



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112589089 A

(43) 申请公布日 2021.04.02

(21) 申请号 202011158771.5

(22) 申请日 2020.10.26

(71) 申请人 四川大学

地址 610064 四川省成都市一环路南一段
24号

(72) 发明人 刘颖 王仁全 李军 王璐 高宇

(74) 专利代理机构 成都东恒知盛知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
51304

代理人 何健雄 廖祥文

(51) Int. Cl.

B22F 1/00 (2006.01)

B22F 9/08 (2006.01)

G22C 45/02 (2006.01)

C04B 35/626 (2006.01)

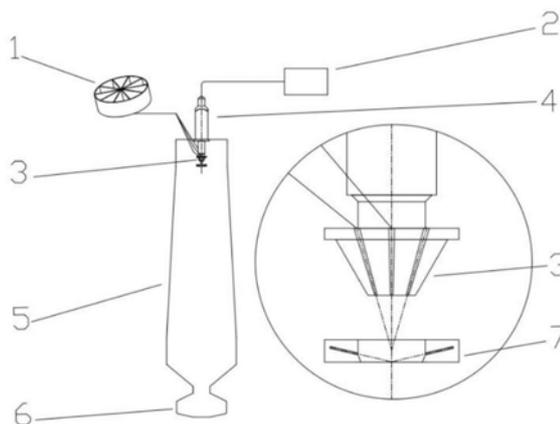
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置及制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置及制备方法。该装置包括:多通道送粉器,多通道送粉器用于同时填充多种不同成分种类的原料粉末;激光发生器,激光发生器用于发出激光加热熔化多通道送粉器提供的粉末;集料塔,集料塔位于激光发生器的下方,集料塔用于冷却熔化后的粉末并形成球形粉末;收粉器,收粉器位于集料塔的下方,收粉器用于收集球形粉末。本发明可实现成分均匀的合金粉末、陶瓷粉末、含陶瓷增强相的金属基复合粉末、含碳纳米管增强的金属基复合粉末等粉末材料的高通量制备。



1. 一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,该装置包括:

多通道送粉器,所述多通道送粉器用于同时填装多种不同成分种类的原料粉末;

激光发生器,所述激光发生器用于发出激光加热熔化或合金化所述多通道送粉器提供的粉末;

集料塔,所述集料塔位于激光发生器的下方,所述集料塔用于冷却熔化后的所述粉末并形成球形粉末;

收粉器,所述收粉器位于所述集料塔的下方,所述收粉器用于收集所述球形粉末。

2. 根据权利要求1所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,该装置还包括:

气体喷盘,所述气体喷盘用于通过气流介质调节球形粉末的粒径。

3. 根据权利要求2所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,该装置还包括:

激光球化头,所述激光球化头位于所述气体喷盘的上方,所述激光球化头用于利用激光发生器产生的激光熔化或合金化所述粉末。

4. 根据权利要求3所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,所述激光球化头以及所述气体喷盘位于所述集料塔内,所述集料塔内具有惰性气氛。

5. 根据权利要求1所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,所述多通道送粉器包括粉末混合器,所述粉末混合器用于混合所述多通道送粉器中的不同成分种类的所述原料粉末。

6. 根据权利要求1-5中任一项所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置,其特征在于,所述原料粉末通过气体传输。

7. 一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的方法,该方法包括以下步骤:

将配比好的原料粉末通过多通道送粉器传输至激光斑点处;

通过激光熔化配比好的所述原料粉末并形成粉末液滴;

所述粉末液滴在集料塔内下落冷却并形成球形粉末;

所述球形粉末被收粉器收集。

8. 根据权利要求7所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的方法,其特征在于,所述原料粉末在惰性气氛下熔化,所述粉末液滴在惰性气氛下冷却并形成球形粉末。

9. 根据权利要求8所述的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的方法,其特征在于,还包括步骤:

