



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108247074 A

(43)申请公布日 2018.07.06

(21)申请号 201810369254.9

(22)申请日 2018.04.23

(71)申请人 安徽哈特三维科技有限公司

地址 241200 安徽省芜湖市繁昌经济开发区3D产业园办公楼509室

(72)发明人 不公告发明人

(74)专利代理机构 哈尔滨龙科专利代理有限公司 23206

代理人 高媛

(51) Int. Cl.

B22F 9/08(2006.01)

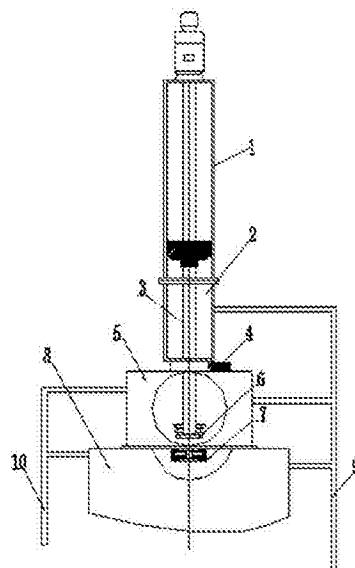
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置及方法

(57)摘要

一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置及方法,属于金属粉末制备技术领域。该制备方法包括:将合金电极圆棒固定在加料室夹持系统上;对熔炼室和雾化室预抽真空,然后向腔室充入惰性气体保护;将电极置于高频感应线圈中,根据熔化速度调整电极的进给速度,电极熔化后自然滴落;打开环孔雾化喷嘴阀门,当合金液流流经雾化喷嘴时,液流被雾化喷嘴产生的高速脉冲气流击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;经旋风分离收集;参与雾化后的惰性气体经压缩机装置将气体驱动至一个密闭气体循环回路中,气体经过过滤、提纯处理,经二级压缩缓存,重新参与雾化过程。得到的粉体粒度好、氧含量低、球形好、生产成本低,满足3D打印行业的要求。



1. 一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,其特征在于:所述的装置包括提升机构(1)、加料室(2)、插板阀(4)、熔炼室(5)、高频感应线圈(6)、环孔气体雾化喷嘴(7)、雾化室(8)、真空管道(9)、充气管道(10)、旋风分离器(21)、真空系统(35)及惰性气体回收净化系统;

所述的提升机构(1)下部为加料室(2),加料室(2)下部设置有熔炼室(5),加料室(2)与熔炼室(5)之间的连接处设置有插板阀(4),通过插板阀(4)的插拔能够控制加料室(2)与熔炼室(5)的隔离与连通,熔炼室(5)内有高频感应线圈(6),熔炼室(5)下方设置有雾化室(8),熔炼室(5)和雾化室(8)之间安装有环孔气体雾化喷嘴(7),真空管道(9)分别与加料室(2)、熔炼室(5)、雾化室(8)相连,充气管道(10)分别与熔炼室(5)和雾化室(8)相连,雾化室(8)与旋风分离器(21)相连,旋风分离器(21)与惰性气体回收净化系统相连。

2. 根据权利要求1所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,其特征在于:所述的环孔气体雾化喷嘴(7)包括上盖(11)、导液管护套(12)、导液管(13)、下盖(14);

上盖(11)上端中部设有台肩通孔,导液管护套(12)安装在上盖(11)的台肩通孔内,导液管护套(12)中空部分为导液管(13),上盖(11)的中下部设置在下盖(14)内,上盖(11)和下盖(14)之间封闭形成气腔(16),下盖(14)侧面设有多个与所述的气腔(16)相通的进气孔(15),下盖(14)下部设有台肩孔,下盖(14)的台肩端面上设有多个Laval喷孔(17),设置在下盖(14)台肩端面上的多个Laval喷孔(17)以喷嘴中心线为中心环形分布。

