



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103180125 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 26

(21) 申请号 201180052249. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 10. 26

B29C 67/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/407, 401 2010. 10. 27 US

61/451, 350 2011. 03. 10 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 04. 27

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2011/057837 2011. 10. 26

(87) PCT申请的公布数据

W02012/058278 EN 2012. 05. 03

(71) 申请人 尤金·吉勒

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 尤金·吉勒

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 高瑜 郑霞

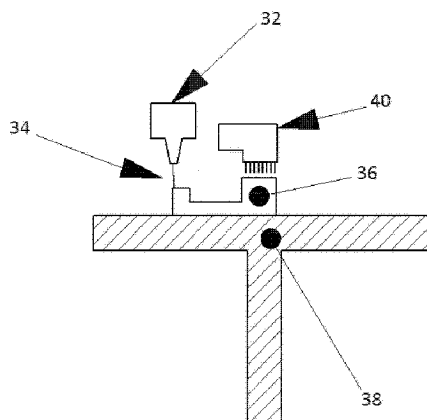
权利要求书3页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

用于制作三维物体的工艺和设备

(57) 摘要

一种用于通过以下来生产三维物体 (36) 的制作工艺和设备:沉积第一聚合物层,将第一油墨层印刷在第一聚合物层 (34) 上,将第二聚合物层沉积在第一油墨层上,和将第二油墨层印刷在第二聚合物层上。可以重复上述沉积和印刷步骤,直到形成三维物体 (36)。用于形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个的油墨可以包含染料或颜料,使得三维物体可以是有色的三维物体。



1. 一种三维制作方法,包括:
 - (a) 沉积第一聚合物层;
 - (b) 将第一油墨层印刷在所述第一聚合物层上;
 - (c) 将第二聚合物层沉积在所述第一油墨层上;和
 - (d) 将第二油墨层印刷在所述第二聚合物层上。
2. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一聚合物层和所述第二聚合物层可以各自包括多个聚合物层。
3. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层可以各自包括多个油墨层。
4. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括包含颜料、染料和催化剂中的至少一种的油墨。
5. 根据权利要求 4 所述的三维制作方法,其中所述催化剂是化学镀金属化催化剂。
6. 根据权利要求 5 所述的三维制作方法,其中所述化学镀金属化催化剂选自自由以下组成的组:钯、钌、铂、银、钨、铱和钴。
7. 根据权利要求 5 所述的三维制作方法,其中所述化学镀金属化催化剂是钯或银。
8. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括彩色油墨。
9. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个沿着所述第一聚合物层和所述第二聚合物层中的至少一个的周边边缘而沉积。
10. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括根据相对于聚合物溶解度参数的油墨溶解度参数来选择的油墨。
11. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一聚合物层和所述第二聚合物层中的至少一个包括选自自由以下组成的组的聚合材料:丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚丙烯酸酯、聚烯烃、环状烯烃聚合物和共聚物、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸丁二醇酯、液晶聚合物树脂、聚醚醚酮、热塑性弹性体、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚砜、聚丙烯酸酯、聚氨酯、聚酰胺聚合物和共聚物、聚酯、聚烯烃、环氧树脂、硅树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、纤维素塑料、松香改性的马来酸树脂、其共聚物、胶原、弹性蛋白、水凝胶、干凝胶、聚己酸内酯、聚(D,L-丙交酯-共-乙交酯)、聚交酯、聚(丙交酯-共-己内酯)、和其组合。
12. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,还包括重复步骤(a)-(d)以形成三维物体。
13. 根据权利要求 12 所述的三维制作方法,其中在所述三维制作工艺期间邻近所述三维物体形成支撑结构。
14. 根据权利要求 13 所述的三维制作方法,还包括从所述三维物体除去所述支撑结构。
15. 根据权利要求 13 所述的三维制作方法,其中可释放的油墨层被印刷在所述三维物体和所述支撑结构之间。
16. 根据权利要求 13 所述的三维制作方法,其中所述支撑结构包括与用于形成所述三维物体的聚合材料类似的聚合材料。
17. 根据权利要求 13 所述的三维制作方法,其中所述支撑结构包括是水溶性的、溶剂

可溶的、或碱溶性的聚合物的聚合材料。

18. 根据权利要求 17 所述的三维制作方法,其中所述支撑结构具有外油墨层,且其中所述外油墨层包括可溶于形成所述支撑结构的所述聚合材料中的至少一种成分。

19. 根据权利要求 18 所述的三维制作方法,其中所述外油墨层的所述至少一种成分促进所述支撑结构的所述聚合材料的溶解。

20. 根据权利要求 18 所述的三维制作方法,其中所述外油墨层的所述至少一种成分使所述外油墨层在所述支撑结构的所述聚合材料的所述溶解之前溶解。

21. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,还包括向所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个应用罩面层。

22. 根据权利要求所述的三维制作方法 21,其中所述罩面层是漆。

23. 根据权利要求所述的三维制作方法 21,其中所述罩面层被应用到所形成的三维物体。

24. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个用热源、能源、或热源和能源的组合来处理。

25. 根据权利要求 24 所述的三维制作方法,其中所述热源选自自由以下组成的组:常规热源、传导热源、辐射热源、和其组合。

26. 根据权利要求 24 所述的三维制作方法,其中所述能源是电磁能源。

27. 根据权利要求 26 所述的三维制作方法,其中所述电磁能源选自自由以下组成的组:红外线、近红外线、可见光、射频、微波、和其组合。

28. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括可释放的油墨或增塑油墨。

29. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个的所述印刷形成能够用于光学对准三维印刷设备的目标图案。

30. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个的第一部分包括第一油墨,且所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个的第二部分包括第二油墨。

31. 根据权利要求 30 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨是增塑油墨,且所述第二油墨是具有比所述第一油墨高的增塑剂浓度的增塑油墨。

32. 根据权利要求 31 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨和所述第二油墨在所述油墨层的所述第一部分和所述第二部分之间提供不同的表面性质。

33. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括在所述第一聚合物层和所述第二聚合物层中的至少一个上产生光滑表面的增塑油墨。

34. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括包含可溶于所述第一聚合物层和所述第二聚合物层中的至少一种成分的油墨。

35. 根据权利要求 1 所述的三维制作方法,其中所述第一油墨层和所述第二油墨层中的至少一个包括包含活性成分的油墨。

36. 根据权利要求 35 所述的三维制作方法,其中所述活性成分是药物成分,所述药物

成分包括抗炎成分、抑制新生内膜生长的成分、抗凝剂、抗体、免疫抑制成分、化学治疗药、或其组合。

37. 根据权利要求 35 所述的三维制作方法,其中所述活性成分是细胞培养物,所述细胞培养物包括干细胞、软骨细胞、骨细胞、肌细胞、皮肤细胞、胰腺细胞、肾细胞、肝细胞、神经细胞、或其组合。

38. 一种三维制作设备,包括:

- (a) 聚合物沉积设备;和
- (b) 油墨印刷设备,其包括印刷头和油墨输送系统。

39. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述油墨印刷设备附接于所述聚合物沉积设备。

40. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述聚合物沉积设备包括挤出机,且所述油墨印刷设备附接于所述挤出机。

41. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述聚合物沉积设备包括挤出机,且其中所述油墨印刷设备安装在所述聚合物沉积设备上,与所述挤出机分离。

42. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述聚合物沉积设备选自自由以下组成的组:熔丝沉积成型设备、分层实体制造设备和光聚合物 3-D 印刷设备。

43. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述印刷设备包括选自自由以下组成的组的印刷头:热印刷头、压电印刷头、MEMS 印刷头和静电印刷头。

44. 根据权利要求 38 所述的三维制作设备,其中所述印刷设备包括选自自由以下组成的组的印刷头:绘图式单喷嘴单元、连续油墨喷嘴和按需喷墨系统。

45. 一种选择用于三维制作的油墨的方法,包括:

