 PS/ABS 复合粉末材料。粉末材料的粒径分布如图 1 所示, 从图 1 可以看出, PS/ABS 复合粉末平均粒径为 70.92 μm , 粒径主要分布在 14.26 ~ 136.6 μm 且近似为“正态分布”, 满足了试验的要求^[12]。

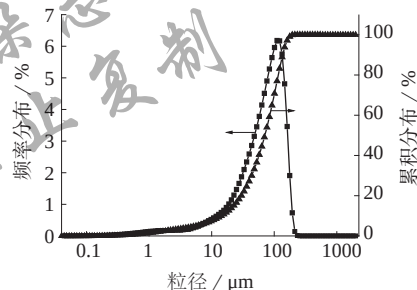


图 1 PS/ABS 复合粉末的粒径分布

(2) 试样的制备。

参照 GB/T 1447-2005, 在扫描方式 XYSTA、扫描间距 0.28 mm, 轮廓扫描速度 2500 mm/s 等因素不变的前提下, 同时为了排除其它无关因素的影响, 利用选区激光快速成型机每次等间距的同时烧结成型 5 个尺寸为 80 mm × 10 mm × 4 mm 的试样。

1.4 性能测试与表征

(1) PS/ABS 烧结件表面质量测量。

利用粗糙度测试仪对试样的表面粗糙度进行测量, 测量得到试样的表面粗糙度的算术平均偏差 (R_a), R_a 值越小, 试样的表面粗糙度越小, 表面质量越好, 试验结果为同时烧结的 5 个试样的测量平均值。

(2) PS/ABS 烧结件弯曲强度测量。

设定多功能力学测试仪的加力速度为 2 mm/min, 测量得到烧结件的最大弯曲应力, 并根据公式 (1) 计算得到烧结件的弯曲强度^[13], 试验结果为同时烧结的 5 个试样的测量平均值。

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh} \quad (1)$$

式中: σ ——弯曲强度, MPa;

F ——最大弯曲应力, kN;

L ——跨距, 设定为 64 mm;

b ——试样的宽度, mm;

h ——试样的高度, mm。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

在前期大量 PS 粉 SLS 成型试验的基础上, 得到一组较为合理的工艺参数组合为预热温度 85℃, 激光功率为 27 W, 扫描速度 1900 mm/s, 扫描间距 0.28 mm, 单层厚度 0.25 mm^[14]。在此基础上通过单因素试验分别研究讨论了预热温度, 激光功率, 扫描速度和单层厚度对 PS/ABS 烧结件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律。

(1) 预热温度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响。

合适的预热温度可有效地缓解因热应力而导致的烧结件破裂和翘曲变形, 它与 SLS 成型件的弯曲强度及表面质量好坏有着密切的关系。图 2 反映了预热温度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律。

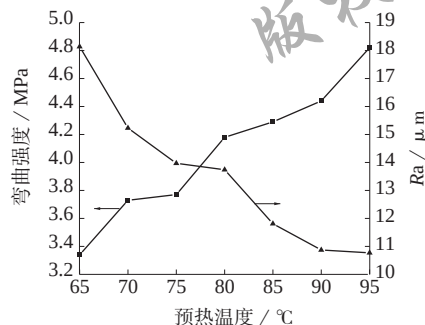


图2 预热温度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响

由图2可以看出, 随着预热温度的不断增加, PS/ABS 成型件的表面粗糙度逐渐降低, 表面质量变好。这是因为随着预热温度的提高, 作用在粉体表面的热量逐渐增多, 粉末熔融烧结效果逐渐变好, 成型件表面的光滑程度逐渐提高, 表面粗糙度下降, 表面质量变好。还可看出, 随着预热温度的不断增加, PS/ABS 成型件的弯曲强度值逐渐增大。这是因为随着预热温度的增加, 粉末颗粒表面能不断提高, 粉末颗粒在激光的照射下熔融的程度不断变好, 粉末颗粒之间的粘接效果以及成型件致密度均会得到提高, PS/ABS 成型件弯曲强度值因此不断提高。

综上所述, 随着预热温度的提高, PS/ABS 成型件的弯曲强度和表面质量均有了大幅度的改善, 这说明预热温度的提高理论上会对 PS/ABS 成型件弯曲强度和表面质量的改善产生极大的作用; 但是在试验中发现当预热温度为 95℃时, 虽然 PS/ABS 烧结效果变好、翘曲减弱, 但是大量的粉末在烧结前便粘接成块, 阻碍了烧结的顺利进行; 所以确定预热温度在 80~90℃作为后续参数优化的备选值。