3. 根据权利要求2所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,其特征在于:每个所述的Laval喷孔(17)均包括收缩段(20)、喉部(19)和扩张段(18),所述的收缩段(20)连通气腔(16),在收缩段(20)的下端连接有喉部(19),在喉部(19)的下端连接有扩张段(18);设置在下盖(14)的台肩端面上的Laval喷孔(17)中心线与环孔气体雾化喷嘴(7)的中心线的夹角为喷射顶角 θ , θ 为 $22.5^{\circ}\sim 30^{\circ}$;所述的Laval喷孔(17)的中心圆直径为D, $D=16\sim 20\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求2所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,其特征在于:所述的导液管护套(12)由纯铜制成;导液管护套(12)与上盖(11)配合部分为锥形;所述的导液管(13)直径为 $6\sim 10\text{mm}$,导液管护套(12)在下盖(14)下部伸出的长度为 $2\sim 5\text{mm}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,其特征在于:所述的惰性气体回收净化系统由热交换器一(22)、旋风过滤器(23)、精细过滤器(24)、压缩机(28)、气体净化系统(29)、热交换器二(30)、一级压缩机(31)、热交换器三(32)、高压压缩机(33)、脉冲缓冲罐(34)顺次连接而成。

6. 一种利用权利要求1~5任一权利要求所述的装置制备低成本高纯净度球形金属粉体的方法,其特征在于:所述方法包含以下步骤:

步骤一:在加料室(2)内,将与高频感应线圈相符合的合金电极圆棒(3),垂直固定在提升机构(1)上;

步骤二:关闭加料室(2),通过真空管道(9)对加料室(2)、熔炼室(5)和雾化室(8)预抽真空,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$,升压率 $\leq 0.67\text{Pa/h}$,抽真空时间 ≤ 15 分钟,然后通过充气管道(10)向熔炼室(5)和雾化室(8)充入惰性气体保护,使熔炼室(5)和雾化室(8)内压力均为 $0.9\sim 1.1\text{atm}$;

步骤三:由电机驱动,将缓慢旋转的合金电极圆棒(3)置于高频感应线圈(6)中,电极旋转保持一定转速,根据熔化速度调整电极的进给速度,调整范围为0~100mm/min;高频感应线圈(6)的感应功率为70~100kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;

步骤四:同时打开环孔气体雾化喷嘴(7),压力为2.5~4MPa,当合金液流经环孔气体雾化喷嘴(7)时,液流被环孔气体雾化喷嘴(7)产生的高速气流均匀、充分击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;

步骤五:粉末冷却后,经旋风分离器(21)收集;

步骤六:从旋风分离器出来的惰性气体经热交换器(22)冷却,通过旋风过滤器(23)、精细过滤器(24)过滤,被压缩机(28)压缩至气体净化系统(29)净化(99.9%),净化后的气体经热交换器(30)降温至100℃以下,被一级压缩机(31)压缩至热交换器(32)进一步冷却至室温,再通过高压压缩机(33)将惰性气体压缩经脉冲缓冲罐(34)稳定后,达到雾化工艺条件要求的雾化压力和气体流速,气体可以重新参与雾化过程;

步骤七:利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装。

7. 根据权利要求6所述的一种低成本高纯净度球形金属粉体的制备方法,其特征在于:步骤一中,所述的合金电极圆棒(3)的直径为50~100mm,长度为500mm~700mm,夹持方式为气动夹紧;熔炼室(5)和雾化室(8)内充入的惰性气体为高纯氩气或氦气;步骤三中,合金电极圆棒(3)的转速为40~100rpm。

8. 一种权利要求6或7制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,其特征在于:制备的粉末粒径分布为15~45 μm ,D50(平均粒径) $\leq 32\mu\text{m}$,含氧量 $\leq 1000\text{ppm}$,球形度为90%~95%,应用于激光熔化金属沉积增材制造。

9. 一种权利要求6或7制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,其特征在于:制备的粉末粒径分布为106~205:3.0%~5.0%、75~106:40%~45%、45~75:45%~50%、0~45:3.0%~6.0%,其中,粉末粒径为45~106 μm ,含氧量 $\leq 1000\text{ppm}$,球形度为90%~95%的粉末应用于电子束熔融增材制造和激光立体成形。

