

选择性激光烧结高分子粉末的制备方法

杨旭生,汪 艳*

(武汉工程大学材料科学与工程学院,武汉 430073)

摘要:综述了用于选择性激光烧结(SLS)的高分子粉末的制备方法。首先介绍了选择性激光烧结工艺对粉末在粒径、形貌、粒径分布、流动性等方面的性能要求,然后综述了常用的高分子粉末的制备方法包括机械粉碎法、直接聚合法、溶液法,以及一些较为新颖的粉末制备方法,如相分离法、微流体技术、“溶胀”粉碎法、水分散法,并对不同种类的高分子粉末的应用作了介绍。

关键词:选择性激光烧结; 高分子粉末; 制备方法

引言

3D 打印被认为是一项革命性的技术,对全球的制造业将造成深远影响。选择性激光烧结(SLS)是 3D 打印的主要类型之一,其成型材料为粉末状材料包括高分子粉末、金属粉末和陶瓷粉末,其中高分子粉末是应用最早,也是目前应用最广泛的 SLS 成型材料。由于 SLS 技术对高分子粉末原料性能有较为严格的要求,目前,仅有尼龙 12、聚苯乙烯粉末、聚碳酸酯粉末等少数几种高分子粉末材料获得工业应用,PA12 粉末占据了 95% 市场份额。成型材料品种少、价格高成为阻碍 SLS 技术发展应用的主要瓶颈,迫切需要开发更多类型的适合 SLS 工艺要求的高分子粉末材料以满足不同产品的需要。本文将介绍 SLS 对高分子粉末的性能的基本要求,综述了高分子粉末的制备方法,并对不同种类的高分子粉末的应用进行了简要介绍。

1 SLS 工艺对粉末的要求

SLS 工艺是将粉末预热到一定的温度,然后在铺粉辊的作用下将粉末铺平,激光束在计算机控制下根据零件的切片信息进行有选择地烧结,一层完成后再进行下一层烧结,全部烧结完后去掉多余的粉末,最终得到零件原型或功能零件。由于 SLS 过程是在无外界驱动力的条件下完成的,高分子 SLS 成型件中或多或少会存在一定数量的孔隙,这就造成其性能尤其是力学性能会低于传统的模塑件,而优质的粉末将极大地保障烧结制品的表面质量和力学性能,所以 SLS 工艺对于粉末材料的性能有较为严格的要求^[1,2]。

1.1 粉末的粒径

一般来说,选择性激光烧结粉末的粒径要控制在 10 μm ~100 μm 之间。粒径太小,粉末容易产生静电,使铺粉困难;粒径太大,成型件会存在非常明显的阶梯效应,致使制件表面粗糙。

1.2 粉末的球形度

由于规则的球形粉末比不规则粉末具有更好的流动性,因而球形粉末的铺粉效果较好,球形粉末 SLS 成型件的形状精度要比不规则粉末的高。Cutler 等^[3]由实验得出在相同平均粒径的情况下,不规则粉末颗粒烧结件质量较差。

10.14028/j.cnki.1003-3726.2017.09.003

收稿:2016-12-16;修回:2017-05-11;

基金项目:广东省引进创新创业团队计划资助项目(2013C071);

作者简介:杨旭生,在读硕士研究生,主要从事 3D 打印选择性激光烧结高分子粉末材料的研究;

* 通讯联系人,E-mail: wangyan_wict@163.com.

1.3 粉末的粒径分布

粉末粒径分布会影响固体颗粒的堆积,最佳的堆积相对密度是和特定的粒径分布相联系的,如将单分布球形颗粒进行正交堆积时,其堆积相对密度为 60.5%^[4]。可以将几种不同粒径分布的粉末进行复合,提高其堆积的相对密度^[5],以此提高烧结件的质量。

1.4 堆积密度和堆积角

堆积密度和堆积角是表征粉末材料流动性能的重要指标。对于高分子材料,其堆积密度和堆积角与粉末的种类、尺寸、球形度、粒径分布有关,粉末的流动性越好,其烧结件质量就相对越高。

SLS 工艺的原理决定了其对高分子粉末的上述外部物理特性有着较高的要求。在此基础上的高分子粉末材料有着各自的聚集态结构、玻璃化温度(T_g)、粘流温度(T_f)、本体强度、耐老化等性质,将制备出不同性能的烧结成型件。所以,要不断开发不同种类的满足用于 SLS 工艺基本要求的高分子粉末,来满足市场对材料的多样化需求。

