

(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
2020 年 4 月 2 日 (02.04.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/063620 A1

- (51) 国际专利分类号:
B22F 9/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/107697
- (22) 国际申请日: 2019 年 9 月 25 日 (25.09.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811116484.0 2018 年 9 月 25 日 (25.09.2018) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学 (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国辽宁省大连市高新园区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。王 晓明 (WANG, Xiaoming) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。朱 胜 (ZHU, Sheng) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。赵 阳 (ZHAO, Yang) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。王 思 捷 (WANG, Sijie) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。

(CN)。韩国峰 (HAN, Guofeng) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。石 晶 (SHI, Jing) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。常 青 (CHANG, Qing) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。任智强 (REN, Zhiqiang) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。滕 涛 (TENG, Tao) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。孙 瑜 (SUN, Yu) [CN/CN]; 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing 100072 (CN)。

- (72) 发明人: 董 伟 (DONG, Wei); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。许 富民 (XU, Fumin); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。孟 瑶 (MENG, Yao); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路 2 号, Liaoning 116024 (CN)。朱 胜 (ZHU, Sheng); 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing (CN)。王 晓明 (WANG, Xiaoming); 中国北京市丰台区杜家坎 21 号, Beijing (CN)。白兆丰 (BAI, Zhaofeng);

(54) Title: DROPLET-BY-DROPLET CENTRIFUGAL ATOMIZATION MANNER-BASED DEVICE AND METHOD FOR EFFICIENTLY PREPARING LOW-MELTING-POINT SPHERICAL METAL POWDERS

(54) 发明名称: 一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置及方法

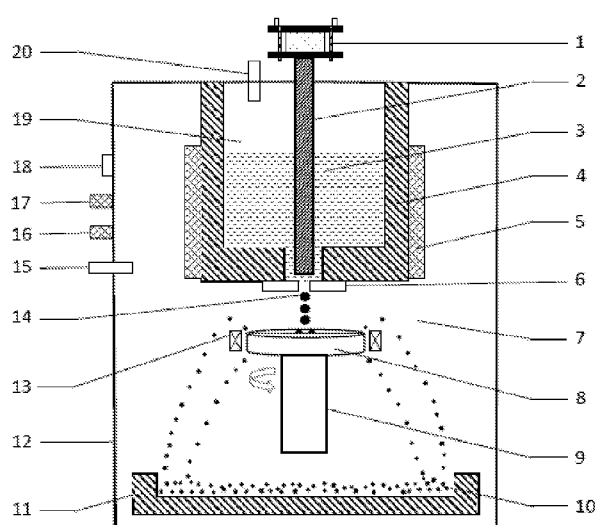


图 1

(57) Abstract: A droplet-by-droplet (14) centrifugal atomization manner-based device and method for efficiently preparing low-melting-point spherical metal powders (10). Said device comprises a housing (12), and a crucible (4) and a powder collection area which are provided in the housing (12); a rotary disc (8) is of an embedded structure, a main body thereof being made of a material with poor thermal conductivity, an atomization flat surface (23) is made of a metal material with a wetting angle thereof with the droplet (14) being less than 90°; a vent hole (24) is provided along the axis of the rotary disc (8) to improve the stability of the disc during rotation; and an induction heating coil (13) is provided outside the rotary disc (8). By combining the pulse micropore ejection manner and the centrifugal atomization manner, fitting with the structure of the rotary disc (8) and performing induction heating on the surface of the rotary disc (8), the present invention makes a breakthrough in the conventional molten metal discretization manner of a metal liquid, achieves the fibrous discretization manner which is achieved only when the atomization medium is an aqueous solution or organic solution, makes leaps in progress in ultra-fineness, and produces low-melting-point ultra-fine spherical metal powders that



中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。王延洋(WANG, Yanyang); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。韩阳(HAN, Yang); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。李国斌(LI, Guobin); 中国辽宁省大连市高新园区凌工路2号, Liaoning 116024 (CN)。赵阳(ZHAO, Yang); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。石晶(SHI, Jing); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。韩国峰(HAN, Guofeng); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。王思捷(WANG, Sijie); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。常青(CHANG, Qing); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。任智强(REN, Zhiqiang); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。滕涛(TENG, Tao); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。孙瑜(SUN, Yu); 中国北京市丰台区杜家坎21号, Beijing (CN)。

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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(74) 代理人: 大连东方专利代理有限责任公司 (DALIAN EAST PATENT AGENT LTD.); 中国辽宁省大连市西岗区黄河路263号608室, Liaoning 116011 (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

satisfy use requirements, are highly spherical and have good mobility and spreadability, without causing satellite droplet.

(57) 摘要: 一种逐液滴(14)离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末(10)的装置及方法。装置包括壳体(12)、设置于壳体(12)内的坩埚(4)和粉末收集区, 转盘(8)为镶嵌式结构, 主体选择导热性较差的材料, 雾化平面(23)选择与液滴(14)的润湿角小于90°的金属材料, 在转盘(8)轴线上增加通气孔(24)提高圆盘转动时的稳定性, 转盘(8)外设有感应加热线圈(13)。结合脉冲微孔喷射法和离心雾化法, 配合转盘(8)结构并对转盘(8)表面感应加热, 从而使金属液突破了传统熔融金属的分裂模式, 实现了只有当雾化介质为水溶液或有机溶液时才能实现的纤维状分裂方式, 在超微细化方面取得飞跃进步, 制得圆球度高、有良好流动性和铺展性、无卫星滴的符合使用要求的低熔点超微细金属球形粉末。

一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置及方法

技术领域

- 5 本发明属于超细球形微粒子制备技术领域，具体而言，尤其涉及一种利用逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置及方法。

背景技术

- 10 球形金属粉末作为一种重要的工业原料，在 3D 打印、电子封装、半导体集成电路、新能源等领域得到了广泛的应用。随着设备微型化、高精度的发展，上述领域对球形粉末及其制备技术提出了更高的要求，特别是金属粉末快速成型领域。

- 15 目前全球对金属材料进行 3D 打印的需求十分迫切，如不锈钢、钛合金、镍基合金、银和金等，但目前这些打印技术还未能得到快速发展，其中金属粉末制备技术成为制约 3D 打印技术发展的关键问题之一。3D 打印技术要求金属粉末需满足粒径细小、粒度分布窄、球形度高、易铺展、流动性好和松装密度高等性能。但国内所用粉末大部分都依赖进口，远远无法满足 3D 打印的要求。因此，探索一种制备效率高、粉末质量高的超微细金属球形粉末的制备方法意义重大。