一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属粉末制备技术领域,具体涉及一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置及方法。

背景技术

[0002] 金属3D打印技术的核心是材料和装置,随着金属3D打印技术的发展,装置逐渐成熟,但目前可用于金属3D打印的材料种类少、性能不稳定,传统粉末冶金用金属粉末材料还不能完全适用金属3D打印工艺。另外,专用型金属粉末的研制和生产主要集中在国外少数几家金属粉末冶金公司,国内有能力生产适用于金属3D打印的高质量球形金属粉末材料的企业极少,而我国相关行业自身技术水平有限,3D打印用金属粉末要求球形度高、含氧量低、粒度分布窄,而国内在金属粉末材料性能研究、制备技术数据积累等方面比较匮乏。目前,我国3D打印快速成型技术使用的材料大多需从国外进口,或设备厂家自己投入巨大精力和经费研制,价格昂贵,致使生产成本提高。因此解决好材料的性能和成本问题,将会更好地推动我国的快速成型技术的发展。

[0003] 金属粉体制备的方法主要包括气雾化法、液滴喷射法、切丝打孔重熔法、电火花腐蚀法等。其中,气雾化法是近年来发展较快、应用较为广泛的一种粉末制备技术。气雾化法制备粉末,是利用高压高速气流作用于熔融液流,将高速气体的动能转化为熔滴的表面能,进而将熔体破碎形成细小液滴并球化冷却生成粉末。气雾化制粉具有环境污染小、工艺简单、冷却速度快等优点,制备的粉末具有球形度高、成分均匀、晶粒细小等优点,但也存在着粒度分布宽,氧含量高、消耗大量气体、成本高等需要解决的问题。

[0004] 现有的制粉方法及装置,在一根合金电极圆棒使用尽后,必须打开加料室,由于加料室、熔炼室、雾化室互相连通,在打开加料室时,熔炼室、雾化室内充满的惰性气体就会逸出,所以熔炼、雾化前必须对加料室、熔炼室、雾化室重新抽真空,然后再向熔炼室、雾化室冲入一定压力的惰性气体。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有的金属粉体制备方法成本高、成品氧含量高、粒度分布宽的问题,提供一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置及方法,利用该装置及该方法可以有效制备高纯净度、高球形度的金属粉体,并且粒径分布比现有的气雾化法制备的金属粉末窄,制备过程中,通过气体回收净化,循环使用,大大降低了生产成本,顺应粉体技术的发展趋势,满足3D打印行业的要求。

[0006] 为实现上述目的,本发明采取的技术方案如下:

一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,所述的装置包括提升机构、加料室、插板阀、熔炼室、高频感应线圈、环孔气体雾化喷嘴、雾化室、真空管道、充气管道、旋风分离器、真空系统及惰性气体回收净化系统;

所述的提升机构下部连接有加料室,加料室下部设置有熔炼室,加料室与熔炼室之间

的连接处设置有插板阀,通过插板阀的插拔能够控制加料室与熔炼室的隔离与连通,熔炼室内设置有高频感应线圈,熔炼室下方设置有雾化室,熔炼室和雾化室之间安装有环孔气体雾化喷嘴,真空管道分别与加料室、熔炼室、雾化室相连,充气管道分别与熔炼室和雾化室相连,雾化室与旋风分离器相连,旋风分离器与惰性气体回收净化系统相连。

[0007] 一种利用上述的装置制备低成本高纯净度球形金属粉体的方法,所述方法包含以下步骤:

步骤一:在加料室内,将与高频感应线圈相匹配的合金电极圆棒,垂直固定在提升机构上;