- (a) 选择聚合物;
- (b) 计算所述聚合物的汉森溶解度参数;
- (c) 选择油墨;
- (d) 计算所述油墨的汉森溶解度参数;
- (e) 比较所述聚合物的汉森溶解度参数和所述油墨的汉森溶解度参数,以确定所述油墨将是可释放的油墨还是增塑油墨;和
- (f) 利用所述聚合物和所述油墨来通过三维制作形成三维物体。

46. 一种三维制作方法,包括:

- (a) 沉积至少一个第一聚合物层以形成三维物体;
- (b) 将至少一个第一油墨层印刷到所述三维物体上,其中所述油墨层在所述三维物体上形成涂层。

47. 根据权利要求 46 所述的三维制作方法,还包括将至少一个第二聚合物层沉积到所述三维物体的所述涂层上,其中所述第二聚合物包括与所述第一聚合材料相同的聚合材料或不同的聚合材料。

48. 根据权利要求 46 所述的三维制作方法,其中所述第二聚合物层由半透明的或透明的聚合材料形成。

用于制作三维物体的工艺和设备

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求 2010 年 10 月 27 日提交的美国专利申请第 61/407,401 号的优先权且还要求 2011 年 3 月 10 日提交的美国专利申请第 61/415,350 号的优先权,该两个美国专利申请通过引用以其整体并入本文。

发明领域

[0003] 本公开内容涉及用于从基于聚合物的材料制作三维物体的方法和设备。特定地,本发明涉及具有印刷头和油墨输送系统的三维制作设备。

[0004] 发明背景

[0005] 由于计算机辅助设计 (CAD) 实体建模系统的增加的使用,已经出现能够将 CAD 输出数据转化为三维物理物体的新的制造技术领域。该技术通常被称为实体自由成型制作或层制造,其要求以逐层和逐点基础来建造物体。商购的实体自由成型制作系统的实例包括立体平板印刷 (stereo lithography)、选择性激光烧结 (selective laser sintering)、分层实体制造 (laminated object manufacturing) 和熔丝沉积成型 (fused deposition modeling)。实体自由成型制作系统的其他实例是本领域技术人员已知的。

[0006] 以三维自动地形成物体是在是检验 CAD 数据库、评估美学、检查设计的工效学、帮助工具和固定设备设计、产生概念模型和销售 / 营销工具、生成用于熔模铸造的图案、减少或消除生产中的工程改变和提供小的生产过程方面有用的。

[0007] 概述

[0008] 本发明的各方面涉及三维物体的制作。三维物体可以具有高分辨率彩色。

[0009] 根据本发明的第一方面,三维制作方法包括 (a) 沉积第一聚合物层 ;(b) 将第一油墨层印刷在第一聚合物层上 ;(c) 将第二聚合物层印刷在第一油墨层上 ;(d) 将第二油墨层沉积在第二聚合物层上。

[0010] 在某些实施方案中,第一油墨层和第二油墨层可以各自包括多个油墨层。在某些实施方案中,第一聚合物层和第二聚合物层可以各自包括多个聚合物层。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个可以包括利用包含颜料、染料和催化剂中的至少一种的油墨。在某些实施方案中,催化剂可以是化学镀金属化催化剂 (electroless metallization catalyst)。在一些实施方案中,化学镀金属化催化剂可以选自包括以下的组 :钯、钌、铂、银、钨、铱和钴。在某些实施方案中,化学镀金属化催化剂是钯或银。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个包括利用彩色油墨。在某些实施方案中,第一油墨层和第二油墨层中的至少一个沿着第一聚合物层和第二聚合物层中的至少一个的周围边缘而沉积。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个可以包括利用根据其溶解度参数与聚合物溶解度参数相比较来选择的油墨。

[0011] 在某些实施方案中,形成第一聚合物层和第二聚合物层中的至少一个包括利用选自以下的聚合材料 :丙烯腈丁二烯苯乙烯、聚丙烯酸酯、聚烯烃、环状烯烃聚合物和共聚物、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸丁二醇酯、液晶聚合

物树脂、聚醚醚酮、热塑性弹性体、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚砜、聚氨酯、聚酰胺、聚酯、环氧树脂、硅树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、纤维素塑料、松香改性的马来酸树脂、其共聚物、胶原、弹性蛋白、水凝胶、干凝胶、聚己酸内酯、聚(D, L-丙交酯-共-乙交酯)、聚交酯、聚(丙交酯-共-己内酯)、或其组合。在某些示例性的实施方案中,形成第一聚合物层和第二聚合物层中的至少一个包括利用丙烯腈丁二烯苯乙烯(“ABS”)。

[0012] 在某些实施方案中,三维制作方法还包括重复步骤(a)-(d),直到完成三维物体。在一些实施方案中,在制作工艺期间邻近三维物体形成支撑结构。在某些实施方案中,可以从三维物体除去支撑结构。在一些实施方案中,可释放的(releasable)油墨层可以被印刷在三维物体和支撑结构之间。在某些实施方案中,形成支撑结构可以包括利用与用于形成三维物体的聚合材料类似的聚合材料。在一些实施方案中,聚合材料可以是水溶性的、溶剂可溶的或碱溶性的聚合物。在一些实施方案中,支撑结构具有外油墨层,外油墨层包括可溶于包括在支撑结构中的聚合材料中的至少一种成分。在某些实施方案中,所述至少一种成分促进支撑结构的聚合材料的溶解,或在可选择的实施方案中,所述至少一种成分使外油墨层在支撑结构的聚合材料的溶解之前溶解。

[0013] 在某些实施方案中,向第一油墨层和第二油墨层中的至少一个应用罩面层(overcoat layer)。在一些实施方案中,罩面层是漆(lacquer)。在一些实施方案中,罩面层被应用到三维物体。在一些实施方案中,罩面层是半透明的或透明的聚合材料。在某些实施方案中,第一油墨层和第二油墨层中的至少一个用热源、能源、或其组合来处理。在一些实施方案中,热源可以选自具有以下的组:常规热源、传导热源、辐射热源和其组合。在一些实施方案中,能源可以是电磁能源。在某些实施方案中,电磁能源可以选自具有以下的组:红外线、近红外线、可见光、射频、微波、和其组合。在一些实施方案中,第一油墨层或第二油墨层中的至少一个的印刷形成可以用于光学对准三维印刷设备的目标图案。

[0014] 在某些实施方案中,第一油墨层和第二油墨层中的至少一个包括可释放的油墨或增塑油墨(plasticizing ink)。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个的第一部分包括利用第一油墨,且第一油墨层和第二油墨层中的至少一个的第二部分利用第二油墨来形成。在一些实施方案中,第一油墨是增塑油墨,且第二油墨是具有比第一油墨高的增塑剂浓度的增塑油墨。在一些实施方案中,第一油墨和第二油墨在油墨层的第一部分和第二部分之间提供不同的表面性质。在一些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个包括利用在三维物体上产生光滑表面的增塑油墨。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个包括利用包含可溶于第一聚合物层和第二聚合物层中的至少一种成分的油墨。在某些实施方案中,形成第一油墨层和第二油墨层中的至少一个包括利用包含活性成分的油墨。在一些实施方案中,活性成分是药物成分,所述药物成分包括抗炎成分、抑制新生内膜生长的成分、抗凝剂、抗体、免疫抑制成分、化学治疗药、或其组合。在可选择的实施方案中,活性成分可以是细胞培养物,所述细胞培养物包括干细胞、软骨细胞、骨细胞、肌细胞、皮肤细胞、胰腺细胞、肾细胞、肝细胞、神经细胞、或其组合。

[0015] 根据本发明的另一个方面,三维制作设备包括:(a) 聚合物沉积设备;和(b) 印刷设备,其包括印刷头和油墨输送系统。在某些实施方案中,印刷设备可以附接于聚合物沉积设备。在某些实施方案中,聚合物沉积设备包括挤出机,且印刷头和油墨输送系统附接于挤

