

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.02.016

3D 打印 PLA/CF 便携式塑料挂钩

李长恒¹, 徐井利², 秦贞明², 王丹勇²

(1. 济南外国语学校, 济南 250107; 2. 中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要: 提出了一种区别于传统塑料挂钩的新型便携式挂钩研发思路, 采用纤维增强聚乳酸复合材料并基于 3D 打印技术辅助完成了便携式挂钩的原理验证和零件设计。首先采用纤维增强聚乳酸复合材料 3D 打印弯曲试样进行了力学性能测试, 结果表明纤维增强聚乳酸复合材料其力学性能满足用来辅助研发新型便携式挂钩的要求。其次利用 3D 打印技术对新型便携式挂钩进行了原理及原型的验证。

关键词: 3D 打印; 聚乳酸; 碳纤维; 复合材料; 便携挂钩

中图分类号: TQ321 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)02-0073-04

Portable Plastic Hook of PLA/CF Composites Based on 3D Printing

Li Changheng¹, Xu Jingli², Qin Zhenming², Wang Danyong²

(1. Jinan Foreign Language School, Jinan 250107, China; 2. Institute 53, China North Industries Group Corporation, Jinan 250031, China)

Abstract: In order to realize the development of the portable hook, the 3D printing technology of carbon fiber(CF) reinforced polylactic acid (PLA) composite was used to complete the principle verification and part design of the portable hook. Firstly, results of flexural tests show that CF reinforced PLA composites meet the requirements of new portable hooks since the fiber-reinforced PLA composites have been tested for their mechanical properties. Secondly, the principle and prototype verification of the new portable hook was done by using 3D printing technology.

Keywords: 3D printing; polylactic acid; carbon fiber; composite; portable hook

塑料挂钩是一种日常用品, 目前现有塑料挂钩的固定方式主要包括三种, 第一种是钢钉固定, 此种固定方式挂钩的承载力大, 缺点是在固定位置处留有孔洞, 放置物品时只能固定、不便于携带, 且当去除挂钩后留下孔洞不美观。第二种固定方式是真空吸附方式, 借助负压使挂钩固定, 缺点是固定方式不稳定, 易脱落; 第三种固定方式是粘结固定, 缺点是固定后难于取下, 不易清除残留胶, 且易破坏墙面。

针对上述挂钩缺点, 笔者提出一种基于静力平衡原理的新型便携式挂钩, 该挂钩不需固定, 只借助承载物品质量、依靠力学平衡在任意水平面即可悬挂物品。

为开发新型便携式挂钩, 笔者采用熔融沉积成型 (FDM) 的 3D 打印技术对该新型挂钩进行了原理验证及主要零件设计。所采用的 FDM 工艺是 3D 打印技术中应用最普遍的一种。其原理是将 CAD 三维模型离散成二维片层, 利用加热挤出喷头, 根据层片的路径信息, 在驱动控制下, 将加热熔融的成型材料通过连续的逐层叠加固化制造出三维实体^[1]。FDM 打印耗材主要是热塑性材料, 包括聚乳酸 (PLA)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS)、聚碳

酸酯、尼龙以及上述材料的复合材料^[2-3], 其中 ABS 和 PLA 是应用最多的两种打印材料。

近些年为提高 FDM 打印产品的力学性能, 碳纤维 (CF) 也正逐渐应用到 FDM 打印技术中。H. L. Tekinalp 等^[4]将 CF 添加到 ABS 树脂中制备了 CF 增强 ABS 打印耗材, 打印了标准拉伸样条进行拉伸性能测试并与压模工艺进行了对比。研究表明在 CF 含量相同情况下, FDM 工艺制备的试样拉伸性能低于压模工艺, 此外研究表明 CF 在打印过程中存在高度取向性。Ning Fuda 等^[5]将不同含量和不同长度的 CF 粉加入到 ABS 树脂中制备了 CF 增强 ABS 打印耗材, 并打印了拉伸性能试验和弯曲性能试验的标准试样。结果表明, CF 加入可以提高 ABS 的拉伸强度和拉伸弹性模量, 但韧性、屈服强度和延展性下降。当 CF 质量含量为 5% 时, 复合材料打印试样拉伸强度提升 22.5%, 弯曲弹性模量和弯曲强度提升了 16.82% 和 11.82%, 弯曲韧性提升了 21.86%; 当 CF 质量含量为 7.5% 时, 复合材料

