

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2023 年 2 月 23 日 (23.02.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/019697 A1

(51) 国际专利分类号:
C22C 21/08 (2006.01) *B22F 10/28* (2021.01)
B22F 9/08 (2006.01) *B33Y 70/00* (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/121982

(22) 国际申请日: 2021 年 9 月 30 日 (30.09.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110945745.5 2021年8月17日 (17.08.2021) CN

(71) 申请人: 北京工业大学(BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(72) 发明人: 聂祚仁(NIE, Zuoren); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 郭彦梧(GUO, Yanwu); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 黄晖(HUANG, Hui); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 魏午(WEI, Wu); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 文胜平(WEN, Shengping); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 高坤元(GAO, Kunyuan); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。 吴晓蓝(WU, Xiaolan); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(CN)。 荣莉(RONG, Li); 中国北京市朝阳区平乐园100号, Beijing 100124 (CN)。

(74) 代理人: 北京思海天达知识产权代理有限公司(BEIJING SIHAI TIANDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市朝阳区百子湾西里403号楼1011, Beijing 100124 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) Title: HIGH-STRENGTH ALUMINUM ALLOY POWDER FOR 3D PRINTING AND PREPARATION METHOD FOR HIGH-STRENGTH ALUMINUM ALLOY POWDER

(54) 发明名称: 一种用于3D打印的高强铝合金粉及其制备方法

(57) Abstract: A high-strength aluminum alloy powder for 3D printing and a preparation method for the high-strength aluminum alloy powder, relating to the technical field of special materials for additive manufacturing (also known as 3D printing). The compositions of the alloy are calculated according to a mass percentage: 3.0%-8.0% of Mg, 0.1%-1.2% of Er, 0.5%-2.0% of Zr, 0.3%-1.0% of Mn, 0.01%-2.0% of Si, the total content of the other unlisted metal elements except Al not exceeding 0.5wt%, the balance of Al. The high-strength aluminum alloy powder can effectively inhibit cracks of an AlMg alloy in the 3D printing process and has the remarkable fine grain and precipitation strengthening effect, the yield strength exceeds 400 MPa after heat treatment, the tensile strength exceeds 500 MPa, and the elongation percentage exceeds 10%. The aluminum alloy powder effectively solves the problems that the AlMg alloy is low in strength and poor in formability.

(57) 摘要: 一种用于3D打印的高强铝合金粉及其制备方法, 属于增材制造(又称3D打印)专用材料技术领域。按照质量百分比计算, 该合金的成分为: Mg: 3.0~8.0%、Er: 0.1~1.2%, Zr: 0.5~2.0%、Mn: 0.3~1.0%、Si: 0.01~2.0%、除Al外其他未列出的金属元素总含量不超过0.5wt%, 剩余为Al。所述的高强铝合金粉能够有效抑制AlMg合金3D打印过程中的裂纹, 并且具有显著的细晶和沉淀强化效果, 热处理后屈服强度超过400MPa, 抗拉强度超过500MPa, 延伸率超过10%, 该铝合金粉末有效解决了AlMg合金强度低, 成形性差的问题。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种用于 3D 打印的高强铝合金粉及其制备方法

