

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22F 3/16 (2006.01)

B22F 3/00 (2006.01)

B23K 26/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03817578.9

[45] 授权公告日 2008年7月30日

[11] 授权公告号 CN 100406169C

[22] 申请日 2003.6.30 [21] 申请号 03817578.9

[30] 优先权

[32] 2002.7.23 [33] US [31] 60/398,160

[86] 国际申请 PCT/US2003/020741 2003.6.30

[87] 国际公布 WO2004/009281 英 2004.1.29

[85] 进入国家阶段日期 2005.1.24

[73] 专利权人 南加利福尼亚大学

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 B·克斯尼维斯

[56] 参考文献

US6087024A 2000.7.11

US5204055A 1993.4.20

US5340656A 1994.8.23

WO9003893A1 1990.4.19

US5697043A 1997.12.9

CN1102608A 1995.5.17

审查员 黄永杰

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 吴明华

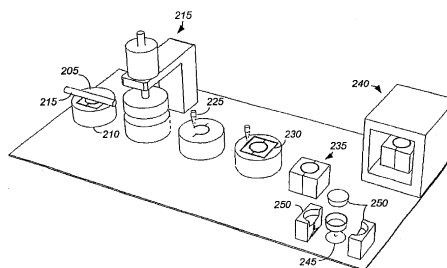
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 发明名称

使用选择性抑制烧结 (SIS) 的金属零件制造

[57] 摘要

选择性抑制烧结 (SIS) 技术可以应用在从无粘合剂金属粉末中制造 3 - 维 (3 - D) 高密度金属物件。在建造槽 (210) 上设置多层金属粉末 (205)。对每一层, 层中一些区域被抑制烧结, 例如通过沉积诸如陶瓷浆料、金属盐等抑制烧结材料 (225) 或通过利用化学物或集中热源氧化粉末中金属颗粒。各层可以在下一层设置以前压实 (235)。最终压实件然后可被烧结 (240)。不需要的烧结部分 (250) 可以从压实件中在由抑制烧结区域形成的边界上移去, 并且取出物件 (245)。



1. 一种方法，包括：

提供一层金属粉末；

在层中一个或多个区域抑制烧结；

对于多个粉末层重复所述提供和抑制烧结行为；

压实多个粉末层以形成压实件；

烧结压实件；和

在由抑制烧结区域在压实件中形成的边界上移去一个或多个烧结部分。

2.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述移去包括从压实件中取出3维金属物件。

3.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述压实包括在另一层设置在所述层上以前压实各层。

4.如权利要求3所述的方法，其特征在于，还包括：

在层中抑制烧结一个或多个区域以后压实各层。

5.如权利要求3所述的方法，其特征在于，还包括：

在层中抑制烧结一个或多个区域以前压实各层。

6.如权利要求3所述的方法，其特征在于，所述压实包括用压力机表面压缩粉末层，并且还包括：

在相继各层之间清洁压力机表面。

7.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述抑制烧结包括在粉末层中的一个或多个区域上沉积抑制烧结材料。

8.如权利要求7所述的方法，其特征在于，所述沉积包括通过喷嘴挤出抑制烧结材料。

9.如权利要求7所述的方法，其特征在于，所述沉积包括用打印头打印抑制烧结材料。

10.如权利要求7所述的方法，其特征在于，抑制烧结材料包括一种当干燥时导致具有高烧结温度的结晶的溶液。

11.如权利要求7所述的方法，其特征在于，抑制烧结材料包括金属盐。

12.如权利要求11所述的方法，其特征在于，金属盐包括磷酸钾。

13.如权利要求7所述的方法，其特征在于，抑制烧结材料包括陶瓷浆料。

14.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述抑制烧结包括在一个或多个区域中氧化金属粉末颗粒。

