



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103419270 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 04

(21) 申请号 201210484994. X

(22) 申请日 2012. 11. 23

(30) 优先权数据

101118038 2012. 05. 21 TW

(71) 申请人 台北科技大学

地址 中国台湾

(72) 发明人 汤华兴

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 沈锦华

(51) Int. Cl.

B28B 1/30(2006. 01)

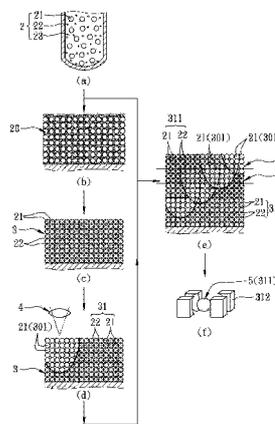
权利要求书2页 说明书13页 附图8页

(54) 发明名称

具有三维立体轮廓之无机生坯的制法

(57) 摘要

一种具有三维立体轮廓之无机生坯的制法，依序包含 (a) 混合无机粉末、黏结剂与溶剂以形成浆料；(b) 涂布浆料以形成浆料层；(c) 移除浆料层中的溶剂以使黏结剂结合两相邻无机粉末并从而形成生坯层；(d) 使用能量束以一线形的第一预定扫描路径照射生坯层，以致于经照射之生坯层中的黏结剂被移除并从而留下未被黏结剂结合的无机粉末，经照射之生坯层沿该第一预定扫描路径形成一第一线形牺牲区，该未经照射的生坯层被定义为一幸存区；及 (e) 重复步骤 (b)-(d) 一预定次数以根据预定次数上下结合一预定层数的生坯层并形成该具有三维立体轮廓之无机生坯。



1. 一种具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,包含:
  - (a) 混合一无机粉末、一黏结剂与一溶剂以形成一浆料;
  - (b) 于该步骤 (a) 后,涂布该浆料以形成一浆料层;
  - (c) 于该步骤 (b) 后,向上移除该浆料层中的溶剂以使其两相邻之无机粉末间相互靠紧,并从而使其黏结剂结合其两相邻之无机粉末以形成一生坯层,且该生坯层内部形成有多数个朝其一上表面延伸的连通孔隙;
  - (d) 于该步骤 (c) 后,使用一具足够功率的能量束以至少一线形的第一预定扫描路径照射该生坯层,以致于该经照射之生坯层中的黏结剂是被该能量束所气化或烧失并自该等连通孔隙向上逸出,从而留下未被黏结剂所结合的无机粉末,经照射之生坯层沿该第一预定扫描路径形成至少一第一线形牺牲区,且该未经照射的生坯层被定义为一幸存区,该幸存区具有分割成一工件部及一由该第一线形牺牲区所间隔开的废料部;及
  - (e) 于该步骤 (d) 后,重复该步骤 (b)-(d) 一预定次数,以根据该预定次数上下结合一预定层数的幸存区的工件部并从而形成该具有三维立体轮廓的无机生坯。
2. 依据权利要求 1 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,每一重复步骤之步骤 (d) 所形成的第一预定扫描路径是局部重迭于其前一重复步骤之步骤 (d) 的第一预定扫描路径;
3. 依据权利要求 2 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,每一重复步骤之步骤 (c) 所形成的生坯层具有一厚度  $t$ ,每一重复步骤之步骤 (d) 所形成的第一线形牺牲区具有一第一预定深度  $D_1$ ,由每一重复步骤之步骤 (d) 所造成的第一预定深度  $D_1$ ,是大于或等于其重复步骤之步骤 (c) 的生坯层的厚度  $t$ 。
4. 依据权利要求 2 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,步骤 (c) 所形成的生坯层具有一厚度  $t_0$ ,并且  $t_0 > 2t$ 。
5. 依据权利要求 3 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,该步骤 (a) 之黏结剂的体积占无机粉末体积的 10% 至 30%;该步骤 (a) 之溶剂的含量足以使每一重复步骤之步骤 (b) 的溶剂与黏结剂下渗至其下方生坯层达一下渗深度  $d_1$ 。
6. 依据权利要求项所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,  $D_1 \geq t+d_1$ 。
7. 依据权利要求 6 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,  $d_1 = t$ 。
8. 依据权利要求 1 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,每一步骤 (d) 之能量束更以至少一线形的第二预定扫描路径照射其所对应之生坯层的幸存区的废料部,以致于该经照射之生坯层中的黏结剂是被该能量束所气化或烧失并自该等连通孔隙向上逸出,从而留下未被黏结剂所结合的无机粉末,经照射之生坯层沿该第二预定扫描路径形成至少一第二线形牺牲区,且每一重复步骤之步骤 (d) 的第二线形牺牲区是重迭于其前一重复步骤之步骤 (d) 的第二线形牺牲区。
9. 依据权利要求 8 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,每一重复步骤之步骤 (c) 所形成的生坯层有一厚度  $t$ ,每一重复步骤之步骤 (d) 所形成的第二线形牺牲区具有一第二预定深度  $D_2$ ,第二预定深度  $D_2$ ,是大于或等于生坯层的厚度  $t$ 。
10. 依据权利要求 9 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,该步骤 (a) 之黏结剂的体积占无机粉末体积的 10% 至 30%;该步骤 (a) 之溶剂的含量足以使每一重复步骤之步骤 (b) 的溶剂与黏结剂下渗至其下方生坯层达一下渗深度  $d_1$ 。

11. 依据权利要求 10 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中, $D_2 \geq t+d_1$ 。
12. 依据权利要求 1 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,于该重复步骤之该预定次数后还包含一步骤 (f),该步骤 (f) 是分离该等上下相互结合之生坯层之幸存区的工件部与废料部。
13. 依据权利要求 1 所述之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,其中,该步骤 (a) 之无机粉末的平均粒径是小于或等于  $1 \mu\text{m}$ 。

## 具有三维立体轮廓之无机生坯的制法

### 技术领域

[0001] 本发明是有关于一种无机生坯 (green) 的制法, 特别是指一种具有三维立体轮廓之无机生坯的制法。

### 背景技术

[0002] 具有三维立体轮廓之无机生坯的制法等先前技术, 可见有加高压的模压法 (press-and-sinter fabrication)、加压且添加黏结剂的射出成型法 (powder injection molding), 及无加压只加黏结剂的浇铸法 (slip casting)。加压的制程需要产生压力的设备 (press) 以及刚性的模具 (rigid die)。反之, 无加压的制程只需耐低压的模具 (例如 slip casting 用的石膏模)。

[0003] 最近, 快速原形技术兴起, 其特征在于利用堆栈原理来制作三维立体工件。其技术上乃是利用计算机切层数据, 使工具移动创造出复杂的二维工作路径, 经由多数有限高度的二维剖面的堆栈, 互相连结形成三维立体工件。此种技术的共同特征为不需模具, 可以做出极为复杂的工件形状。因为没有限制形状的模具, 所以, 此种制程属于无压制造法, 必须靠黏结剂来连结粉末颗粒, 以形成生坯工件, 然后, 可以进行致密化烧结的步骤, 以做出具有强度的工件。

[0004] 以堆栈原理制作三维立体工件可以利用不同的工具来造成加工路径, 例如 3DP 利用喷嘴, DFM 利用挤压头, SLS、SLA 等利用能量束。以能量束为工具, 堆栈材料, 制作三维立体工件的先前技术可以分为两类: 一为加成法, 另一为减去法。加成法的特点为, 能量束扫描过之处连结成为工件的一部分, 例如 SLA、SLS (selective laser sintering)、浆料选择性雷射烧结法 (slurry based selective laser sintering) 等。减去法的特点为, 能量束扫描过之处去除, 能量束没有扫描过之处成为工件的一部分, 例如 LOM (laminated object manufacturing, LOM)、CAM-LEM 等。

[0005] 参图 1, 本案发明人于 US 2004/0075197 公开一种无机生坯 17 的制法, 其主要是根据浆料选择性雷射烧结法来实施。该无机生坯 17 之制法包括以下步骤:

[0006] (A) 混合一陶瓷粉末 (ceramic powders)、溶剂 (dissolving agent) 及氧化溶胶 (oxide sol) 以形成一浆料 (slurry) 11;

[0007] (B) 于该步骤 (A) 后, 将该浆料 11 摆置于一平台 12 上并使一刮刀 (blade) 13 沿一水平方向 X 移动以使该浆料 11 铺平于该平台 12 上并从而形成一浆料层 14;

[0008] (C) 于该步骤 (B) 后, 使用一雷射束 (laser beam) 15 以一面形的 (planar; 即, 二维的) 预定扫描路径照射该浆料层 14, 经该雷射束 15 所照射之浆料层 14 中的氧化溶胶受到胶化 (gelled) 以结合陶瓷粉末并从而形成一层二维的陶瓷生坯层 16;

[0009] (D) 于该步骤 (C) 后, 重复该步骤 (B)-(C) 一预定次数, 以根据该预定次数来形成一具有一个三维立体轮廓的陶瓷生坯 17; 及

[0010] (E) 于该步骤 (D) 之该预定次数后, 将该具有三维轮廓的陶瓷生坯 17 浸泡于水 18 中, 以使未受到胶化的氧化溶胶溶解并从而自该等浆料层 14 中移除该具有三维立体轮廓

的陶瓷生坯 17。

[0011] 在该美国早期公开案所公开的制法中,其每一重复步骤的步骤(C)是以面形的(即,二维的)预定扫描路径来照射其浆料层 14。此处需特别说明的是,当其最终所完成的陶瓷生坯 17 的体积越大时,其每一步骤(C)之面形的预定扫描路径所构成的扫描面积则越大;因此,最终在完成该陶瓷生坯 17 后所需耗费的工时也相当长。

[0012] 经上述说明可知,节省具有三维立体轮廓之无机生坯的制作工时,以降低产业界于制作此等具有三维立体轮廓之无机生坯的时间成本,使此项技术制作大型工件还能有经济性(cost-effective),是此技术领域者所需克服的课题。