将制备的所述球形粉末进行分筛以获得不同粒径等级成品粉末。

一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置及制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及粉末材料制备领域,尤其涉及一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置及制备方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着国民经济和科学技术发展,对新材料需求越发急迫。新型结构材料和功能材料研发和应用直接关系到国防安全、科技进步、人民生活水平和国家的竞争力。而目前普遍使用的“试错法”依赖于大量的实验和研究人员的经验,研发周期长、成本高,严重制约了新材料的研发效率。例如,随着航空发动机推重比的不断提高,发动机内部燃气温度不断提高,迫切需要研发新型具有更承温能力的高温合金叶片,而依照传统的研发方式,新型高温合金从实验室研发到装机服役至少需要20年。近年来,材料科学家一直在寻求研发和发展新材料的更快速、更经济、更有效的新途径。为加速新材料的研发,美国于2011年宣布了“材料基因组计划”,旨在通过发展一个集成高通量计算,高通量实验、表征和数据库技术的新材料创新平台,建立材料成分/工艺-组织结构-性能之间的定量关系,实现材料研发方式从“经验型”向理论“预测型”的转变,试图将新材料的研发周期缩短一半。与此同时,欧洲也提出了“加速冶金”计划,随后我国也启动中国版的“材料基因工程”计划,即“材料基因工程关键技术与支撑平台”重点专项。

[0003] 作为材料基因工程的重要方面,高通量制备技术是链接高通量实验设计和数据库的重要环节,也是实现高通量表征的前提。目前发展的高通量制备技术包括扩散多元节法、共沉积法、物理掩膜法、喷印合成法和微流控合成法等,但这些技术大多适用于块体和薄膜材料样品的制备,设计合金粉末和化合物粉末等粉体的高通量制备技术还鲜有报道。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明的目的在于提供了一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置及制备方法,用于解决上述问题中的至少一个。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供了一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置。该装置包括:

[0006] 多通道送粉器,所述多通道送粉器用于同时填装多种不同成分种类的原料粉末;

[0007] 激光发生器,所述激光发生器用于发出激光加热熔化所述多通道送粉器提供的粉末;

[0008] 集料塔,所述集料塔位于激光发生器的下方,所述集料塔用于冷却熔化后的所述粉末并形成球形粉末;

[0009] 收粉器,所述收粉器位于所述集料塔的下方,所述收粉器用于收集所述球形粉末。

[0010] 在本实施方式中,该装置还包括:

[0011] 气体喷盘,所述气体喷盘用于通过压气流介质调节球形粉末的粒径。

- [0012] 在本实施方式中,该装置还包括:
- [0013] 激光球化头,所述激光球化头位于所述气体喷盘的上方,所述激光球化头用于利用激光发生器产生的激光熔化所述粉末。
- [0014] 在本实施方式中,所述激光球化头以及所述气体喷盘位于所述集料塔内,所述集料塔内具有惰性气氛。
- [0015] 在本实施方式中,所述多通道送粉器包括粉末混合器,所述粉末混合器用于混合所述多通道送粉器中的不同成分种类的所述原料粉末。
- [0016] 在本实施方式中,所述原料粉末通过气体传输。
- [0017] 本发明还提供了一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的方法,该方法包括以下步骤:
- [0018] 将配比好的原料粉末通过多通道送粉器传输至激光斑点处;
- [0019] 通过激光熔化配比好的所述原料粉末并形成粉末液滴;
- [0020] 所述粉末液滴在集料塔内下落冷却并形成球形粉末;
- [0021] 所述球形粉末被收粉器收集。
- [0022] 在本实施方式中,所述原料粉末在惰性气氛下熔化,所述粉末液滴在惰性气氛下冷却并形成球形粉末。
- [0023] 在本实施方式中,还包括步骤:
- [0024] 将制备的所述球形粉末进行分筛以获得不同粒径等级成品粉末。
- [0025] 本发明相对现有技术的积极进步效果在于:
- [0026] 一、多母料的设计充分体现了高通量制备的理念,可以很好的与高通量设计计算相结合,实现任意配比新型粉末材料的高通量制备;
- [0027] 二、本发明既可以实现单一粉末的球形化和均匀化,也可实现多种成分和含量的复合粉末材料的制备。
- [0028] 三、锥状环形气流喷嘴中的高速气流可实现熔融液滴的快速冷却和破碎,所制备粉末材料粒径较原始粉末小且直径均匀。
- [0029] 四、气氛气压温度可控加工腔的设计可以使本发明使用高活性金属材料的制备,极大的拓展了本发明的适用范围,进一步体现其高通量的属性。
- [0030] 五、本发明可实现成分均匀的合金粉末、陶瓷粉末、含陶瓷增强相的金属基复合粉末、含碳纳米管增强的金属基复合粉末等粉末材料的高通量制备。
- [0031] 参照后文的说明和附图,详细公开了本发明的特定实施方式,指明了本发明的原理可以被采用的方式。应该理解,本发明的实施方式在范围上并不因而受到限制。在所附权利要求的精神和条款的范围内,本发明的实施方式包括许多改变、修改和等同。
- [0032] 针对一种实施方式描述和/或示出的特征可以以相同或类似的方式在一个或多个其它实施方式中使用,与其它实施方式中的特征相组合,或替代其它实施方式中的特征。
- [0033] 应该强调,术语“包括/包含”在本文使用时指特征、整件、步骤或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整件、步骤或组件的存在或附加。