15.如权利要求14所述的方法，其特征在于，所述氧化包括在氧气中加热所述金属粉末颗粒。

16.如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述氧化包括在一个或多个区域上扫描激光。

17.如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述氧化包括在一个或多个区域上移动微型喷火器。

18.如权利要求1所述的方法，其特征在于，金属粉末包括无粘合剂粉末。

19.如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述压实包括在多个粉末层中冷焊金属粉末颗粒。

20.如权利要求1所述的方法，其特征在于，还包括：
在所述多个粉末层中建立边界以形成块件。

21.如权利要求20所述的方法，其特征在于，所述建立边界包括在各层周边上沉积粘合剂。

22. 一种系统，包括：

分布多层金属粉末的装置；

压力机，压缩所述诸层；

在多个所述层中抑制烧结一个或多个区域的装置；和
烧结炉，烧结从所述多层中形成的压实件中的粉末。

23.如权利要求22所述的系统，其特征在于，分布装置包括滚筒。

24.如权利要求22所述的系统，其特征在于，分布装置包括刀片。

25.如权利要求22所述的系统，其特征在于，抑制烧结装置包括在所述一个或多个区域上沉积抑制烧结材料的装置。

26.如权利要求25所述的系统，其特征在于，沉积装置包括挤出抑制烧结材料的喷嘴。

27.如权利要求25所述的系统，其特征在于，沉积装置包括打印抑制烧结材料的打印头。

28.如权利要求25所述的系统，其特征在于，抑制烧结材料包括金属盐。

29.如权利要求28所述的系统，其特征在于，金属盐包括磷酸钾。

30.如权利要求25所述的系统，其特征在于，抑制烧结材料包括陶瓷浆料。

31.如权利要求 22 所述的系统，其特征在于，抑制烧结装置包括可扫描的激光器，其能够在所述一个或多个区域中氧化金属粉末颗粒。

32.如权利要求 22 所述的系统，其特征在于，抑制烧结装置包括可控制的微型喷火器，其能够在所述一个或多个区域中氧化金属粉末颗粒。

33.如权利要求 22 所述的系统，其特征在于，金属粉末包括无粘合剂金属粉末。

34.如权利要求 22 所述的系统，其特征在于，还包括：

在压实相继各层以前清洁压力机的表面的装置。

35.如权利要求 22 所述的系统，其特征在于，还包括：

加热所述多层中各层的加热器。

36.如权利要求 35 所述的系统，其特征在于，所述加热器包括气体喷火器阵列，其能够有选择地开或关。

37.如权利要求 35 所述的系统，其特征在于，所述加热器包括一个非常高温度的电热丝阵列，其能够有选择地通过电流或通过快门开或关。

38. 一种方法，包括：

提供一层金属粉末；

在层中一个或多个区域抑制烧结；

压实粉末层；

烧结在层中的金属粉末；

对于多个粉末层重复所述提供、抑制烧结、压实、和烧结行为；和

在由抑制烧结区域在压实件中形成的边界上移去一个或多个烧结部分。

39.如权利要求 38 所述的方法，其特征在于，所述移去包括从压实件中取出 3 维金属物件。

40.如权利要求 38 所述的方法，其特征在于，所述粉末层的压实是在抑制烧结以前执行。

使用选择性抑制烧结（SIS）的金属零件制造

相关申请的参考文件

本申请要求对美国临时申请序列编号 60/398,160（登记于 2002 年 7 月 23 日）标题为“使用选择性抑制烧结（SIS）的金属零件制造”，和美国专利申请编号 09/698,541（登记于 2000 年 10 月 26 日）标题为“分层制造 3 维物件的粉末颗粒粘结选择性抑制”的优先权。