- 20 目前国内外生产球形金属粉末的方法主要有：雾化法和近几年新兴的脉冲微孔喷射法。雾化法制得的粉末粒径分布宽，必须经过多次筛选才能得到满足要求的粉末，成品率低；雾化粉末中含有大量的卫星滴，使其流动性和铺展性下降；此外，在传统离心雾化过程中，当熔体温度及转速过高时，熔体极易发生侧滑，严重影响雾化效率。脉冲微孔喷射法制得的粉末虽然球形度高，粒径均一，但是该方法制备小粒径粒子时效率不高，且应用范围受到限制。

- 25 因此，这两种方法生产的粉末都无法满足要求，研发一种制备效率高、粉末质量高的超微细金属球形粉末的制备方法意义重大。

发明内容

根据上述提出的 3D 打印用金属粉末制备过程中存在的流动性及铺展性差、成品率

低、效率低等问题，而提供一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置及方法。本发明主要结合脉冲微孔液滴喷射法和离心雾化法两种方法，同时对转盘进行结构设计，且对圆盘表面进行感应加热，从而使熔融金属液突破了传统熔融金属的分裂模式，实现了只有当雾化介质为水溶液或有机溶液时才能实现的纤维状分裂方式，与现有的离心雾化技术相比较，这种线状分裂模式下雾化得到的粉末在超微细化方面可取得飞跃进步，从而可以制备得到粒径非常小、粒径分布区间窄且可控、圆球度高、有良好流动性和铺展性、无卫星滴、雾化效率高、细粉收得率非常高的符合 3D 打印使用要求的超微细金属球形粉末。

本发明采用的技术手段如下：

10 一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，包括壳体、设置于所述壳体内的坩埚和粉末收集区，所述粉末收集区置于所述壳体的底部，所述坩埚置于所述粉末收集区的上部，所述坩埚上设有与设置在所述壳体外部的压电陶瓷相连的传动杆，所述传动杆的下端对着所述坩埚底部的中心孔，所述中心孔底部装有带小孔的垫片；所述坩埚内部设有热电偶，所述坩埚外部设有环形电阻加热器；

15 所述壳体上设有伸入于所述坩埚内的坩埚进气管，所述壳体的侧壁上还设有与所述坩埚相连通的机械泵和扩散泵，所述壳体上还设有腔体进气口和腔体排气阀；

所述粉末收集区包括设置在所述壳体底部的收集盘和设置于所述收集盘上方的与电机相连的用于雾化金属液滴的转盘；

所述转盘包括基体，雾化平面和通气孔；

20 所述基体由上部的承接部和下部的支撑部构成的纵截面呈类“T型”的主体结构，所述承接部上表面设有与其圆心同轴的具有一定半径的圆形凹槽；其中，所述基体采用导热性小于 20W/m/k 的材料制成；

所述雾化平面为圆盘结构，所述圆盘结构与所述圆形凹槽相匹配且与圆形凹槽过盈配合，所述雾化平面采用与雾化金属液滴润湿角小于 90° 的材料制成；

25 所述通气孔贯通设置在所述承接部及所述支撑部内，所述通气孔的上端面与所述雾化平面的下端面接触，所述通气孔的下端与外界连通；即通气口设置在转盘的轴线位置。

所述转盘的外围还设有感应加热线圈。

优选地，基体的高度为 10-20mm，支撑部的高度不宜太高，小于承接部的高度为宜。

所述雾化平面的上端面凸出于所述承接部上端面，凸出范围为 0.1-0.5mm。凸出高度只要满足利于离散金属液滴不接触基体，直接飞到腔室内落入收集盘内即可。所述承接部的直径范围在 10-100mm，所述圆形凹槽的直径范围在 5-90mm。

5 所述基体采用二氧化锆陶瓷、二氧化硅玻璃或不锈钢制成，不局限于上述几种材质，只要满足导热性小于 20W/m/k 的材料均可。所述通气孔的上端面小于等于所述雾化平面的下端面，通气孔设置的目的是为了在抽真空时可以将转盘内间隙的气体抽得更干净，转盘高速旋转时更加安全，因此通气孔的上端面与雾化平面的下端面的接触面积越大抽真空时雾化平面的稳定性越好。

10 所述壳体的体积要足够液滴经离心破碎后飞行降落到底部的收集盘内的范围，能够保证不会凝固在壳体的内壁上，收集盘的面积要保证足够大能够收集粉末即可。

进一步地，所述坩埚底部的中心孔直径大于带小孔的垫片的小孔直径，所述带小孔的垫片的小孔直径范围在 0.02mm-2.0mm 之间。

进一步地，所述带小孔的垫片材料与置于所述坩埚内的熔体的润湿角大于 90°。

进一步地，所述转盘的转速为 10000rpm-50000rpm。

15 进一步地，所述感应加热线圈的加热厚度范围在 5-20mm 之间，它与设置在所述壳体外的变频器和稳压电源相连，所述稳压电源的电压控制范围在 0-50V 之间。

进一步地，在所述装置自上而下的方向上，所述压电陶瓷、所述传动杆、所述坩埚、所述环形式电阻加热器、所述垫片、所述转盘以及所述感应加热线圈位于同一轴线上。目的是为了液滴可以滴落在转盘中心位置，在离心力的作用下可以更好的铺展与雾化平面。
20

本发明公开了一种采用上述的装置逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，其特征在于包括如下步骤，

①装料：将原材料焊丝剪到预设的平均长度后，装入设置在壳体上部的坩埚内，手动调整高度方向上，感应加热线圈位置至转盘为预设距离后密封壳体；

25 ②抽真空：利用机械泵和扩散泵对所述坩埚和所述壳体抽真空，并充入高纯度惰性保护气体，使壳体内压力达到预设值；

③电阻加热：根据待加热原材料的熔点设定使用环形电阻加热器的加热参数，并通过所述坩埚内设置的热电偶实时监测所述坩埚内的温度，待金属材料完全熔化后保温；

④感应加热：利用电机使所述转盘在预设转速下高速旋转，接着利用感应加热线圈将高速旋转的转盘上表面加热到金属材料的熔点温度以上；

⑤粉末制备：首先，手动调整传动杆的位置至传动杆与带小孔的垫片之间为预设距离；其次，通过设置在所述壳体上并伸入于所述坩埚内的坩埚进气管将高纯度惰性保护
5 气体通入，使所述坩埚内外形成正压力差，促使熔体填满所述坩埚底部的中心孔；最后，给压电陶瓷输入一定波型的脉冲信号，所述压电陶瓷产生向下位移，由与所述压电陶瓷相连的传动杆传递给中心孔附近区域的熔体，使得熔体从中心孔底部的带小孔的垫片喷出形成均匀液滴；