步骤二:关闭加料室,通过真空管道对加料室、熔炼室和雾化室预抽真空,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}$ Pa,升压率 ≤ 0.67 Pa/h,抽真空时间 ≤ 15 分钟,然后通过充气管道向熔炼室和雾化室充入惰性气体保护,使熔炼室和雾化室内压力均为 $0.9 \sim 1.1$ atm;

步骤三:由电机驱动,将缓慢旋转的合金电极圆棒置于高频感应线圈中,电极旋转保持一定转速,根据熔化速度调整电极的进给速度,调整范围为 $0 \sim 100$ mm/min;高频感应线圈的感应功率为 $70 \sim 100$ kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;

步骤四:同时打开环孔气体雾化喷嘴,压力为 $2.5 \sim 4$ MPa,当合金液流经环孔气体雾化喷嘴时,液流被环孔气体雾化喷嘴产生的高速气流均匀、充分击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;

步骤五:粉末冷却后,经旋风分离器收集;

步骤六:从旋风分离器出来的惰性气体经热交换器冷却,通过旋风过滤器、精细过滤器过滤,被压缩机压缩至气体净化系统,经过气体净化系统的气体经热交换器降至室温,再通过高压压缩机将惰性气体压缩经脉冲缓冲罐稳定后,达到雾化工艺条件要求的雾化压力和气体流速,气体可以重新参与雾化过程;

步骤七:利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装。

[0008] 一种上述制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,制备的粉末粒径分布为 $15 \sim 45 \mu\text{m}$, D_{50} (平均粒径) $\leq 32 \mu\text{m}$,氧含量 ≤ 1000 ppm,球形度为 $90\% \sim 95\%$,主要应用于激光熔化金属沉积增材制造。

[0009] 一种上述制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,制备的粉末粒径分布为 $106 \sim 205 \mu\text{m}: 3.0\% \sim 5.0\%$ 、 $75 \sim 106 \mu\text{m}: 40\% \sim 45\%$ 、 $45 \sim 75 \mu\text{m}: 45\% \sim 50\%$ 、 $0 \sim 45 \mu\text{m}: 3.0\% \sim 6.0\%$,其中,粉末粒径为 $45 \sim 106 \mu\text{m}$,含氧量 ≤ 1000 ppm,球形度为 $90\% \sim 95\%$ 的粉末应用于电子束熔融增材制造和激光立体成形。

[0010] 本发明相对于现有技术的有益效果是:

(1) 本发明所述的制粉装置,通过插板阀的关闭,可实现加料室单独破真空,并可以通过真空管道对加料室、熔炼室和雾化室单独抽真空和同时抽真空,在更换合金电极圆棒时,可以不破坏熔炼室和雾化室的真空度或惰性气体气氛,不仅减少了熔炼室、雾化室重新抽真空,再冲入惰性气体这个过程,而且也避免了惰性气体的浪费,降低了制造成本。

[0011] (2) 使用环孔气体雾化喷嘴,采用独特、高效的Laval喷孔设计,获得均匀、高速的惰性气体气流,所获得雾化粉末粒径小,解决气雾化法制备金属粉末粒度分布宽的问题,提高微细金属粉末的生产效率,并提高金属粉末的细粉收得率。

[0012] (3) 环孔气体雾化喷嘴使用了纯铜制造的导流管护套,导流管护套可快速方便的

更换,减少了由于喷嘴结瘤、导流孔堵塞而拆卸、更换整个喷嘴的时间,并且纯铜导流管护套上的金属结瘤等非常易于清除,不留损伤。

[0013] (4)本发明所述的金属粉体制造装置包含有惰性气体回收净化系统,有效提高了气体回收率,回收气量在90~95%的范围内,使生产成本降低30%以上。

附图说明

[0014] 图1是本发明的装置结构图。

[0015] 图2是本发明装置中环孔气体雾化喷嘴结构图。

[0016] 图3是惰性气体回收净化系统流程图。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的说明,但并不局限于此,凡是对本发明技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的保护范围内。