附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 图1为本发明的一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置的结构示意图;

[0036] 图2a为片状铁基非晶粉末未球化前的微观图;

[0037] 图2b为片状铁基非晶粉末球化后的微观图;

[0038] 图2c为片状铁基非晶粉末球化前后的XRD图谱;

[0039] 图3为一种基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的制备方法的流程示意图。

具体实施方式

[0040] 下面将结合附图和具体实施方式,对本发明的技术方案作详细说明,应理解这些实施方式仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围,在阅读了本发明之后,本领域技术人员对本发明的各种等价形式的修改均落入本申请所附权利要求所限定的范围内。

[0041] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的,不是旨在于限制本申请。本文所使用的术语“和/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0042] 图1所示为本发明的实施例提供的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的装置的结构示意图。该装置可以包括:多通道送粉器1、激光发生器2、激光球化头3、激光头4、集料塔5、收粉器6以及气体喷盘7。其中,多通道送粉器1可以同时填装多种不同成分种类的原料粉末,进而实现根据需求配比不同合金成分。优选的,多通道送粉器1同时可以集成有粉末混合器(未示出),可以实现多种粉末的均匀混合功能。所述原料粉末通过气体传输。激光发生器2主要与激光球化头3和激光头4两部分组成能量供给与控制系统,实现粉末的快速熔化及合金功能。集料塔5与收粉器6组成物料收集与气氛保护系统,可以保证球化后的粉末不被氧化和快速收集清理,实现高效运转。可选的,集料塔5内具有惰性气氛气体。喷盘7主要用于激光熔化粉末微结构与粒径调控功能,激光熔化并合金后的粉末在飞行经过喷盘区域时,施以高压气流介质,可以实现粉末的快速冷却获得非晶态组织,且可以通过调整气流压力对粉末进行二次破碎,改善合金粉末粒径分布范围。

[0043] 以下将结合多个实施方式具体描述给装置的结构和使用方式。

[0044] 实施例1:高通量粉末合金化

[0045] 结合图3所示,本发明的基于激光-同轴送粉耦合高通量制备球形粉末的方法包括如下步骤:

[0046] 1) 原料准备(步骤S101),将不同成分的原料A、B、C等粉末放入相互隔离的多通道送粉器1中。如图1所示,不同粉末的之间的配比可通过计算机系统控制多通道送粉器1的流量进行控制,在多通道送粉器1下方设置粉末混合器,以保证不同粉末实现均匀混合后