2 高分子粉末的制备方法

2.1 机械粉碎法

机械粉碎是最常用的粉体制造方法,它是利用各种机械粉碎设备来达到粉碎原料的目的。例如,常用的剪切式粉碎机通过粉体颗粒与颗粒、粉体与粉碎腔体以及粉体与叶轮的相互高速、高频撞击使物料不断被细化,一般均能使高分子材料达到微米级。

2.1.1 深冷粉碎法 高分子材料由于其特有的粘弹性,直接在常温下粉碎,会因材料温度升高,使高分子材料重新粘合在一起,粉碎效率较低。当温度降到脆化温度 T_b 时,物料变脆,利用这一特性,可以采用深冷粉碎法来制备高分子粉末材料。温度越低,粉碎效率越高,所制备的粉末越细。高分子原材料的性质决定采用的粉碎温度,如聚苯乙烯的脆化温度为 -30°C ,而尼龙 12 的脆化温度为 -70°C ^[6]。

采用此法制备高分子粉末的文献很多,广州银禧公司^[7]采用深冷粉碎法制备了用于 SLS 的聚丙烯(PP)粉末;中北大学王晓新等^[8]做过深冷粉碎聚苯乙烯(PS)的研究;贾如磊和龚俊等^[9,10]使用湍流超碎粉碎机分别制备了聚四氟乙烯(PTFE)和低密度聚乙烯(LDPE)的粉末;李忠容^[11]使用涡轮膨胀制冷法破碎聚乙烯醇(PVA)制成粉末;祝世洋^[12]亦通过粉碎机破碎聚醚醚酮(PEEK)制成粉末;很多研究者均采用深冷粉碎法制备一系列的高分子粉末材料。

Schmidt 等^[13,14]采用湿磨法,将 PS 原料混入一定量的乙醇,然后用液氮冷冻,球磨粉碎制得高分子粉末,通过选择冷冻的温度为 -40°C 、调节球磨时间在 10min~1000min,得到可控的平均粒径在 $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 的 PS 超细粉末。同时,也对聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)、聚甲醛(POM)和 PEEK 等进行了同样相关的研究。此法通过加入溶剂和使用球磨的方式可能在一定程度上改善了球形度。

2.1.2 诱导成球法 马金玲^[15]提出一种新的工艺,使用深冷粉碎后不规则的粉末颗粒,置于一种分散液(由分散介质、表面活性剂和其它助剂组成)中,在一定条件(搅拌升温 and 保温)下,不规则粉末会因为系统能量和表面张力的原因自发调整内部结构,形成球形粉末。张永攀^[16]使用该法,将 PS 不规则粉末加入到有分散剂的溶液中,搅拌后,亦成功制备出球形度好的 PS 粉末。Schmidt 等^[13,14]在一个管式加热器中,将不规则的 PS 粉体在气流的裹挟下,通过 $200^{\circ}\text{C}/150^{\circ}\text{C}/100^{\circ}\text{C}$ 3 段温度区域,粉末自发调整内部结构,成功制备球形度良好的高分子粉末。

深冷粉碎法需要进行多次筛分、多次粉碎才能得到所需粒径的粉末材料,同时还存在颗粒不规则、流动性差等问题。诱导成球法可以作为机械粉碎法的后续处理工艺,主要作用在于能够诱导不规则的颗粒成为球形。非结晶型的热塑性树脂(如 PS)在 $T_g\sim T_f$ 温度范围内,能够较好调整自身结构,使用此方法可改善粉末颗粒的球形度。

2.2 直接聚合法

直接聚合法是指小分子在适当的合成方法和合成工艺条件下,能够直接合成出符合 SLS 工艺的高分子粉末。用于合成高分子的方法很多,一般情况下合成的高分子微球球形度良好,但是,很多聚合方法在控制微球颗粒的粒径上也存在很多困难。

2.2.1 悬浮聚合法 聚合工艺中,悬浮聚合法一般可制备粒径范围在 $50\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ 的各类微球,而 SLS 用高分子粉末最佳粒径就在几十微米。徐昊垠等^[17]通过悬浮聚合法制备了粒径在 $40\mu\text{m}$ 左右的单分散性 PS 微球。此外,范星河等^[18]和 Yuyama 等^[19]均使用悬浮聚合法成功制备出了平均粒径几十微米的单分散 PS 微球颗粒;廖永康^[20]使用悬浮聚合法合成超高分子量 26000~35000 的 PVA 粉末;徐锐^[21]使用反相悬浮聚合法制备了具有特异识别选择性的微米级硫氰酸根阴离子印迹微球;张倩^[22]在制备室温磁性聚碳酸酯型聚氨酯复合微球的粒径在 $50\mu\text{m}$ 左右。