出机。在可选择的实施方案中,聚合物沉积设备包括挤出机,且印刷头和油墨输送系统附接于聚合物沉积设备,与挤出机分离。

[0016] 在某些实施方案中,聚合物沉积设备选自具有以下的一组:熔丝沉积成型设备、分层实体制造设备和光聚合物三维沉积设备。在某些实施方案中,印刷头和油墨输送系统包括选自包括以下的一组的印刷头:热印刷头、压电印刷头、MEMS 印刷头和静电印刷头。在某些实施方案中,印刷头和油墨输送系统包括选自具有以下的一组的印刷头:绘图式单喷嘴单元(plotter-style single nozzle unit)、连续油墨喷嘴(continuous ink jet)和按需喷墨系统(drop-on demand system)。

[0017] 根据本发明的另一个方面,一种选择用于三维物体的三维制作的油墨的方法包括:(a) 选择聚合物;(b) 计算聚合物的汉森溶解度(Hansen solubility)参数;(c) 选择油墨;(d) 计算油墨的汉森溶解度参数;(e) 比较聚合物的汉森溶解度参数和油墨的汉森溶解度参数,以确定所述油墨将是可释放的油墨还是增塑油墨;和(f) 利用聚合物和油墨来通过三维制作形成三维物体。

[0018] 根据本发明的另一个方面,三维制作方法包括(a) 沉积第一聚合物层以形成三维物体;(b) 将油墨层印刷在三维物体上以形成壳。在某些实施方案中,三维制作方法还包括将至少一个第二聚合物层沉积到壳上。在某些实施方案中,第二聚合物层利用半透明的或透明的聚合材料来形成。

[0019] 本文公开的本发明的这些和其他方面连同优点和特征通过参考以下详细描述将变得明显。此外,应理解,本文描述的各种实施方案的特征不是相互排斥的且可以各种组合和排列存在。

[0020] 附图简述

[0021] 在图中,在所有不同的图中,相同的参考符号通常是指相同的部件。并且,各图未必是按比例的,而是通常把重点放在阐明本发明的原理上。在以下描述中,参考以下图描述本发明的各种实施方案,在图中:

[0022] 图1描绘现有技术细丝沉积建模设备(Filament Deposition Modeling apparatus)的示意性配置。

[0023] 图2描绘根据本发明的一个方面的制作设备的示意性配置。

[0024] 图3描绘根据本发明的一个方面的制作工艺的示意性配置。

[0025] 图4描绘在两个聚合物层之间的增塑油墨的示意图。

[0026] 图5描绘在两个聚合物层之间的可释放的油墨的示意图。

[0027] 图6描绘油墨和聚合物的相互作用的图示,如由方程式 $D_{(I-P)} = [4(\delta_{di} - \delta_{dp})^2 + (\delta_{pi} - \delta_{pp})^2 + (\delta_{hi} - \delta_{hp})^2]^{0.5}$ 定义的。

[0028] 发明详细描述

[0029] 提供能够产生各种三维物体的三维制造方法和设备将是值得期望的。新的方法和设备的实施方案中的至少某些可以提供高分辨率彩色操纵性能。新的方法和设备的实施方案中的至少某些可以提供功能性三维物体。考虑到对示例性的、非限制性的实例的以下概述和描述的益处,本文所公开的三维制造方法和设备中的一些或全部的另外的特征和优点对于三维制造领域的技术人员来说将是明显的。

[0030] 本发明提供用于制作三维物体的方法和设备。

[0031] 如本文使用的,“三维制作”用于指逐层建造三维物体的方法。三维制作是指沉积至少一个聚合物层和印刷至少一个油墨层的组合以形成三维物体。如本文使用的,“层”通过沉积设备或印刷设备的单程来形成。在一些实施方案中,所述至少一个聚合物层和至少一个油墨层可以任何顺序被沉积和被印刷。例如,在某些实施方案中,多个聚合物层可以在油墨层被印刷之前被沉积。在可选择的实施方案中,聚合物层和油墨层可以通过单层或多层交替。各种沉积方法是本领域已知的,包括但不限于,熔丝沉积成型、分层实体制造、立体平板印刷和选择性激光烧结。

[0032] 在某些实施方案中,三维沉积设备例如用于熔丝沉积成型的三维沉积设备包括分配聚合物的挤出机组件。在一些实施方案中,聚合物在建造平台上以逐层工艺形成三维物体。在一些实施方案中,一旦完成三维物体的建造,就可以从建造平台除去该物体,且可以开始新的项目。在某些实施方案中,挤出机组件可以是静止的,或可以允许在XY轴运动,允许仅在X轴或Y轴运动,和/或允许旋转运动或角运动。在某些实施方案中,建造平台通常在Z轴具有指数化运动(indexed movement)选项。在可选择的实施方案中,还可以提供其他运动。在某些实施方案中,Z轴中的每一个运动可以对应于用于制造三维物体的特定层厚度。此外,在某些实施方案中,建造平台可以允许在XY轴的任选运动,允许仅在X轴或Y轴运动,和/或允许旋转运动或角运动。

[0033] 图1中示出已知的熔丝沉积成型设备。挤出机组件12以逐层工艺将聚合物14分配到建造平台18上,以形成三维物体16。一旦完成三维物体16,可以从建造平台18除去三维物体16,且可以开始新的项目。

[0034] 在本发明的某些实施方案中,三维制作设备包括沉积设备和印刷设备。在一些实施方案中,沉积设备可以与用于熔丝沉积成型的沉积设备相似。在一些实施方案中,沉积设备包括分配聚合物的挤出机组件。在某些实施方案中,聚合物在建造平台上以逐层工艺形成三维物体。在某些实施方案中,印刷设备包括用于在生产任何三维物体期间使用三维制作设备沉积各种油墨的印刷头和油墨输送系统。在一些实施方案中,挤出机头可以是静止的,或可以允许在XY轴运动,允许仅在X轴或Y轴运动,和/或允许旋转运动或角运动。在某些实施方案中,建造平台通常在Z轴具有指数化运动选项。另外,在某些实施方案中,建造平台可以允许在XY轴的任选运动,允许仅在X轴或Y轴运动,和/或允许旋转运动或角运动。

[0035] 在一些实施方案中,当制作三维物体时,印刷头和油墨输送系统可以逐层方式沉积油墨。在某些实施方案中,油墨可以是彩色油墨和/或功能性油墨。在某些实施方案中,印刷头和油墨输送系统可以是静止的,或在可选择的实施方案中,可以允许在XY轴运动,允许仅在X轴或Y轴运动,和/或允许旋转运动或角运动。在某些实施方案中,油墨的印刷可以通过光限位开关或线性编码器来触发。

[0036] 图2中提供三维制作设备的示意图,该三维制作设备包括与用于熔丝沉积成型的沉积设备相似的沉积设备、以及具有印刷头和油墨输送系统的印刷设备。三维制作设备包括挤出机组件32,挤出机组件32以逐层工艺分配聚合物34以在建造平台38上形成三维物体36。此外,制作设备包括印刷头和油墨输送系统40,其在建造工艺期间以逐层工艺将油墨分配在三维物体36上。

[0037] 在某些实施方案中,具有印刷头和油墨输送系统的印刷设备附接于与具有挤出机

的沉积设备相同的机构,使得其与沉积设备一起行进。在可选择的实施方案中,印刷设备附接于独立的运动或静止机构,该运动或静止机构附接于三维制作设备。在可选择的实施方案中,印刷设备与沉积设备对准,但不附接于沉积设备。在某些实施方案中,印刷设备包括印刷头,该印刷头可以是例如,压电印刷头、热印刷头、MEMS 印刷头、静电印刷头、或其组合。在可选择的实施方案中,印刷设备包括印刷头,该印刷头可以是绘图式单喷嘴单元、连续油墨喷嘴或按需喷墨系统。在某些实施方案中,印刷设备的印刷头可以相对于沉积设备的挤出机在 +45 至 -45 度的范围内的任何角度被定位。

[0038] 在可选择的实施方案中,印刷设备与通过利用逐层建造工艺来建造三维聚合物物体的任何实体自由成型制作设备成对。这样的设备的非限制性实例包括分层实体制造设备或三维光聚合物设备。