[0018] 具体实施方式一:如图1所示,本实施方式记载的是一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,所述的装置包括提升机构1、加料室2、插板阀4、熔炼室5、高频感应线圈6、环孔气体雾化喷嘴7、雾化室8、真空管道9、充气管道10、旋风分离器21、真空系统35及惰性气体回收净化系统;

所述的提升机构1下部为加料室2,加料室2下部设置有熔炼室5,加料室2与熔炼室5之间的连接处设置有插板阀4,通过插板阀4的插拔能够控制加料室2与熔炼室5的隔离与连通,熔炼室5内设置有高频感应线圈6,熔炼室5下方设置有雾化室8,熔炼室5和雾化室8之间安装有环孔气体雾化喷嘴7,真空管道9分别与加料室2、熔炼室5、雾化室8相连,充气管道10分别与熔炼室5和雾化室8相连,雾化室8与旋风分离器21相连,旋风分离器21与惰性气体回收净化系统相连,25为外部供给惰性气体。

[0019] 一、所述的加料室2通过插板阀4的关闭,可实现单独破真空;

二、通过真空管道9可以对加料室2、熔炼室5和雾化室8单独抽真空和同时抽真空。

[0020] 具体实施方式二:具体实施方式一所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,如图2所示,所述的环孔气体雾化喷嘴7包括上盖11、导液管护套12、导液管13、下盖14;

上盖11上端中部设有台肩通孔,导液管护套12安装在上盖11的台肩通孔内,导液管护套12中空部分为导液管13,上盖11的中下部设置在下盖14内,上盖11和下盖14之间封闭形成气腔16,下盖14侧面设有多个与所述的气腔16相通的进气孔15,下盖14下部设有台肩孔,下盖14的台肩端面上设有多个Laval喷孔17,设置在下盖14台肩端面上的多个Laval喷孔17以喷嘴中心线为中心环形分布。

[0021] 具体实施方式三:具体实施方式二所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,每个所述的Laval喷孔17均包括收缩段20、喉部19和扩张段18,所述的收缩段20连通气腔16,在收缩段20的下端连接有喉部19,在喉部19的下端连接有扩张段18;设置在下盖14的台肩端面上的Laval喷孔17中心线与环孔气体雾化喷嘴7的中心线的夹角为喷射顶角 θ , θ 为 $22.5^{\circ}\sim 30^{\circ}$;所述的Laval喷孔17的中心圆直径为D,D=16~20mm。

[0022] 具体实施方式四:具体实施方式二所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,所述的环孔气体雾化喷嘴7各结构(收缩段、喉部、扩张段)之间通过密封圈密封,使用螺栓连接;所述的导液管护套12由纯铜制成;导液管护套12与上盖11配合部分为锥形;所述的导液管13直径为6~10mm,导液管护套12在下盖14下部伸出的长度为2~5mm;

所述的Laval喷孔17数量为20~24个,高压惰性气体由喷嘴上的进气孔15进入气腔16,然后通过Laval喷孔17喷出。

[0023] 具体实施方式五:具体实施方式一所述的一种用于制备低成本高纯净度球形金属粉体的装置,如图3所示,所述的惰性气体回收净化系统由热交换器一22、旋风过滤器23、精细过滤器24、压缩机28、气体净化系统29、热交换器二30、一级压缩机31、热交换器三32、高压压缩机33、脉冲缓冲罐34顺次连接而成。

[0024] 具体实施方式六:一种利用具体实施方式一至五任一具体实施方式所述的装置制备低成本高纯净度球形金属粉体的方法,所述方法包含以下步骤:

步骤一:在加料室2内,将符合感应线圈尺寸的合金电极圆棒3,垂直固定在提升机构1上;

步骤二:关闭加料室2,通过真空管道9对加料室2、熔炼室5和雾化室8预抽真空,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}$ Pa,升压率 ≤ 0.67 Pa/h,抽真空时间 ≤ 15 分钟,然后通过充气管道10向熔炼室5和雾化室8充入惰性气体保护,使熔炼室5和雾化室8内压力均为0.9~1.1atm;