(2) 激光功率对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响。

激光功率的大小直接决定 PS/ABS 烧结的成型质量, 激光功率过低, 导致烧结深度不足, 烧结质量变差; 激光功率过大, 烧结件容易出现“碳化”现象。图3示出了激光功率对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律。

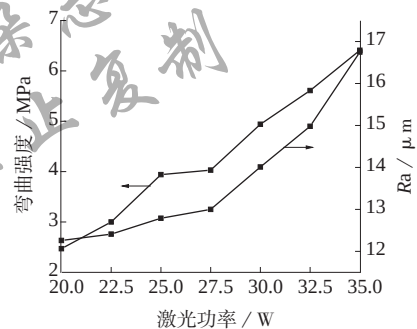


图3 激光功率对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响

从图3可以看出, 随着激光功率的不断增大烧结件表面粗糙度不断增大, 表面质量变差; 这是因为随着激光功率的增大, PS/ABS 粉末颗粒在熔化时易出现“气化”、“碳化”现象, 且该现象随着激光功率的提高而加剧, 进而造成烧结件表面凹凸不平, 降低了烧结件的表面质量。还可看出, 随着激光功率的增大烧结件的弯曲强度不断增大, 因为当激光功率较低时, PS/ABS 粉末熔融不充分, 烧结效果较差, 成型件内部孔隙较大, 致密程度较低, 导致成型件的弯曲强度过低甚至可能无法成型; 随着激光功率的增大, 烧结温度的增加, 粉末随之充分熔化, 烧结件致密度提高, 弯曲强度提高; 但是过高的激光功率容易导致烧结件出现“气化”和“碳化”现象, 烧结件成型精度难以得到保证。

综上所述, 为了在试验范围内得到合适的工艺参数, 同时 PS/ABS 烧结件具有较高的弯曲强度和较好的表面质量。可确定激光功率在 25~35 W 作为后续参数优化的备选值。

(3) 扫描速度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响。

当激光能量一定时,扫描速度决定了激光束对烧结材料扫描照射时间的长短,决定了烧结件的成型质量和成型效率。图 4 示出了扫描速度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律。

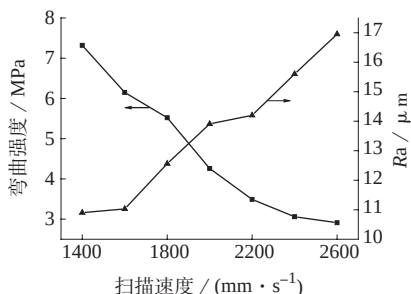


图4 扫描速度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响

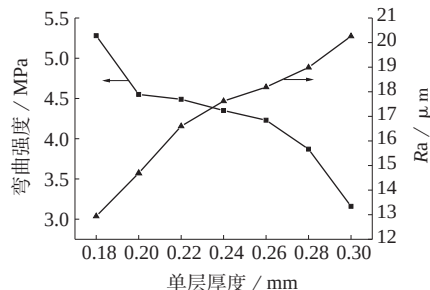
从图 4 可以看出,随着扫描速度的提高,烧结件的表面粗糙度不断增大,表面质量变差;这是因为随着扫描速度的提高,激光作用在粉体表面的时间逐渐缩短,粉末熔融烧结效果逐渐变差,烧结件表面存在未熔化充分的粉末颗粒也就多,进而导致烧结件表面粗糙度增大,表面质量变差。还可看出随着扫描速度的提高,烧结件的弯曲强度逐渐减小;这是因为随着扫描速度的提高,激光作用在粉体表面的时间变短,烧结件内部因为粉末熔化程度的降低,孔隙率不断增大,进而导致烧结件弯曲强度值逐渐减小。

综上所述,越低的扫描速度会同时使 PS/ABS 烧结件具有较优良的表面质量和较高的弯曲强度,但是在试验中发现在激光功率为 27 W 时,当扫描速度 <1400 mm/s,激光束在 PS/ABS 复合粉末表面照射时间较长,极易导致“碳化”现象,成型件的性能反而会下降;当扫描速度 >2200 mm/s 时,由于激光在成型粉末表面停留的时间过短,粉末熔融烧结不充分,极易产生“分层”现象。所以可确定扫描速度在 1800~2200 mm/s 作为后续参数优化的备选值。

(4) 单层厚度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响。

烧结件弯曲强度和表面质量是否满足使用要求与单层厚度的选取有着密切的关系。

图 5 示出了单层厚度对 PS/ABS 成型件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律。从图 5 可以看出,随着单层厚度的提高, PS/ABS 烧结件的表