联系人: 徐井利, 工程师, 主要从事混杂复合材料与 3D 打印技术研究

收稿日期: 2016-12-03

打印试样拉伸弹性模量提升 30.5%。短纤维增强热塑性树脂复合材料 3D 打印工艺因纤维尺度较小直接作为增强材料添加到树脂中对工艺影响较小,因此其发展相对比较成熟。但因纤维尺度较小其增强效果也有限^[6]。为提高纤维增强热塑性树脂复合材料 3D 打印试件的力学性能,研究人员提出了连续纤维增强复合材料 FDM 工艺,目前对该工艺的研究仍处于起步阶段。2015 年,东京理科大学的研究人员采用连续纤维预浸丝束进行连续 CF 增强 PLA 复合材料的 FDM 工艺研究,当纤维含量为 6.6% 时,复合材料的拉伸强度达到 200 MPa,拉伸弹性模量为 20 GPa,相比 FDM 工艺制造的普通 PLA 试样,强度和弹性模量分别增加了 6 倍和 4 倍^[7]。2014 年,美国 Mark Forged 公司研发了连续纤维增强树脂基复合材料 3D 打印技术,其设备命名为 Mark One,成功实现了连续纤维增强尼龙复合材料的制造。该打印技术采用两个独立喷头,一个打印热塑性树脂,另一个喷头挤出纤维预浸丝束,打印零件实现构件内部填充连续纤维,外部轮廓采用热塑性树脂^[8]。2016 年 11 月陕西恒通智能机器有限公司的研发人员开发了连续纤维增强热塑性复合材料 3D 打印技术,该技术采用连续纤维与热塑性高分子材料为原材料,利用同步复合浸渍方式的 FDM 打印工艺实现复合材料制备与成形的一体化制造。经过测试,制备的 PLA/CF 复合材料弯曲强度达到 350 MPa,弯曲弹性模量达到 30 GPa,是传统 PLA 零件的 7 倍左右^[9]。

上述研究结果表明,纤维增强复合材料 3D 打印技术正逐渐完善并走向市场,鉴于此,为开发新型便携式挂钩概念及原型设计,笔者采取基于 FDM 工艺的短切 CF 增强 PLA 复合材料 3D 打印技术实现新型挂钩的研制。为进行后续的原型设计及验证,首先对 CF 增强 PLA 复合材料打印试样进行了弯曲性能测试,然后利用经测试过的耗材打印便携式挂钩零件,并进行了原理和原型验证。

1 新型便携式挂钩原理与 CF 增强 3D 打印实验

1.1 新型便携式挂钩原理

图 1 为便携式塑料挂钩原理图。该挂钩是基于静力平衡原理研制的,其中杆 1 与平面的支点,杆 2 与杆 3 连接点以及重物中心三点处于竖直方向的临界线上时即可满足静力平衡条件,此时挂钩本身不需任何固定即可悬挂重物。当上述三点的连线处在临界线的左侧均可满足静力平衡条件,实现便携式

挂钩固定,当上述三点连线处在临界线右侧会导致挂钩失稳以致失去挂钩的承载功能。

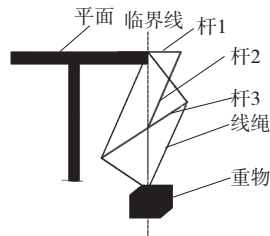


图1 新型便携式挂钩原理图

1.2 主要原材料

PLA/CF 打印耗材: 厚 1.75 mm, CF 含量为 0%, 2%, 10%, 20%, 黑龙江鑫达企业集团。

1.3 主要设备及仪器

3D 打印机: Fprinter S2+ 型, 济南乐创信息技术有限公司;