均匀液滴自由降落在高速旋转的转盘上，熔融状态下的均匀液滴，先滴落在转盘的
10 中心，由于此时离心力较小，液滴不会被马上离散出去，而是会呈圆形铺展在转盘上，当铺展到一定范围离心力足够大时，铺展的金属会在离心力的作用下，在转盘上呈纤维线状离散至转盘边缘，最后分裂成微小的液滴飞出，微液滴在下落过程中无容器凝固，形成金属粉末，降落至收集盘上，同时将传动杆恢复初始状态。

⑥粒子收集：用设置于所述壳体底部的收集盘收集金属粉末。

15 进一步地，所述原材料的平均长度为 3mm-10mm，原材料放入量为所述坩埚容积的 1/4-3/4。

进一步地，手动调整感应加热线圈位置比转盘高 1-2mm。

进一步地，所述感应加热线圈的感应加热电压范围为 0-50V，感应加热时间为 5-15min。

20 进一步地，所述高纯度惰性保护气体为氩气或氦气，将该气体充入壳体内，使所述壳体内抽真空后的压力达到 0.1MPa，金属材料完全熔化后保温时间为 15-20 分钟；所述坩埚与所述壳体内产生的差压为 0-200kPa。

与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

25 本发明设计了一种脉冲微孔喷射法与离心雾化法相结合使金属液滴在纤维状分裂模式下高效制备超细金属球形粉末的装置，坩埚中熔化的金属材料在差压和脉冲扰动的作用下，通过坩埚底部的小孔喷出，形成均匀液滴，液滴降落在高速旋转的转盘上，由于感应加热的作用，均匀液滴到达转盘上表面时还处于熔融状态，由于液滴金属与转盘上表面材料有较好的润湿性，液滴金属能完全铺展在雾化表面而不被弹出，在离心力的作用下，均匀液滴会在转盘上呈纤维状铺展，并在转盘边缘离散成更加微小的液滴，沿纤

维状铺展的轨迹飞出，飞出的微液滴经自由降落凝固形成金属粉末。传统的脉冲微孔喷射法生产的金属粒子粒径可控，但单孔制备粒子的产量不足以满足日益增加的需求量。本发明将脉冲微孔喷射法与离心雾化法相结合，同时对旋转圆盘进行结构设计，选择与金属材料润湿性好的材料作为雾化平面，且增加了感应加热装置，使熔融金属实现了纤维状分裂方式，这种分裂方式有效地减小了雾化所得粉末的直径，且极大地提高了金属粉末的生产率，因此，通过两种方法的结合，得到的金属粉末粒径细小、粒径分布区间窄、球形度高、粒径分布可控、热履历一致，细粉收得率高，满足工业生产的要求。

本发明的工艺方法可控性强，表现在如下几点：通过环形电阻加热器可精确控制坩埚的加热温度，通过向坩埚与壳体内通入惰性气体，可控制坩埚与壳体内的压力差；坩埚底部带小孔的垫片的小孔的尺寸可以控制均匀液滴的尺寸；感应加热线圈可以控制转盘表面的温度，防止转盘因高速旋转而导致的表面温度降低，使熔融金属提前凝固；转盘的转速可控，可以控制熔融金属的纤维状分裂效果，从而可以进一步控制金属微粒子的粒径分布；工艺参数的可调节与可控制，可以得到满足不同要求的粒径尺寸及分布的球形金属粉末，且生产效率高。

本发明可以通过熔融金属的纤维状分裂高效制备出满足 3D 打印要求的金属粉末，粒径可控、粒径细小、粒径分布区间窄，球形度高、无卫星滴、流动性与铺展性良好、热履历一致，生产效率非常高，生产成本低，可以用于工业生产。

附图说明

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做以简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，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。

图 1 为本发明的结构示意图。

图 2 为本发明转盘的结构示意图。

图 3 为采用本发明装置及方法制备的粉末与未改进的装置制得的粉末的对比图，其中，（a）为本发明制备的粉末，（b）为现有技术制备的粉末。

图 4 为本发明的转盘在实验后其表面与原转盘实验后的表面对比图，其中，（a）为

呈纤维状分裂的转盘表面，（b）为现有技术中转盘表面。

图 5 为本发明的转盘表面液流线图，其中，（a）为转盘中间部位液流线，（b）为转盘边缘液流线。

图中：1、压电陶瓷；2、传动杆；3、熔体；4、坩埚；5、环形电阻加热器；6、带小孔的垫片；7、腔体；8、转盘；9、电机；10、金属粉末；11、收集盘；12、壳体；13、感应加热线圈；14、液滴；15、腔体进气管；16、机械泵；17、扩散泵；18、腔体排气阀；19、坩埚腔；20、坩埚进气管；21、承接部；22、支撑部；23、雾化平面；24、通气孔。

10 具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，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。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的，决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。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。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

除非另外具体说明，否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、数字表达式和数值不限制本发明的范围。同时，应当清楚，为了便于描述，附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论，但在适当情况下，所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中，任向具体值应被解释为仅仅是示例性的，而不是作为限制。因此，示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。应

注意到：相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步讨论。

在本发明的描述中，需要理解的是，方位词如“前、后、上、下、左、右”、“横向、竖向、垂直、水平”和“顶、底”等所指示的方位或位置关系通常是基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，在未作相反说明的情况下，5 这些方位词并不指示和暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位或者以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明保护范围的限制：方位词“内、外”是指相对于各部件本身的轮廓的内外。

为了便于描述，在这里可以使用空间相对术语，如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等，用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是，空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如，如果附图中的器件被倒置，10 则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其位器件或构造之下”。因而，示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位（旋转 90 度或处于其他方位），并且对这里所使用的空间相对描述作出相应解释。

此外，需要说明的是，使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件，仅仅是为了便于对相应零部件进行区别，如没有另行声明，上述词语并没有特殊含义，因此不能理20 解为对本发明保护范围的限制。

如图 1 所示，本发明提供了一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，包括壳体 12、设置于所述壳体 12 内的坩埚 4 和粉末收集区，所述粉末收集区置于所述壳体 12 的底部，所述坩埚 4 置于所述粉末收集区的上部，所述坩埚 4 上设有与设置在所述壳体 12 外部的压电陶瓷 1 相连的传动杆 2，所述传动杆 2 的下端对着所述坩埚 4 25 底部的中心孔，所述中心孔底部装有带小孔的垫片 6；所述坩埚 4 内部设有热电偶，所述坩埚 4 外部设有环形电阻加热器 5；所述坩埚 4 底部的中心孔直径大于带小孔的垫片 6 的小孔直径，所述带小孔的垫片 6 的小孔直径范围在 0.02mm-2.0mm 之间。所述带小孔的垫片 6 的材料与置于所述坩埚内的熔体 3 的润湿角大于 90°。