面粗糙度逐渐增大,表面质量变差;这是因为分层厚度越厚,单位体积粉末上所受到的激光能量值就越少,粉末熔融程度降低,烧结件表面附着未熔粉末就越多,导致 PS/ABS 烧结件的表面粗糙度不断增大,表面质量变差。还可看出随着单层厚度的提高, PS/ABS 烧结件的弯曲强度逐渐减小,这是因为烧结件的单层厚度变厚,粉末熔化程度整体上逐渐降低,层与层之间的粘接效果变差,进而导致弯曲强度变小。

综上所述,为了保证 PS/ABS 烧结件的表面质量和弯曲强度均能满足使用要求,同时结合实际的烧结过程,发现在单层厚度为 0.22~0.26 mm 之间时,烧结件的弯曲强度、成型精度及表面质量均较优良,因此可将其确定为后续参数优化的备选值。

2.2 正交试验及方差分析

(1) 正交试验。

将上述得到的预热温度(A)、激光功率(B)、扫描速度(C)以及单层厚度(D)备选值作为试验因素,分别等间距地选取3个试验水平,进行“4因素3水平”正交试验;正交试验因素水平表如表1所示。正交试验方案与试验结果如表2所示。由表2可以看出,在正交试验范围内, PS/ABS 复合粉末烧结件的 Ra 为 13.12~20.71 μm,弯曲强度为 2.49~9.28 MPa。

表1 正交试验因素水平表

水平	因素			
	A/℃	B/W	C/(mm·s ⁻¹)	D/mm
1	80	25	1800	0.22
2	85	30	2000	0.24
3	90	35	2200	0.26

(2) 方差分析。

对于正交试验,通常采用方差分析对试验数据进行分析处理。方差越大,表明该试验因素对试验指标的影响程度越大,即对该试验指标也就越重要^[15];对 PS/ABS 烧结件表面质量和弯曲强度的方差分析结果如表3和表4所示。方差计算公式如式

表 2 正交试验方案与试验结果

组号	因素				试验结果	
	A/℃	B/W	C/(mm·s ⁻¹)	D/mm	Ra/μm	弯曲强度/MPa
1	80	25	1800	0.22	18.38	4.38
2	80	30	2000	0.24	18.03	4.29
3	80	35	2200	0.26	17.39	4.84
4	85	25	2000	0.26	19.65	2.49
5	85	30	2200	0.22	18.19	3.91
6	85	35	1800	0.24	13.12	9.28
7	90	25	2200	0.24	20.71	2.56
8	90	30	1800	0.26	15.23	5.08
9	90	35	2000	0.22	14.97	2.79

表 3 烧结件表面质量优化分析

项目	A	B	C	D
M ₁	53.799	58.74	46.73	51.54
M ₂	50.961	51.45	52.65	51.86
M ₃	50.91	45.48	56.29	52.27
方差(S _j)	1.82	29.40	15.51	0.09
最优水平	A ₃	B ₃	C ₁	D ₁

表 4 烧结件弯曲强度优化分析

项目	A	B	C	D
M ₁	13.51	9.43	18.74	16.14
M ₂	15.74	13.34	14.57	16.13
M ₃	15.43	21.91	11.37	12.41
方差(S _j)	0.97	27.17	9.11	3.08
最优水平	A ₂	B ₃	C ₁	D ₁

(2) 所示。

$$S_j = \frac{k}{n} \sum_{i=1}^n M_{ij}^2 - \frac{1}{n} T^2 \quad \left(T = \sum_{i=1}^n Z_i \right) \quad (2)$$

式中: S_j ——各试验因素在不同水平下的方差平方和 ($j=A, B, C, D$);

Z_i ——正交表中每一试验编号下试验指标的试验结果;

k ——水平数;

T ——每个试验指标在正交表中的试验结果之和;

M_{ij} ——第 j 个试验因素水平号为 i 的试验指标之和;

n ——试验次数。

以烧结件表面质量作为衡量指标时,各试验因素的试验结果值越小,则表明其 SLS 成型件表面质量越好。由表 3 可知, $S_B > S_C > S_A > S_D$, 即激光功率对烧结件表面质量的影响程度最大、单层厚度最小,扫描速度和预热温度介于两者之间。同时当试验因素为预热温度时,试验水平 3 的试验结果值最小,所以最优的预热温度水平为 A_3 , 同理可知,激光功率、扫描速度及单层厚度的最优水平为 B_3 , C_1 和 D_1 ; 则可知以烧结件表面质量作为衡量指标的最优工艺参数组合为 $A_3B_3C_1D_1$, 即预热温度 90℃, 激光功率 35