颗粒图像分析仪: Morphologi G3 型, 英国马尔文仪器有限公司;

电子拉力试验机: INSTRON 5966 型, 美国英斯特朗公司。

3D 打印机如图 2 所示。CF 增强 PLA 打印耗材以及纯 PLA 打印耗材如图 3 所示。

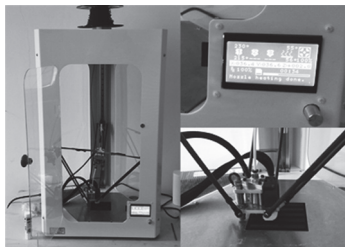


图2 3D打印机



图3 PLA/CF及纯PLA打印耗材

1.4 测试与表征

CF 形貌采用颗粒图像分析仪测试, CF 增强 PLA 复合材料试样的弯曲性能采用电子拉力试验机测试。3D 打印试样是参照国标 GB/T 1449-2005 纤维增强塑料弯曲性能试验方法要求建立模型并进行打印的。

1.5 便携式挂钩零件设计

根据新型便携式挂钩力学平衡原理, 利用三维

CAD 软件 CATIA V5 R20 设计了该挂钩零件,如图 4 所示。

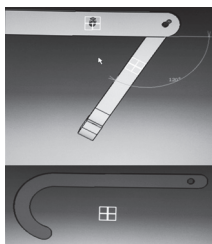


图 4 新型挂钩的零件设计

2 结果与讨论

2.1 CF 形貌分析

鉴于纯 PLA 具有透光性的特点,为观察纤维分布状态,选用了 CF 质量含量为 2% 的 PLA/CF 复合材料长丝作为打印耗材。打印完样品后在样品周边剥离出薄样品用于在光学显微镜观察,如图 5 所示,图 5 中 B, C, D 分别为 $\times 2.5$, $\times 10$, $\times 20$ 放大倍数。其中图 5A 是剥离试样垂直于喷嘴挤出丝的断面示意图。从图中可以发现,纤维在喷嘴内经挤出后具有取向性,且纤维取向与打印路径具有非常好的一致性。图 5B 中所观察到的连续性暗色条纹状,经测量在 $300\ \mu\text{m}$ 左右,而试验用的喷嘴直径为 $0.4\ \text{mm}$,在设置打印参数时设置了挤出丝与挤出丝之间存在部分重叠,因此该暗色条纹应为喷嘴在打印过程中挤出丝之间的重叠边界。

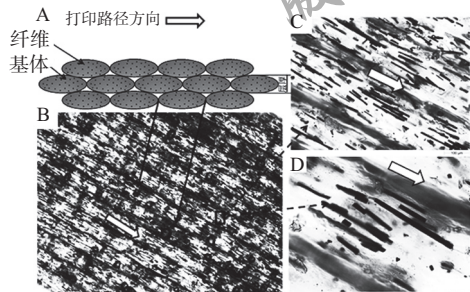


图 5 PLA/CF 复合材料 3 层打印试样的光学显微镜图

2.2 PLA/CF 弯曲性能分析

由上述纤维形貌分布可知,纤维取向方向与打印路径方向一致。为此针对不同含量的 CF 设计了 3 种打印方式,即打印路径方向与弯曲测试承受载荷方向呈 0° , $\pm 45^\circ$ 以及 90° 时的打印试样。将 CF 含量为 0%, 10%, 20% 时的 PLA/CF 打印耗材分别测试了其夹角为 0° , $\pm 45^\circ$ 以及 90° 时的弯曲弹性模量, 0% (0° , $\pm 45^\circ$, 90°) 分别标记为 1#~3#, 10% (0° , $\pm 45^\circ$, 90°) 分别标记为 4#~6#, 20% (0° , $\pm 45^\circ$, 90°) 分别标记为 7#~9#, 测试结果如图 6 所示。由图 6 可知,当纤维取向方向与打印路一致