[0039] 在本发明的某些实施方案中,三维制作方法包括沉积第一聚合物层,将第一油墨层印刷在第一聚合物层上,将第二聚合物层沉积在第一油墨层上,和将第二油墨层印刷在第二聚合物层上。在一些实施方案中,可以重复该制作过程,直到形成完整的三维物体。在某些实施方案中,第一聚合物层和第二聚合物层可以各自包括多个聚合物层。形成第一(或第二)聚合物层的多个聚合物层不需要全部由相同的聚合物形成,而是可以包括一种或多种不同的聚合物。在某些实施方案中,第一油墨层和第二油墨层可以各自包括多个油墨层。形成第一(或第二)油墨层的多个油墨层不需要全部由相同的油墨形成,而是可以包括一种或多种不同的油墨。在某些实施方案中,当制作三维物体时,聚合物层和油墨层可以不同的数量和以不同的顺序被沉积。此外,聚合物层和 / 或油墨层不需要在先前沉积的层上完全延伸。在一些情况下,油墨层可以仅被沉积在先前沉积的聚合物(或油墨)层的一部分上。例如,油墨层可以被包在两个周围的聚合物层之间。在某些实施方案中,将一层印刷或沉积在另一层上可以使两层彼此结合。在一些实施方案中,一层与另一层的结合意指在建造工艺期间层不会彼此分开。在一些实施方案中,被印刷在两个聚合物层之间的油墨层可以具有可溶于两个聚合物层的聚合材料中且使得在两个聚合物层之间形成键(bond)以彼此结合的至少一种成分。在某些实施方案中,油墨层可以被印刷在完成的三维物体上以形成涂层。在某些实施方案中,涂层可以作为具有例如 0.01-5mm 的厚度的壳。在某些实施方案中,罩面层可以被应用到油墨层。在一些实施方案中,罩面层可以是漆,且在可选择的实施方案中,可以是半透明的或透明的聚合物。

[0040] 在某些实施方案中,油墨层可以沿着聚合物层的周边边缘被印刷。在一些实施方案中,油墨层包括扩散到聚合物层的周边边缘的油墨。在某些实施方案中,周边油墨层可以被印刷在聚合物上,其中聚合物包括透明的或半透明的聚合材料。在一些实施方案中,被印刷在透明的或半透明的聚合物上的周边油墨层可以产生光错觉,使得看起来是油墨层延伸到聚合物层中。在某些实施方案中,另外的聚合物层可以应用到油墨层的周边,由此提供对抗脱层或擦伤的保护,其中聚合材料可以包括透明的或半透明的聚合材料。

[0041] 在某些实施方案中,三维制作方法可以用于光学对准三维制作设备。在某些实施方案中,油墨层图案例如诸如目标图案被印刷在牺牲三维物体的一个或若干层上或被无害地印刷在任何三维物体上。在一些实施方案中,油墨层图案用光学传感器来扫描,且光学对准测试的结果用于相对于三维物体定位印刷头和油墨喷射输送系统以及挤出机。

[0042] 在某些实施方案中,在油墨层被印刷在聚合物层上之前,聚合物层可以被完全沉

积。在可选择的实施方案中,尽管聚合物是在被沉积的过程中,但油墨层可以被印刷在相同的聚合物层上。在一些实施方案中,至少一个油墨层的第一部分可以包括第一油墨,且至少一个油墨层的第二部分可以包括第二油墨。在某些实施方案中,至少一个聚合物层的第一部分可以包括第一聚合材料,且至少一个聚合物层的第二部分可以包括第二聚合材料。

[0043] 图 3 中提供三维制作工艺的示意图。通过使印刷头和油墨输送系统 54 将任选地包含染料或颜料的油墨液滴 52 沉积在聚合物 56 上,而在聚合物层上形成油墨层。油墨液滴 52 形成油墨接触聚合物 56 的相互作用区域 58。

[0044] 在某些实施方案中,在三维制作工艺期间,邻近或附接于三维物体形成支撑结构。在某些实施方案中,三维设备由聚合材料形成。在一些实施方案中,沉积设备用于形成支撑结构。在可选择的实施方案中,第二沉积设备用于形成支撑结构。在某些实施方案中,支撑结构是从三维物体可除去的。在某些实施方案中,可释放的油墨层被印刷在三维物体和支撑结构之间。在一些实施方案中,可释放的油墨层可以仅在附接支撑结构的位置处被印刷在三维物体上。在某些实施方案中,支撑结构可以被分裂为较小的块,用于除去。

[0045] 在某些实施方案中,支撑结构的聚合材料与用于形成三维物体的聚合材料相似,或在一些实施方案中,与用于形成三维物体的聚合材料相同。支撑结构和 / 或三维物体可以由一种或多种聚合材料形成。在一些实施方案中,支撑结构可以包括是水溶性的、溶剂可溶的、或碱溶性的聚合物的聚合材料,例如,诸如水溶性的蜡、基于聚氧化乙烯和二醇的聚合物、基于聚乙烯基吡咯烷酮的聚合物、甲基乙烯基醚、或基于马来酸的聚合物。

[0046] 在一些实施方案中,支撑结构可以具有外油墨层。在某些实施方案中,外油墨层具有可溶于包括在支撑结构中的聚合材料中的至少一种成分。在一些实施方案中,聚合材料中的所述至少一种成分可以促进聚合材料的溶解。在某些实施方案中,所述至少一种成分可以是例如,低分子量化合物,例如,聚乙二醇类、聚丙二醇类、聚亚烷基二醇类或聚氧化乙烯。在可选择的实施方案中,聚合材料中的所述至少一种成分使外油墨层在支撑结构的聚合材料的溶解之前溶解。在一些实施方案中,所述至少一种成分可以是例如,盐,例如氯化钾、草酸钾或柠檬酸钠;低分子量水溶性聚合物,例如聚乙烯醇类或聚氧化乙烯类;或水溶性有机化合物,例如二甲脲或丙二醇。

[0047] 在某些实施方案中,聚合物层中的至少一个可以包括诸如以下的聚合材料,例如,丙烯腈丁二烯苯乙烯 (“ABS”)、聚丙烯酸酯、聚烯烃、环状烯烃聚合物和共聚物、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯和聚对苯二甲酸丁二醇酯、液晶聚合物树脂 (“LCP”)、聚醚醚酮 (“PEEK”)、热塑性弹性体 (“TPE”)、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚砜、聚丙烯酸酯、聚氨酯、聚酰胺、聚酯、聚烯烃、环氧树脂、硅树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯树脂、纤维素塑料、松香改性的马来酸树脂、其共聚物、任何其他大分子结构、和其组合。在某些实施方案中,聚合物是丙烯腈丁二烯苯乙烯。在某些实施方案中,聚合物层可以包括生物相容的或生物可降解的聚合材料,例如诸如,胶原、弹性蛋白、水凝胶、干凝胶、蛋白、肽、或它们中的任何的组合。在一些实施方案中,聚合物层可以包括合成聚合物,例如诸如,聚己酸内酯 (“PCL”)、聚 (D, L, - 丙交酯 - 共 - 乙交酯) (“PLGA”)、聚交酯 (“PLA”)、聚 (丙交酯 - 共 - 己内酯) (“PLCL”)、或它们中的任何的组合。

[0048] 在某些实施方案中,第一聚合物层通过应用第一油墨层来润湿。在某些实施方案中,第一油墨层的油墨是可以扩散到第一聚合物层中的增塑油墨或可溶油墨。在某些实施

方案中,为了获得改进的润湿特性,聚合物层和油墨层可以用等离子体或电晕放电来处理。在一些实施方案中,层可以通过使放电源在层的表面上方,例如在 1-5mm 距离处经过来处理。

[0049] 在某些实施方案中,印刷设备的印刷头和油墨输送系统印刷油墨层。在某些实施方案中,油墨层中的至少一个包括具有例如染料、颜料和 / 或催化剂的油墨。在一些实施方案中,油墨是彩色油墨。在某些实施方案中,催化剂可以是化学镀金属化催化剂。在某些实施方案中,化学镀金属化可以是例如,钯、钌、铂、银、钨、铱或钴的盐或有机金属络合物。在一些实施方案中,化学周期表的第 8、9、10 和 11 族的其他金属在本发明的范围内。在某些实施方案中,油墨可以包含是银或钯的化学镀金属化催化剂。