W, 扫描速度 1800 mm/s 和单层厚度 0.22 mm。

以烧结件弯曲强度作为衡量指标时,各试验因素的试验结果值越大,表明其 SLS 成型件弯曲强度越大。由表 4 可知, $S_B > S_C > S_D > S_A$, 即激光功率对烧结件表面质量的影响程度最大、预热温度最小,扫描速度和单层厚度介于两者之间。同时当试验因素为预热温度时,试验水平 2 下的试验结果值最大,所以最优的预热温度水平为 A_2 , 同理可知,激光功率、扫描速度及单层厚度的最优水平为 B_3 , C_1 和 D_1 ; 则可知,以烧结件的弯曲强度为衡量指标的最优工艺参数组合为 $A_2B_3C_1D_1$, 即预热温度 85℃, 激光功率 35 W, 扫描速度 1800 mm/s 和单层厚度 0.22 mm。

综上所述,当 PS/ABS 烧结件同时具有较高的表面质量和较大的弯曲强度,最优的工艺参数为激光功率 35 W, 扫描速度为 1800 mm/s 和单层厚度为 0.22 mm。还发现最佳表面质量所对应的预热温度与最佳弯曲强度所对应的值是不同的,但预热温度对烧结件弯曲强度的影响程度明显低于对烧结件表面质量的影响,所以在此条件下,应选择最佳表面质量对应的预热温度作为最优选择,即最优预热温度为 90℃。在此基础上进行 PS/ABS 复合粉末材料烧结试验,此时可得到烧结件的表面粗糙度仅为 11.03 μm, 弯曲强度为 9.97 MPa。

3 结论

在扫描方式 XYSTA、扫描间距 0.28 mm 等因素不变的前提下,通过单因素法研究了预热温度、激光功率、扫描速度和单层厚度对 PS/ABS 烧结件弯曲强度及表面质量的影响及变化规律,并通过正交试验和方差分析对工艺参数进行了优化选择,可得出以下结论:

(1) 通过机械混合法制备的 PS/ABS 复合粉末,平均粒径为 70.92 μm, 粒径主要分布在 14.26 ~ 136.6 μm, 且近似为“正态分布”,满足 SLS 工艺的试验要求;

(2) 激光功率对 PS/ABS 复合粉末烧结件表面质量的影响最大,扫描速度和预热温度居中,单层厚度最小;激光功率对 PS/ABS 复合粉末烧结件弯曲强度的影响最大,扫描速度和单层厚度居中,预热温度最小;

(3) PS/ABS 复合粉末材料选区激光烧结的最优工艺参数组合为预热温度为 90℃, 激光功率为 35 W, 扫描速度 1800 mm/s 和单层厚度 0.22 mm;

在此条件下得到的 PS / ABS 复合粉末烧结件的表面粗糙度仅为 11.03 μm , 弯曲强度为 9.97 MPa。

参考文献

- [1] 张敏华. 快速铸造和快速精密铸造技术的研究与发展[J]. 热加工工艺, 2009, 38(3):36-44.
Zhang Minhua. Research and development of rapid casting and rapid precision casting[J]. Hot Working Technology, 2009, 38(3):36-44.
- [2] 宫玉玺. 铸造用模具快速成型工艺及性能研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2016.
Gong Yuxi. Research on rapid prototyping technology and performance of mold for casting[D]. Shenyang: Shenyang University, 2016.
- [3] 李少海, 李昭青. 3D 打印在铸造技术中应用[J]. 铸造技术, 2018, 39(2):384-389.
Li Shaohai, Li Zhaoqing. 3D printing and its application in rapidly casting technique[J]. Foundry Technology, 2018, 39(2):384-389.
- [4] 文世峰, 季羨泰. 激光选区烧结技术的研究现状及应用进展[J]. 苏州市职业大学学报, 2018, 29(1):26-31, 71.
Wen Shifeng, Ji Xiantai. Review on research and application of selective laser sintering technology[J]. Journal of Suzhou Vocational University, 2018, 29(1):26-31, 71.
- [5] 吴琼, 陈惠, 巫静, 等. 选择性激光烧结用原材料的研究进展[J]. 材料导报, 2015, 29(S2):78-83.
Wu Qiong, Chen Hui, Wu Jing, et al. Research development of the material used for selective laser sintering[J]. Materials Review, 2015, 29(S2):78-83.
- [6] 齐迪. 用于选择性激光烧结高分子材料的制备与成型研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2016.
Qi Di. Research on the preparation of selective laser sintering polymer materials and its forming process[D]. Qingdao: Qingdao University of Science & Technology, 2016.
- [7] 王传洋, 陈瑶, 董渠. 选择性激光烧结聚苯乙烯拉伸强度研究[J]. 应用激光, 2014, 34(5):377-382.
Wang Chuanyang, Chen Yao, Dong Qu. Research on tensile strength of selective laser sintering polystyrene[J]. Applied Laser, 2014, 34(5):377-382.
- [8] 姜乐涛, 白培康, 赵娜, 等. PS 粉末 SLS 快速成型收缩率试验研究[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(4):41-45.
Jiang Letao, Bai Peikang, Zhao Na, et al. Study on shrinkage

