

复合尼龙粉末激光烧结快速成型技术进展

于 千 白培康 王建宏

(中北大学材料工程系,太原 030051)

摘要 系统地论述了复合尼龙(PA)粉末激光烧结快速成型技术的国内外发展概况,介绍了美国产复合PA粉末的常用牌号,总结了目前该领域中所取得的成果及存在问题,并对复合PA粉末激光烧结快速成型技术的发展进行了展望。

关键词 复合尼龙粉末 快速成型技术 激光烧结

快速成型(Rapid Prototyping,简称RP)技术是20世纪80年代后期发展起来的,被认为是近年来制造技术领域的一次重大突破,其对制造业的影响可与数控技术的出现相媲美。RP系统综合了机械工程、计算机辅助设计(CAD)、数控技术、激光技术及材料科学技术,可以自动、直接、快速、精确地将设计思想物化为具有一定功能的原型或直接制造制品,从而可以对设计制品进行快速评价、修改及功能试验,有效地缩短了制品的研发周期。而对于复合尼龙(PA)粉末选择性激光烧结快速成型(SLS-RP)技术的研究是国际上正在研究的热点领域。

1 RP技术的优越性

RP技术迥异于传统的去除成型(如车、削、刨、磨),拼合成型(如焊接),或受迫成型(如铸、锻,粉末冶金)等加工方法,它是采用材料累加法制造制品原型,其原理是先将CAD生成的三维实体模型通过分层软件分成许多细小薄层,每个薄层断面的二维数据用于驱动控制激光光束,扫描液态光敏树脂使其固化,以逐层固化的薄层累积成所设计的实体原型。SLS-RP技术较之传统的诸多加工方法展示出下列优越性:

(1)可以制成几何形状任意复杂的制品,而不受传统机械加工方法中刀具无法达到某些型面的限制。

(2)曲面制造过程中,CAD数据的转化(分层)可百分之百地全自动完成,而不像数控切削加工中需要工程人员经数天复杂的人工辅助劳动才能转化为完全的工艺数控代码。

(3)不需要传统的刀具或工装等生产准备工作。任意复杂制品的加工只需在一台设备上完成,因而可大为缩短新产品的开发成本和周期,其加工效率亦远胜于数控加工。

(4)设备购置投资低于数控机床^[1,2]。

2 选择性激光烧结(SLS)原理及特点

对复合PA粉末SLS-RP技术的研究是目前国际上的热点课题,利用该项技术可以自动而迅速地由CAD模型直接得到耐用、高质量的制品或模型。现笔者主要介绍复合PA粉末应用于SLS技术。

(1) SLS技术原理

SLS技术的成型工艺原理是,首先建立要加工制品的

CAD模型,并将其转化为STL格式,然后用分层软件将CAD模型进行切片处理,得到每一加工层面的数据信息。在计算机控制下激光束根据切片层面信息对PA粉末层进行扫描烧结,在激光照射的位置上粉末熔化并凝固在一起,再铺下一层粉末,重复该过程,新的一层和前一层自然烧结在一起,最后即可制出所需三维实体。

目前国内外从事SLS技术研究的单位有美国得克萨斯大学DMT公司、德国EOS公司、北京隆源公司、华中科技大学、中北大学等。采用SLS技术制作制品突破了快速成型因制造方法不同对所用材料的限制,现在可以烧结PA等塑料、陶瓷、石蜡等多种材料,还将开发更多的材料。美国DTM公司已商品化的SLS复合PA粉末的热稳定性、化学稳定性均为优良。

(2) SLS技术特点

与其它传统制造方法相比,SLS技术的突出优点是:①具有高度的柔性。在计算机的控制下可以方便迅速地制作出传统加工方法难以实现的复杂形状的制品,例如具有复杂凹凸部分及中空的制品。②技术的高度集成。它是计算机技术、数控技术、激光技术与材料技术的综合集成。③生产周期短。由于该技术是建立在高度集成的基础上,从CAD到制品的加工完成只需几小时至几十小时,这一特点使其特别适合于新产品的开发。④材料适应面广。不仅能制造塑料制品,还能制造陶瓷、蜡等材料的制品,特别是可以制造金属制品,这使SLS工艺颇具吸引力。⑤SLS工艺无需附加支撑。因没有烧结的PA粉末起到了支撑的作用。

3 复合PA粉末的国内外研究现状

由于SLS技术具有上述的优点,因而该技术得到了广泛的应用,特别是将复合PA粉末应用于SLS技术所生产的制品和模具拥有优良的综合性能。

PA最初是最重要的合成纤维原料,后来发展为用作塑料制品。虽然PA的品种有几十种之多,但其分子中都有酰胺基($-\text{CONH}-$),因此具有共性。PA较之一般塑料具有耐磨、强韧、耐热、耐寒、易成型、自润滑、无毒、易染色等优点。