经载气输送到激光斑点处，；

[0047] 2) 粉末合金化(步骤S102)，根据原料粉末的不同特性，如熔点、吸波性等，调整激光发生器的功率以匹配不同原料特性和激光斑点直径，开启激光发生器2，原料粉末经送粉器输送到激光发生器2的激光斑点汇聚处，在瞬时激光高能量作用下，混合粉末快速熔化和合金化；

[0048] 3) 合金粉末微结构与粒径控制(步骤S103)，步骤2中合金化的粉末液滴在集料塔5与收粉器6中并处于下落飞行过程中由于表面张力作用而自动收缩成球形，从而获得合金化的球形粉末。特别地，为获得非晶粉末或者粒径细小的粉末，可通过设置在激光球化头3下方的气体喷盘7进行快速冷却和二次破碎，从而获得非晶态球形粉末或者颗粒粒径更加细小合金粉末材料；

[0049] 4) 粉末收集(步骤S104)，合金化的粉末在惰性气氛的集料塔5中冷却，最终汇聚到底端的收粉器6，待完全冷却后取出，将制备的合金粉末进行分筛获得不同粒径等级成品粉末。

[0050] 实施例2:片状铁基非晶粉末球形化

[0051] 1) 将片状FeSiCuNb粉末装入多通道送粉器1，其微观形貌如图2a所示，为不规则片状形貌，通过计算机系统精确控制送粉速率 $V \sim 20\text{g}/\text{min}$ ，经载气输送到环形喷嘴下方激光斑点汇聚；

[0052] 2) 根据原料粉末的特性，调整激光发生器2的功率以匹配原料特性和激光斑点直径，开启激光发生器2，原料粉末经多通道送粉器1输送到激光斑点汇聚处，在瞬时激光高能量作用下，混合粉末快速熔化。本实施例中激光功率为2000W，多通道送粉器1机转速为50 r/min，送粉气流量为10L/min。

[0053] 3) 步骤2中熔化的粉末液滴在下落飞行过程中由于表面张力作用而自动收缩成球形，为获得非晶粉末或者粒径细小的粉末，通过设置在激光球化头3下方的气体喷盘7进行快速冷却和二次破碎，从而获得非晶态球形粉末或者颗粒粒径更加细小合金粉末材料，所得球形粉末微观形貌如图2c所示，可看到经激光熔化后的粉末形成较为规则的球形，XRD衍射结果表明，该合金粉末为非晶态。

[0054] 4) 粉末收集，球形化的粉末在惰性气氛的集料塔5中冷却，最终汇聚到底端的收粉器6，待完全冷却后取出，将制备的合金粉末进行分筛获得不同粒径等级成品粉末。

[0055] 本发明相对现有技术的积极进步效果在于：

[0056] 一、多母料的设计充分体现了高通量制备的理念，可以很好的与高通量设计计算相结合，实现任意配比新型粉末材料的高通量制备；

[0057] 二、本发明既可以实现单一粉末的球形化和均匀化，也可实现多种成分和含量的复合粉末材料的制备。

[0058] 三、锥状环形气流喷嘴中的高速气流可实现熔融液滴的快速冷却和破碎，所制备粉末材料粒径较原始粉末小且直径均匀。

[0059] 四、气氛气压温度可控加工腔的设计可以使本发明使用高活性金属材料的制备，极大的拓展了本发明的适用范围，进一步体现其高通量的属性。

[0060] 五、本发明可实现成分均匀的合金粉末、陶瓷粉末、含陶瓷增强相的金属基复合粉末、含碳纳米管增强的金属基复合粉末等粉末材料的高通量制备。

[0061] 本文引用的任何数字值都包括从下限值到上限值之间以一个单位递增的下值和上值的所有值,在任何下值和任何更高值之间存在至少两个单位的间隔即可。举例来说,如果阐述了一个部件的数量或过程变量(例如温度、压力、时间等)的值是从1到90,优选从20到80,更优选从30到70,则目的是为了说明该说明书中也明确地列举了诸如15到85、22到68、43到51、30到32等值。对于小于1的值,适当地认为一个单位是0.0001、0.001、0.01、0.1。这些仅仅是想要明确表达的示例,可以认为在最低值和最高值之间列举的数值的所有可能组合都是以类似方式在该说明书明确地阐述了的。

