



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116638089 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 25

(21) 申请号 202310930641.6

B22F 10/20 (2021.01)

(22) 申请日 2023.07.27

B22F 3/093 (2006.01)

(71) 申请人 成都先进金属材料产业技术研究院  
股份有限公司

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 40/00 (2020.01)

B33Y 70/00 (2020.01)

地址 610300 四川省成都市中国(四川)自  
由贸易试验区成都市青白江区香岛大  
道1533号成都国际铁路港综合保税区

(72) 发明人 谢波 刘芯宇 刘永胜 吴旺

(74) 专利代理机构 北京知联天下知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11594

专利代理师 许洋洋

(51) Int. Cl.

B22F 7/08 (2006.01)

B22F 5/12 (2006.01)

B22F 1/14 (2022.01)

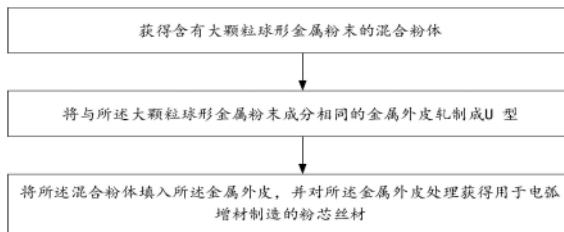
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法

(57) 摘要

本发明通过基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法,涉及增材制造技术领域,所述方法包括:获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体;将与所述大颗粒球形金属粉末成分相同的金属外皮轧制成U型;将所述混合粉体填入所述金属外皮,并对所述金属外皮处理获得用于电弧增材制造的粉芯丝材。粉芯丝材+增材制造在大颗粒粉末应用、元素止损、成分调控等方面具有显著优势。



1. 基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述方法包括:

获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体;

将与所述大颗粒球形金属粉末成分相同的金属外皮轧制成U型;

将所述混合粉体填入所述金属外皮, 并对所述金属外皮处理获得用于电弧增材制造的粉芯丝材;

其中, 所述大颗粒球形金属粉末的粒径为53-300 $\mu\text{m}$ 。

2. 根据权利要求1所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体, 包括:

将不同批次的大颗粒球形金属粉末进行混合, 获得所述混合粉末; 或者将所述大颗粒球形金属粉末与其他粉末进行混合, 获得所述混合粉末。

3. 根据权利要求2所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述其他粉末包括: 金属的增强相颗粒。

4. 根据权利要求1所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 将所述混合粉体填入所述金属外皮, 包括: 通过振动给料机将所述混合粉体填入所述金属外皮。

5. 根据权利要求1所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 对所述金属外皮的处理包括: 轧制处理、拉拔处理、清洗处理和层绕处理。

6. 根据权利要求1所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述粉芯丝材的直径为1.7-2.3mm。

7. 根据权利要求6所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述方法还包括: 利用电弧增材制造设备对所述粉芯丝材融化成型。

8. 根据权利要求7 所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述电弧增材制造设备的工艺参数包括: 送丝速度与扫描速度比值、电流强度以及粉芯丝材与基板之间的夹角。

9. 根据权利要求8所述的基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法, 其特征在于, 所述送丝速度与扫描速度比值为(8-25):1、所述电流强度为80-160A以及所述粉芯丝材与基板之间的夹角为5°-15°。

## 基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及增材制造技术领域,尤其涉及基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法。

### 背景技术

[0002] 随着加工方式的变革,3D金属打印快速成型技术产生并快速发展,3D打印通过逐层打印方式来制造实体物件,该方法生产效率高、成型率高、材料利用率高,必将成为未来的主流加工方式。3D打印金属粉末是3D打印技术发展不可或缺的物质基础。目前国内对于15-53 $\mu\text{m}$ 激光3D用球形金属粉末的需求量大。随着国内球形金属粉末产业的蓬勃发展,产业链愈发成熟,但随之而来的问题是关于球形金属制造的副产品,目前无论是气雾化还是旋转雾化等金属粉末制备技术都难免会产生大量大颗粒球形金属粉末。

[0003] 气雾化法或者旋转电极法制备球形金属粉末的粒度区间为0-300 $\mu\text{m}$ ,其中0-15 $\mu\text{m}$ 占比10%,用于注射成型;15-53 $\mu\text{m}$ 占比30%,用于激光选区熔化(SLM);53-300 $\mu\text{m}$ 占比60%,除去极少部分的53-105 $\mu\text{m}$ 粉末用于电子束选区熔化(EBM),53-300 $\mu\text{m}$ 粉末无大规模的应用途径,造成大量53-300 $\mu\text{m}$ 在库房挤压,同时部分金属粉末例如铝基、钛基、锆基易燃,是一个重要的危险源。