技术领域

本发明属于增材制造（又称 3D 打印）专用材料技术领域，具体涉及一种 3D 打印高强铝合金粉及其制备方法。

背景技术

增材制造技术又被称之为 3D 打印技术，通过“分层制造、逐层叠加”的原理快速制造出形状和内部结构极其复杂的零件，相比传统的减材制造大量节约了材料和时间成本。在金属 3D 打印领域，选区激光熔化成形(SLM)技术是应用和研究最为广泛的一种激光增材制造技术。铝及铝合金以其密度小，比强度和比刚度高，优异的成型性、焊接性和耐蚀性，良好的导电导热性能等优点在航空航天、交通运输、机械建筑、包装、电子电工等领域具有广泛的应用。但是在增材制造专用材料领域，目前应用最广泛的铝合金主要为 AlSi 合金，如 AlSi10Mg, AlSi12。AlSi 合金在 SLM 工艺下虽然成形性好，无裂纹，但是力学性能较差，屈服强度一般低于 300MPa，延伸率低于 15%。空客集团开发了 Sc-Zr 改性的 AlMg 合金，该合金成形后不但能够抑制裂纹，而且热处理后屈服强度超过 400MPa，延伸率超过 10%。但是 Sc 的价格过于昂贵导致 Sc、Zr 改性的 AlMg 合金粉末价格远高于 AlSi 合金粉末。因此在铝合金增材制造专用材料方面，面临着可使用的材料种类少，力学性能差，价格昂贵等普遍问题。

发明内容

为解决高强铝合金在 3D 打印过程中易开裂，合金元素添加种类单一、价格昂贵的问题，本发明通过 Er-Zr 复合微合金化替代 Sc-Zr 复合微合金化，通过调整添加的 Er、Zr 元素含量的比例关系，通过大量 Zr 元素的添加，抑制了 AlMg 合金的裂纹，又重点发挥 Er-Zr 的协同作用，显著的提升合金强度。由于 Er 的价格远低于 Sc，显著的降低了 3D 打印用的高强铝合金粉末成本。

本发明的技术方案提供了一种 3D 打印高强铝合金粉末，主要包含 Mg、Er、Zr、Si、Mn 元素，以质量百分比计，其中 Mg 含量 3.0~8.0%、Er 含量为 0.1~1.2%、Zr 含量为 0.5~2.0%、Mn 含量为 0.3~1.0%，Si 含量为 0.01~2.0%，除 Al 外其他未列出的金属元素总含量不超过 0.5wt%，剩余为 Al。

作为本发明的实施方式之一，所述铝合金材料，包括如下质量分数的成分：Mg 含量为 3.0~8.0%、Er 含量为 0.3~0.5%、Zr 含量为 1.0~1.2%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 0.01~0.1%，其余为 Al。

作为本发明的实施方式之一，所述铝合金材料，包括如下质量分数的成分：Mg 含量为 3.0~8.0%、Er 含量为 0.5~0.8%、Zr 含量为 1.3~1.6%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 0.01~0.1%，其余为 Al。

作为本发明的实施方式之一，所述铝合金材料，包括如下质量分数的成分：Mg 含量 3.0~8.0%、Er 含量为 0.3~0.5%、Zr 含量为 1.0~1.2%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 1.0~1.6%，其余为 Al。

作为本发明的实施方式之一，所述铝合金材料，包括如下质量分数的成分：Mg 含量 3.0~8.0%、Er 含量为 0.5~0.8%、Zr 含量为 1.3~1.6%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 1.0~1.6%，其余为 Al。

本发明还提供了上述铝合金的制备方法，包括如下步骤：

- (1) 以纯金属/中间合金为原料进行配料；
- (2) 将原料进行加热熔化以及雾化制粉；
- (3) 将收得的金属粉末进行干燥，经分级后得到粒径分布为 15-63 μ m 的粉末。

- (4) 对金属粉末进行筛粉，在真空烘干箱中进行烘干，倒入 3D 打印设备的供粉室中并冲入惰性气体将氧含量降至 0.1%以下。

应用方法：

设计需要打印的零件模型，对三维模型进行添加支撑、切片，3D 打印设备采用优化的成形参数对三维数字模型进行逐层熔化凝固成形。

制备方法中所述的所述雾化为真空气雾化。

制备方法中所述的惰性气体为氩气。

应用方法中所述的逐层熔化凝固成形包括但不限于选区激光熔化（SLM）工艺。其中 SLM 工艺采用的成形参数为：激光功率 300-380W，扫描速度 800-1600mm/s，扫描间距 0.1-0.15mm，层厚为 0.03-0.06mm；