[0050] 在一些实施方案中,油墨、聚合材料、或油墨和聚合材料两者可以包括活性成分。在一些实施方案中,活性成分可以是例如活性药物成分或细胞培养物。在某些实施方案中,活性药物成分可以是例如,抗炎成分,例如诸如,皮质类固醇、双氯芬酸钠、阿司匹林、布洛芬或醋氨酚;抑制新生内膜生长的成分,例如诸如,依维莫司、紫杉醇或唑他莫司;抗凝剂,例如,华法令、肝素、磺达肝癸、希美加群或巴曲酶;免疫抑制成分,例如诸如,环孢霉素、他克莫司、西罗莫司或霉酚酸;抗体,例如诸如,单克隆抗 IL-2R α 受体抗体、多克隆抗 T 细胞抗体、抗胸腺细胞球蛋白 (“ATG”) 或抗淋巴细胞球蛋白 (“ALG”);或化学治疗药,例如诸如,烷基化剂、抗代谢物、植物生物碱类或拓扑异构酶抑制剂;或它们中的任何的组合。在一些实施方案中,细胞培养物可以包括,例如,干细胞、软骨细胞、骨细胞、肌细胞、皮肤细胞、胰腺细胞、肾细胞、肝细胞、神经细胞、或它们中的任何的组合。在一些实施方案中,细胞培养物可以是活细胞培养物。

[0051] 在一些实施方案中,具有活性成分的单一油墨或聚合物层可以被印刷 / 被沉积。在可选择的实施方案中,许多油墨层或聚合物层可以被成一排印刷。目前应理解,通过改变具有活性成分的油墨层或聚合物层的数量,可以改变在三维物体上的活性成分的浓度和 / 或量。在某些实施方案中,油墨层利用包含细胞培养物的油墨而形成在利用生物相容的或生物可降解的聚合物形成的聚合物层上。在一些实施方案中,利用包含细胞培养物的油墨形成的油墨层可以在生物相容的或生物可降解的聚合物上形成活组织。在某些实施方案中,所述活组织将对应于细胞培养物中的细胞的类型。

[0052] 在某些实施方案中,油墨在 25 $^{\circ}$ C 的温度下可以具有在 1 至 150cps 的范围内,在 1 至 50cps 的范围内或在 1 至 22cps 的范围内粘度。在某些实施方案中,油墨在 25 $^{\circ}$ C 的温度下可以具有在 18 至 72 达因 /cm 的范围内,在 20 至 40 达因 /cm 的范围内或在 22 至 33 达因 /cm 的范围内表面张力。

[0053] 在某些实施方案中,油墨可以根据油墨的溶解度参数和三维物体的聚合物的溶解度参数来单独地选择。目前应理解,溶解度参数,还称为希尔德布兰德溶解度参数 (δ) 和汉森溶解度参数,是各种分子间力的结果,包括色散键 (dispersion bond) 能量 (δ_d)、偶极 - 偶极分子间力 (δ_p) 和氢键 (δ_h)。具体的希尔德布兰德溶解度参数可以使用以下方程式来计算:

[0054] (方程式 1) $\delta = (\delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2)^{0.5}$

[0055] 如果两种材料具有相似的希尔德布兰德溶解度参数,则它们将可能能够彼此相互作用。在一些实施方案中,两种材料的汉森溶解度参数可以用于确定一种材料是否将溶解

在另一种材料中,例如聚合物溶解到溶剂或油墨中。将被称为相互作用半径 (R_0) 的值赋予待溶解的材料。待溶解的材料(例如聚合物)的相互作用半径可以界定汉森空间中的球。如果第二材料例如油墨在由相互作用半径界定的球内,则可以认为聚合物溶解在油墨中。球通过以下方程式来定义:

$$[0056] \quad (\text{方程式 } 2) D_{(i-p)} = [4(\delta_{di} - \delta_{dp})^2 + (\delta_{pi} - \delta_{pp})^2 + (\delta_{hi} - \delta_{hp})^2]^{0.5}$$

[0057] 其中: $D_{(i-p)}$ 是在油墨与聚合物溶解度球的中心之间的距离; δ_{xi} 是油墨的汉森组分(如上所定义); δ_{xp} 是聚合物的汉森组分(如上所定义)。

[0058] 在某些实施方案中,具体的油墨可以根据其与用于三维物体的具体的聚合物的溶解度相互作用来选择。在一些实施方案中,油墨在聚合物中的溶解度可以通过利用热源或能源来增强。在某些实施方案中,油墨的增强的溶解度提供另外的益处,包括,例如,增强油墨的干燥特性。在某些实施方案中,热源可以是例如,常规热源、传导热源、辐射热源、或其组合。在某些实施方案中,在制作三维物体之后应用热源或能源。在可选择的实施方案中,在制作三维物体期间应用热源或能源。在可选择的实施方案中,例如,能源可以是电磁能源。在某些实施方案中,电磁能源可以是例如,红外线、近红外线、可见光、射频、微波、或其组合。许多聚合物和油墨在可见光至红外线范围内是透明的,但在某些实施方案中,聚合物可以补充有可以吸收在相同范围内的能量的颜料、染料或化学镀金属化催化剂,因此增加工艺效率。另外,在某些实施方案中,各种红外线、近红外线、可见光能量、微波或射频吸收剂可以用于补充油墨。

[0059] 在某些实施方案中,油墨可以具有落在如由方程式 2 所定义的相互作用半径内的溶解度参数。具有落在相互作用半径内的溶解度参数的油墨在本文被称为增塑油墨。在某些实施方案中,增塑油墨可以用于提供彩色涂层或壳,以输送功能涂层,或以改进三维聚合物物体的表面品质。在某些实施方案中,增塑油墨还包含功能添加剂,功能添加剂包括例如,化学镀金属化催化剂或其他催化剂、抗微生物剂或释放添加剂(release additive)。在某些实施方案中,增塑油墨向三维聚合物物体提供可以固化的涂层。在某些实施方案中,涂层是 UV 可固化的涂层。在一些实施方案中,可固化的涂层可以通过填充物体的未经处理的表面中的任何间隙而在三维聚合物物体上产生更光滑的表面。

[0060] 在某些实施方案中,由聚合物和增塑油墨形成的三维聚合物物体可以用于生产用于熔模铸造的模型,熔模铸造还称为失蜡铸造。目前应理解,在某些实施方案中,增塑油墨允许在铸造期间更清洁的燃尽过程。

[0061] 在某些实施方案中,油墨层中的至少一个的第一部分利用增塑油墨来形成,且油墨层的第二部分利用具有比第一油墨高的增塑剂浓度的第二增塑油墨来形成。在一些实施方案中,两种不同的油墨中的增塑剂的量的差异能够造成油墨层的表面或材料性质不同。在一些实施方案中,相比于利用不是增塑油墨的油墨形成的三维物体,利用具有高增塑剂浓度的增塑油墨形成的三维物体可展示增加的柔性。在某些实施方案中,增塑油墨在三维物体上产生光滑的表面。目前应理解,增塑油墨溶解聚合物层的表面的一部分,由此产生更光滑的表面。

[0062] 在可选择的实施方案中,印刷头和油墨输送系统包括具有超出如由方程式 2 所定义的相互作用半径范围的溶解度参数的油墨。具有超出相互作用半径范围的溶解度参数的油墨在本文被称为释放油墨。在某些实施方案中,释放油墨可以用于帮助从三维聚合物物

体释放支撑结构。在可选择的实施方案中,释放油墨可以在三维物体上提供壳。在一些实施方案中,释放油墨还可以包括例如,染料、颜料或催化剂,以用于形成壳。在某些实施方案中,壳可以是彩色壳。在某些实施方案中,具有释放油墨的彩色壳的三维物体可以用固定液体(fixing liquid)来处理。在某些实施方案中,固定液体可以是具有在如由方程式 2 所定义的相互作用半径内的溶解度参数的任何液体或溶液。在某些实施方案中,彩色壳在三维物体上的固定工艺可以通过应用例如热、光或电磁能量来加速。在某些实施方案中,任何挥发性组分可以在有或没有真空下被蒸发。