2.2.2 乳液聚合法 乳液聚合法多应用于纳米微球领域,一般难以制备出微米级的粉末,无法满足 SLS 工艺的要求。一些工作者通过改进工艺条件使得通过乳液聚合法可制备出微米级粉末,淮路枫等^[23]在无皂乳液聚合中通过一次加入法方式制备出微米级 PS 微球;齐迪^[24]在论文中使用乳液法制备了范围在 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 的 SAN 粉末,并成功应用于 SLS 烧结工艺。

2.2.3 分散聚合法 分散聚合也是制备聚合物微球的重要方法,采用该方法合成出的微球具有很好的单分散性,然而微球粒径常常为 $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 之间。翟林峰等^[25]制备 $3\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ 的聚乙烯基毗咯烷酮(PVP)微球;张蔚^[26]制备了平均粒径为 $5.3\mu\text{m}$ 的交联聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)微球;范婷等^[27]制备了粒径在 $1.5\mu\text{m}\sim 3\mu\text{m}$ 之间、粒径分布 $1.05\sim 1.08$ 、分子量 80×10^4 左右单分散 PS 微球;张凯等^[28,29]通过改变单体的用量,制得聚苯乙烯微球的粒径控制在 $2.5\mu\text{m}\sim 7\mu\text{m}$ 。

2.2.4 种子聚合法 种子聚合是一种非常好的聚合物微球的制备方法^[30],一般先通过溶液聚合、乳液聚合、分散聚合等方式制备出种球,再进行后续聚合。Liu^[31]通过种子乳液聚合经过二步、三步聚合最终制备出几十微米的微球粉末;刘岚等^[32]以 PS 为种子,使用两步溶胀聚合法得到了 $10\mu\text{m}$ 的新型分子烙印聚合物;施敏^[33]使用溶液聚合制备出预聚物,以种子乳液法制备出 PMMA 乳液,处理后得到了平均粒径 $7.5\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}\sim 95\mu\text{m}$ 不等的微球。

聚合法是制备高分子粉末一种基本方法,选择合适的聚合反应以及控制一定的工艺条件将能制备出合适粒径的粉末。悬浮聚合与种子聚合在一定条件下能够制备出 $10\mu\text{m}$ 以上的高分子微球粉末,乳液聚合法和分散聚合法制备出的高分子微球粒径普遍偏小,但是,不排除有改进工艺与条件制备出用于 SLS 的 $10\mu\text{m}$ 以上的微球粉末的可能。此外,还有其它聚合方法如界面缩聚^[34]等也能制备高分子微球。

对于一些聚合方法制备的微球粒径过小的问题,作者认为聚合过程中分子量的控制是非常重要的因素,有大量文献制备出高分子量的聚合物,却对其形貌没有详细描述。总之,通过聚合法合成出高分子量的聚合物,进一步成为适用于选择性烧结的粉末,具有极大的可能性。

2.3 溶剂法

溶剂法是如今制备 SLS 粉末使用非常广泛的一种方法,该方法将市售的高分子原料溶解在溶剂中,然后对高分子溶液进行一系列处理,使高分子材料以粉末形态析出,所得粉末一般粒径在数十微米,并且有一定的球形度。

2.3.1 溶剂沉淀法 溶剂沉淀法是指在高温下将聚合物溶解在适当的溶剂中,然后采用改变温度或加入第二种非溶剂(这种溶剂不能溶解聚合物,但可以和前一种溶剂互溶)等方法使聚合物以粉末状沉淀出来。

张建斌等^[35]用溶剂沉淀法制备出 $75\mu\text{m}$ 以下的 PA1212 粉末,并将粉末与原树脂进行全面性能检测对比,得出粉末基本保持其树脂原有的物理力学性能这一结论;蒋涛等^[36]以溶剂沉淀法制备 PA 粉末,并进行了 SLS 烧结成型的应用性尝试;崔秀兰等^[37]采用不同溶剂沉淀体系得到不同性能的 PA 粉末,其中