本发明的益处：添加大量的 Zr 元素形成 Al_3Zr 初生相去细化晶粒尺寸，抑制凝固裂纹；添加 Er 元素形成晶界 Al_3Er 相，可以有效阻止热处理过程中晶粒尺寸的粗化；添加 Si 元素能够增加了 Er 和 Zr 的扩散速率，促进 $\text{Al}_3(\text{Er},\text{Zr})$ 沉

淀相大量弥散析出， $\text{Al}_3(\text{Er,Zr})$ 弥散相起到显著的沉淀强化的效果。因此时效热处理后屈服强度超过 400MPa，抗拉强度超过 500MPa，延伸率超过 10%。性能上优于 AlSi 合金，与 Sc-Zr 改性的 AlMg 合金性能相当。但是比 Sc-Zr 改性的高强铝合金粉末在原材料成本上降低了 30 万（每吨）。本发明扩展了 3D 打印 AlMg 合金微合金化添加元素的种类，解决了高强铝合金易开裂，性能差的问题，显著的降低了 3D 打印用高强铝合金的成本。

附图说明

图 1 为本发明实施例 1 制备的 3D 打印高强铝合金粉末形貌图。

图 2 为本发明实施例 1 制备的 3D 打印高强铝合金 SEM 组织图。

图 3 为本发明对比例 1 制备的 3D 打印铝合金 SEM 组织图。

具体实施方式

下面结合实施例和对比例对本发明作进一步说明，此处所采用的实施例是指本发明存在至少一个实现方式，但是本发明还可以采用不同于此实施例的其他方式来实现，因此本发明不受下面公开具体实施例的限制。

除特别说明外，本发明的百分数均为质量百分数，铝合金成分采用本领域的通用表达式，例如 Al-6.0Mg-0.7Mn-0.4Er-1.2Zr 的铝合金成分为：6.0%Mg、0.7%Mn、0.4%Er、1.2%Zr、其余为 Al。

实施例 1

在真空炉中熔炼成分为 Al-6.0Mg-0.7Mn-0.4Er-1.2Zr，控制其他杂质元素含量小于 0.1%。

上述合金粉末的制备方法：

(1) 选用纯 Al、纯 Mg、Al-5.0%Er 中间合金、Al-10.0%Zr 中间合金，Al-20.0%Mn 中间合金，按照一定配比放入坩埚中先抽真空后充入高纯氩气进行熔炼，待充分熔化后在 800-840 度温度区间以及氩气氛围下进行雾化制粉，待液体被粉碎成球形颗粒并冷却后对粉末进行收集和筛粉，最后收得粒径分布在 15-63 μm 之间的粉末（如图 1 所示）。

(2) 将粉末在 100 目的筛网下过筛，并放在真空干燥箱内进行 80 度 6 小时烘干处理。

(3) 设计标准拉伸试样的三维模型，并进行分层切片。采用 SLM Solution

M280 金属打印机, 预热温度 150 度, 成形的激光功率 350W, 扫描速度 1000mm/s, 扫描间距 0.13mm, 层厚 0.03mm 的参数成形标准拉伸试样, 成形后对拉伸试样进行 375 度保温 10 小时热处理。

通过上述方法制备的铝合金通过大量的 Zr 元素的添加, 抑制了内部裂纹(如图 2 所示), 细化了晶粒尺寸, 平均晶粒尺寸仅为 3.3um, Er 元素抑制了热处理过程中的再结晶和晶粒长大, 稳定了晶粒尺寸, 经过 375 度 10 小时热处理后析出大量的 $\text{Al}_3(\text{Er,Zr})$ 沉淀相大幅提高了试样的强度。按照 GB/T 228.1-2010 标准进行力学性能检测, 屈服强度 430MPa, 抗拉强度 500MPa, 延伸率 20%。

