



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112342425 A

(43) 申请公布日 2021.02.09

(21) 申请号 202011160655.7

B33Y 10/00 (2015.01)

(22) 申请日 2020.10.27

(71) 申请人 南京联空智能增材研究院有限公司

地址 210000 江苏省南京市江宁空港经济
开发区飞天大道69号1046室(江宁开
发区)

(72) 发明人 彭勇 徐俊强 周琦 王克鸿

程远 李瑞峰 刘江华 郭振

王小满 张考

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 赵毅

(51) Int. Cl.

G22C 1/10 (2006.01)

G22C 33/00 (2006.01)

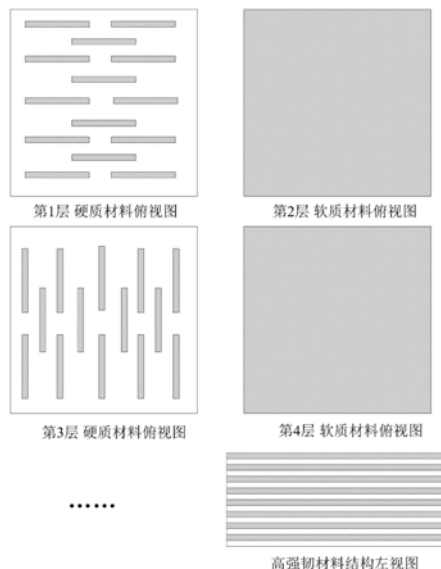
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

基于丝粉混合沉积方法制备层状高强韧复
合材料

(57) 摘要

本发明公开一种基于丝粉混合沉积方法制
备层状高强韧复合材料,通过丝材熔丝沉积,粉
末喷涂的方式解决了丝粉混合沉积的难题,避免
了设备改造复杂,过程控制困难的限制;通过镂
空模具喷涂,可实现硬质材料和软质材料的可控
分布;且突破传统均质材料强韧性矛盾限制,通
过软质材料和硬质材料的合理分布,兼顾了材料
的高强度和可塑性,在少量降低材料塑性或者不
降低材料塑性的同时,极大的提高材料的强度;
通过丝粉混合沉积,实现了软硬交织高强韧材料
的高效率、大批量制备。



1. 一种层状高强韧复合材料,其特征在于,层状高强韧复合材料结构包括硬质材料和软质材料,硬质材料强度是软质材料的1.5~2倍,软质材料的塑性是硬质材料的3~5倍;层状高强韧复合材料中,第 $2n-1$ 层为硬质材料,硬质材料内部设置软质材料均匀分布,软质材料占比为5%~10%;在第 $2n$ 层为软质材料,软质材料连续分布。

2. 根据权利要求1所述的层状高强韧复合材料,其特征在于,高强韧复合材料制备需要通过丝粉混合沉积,软质材料通过熔丝增材制造的方法进行沉积,硬质材料采用粉末喷涂,增材方法包括CMT增材、等离子弧增材或TIG增材。

3. 根据权利要求1所述的层状高强韧复合材料,其特征在于,硬质材料内部存在的软质材料均匀分布需要采用镂空的覆盖模具,覆盖在构件表面进行喷涂过程中,镂空部分粉末得以沉积,在热源作用下形成硬质材料,未镂空部分无硬质粉末沉积,从而形成了硬质材料内部软质材料均匀分布;镂空形状的横截面包括长方形、五边形或六边形,镂空面积是占总面积的90%~95%。

4. 根据权利要求2所述的层状高强韧复合材料,其特征在于,硬质材料所用的硬质粉末选择能够与丝材形成强化相或者能够达到固溶强化的效果的粉末,粉末粒径范围为40~80 μm 。

5. 一种基于权利要求1-4任一项所述的制备高强层状韧复合材料的方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 根据实际零件尺寸进行结构设计,并依照设计好的零件结构构建三维CAD实体模型,并沿着该模型成形方向进行切片分层;将上述片层导入计算机中,生成可实施的路径;

2) 对基板打磨、清洗等前处理工作并装夹固定;

3) 依照设定好的路径,进行单层沉积;