二甘醇-水混合溶剂得到平均粒径最低为 $17.44\mu\text{m}$ 的粉末,乙醇-氯化钙混合溶剂得到多孔结构的粉末,乙醇-盐酸混合溶剂得到在 230°C 以上热稳定性好的粉末。汪艳等^[38]和 Shahzad 等^[39]也通过溶剂沉淀法制备了用于 SLS 的 PP 粉末。

2.3.2 乳化溶剂挥发法 乳化溶剂挥发法先将聚合物材料用有机溶剂溶解,再将溶液在水相中乳化形成小液滴,有机溶剂首先扩散入水相,然后挥发进入空气相,随着有机溶剂的挥发,乳滴开始变硬成球,再经过滤、离心、干燥即可制得微球。此法目前多用于制备 PLA 和 PLGA 微球,在药物释放领域有较多研究。孙爱平^[40]、左金平等^[41]应用该法制备了 PLA 微球,粒径均一、具有多孔结构;石旭东等^[42]使用该法研究多种不同的溶剂对制得的 PLA 微球的影响,以二氯甲烷、氯仿和甲苯为溶剂制备的微球具有相似的均匀多孔结构,而以乙酸乙酯为溶剂则可制备出具有中空结构和多孔的壳层的微球。

2.3.3 喷雾干燥法 喷雾干燥法是指将溶解于适当溶剂中的聚合物,采用喷雾的方式,使之成为一个个液滴单元,干燥之后便可形成粉末颗粒。施敏^[33]分别以乳液以及溶液作为料液,利用这种工艺制备出了聚甲基丙烯酸甲酯-丙烯酸丁酯中空微球以及聚乳酸-乙基纤维素中空微球。孙爱平^[40]也利用这种方法研究了微球粉末的粒径与喷雾干燥的温度等因素之间的关系,得到选用低极性溶剂,最佳温度 40°C ,微球粒径随 PLA 浓度成正比的结论。此外,利用高压静电的喷雾技术也可用于制备高分子微球,余松林^[43]通过高压静电所产生的静电作用力,控制 PC/CHCl_3 的浓度和黏度等条件,制备出粒径在 $20\mu\text{m}$ 的 PC 微球。

使用溶剂法制备的高分子粉末粒径一般均为微米级粉末,并且有着良好的球形度。其中,溶剂沉淀法已经在激光烧结高分子粉末领域有了较多的应用,然而该法仅适用于结晶型的高分子。乳化溶剂挥发法适用面较窄,仅用于聚乳酸等微球的研究,而喷雾干燥法多与其它制备方法相结合,例如聚合法中得到的某些乳液可以使用该法一次得到产物,省略了抽滤、烘干、研磨等程序。

2.4 其它方法介绍

2.4.1 相分离法 当两种聚合物以适当的比例共混后,如果界面张力足够小,含量较低的组分能够以微米级的尺寸分散于另一组分中。同时,为了使共混体系保持最低的能量状态,分散相将呈规整球形。清华大学的郭宝华等^[44]利用此原理,将聚酰胺和聚乙二醇熔融共混挤出后,将聚乙二醇溶解得到聚酰胺球状粉体。

2.4.2 微流体技术 Nisisako 等^[45]使用了一种微流体装置,在 T 型通道(其宽与高的长度均在微米级)内制备丙烯酸单体,并在通道内完成后续聚合,改变微流体装置内的流动条件可调整产物粒径在 $30\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$,此种工艺精度高、粒径可控、聚合物微球颗粒单分散系数不高于 2%。

2.4.3 “溶胀”粉碎法 张端等^[46]在聚酯热熔胶中加入一种惰性的沉淀剂和呈非良性的溶剂,按一定的比例形成粉化液,加热使胶粒在其中“溶胀”,再利用搅拌破碎、经冷却最终形成粉末,并且主要的热力学性能基本不变。

2.4.4 水分散法 Heimberg 等^[47]使用水作为分散剂,通过加入一种表面活性剂,在高温下分散高分子,然后降温析出成功制备出了 PE、PP、PA、乙烯-醋酸乙烯共聚物、乙烯-丙烯酸乙酯共聚物、乙烯-丙烯酸甲酯共聚物等超细树脂粉末。