实施例 2

在真空炉中熔炼成分为 Al-4.0Mg-0.7Mn-0.8Er-1.5Zr-1.6Si, 控制其他杂质元素含量小于 0.1%。

上述合金粉末的制备方法:

(1) 选用纯 Al、纯 Mg、Al-5.0%Er 中间合金、Al-10.0%Zr 中间合金, Al-20.0%Mn 中间合金和 Al-21.0Si 中间合金, 按照一定配比放入坩埚中先抽真空后充入高纯氩气进行熔炼, 待充分熔化后在 800-820 度温度区间、氩气氛围下进行雾化制粉, 待液体被粉碎成球形颗粒并冷却后对粉末进行收集和筛粉, 最后收得粒径分布在 15-63um 之间的粉末。

(2) 将粉末在 100 目的筛网下过筛, 并放在真空干燥箱内进行 80 度 6 小时烘干处理。

(3) 设计标准拉伸试样的三维模型, 并进行分层切片。采用 SLM Solution M280 金属打印机, 预热温度 200 度, 成形的激光功率 380W, 扫描速度 1250mm/s, 扫描间距 0.13mm, 层厚 0.03mm 的参数成形标准拉伸试样, 成形后对拉伸试样进行 350 度保温 8 小时热处理。

通过上述方法制备的铝合金通过大量的 Zr 元素的添加, 抑制了内部裂纹, 细化了晶粒尺寸, 平均晶粒尺寸约为 2.0um, Er 元素抑制了热处理过程中的再结晶和晶粒长大, 稳定了晶粒尺寸; Si 加速了 Er 和 Zr 元素的扩散速率, 增加了 $\text{Al}_3(\text{Er,Zr})$ 沉淀相的数量, 并且时效过程中析出 Mg_2Si 沉淀相, 提高了试样的强度, 按照 GB/T 228.1-2010 标准进行力学性能检测, 屈服强度 480MPa, 抗拉强度 530MPa, 延伸率 12%。

对比例 1

在真空炉中熔炼成分为 Al-5.0Mg-0.7Mn-0.4Er-0.3Zr，控制其他杂质元素含量小于 0.1%。

上述合金粉末的制备方法：

(1) 选用纯 Al、纯 Mg、Al-5.0%Er 中间合金、Al-10.0%Zr 中间合金，Al-20.0%Mn 中间合金，按照一定配比放入坩埚中先抽真空后充入高纯氩气进行熔炼，待充分熔化后在 800-840 度温度区间、氩气氛围下进行气雾化制粉，待液体被粉碎成球形颗粒并冷却后对粉末进行收集和筛粉，最后收得粒径分布在 15-63um 之间的粉末。

(2) 将粉末在 100 目的筛网下过筛，并放在真空干燥箱内进行 80 度 6 小时烘干处理。

(3) 设计标准拉伸试样的三维模型，并进行分层切片。采用 SLM Solution M280 金属打印机，预热温度 200 度，成形的激光功率 350W，扫描速度 1200mm/s，扫描间距 0.13mm，层厚 0.03mm 的参数成形标准拉伸试样，成形后对拉伸试样进行 375 度保温 10 小时热处理。

对比例中的铝合金 Zr 元素含量不在本发明的权利要求内，成形试样内部产生了大量裂纹（如图 3 所示）并且晶粒尺寸粗大，平均晶粒尺寸为 12um；时效前试样成形态硬度 115HV，峰时效后硬度 122HV 并没有大幅提高，这意味着析出的沉淀相数量少，无显著的沉淀强化效果；按照 GB/T 228.1-2010 标准进行力学性能检测，由于裂纹的存在，屈服强度仅为 170MPa，抗拉强度 210MPa，延伸率 2%。

1.一种用于 3D 打印的高强铝合金粉末,其特征在于,所述的铝合金粉末主要包括 Mg、Er、Zr、Si、Mn 合金元素,以质量百分比计,Mg 的含量 3.0~8.0%、Er 含量为 0.1~1.2%、Zr 含量为 0.5~2.0%、Mn 含量为 0.3~1.0%、Si 含量为 0.01~2.0%,除 Al 外其他未列出的金属元素总含量不超过 0.5wt%,剩余为 Al。