4) 依上述步骤完成单层沉积完成以后,采用喷涂设备将制备好的悬浊液透过模具喷涂在构件表面,待构件冷却至设定温度,完成单层的喷涂;

5) 重复步骤(3)(4)的过程,直至沉积完所有片层,完成所述构件的增材制造。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,悬浊液采用专门的喷涂装置例如喷枪、喷壶进行喷涂,喷涂厚度200~300 μm ;熔丝沉积的单层软质材料厚度为1~2mm;采用的悬浊液是由粉末和易挥发溶剂组成混合而成,常用的易挥发溶剂包括丙酮和酒精,悬浊液体积比为(1~5):100,配置完成后,需放置在超声处理设备中充分分散,避免沉底。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,粉末喷涂于构件表面,需等待溶剂完全挥发后再进行下一层沉积过程。

8. 根据权利要求5所示的方法,其特征在于,喷涂所需要的透过的模板需要形状需要进行设置,每次沉积过程中,模板需要依照模板中心旋转 $30^\circ\sim 90^\circ$;每个熔丝沉积层之间旋转 90° 。

9. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,沉积过程中,保护气流量设定范围应该在15L/min~25L/min。

10. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,沉积过程中,层间温度设定在 $100^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 。

基于丝粉混合沉积方法制备层状高强韧复合材料

技术领域

[0001] 本发明涉及高强韧复合材料制备技术领域,具体涉及基于丝粉混合沉积方法制备高强韧复合材料。

背景技术

[0002] 金属材料作为传统的结构材料,在基础设施、航空航天、国防军工等领域中得到广泛的应用。但随着技术的进步,材料应用场景的多样化、复杂化,对于金属材料的性能要求不断提高,尤其是材料的强度和韧性。在金属材料中,原子规则排列,但是局部区域存在缺陷,在外力作用下,金属容易在缺陷位置发生断裂失效;但在一定范围的应力作用下,金属中的缺陷例如位错、层错等会沿着一个方向滑移,是材料具有塑性变形的能力,宏观体现在为韧性,材料的强度和韧性是一对本征的矛盾:高强度要求位错不容易动,而韧性要求位错容易滑移。因此材料的强度和韧性是一种倒置关系。常用的材料强化手段包括固溶强化、细晶强化、第二相强化和加工硬化。其中固溶强化、第二相强化和加工硬化均是在牺牲材料塑性的基础上提高强度;细晶强化虽然能够实现强度和塑性的同时提高,但是其提升非常有限,在对超细晶或者纳米晶的研究发现,材料晶粒尺寸愈小,晶界愈多,塑性变形愈困难,当晶粒尺寸为10-15nm时屈服强度可达普通粗晶体的10倍以上,但是延伸率普遍小于5%。因此,材料的强韧化成为了金属材料领域的研究热点。碳酸钙材料硬度高塑性差,但利用贝壳的特殊结构使其在力学性能上有显著的提高,通过“简单组成、复杂结构”的精细设计可实现材料的高韧性、高强度及使用可靠性等。根据贝壳结构,提出了“砖内强化,泥网韧化”的强韧化理念,基于异质异构设计与成形,利用不同材料对与应力的响应差异造成梯度变形效应,并改变材料的失效模式,达到强韧化的效果。

[0003] 增材制造作为新兴的材料制备方法,可以实现材料的逐层逐道沉积,在制备高强韧复合材料方面具有重要潜力。采用增材制造方法制备高强韧复合材料根据给料方式可以分为粉末增材制造和丝粉混合沉积两种。公开号为CN111451502A的发明专利公开了一种增材制造原位自生TiC增强钛基复合材料的分区调控方法,通过制备一系列的不同纳米碳含量的C/Ti复合粉末,采用高能束增材制造方法制备原位自生TiC增强钛基复合材料。采用调节粉末成分,并通过增材制造方法制备高强韧复合材料对粉末要求较高,材料成分的改变会造成大量粉末浪费,同时增材效率较低,难以实现大型构件的制备。公开号为CN202010192204.5的发明专利公开了一种同轴送丝送粉熔化极电弧增材制造装置与工艺,通过对增材过程的枪头进行改造设计,实现了丝粉混合沉积的目的。公开号为CN202010109194.4的发明专利公开了复合式电子束增材制造设备及工艺,该设备的电子束枪的底座上安装送丝喷嘴和送粉喷嘴,送粉喷嘴与送粉系统连接,金属丝通过送丝机送入送丝喷嘴,组成复合式电子束增材熔化系统。以上是通过改造设备实现丝粉混合沉积,改造较为复杂,控制较为困难。同时,单独通过丝材和粉末的同时送入难以实现高强韧复合材料制备。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供基于丝粉混合沉积方法制备高强韧复合材料,用于实现软硬交织材料的高强韧复合材料的高效大批量制备。