[0004] 中国专利CN 114260454 A 公开一种高品质球形金属粉末的制备方法,包括将氢化程度为10%~100%的金属粉末以2~10L/min的送粉气流引入激光束中;在激光能量作用下,吸氢氢化的金属单质或合金粉末升温发生膨胀破碎并脱氢,迅速熔化形成细小熔滴,熔滴在表面张力的作用下发生球化,脱离加热区域后快速冷却、凝固形成球形粉末。但是激光球化速率慢,收率低,该方法工艺繁琐,生产效率低,处于实验室研究阶段。中国专利 CN 113787189 A 一种增材制造用模具钢球形粉末及其循环利用方法,先将粗粒径粉末热等静压成锭坯,再加工为电极棒进行制粉,制粉后所得细粒径粉末可用于增材制造,完成了粗粒径模具钢粉末的循环利用。该路径,工艺步骤多,同时用到大规格的热等静压设备,生产成本高。

[0005] 有鉴于此,本发明提出一种大颗粒球形金属粉末的应用方法,以解决53-300 $\mu\text{m}$ 大颗粒金属粉末无法大规模的应用的难题。

### 发明内容

[0006] 本发明目的在于提供基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法,用以解决上述问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法,所述方法包括:

获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体;

将与所述大颗粒球形金属粉末成分相同的金属外皮轧制成U型;

将所述混合粉体填入所述金属外皮,并对所述金属外皮处理获得用于电弧增材制

造的粉芯丝材；

其中，所述大颗粒球形金属粉末的粒径为53-300 $\mu\text{m}$ 。

[0008] 可选的，获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体，包括：

将不同批次的大颗粒球形金属粉末进行混合，获得所述混合粉末；或者将所述大颗粒球形金属粉末与其他粉末进行混合，获得所述混合粉末。

[0009] 可选的，所述其他粉末包括：金属的增强相颗粒。

[0010] 可选的，将所述混合粉体填入所述金属外皮，包括：通过振动给料机将所述混合粉体填入所述金属外皮。

[0011] 可选的，对所述金属外皮的处理包括：轧制处理、拉拔处理、清洗处理和层绕处理。

[0012] 可选的，所述粉芯丝材的直径为1.7-2.3mm。

[0013] 可选的，所述方法还包括：利用电弧增材制造设备对所述粉芯丝材融化成型。

[0014] 可选的，所述电弧增材制造设备的工艺参数包括：送丝速度与扫描速度比值、电流强度以及粉芯丝材与基板之间的夹角。

[0015] 可选的，所述送丝速度与扫描速度比值为(8-25):1、所述电流强度为80-160A以及所述粉芯丝材与基板之间的夹角为 $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ 。

[0016] 本发明的技术效果和优点：

相较于大颗粒粉末氢化后在用激光或者等离子热源球化或者采用热等静压方式铸锭，本发明工艺简单，解决了53-300 $\mu\text{m}$ 大颗粒金属粉末无法规模应用的难题。而且，粉芯丝材作为一种典型的“皮包粉”结构，粉芯丝材熔滴内含有粉末，因而所需能量相对实芯丝较少，节约能源，熔池热累积减少，在弧区形成的熔滴空腔减少了元素在弧区的暴露时间，降低元素受蒸气压影响而挥发，解决丝材电弧增材制造过程中元素烧损问题。同时，相较于丝材电弧增材制造，本发明可便捷调控成分，例如可在53-300 $\mu\text{m}$ 粉末中混入其他增强相颗粒的粉末，可增强电弧增材制造成型件的力学性能。

[0017] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

## 附图说明

[0018] 图1为基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法流程图。

## 具体实施方式

[0019] 下面将结合本发明提供的附图，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，而且，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0020] 需要说明的是，本说明书所附图式所绘示的结构、比例、大小等，均仅用以配合说明书所揭示的内容，以供熟悉此技术的人士了解与阅读，并非用以限定本发明可实施的限定条件，故不具技术上的实质意义，任何结构的修饰、比例关系的改变或大小的调整，在不影响本发明所能产生的功效及所能达成的目的下，均应仍落在本发明所揭示的技术内容得