技术领域

本发明涉及一种使用选择性抑制烧结（SIS）的金属零件制造，尤其涉及金属零件制造的方法及系统。

背景技术

诸如原型零件的 3 维（3-D）物件，可以直接从计算机辅助设计的数据库产生。可以用各种技术生产这样的物件，包括分层叠加工艺。目前用于建造金属零件的分层制造方法典型地采用聚合物粘合剂和金属粉末混合。例如，在 FDM（熔铸沉积法）制造中，聚合物粘合剂和金属粉末制成细丝然后送入通过加热的挤压喷嘴。粗制（未烧结）零件然后由材料逐层挤压而形成。在 SLS（选择性激光烧结）中，松散的粉末混合物（聚合物和金属或聚合物涂层金属）分布成为薄层并且暴露在熔化聚合物颗粒的激光下和在各层的选出区域粘结金属粉末以便形成粗制零件。其它技术采用有些变化的相似方法。粗制零件然后在传统烧结炉中烧结，在该炉中消除挥发性聚合物。

以上描述的方法有几个问题。采用聚合物粘合剂极大地增加烧结收缩因素。还有，制造高密度金属零件是困难的，因为在粗制零件结构中存在粘合剂。还有，在烧结中焚烧聚合物粘合剂可能在烧结炉中留下难以除去的残余并且出现环境风险。

对于分层制造有一种采用无粘合剂金属粉末的商业制造工艺。不过，这些工艺需要昂贵的高功率激光。此外，用这些方法制造具有悬垂特征的零件可能有问题。

发明内容

选择性抑制烧结（SIS）技术可以用来从无粘合剂金属粉末制造3维（3-D）金属物件。在建造槽中设置一定数量的金属粉末层。在每一层上某些区域被抑制烧结。这可以通过，例如，沉积金属盐（例如磷酸钾）或陶瓷浆料等抑制烧结的材料，或者通过利用诸如激光或微型喷火器等集中热源在粉末中氧化金属粒子而获得。各层在下一层放置以前可以压实。不需要的烧结部分可以从压实部分在抑制烧结（未烧结）区域所形成的边界上除去，并取出物件。

本发明还涉及这样一种系统，该系统包括分布多层金属粉末的装置；压力机，压缩所述诸层；在多个所述层中抑制烧结一个或多个区域的装置；和烧结炉，烧结从所述多层中形成的压实件中的粉末。

附图说明

图 1A 和 1B 显示描述选择性抑制烧结（SIS）金属工艺的流程图。

图 2 为实施 SIS 金属工艺示范性系统立体图。

图 3A-3D 阐明示范性肉眼可见的机械抑制方法。

具体实施方式

图 1A 和 1B 显示描述选择性抑制烧结（SIS）金属工艺的流程图 100，它能够从金属粉末建立具有要求几何形状的高密度金属零件而不需要使用模具或者聚合物粘合剂。要求的几何形状可以由计算机辅助设计（CAD）模型提供。该工艺可以用来迅速地制造精确地形成的、功能性金属零件。图 2 阐明可以使用在工艺 100 中的示范性工作站。

在建造槽 210 中利用滚筒 215 或者移动刀片把金属粉末分布成为薄层 205（方框 105）。配备有压力传感器的马达驱动压力机 220 压实新近分布的金属粉末层而建立起具有规定密度的粉末层（方框 110）。

使用低压力的压实方法需要考虑的问题是通过压实对于粉末密度的多次压缩循环。由于压实是在建造槽中建立，当随后压实的各层放置和压缩时，底层将经受重复的压缩力，而压实的上面各层将经受较少的压缩循环。各层所经受的总压缩力差别可能导致压实中密度梯度。这一潜在的问题可以通过开发施加压缩各层的压力调整到预定模式的压缩压力程序而减轻。该程序可以如此建

立，使各层在压实工艺中经受大约同样的总压缩力。

使用高压力的压实可能也增加在层的上表面不规则颗粒的变形。这导致减少层间与下一层的粘合。因此，必须在冲头表面上引入网纹铭刻或粗糙度以便促进层间结合并避免衰弱的层间粘合。