[0013] 利用减去法的 LOM、CAM-LEM 两种制程中,以薄片材料制造三维立体轮廓之工件时,是以雷射扫描线性的工件轮廓,可以节省制作工时。US4,752,352 所述的 LOM 制程可以利用纸、塑料薄片材料、金属薄片材料、与陶瓷薄片材料来制造三维立体轮廓之工件。US 5,779,833 所述的 CAM-LEM 制程特别适合制作无机生坯。

[0014] CAM-LEM 制程是先在一设备中(例如,tape casting machine)制作薄片,利用一雷射切割设备将薄片切割成工件断面的轮廓形状,这些工件断面的轮廓形状在另一设备里组合,其间可以加添薄层的黏结剂或是以溶剂将薄膜中的黏结剂溶解,经干燥后连结一起;经过多次重复迭层成为具三维立体轮廓之堆栈。最后,经过一加压设备使达到各层能紧密接触,促进后续烧结能连结成一体。所以,CAM-LEM 制程繁复,要在多处不同位置制作,并且需要多种设备。

[0015] LOM 制程是先在一设备中(例如,tape casting machine)制作薄片,然后在 LOM 机台上黏结薄片然后雷射切割,需要较少的设备以及工作位置,但 CAM-LEM 与 LOM 两种制程均使用薄片材料,均须要做薄片材料堆栈连结的动作。各层间结合的好坏影响到生坯的微结构,关系到烧结强度。

[0016] US 5,779,833 教导可以使用黏结剂来连结,并且加压或加热,以迫使两层薄片能紧密连结。但是加上一层黏结剂将使做出的堆栈层有一富含黏结剂的薄层,如此做出的生坯的微结构将不均匀。也可以在堆栈连结时涂布溶剂,将薄片材料的黏结剂溶解然后加压使两相邻薄片连结,此举虽不会改变生坯的成份,不会造成富含黏结剂的中间薄层,但溶解干燥硬化的薄片材料并不容易,需要较长时间,且连结强度也较难以把握。

[0017] 可能因为薄片材料利用上述方法连结还没能达到各层紧密接触的效果,所以,如前面已经提及者,CAM-LEM 制程在堆栈完毕后还建议将此堆栈压缩,此时需要加压设备与模具。而且熟悉此技术领域者均知道压缩时会产生应力梯度,造成密度不均匀的结果。CAM-LEM 制程也提到利用等静压使生坯的密度较为均匀,这也将增加设备成本。压缩时需要模具,对较为复杂或具微细特征的工件就相当困难。CAM-LEM 制程提出解决方案:以牺牲材料制作每层工件断面的互补形状,牺牲材料与工件材料合起来形成简单的四方形,如此,可以利用简单的模具来做压缩。压缩后牺牲材料可与工件材料分开。制作复杂或具微细特征的工件就是层状加工的特长,但依 CAM-LEM 制程所教导的制作方式却需使用到模具,这一点就需要改善。

[0018] 由前述 CAM-LEM 的加工过程来看,此法除了须多项设备,多处加工位置也需要加压的模具。所以,改进 CAM-LEM 的制程,减少所需的设备,改进各断面层连结的方式以提高各断面层连结的强度而可以不必实施压缩的步骤就不必使用模具,这也应是此技术领域者

所应努力达到的目标。

## 发明内容

[0019] [发明概要]

[0020] 本发明为实现节省无机生坯的制作工时的目的,不采用浆料选择性雷射烧结法的加成法,而是改采用能量束作用之处去除的减去法。在制作三维立体轮廓之无机生坯之每层剖面形状时,不做扫描内部面积的面扫描,而做扫描轮廓的线性扫描。此举能大幅减少扫描时间。但是,如前面所述,LOM 以及 CAM-LEM 两制程使用薄片材料,可以利用雷射切割去除扫描到的线性区域,实现工件轮廓线性扫描的减去法,但是因为上下薄片材料的连结有前述的问题,所以本发明拟采用浆料为原料,在一工作台上铺层,干燥后形成固态生坯,在上面铺层因为黏结剂水溶液下渗,我们可以得到连结强度良好的生坯。如此,可以解决各薄层连结的问题,也因制作薄层与连结薄层均在同一设备、同一位置上执行,解决了 CAM-LEM 需要太多设备的问题。

[0021] 利用雷射扫描断面的线形轮廓,通常是调整雷射功率与雷射扫描速度,测试那些参数可以将生坯去除刚好一层厚度的线形区域;其中,调整雷射功率高低可以变动切割深度,所以可以做到要求的切割深度。然而,切割一层生坯层就产生深度等于层厚的凹槽。因此,在下次铺设浆料时在线形牺牲区上的浆料将因无支撑而会向下陷入凹槽内。此缺陷必须改进,因无法顺利制做工件。

[0022] 一种可行的改进方法为利用一种牺牲材料填入前述的雷射切割产生的沟槽内,造成适当的支撑。如此,牺牲材料可以支撑浆料层的铺设,也可以因其材料与工件材料不同,例如牺牲材料具水溶性,工件材料却不溶于水,而可以利用水去除牺牲材料。但是此法原则虽可以实施,但也有其困难之处。首先,此法需要一机构与工具用来填料。若是路径为雷射切割出,将较为细微,则需要较细的喷嘴与较精确的定位装置。如此,就需要两套工具(切割能量束与填料喷嘴)与两种材料(工件材料与牺牲材料)。使本法的设备成本、材料成本以及加工时间提高。

[0023] 申请人经常思考是否有比前法更为巧妙的方法。经过长时间的思索以及实验,发现以较小雷射功率扫描断面线形轮廓工件时有气体自生坯层中逸出到表面,因认知此气体为气化的黏结剂,且实验证实:经过多次扫描不但可以将生坯层中的黏结剂去除,还可以留下未被黏结剂所连结的无机粉末。因此,取得适当的雷射功率,以较小雷射功率来扫描生坯层,将可以解决前述铺浆料时浆料陷到沟槽内的问题。

[0024] 此外,本发明的生坯结构适合快速烧失黏结剂。本发明的生坯层中的黏结剂经由此较小雷射功率予以气化或燃烧后所形成的气体,可藉生坯层中的连通孔隙逸出生坯层表面,而不会破坏生坯结构。如此,可将未被黏结剂所结合的无机粉末留在原位,以当作下次铺设浆料时的支撑,进而可以铺出平坦的表面。

[0025] [发明目的]

[0026] 因此,本发明之目的,即在提供一种具有三维立体轮廓之无机生坯的制法。此制法可以节省具有三维立体轮廓之无机生坯的制作工时,使此项技术在制作大型工件时还能具有经济性。

[0027] 于是,本发明具有三维立体轮廓之无机生坯的制法,包含:

- [0028] (a) 混合一无机粉末、一黏结剂与一溶剂以形成一浆料；
- [0029] (b) 于该步骤 (a) 后,涂布该浆料以形成一浆料层；
- [0030] (c) 于该步骤 (b) 后,向上移除该浆料层中的溶剂以使其两相邻之无机粉末间相互靠紧,并从而使其黏结剂结合其两相邻之无机粉末以形成一生坯层,且该生坯层内部形成有多数个互相连结朝其一上表面延伸的连通孔隙；
- [0031] (d) 于该步骤 (c) 后,使用一能量束以至少一线形的第一预定扫描路径照射该生坯层,以致于该经照射之生坯层中的黏结剂是被该能量束所气化并自该等连通孔隙向上逸出,从而留下未被黏结剂所结合的无机粉末,经照射之生坯层沿该第一预定扫描路径形成至少一第一线形牺牲区,且该未经照射的生坯层被定义为一幸存区,该幸存区具有一工件部及一由该第一线形牺牲区所间隔开的废料部；及
- [0032] (e) 于该步骤 (d) 后,重复该步骤 (b)-(d) 一预定次数,以根据该预定次数上下结合一预定层数的幸存区的工件部并从而形成该具有三维立体轮廓的无机生坯。
- [0033] 其中,每一重复步骤之步骤 (b) 的浆料层中的部分溶剂及部分黏结剂将下渗至其下方的生坯层中；及
- [0034] 其中,于每一重复步骤之步骤 (c) 中,经下渗至其下方生坯层中的黏结剂于溶剂向上移除后,再次结合其下方生坯层中之两相邻的无机粉末,且未经下渗的黏结剂也于溶剂向上移除后结合其浆料层中之两相邻的无机粉末,以对应形成该与其下方生坯层相结合的生坯层,且该生坯层内部形成有多数个朝其一上表面延伸的连通孔隙。
- [0035] 本发明的功效在于,利用减去法原理工作,以能量束做生坯工件轮廓的线性扫描来取代扫描内部面积的面扫描,可减少无机生坯的制作工时,且无机生坯结构具备内外相通的连通孔隙,适合在烧结炉中以较快的速度烧失黏结剂,以适合大小尺寸等工件的制作。

#### 附图说明

- [0036] 图 1 是一流程图,说明 US 2004/0075197 公开一种无机生坯的制法；
- [0037] 图 2 是一流程图,说明本发明具有三维立体轮廓之无机生坯的制法的一较佳实施例；
- [0038] 图 3 是一立体示意图,说明本发明该较佳实施例于实施一能量束照射步骤时的实施态样；
- [0039] 图 4 是一流程图,说明本发明该较佳实施例于实施一重复步骤之一浆料层涂布步骤及一溶剂移除步骤时,其黏结剂与其无机粉末间的结合关系；
- [0040] 图 5 是一流程图,说明本发明该较佳实施例于实施该重复步骤之浆料层的涂布步骤、溶剂的移除步骤及一能量束的照射步骤时,其所对应构成之上下第一线形牺牲区间的关系；
- [0041] 图 6 是一流程图,说明当本发明该较佳实施例于实施该能量束线形扫描所使用的参数不当时,其所产生的生坯结构；
- [0042] 图 7 是一流程图,说明当本发明该较佳实施例于实施该能量束线形扫描是使用恰当的参数时,其所产生的生坯结构；及
- [0043] 图 8 是一图,说明本发明该较佳实施例于实施该重复步骤之浆料层的涂布步骤、溶剂的移除步骤及能量束的照射步骤时,其所对应构成之上下第二线形牺牲区间的关系。