[0005] 本发明为解决其技术问题所采用的技术方案为:

[0006] 提供一种层状高强韧复合材料,层状高强韧复合材料结构包括硬质材料和软质材料,硬质材料强度是软质材料的1.5~2倍,软质材料的塑性是硬质材料的3~5倍;结构设计中,第2n-1层为硬质材料,硬质材料内部存在软质材料均匀分布,软质材料占比为5%~10%;在第2n层为软质材料,软质材料连续分布。

[0007] 进一步的,高强韧复合材料制备需要通过丝粉混合沉积来实现,软质材料采用熔丝增材制造的方法进行沉积,硬质材料采用粉末喷涂的方法得以实现。增材方法包括CMT增材、等离子弧增材或TIG增材。

[0008] 进一步的,硬质材料内部存在软质材料均匀分布需要采用镂空的覆盖模具,覆盖在构件表面进行喷涂过程中,镂空部分粉末得以沉积,在热源作用下形成硬质材料,未镂空部分无硬质粉末沉积,从而形成了硬质材料内部软质材料均匀分布。镂空形状包括长方形、五边形、六边形等,镂空面积是占总面积的90%~95%。

[0009] 进一步的,硬质粉末选择应能够与丝材形成强化相或者能够达到固溶强化的效果,粉末粒径范围为40~80 μm 。

[0010] 进一步的,采用的悬浊液是由粉末和易挥发溶剂组成混合而成,常用的易挥发溶剂包括丙酮和酒精,悬浊液体积比为(1~5):100,配置完成后,需放置在超声处理设备中充分分散,避免沉底。

[0011] 高强韧复合材料的丝粉混合沉积方法包括如下步骤:

[0012] 1) 根据实际零件尺寸进行结构设计,并依照设计好的零件结构构建三维CAD实体模型,并沿着该模型成形方向进行切片分层;将上述片层导入计算机中,生成可实施的路径;

[0013] 2) 对基板打磨、清洗等前处理工作并装夹固定;

[0014] 3) 依照设定好的路径,进行单层沉积;

[0015] 4) 依上述步骤完成单层沉积完成以后,采用喷涂设备将制备好的悬浊液透过模具喷涂在构件表面,待构件冷却至设定温度,完成单层的喷涂;

[0016] 5) 重复步骤(3)(4)的过程,直至沉积完所有片层,完成所述构件的增材制造。

[0017] 进一步的,悬浊液采用专门的喷涂装置例如喷枪、喷壶等进行喷涂,喷涂厚度200~300 μm ;熔丝沉积的单层软质材料厚度为1~2mm。

[0018] 进一步的,粉末喷涂于构件表面,需等待溶剂完全挥发后再进行下一层沉积过程。

[0019] 进一步的,喷涂所需要的透过的模板具有特殊的结构设计,每次沉积过程中,模板需要依照模板中心旋转30°~90°;每个熔丝沉积层之间旋转90°。

[0020] 进一步的,保护气流量设定范围应该在15L/min~25L/min,避免由于大的保护气流量使得粉末被吹飞。

[0021] 进一步的,层间温度设定在100℃~200℃,以保证粉末和构件表面有附着力,避免在后续的增材过程中被吹飞。

[0022] 本发明相对于现有技术相比具有显著优点:

[0023] 1.通过丝材熔丝沉积,粉末喷涂的方式解决了丝粉混合沉积的难题,避免了设备改造复杂,过程控制困难的限制;

[0024] 2.通过镂空模具喷涂,可实现硬质材料和软质材料的可控分布;

[0025] 3.突破传统均质材料强韧性矛盾限制,通过软质材料和硬质材料的合理分布,兼顾了材料的高强度和可塑性,在少量降低材料塑性或者不降低材料塑性的同时,极大的提高材料的强度;

[0026] 4.通过丝粉混合沉积,实现了软硬交织高强韧材料的高效率、大批量制备。

附图说明

[0027] 图1是丝粉混合沉积过程制备的高强韧复合材料示意图。

[0028] 图2是丝粉混合沉积高强韧复合材料的过程图。

[0029] 图3是实施例中采用的镂空模具示意图。

具体实施方式

[0030] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。

[0031] 基于丝粉混合沉积方法制备层状高强韧复合材料,层状高强韧复合材料结构包括硬质材料和软质材料,硬质材料强度是软质材料的1.5~2倍,软质材料的塑性是硬质材料的3~5倍;结构设计中,第 $2n-1$ 层为硬质材料,硬质材料内部存在软质材料均匀分布,软质材料占比为5%~10%;在第 $2n$ 层为软质材料,软质材料连续分布。

[0032] 进一步的,高强韧复合材料制备需要通过丝粉混合沉积来实现,软质材料采用熔丝增材制造的方法进行沉积,硬质材料采用粉末喷涂的方法得以实现。增材方法包括CMT增材、等离子弧增材或TIG增材。

[0033] 进一步的,硬质材料内部存在软质材料均匀分布需要采用镂空的覆盖模具,覆盖在构件表面进行喷涂过程中,镂空部分粉末得以沉积,在热源作用下形成硬质材料,未镂空部分无硬质粉末沉积,从而形成了硬质材料内部软质材料均匀分布。镂空形状包括长方形、五边形、六边形等,镂空面积是占总面积的90%~95%。

[0034] 进一步的,硬质粉末选择应能够与丝材形成强化相或者能够达到固溶强化的效果,粉末粒径范围为40~80 μm 。

[0035] 进一步的,采用的悬浊液是由粉末和易挥发溶剂组成混合而成,常用的易挥发溶剂包括丙酮和酒精,悬浊液体积比为(1~5):100,配置完成后,需放置在超声处理设备中充分分散,避免沉底。

[0036] 进一步的,高强韧复合材料的丝粉混合沉积方法包括如下步骤:

[0037] 1)根据实际零件尺寸进行结构设计,并依照设计好的零件结构构建三维CAD实体模型,并沿着该模型成形方向进行切片分层;将上述片层导入计算机中,生成可实施的路径;

[0038] 2)对基板打磨、清洗等前处理工作并装夹固定;

[0039] 3)依照设定好的路径,进行单层沉积;

[0040] 4)依上述步骤完成单层沉积完成以后,采用喷涂设备将制备好的悬浊液透过模具

喷涂在构件表面,待构件冷却至设定温度,完成单层的喷涂;

[0041] 5) 重复步骤(3)(4)的过程,直至沉积完所有片层,完成所述构件的增材制造。

[0042] 进一步的,悬浊液采用专门的喷涂装置例如喷枪、喷壶等进行喷涂,喷涂厚度200-300 μm ;熔丝沉积的单层软质材料厚度为1~2mm。

[0043] 进一步的,粉末喷涂于构件表面,需等待溶剂完全挥发后再进行下一层沉积过程。

[0044] 进一步的,喷涂所需要的透过的模板具有特殊的结构设计,每次沉积过程中,模板需要依照模板中心旋转30°~90°;每个熔丝沉积层之间旋转90°。

[0045] 进一步的,保护气流量设定范围应该在15L/min~25L/min,避免由于大的保护气流量使得粉末被吹飞。

[0046] 进一步的,层间温度设定在100℃~200℃,以保证粉末和构件表面有附着力,避免在后续的增材过程中被吹飞。

[0047] 实施例1

[0048] 本实施例是采用丝粉混合沉积方法制备高强钢/B₄C高强韧复合材料,丝材选用高强钢ER130S-G,粉末为B₄C陶瓷粉末。制备过程如图1所示,其中,1为高强钢丝材,2为熔丝增材制造装备,3为喷枪,4为镂空的模具,5为丝粉混合沉积的高强韧复合材料,包括以下步骤:

[0049] 1) 根据实际零件尺寸进行结构设计,并依照设计好的零件结构构建三维CAD实体模型,并沿着该模型成形方向进行切片分层;将上述片层导入计算机中,生成可实施的路径;

[0050] 2) 根据具体情况制备喷涂需要的模具;

[0051] 3) 对基板打磨、清洗等前处理工作并装夹固定;

[0052] 4) 依照设定好的路径,进行单层沉积;

[0053] 5) 依上述步骤完成单层沉积完成以后,采用喷涂设备将制备好的悬浊液透过模版喷涂在构件表面,待构件冷却至设定温度;

[0054] 6) 重复步骤(3)(4)的过程,直至沉积完所有片层,完成所述构件的增材制造;

[0055] 其中,增材工艺方法选择等离子增材制造工艺,B₄C粉末粒径为20 μm ,喷涂悬浊液是将B₄C粉末与乙醇充分混合后使用,混合比例为1:100,喷涂厚度设定为200 μm 。层间温度控制在100℃,保护气流量设定为15L/min。等离子增材工艺参数为:送丝速度4m/min,沉积速度4mm/s,增材选用的电压为14.3V,增材电流为139A,单层厚度为2mm。

[0056] 采用该实施例的方法,获得了成形良好的高强韧高强钢/B₄C复合材料构件,层间融合良好,无气孔等缺陷,无氧化现象。实施例中软质材料还可以采用钛合金,铝合金,低碳钢等材料,粉末可以选用SiC、TiN、TiC等陶瓷材料。

[0057] 对比例

[0058] 对比例是采用熔丝增材方法制备高强钢构件,丝材选用高强钢ER130S-G,制备过程包括以下步骤:

[0059] 1) 根据实际零件尺寸进行结构设计,并依照设计好的零件结构构建三维CAD实体模型,并沿着该模型成形方向进行切片分层;将上述片层导入计算机中,生成可实施的路径;

[0060] 2) 对基板打磨、清洗等前处理工作并装夹固定;

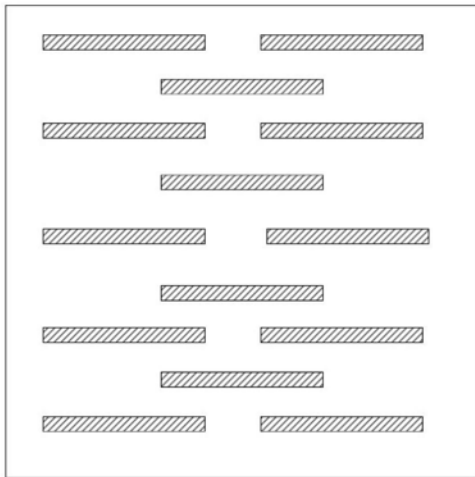
[0061] 3) 依照设定好的路径,进行单层沉积;

[0062] 4) 依上述步骤完成单层沉积完成以后,采用喷涂设备将无水乙醇透过实施例中的模版喷涂在构件表面,待构件冷却至设定温度;

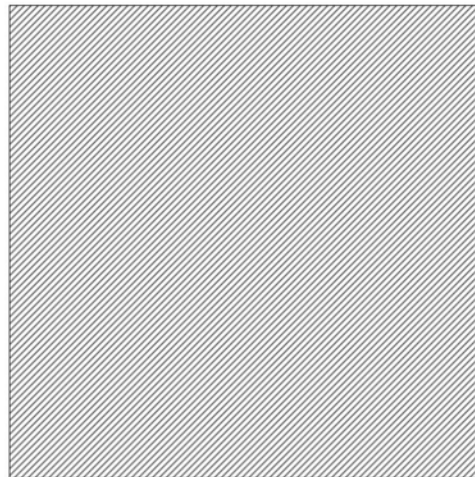
[0063] 5) 重复步骤(3)(4)的过程,直至沉积完所有片层,完成所述构件的增材制造;