PA 制品在实际使用中应注意的问题,一是热膨胀及吸水性导致的尺寸精度差;二是耐酸性差而不能作为耐酸性材料使用;三是耐光性差,用作电缆包皮时必须加入耐光剂;四是耐污染性差^[3,4]。

美国 DTM 公司生产的复合 PA 粉末有:①Standard Nylon,可用来制作具有良好耐热性和耐腐蚀性的模型。②DuraForm GF,系添加玻璃微珠的 PA,其热稳定性和化学稳定性优良,不仅具有与 Standard Nylon 相同的性能,而且能提高制品的尺寸精度,降低表面粗糙度,适用于强度和硬度要求较高的功能制品(见图 1a)。③Fine Nylon Medical Grade,在特定的自然暴露条件下测试被评为美国药典(USP)6 级水平,该材料还能通过高温蒸气消毒 5 个循环。④ProtoForm™ Composite,是 DuraForm 的玻璃增强改性材料,与未增强的 DTM PA 相比,它具有更好的加工性能,同时还有更好的耐热性和耐腐蚀性。⑤DuraForm PA,系新一代复合 PA 粉末,用其生产的热塑性塑料制品(见图 1b)具有很好的表面质量和热稳定性,并且能经受住严格的性能测试,缩短制品的试

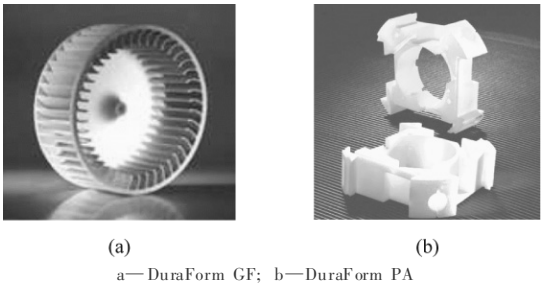


图 1 美国 DTM 公司的复合 PA 粉末成型制品
验、生产周期。

美国 DTM 公司的 PA 制品一般为工程塑料功能件,主要特点为硬度高,有良好的耐热性和耐腐蚀性及好的机械加工性,可机械连接或粘结,稳定性好,可用作计算机、汽车等的

表 1 美国 DTM 公司生产的复合 PA 粉末特性

项 目	测试方法	Standard Nylon	DuraForm GF	ProtoForm™ Composite	DuraForm PA
相对密度	ASTM D 792	1.04	1.04	1.47	0.97
吸湿率/%	ASTM D 570	1.0	1.0	0.18	0.41
表观密度/g·cm ⁻³	ASTM D 4164	0.58	0.55	0.78	0.59
平均粒径/μm	激光散射分析	120	50	50	58
颗粒尺寸分布(90%)/μm	激光散射分析	60~250	15~90	15~92	25~92
熔点/℃	DSC	186	186	193	184
热变形温度/℃ (0.45 MPa)	ASTM D 648	163	163	188	177
(1.82 MPa)	ASTM D 648	44	44	134	86
拉伸屈服强度/MPa	ASTM D 648	36	36	49	44
拉伸弹性模量/MPa	ASTM D 648	1 400	1 400	2 828	1 600
断裂伸长率/%	ASTM D 648	32.0	32.0	6.0	9.0
弯曲弹性模量/MPa	ASTM D 790	870	870	4 330	1 285

其制品的精度和表面粗糙度都较好^[5]。

我国对复合 PA 粉末的 SLS-RP 技术的研究还刚刚起步,中北大学和华中科技大学在该领域的研究有了一定的进展。中北大学针对 PA 烧结件强度低、韧性差、工艺复杂、成本高的缺点,采用化学合成法并结合表面处理、改性工艺在 PA 基料中添加表面活性剂、光吸收剂、降粘剂及有机填料等,自行研制了复合 PA 粉末 cpp1。该材料具有制造工艺方便、烧结性能优良,成型制品(模型)的强度高、韧性好、成本低等优点,特别适用于新产品模型的快速制造^[6]。

4 发展前景及存在问题

目前,用于 SLS-RP 新产品模型的成型粉末有聚苯乙烯(PS)、丙烯腈/丁二烯/苯乙烯(ABS)等,利用这两种粉末制造的原型制品强度低、韧性差,容易被破坏,不能直接用于产品装配、干涉检验及性能测试,必须经过浸胶(树脂)后处理和热烘固化、提高韧性后方可使用,工艺复杂、成本较高。而复合 PA 粉末的 SLS-RP 技术具有制品烧结成型性能优