[0062] 除非另有说明,所有范围都包括端点以及端点之间的所有数字。与范围一起使用的“大约”或“近似”适合于该范围的两个端点。因而,“大约20到30”旨在覆盖“大约20到大约30”,至少包括指明的端点。

[0063] 披露的所有文章和参考资料,包括专利申请和出版物,出于各种目的通过援引结合于此。描述组合的术语“基本由…构成”应该包括所确定的元件、成分、部件或步骤以及实质上没有影响该组合的基本新颖特征的其他元件、成分、部件或步骤。使用术语“包含”或“包括”来描述这里的元件、成分、部件或步骤的组合也想到了基本由这些元件、成分、部件或步骤构成的实施方式。这里通过使用术语“可以”,旨在说明“可以”包括的所描述的任何属性都是可选的。

[0064] 多个元件、成分、部件或步骤能够由单个集成元件、成分、部件或步骤来提供。另选地,单个集成元件、成分、部件或步骤可以被分成分离的多个元件、成分、部件或步骤。用来描述元件、成分、部件或步骤的公开“一”或“一个”并不说为了排除其他的元件、成分、部件或步骤。

[0065] 应该理解,以上描述是为了进行图示说明而不是为了进行限制。通过阅读上述描述,在所提供的示例之外的许多实施方式和许多应用对本领域技术人员来说都将是显而易见的。因此,本教导的范围不应该参照上述描述来确定,而是应该参照所附权利要求以及这些权利要求所拥有的等价物的全部范围来确定。出于全面之目的,所有文章和参考包括专利申请和公告的公开都通过参考结合在本文中。在前述权利要求中省略这里公开的主题的任何方面并不是为了放弃该主体内容,也不应该认为发明人没有将该主题考虑为所公开的发明主题的一部分。