- rate of PS powders with selective laser sintering rapid prototyping experiment[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(4):41-45.
- [9] 杨来侠, 周文明. PS / ABS 复合粉末选择性激光烧结工艺参数的试验研究[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(5):57-62.
Yang Laixia, Zhou Wenming. Experimental study on process parameters of PS / ABS composite powders based on selective laser sintering[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(5):57-62.
- [10] 张建梅, 云介平. ABS 粉末塑料的选择性激光烧结成型工艺参数优化设计[J]. 塑料, 2009, 38(4):107-109, 87.
Zhang Jianmei, Yun Jieping. Optimization designing method about processing parameters of plastic powder on selective laser sintering of rapid prototyping manufacturing[J]. Plastics, 2009, 38(4):107-109, 87.
- [11] 周文明. 选择性激光烧结 PS / ABS 复合粉末多指标成型工艺参数优化研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2018.
Zhou Wenming. Study on parameters optimization of multi index molding process for PS / ABS composite powders based on selective laser sintering[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2018.
- [12] 杨来侠, 王勃, 徐超, 等. PS 对 PS / CF 复合材料 SLS 烧结件力学性能及成型精度的影响[J]. 中国塑料, 2018, 32(8):52-57.
Yang Laixia, Wang Bo, Xu Chao, et al. Effect of PS on mechanical properties and precision of SLS sintered parts with PS / CF composite[J]. China Plastics, 2018, 32(8):52-57.
- [13] 武帅. PA6 粉末选区激光烧结应力和力学性能的研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
Wu Shuai. Study on stress and mechanical property of PA6 powder in Selective Laser Sintering[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2015.
- [14] 杨来侠, 刘旭. 选区激光烧结聚苯乙烯粉的基础试验研究[J]. 激光技术, 2016, 40(5):767-771.
Yang Laixia, Liu Xu. Experimental study about polystyrene powder based on selective laser sintering[J]. Laser Technology, 2016, 40(5):767-771.
- [15] 杨来侠, 周文明, 鲁杰, 等. 聚苯乙烯 / 改性滑石粉选择性激光烧结弯曲强度的试验研究[J]. 中国塑料, 2017, 31(9):86-90.
Yang Laixia, Zhou Wenming, Lu Jie, et al. Experimental investigation on bending strength of selective laser sintering parts based on polystyrene and modified talc powder compounds[J]. China Plastics, 2017, 31(9):86-90.

量产可自愈的聚合物将不再是梦

《科学》杂志近日报道, 美国克莱姆森大学材料科学与工程教授马利克·乌尔班带领的研究团队在自愈聚合物的研究中取得了突破性进展。该研究团队赋予了聚合物“自愈合”的特性, 可大大降低塑料、油漆、手机屏幕涂层和其它自愈材料的成本。

在过去的 20 年里, 研究人员一直在制造小批量的自愈聚合物。但成本过高限制了其大规模生产。乌尔班说, 聚合物就像意大利面, 长度越长就越容易出现缠绕现象。他们利

用共聚物之间的相互作用使聚合物具备自愈性能。尽管听起来很简单, 但它揭示了塑料中无处不在的、典型的弱范德瓦尔斯相互作用。当这种弱相互作用为定向作用时, 就可能产生自愈效果。这一发现将对可持续材料的发展产生巨大影响——具有定向弱相互作用的材料会显著增强。这项突破的重要之处在于, 如果一家公司想把这项技术推向市场, 他们并不需要建造一座新的工厂来生产自愈聚合物, 他们的制造工艺已经能对大规模生产进行精确控制。

乌尔班预计, 显著提高聚合物的产能可在 6~12 个月内完成。
(今日头条)