所述壳体 12 上设有伸入于所述坩埚 4 内的坩埚进气管 20，所述壳体 12 的侧壁上还

设有与所述坩埚 4 相连通的机械泵 16 和扩散泵 17, 所述壳体 12 上还设有腔体进气口 15 和腔体排气阀 18;

所述粉末收集区包括设置在所述壳体底部的收集盘 11 和设置于所述收集盘 11 上方的与电机 9 相连的用于雾化金属液滴 14 的转盘 8;

5 如图 2 所示, 所述转盘 8 包括基体, 雾化平面 23 和通气孔 24;

所述基体由上部的承接部 21 和下部的支撑部 22 构成的纵截面呈类“T 型”的主体结构, 所述承接部 21 上表面设有与其圆心同轴的具有一定半径的圆形凹槽; 其中, 所述基体采用导热性小于 20W/m/k 的材料制成;

10 所述雾化平面 23 为圆盘结构, 所述圆盘结构与所述圆形凹槽相匹配且与所述圆形凹槽过盈配合, 所述雾化平面 23 采用与雾化金属液滴 14 润湿角小于 90° 的材料制成;

所述通气孔 24 贯通设置在所述承接部 21 及所述支撑部 22 内, 所述通气孔 24 的上端面与所述雾化平面 23 的下端面接触, 所述通气孔 24 的下端与外界连通;

15 优选地, 基体的高度为 10-20mm, 支撑部 22 的高度不宜太高, 小于承接部 21 的高度为宜。所述雾化平面 23 的上端面凸出于所述承接部 21 上端面, 凸出范围为 0.1-0.5mm。凸出高度只要满足利于离散的熔融液滴 14 不接触基体, 直接飞到腔室内落入收集盘内即可。所述承接部 21 的直径范围在 10-100mm, 所述圆形凹槽的直径范围在 5-90mm。

所述壳体 12 的体积要足够熔融液滴 14 经离心破碎后飞行降落到底部的收集盘 11 内的范围, 能够保证不会凝固在壳体 12 的内壁上, 收集盘 11 的面积要保证足够大能够收集金属粉末 10 即可。

20 所述基体采用二氧化锆陶瓷、二氧化硅玻璃或不锈钢制成, 不局限于上述几种材质, 只要满足导热性小于 20W/m/k 的材料均可。所述通气孔 24 的上端面小于等于所述雾化平面 23 的下端面, 通气孔 24 设置的目的是为了在抽真空时可以将转盘 8 内间隙的气体抽的更干净, 转盘 8 高速旋转时更加安全, 因此通气孔 24 的上端面与雾化平面 23 的下端面的接触面积越大抽真空时雾化平面 23 的稳定性越好。

25 所述转盘 8 的外围还设有感应加热线圈 13。所述转盘 8 的转速为 10000rpm-50000rpm。所述感应加热线圈 13 的加热厚度范围在 5-20mm 之间, 它与设置在所述壳体 12 外的变频器和稳压电源相连, 所述稳压电源的电压控制范围在 0-50V 之间。

在所述装置自上而下的方向上, 所述压电陶瓷 1、所述传动杆 2、所述坩埚 4、所述

环形式电阻加热器 5、所述垫片 6、所述转盘 8 以及所述感应加热线圈 13 位于同一轴线上。目的是为了液滴可以滴落在转盘中心位置，在离心力的作用下可以更好的铺展与雾化平面。

工作时，机械泵 16 和扩散泵 17 用于对壳体 12 和坩埚 4 抽真空；坩埚 4 底部装有带小孔的垫片 6，利用环形电阻加热器 5 对坩埚 4 中需制备的原材料进行加热，并通过坩埚进气管 20 和腔体进气管 15 向坩埚 4 和壳体 12 中通入高纯度惰性保护气体，如氦气、氩气，使坩埚 4 和壳体 12 之间保持一定的正压力差，在压电陶瓷 1 和正压力差的共同作用下，熔融液滴 14 在带小孔的垫片 6 附近产生；带小孔的垫片 6 附近产生的熔融液滴 14 自由降落在高速旋转的转盘 8 上，转盘 8 外围的感应加热线圈 13 使得转盘 8 的上表面温度保持在要制备的金属材料的熔点以上，熔融状态下的均匀熔融液滴 14 自由降落在转盘 8 的中心，由于此时离心力较小，液滴 14 不会被马上离散出去，而是会呈圆形铺展在转盘 8 上，当铺展到一定范围离心力足够大时，铺展的金属会在离心力的作用下，在转盘 8 上呈纤维线状离散至转盘 8 边缘，最后分裂成微小的液滴飞出，微液滴在下落过程中无容器凝固，形成金属粉末 10，降落至收集盘 11 上，同时将传动杆 2 恢复初始状态。

15 本发明还公开了一种采用上述的装置逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，包括如下步骤，

①装料：将原材料焊丝剪成 2-10mm 的小段，装入设置在壳体 12 上部的坩埚 4 内，手动调整高度方向上，感应加热线圈 13 位置比转盘 8 高 1-2mm 后密封壳体 12；

20 ②抽真空：利用机械泵 16 和扩散泵 17 对所述坩埚 4 和所述壳体 12 抽真空，并充入高纯度惰性保护气体氩气，使壳体 12 内压力达到 0.1MPa；

③电阻加热：设置环形电阻加热器 5 的加热温度为 220-300℃，加热速度为 10-30℃/min，并通过所述坩埚 4 内设置的热电偶实时监测所述坩埚 4 内的温度，待金属材料完全熔化后得到熔体 3 并保温 10-20 分钟；

25 ④感应加热：利用电机 9 使所述转盘 8 在预设转速下高速旋转，接着使用感应加热线圈 13 将高速旋转的转盘 8 表面加热到金属材料的熔点温度以上，转盘为镶铜不锈钢圆盘，转速为 10000rpm-50000rpm，感应加热电压范围为 0-50V，感应加热时间为 5-15min；

⑤粉末制备：手动调节传动杆 2 的位置，使传动杆 2 与带小孔的垫片 6 相距 2-5mm，通过设置在所述壳体 12 上并伸入于所述坩埚内的坩埚进气管 20 将高纯度惰性保