[0064] 其中,增材工艺方法选择等离子增材制造工艺,层间温度控制在100℃,保护气流量设定为15L/min。等离子增材工艺参数为:送丝速度4m/min,沉积速度4mm/s,增材选用的电压为14.3V,增材电流为139A,单层厚度为2mm。

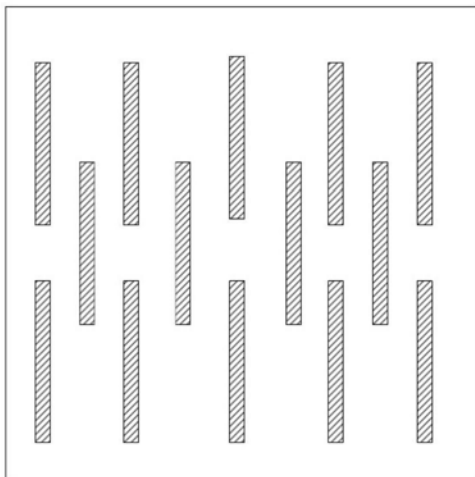
[0065] 通过对实施例和对比例中增材构件的力学性能进行测试,测试结果为高强钢/B₄C复合材料的强度为1500MPa,断裂延伸率为10%;高强钢材料强度为1030MPa,断裂延伸率为12%。采用丝粉混合方法制备材料强度提高50%,断裂延伸率降低16.7%,达到强韧化效果。