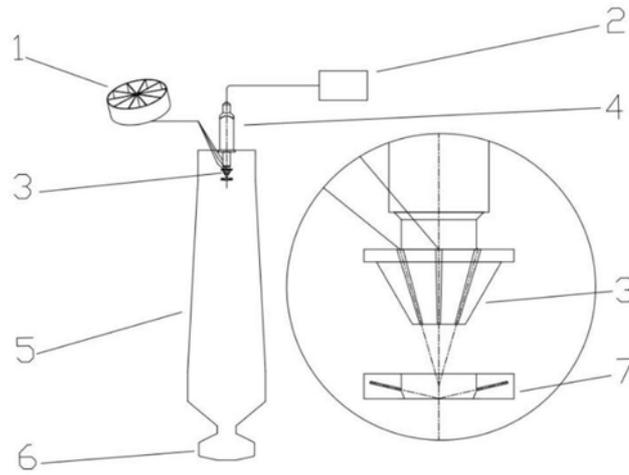


图1

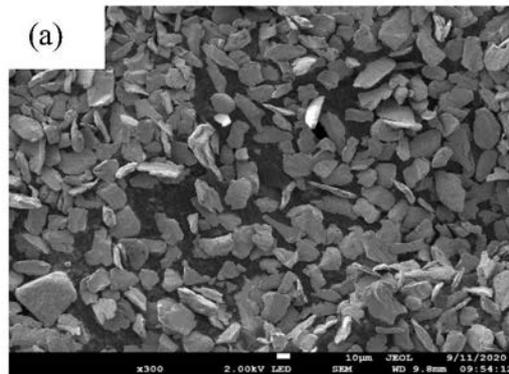


图2a

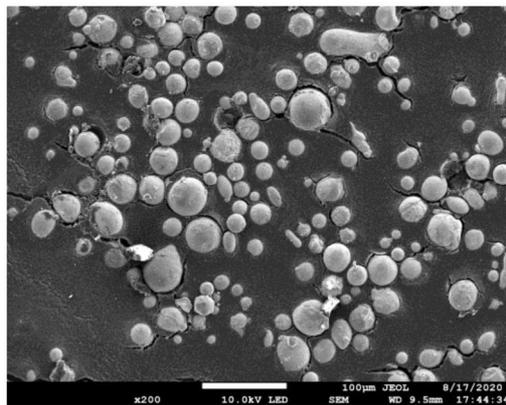


图2b

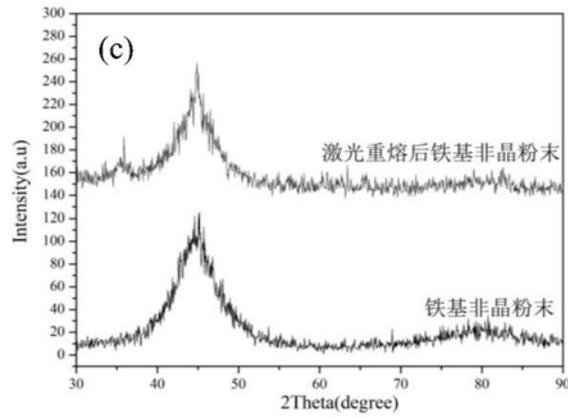


图2c

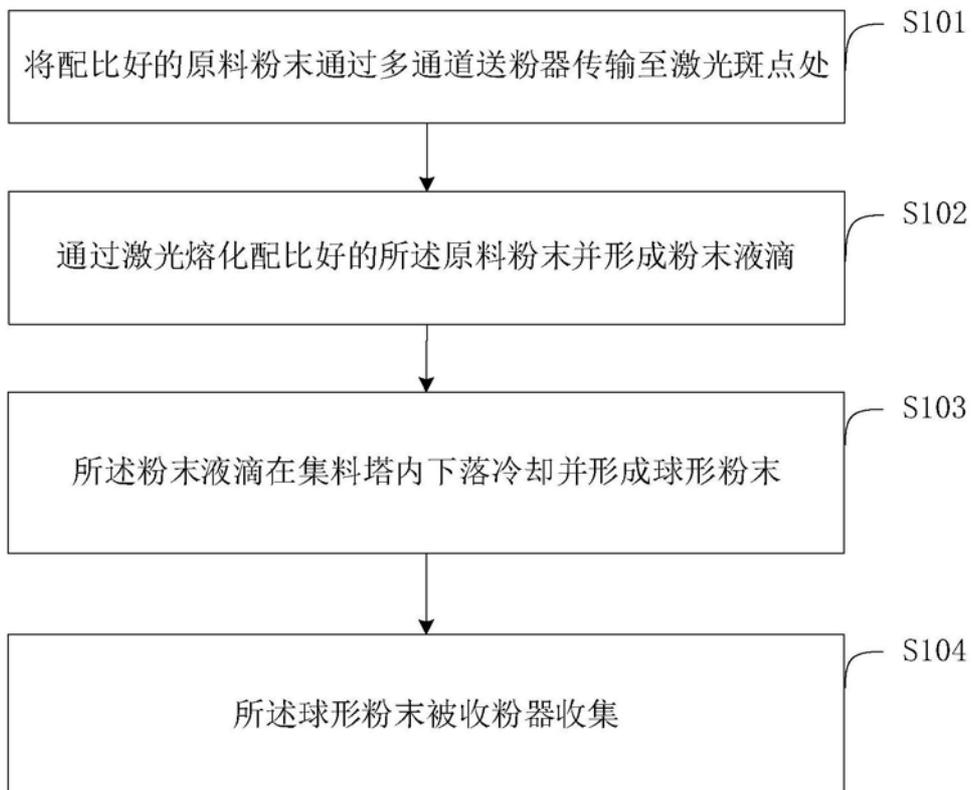


图3