护气体通入，使坩埚 4 与所述壳体 12 内产生 0-200kPa 的正差压，促使熔体 3 填满所述坩埚 4 底部的中心孔；给压电陶瓷 1 输入一定波型的脉冲信号，使压电陶瓷 1 产生向下位移，由与所述压电陶瓷 1 相连的传动杆 2 传递给中心孔附近区域的熔体 3，使得熔体 3 从中心孔底部的带小孔的垫片 6 喷出形成均匀液滴 14；

- 5 均匀液滴 14 自由降落在高速旋转的转盘 8 上，熔融状态下的均匀液滴 14 在离心力的作用下，会在转盘 8 上呈纤维状铺展，分裂成微小的液滴飞出，微液滴在下落过程中无容器凝固，形成金属粉末 10，降落至收集盘 11 上。

⑥粒子收集：用设置于所述壳体 12 底部的收集盘 11 收集金属粉末 10。

10 实施例 1

批量制备 Sn63Pb37 合金球形粉末的具体实施方式：

- 15 将 Sn63Pb37 焊丝剪成 5mm 左右的小段，进行超声震动清洗后放入坩埚 4 中，选择小孔直径为 350mm 的垫片 6 放置在坩埚 4 的底部，Sn63Pb37 原材料的放入量达到坩埚 4 容量的 3/4，将环形电阻加热器 5 安装到坩埚 4 上，坩埚 4 底部插入热电偶；选择实验用的
15 镶铜不锈钢转盘 8 安装到电机 9 上，在转盘 8 外围安装感应加热线圈 13，使得感应加热线圈 13 位置比转盘 8 盘高 1mm，后密封壳体 12；

利用机械泵 16 将壳体 12、坩埚 4 抽到低真空 5Pa 以下，再利用扩散泵 17 将壳体 12、坩埚 4 抽到高真空 0.001Pa；利用坩埚进气管 20、腔体进气管 15 通入高纯度惰性保护气体氩气，使壳体 12、坩埚 4 内的压力达到 0.1MPa；

- 20 利用环形电阻加热器 5 对坩埚 4 进行加热，加热温度为 300℃，加热速度为 15℃/min，保温 10min，使坩埚 4 内的金属材料全部熔化成熔体 3；

利用电机 9 使所述转盘 8 转速为 24000r/min，接着设置感应加热线圈 13 的感应加热电压为 21V，感应加热电流为 8A，感应加热时间为 10min，将高速旋转的转盘 8 表面加热到金属材料的熔点温度 183℃以上；

- 25 手动调节传动杆 2 的位置，使传动杆 2 与带小孔的垫片 6 相距 2-5mm，然后通过设置在所述壳体 12 上并伸入于所述坩埚内的坩埚进气管 20 将高纯度惰性保护气体氩气通入，使坩埚 4 与所述壳体 12 内产生 50kPa 的正差压，促使熔融金属 3 填满所述坩埚 4 底部的中心孔；给压电陶瓷 1 输入梯形波的脉冲信号，并设置频率为 100Hz，使压电陶瓷 1

产生向下位移，由与所述压电陶瓷 1 相连的传动杆 2 传递给中心孔附近区域的熔融金属 3，使得熔融金属 3 从中心孔底部的带小孔的垫片 6 喷出形成均匀液滴 14；均匀液滴 14 自由降落在高速旋转的转盘 8 上，熔融状态下的均匀液滴 14 在离心力的作用下，会在转盘 8 上呈纤维状铺展，分裂成微小的液滴飞出，微液滴在下落过程中无容器凝固，形成金属粉末 10，降落至收集盘 11 上；

待制备结束后，停止向压电陶瓷 1 施加梯形波脉冲信号，即停止液滴喷射；停止高速电机 9，从而转盘 8 停止旋转；关闭环形电阻加热器 5 及感应加热线圈 13，待温度降至室温，取出收集盘 11 中的金属粉末 10；最后关闭腔体进气管 15 和坩埚进气管 20，用机械泵 16 将坩埚 4 和壳体 12 抽到低真空 5Pa 以下，以便使设备在停用时处于真空状态。

如图 3 所示，从 (b) 可看出现有技术制得的粉末粒径较粗，且有半球产生，而 (a) 为通过本发明的方法制备得到的粉末，粉末粒径得到了明显的微细化，粒度大小满足使用要求，且球形度变高，粉末表面形貌也变好，没有半球产生。

如图 4 所示，(b) 为现有技术雾化后得到的雾化盘，由于雾化盘材料与制备的金属粉末材料润湿性太小，且在雾化过程中转盘温度太低，导致液体呈膜状分裂，且雾化表面会出现较厚的已凝固液膜，该液膜表面十分粗糙，不利于后续金属液滴的进一步雾化，会严重影响雾化效果和雾化效率。(a) 为通过本发明方法得到的雾化表面，可以看出雾化模式转变为明显的纤维状分裂模式，线状的分裂模式大大提高了金属粉末的微细化和生产效率。

如图 5 所示，(a) 为转盘中间部位的液流线，从图中可以液流线的宽度都小于 $50\mu\text{m}$ ，从而可以说明通过该方法制得的粉末微细化的原因就是由于微细的纤维状液流雾化形成的。(b) 为转盘边缘的液流线，可以看到有小液滴流出后留下的痕迹，从而可以说明金属液都是经过完全的离心雾化在边缘处离散出去的。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，包括壳体（12）、
设置于所述壳体（12）内的坩埚（4）和粉末收集区，所述粉末收集区置于所述壳体（12）
的底部，所述坩埚（4）置于所述粉末收集区的上部，所述坩埚（4）上设有与设置在所述
5 壳体（12）外部的压电陶瓷（1）相连的传动杆（2），所述传动杆（2）的下端对着所述
坩埚（4）底部的中心孔，所述中心孔底部装有带小孔的垫片（6）；所述坩埚（4）内部
设有热电偶，所述坩埚（4）外部设有环形电阻加热器（5）；

所述壳体（12）上设有伸入于所述坩埚（4）内的坩埚进气管（20），所述壳体（12）
的侧壁上还设有与所述坩埚（4）相连通的机械泵（16）和扩散泵（17），所述壳体（12）
10 上还设有腔体进气口（15）和腔体排气阀（18）；