[0063] 在可选择的实施方案中,由三维制作设备利用的油墨可以对用于形成三维物体的具体的聚合物具有低的结合亲和力,由此导致油墨对聚合物的低的粘附力。在某些实施方案中,如果油墨被印刷在聚合物上以形成彩色壳,则至少一个聚合物的最终层可以被沉积在彩色壳上以帮助将油墨保持在三维物体上。在这样的实施方案中,用于所述最终层的聚合物可以是例如透明的或半透明的,且可以选自具有以下的组:丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯、聚碳酸酯、聚(丙烯腈丁二烯苯乙烯)、聚酯、透明的聚酰胺、脂环族烯烃聚合物和共聚物、苯乙烯丙烯腈聚合物、聚氯乙烯、环氧树脂类。在某些实施方案中,反射的或不透明的油墨层可以在印刷彩色壳之前被印刷在聚合物上。

[0064] 在可选择的实施方案中,低粘附力油墨可以被印刷在三维物体的聚合物上以形成外彩色壳,且该彩色壳然后可以被喷涂上永久透明漆以在该彩色壳上形成漆的涂层。在某些实施方案中,漆可以例如保护三维物体的外彩色壳。在一些实施方案中,漆可以是例如,聚合物例如半透明的或透明的聚合物的快干溶液。在某些实施方案中,漆可以是例如,硝酸纤维素在乙酸丁酯中的溶液。在某些可选择的实施方案中,漆可以是例如,快速固化、热固性、UV 或 IR 可固化的树脂。

实施例

[0065] 实施例 1- 检查溶剂和增塑油墨

[0066] Lexmark22420 喷墨印刷机设置有热印刷头以在平的丙烯腈丁二烯苯乙烯(“ABS”)上提供良好的彩色覆盖层。ABS 板从 McMaster Carr 获得。彩色层被印刷到 ABS 板上,且利用通过胶带测试测量粘附力的 ASTM 标准 D3359 测试来测试彩色的粘附力。结果显示,彩色层对 ABS 板的粘附力是低的。

[0067] 为了改进彩色粘附力,将彩色包覆的 ABS 板浸在挥发性溶剂四氢呋喃中。然后将板放在 60°C 的烘箱中 10 分钟。从烘箱除去板,并重复 ASTM 标准 D3359 测试。结果显示改进的对 ABS 板的彩色粘附力。

[0068] 重复将彩色层应用至 ABS 板,但将彩色包覆的板浸在不挥发性溶剂丙烯碳酸酯而不是挥发性四氢呋喃中。然后将 ABS 板放在 60°C 的烘箱中 10 分钟,且遵循 ASTM 标准 D3359 测试来测试彩色粘附力。结果与用四氢呋喃板获得的结果相似。

[0069] 实施例 2- 检查彩色油墨组合物

[0070] 包含 99.8% 己二酸二异丙酯和 0.2% Zonlyl FS0 表面活性剂(DuPont)的油墨以及微量的从 Sharpie 萃取的黑色染料用自来水笔尖端沉积到 ABS 板和 Dimension1200ES 印刷机上从 ABS 生产的 ABS3-D 物体上。彩色图案的粘附力用通过胶带测试测量粘附力的 ASTM 标准 D3359 测试方法来测试并通过了该 ASTM 标准 D3359 测试方法。

[0071] 实施例 3- 检查增塑油墨

[0072] 包含 99.8% 丙烯碳酸酯和 0.2% Zonlyl FSO 表面活性剂 (DuPont) 的油墨用自来水笔尖端沉积到聚对苯二甲酸丁二醇酯 (“PBT”) 板。将第二 PBT 板放在彩色包覆的 PBT 板上并放在 105°C 的烘箱中。在 30 分钟之后, 两个 PBT 板已经粘附在一起。两个板的粘附在远低于 PBT 的 223°C 熔化温度的温度下出现。用放在 105°C 的烘箱中的两个未包覆的 PBT 板重复该测试。这些板并未彼此粘附。

[0073] 实施例 4- 检查释放油墨

[0074] 使用自来水笔尖端将十二甲基五硅氧烷液体直接沉积到 ABS 板上。然后, 包覆的 ABS 板用第二个干净的 ABS 板覆盖并夹在一起。将两个板放在 150°C 的烘箱中 35 分钟。在从烘箱除去板之后, 这两个 ABS 板被容易地分开。用夹在一起并放在 150°C 的烘箱中 35 分钟的两个干净的 ABS 板重复该测试。两个板似乎彼此烧结。

[0075] 实施例 5- 检查包含基于钯的化学镀催化剂的油墨

[0076] 包含按重量计 1.5% 在 N- 甲基吡咯烷酮中的乙酸钯的油墨用自来水笔尖端以预定的图案沉积在 PBT 板上。将包覆的板放在 70°C 的烘箱中 10 分钟。在从烘箱除去包覆的 PBT 板之后, 有图案的表面用 2% 硼烷二甲胺络合物 (DMAB) 水溶液处理 2 分钟且然后用蒸馏水洗涤。然后, 将经处理的包覆的 PBT 板浸在 90°C 温度的化学镀镍溶液 (Caswell) 中 25 分钟。PBT 板在有图案的区域处形成明亮的、导电的金属沉积物。

[0077] 实施例 6- 检查包含基于银的化学镀催化剂的油墨

[0078] 催化剂油墨通过将 1.0g 硝酸银溶解在 99ml 40% w/w 四氢呋喃水溶液中来制备。催化剂油墨用自来水笔尖端以预定的图案沉积在 ABS 板的表面上。然后, 将有图案的 ABS 板放在 70°C 的烘箱中 15 分钟。在从烘箱除去 ABS 板之后, 有图案的表面用 2% 硼烷二甲胺络合物 (DMAB) 水溶液在 45°C 下处理 2 分钟且然后用蒸馏水洗涤。然后, 将经处理的包覆的 ABS 板浸在 60°C 温度的化学镀铜溶液 A (表 1) 中 15 分钟。ABS 板在有图案的区域处形成明亮的、导电的金属沉积物。

[0079]

| 表 1 | |
|--------------------|--------|
| 200 mL 化学镀铜溶液 | |
| 硫酸铜五水合物 | 8.00g |
| 福尔马林 | 20.80g |
| 氢氧化钠 | 12.50g |
| 四羟基丙基乙二胺 | 12.00g |
| 三异丙醇胺 | 2.00g |
| 硫酸镍 | 0.03g |
| Triton X-100 表面活性剂 | 0.02g |

[0080] 实施例 7- 检查彩色图案的粘附力

[0081] Cannon Pixima IP2702 印刷机设置有热喷墨印刷头。将彩色图案层印刷在 5 密耳 (或 1/1000 英寸) 厚的 ABS 板上, 且利用通过胶带测试测量粘附力的 ASTM 标准 D3359 测试

来测试彩色的粘附力。结果显示,彩色图案层对 ABS 板的粘附力是低的。

[0082] 为了改进彩色图案层的彩色粘附力,将彩色图案层印刷在 5 密耳厚的 ABS 板上,并将第二 ABS 板放在印刷的彩色层上,且使用热的电烙铁使两个板熔融在一起。在 ABS 板的两侧,图像质量似乎是良好的。使用利用通过胶带测试测量粘附力的 ASTM 标准 D3359 测试,使熔化的 ABS 板经历过度弯曲和粘附力测试。图像在过度弯曲期间并未失真且显示良好的粘附力。

[0083] 实施例 8- 检查彩色图案的粘附力

[0084] 5 密耳厚的 ABS 板用 Krylon 平涂白喷漆 (Flat White Spray Paint) 来喷涂并随后干燥。然后,实施例 7 的 Cannon Pixima IP2702 印刷机用于将彩色图案层印刷在 5mm 厚的未经处理的 ABS 板上。然后,将彩色图案 ABS 板的彩色图案侧面放在喷涂的 ABS 板上并用热的电烙铁烧结。彩色图案层的图像质量看起来比实施例 7 中产生的图像更显著和轮廓清晰。