能涵盖的范围内。同时,本说明书中所引用的如“上”、“下”、“左”、“右”、“中间”及“一”等的用语,亦仅为便于叙述的明了,而非用以限定本发明可实施的范围,其相对关系的改变或调整,在无实质变更技术内容下,当亦视为本发明可实施的范畴。

[0021] 为解决现有技术的不足,本发明公开了一种基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法,所述方法包括:获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体;将与所述大颗粒球形金属粉末成分相同的金属外皮轧制成U型;将所述混合粉体填入所述金属外皮,并对所述金属外皮处理获得用于电弧增材制造的粉芯丝材。

[0022] 相较于大颗粒粉末氢化后在用激光或者等离子热源球化或者采用热等静压方式铸锭,本发明工艺简单,解决了53-300 $\mu\text{m}$ 大颗粒金属粉末无法规模应用的难题。而且,粉芯丝材作为一种典型的“皮包粉”结构,粉芯丝材熔滴内含有粉末,因而所需能量相对实芯丝较少,节约能源,熔池热累积减少,在弧区形成的熔滴空腔减少了元素在弧区的暴露时间,降低元素受蒸气压影响而挥发,解决丝材电弧增材制造过程中元素烧损问题。同时,相较于丝材电弧增材制造,本发明可便捷调控成分,例如可在53-300 $\mu\text{m}$ 粉末中混入其他增强相颗粒的粉末,可增强电弧增材制造成型件的力学性能。

[0023] 为了更好地解释本发明,以下结合图1对基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法进行详细解释。

[0024] 本发明的目的为解决目前53-300 $\mu\text{m}$ 大颗粒球形金属粉末无法应用的难题,提供一种大颗粒球形金属粉末的应用方法,具体步骤为:

(1) 获得混合粉体,比如将大颗粒球形金属粉末混合均匀或者将大颗粒球形金属粉末与其他粉末混合均匀;需要注意的是,这里的大颗粒球形金属粉末还可以是其他形状的金属粉末。

[0025] (2) 将金属外皮轧制成U型;

(3) 通过振动给料机将混合粉体填入金属外皮;

(4) 将金属外皮依次经过轧制、拉拔、清洗、层绕后得到所需直径的电弧增材制造用粉芯丝材;

(5) 采用电弧增材制造设备,对粉芯丝材融化成型。

[0026] 需要说明的是,所述大颗粒球形金属粉末的粒径为53-300 $\mu\text{m}$ ,制备方法为气雾化法或者旋转电极法,其他粉末为金属的增强相颗粒(颗粒无形状要求)。

[0027] 还需要说明的是,金属外皮的成分与填充粉末的成分相同,需要注意的是,由于金属的增强相颗粒含量较低,所以可以不考虑它的成分,即金属外皮的成分与填充粉末中的大颗粒粉末相同。

[0028] 还需要说明的是,粉芯丝材直径为1.7-2.3mm。

[0029] 还需要说明的是,所述电弧增材制造设备的工艺参数包括:送丝速度与扫描速度(8-25):1,电流强度为80-160A,丝材与基板之间的夹角为 $5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ 。

[0030] 为了证明本方案的技术效果,下面还提供了实施例。

[0031] 实施例1

(1) 将不同批次53-300 $\mu\text{m}$ TC4大颗粒球形金属粉末混合均匀;

(2) 将TC4金属外皮轧制成U型;

(3) 通过振动给料机将TC4大颗粒球形金属粉末填入TC4金属外皮;

(4)将TC4金属外皮轧紧经拉拔获得直径为2.3mmTC4粉芯丝材；

(5)采用电弧增材制造设备,对粉芯丝材融化成型,送丝速度2.4m/min,扫描速度0.3m/min,电流强度为130A,TC4粉芯丝材与基板之间的夹角为9°。

[0032] 实施例2

(1)将53-300 $\mu$ mTC4大颗粒球形金属粉末与纯度为99.9%、粒度为30-53 $\mu$ m钇粉末混合均匀,其中,TC4大颗粒球形金属粉末与钇粉末质量比为1:0.003；

(2)将TC4金属外皮轧制成U型；

(3)通过振动给料机将混合好的金属粉末填入TC4金属外皮；

(4)将外皮轧紧经拉拔获得直径为2.1mmTC4粉芯丝材；

(5)采用电弧增材制造设备,对粉芯丝材融化成型,送丝速度1.8m/min,扫描速度0.22m/min,电流强度为140A,TC4粉芯丝材与基板之间的夹角为10°。