## 具体实施方式

[0044] 有关本发明之前述及其它技术内容、特点与功效,在以下配合参考图式之一个较佳实施例与一个具体例的详细说明中,将可清楚的呈现。

[0045] 参阅图 2、图 3 与图 4,本发明具有三维立体轮廓之无机生坯 5 的制法的一较佳实施例,包含以下步骤:

[0046] (a) 混合一无机粉末 21、一黏结剂 22 与一溶剂 23 以形成一浆料 2;

[0047] (b) 于该步骤 (a) 后,涂布该浆料 2 以形成一浆料层 20;

[0048] (c) 于该步骤 (b) 后,向上移除该浆料层 20 中的溶剂 23 以使其两相邻之无机粉末 21 间相互靠紧,并从而使其黏结剂 22 结合其两相邻之无机粉末 21 以形成一生坯层 3,且该生坯层 3 内部形成有多数个朝其一上表面延伸的连通孔隙;

[0049] (d) 于该步骤 (c) 后,使用一能量束 4 以至少一线形的第一预定扫描路径 41 照射该生坯层 3 (如图 3 所示),以致于该经照射之生坯层 3 中的黏结剂 22 是被该能量束 4 所气化或烧失并自该等连通孔隙向上逸出,从而留下未被黏结剂 22 所结合的无机粉末 21,经照射之生坯层 3 沿该第一预定扫描路径 41 形成至少一第一线形牺牲区 301,且该未经照射的生坯层 3 被定义为一幸存区 31,该幸存区 31 具有一工件部 311 及一由该第一线形牺牲区 301 所间隔开的废料部 312;及

[0050] (e) 于该步骤 (d) 后,重复该步骤 (b)-(d) 一预定次数,以根据该预定次数上下结合一预定层数的幸存区 31 的工件部 311 并从而形成该具有三维立体轮廓的无机生坯 5;

[0051] 较佳地,本发明该较佳实施例的制法于该重复步骤 [步骤 (e)] 之该预定次数后还包含一步骤 (f),该步骤 (f) 是沿第一线形牺牲区 301 分离该等上下相互结合之生坯层 3 之幸存区 31 的工件部 311 与废料部 312。

[0052] 此后,在浆料的成分中,黏结剂与溶剂混合起来称为液体。

[0053] 参阅图 4,每一重复步骤 [步骤 (e)] 之步骤 (b) 的浆料层 20 中的部分液体,包括部分溶剂 23 及部分黏结剂 22,将下渗至其下方的生坯层 3 中,达到一定的深度  $d_1$ 。

[0054] 其中,于每一重复步骤 (e) 之步骤 (c) 中,溶剂向上蒸发导致该生坯层 3 内部形成有多数个互相连通朝其一上表面延伸的连通孔隙。在此步骤中经下渗至其下方生坯层 3 中的黏结剂 22 于溶剂 23 向上移除后,再次结合其下方生坯层 3 中之两相邻的无机粉末 21。同时,未经下渗的黏结剂 22 也于溶剂 23 向上移除后结合其浆料层 20 中之两相邻的无机粉末 21,以形成上方生坯层 3。此干燥的生坯层有一比浆料层为薄的厚度  $t$ 。于本发明中, $d_1$  与  $t$  的和将称为连结厚度  $t_b$ 。

[0055] 如此,在每一重复步骤之步骤 (c) 实施后,藉由渗到下一生坯层的黏结剂,每一重复生坯层 3 与上一生坯层 3 形成无缝的连结。

[0056] 下渗深度  $d_1$  与浆料层 20 中溶液含量成正比。下渗深度  $d_1$  高表示含溶剂多,干燥时间要长,且容易产生不希望有的裂痕。下渗深度低表示含溶剂少,干燥可以较快,但却较难以铺出光滑表面的生坯层 3。通常下渗深度在 2~3 层生坯层厚度  $t$ 。原则上,下渗深度为一层就足够做到层层相连的效果。甚且,下渗深度为一层生坯层厚度  $t$  时,干燥也更快。所以,若铺料技术够好,下渗深度为一生坯层厚度  $t$ ,即  $d_1 = t$ ,是最佳的参数。

[0057] 参阅图 5,在步骤 (c),也就是最下面的生坯层 3,具有一厚度  $t_0$ ,每一重复步骤 [步骤

(e)] 之步骤 (c) 所形成的生坯层 3 (见图 5 中之 (e-c)) 具有一厚度  $t$ , 每一重复步骤 [步骤 (e)] 之步骤 (d) 所形成的第一线形牺牲区 301 具有一从相当生坯层 3 上表面算起的第一预定深度  $D_1$ 。第一预定深度  $D_1$  也可以定义为雷射扫描深度。在本发明第一预定深度  $D_1$  最好是大于生坯层厚度  $t$ 。较佳的, 雷射扫描深度  $D_1$  大于或等于连结厚度  $t_b$ 。

[0058] 必须注意的是: 因为黏结剂 22 在扫描部份蒸发或烧失, 粉末的连结强度与未扫描的部份 (也就是工件区 311 与废料区 312) 比较是相对的薄弱。若  $D_1$  大于  $t$  且小于  $t_b$ , 虽然渗下的黏结剂 22 没有完全移除, 在扫描部份的渗下黏结剂 22 含量仍然低于未扫描部份的黏结剂 22 含量。因此, 在扫描部份的粉末 21 的连结强度仍然比未扫描的部份的粉末 21 的连结强度低。当  $D_1$  大于  $t_b$  时, 扫描部份的材料中的黏结剂 22 完全去除而导致扫描部份的连结强度相当的弱 (几乎是无连结强度)。此两情况将在下面举例说明。

[0059] 此处需补充说明的是, 因工作台平整度不一定很好, 铺设较厚的底层可以克服此问题。此底层之材料包含无机粉末 21、黏结剂 22、以及溶剂 23。底层的无机粉末 21、黏结剂 22、以及溶剂 23 可以与浆料 2 成份相同或是不同。

[0060] 适用于本发明该较佳实施例之无机粉末 21 可以是陶瓷粉末, 亦可以是金属粉末。在本发明一具体例中, 该无机粉末 2 是由钇部分安定氧化锆 (yttria partially stabilized zirconia, 以下 YPSZ) 所构成的陶瓷粉末。黏结剂 22 及溶剂 23 可以是生坯工件制作者习用者。在本发明的一例当中, 黏结剂 22 为聚 乙烯醇 (PVA), 溶剂 23 为水。

[0061] 且每一步骤 (d) 之能量束 4 是采用一束径约为  $0.2\text{mm} \sim 0.3\text{mm}$  的  $\text{CO}_2$  脉冲雷射 (pulsed laser) 来实施。当利用  $\text{CO}_2$  脉冲雷射扫描生坯层 3 时, 雷射功率与雷射速度必须控制, 使得生坯层 3 中的黏结剂 22 可以被移除, 但无黏结剂 22 束缚的无机粉末 21 却留在原处。

[0062] 后一次扫描步骤 (d) 使用的第一扫描路径 41 与前一次扫描步骤 (d) 使用的第一扫描路径 41 重迭, 使得前一次与后一次步骤 (d) 形成的牺牲区 301 互相重迭。

[0063] 此处必须说明的是, 每一重复步骤 [步骤 (e)] 之步骤 (d) 所形成的线形牺牲区 301 若能做到各生坯层 3 中的黏结剂 22 全部去除, 且经能量束 4 照射之各生坯层 3 中的无机粉末 21 全部留在原位; 如此, 生坯层 3 的无机粉末 21 可用来支持铺在其上的浆料层 20, 使得每一重复步骤 (b) 的浆料层 20 可以顺利且均匀的铺在下层的生坯层 3 之上。

[0064] 较佳地, 该步骤 (a) 之黏结剂 22 的体积占无机粉末 21 体积的 10% 至 30%; 该步骤 (a) 之溶剂 21 的含量足以使每一重复步骤之步骤 (b) 的溶剂 23 与黏结剂 22, 下渗至其下方生坯层 3 达一下渗深度  $d_1$ 。如前所述, 较佳的,  $d_1 = t$ 。

[0065] 如图 6 所示, 在雷射扫描步骤 (d), 若没使用适当的雷射扫描速度与雷射功率, 将导致无机粉末 21 喷发, 使得扫描过之线形牺牲区形成凹陷的沟槽 303 (如图 6-1 所示)。随后, 在其上涂布浆料层 20, 浆料层 20 中的无机粉末 21、黏结剂 22 与溶剂 23 将流进沟槽 303 内 (如图 6-2 所示)。在移除溶剂 23 后, 便会形成不平整表面, 如图 6-3 所示。所以, 对生坯工件的形状将有不良影响。并且填入沟槽 303 处的材料是含有黏结剂 22 与无机粉末 21 的结构, 不是线形牺牲区 301 所寄望的结构 (即, 未被黏结剂 22 所结合的无机粉末)。因此, 此种结构将使线形牺牲区 301 的铺层不平整, 并且具有若干的强度, 较难以去除。另外, 在很多情况下, 需要制作有斜度的工件特征。如此, 就要制作相对应的有斜度的线形牺牲区 301, 如图 2(e) 所示, 在此等有斜度的线形牺牲区 301 上, 涂布的浆料层 20 有部分是要

当工件部 311 的,也就是生坯工件 5 的一部份。所以,若无机粉末 21 喷发,沟槽 303 形成,无适当的支撑提供给上方浆料层 20,是无法做出完美结构的工件部分 311 的。

[0066] 虽然,依据习用工艺,可使用一牺牲材料填入沟槽 303 中用以支持上浆料层 20。但是,此步骤不仅需要额外的加工时间、牺牲材料、用来填牺牲材料进入沟槽的工具,而且为了填牺牲材料进入细小的沟槽需要较高难度的精确定位技术。相反的,使用本发明,因雷射条件可控制得以维持无机粉末在其原来位置,使得额外的步骤可以免除。所以,本发明提供一个简单有效的解决方案。