2.如权利要求 1 所述的铝合金粉末,其特征在于,包括如下质量分数的成分: Mg 含量为 3.0~8.0%、Er 含量为 0.3~0.5%、Zr 含量为 1.0~1.2%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 0.01~0.1%,其余为 Al;

或所述铝合金粉末,包括如下质量分数的成分: Mg 含量为 3.0~8.0%、Er 含量为 0.5~0.8%、Zr 含量为 1.3~1.6%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 0.01~0.1%,其余为 Al;

或所述的铝合金粉末,包括如下质量分数的成分: Mg 含量 3.0~8.0%、Er 含量为 0.3~0.5%、Zr 含量为 1.0~1.2%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 1.0~1.6%,其余为 Al;

或所述的铝合金粉末,包括如下质量分数的成分: Mg 含量 3.0~8.0%, Er 含量为 0.5~0.8%、Zr 含量为 1.3~1.6%、Mn 含量为 0.5~0.8%、Si 含量为 1.0~1.6%,其余为 Al。

3.权利要求 1 或 2 所述的铝合金粉末的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 以纯金属/中间合金为原料进行配料;

(2) 将原料进行加热熔化以及雾化制粉;

(3) 将收得的金属粉末进行干燥,经分级后得到粒径分布为 15-63 μm 的粉末。

(4) 对金属粉末进行筛粉,在真空烘干箱中进行烘干,倒入 3D 打印设备的供粉室中并冲入惰性气体将氧含量降至 0.1%以下。

4. 如权利要求 3 所述的制备方法,其特征在于,所述雾化为真空气雾化。

5. 如权利要求 3 所述的制备方法,其特征在于,所述的惰性气体为氩气。

6. 权利要求 1 或 2 所述的铝合金粉末的应用方法,其特征在于,铝合金粉末倒入 3D 打印设备的供粉室中并冲入惰性气体将氧含量降至 0.1%以下后,设计需要打印的零件模型,对三维模型进行添加支撑、切片,3D 打印设备采用优化的成形参数对三维数字模型进行逐层熔化凝固成形。

7. 如权利要求 6 所述的制备方法，其特征在于逐层熔化凝固成形包括但不限于选区激光熔化（SLM）工艺；其中 SLM 工艺采用的成形参数为：激光功率 300-380W，扫描速度 800-1600mm/s，扫描间距 0.1-0.15mm，层厚为 0.03-0.06mm。