3 高分子粉末在 SLS 中的应用

理论上任何高分子粉末材料均能进行选择性的激光烧结。热固型树脂粉末的成型过程是在激光热作用下,材料分子间发生交联反应,使粉体颗粒彼此粘接,此类粉末一般不直接用作 SLS 成型材料,而是用于粉末颗粒间的粘结剂。相关的应用有:使用酚醛树脂制备的覆膜树脂砂进行激光烧结^[48]、使用环氧树脂作为粘结剂在激光烧结制造金属零件生胚的应用^[49]等。晶态聚合物的烧结温度在熔融温度以上,烧

结件的致密度高,多用于强度要求高的工程制件。尼龙粉末已被证明是目前 SLS 技术直接制备塑料功能件的最好材料,其它结晶型聚合物的研究目前多指向生物医学领域^[50]。非晶态聚合物粉末在温度上升到 T_g 以上发生烧结,有较高的尺寸精度,多制备对强度要求不高但具有较高尺寸精度的制件。PC 与 PS 粉末均为研究报道较多的材料,还有使用 PMMA 做间接法 SLS 制造金属或陶瓷零件用聚合物粘接剂^[51]以及制备 TPU 弹性体烧结件^[52]等。目前,SLS 高分子材料仍存在可用种类少和成型件性能较低等难题,一般通过添加微/纳米填料或者后处理浸渗等方法制备复合材料,来提高 SLS 成型件的某些性能以及增加 SLS 材料种类。

4 结语

良好的球形度、合适的粒径大小以及粒径分布是高分子粉末用于 SLS 工艺的基本要求。本文综述了高分子粉末的各种制备方法,然而高分子材料的种类极多,目前只有少数几种高分子粉末在 SLS 应用方面有相关的研究报道。选择合适的粉末制备方法,或改进及提出新的粉末制备方法,开发出更多可应用于 SLS 工艺的高分子粉末产品,对推动 SLS 技术的发展应用具有重要意义。

参考文献:

[1] 史玉升, 闫春泽, 魏青松, 等. 中国科学:信息科学, 2015, 45(2):204~211.

[2] 闫春泽, 史玉升, 杨劲松, 等. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(8):145~149.

[3] Cutler I B, Henrichsen R E. J Am Ceramic Soci, 2010, 51(10):604.

[4] Nelson J C. Selective laser sintering: a definition of the process and an empirical sintering model. Ph. D. thesis, The University of Texas at Austin, Texas,1993.

[5] Dickens E D, Lee B L, Taylor G A, et al. US 6136948. 2000-10-24.

[6] 赵梦奇, 曹军, 奚惠民, 等. 精细石油化工, 2007, 24(5):5~7.

[7] 广东银禧科技股份有限公司. CN 104031319A. 2014-09-10.

[8] 王晓新, 郭有仪, 束鹏程. 真空与低温, 1997, (2): 77~79.

[9] 贾如磊, 龚俊. 中国粉体技术, 2010, 16(6):53~55.

[10] 龚俊, 贾如磊, 侯运丰. 兰州理工大学学报, 2006, 32(6):79~81.

[11] 李忠容. 石化技术与应用, 2006, 24(4):316~318.

[12] 祝世洋. 聚醚醚酮基高性能涂料的制备及性能研究. 长春:吉林大学硕士学位论文, 2014.

[13] Schmidt J, Sachs M, Blümel C, et al. Powder Technol, 2014, 261(261):78~86.

[14] Schmidt J, Sachs M, Blümel C, et al. The 30th International Conference of the Polymer Processing Society-Conference Papers. 2015:229~267.

[15] 马金玲. 制备聚苯乙烯微球的新方法探究研究及其在激光成型领域的应用. 广州:广东工业大学硕士学位论文, 2012.

[16] 张永攀. SLS 用 T_g 可控的 PS 球形颗粒的制备研究. 广州:广东工业大学硕士学位论文, 2015.

[17] 徐昊垠, 董春明. 化工生产与技术, 2010, 17(3):24~26.

[18] 范星河, 谢晓峰. 高分子学报, 2001, (3):395~398.

[19] Yuyama H, Hashimoto T, Ma G H, et al. J Appl Polym Sci, 2000, 78(5):1025~1043.

[20] 廖永康. 合成化学, 2004, 12(1):100~102.

[21] 徐锐. 反相悬浮聚合法制备微米级阴离子印迹微球及其对离子识别特性的研究. 太原:中北大学硕士学位论文, 2015.