[0067] 图 7 说明在本发明该较佳实施例的扫描步骤中使用适当的参数来制作的第一牺牲区的完美结构。图 7-1 是本发明第一牺牲区 301 的剖面视图。当在第一牺牲区 301 上涂布浆料层 20 时,上方浆料层 20 中的部分溶剂 23 将携带部分黏结剂 22 下渗至其下方生坯层 3 之线形牺牲区 301 中的各连通孔隙里,且上方浆料层 20 中的全部无机粉末 21、剩余黏结剂 22 及剩余溶剂 23 仍然留在其浆料层 20 中(如图 7-2 所示)。移除溶剂 23 后,黏结剂 22 连结上方的无机粉末 21,与下方生坯层 3 中的线形牺牲区 301 内的无机粉末 21(如图 7-3 所示);本发明该较佳实施例的下方生坯层的第一牺牲区 301 提供支撑的功能,所以上方浆料层 20 可以很平整的涂布。做出的生坯层也很平整,可以获得完美的生坯工件。

[0068] 如图 7-3 所示,在本发明中上方的浆料层 20 中黏结剂 22 及溶剂 23 的下渗被节制,导致前扫描步骤(d)形成的第一牺牲区 301(图 7-1 所示)未完全被上方的浆料层 20 下渗的黏结剂 22 及溶剂 23 填满。进一步,要做到第一牺牲区 301 持续的连接,除了符合后面的第一扫描路径要能重迭于前面的第一扫描路径这个条件外,产生的黏结剂烧失深度  $D_1$  也要等于或大于连结厚度  $t_b$ 。所以,较佳地,  $D_1 \geq t_b = t + d_1$ 。当  $d_1$  等于  $t$  时,  $D_1$  等于或大于  $2t$ 。

[0069] 如图 2(e) 所示,基于前述的特殊条件,因为第一牺牲区 301 持续的连接,生坯层的非扫描部份的工件区 311 与废料区 312 可以沿着重迭的第一牺牲区 301 分开而得到三维生坯工件 5。

[0070] 再参图 3 并配合参图 8,在本发明该较佳实施例中,每一步骤(d)之能量束 4 更以至少一线形的第二预定扫描路径 42 照射其所对应之生坯层 3 的幸存区 31 的废料部 312,以致于该经照射之生坯层 3 中的黏结剂 22 是被该能量束 4 所气化并自该等连通孔隙向上逸出,从而留下未被黏结剂 22 所结合的无机粉末 21,经照射之生坯层 3 沿该第二预定扫描路径 41 形成至少一第二线形牺牲区 302,每一重复步骤[步骤(e)]之步骤(d)所形成的第二线形牺牲区 302 具有一第二预定深度  $D_2$ ,由每一重复步骤[步骤(e)]之步骤(d)所造成之第二预定深度是  $D_2$ ,是大于其重复步骤[步骤(e)]之步骤(c)之生坯层 3 的厚度  $t$ ,且每一第二预定扫描路径 42 是实质相同于其前一重复步骤[步骤(e)]之步骤(d)的第二预定扫描路径 42,以致于每一重复步骤[步骤(e)]之步骤(d)的第二线形牺牲区 302 是实质重迭于其前一重复步骤[步骤(e)]之步骤(d)的第二线形牺牲区 302。如同上段所提,为避免产生上下层之间的第二线形牺牲区 302 无法实质重迭的现象;因此,较佳地,  $D_2$  等于或大于连结厚度  $t_b$  ( $t_b = t + d_1$ )。

[0071] 较佳地,该步骤(a)之无机粉末 21 的平均粒径是小于等于  $1 \mu m$ 。以此微小粒径之无机粉末 21 足以使每一步骤(c)在移除其浆料层 3 中的溶剂 23 时,其两相邻的无机粉末 21 产生较高的毛细管力而相互靠紧。

[0072] 本发明的特色之一,是溶剂 23 带动黏结剂 22 下渗至下方生坯层 3,以使黏结剂 22 向下联结下方生坯层 3,造成任一上下生坯层 3 均呈无缝连结的态 样。但黏结剂 22 与溶剂 23 下渗越深,将越难以移除;同时,黏结剂 22 与溶剂 23 下渗越深,将可能使下面的线形牺牲区 301 重新填入黏结剂 22 与溶剂 23,导致线形牺牲区 301 全部被该等经下渗至其生坯层 3 中的黏结剂 22 所结合,从而产生上下层之间的(第一)第二线形牺牲区(301)302 无法(局部)重迭的现象。因此,浆料中的溶剂含量要控制。

[0073] 以较佳的制程条件:连结厚度  $t_b$  是  $2t$ ,即  $d_1$  等于  $t$ ,可以使用下列关系式(a)计算出浆料中溶剂含量(以下不配合编列组件编号说明浆料配比的计算方式):

$$[0074] \quad V_b + V_s - V_v = V_v - \left\{ \left[ \frac{V_b}{(V_b + V_s)} \right] \times V_v \right\} \dots\dots\dots(a)$$

[0075] 关系式(a)是用来描述一浆料层铺设于非扫描区的生坯层上的体积关系(见图4)。其中, $V_b$ 为每一浆料层的黏结剂体积; $V_s$ 为每一浆料层的溶剂体积; $V_v$ 为每一生坯层在其中的黏结剂完全去除后的孔隙(void)体积。

[0076] 要注意的是,关系式(a)的左边描述下渗液体的体积等于液体总体积减去孔隙体积  $V_v$ 。关系式(a)的右边描述下方生坯层经去除溶剂后的空洞(pore)体积(其中仍保留黏结剂)。此两边的体积为相等。

[0077] 若是黏结剂体积( $V_b$ )以及孔隙体积( $V_v$ )为已知,就可以利用公式(a)求出溶剂的体积( $V_s$ )。以下举例说明溶剂含量的一计算方法。

[0078] 假设一生坯层的体积为 100,且经量测该生坯层于雷射气化其黏结剂后的孔隙率(void)为 50vol%;那么, $V_v$ 为 50,且无机粉末体积( $V_p$ )为 50。设若浆料中黏结剂的体积占无机粉末体积的 30%;那么, $V_b$ 为 15,并设定未知的溶剂体积( $V_s$ )为 X。

[0079] 经上段说明可知,涂布一浆料层的体积为  $V_p + V_b + V_s = (50 + 15 + X)$ ;其中,液体(即,溶剂与黏结剂)体积为  $V_b + V_s$ [即,(15+X)]。于一下方生坯层上涂布该浆料层后,因该浆料层经雷射气化黏结剂后所形成的生坯层有一半为孔隙体积( $V_v$ ),液体(即,15+X)将可充满此孔隙体积,其余液体将下渗,所以留在上方浆料层中的液体体积为 50(即,等于  $V_v$ ),而下渗至其下方生坯层的液体体积为  $V_b + V_s - V_v$ (即,15+X-50 = X-35)。在液体中的黏结剂浓度为:

$$[0080] \quad \frac{V_b}{(V_b + V_s)} = \frac{15}{(15 + X)};$$

[0081] 所以,留在上方浆料层的液体于向上移除其溶剂后,所留下的黏结剂体积为:

$$[0082] \quad \left[ \frac{V_b}{(V_b + V_s)} \right] \times V_v = \left[ \frac{15}{(15 + X)} \right] \times 50;$$

[0083] 下渗液体于向上移除溶剂后,所留下的黏结剂体积为:

$$[0084] \quad \left[ \frac{V_b}{(V_b + V_s)} \right] \times (V_b + V_s - V_v) = \left[ \frac{15}{(15 + X)} \right] \times (15 + X - 35);$$

[0085] 如此,上方浆料层在向上移除溶剂后剩下的空洞(pore)体积为  $V_a$ :

$$[0086] \quad V_v - \left[ \frac{V_b}{(V_b + V_s)} \right] \times V_v = 50 - \left[ \frac{15}{(15 + X)} \right] \times 50。$$

[0087] 假设我们再涂布另一浆料层,其成分如前述者,下渗的液体体积将如前述者为 X-35,若下渗液体体积刚好充满于前述浆料层于向上移除溶剂后之生坯层的空洞 (pore) 体积  $V_a$ ,则:

$$[0088] \quad X - 35 = 50 - \left[ \frac{15}{(15 + X)} \right] \times 50。$$

[0089] 解此一元二次方程式可以求得溶剂的体积 (X) 为 77。以上所述体积系以一生坯层的体积为 100 计,若转换为浆料成分体积百分比,浆料的成分将为:35.21vol% 的无机粉末,10.56vol% 的黏结剂,以及 54.23vol% 的溶剂。

[0090] 以上例的浆料成分计,最上面的浆料层在移除溶剂后所得之生坯层结构为:无机粉末占 50vol%,黏结剂占 8.16vol%,空洞 (pores) 占 41.84vol%;其下方生坯层结构为:无机粉末占 50vol%,黏结剂占 15vol%,空洞 (pores) 占 35vol%。孔隙体积 ( $V_v$ ) 等于黏结剂体积加空洞 (pores) 体积,因此必须为 50vol%。因为  $d_1$  等于  $t$ ,所以渗下液体量必须为 41.84vol%。黏结剂在浆料成分中的体积比率为 0.163(10.56vol% / (10.56vol% + 54.23vol%)),所以渗下黏结剂的体积百分比为 6.82vol% (41.84vol% X 0.163)。于是,在下生坯层中黏结剂的总体积百分比约为 15vol% (6.82vol% + 8.16vol%),无机粉末的体积百分比为 50vol%,空洞 (pores) 的体积百分比为 35vol%。总而言之,运用前述的浆料成分最上面的一生坯层在非扫描部分有 8.15vol% 的黏结剂,但在每一下生坯层中却有 15vol% 的黏结剂。

[0091] 在生坯层扫描部分的黏结剂体积百分比可以如下所述计算得到,参看图 7。

[0092] 应注意的是上述涂布于非扫描部分经计算得到的浆料成分将使用来计算扫描部分的黏结剂之体积百分比。

[0093] 当前述的浆料层铺设于扫描部分 (即是第一以及第二牺牲区),等量的液体,41.84vol% ( $V_b + V_s - V_v = 15 + 76.8 - 50 = 41.8$ ),将下渗到下层生坯层中,渗下液体中所含的黏结剂体积百分比为 6.82vol% (41.84vol% X 0.163)。等量的液体将留在铺设的浆料层中,其含量为 50vol%。因此,上生坯层在扫描区内具有 8.15vol% 的黏结剂 (50% X 0.163)。