所述粉末收集区包括设置在所述壳体底部的收集盘（11）和设置于所述收集盘（11）
上方的与电机（9）相连的用于雾化金属液滴（14）的转盘（8）；其特征在于：

所述转盘（8）包括基体，雾化平面（23）和通气孔（24）；

所述基体是由上部的承接部（21）和下部的支撑部（22）构成的纵截面呈类“T型”
15 的主体结构，所述承接部（21）上表面设有与其圆心同轴的具有一定半径的圆形凹槽；其
中，所述基体采用导热性小于 20W/m/k 的材料制成；

所述雾化平面（23）为圆盘结构，所述圆盘结构与所述承接部的圆形凹槽相匹配且与
所述圆形凹槽过盈配合，所述雾化平面（23）采用与雾化金属液滴（14）润湿角小于 90°
的材料制成；

20 所述通气孔（24）贯通设置在所述承接部（21）及所述支撑部（22）内，所述通气孔
（24）的上端面与所述雾化平面（23）的下端面接触，所述通气孔（24）的下端与外界连
通；

所述转盘（8）的外围还设有感应加热线圈（13）。

2、根据权利要求 1 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，
25 其特征在于，所述坩埚（4）底部的中心孔直径大于带小孔的垫片（6）的小孔直径，所
述带小孔的垫片（6）的小孔直径范围在 0.02mm-2.0mm 之间。

3、根据权利要求 1 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，
其特征在于，所述带小孔的垫片（6）的材料与置于所述坩埚内的熔体（3）的润湿角大于

90°。

4、根据权利要求 1 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，其特征在于，所述转盘（8）的转速为 10000rpm-50000rpm。

5 5、根据权利要求 1 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，其特征在于，所述感应加热线圈（13）的加热厚度范围在 5-20mm 之间，它与设置在所述壳体（12）外的变频器和稳压电源相连，所述稳压电源的电压控制范围在 0-50V 之间。

6、根据权利要求 1 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的装置，其特征在于，在所述装置自上而下的方向上，所述压电陶瓷（1）、所述传动杆（2）、所述坩埚（4）、所述环形式电阻加热器（5）、所述垫片（6）、所述转盘（8）以及所述感
10 应加热线圈（13）位于同一轴线上。

7、一种采用如权利要求 1-6 任意一项权利要求所述的装置逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，其特征在于包括如下步骤，

①装料：将原材料焊丝剪到预设的平均长度后，装入设置在壳体（12）上部的坩埚（4）内，手动调整高度方向上，感应加热线圈（13）位置至转盘（8）为预设距离后密封壳体
15 （12）；

②抽真空：利用机械泵（16）和扩散泵（17）对所述坩埚（4）和所述壳体（12）抽真空，并充入高纯度惰性保护气体，使壳体（12）内压力达到预设值；

③电阻加热：根据待加热原材料的熔点设定使用环形电阻加热器（5）的加热参数，并通过所述坩埚（4）内设置的热电偶实时监测所述坩埚内的温度，待金属材料完全熔化
20 后得到熔体（3），保温；

④感应加热：利用电机（9）使所述转盘（8）在预设转速下高速旋转，接着利用感应加热线圈（13）将高速旋转的转盘（8）上表面加热到金属材料的熔点温度以上；

⑤粉末制备：首先，手动调整传动杆（2）的位置至传动杆（2）与带小孔的垫片（6）之间为预设距离；其次，通过设置在所述壳体（12）上并伸入于所述坩埚（4）内的坩埚
25 进气管（20）将高纯度惰性保护气体通入，使所述坩埚（4）内外形成正压力差，促使熔体（3）填满所述坩埚（4）底部的中心孔；最后，给压电陶瓷（1）输入一定波型的脉冲信号，所述压电陶瓷（1）产生向下位移，由与所述压电陶瓷（1）相连的传动杆（2）传递给中心孔附近区域的熔体（3），使得熔体（3）从中心孔底部的带小孔的垫片（6）喷出形成均匀液滴（14）；

均匀液滴（14）自由降落在高速旋转的转盘（8）上，熔融状态下的均匀液滴（14），先滴落在转盘（8）的中心，由于此时离心力较小，液滴（14）不会被马上离散出去，而是会呈圆形铺展在转盘（8）上，当铺展到一定范围离心力足够大时，铺展的金属会在离心力的作用下，在转盘（8）上呈纤维线状离散至转盘（8）边缘，最后分裂成微小的液滴
5 飞出，微液滴在下落过程中无容器凝固，形成金属粉末（10），降落至收集盘（11）上，同时将传动杆（2）恢复初始状态。

⑥粒子收集：用设置于所述壳体（12）底部的收集盘（11）收集金属粉末（10）。

8、根据权利要求 7 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，其特征在于，手动调整感应加热线圈（13）位置比转盘（8）高 1-2mm。

10 9、根据权利要求 7 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，其特征在于，所述感应加热线圈（13）的感应加热电压范围为 0-50V，感应加热时间为 5-15min。

10、根据权利要求 7 所述的逐液滴离心雾化法高效制备低熔点球形金属粉末的方法，其特征在于，所述高纯度惰性保护气体为氩气或氦气，将该气体充入壳体（12）内，
15 使所述壳体（12）内抽真空后的压力达到 0.1MPa，金属材料完全熔化后保温时间为 15-20 分钟；所述坩埚（4）与所述壳体（12）内产生的差压为 0-200kPa。