由于 SIS-金属工艺不需要聚合物粘合剂预先与金属粉末混合，当其放置粉末薄层时，由滚筒促成的压缩程度足够对某些粉末和应用场合产生具有合适密度的粗制压实件。在某些应用中，例如，最终零件打算是多孔的。在这种情况下，用马达驱动的压力机压实粉末层的工艺中单独步骤可能是不需要的。粉末的可压缩性和压实密度与材料、颗粒尺寸、颗粒形状、层厚度、和压缩压力的选择也有关。

采用一种机构抑制在粉末层内某些区域（即，层的外形、开口图案、某些层面积区域）烧结（即，“抑制烧结”区域）（方框 115）。可以采用各种化学和/或机械抑制方法。

在实施例中，可以用喷墨打印机头或细孔挤压喷嘴 225 输送能够改变金属粉末特性的化学剂。例如，酸或其它活跃的化学剂可以制作在热的作用下分解和产生金属氧化物的金属盐。金属氧化物具有比其基础金属较高的烧结温度。金属氧化物可以在受影响的粒子整个体内创建。可替代地，有选择的金属粉末可以在氧气存在下利用具有中等功率的扫描激光束或微型喷火器在粉末层上用机械手移动而氧化。

压实可以在化学抑制以前或以后实施，依据金属和抑制剂的选择和诸如在松散或压实的粉末中化学穿透力等因素而定。重新排序可以对机器控制的软件的简单改变而完成。在两种情况中，均可用加热器加速化学反应并且对于各层干燥抑制化学剂。在抑制和烧结后剩余的化学物应该是或者易碎的或者是可溶于普通溶剂以便促进烧结材料的分离并取出最终零件。注意可以用自动化清洁工艺擦去和清洁压力机表面的化学抑制材料以防止随后各层表面污染。

许多金属和合金具有抗化学反应能力。超级合金粉末为这类材料的例子。在这些情况，机械抑制可以用来防止粉末的烧结。机械抑制对于普通金属的化学抑制也较佳。用来蚀刻或氧化的许多化学物为刺激的和/或对于生物有害，因此在某些情况引起安全和环境问题。

在一个实施例中，可以采用肉眼可见的机械抑制方法。图 3A-3D 阐明一种示范性肉眼可见的机械抑制方法。陶瓷浆料 305（或其它具有很高烧结温度的

可挤压或可打印材料)可以沉积在先前压缩的粉末层 310 上(图 3A),并且当干燥后可以放置新的粉末层 315(图 3B)。如此方式,沉积的陶瓷作为在抑制边界上隔离金属粉末区域的隔壁。浆料沉积的高度应该接近于松散的粉末层厚度。可以用移动刀片 320 刮去由粉末分布滚筒在陶瓷沉积顶部(图 3C)留下的松散金属粉末。然后可以执行该层的压实,例如,采用压力机 325(图 3D)。可以用自动化清洁工艺擦去和清洁压力机表面的化学抑制材料以防止随后各层表面污染。

通过压缩阶段的尺寸控制迫使所选择的陶瓷材料可压缩性接近于金属粉末。经过烧结后陶瓷和金属材料在收缩方面的区别也可以影响尺寸控制。

在另一实施例中,可以采用肉眼可见的机械抑制。在压实以前通过喷墨打印方法诸如金属盐的溶液可以应用在松散粉末层的选出区域上。在溶液中水分蒸发而形成的盐结晶在抑制边界分隔金属粉末颗粒。许多金属中候选者为磷酸钾(K_3PO_4),它为水溶性并且具有高于 $1300^{\circ}C$ 的熔点。

虽然已经描述了金属盐,抑制烧结的材料可以是任何其它溶液,当干燥后导致结晶或其它具有高烧结温度的固体形式。

边界 230 可以建立为包含粉末压实件(方框 120)。工艺中这一步骤可以用来有利于粗制粉末件转移到烧结炉中。对于某些金属,诸如铜,该步骤可能不必要,由于在这些情况中压缩的颗粒在“冷焊”现象下松散地互相粘合。冷焊可能在粗制压实件中产生足够的强度,使压实件从建造槽中作为与建造槽内部同样形状的粘合物取出。