[0094] 假如雷射扫描深度  $D_1$  等于生坯层厚度  $t$ ,在牺牲区内刚铺设的黏结剂将完全的被去除,也就是说黏结剂的含量为零。在下生坯层的牺牲区中雷射没能到达,其中的占 6.82vol% 的黏结剂还留着。于是,在制程完成后每一牺牲区具有 6.82vol% 的黏结剂,工件区具有 15vol% 的黏结剂。在每一牺牲区的黏结剂含量约为工件区黏结剂含量的 45.5%,于是在每一牺牲区的连结强度约为工件区连结强度的 45.5%。

[0095] 假如雷射扫描深度  $D_1$  等于  $2t$ ,在牺牲区内上生坯层与下生坯层中的黏结剂均被完全去除。所以,牺牲区没有黏结剂,但是,工件区与废料区皆具有 15vol% 的黏结剂。在此情况下,工件区将可以容易的与废料区分离,因为分隔工件区与废料区的牺牲区的强度很低。

[0096] 基本上,实施本发明该较佳实施例之制法有以下几点特点:

[0097] 1. 本发明可以利用无机粉末做成浆料, 在一项设备上同一位置涂布、干燥 ( 移除溶剂 )、制作线形牺牲区, 所需要占用的设备空间相对 LOM 与 CAM-LEM 少很多。

[0098] 2. 在本发明中, 第一扫描路径为线形轮廓, 扫描所需时间较现有面扫描的制程, 例如 US 2004/0075197, 为少。

[0099] 3. 本发明迭层做出的各生坯层间的连结性良好, 所以可以制作复杂形状, 既不须要实施压缩步骤, 也不须要使用到模具。

[0100] 4. 本发明做出的生坯具备内外相通的连通孔隙, 在制作线形牺牲区时以能量束 ( 雷射 ) 气化黏结剂, 产生的气体可以顺利排出, 不会破坏生坯的结构。

[0101] 5. 本发明各生坯层中的线形牺牲区 ( 即, 无被黏结剂所结合的无机粉末 ), 不必使用额外工具或额外材料就可以正确做出, 可提供涂布浆料时的支撑, 以铺出平坦的表面, 并且可以顺利制作出工件。

[0102] [ 具体例 ]

[0103] 本发明之具有三维立体轮廓之无机生坯的制法的一具体例, 是根据以下流程来实施。

[0104] 在本发明该具体例中, 无机粉末、黏结剂与溶剂分别是 YPSZ 粉末、聚乙烯醇 (polyvinyl alcohol, 以下简称 PVA) 与去离子水 ; 其中, 所配制的浆料有两种, 分别是底层陶瓷浆料与工件陶瓷浆料。底层陶瓷浆料所使用的原物料及其成份配比如表 1 所示。

[0105] 表 1 底层陶瓷浆料配方

[0106]

名称	YPSZ 粉末 (10 μm)	水	分散剂	PVA
重量 (g)	100	20	0.75	2.1

[0107] 工件陶瓷浆料所使用的原物料、其成份配比以及各原物料所加入的顺序如表 2 所示 ; 其中, YPSZ 粉末平均粒径约 0.2 μm。工件陶瓷浆料的酸碱值 (Ph 值) 约 10。

[0108] 调配浆料如表 2 所述配方, 需要较多的水份。但如此将造成浆料中的液体下渗深度超过一层生坯厚度。所以, 在浆料调配完成后利用前面公式 (a) 计算水分含量, 将浆料在 50°C 之温度下搅拌, 去除多余水分。

[0109] 表 2 工件陶瓷浆料配方

[0110]

添加顺序	原物料	重量份	重量(wt%)
1	去离子水	35	19.34
2	D134 分散剂*	0.75	0.42
3	YPSZ 粉末*	100	55.26
4	PVA <sup>¥</sup>	2.7	1.49
	去离子水	42	23.21
5	消泡剂	0.5	0.28

[0111] \* 购自达邑应材 (EE-Tec, Inc.)。

[0112] \* 购自达邑应材 (EE-Tec, Inc.)。

[0113] <sup>¥</sup> 购自长春化工 (ChangChun Group), 型号为 BF-24。

[0114] 先于 1 平台上涂布一厚度约 150 μm 的底层陶瓷浆料, 并使用一面形的加热器在

50℃的加热条件下移除该底层陶瓷浆料层中的去离子水,从而形成一底层陶瓷生坯层。

[0115] 进一步地,于该底层陶瓷生坯层上涂布一工件陶瓷浆料层,并使用该面形的加热器在 50℃的加热条件下移除该工件陶瓷浆料层中的去离子水,从而于该底层陶瓷生坯层上形成一厚度约 25 μm 的工件陶瓷生坯层。在涂布工件陶瓷浆料层时,部分去离子水携带部分 PVA 下渗到下方工件陶瓷生坯层中,其深度约为单一工件陶瓷生坯层的厚度(即,25um)。加热干燥时,去离子水上升并且蒸发,以形成内外互通的连通孔隙。去离子水去除后,PVA 将上方工件陶瓷生坯层与下方工件陶瓷生坯层的 YPSZ 粉末连结。如此,部分 PVA 的下渗与去离子水的蒸发,形成了本发明极重要的机制,其可以控制 PVA 的分布,并使工件陶瓷生坯层内的连通孔隙与外界相通,从而形成各工件陶瓷生坯层间无缝的连结以及利于快速烧失的生坯结构。

[0116] 接着,使用一 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射以一线形的第一预定扫描路径来照射工件陶瓷生坯层,其雷射功率为 1.3W、雷射扫描速度为 25mm/sec,且扫描次数为两次,以致于经该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射后的工件陶瓷生坯层中的 PVA 是被该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射所气化,并经工件陶瓷生坯层的连通孔隙逸出,不会产生压力而破坏 YPSZ 粉末结构,从而留下未被 PVA 所结合的 YPSZ 粉末,并藉此残留的 YPSZ 粉末做为下次涂布工件陶瓷浆料时的支撑。经该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射之工件陶瓷生坯层沿该第一预定扫描路径形成一第一预定深度 D<sub>1</sub> 为 55 μm 的第一线形牺牲区(即, D<sub>1</sub> > 2t),且该未经该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射的工件陶瓷生坯层被定义为一幸存区,该幸存区具有一工件部及一由该第一线形牺牲区所间隔开的废料部。

[0117] 后续,以相同于上段内容所述的雷射参数,使用该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射以多数条线形的第二预定扫描路径来照射该工件陶瓷生坯层的废料部,以致于该经 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射之工件陶瓷生坯层中的 PVA 被气化并从而留下未被 PVA 所结合的 YPSZ 粉末,经照射之工件陶瓷生坯层沿该第二预定扫描路径形成多数条第二线形牺牲区。

[0118] 于完成该 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤后,重复实施前述工件陶瓷浆料层涂布步骤、去离子水移除步骤、CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤达 400 次,且每一重复步骤中的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤的第一预定扫描路径,是局部重迭于前一重复步骤中的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤的第一预定扫描路径;每一重复步骤中的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤的第二预定扫描路径是,实质重迭于前一重复步骤中的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤的第二预定扫描路径。

[0119] 此处须说明的是,本发明该具体例所使用的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射的特性,是利用 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射于工件陶瓷生坯层表面所造成的表面高温,其透过热传的机制以使表面高温向下传递并从而达到纵向高温气化 PVA 的效用;因此,每一重复步骤的 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤于其工件陶瓷生坯层中所造成的预定深度(D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>),是取决于其雷射功率及雷射扫描速度两参数,通常单位时间气化的气体量越大,就越容易破坏 YPSZ 粉末结构并形成 YPSZ 粉末喷发的现象。所以若气化的深度较深,就需要分多次来扫描。基于此原因,本发明该具体例于实施每一 CO<sub>2</sub> 脉冲雷射照射步骤时,根据其相同预定扫描路径照射其工件陶瓷生坯层两次,以藉此达到其线形牺牲区的第一、二预定深度(D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>)。在实做时若冒烟就表示有 PVA 被气化,若没有喷发现象就表示 YPSZ 粉末还留在原位,下次在线形牺牲区上可以顺利涂布平整的工件陶瓷浆料层。

[0120] 最后,分离该等工件陶瓷生坯层的工件部与废料部并从而完成本发明该具体例之具有三维立体轮廓的一陶瓷(氧化锆)生坯。此处须进一步补充说明的是,为了提升陶瓷体

的机械强度,由本发明该具体例所制得之陶瓷生坯可再进一步地送至烧结炉中进行烧结处理,以提升陶瓷体的机械强度。本发明该具体例在烧结前先置于炉中加温到600℃恒温一小时,将PVA以完全烧失,所制得之陶瓷生坯在烧结前后的致密度分别为46.31%与99.46%。由三点抗弯实验(ASTM之C1161标准规范)得到经过烧结之氧化锆陶瓷工件的平均强度达到923.2MPa。可见本发明的制法不像CAM-LEM制程般需要施加压力,本发明的制法以微细YPSZ粉末配置陶瓷浆料,并利用薄层堆栈与雷射烧失PVA的方式来形成陶瓷生坯,即可做出密度均匀的陶瓷生坯,且陶瓷生坯经烧结后亦可得到高致密性的陶瓷工件。

[0121] 综上所述,本发明具有三维立体轮廓之无机生坯的制法透过线形扫描路径的能量束来照射各生坯层,以使得经照射之生坯层中的黏结剂被能量束所气化并从而形成未被黏结剂所结合之无机粉末的牺牲区,且由上下相互结合的幸存区的工件部以共同构成该具有三维立体轮廓之无机生坯,相较于先前技术所使用之面形的(即,二维的)扫描路径之制法,本发明于制作工时上可节省此技术领域者于制作具有三维立体轮廓之无机生坯时的时间成本,其有利于制作大型工件;再者,本发明之制法不需要像CAM-LEM般施加压力,便可制作出密度均匀的陶瓷生坯,且经烧结后亦可得到高致密性的陶瓷工件,故本法确实能达成本发明之目的。