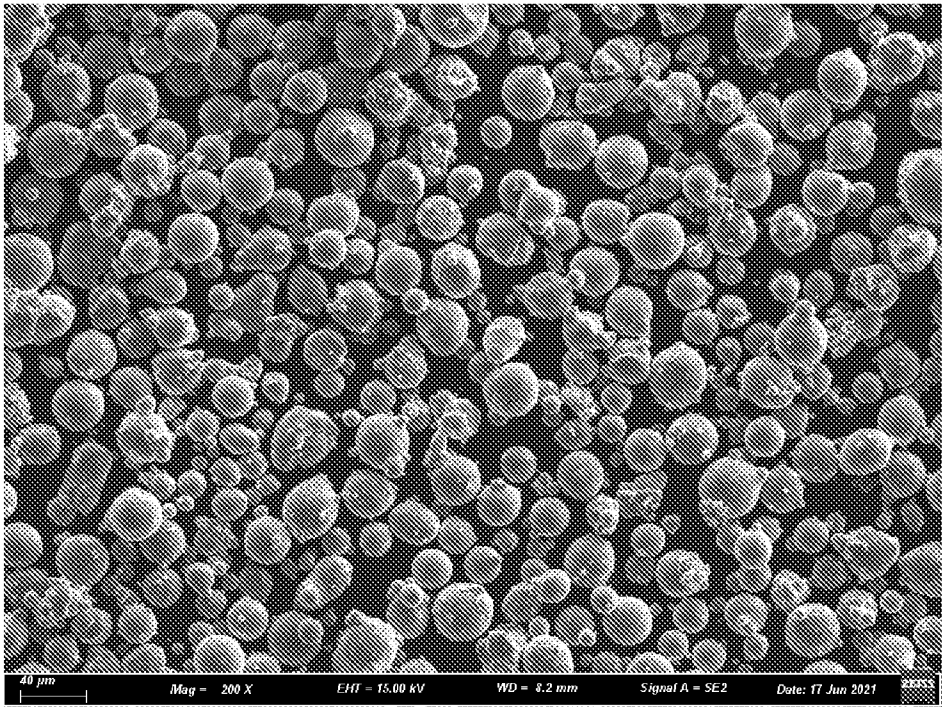


图 1

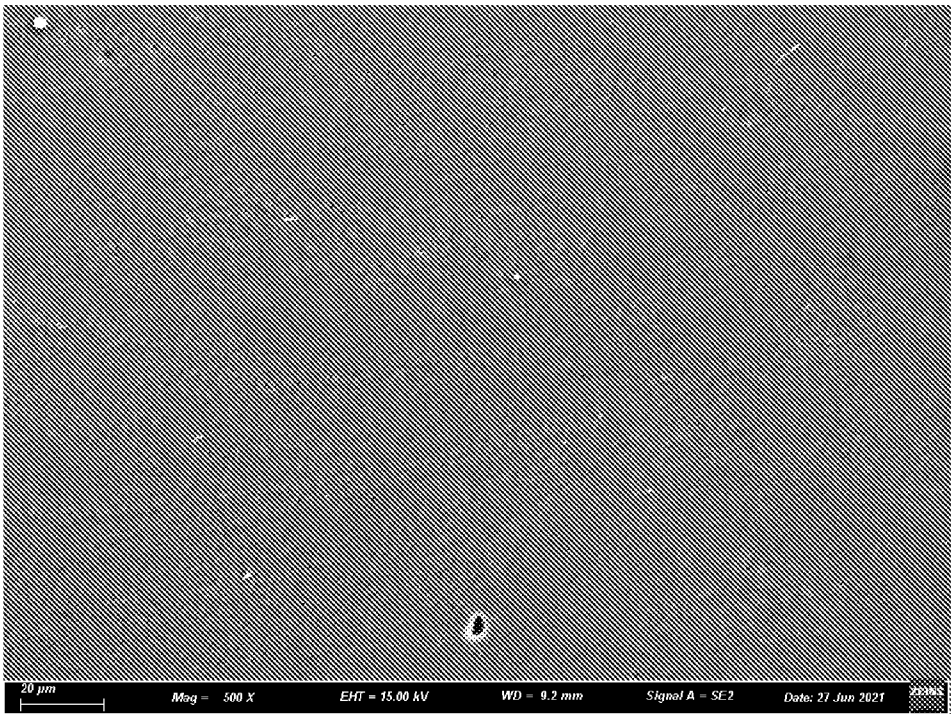


图 2

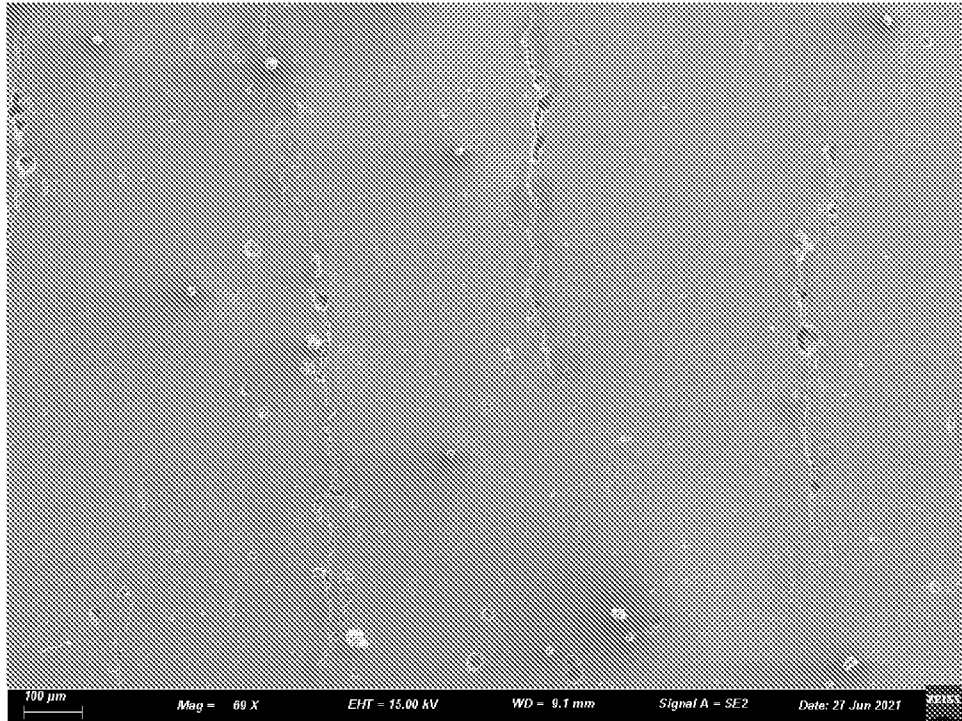


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/121982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 21/08(2006.01)i; B22F 9/08(2006.01)i; B22F 10/28(2021.01)i; B33Y 70/00(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C,B22F,B33Y

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, 中国期刊网全文数据库 CNKI, SIPOABS, DWPI, WOTXT, EPTXT, USTXT, JPTXT, ISI Web of Science: 北京工业大学, 聂祚仁, 郭彦梧, 黄晖, 魏午, 文胜平, 高坤元, 吴晓蓝, 荣莉, 3D, 打印, 激光, 选区, 增材, 三维, 铝, 铅, 铟, 镁, 硅, 锰, 雾化, Al, Mn, Mg, Er, Zr, Si, alumin?um, silicon, magnesium, manganese, zirconium, erbium, three dimension+, laser, selective, additive, atomiz+, print+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 113025853 A (BEIJING AMC POWDERS METALLURGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) description, paragraphs [0021]-[0030] and [0033]	1, 3-7
Y	CN 113025853 A (BEIJING AMC POWDERS METALLURGY TECHNOLOGY CO., LTD.) 25 June 2021 (2021-06-25) description, paragraphs [0021]-[0030] and [0033]	3-7,
Y	CN 108796320 A (HUNAN ORIENTAL SCANDIUM INDUSTRY CO., LTD.) 13 November 2018 (2018-11-13) description, paragraphs [0005]-[0009]	2-7
Y	CN 109338182 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 15 February 2019 (2019-02-15) description, paragraph [0008]	2-7
Y	CN 110184512 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 30 August 2019 (2019-08-30) description, paragraph [0006]	2-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 April 2022

Date of mailing of the international search report

13 May 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/121982

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2019194869 A2 (QUESTEK INNOVATIONS LLC.) 10 October 2019 (2019-10-10) description, paragraph [0008]	2-7
A	CN 111872386 A (TONGJI UNIVERSITY) 03 November 2020 (2020-11-03) entire description	2-7
A	CN 105369084 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 02 March 2016 (2016-03-02) entire description	1-7
A	WO 2020125553 A1 (CRRC ACADEMY CO., LTD. et al.) 25 June 2020 (2020-06-25) entire description	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/121982