时,随 CF 含量增加,弯曲弹性模量逐渐增大。在纤维含量相同时,试样承载方向与打印方向即取向方向为 0° 时,弯曲弹性模量最大。当 CF 质量含量为 20% 时,在纤维取向方向即打印路径方向上弯曲弹性模量比纯 PLA 提高 94%。在其它打印方向上弯曲弹性模量提高有限,甚至低于纯 PLA。测试结果表明,当 CF 质量含量为 20% 时,弯曲刚度最大,因此通过设计打印路径方向可使打印零部件拥有最高的刚度便于挂钩承载。

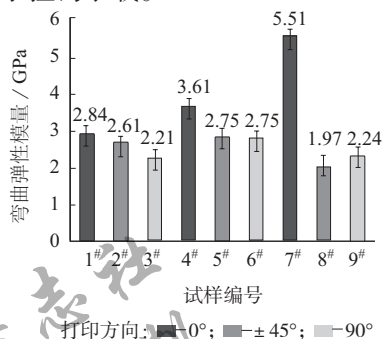


图 6 PLA/CF 复合材料打印试样的弯曲弹性模量

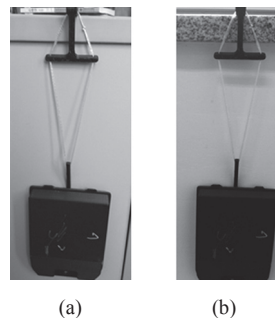
2.3 新型便携式挂钩的打印与验证

通过上述对 PLA/CF 打印弯曲试样的性能分析结果,采用质量分数为 20% 的 CF 增强 PLA 材料打印了设计的便携式挂钩零件,如图 7 所示。



图 7 新型便携式挂钩的打印零件

将上述零件与细绳进行组装后获得新型便携式挂钩的原型,将上述原型通过悬挂物品进行了测试,测试结果如图 8。



应用平面场合: a—桌面; b—窗台

图 8 应用不同平面场合下的便携式挂钩

图 8 是选择了两种不同平面悬挂物品,其中图

8a 是便携式挂钩悬挂物品在桌面上的应用场合,图 8b 是便携式挂钩悬挂物品在窗台平面的应用场合。从图中可以看出,设计的便携式挂钩可应用于多种场合且不用固定即可达到悬挂物品的目的。根据上述原理验证可知采用 3D 打印技术实现产品开发快速便捷,不需要设计模具即可轻易地实现创新产品设计。

3 结论

提出了一种区别于传统塑料挂钩的便携式挂钩研发思路,为实现该便携式挂钩的快速研发采用了纤维增强 PLA 复合材料 3D 打印技术辅助完成了便携式挂钩的原理验证和零件设计。通过上述研究可以得出以下结论:

(1) 光学显微镜结果表明,3D 打印试样中 CF 具有取向性,且纤维取向方向与打印路径方向一致。

(2) 当 CF 质量含量为 20% 时,在纤维取向方向即打印路径方向上弯曲弹性模量比纯 PLA 提高 94%。

(3) 利用纤维增强 PLA 复合材料 3D 打印技术对新型便携式挂钩的设计进行了原理及原型验证,结果表明该新型便携式挂钩可行且使用方便,便于批量化生产。

(4) 新型便携式挂钩的研发中引入 3D 打印技术使产品开发更便捷和快速。

参考文献

- [1] Sarat S, Asimava R. Modeling evaluation of curved layer fused deposition[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2012(212):27-35.
- [2] Marcincinova L N, Marcincin J N, Barna J, et al. Special materials used in FDM rapid prototyping technology application//[C]. Proceedings of IEEE 16th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), Lisbon, 2010.
- [3] Dudek P. FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements[J]. Archives of Metallurgy and Materials, 2013, 58(4):1 415-1 418.
- [4] Tekinalp H L, Kunc V, Velez-Garcia G M, et al. Highly oriented carbon fiber-polymer composites via additive manufacturing[J]. Composite Science Technology, 2014, 105(10):144-150.
- [5] Ning Fuda, Cong Weilong, Qiu Jingjing, et al. Additive manufacturing of carbon fiber reinforced thermoplastic composites using fused deposition modeling[J]. Composites Part B, 2015, 80:369-378.
- [6] Fujihara K, Huang Z M, Ramakrishna, et al. Influence of processing conditions on bending property of continuous carbon fiber reinforced PEEK composites[J]. Composites Science and Technology, 2004, 64(16):2 525-2 534.
- [7] Unima-plastic[EB/OL].[2015-11-25].<http://mt.sohu.com/20151125/n428105313.shtml>.
- [8] Wang Qianghua, Sun Aliang. Application and evolution of 3D printing technology in composite manufacturing[J]. Fiber Reinforced Plastic, 2015(4):9-14.
- [9] 陕西恒通 [EB/OL].[2016-11-23]. <http://www.china-rpm.com/4g.php?m=show&cid=4&id=5433>.

深圳将建全球石墨烯产业中心,产业发展望提速

深圳将建全国乃至全球石墨烯产业中心,在新一轮产业发展中占据先机。从不久前在深圳举行的石墨烯产业发展座谈会上获悉,深圳非常重视石墨烯产业,对相关研究机构、产业联盟、企业进行扶持,力争在产业标准、研发、应用方面实现突破。座谈会由中国国际石墨烯资源产业联盟指导、深圳工业总会主办。

中国国际石墨烯资源产业联盟理事长张景安表示,石墨烯正在成为当代颠覆性新材料,我国在石墨烯领域的专利申请、论文发表和资源占有都是世界第一。深圳石墨烯产业发展市场环境好、研发水平高、产业转化快,已诞生了一批行业领军企业。希望深圳加大力度,使深圳成为未来世界的石墨烯产业中心,成为与美国硅谷媲美的“烯谷”。

据悉,深圳拥有全国最大的石墨烯应用市场,深圳锂电池、电动汽车、手机企业众多,产业链配套条件全国领先。深圳企业在石墨烯研发及应用领域实现一定的突破,比如华讯方舟成功造出世界首块石墨烯太赫兹芯片,烯旺科技在全球范围内最早将石墨烯科研成果产业化,华为与曼彻斯特大学合作开展石墨烯应用研究,比亚迪正全力研发石墨烯—磷酸

铁锂电池等。

同时,深圳清华大学研究院、深圳大学等在石墨烯的制备及其在锂离子电池中的应用方面都积累了一定研究基础。

(中塑在线)

科莱恩将扩大 Lewiston 工厂产能用以生产医用复合材料

2017 年 2 月 6 日,世界领先的特种化学品科莱恩宣布其在 Lewiston 的工厂将扩产,同时将启动新的复合生产线以满足日益增长 MEVOPUR® 品牌医疗塑料化合物的需求。新的产能会在 2017 年第 4 季度投产。

新的复合生产线可以在高吞吐率情况下进行更大批量的母粒生产。生产将集中在聚烯烃、ABS 及 PC 和 PC 合金,以及循环烯烃专用树脂等材料。

全球医疗保健聚合物解决方案负责人 Steve Duckworth 表示:在过去五年里,科莱恩率先推动了色母粒在医疗行业的发展。这些色母添加剂在成型或挤出过程中会添加到天然高分子中。不过在某些情况下,由于挤出或注塑的技术难度,医用设备可能更倾向于使用预先有色的化合物,但同样需要可控、一致和兼容的材料。

(中塑在线)