[0085] 实施例 9- 检查彩色图案的粘附力

[0086] 实施例 7 的 Cannon Pixima IP2702 印刷机用于将彩色图案层印刷在 5 密耳厚的 ABS 板上。图像质量是良好的。然后,ABS 板的彩色图案侧面用 Krylon 清澈透明的丙烯酸 (Crystal Clear Acrylic) 喷涂并干燥一个小时。在经处理的 ABS 片已经干燥之后,使用透明胶带,使它们经历过度弯曲和粘附力测试。图像在过度弯曲期间并未失真且显示良好的对 ABS 板的粘附力。

[0087] 实施例 10- 检查印刷在透明聚合物上的多层彩色

[0088] 用于形成三维物体的熔丝沉积成型机器从商购的套件 RapMan USA3. 1.0 版组装。然后,机器设置有 HP2.5 评价套件,其允许用热喷墨 (“TIJ”) 印刷头印刷。机器的硬件和固件被改造为使得 TIJ 印刷头可以用于在三维物体的逐层构造期间印刷油墨层。TIJ 印刷通过附接于机器的 X 轴的光限位开关来触发。

[0089] 使用上述改造的机器,三维物体由从 UltiMachine, South Pittsburg, TN 获得的 PLA 聚合物形成。三维物体是 20X20X6mm,且单层厚度是 0.25mm(24 层)。

[0090] 实施例 10a- 用传统印刷的差的粘附力

[0091] 使用 HP45 黑色油墨将十字架 (cross) 图像印刷在三维 PLA 聚合物物体的顶层 (层 #24) 上。用纸巾容易地从三维物体除去图像。

[0092] 实施例 10b- 印刷在部件的表面下方

[0093] 使用 HP45 油墨将十字架图像印刷在三维 PLA 聚合物物体的顶层下方的一层 (层 #23) 上。图像是轮廓清晰的,具有良好的对比度,且当用纸巾摩擦物体的表面时,图像的完整性 (integrity) 没有变化。图像也通过了 ASTM 标准 D3359 测试。

[0094] 实施例 10c- 沿着 Z 轴印刷

[0095] 使用 HP45 油墨将十字架图像印刷在三维 PLA 聚合物物体的多层 (层 #3-23) 上。图像被定位为距三维物体的周边边缘 0.25mm。图像是轮廓清晰的,具有良好的对比度,且当用纸巾摩擦物体的表面时,XY 和 Z 轴两者的完整性没有变化。图像也通过了 ASTM 标准 D3359 测试。

[0096] 实施例 11- 检查印刷在透明聚合物上的多层彩色

[0097] 用于形成三维物体的熔丝沉积成型机器从商购的套件 Rap Man USA3. 1.0 版组装。

然后,机器设置有 HP2.5 评价套件,其允许用热喷墨 (“TIJ”) 印刷头印刷。机器的硬件和固件被改造为使得 TIJ 印刷头可以用于在三维物体的逐层构造期间印刷油墨层。TIJ 印刷通过附接于机器的 X 轴的线性编码器来触发。