在没有冷焊现象时,层内和层间粘合可能很弱。对于某些金属,诸如超级合金,这可能是确实的。在这样情况,必须在各层周边上打印粘合材料建立起足够的内聚性,以便从建造槽中取出粘合物而转移到烧结炉中。可以在粉末层上对于各层在零件外形周边沉积粘合液体。该沉积的外形可以是方形或圆形的简单形状。当所有各层均已完成时,该粘合剂在包含 3-D 零件所选出的粉末区域周围建立起固体的容器。可替代地,建造槽和它的活塞可以用陶瓷或诸如钨的耐高温金属制成。建造槽组件可以设计成为可从机器拆卸并且可转移到烧结炉。

在所有各层已经通过上述步骤完成以后,压实的金属粉末件 235 可以从建造槽中取出并且放置在传统的烧结炉 240 中(方框 125)。最初放置在建造槽的活塞上的陶瓷基板,在其上面分布第一粉末层,可以用来安全地拾起未经烧

结的粉末件并连同陶瓷底板转移到烧结炉中。在烧结和冷却后（方框 130），烧结件从炉中移出，并且如图 2 所示，通过在被抑制烧结表面上的分离，零件 245 从不需要的烧结部分 250 取出（方框 135）。

对于某些类型的金属，可以实施一层接一层的烧结（而不是整体烧结）。该工艺很像 SIS-聚合物工艺，不过，机器应该装备加热装置以便烧结或融解各层的金属粉末颗粒。可以应用燃气喷火器阵列、非常高温的电热丝或其它装置。必须隔离机器工作区域建立起无氧空间以便防止金属粉末氧化。机器的工作区域因此将相似于传统的烧结炉，它具有在真空中或在所要求气体（诸如惰性气体或氮气）中烧结的能力。对某些不会氧化的金属粉末（例如，不锈钢）这样的隔离是不必要的。

加热装置可以在各层上烧结所选择的区域以减少粉末浪费。例如在喷火器阵列中，这可以通过选择性地开、关某些喷火器而完成。可替代地，可以用非常高温度的电热丝烧结所选择的区域，并且电热丝可以有选择地通过电流的开关或者通过快门完成。

SIS-金属工艺能够建立高密度金属零件而不需要使用聚合物粘合剂，后者极大地增加烧结收缩因素并且在烧结炉中留下不希望的残余物。此外，在粉末中没有聚合物粘合剂可导致较高的制造精度。其它优点包括消除因为燃烧聚合物粘合剂而对环境造成不希望的影响，和消除由于燃烧粘合剂残余造成的烧结炉污染。SIS-金属工艺能够建造具有复杂几何形状的零件，这样的零件还可包含悬挂特征。该工艺也可具有相对较低的机械成本，因为在工艺中不采用诸如激光发生器等昂贵部件。

以上已经描述几种实施例。不过，应该理解还可以作出各种变型而不致偏离本发明精神和范围。例如，在流程图中可以跳过某些方框或不按照顺序执行并且仍能产生所要求的结果。相应地，其它实施例均处于以下权利要求的范围中。