[0122] 惟以上所述者,仅为本发明之较佳实施例与具体例而已,当不能以此限定本发明实施之范围,即大凡依本发明申请专利范围及发明说明内容所作之简单的等效变化与修饰,皆仍属本发明专利涵盖之范围内。

[0123] 主要组件符号说明

[0124] 2 浆料

[0125] 20 浆料层

[0126] 21 无机粉末

[0127] 22 黏结剂

[0128] 23 溶剂

[0129] 3 生坯层

[0130] 301 第一线形牺牲区

[0131] 302 第二线形牺牲区

[0132] 303 沟槽

[0133] 31 幸存区

[0134] 311 工件部

[0135] 312 废料部

[0136] 4 能量束

[0137] 41 第一预定扫描路径

[0138] 42 第二预定扫描路径

[0139] 5 无机生坯

[0140]  $t_0$  步骤(c)之生坯层的厚度

[0141]  $t_d$  连结厚度

[0142]  $t$  每一重复步骤之步骤(c)的生坯层的厚度

[0143]  $D_1$  第一预定深度

[0144]  $D_2$  第二预定深度。

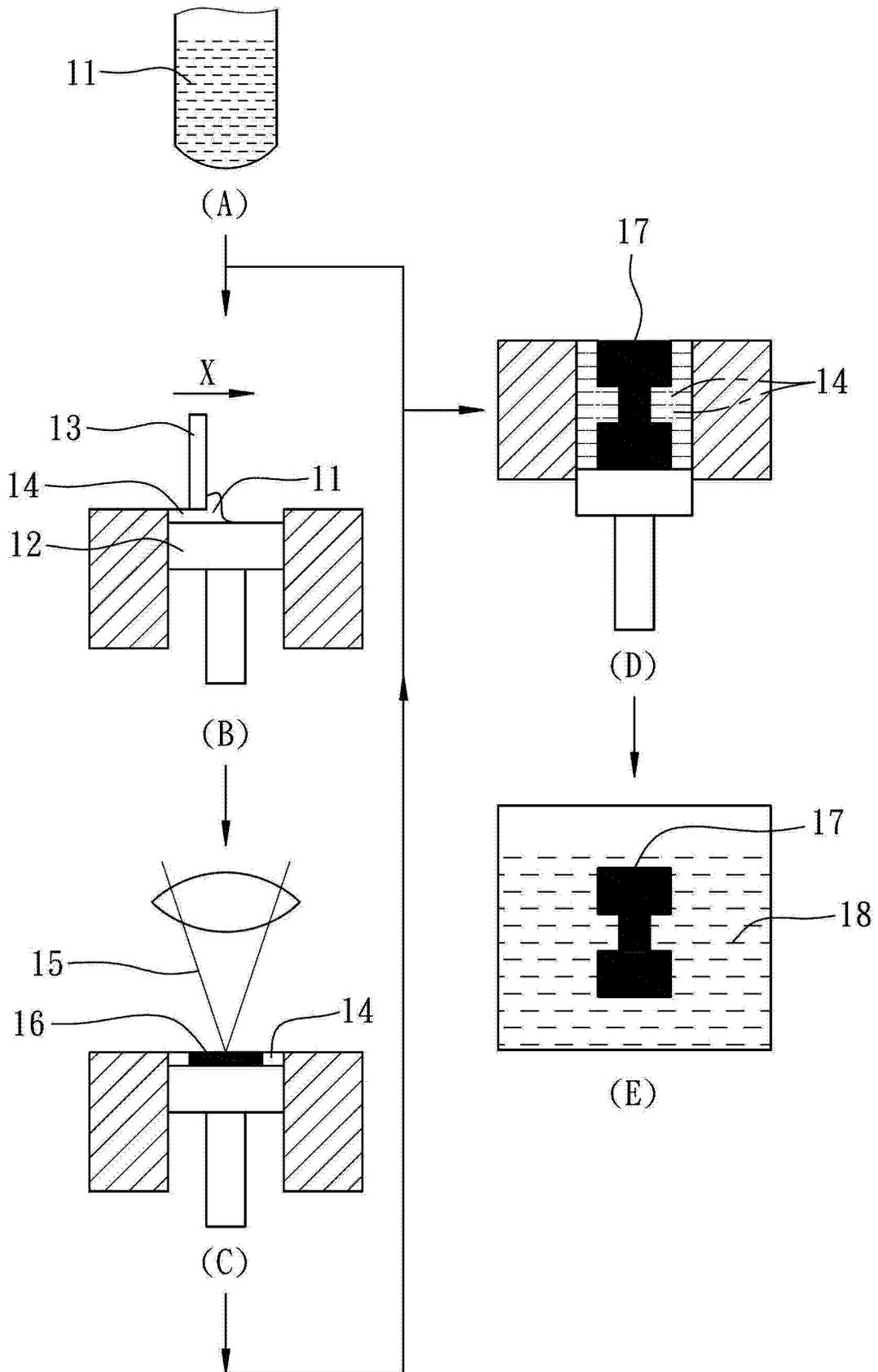


图 1

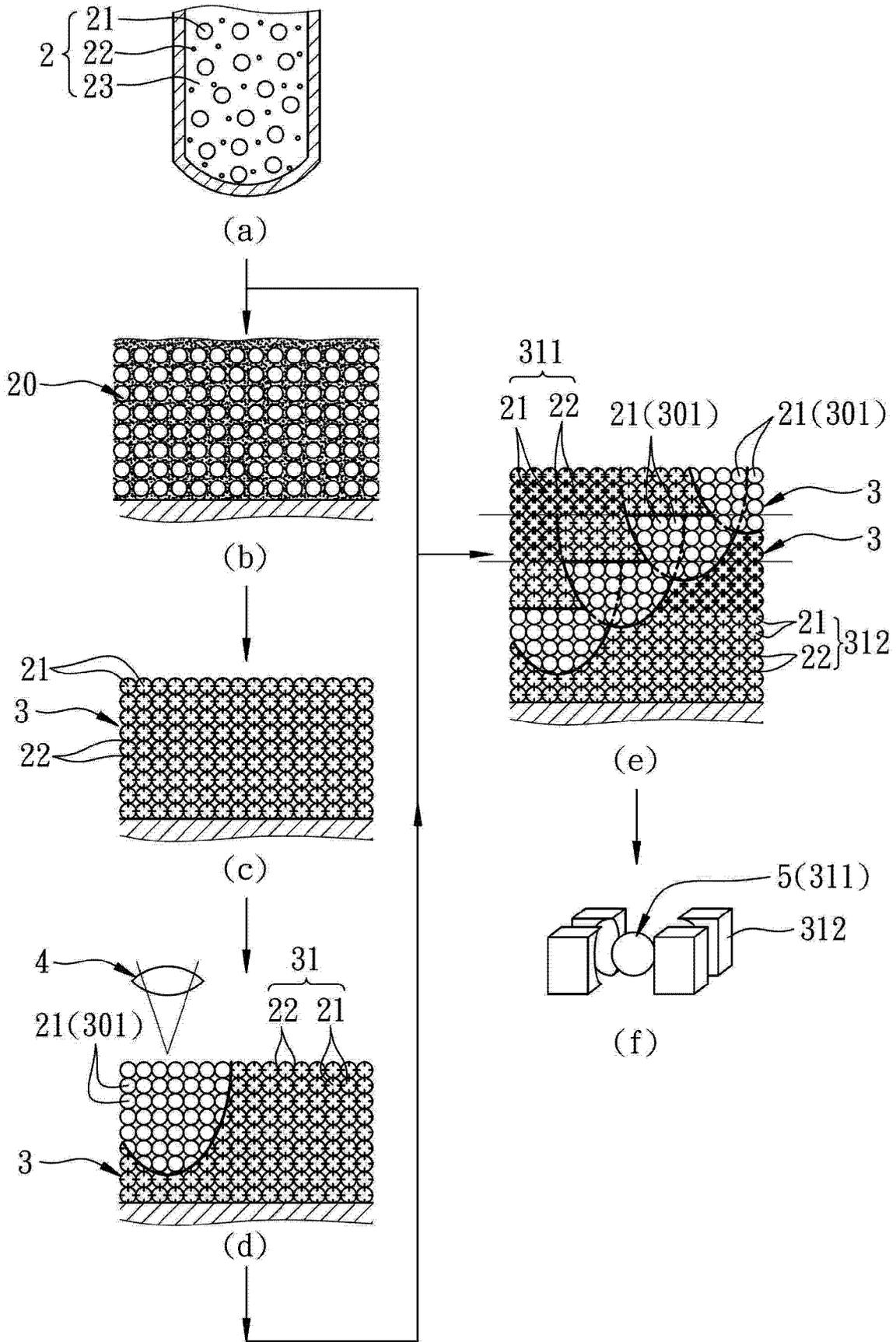