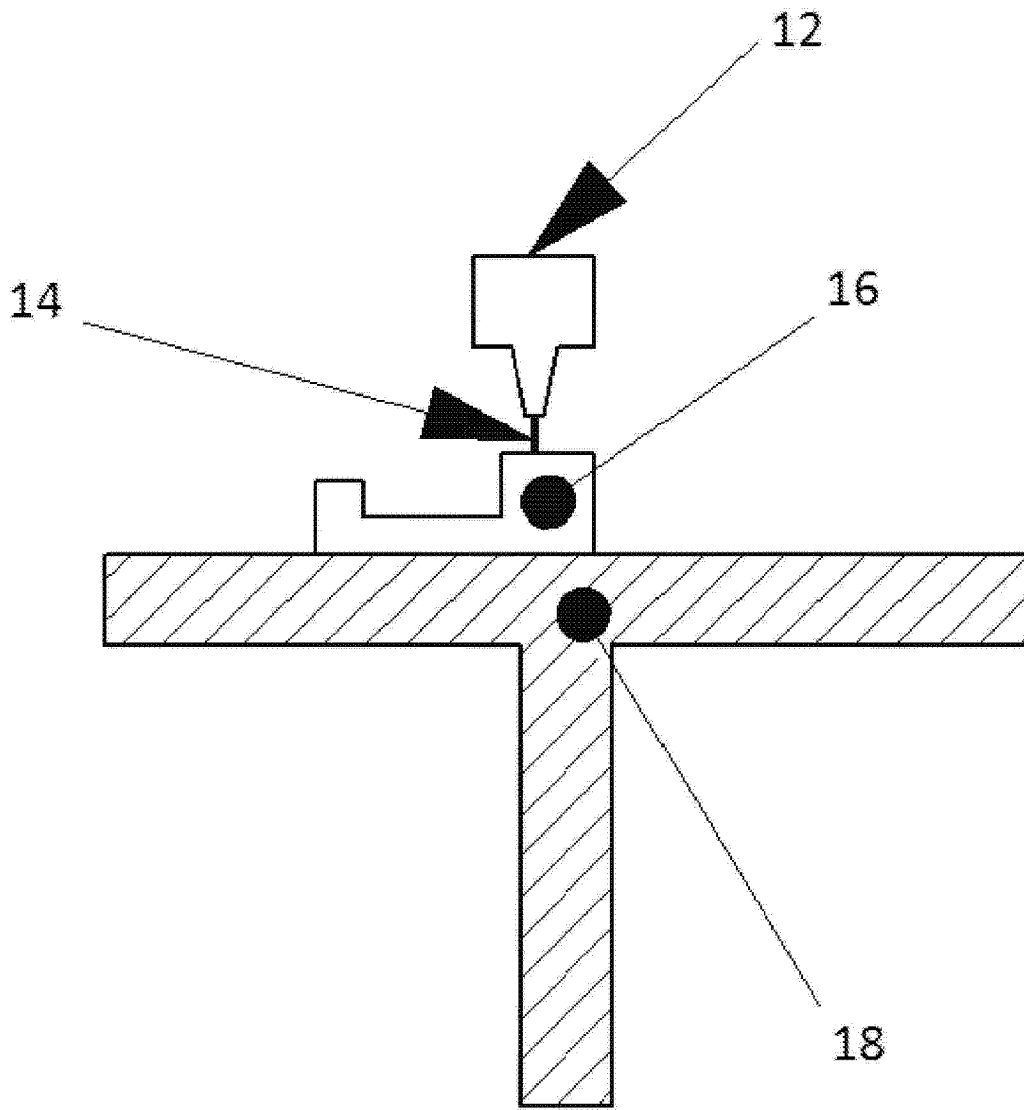


图 1

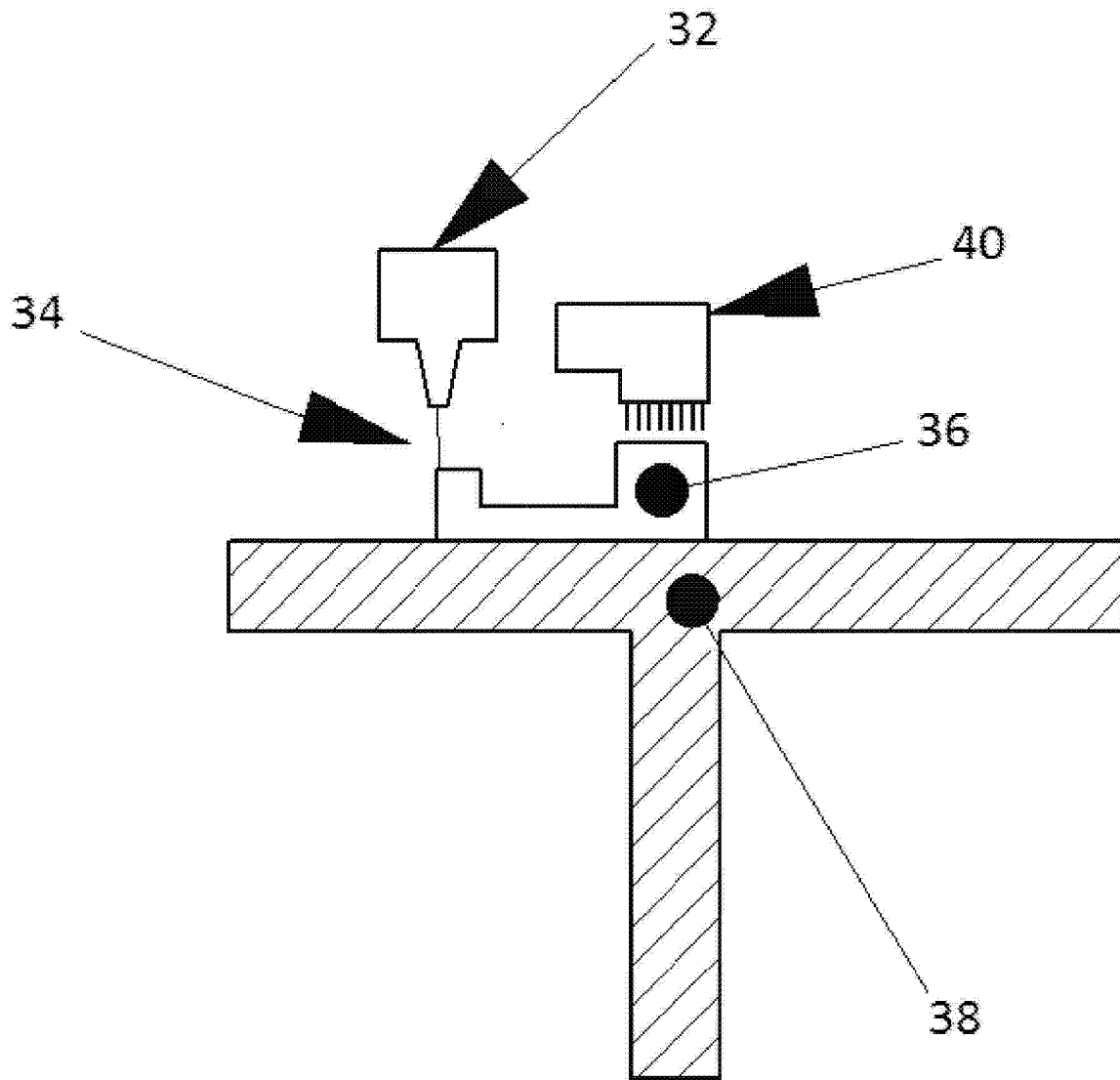


图 2

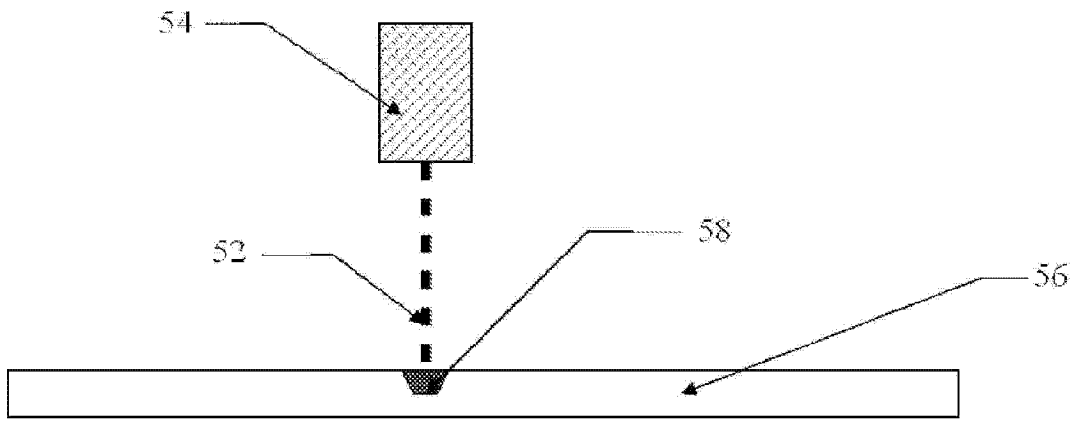


图 3

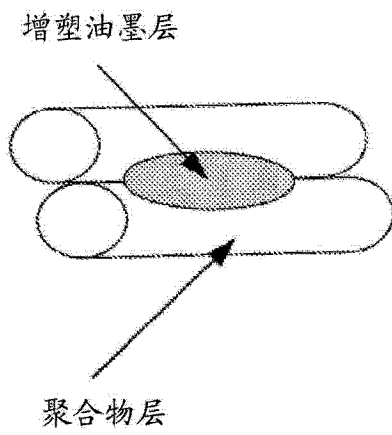


图 4

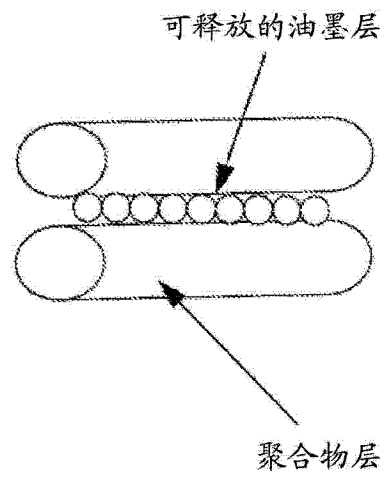
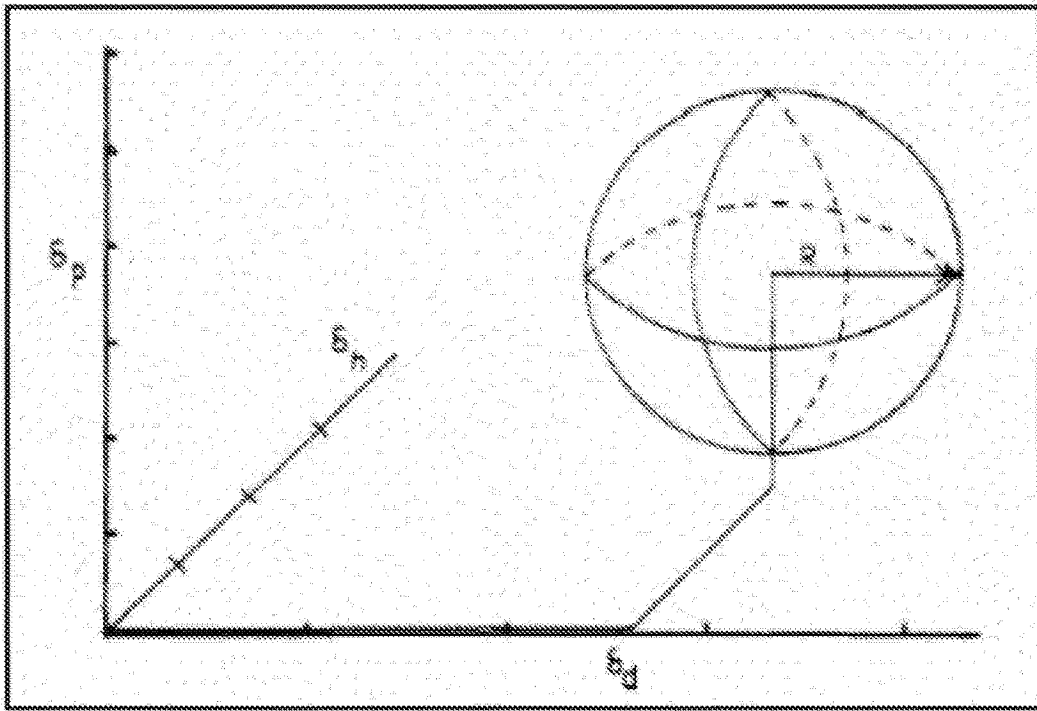


图 5



轴：
 δd - 色散汉森参数
 δp - 极性汉森参数
 δh - 氢键汉森参数

图 6