[22] 张倩. 磁性聚碳酸酯型聚氨酯复合微球的制备与表征. 武汉:武汉理工大学硕士学位论文, 2014.

[23] 淮路枫, 杨明. 武汉轻工大学学报, 2008, 27(4):30~32.

[24] 齐迪. 用于选择性激光烧结高分子材料的制备与成型研究. 青岛:青岛科技大学硕士学位论文, 2016.

[25] 翟林峰, 史铁钧, 王华林. 高分子学报, 2007, (11):1022~1027.

[26] 张蔚. 分散聚合法制备单分散高交联聚甲基丙烯酸甲酯功能性微球. 上海:华东理工大学硕士学位论文, 2014.

[27] 范婷, 陈建定, 黄广建. 功能高分子学报, 2007, (2):172~177.

[28] 张凯, 傅强, 江璐霞. 材料研究学报, 2002, 17(1): 107~111.

[29] Zhang K, Fan J H, Yan M A, et al. Chem Propell Polym Mater, 2007, 4:37~40.

[30] 雷金化, 王红华, 李栋梁, 等. 化学进展, 2009, 21(6):1287~1291.

- [31] Liu P. Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Asp, 2006, 291(1):155~161.
- [32] 刘岚, 卢保森, 郑军军, 等. 中山大学学报自然科学版, 2004, 43(3):45~48.
- [33] 施敏. 喷雾干燥法制备 P(MMA-BA)、PLA/EC 中空微球及其性能研究. 长沙:湖南大学硕士学位论文, 2012.
- [34] 游丹, 李波. 强激光与粒子束, 2000, 12(4):463~466.
- [35] 张建斌, 张全福, 徐春艳, 等. 工程塑料应用, 2004, 32(1):22~24.
- [36] 蒋涛, 危伟. 胶体与聚合物, 2006, 24(2):16~17.
- [37] 崔秀兰, 张淑芬, 包毅. 精细化工, 1996, 13(4):41~45.
- [38] 汪艳. 一种用于选择性激光烧结的聚丙烯粉末材料及其制备方法. CN 105802012A. 2016-4-18.
- [39] Shahzad K, Deckers J, Kruth J P, et al. J Mater Process Technol, 2013, 213(9):1484~1494.
- [40] 孙爱平. 喷雾干燥法制备聚乳酸载药微球及其药物释放行为研究. 天津:天津大学硕士学位论文, 2008.
- [41] 左金平. 新型聚乳酸微球的制备与应用研究. 合肥:合肥工业大学硕士学位论文, 2007.
- [42] 石旭东, 孙磊, 甘志华. 高分子学报, 2011, (8):866~873.
- [43] 余松林. 电喷法制备高分子复合微球的研究. 上海:东华大学硕士学位论文, 2011.
- [44] 郭宝华, 陈曦, 徐军, 等. CN 1246367. 2006-3-22.
- [45] Nisisako T, Torii T, Higuchi T. Chem Eng J, 2004, 101(1/3):23~29.
- [46] 张端, 王润珩, 李春贞. 中国胶粘剂, 1994, 3(6):4~8.
- [47] Heimberg M, Ondrus D J. US 5246779. 1993-09-21.
- [48] 肖军杰, 王鹏程, 李小城, 等. 铸造技术, 2008, 29(1):24~28.
- [49] 刘锦辉, 史玉升, 王高潮, 等. 华中科技大学学报自然科学版, 2006, 34(3):54~57.
- [50] 闫春泽, 史玉升, 杨劲松, 等. 高分子材料科学与工程, 2010, 26(7):170~174.
- [51] Evans R S, Bourell D L, Beaman J J, et al. Rapid Prototyp J, 2005, 11(1):37~40.
- [52] Dadbakhsh S, Verbelen L, Vandeputte T, et al. Phys Proced, 2016, 83:971~980.

Techniques of Polymer Powder Preparation for Selective Laser Sintering

YANG Xu-sheng, WANG Yan*

(School of Materials Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, China)

Abstract: The objectives of this paper are to review the techniques to prepare selective laser sintering polymer powder, including mechanical crushing, direct polymerization and solution techniques. Moreover, some novel powder preparation techniques including phase separation, microfluidic device, “swelling” crushing and water dispersion. In addition, the applications of different types of polymer powders were also discussed. Furthermore, the effects of powder particle size, morphology, particle size distribution On the performance of selective laser sintering process were summarized.

Key words: Selective laser sintering; Polymer powder; Preparation methods