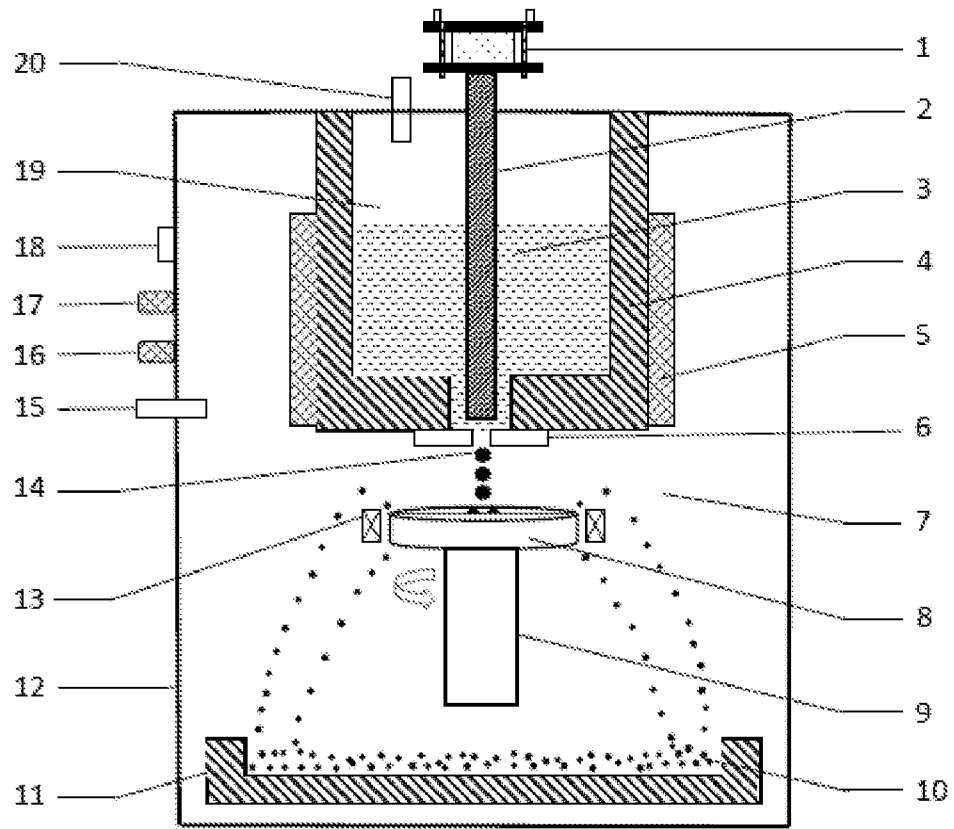


图 1

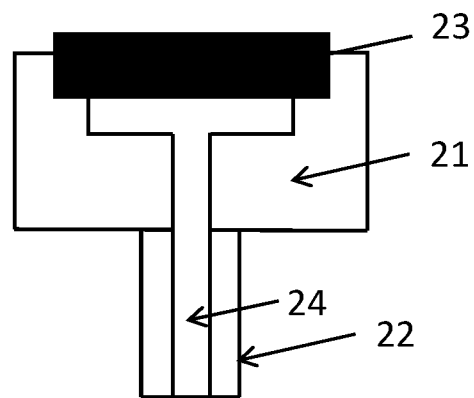


图 2

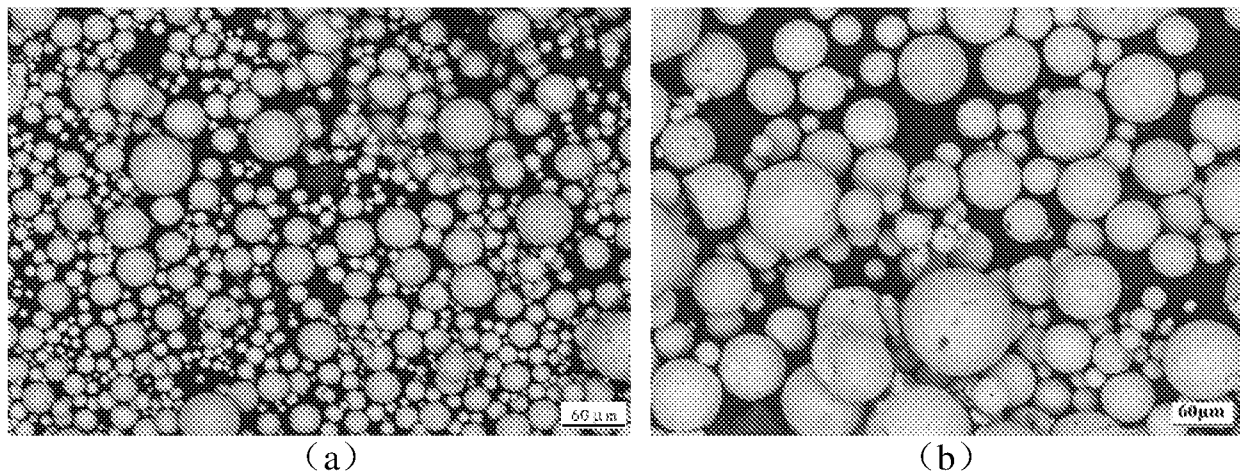


图 3

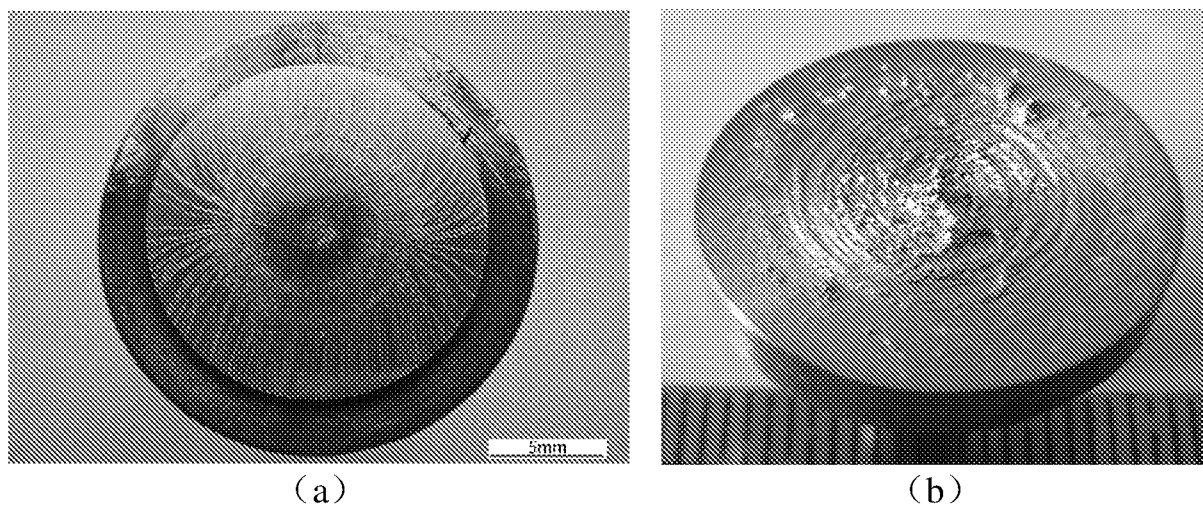


图 4

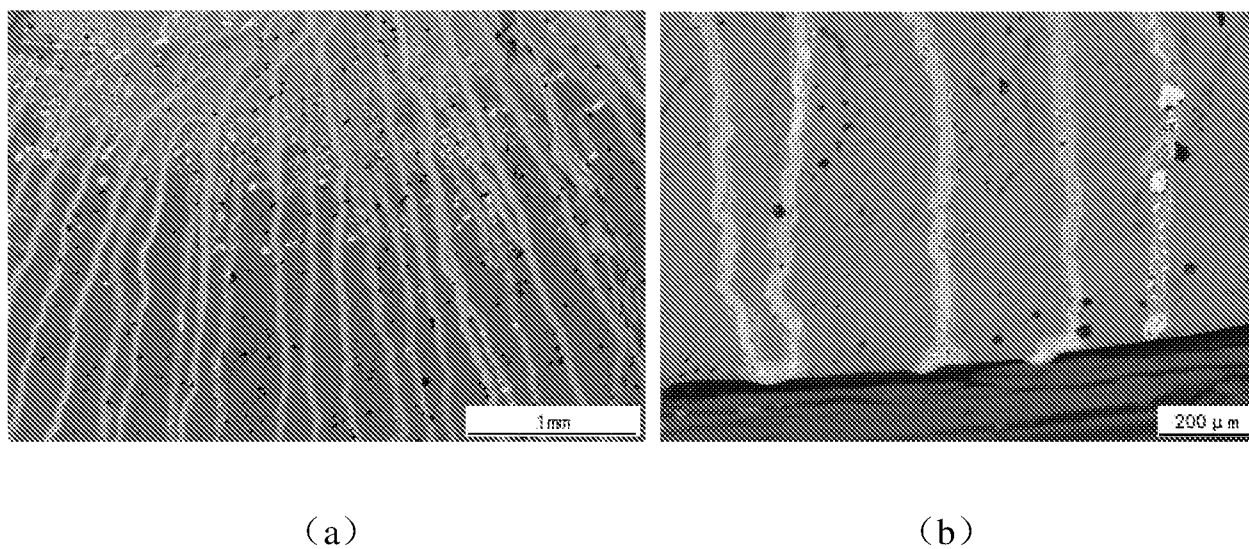


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/107697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F 9/10(2006.01)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)

B22F

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)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 王小明, 朱胜, 赵阳, 董伟, 许富民, 石晶, 韩国峰, 王思捷, 常青, 任志强, 滕涛, 孟瑶, 白兆丰, 王延洋, 韩阳, 李国斌, 大连理工大学, 中国人民解放军陆军装甲兵学院, 旋转, 转动, 离心, 回转, 盘, 台, 气孔, 气道, 通道, 加热, 感应, 雾化, 膜, 线, 丝, 纤维, 球, 破碎, 分裂, rotat+, turn+, revolv+, centrifug+, table, disk?, platform, heat+, induc+, atomiz+, spher+, film, linear, fibre, break+, ligament, disintegrat+, bore?, hole?, passage, channels

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109047785 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY et al.) 21 December 2018 (2018-12-21) description, content of the invention and particular embodiments, and figures 1-5	1-10
Y	CN 104550989 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 29 April 2015 (2015-04-29) description, content of the invention and particular embodiment 1, and figure 1	1-10
Y	JP 2009062573 A (DOKURITSU GYOSEI HOJIN BUSSHITSU ZAIRYO) 26 March 2009 (2009-03-26) description, paragraphs 8-9	1-10
Y	CN 107350477 A (ADVANCED CORPORATION FOR MATERIALS & EQUIPMENTS CO., LTD.) 17 November 2017 (2017-11-17) description, paragraphs 26-32	1-10
Y	US 4323523 A (SATO TECHNICAL RESEARCH LABORATORY LTD. et al.) 06 April 1982 (1982-04-06) description, column 11, line 14 to column 12, line 40, and figures 3-4	7-10



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

04 December 2019

Date of mailing of the international search report

02 January 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
 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/CN2019/107697

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104588674 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 May 2015 (2015-05-06) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/107697

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	109047785	A	21 December 2018	None		
CN	104550989	A	29 April 2015	CN	104550989	B 27 June 2017