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113025853	A	25 June 2021	None			
CN	108796320	A	13 November 2018	None			
CN	109338182	A	15 February 2019	None			
CN	110184512	A	30 August 2019	None			
WO	2019194869	A2	10 October 2019	US	2020370149	A1	26 November 2020
				US	2020385845	A1	10 December 2020
				JP	2021504579	A	15 February 2021
				WO	2019108596	A1	06 June 2019
				EP	3717245	A2	07 October 2020
				JP	2021504578	A	15 February 2021
				EP	3717150	A1	07 October 2020
CN	111872386	A	03 November 2020	None			
CN	105369084	A	02 March 2016	None			
WO	2020125553	A1	25 June 2020	CN	109487126	A	19 March 2019
				EP	3851548	A1	21 July 2021

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/121982

A. 主题的分类

C22C 21/08 (2006.01) i; B22F 9/08 (2006.01) i; B22F 10/28 (2021.01) i; B33Y 70/00 (2020.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

C22C, B22F, B33Y

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNABS, CNTXT, 中国期刊网全文数据库, SIPOABS, DWPI, WOTXT, EPTXT, USTXT, JPTXT, ISI Web of Science; 北京工业大学, 聂祚仁, 郭彦梧, 黄晖, 魏午, 文胜平, 高坤元, 吴晓蓝, 荣莉, 3D, 打印, 激光, 选区, 增材, 三维, 铝, 锆, 钼, 镁, 硅, 锰, 雾化, Al, Mn, Mg, Er, Zr, Si, aluminum, silicon, magnesium, manganese, zirconium, erbium, three dimension+, laser, selective, additive, atomiz+, print+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 113025853 A (中航迈特粉冶科技北京有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 说明书第[0021]-[0030]、[0033]段	1, 3-7
Y	CN 113025853 A (中航迈特粉冶科技北京有限公司) 2021年6月25日 (2021 - 06 - 25) 说明书第[0021]-[0030]、[0033]段	3-7
Y	CN 108796320 A (湖南东方钨业股份有限公司) 2018年11月13日 (2018 - 11 - 13) 说明书第[0005]-[0009]段	2-7
Y	CN 109338182 A (江苏科技大学) 2019年2月15日 (2019 - 02 - 15) 说明书第[0008]段	2-7
Y	CN 110184512 A (中南大学) 2019年8月30日 (2019 - 08 - 30) 说明书第[0006]段	2-7
Y	WO 2019194869 A2 (QUESTEK INNOVATIONS LLC.) 2019年10月10日 (2019 - 10 - 10) 说明书第[0008]段	2-7
A	CN 111872386 A (同济大学) 2020年11月3日 (2020 - 11 - 03) 说明书全文	2-7

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年4月21日

国际检索报告邮寄日期

2022年5月13日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

于霞

电话号码 (86-10)-53962686

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105369084 A (北京工业大学) 2016年3月2日 (2016 - 03 - 02) 说明书全文	1-7
A	W0 2020125553 A1 (CRRC ACADEMY CO., LTD. 等) 2020年6月25日 (2020 - 06 - 25) 说明书全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/121982

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	113025853	A	2021年6月25日	无			
CN	108796320	A	2018年11月13日	无			
CN	109338182	A	2019年2月15日	无			
CN	110184512	A	2019年8月30日	无			
WO	2019194869	A2	2019年10月10日	US	2020370149	A1	2020年11月26日
				US	2020385845	A1	2020年12月10日
				JP	2021504579	A	2021年2月15日
				WO	2019108596	A1	2019年6月6日
				EP	3717245	A2	2020年10月7日
				JP	2021504578	A	2021年2月15日
				EP	3717150	A1	2020年10月7日
CN	111872386	A	2020年11月3日	无			
CN	105369084	A	2016年3月2日	无			
WO	2020125553	A1	2020年6月25日	CN	109487126	A	2019年3月19日
				EP	3851548	A1	2021年7月21日