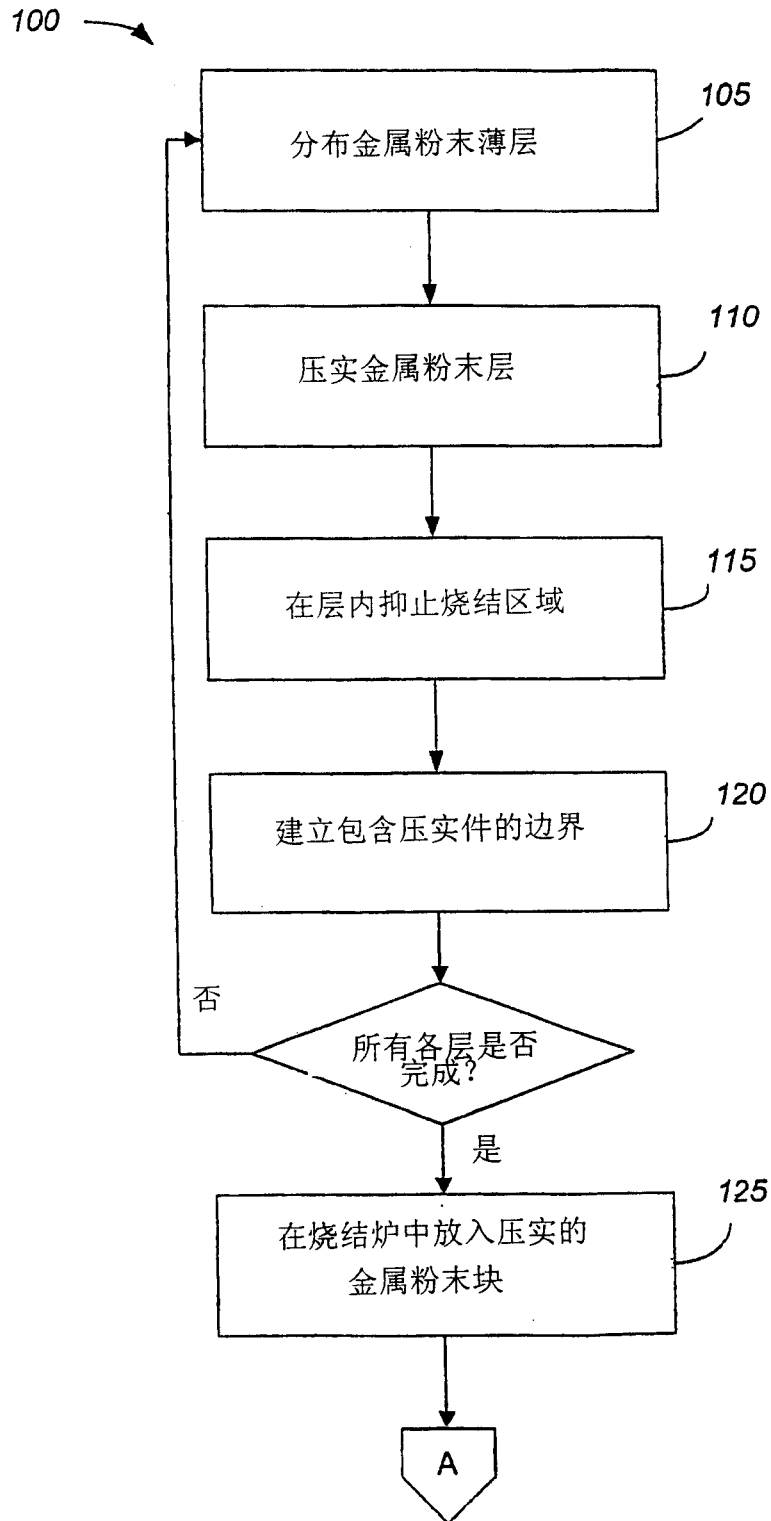


图 1A

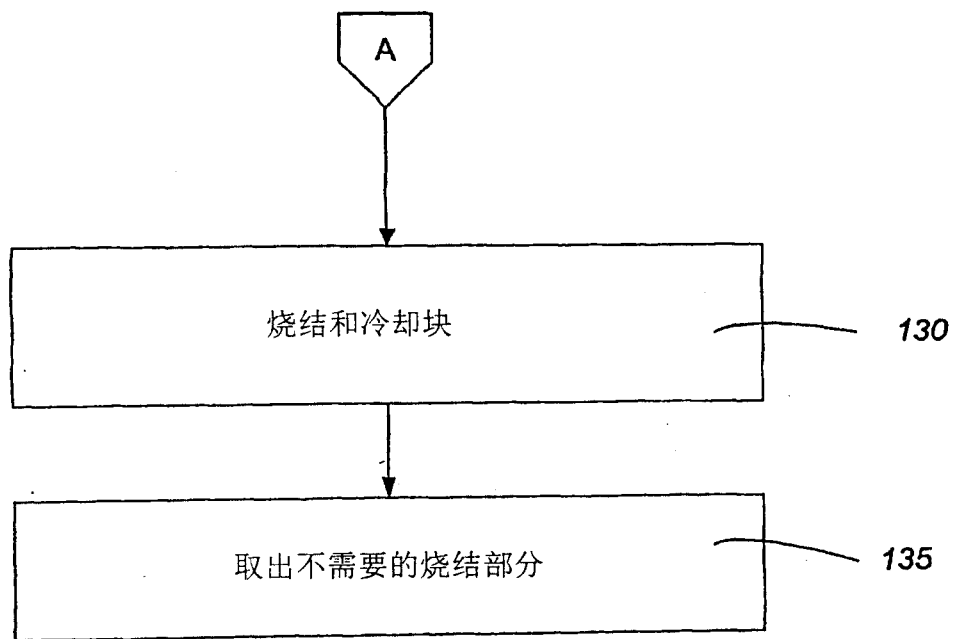


图 1B