JP	2009062573	A	26 March 2009	None		
CN	107350477	A	17 November 2017	CN	207464202	U 08 June 2018
US	4323523	A	06 April 1982	US	4315720	A 16 February 1982
				US	4374074	A 15 February 1983
				BR	7905559	A 08 July 1980
				JP	S5531436	A 05 March 1980
				JP	S5940054	B2 27 September 1984
CN	104588674	A	06 May 2015	CN	104588674	B 22 February 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/107697

A. 主题的分类

B22F 9/10 (2006.01) 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)

B22F

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))

CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI: 王小明, 朱胜, 赵阳, 董伟, 许富民, 石晶, 韩国峰, 王思捷, 常青, 任志强, 滕涛, 孟瑶, 白兆丰, 王延洋, 韩阳, 李国斌, 大连理工大学, 中国人民解放军陆军装甲兵学院, 旋转, 转动, 离心, 回转, 盘, 台, 气孔, 气道, 通道, 加热, 感应, 雾化, 膜, 线, 丝, 纤维, 球, 破碎, 分裂, rotat+, turn+, revolv+, centrifug+, table, disk?, platform, heat+, induc+, atomiz+, spher+, film, linear, fibre, break+, ligation, disintegrat+, bore?, hole?, passage, channels

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
PX	CN 109047785 A (大连理工大学等) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 说明书发明内容及具体实施方式、图1-5	1-10
Y	CN 104550989 A (大连理工大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 说明书发明内容及具体实施方式, 图1	1-10
Y	JP 2009062573 A (DOKURITSU GYOSEI HOJIN BUSSHITSU ZAIRYO) 2009年 3月 26日 (2009 - 03 - 26) 说明书第8-9段	1-10
Y	CN 107350477 A (湖南顶立科技有限公司) 2017年 11月 17日 (2017 - 11 - 17) 说明书第26-32段	1-10
Y	US 4323523 A (SATO TECHNICAL RESEARCH LABORATORY LTD. 等) 1982年 4月 6日 (1982 - 04 - 06) 说明书第11栏第14行至第12栏第40行, 图3-4	7-10
A	CN 104588674 A (大连理工大学) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 全文	1-10

☐ 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, 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

2019年 12月 4日

国际检索报告邮寄日期

2020年 1月 2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

刘宝聚

电话号码 86-10-53961161

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/107697

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	109047785	A	2018年 12月 21日	无			
CN	104550989	A	2015年 4月 29日	CN	104550989	B	2017年 6月 27日
JP	2009062573	A	2009年 3月 26日	无			
CN	107350477	A	2017年 11月 17日	CN	207464202	U	2018年 6月 8日
US	4323523	A	1982年 4月 6日	US	4315720	A	1982年 2月 16日
				US	4374074	A	1983年 2月 15日
				BR	7905559	A	1980年 7月 8日
				JP	S5531436	A	1980年 3月 5日
				JP	S5940054	B2	1984年 9月 27日
CN	104588674	A	2015年 5月 6日	CN	104588674	B	2017年 2月 22日