良、制品强度高、韧性好等特点。采用复合 PA 粉末 SLS-RP 技术生产的制品能通过严格的性能测试,无需经过浸胶后处理和热烘固化即可获得拉伸强度、弯曲强度和冲击强度均为优良的制品,并且其具有很好的热稳定性和化学稳定性。该技术可直接用于实际模型进行性能检验,验证制品设计结构合理性、制造工艺的可行性和外观的美观性,及时修改产品设计,以适应市场的需求;也可用于直接制造铸造用模具(模板、模样、型芯)等,从而大大缩短新产品的开发周期,降低研制成本,使企业具有更强的市场竞争力。

PA 粉末的熔点在 180℃ 以上,对烧结成型条件要求高,且要求与专用 RP 设备配套使用,设备与材料价格昂贵。如美国 DTM 公司与德国 EOS 公司用于 PA 粉末烧结成型的设备价格均在 200 万元以上,复合 PA 粉末售价 80 美元/kg 左右。上述特点制约了该技术在我国的推广应用。为了克服现有材料的局限性,开发适用于 SLS-RP 技术、且成型设备工艺简单、成本低、制品综合性能优良的复合 PA 粉末是十

分迫切的。

5 结语

快速成型技术是一种正在进一步发展和日臻完善且已获得广泛应用的技术。可以预见,随着 CAD 技术的广泛应用,市场竞争将日趋激烈。复合 PA 粉末激光烧结快速成型技术也将日趋完善,不断开发出新的成型工艺、成型材料及智能化相关技术。快速成型技术将发展为一种能被企业普遍采用的技术手段,并将给企业带来巨大的经济效益。国家有关部门和企业应充分重视快速成型技术,加快开发我国商品化快速成型系统并大力推广应用,注重快速成型信息的收集、传播与交流,拓宽快速成型研究的深度和广度。笔者深信,该项技术完全可以立足于国内,国产的快速成型系统有

望很快占有国内市场并进入国际市场,这将使我国的有关企业更有信心地面临激烈的国际竞争,使我国的经济飞速向前发展。

参考文献

1 黄树槐,等.中国机械工程,1997(5):8
2 周佑武.铸造设备研究,2003(2):51
3 朱林泉,等.快速成型与快速制造技术.北京:国防工业出版社,2003.
4 白培康,等.华北工学院学报,1999(1):1
5 Lin Liulan, et al. Journal of Wuhan University of Technology, 2003(9):60
6 梁红英.华北工学院学报,2002(1):193

TECHNICAL PROGRESS ON LASER SINTERING RAPID PROTOTYPING WITH NYLON POWDER COMPOSITES

Yu Qian, Bai Peikang, Wang Jianhong

(Department of Material and Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT The state of arts on laser sintering rapid prototyping with nylon powder composites at home and abroad were reviewed systematically. The trademarks of nylon powder composites made in united states in common use were introduced. The progress and problems in this field were summerized, and the development on laser sintering rapid prototyping with nylon powder composites was prospected.

KEYWORDS nylon powder composite, rapid prototyping technology, laser sintering

四川成塑科技有限公司

四川成塑科技有限公司是一家民营的股份制企业,主要从事低卤、低毒、无卤化环保型系列红磷阻燃剂母料以及各种改性工程塑料的研究开发和生产,其技术主要依托于国家级科研院所和四川大学。

CPM 系列高效环保赤磷阻燃剂母料

特点和功能:

我公司开发的 CPM 系列高效环保赤磷阻燃剂母料产品,可应用于下列聚合物阻燃:

★工程塑料 ★通用塑料 ★热固性树脂(聚氨酯、环氧树脂、不饱和聚酯);

CPM 系列高效环保赤磷阻燃剂母料产品具有阻燃效率高,添加操作方便、安全、无粉尘污染,热稳定性好等优点。与卤素阻燃剂(十溴二苯醚)相比,CPM 母料阻燃的热塑性塑料具有以下特点:

- ★密度低 ★物理性能变化不大 ★高耐漏电痕迹指数(CTI)值 ★加工性能优异
- ★不超霜、不迁移、不腐蚀模具 ★烟密度小 ★对环境无污染

主要牌号及应用

牌 号	CPM425	CPM440	CPM540	CPM650	CPM780
外观	紫红色颗粒	紫红色颗粒	紫红色颗粒	紫红色颗粒	紫红色粉末
赤磷含量/%	25	40	40	50	80
着火点/℃	≥320	≥320	≥320	≥320	≥300
适用性	PA6	玻纤增强 PA6、PA66	玻纤增强 PBT	PET、PC、PE、PP、E/VAC、EPR	热固性树脂
添加量/%	15 ~20	12 ~16	13 ~15	8 ~15*	5 ~10

* 对于聚烯烃塑料(PE、PP、E/VAC、EPR)要配合氢氧化铝或氧化镁使用。

地址:成都市高新区芳草街6号 邮编:610041 联系人:王先生 魏先生
电话:028-85137707 13908187062 传真:028-85137707 E-mail: wxh@bioyd.com