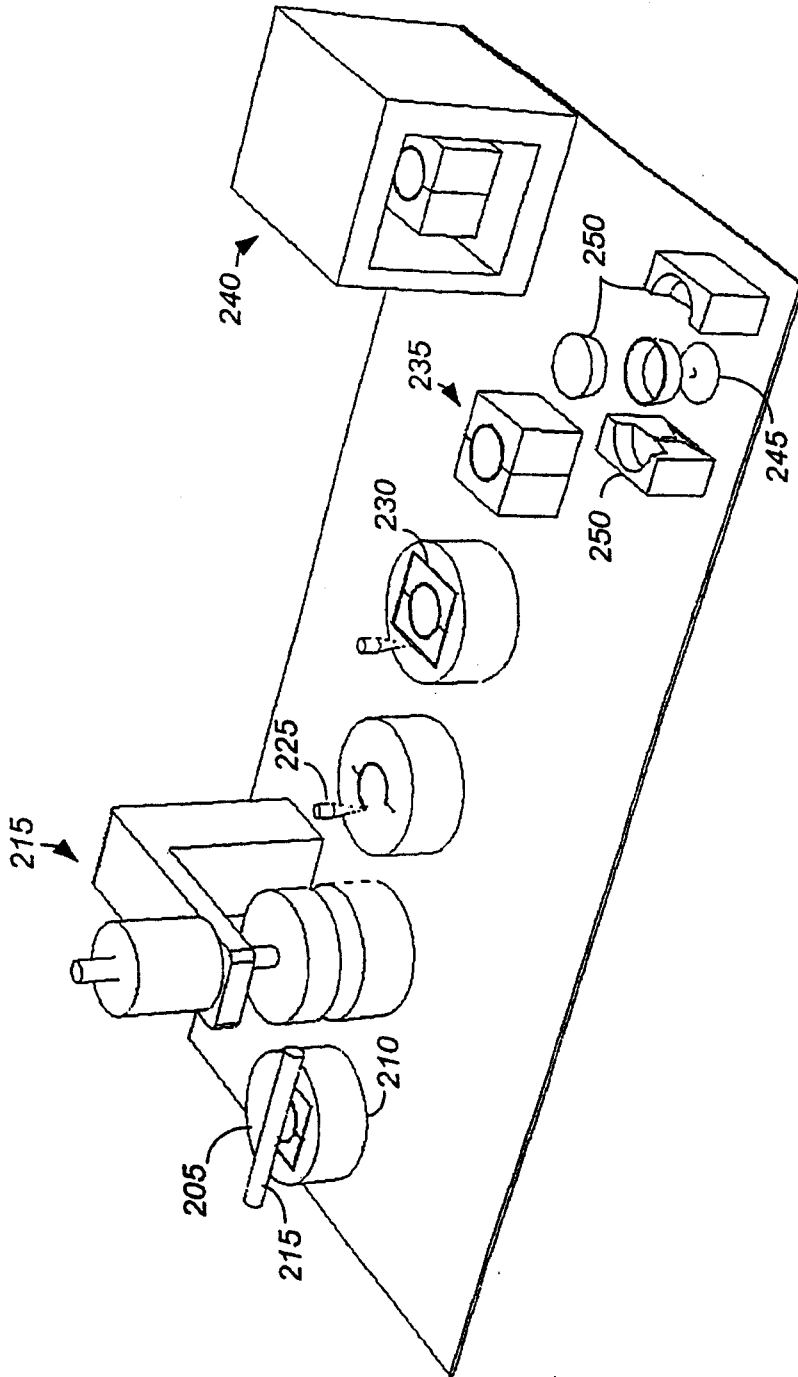


图 2

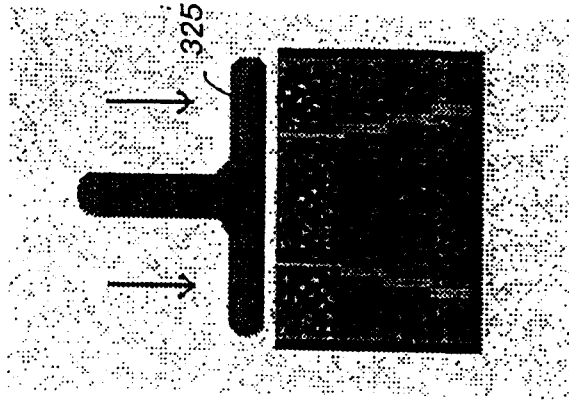


图 3D