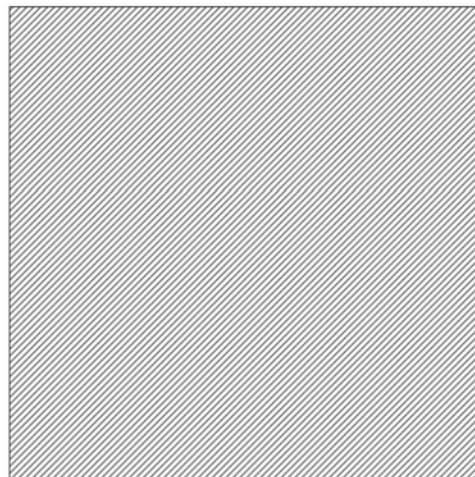
第1层 硬质材料俯视图



第2层 软质材料俯视图

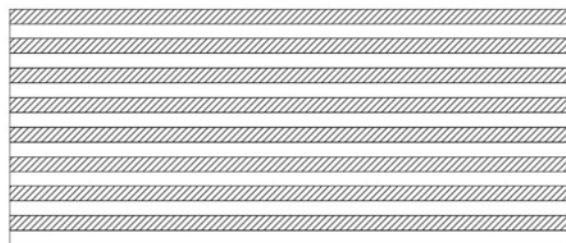


第3层 硬质材料俯视图



第4层 软质材料俯视图

•••••



高强韧材料结构左视图

图1

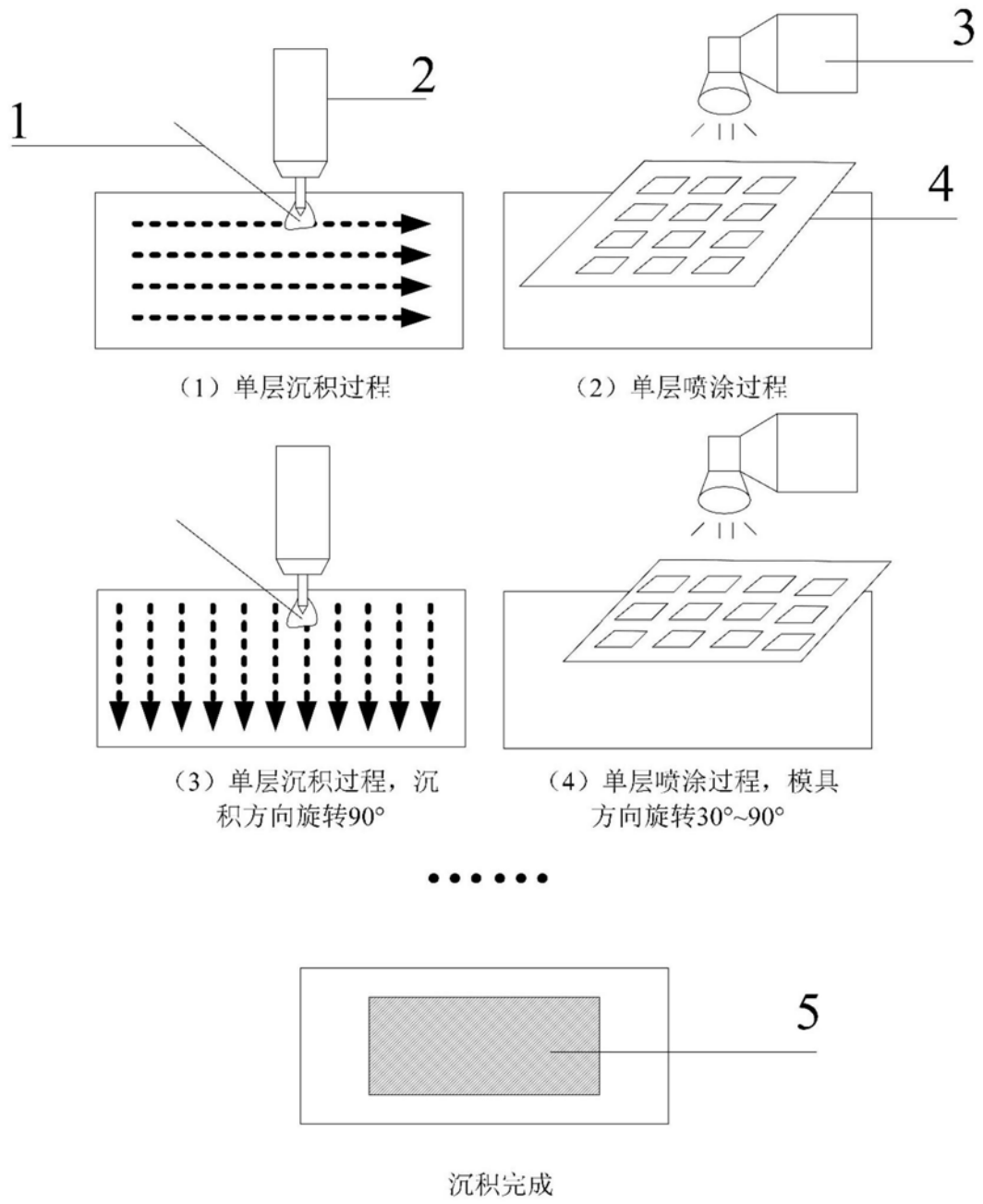


图2

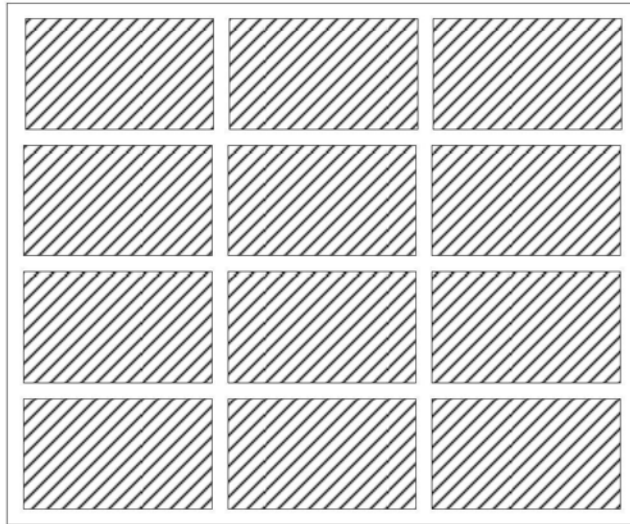


图3