图 2

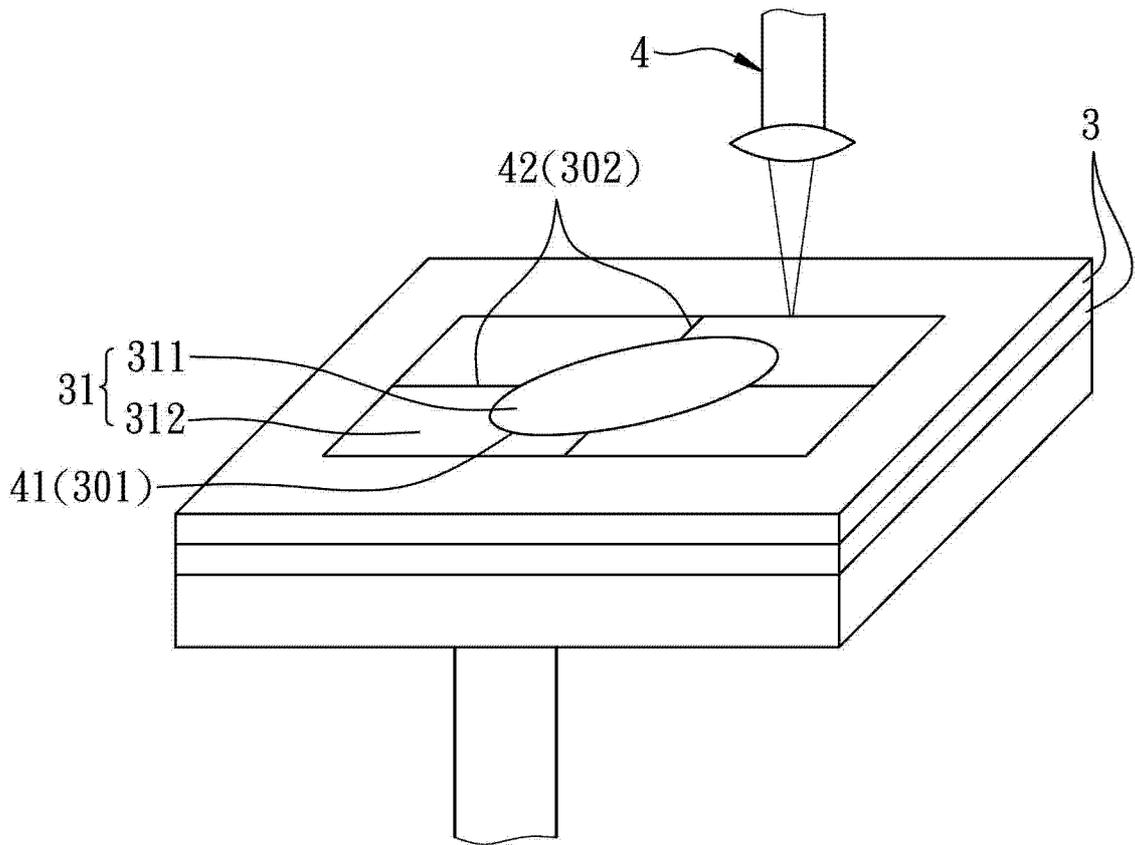


图 3

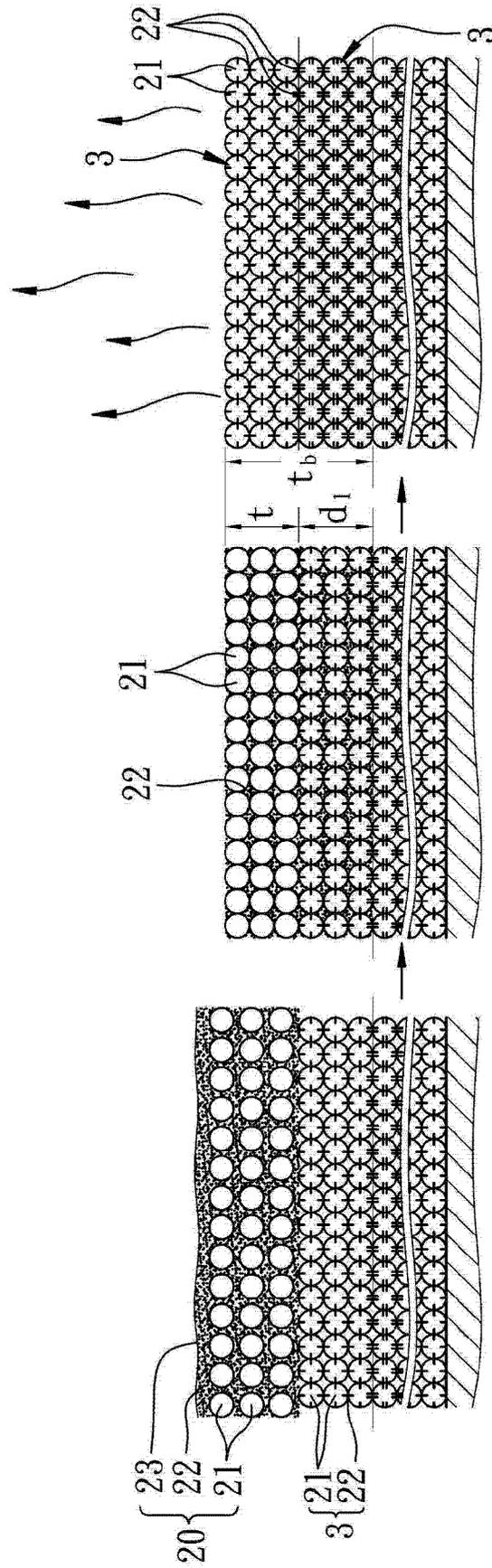


图 4

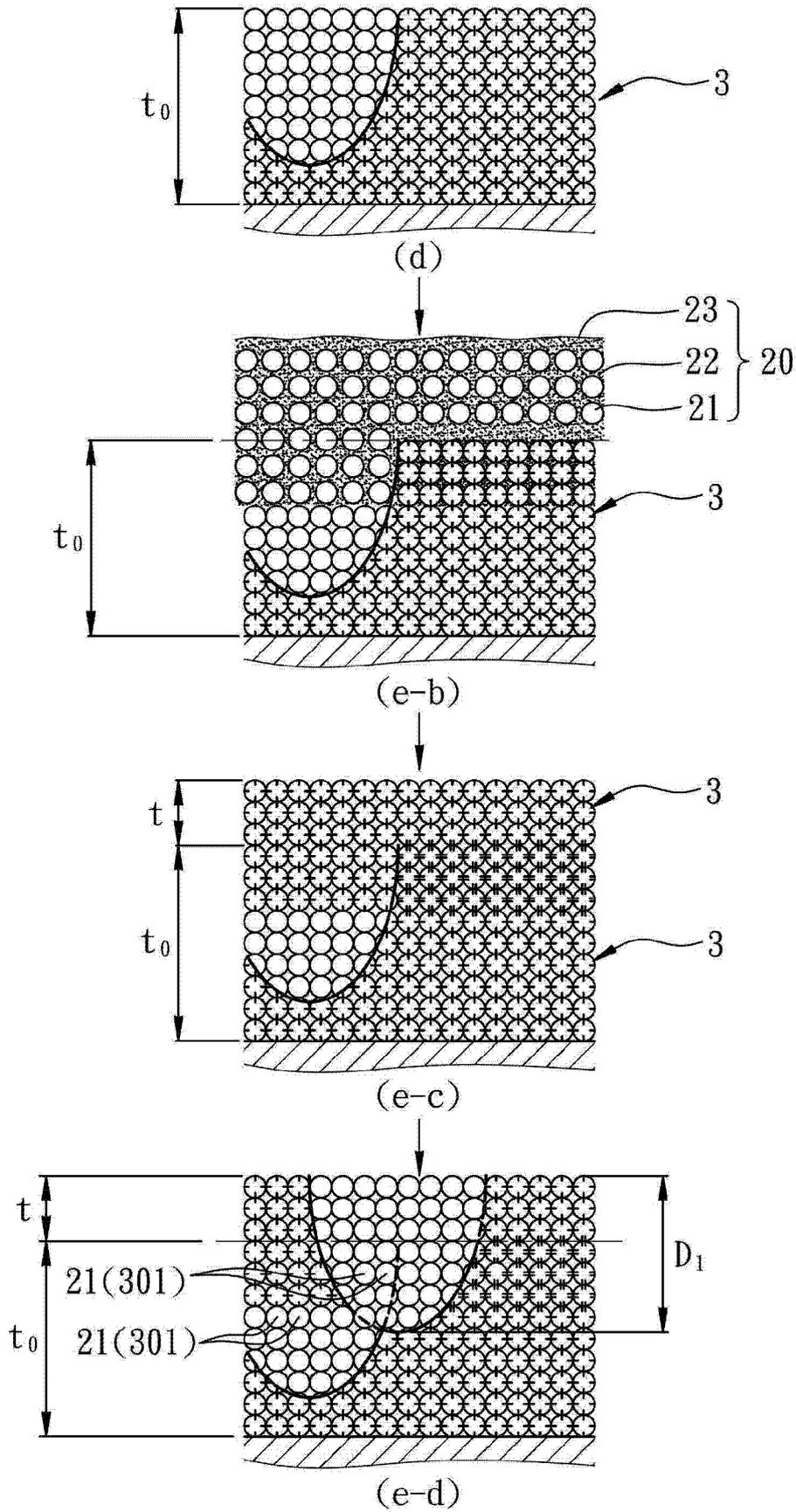


图 5

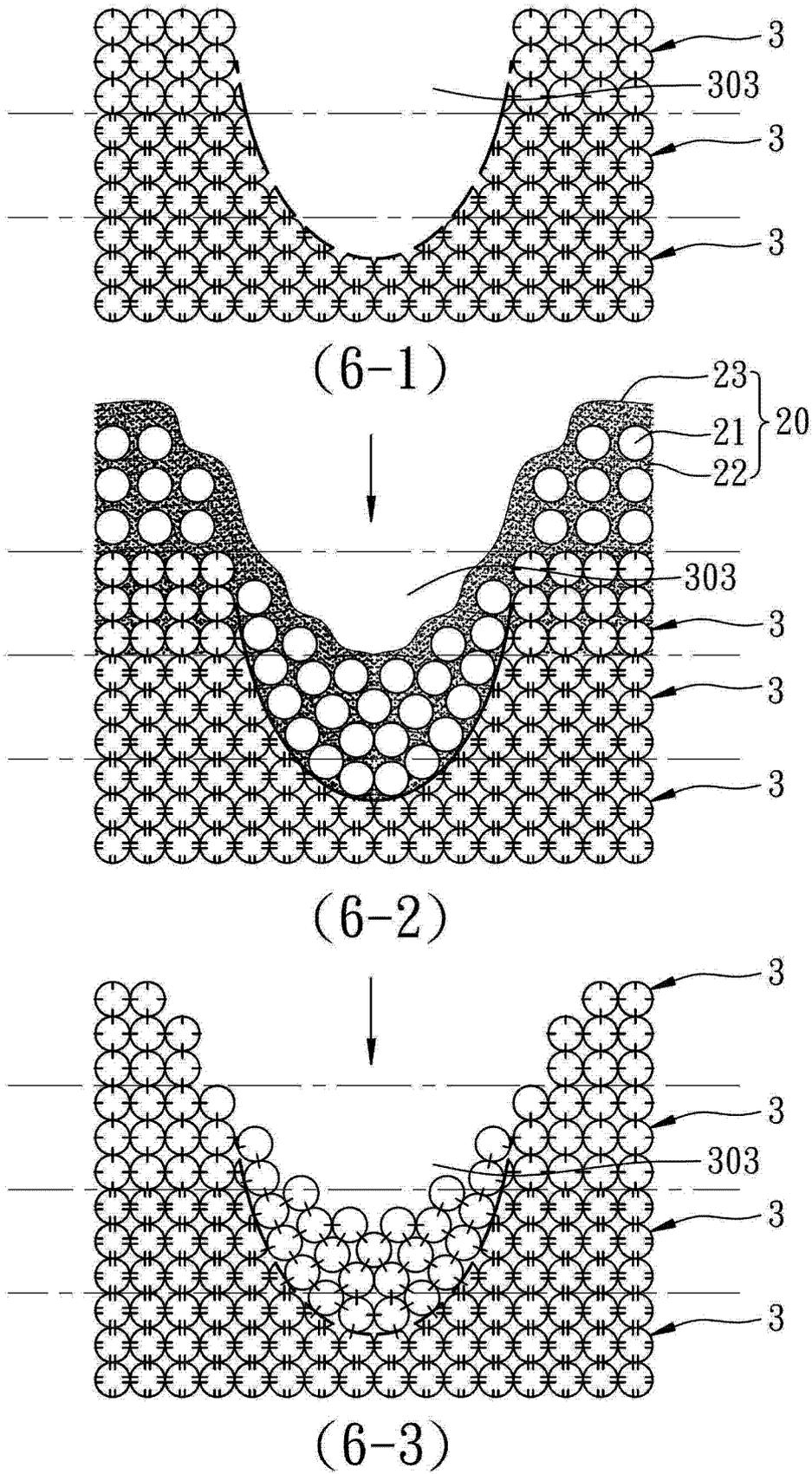


图 6

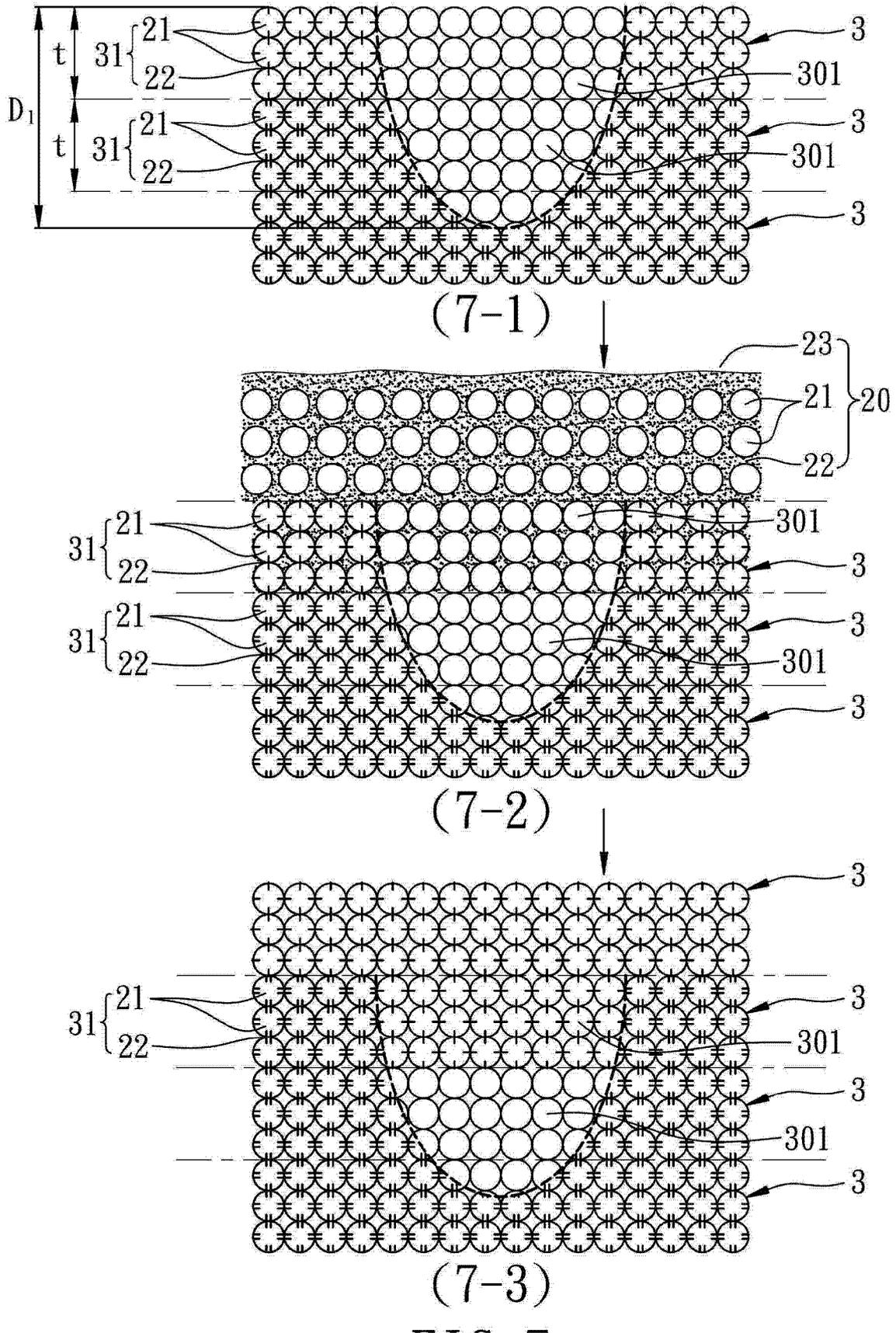


图 7

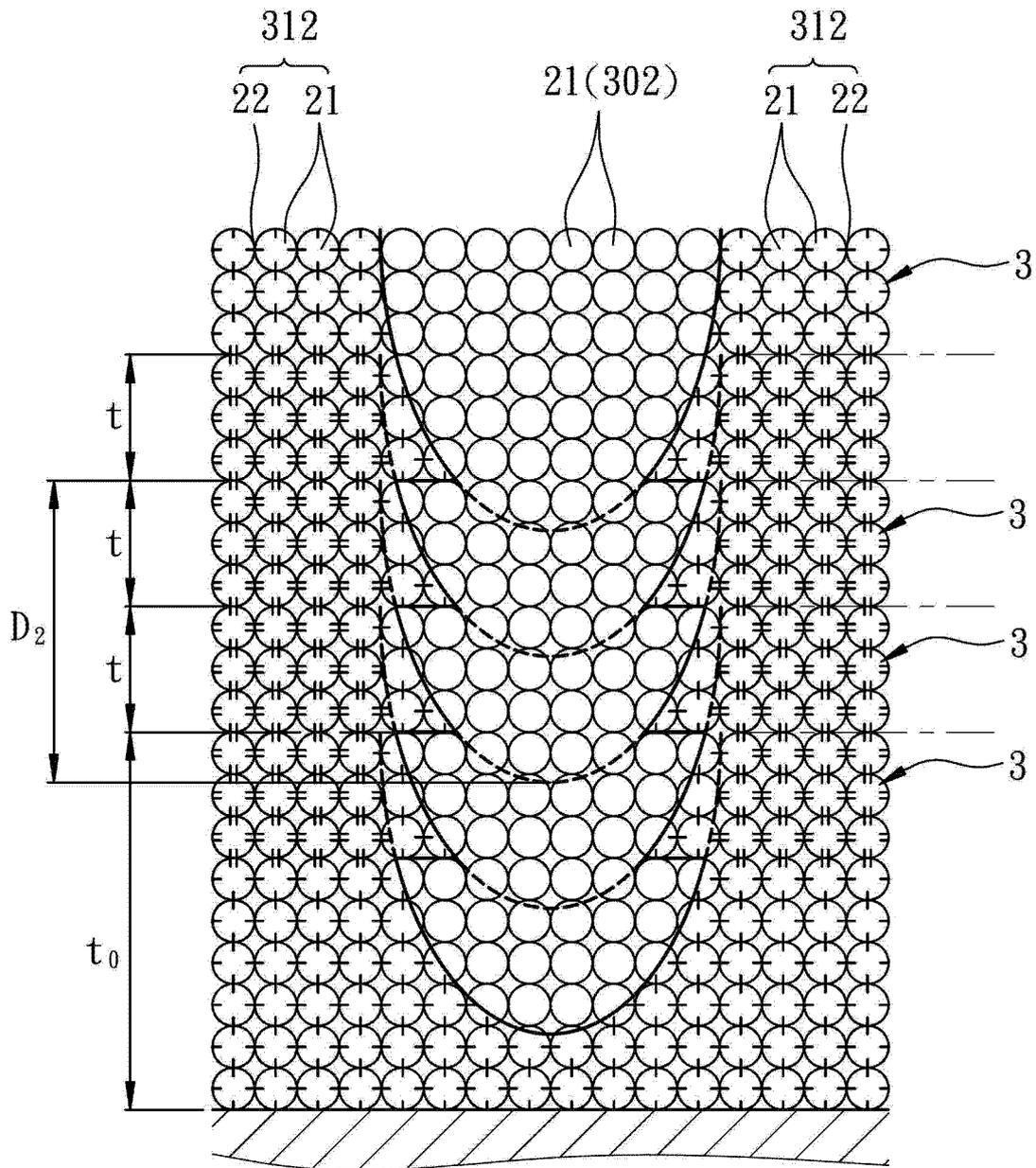


图 8