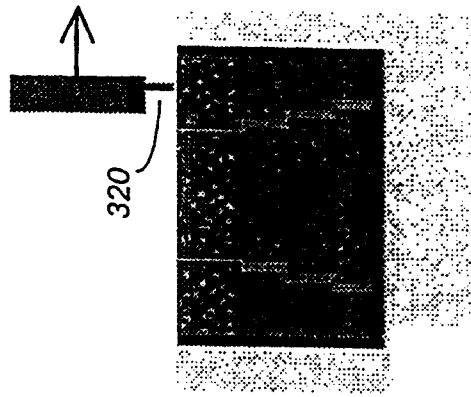


图 3C

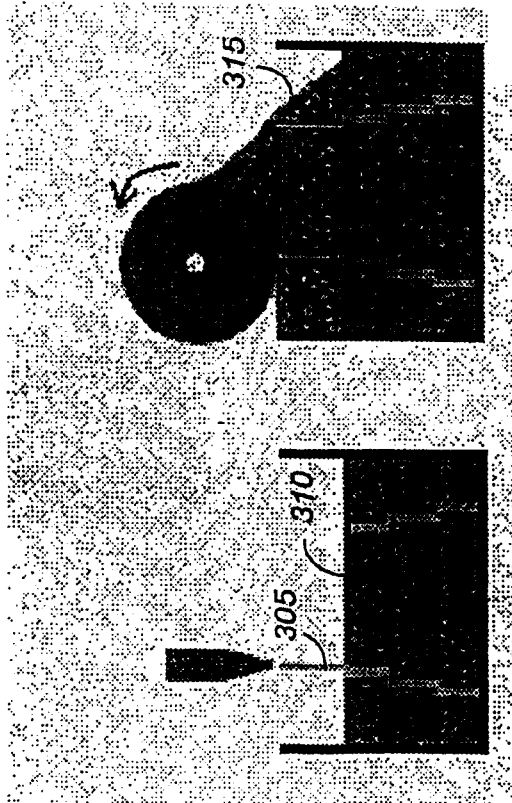


图 3B

图 3A