[0033] 实施例3

(1)将不同批次53-300 $\mu$ mTA15大颗粒球形金属粉末混合均匀；

(2)将TA15金属外皮轧制成U型；

(3)通过振动给料机将TA15大颗粒球形金属粉末填入TA15金属外皮；

(4)将TA15金属外皮轧紧经拉拔获得直径为1.9mmTA15粉芯丝材；

(5)采用电弧增材制造设备,对粉芯丝材融化成型,送丝速度1.6m/min,扫描速度0.3m/min,电流强度为160A,TA15粉芯丝材与基板之间的夹角为12°。

[0034] 实施例4

(1)将不同批次53-300 $\mu$ mTC21大颗粒球形金属粉末混合均匀；

(2)将TC21金属外皮轧制成U型；

(3)通过振动给料机将TC21大颗粒球形金属粉末填入TC21金属外皮；

(4)将TC21金属外皮轧紧经拉拔获得直径为1.9mmTC21粉芯丝材；

(5)采用电弧增材制造设备,对粉芯丝材融化成型,送丝速度1.6m/min,扫描速度0.3m/min,电流强度为160A,TC21粉芯丝材与基板之间的夹角为12°。

[0035] 对实施例中的混合粉末进行打印件力学性能测试,结果如下表1所示:

表1 实施例中混合粉末的力学性能测试数据表

粉末成分	抗拉强度	延伸率
实施例 1	825Mpa	13.3%
实施例 2	970Mpa	13.5%
实施例 3	982Mpa	15.2%
实施例 4	1080Mpa	8.2%

[0036] 由此可知,实施例2包芯粉材TC4打印件的抗拉强度970MPa,延伸率13.3%;实施例3包芯粉材TA15打印件的抗拉强度982MPa,延伸率15.2%,都满足GB/T38915-2020《航空航天

用高温钛合金锻件》的要求,TC4锻件抗拉强度 $\geq 895\text{MPa}$ ,延伸率 $\geq 10\%$ ,TA15锻件抗拉强度 $\geq 885\text{MPa}$ ,延伸率 $\geq 8\%$ 。

[0037] 本发明通过基于大颗粒球形金属粉末制备电弧增材制造用的丝材方法,所述方法包括:获得含有大颗粒球形金属粉末的混合粉体;将与所述大颗粒球形金属粉末成分相同的金属外皮轧制成U型;将所述混合粉体填入所述金属外皮,通过对所述金属外皮的处理获得用于电弧增材制造的粉芯丝材。粉芯丝材+增材制造在大颗粒粉末应用、元素止损、成分调控等方面具有显著优势。

[0038] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

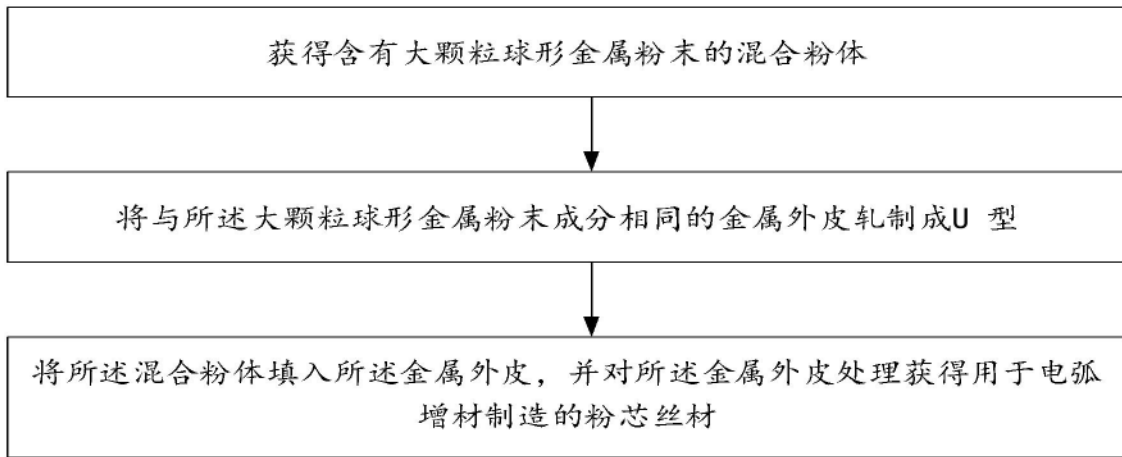


图1