步骤三:由电机驱动,将缓慢旋转的合金电极圆棒3置于高频感应线圈6中,电极旋转保持一定转速,根据熔化速度调整电极的进给速度,调整范围为0~100mm/min;高频感应线圈6的感应功率为70~100kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;

步骤四:同时打开环孔气体雾化喷嘴7,压力为2.5~4MPa,当合金液流经环孔气体雾化喷嘴7时,液流被环孔气体雾化喷嘴7产生的高速气流均匀、充分击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;

步骤五:粉末冷却后,经旋风分离器21收集;

步骤六:从旋风分离器出来的惰性气体经热交换器22冷却,通过旋风过滤器23、精细过滤器24过滤,被压缩机28压缩至气体净化系统29净化(99.9%),净化后的气体经热交换器30降温(100℃以下),被一级压缩机31压缩至热交换器32进一步冷却至室温,再通过高压压缩机33将惰性气体压缩经脉冲缓冲罐34稳定后,达到雾化工艺条件要求的雾化压力和气体流速,气体可以重新参与雾化过程;

步骤七:利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装。

[0025] 具体实施方式七:具体实施方式六所述的一种低成本高纯净度球形金属粉体的制备方法,步骤一中,所述的合金电极圆棒3的直径为50~100mm,长度为500mm~700mm,夹持方式为气动夹紧;熔炼室5和雾化室8内充入的惰性气体为高纯氩气或氦气;步骤三中,合金电极圆棒3的转速为40~100rpm;惰性气体回收气量在90%~95%的范围内。

[0026] 具体实施方式八:一种具体实施方式六或七制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,制备的粉末粒径分布为15~45 μ m,D50(平均粒径) $\leq 32\mu$ m,含氧量 ≤ 1000 ppm,球形度为90%~95%,应用于激光熔化金属沉积增材制造。

[0027] 具体实施方式九:一种具体实施方式六或七制备的低成本高纯净度球形金属粉体的应用,制备的粉末粒径分布为106~205:3.0%~5.0%、75~106:40%~45%、45~75:45%~50%、0~

45:3.0%~6.0%,其中,粉末粒径为45~106 μm ,含氧量 $\leq 1000\text{ppm}$,球形度为90%~95%的粉末应用于电子束熔融增材制造和激光立体成形。

[0028] 实施例1:

将钛合金TA15制成合金电极圆棒,直径50mm,长度为500mm,使用气动夹持垂直固定在加料室夹持系统上;对熔炼室和雾化室预抽真空,检测升压率应小于0.67Pa/h,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$,然后向腔室充入高纯氩气,使腔室内压力为0.9 atm;将缓慢旋转的电极置于高频感应线圈中,电极旋转保持100rpm的转速,调整电极的进给速度为100mm/min;线圈的感应功率100kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;同时打开环孔气体雾化喷嘴阀门,压力为2.5MPa,当合金液流流经雾化喷嘴时,液流被雾化喷嘴产生的高速脉冲气流击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;粉末冷却后,经旋风分离器收集;利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装;参与雾化后的氩气经压缩机装置将气体驱动至一个密闭气体循环回路中,在经过旋风分离器和过滤系统之后,气体经过提纯处理,其纯度为 $\geq 99.999\%$,并利用2级压缩机装置对“无尘”气体进行再增压;在压缩机后面,有一个气体缓冲器,用于最大限度地减少雾化过程中产生的压力波动,达到与雾化压力和气体流速有关的稳定的雾化工艺条件,可以重新参与雾化过程。所得到的粉末经检测分析经测试分析,制备的粉末粒径分布15~45 μm ,D50=31.5 μm ,含氧量850ppm,球形度为94%;制备的粉末粒径分布45~106 μm ,粒径分布为106~205:4.5%、75~106:43%、45~75:48.3%、0~45:4.2%,含氧量850ppm,球形度为95%。

[0029] 实施例2:

将钛合金TC4制成电极圆棒,直径50mm,长度为700mm,使用气动夹持垂直固定在加料室夹持系统上;对熔炼室和雾化室预抽真空,检测升压率应小于0.67Pa/h,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$,然后向腔室充入高纯氩气,使腔室内压力为1atm;将缓慢旋转的电极置于高频感应线圈中,电极旋转保持90rpm的转速,调整电极的进给速度为70mm/min;线圈的感应功率80kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;同时打开雾化喷嘴阀门,压力为3.5MPa,当合金液流流经雾化喷嘴时,液流被雾化喷嘴产生的高速脉冲气流击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;粉末冷却后,经旋风分离收集;利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装;参与雾化后的氩气经压缩机装置将气体驱动至一个密闭气体循环回路中,在经过旋风分离器和过滤系统之后,气体经过提纯处理,其纯度为 $\geq 99.999\%$,并利用2级压缩机装置对“无尘”气体进行再增压;在压缩机后面,有一个气体缓冲器,用于最大限度地减少雾化过程中产生的压力波动,达到与雾化压力和气体流速有关的稳定的雾化工艺条件,可以重新参与雾化过程。所得到的粉末经检测分析经测试分析,制备的粉末粒径分布15~45 μm ,D50=30.6 μm ,含氧量820ppm,球形度为93%;制备的粉末粒径分布45~106 μm ,粒径分布为106~205:3.5%、75~106:43%、45~75:49.3%、0~45:4.2%,含氧量820ppm,球形度为91%。

[0030] 实施例3:

将钛铝合金Ti-46Al-2Cr-2Nb制成电极圆棒,直径70mm,长度为500mm,使用气动夹持垂直固定在雾化室夹持系统上;对熔炼室和雾化室预抽真空,检测升压率应小于0.67Pa/h,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$,然后向腔室充入高纯氩气,使腔室内压力为1.1atm;将缓慢旋转的电极置于高频感应线圈中,电极旋转保持60rpm的转速,调整电极的进给速度为50mm/min;线

圈的感应功率90kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;同时打开雾化喷嘴阀门,压力为3MPa,当合金液流流经雾化喷嘴时,液流被雾化喷嘴产生的高速脉冲气流击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;粉末冷却后,经旋风分离器收集;利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装;参与雾化后的氩气经压缩机装置将气体驱动至一个密闭气体循环回路中,在经过旋风分离器和过滤系统之后,气体经过提纯处理,其纯度为 $\geq 99.999\%$,并利用2级压缩机装置对“无尘”气体进行再增压;在压缩机后面,有一个气体缓冲器,用于最大限度地减少雾化过程中产生的压力波动,达到与雾化压力和气体流速有关的稳定的雾化工艺条件,可以重新参与雾化过程。所得到的粉末经检测分析经测试分析,制备的粉末粒径分布15~45 μm , $D_{50}=31\mu\text{m}$,含氧量750ppm,球形度为93%;制备的粉末粒径分布45~106 μm ,粒径分布为106~205:4.1%、75~106:42%、45~75:50.7%、0~45:3.2%,含氧量750ppm,球形度为94%。

[0031] 实施例4:

将铌合金Nb-10W-1Zr-0.1C制成电极圆棒,直径50mm,长度为500mm,使用气动夹持垂直固定在加料室夹持系统上;对熔炼室和雾化室预抽真空,检测升压率应小于0.67Pa/h,真空度 $\leq 6.7 \times 10^{-2}$ Pa,然后向腔室充入高纯氩气,使腔室内压力为1.1atm;将缓慢旋转的电极置于高频感应线圈中,电极旋转保持30rpm的转速,调整电极的进给速度为20mm/min;线圈的感应功率100kW,电极熔化形成细小液流,自然滴落;同时打开雾化喷嘴阀门,压力为4MPa,当合金液流流经雾化喷嘴时,液流被雾化喷嘴产生的高速脉冲气流击碎并凝固形成微细粉末颗粒,冷却形成粉末;粉末冷却后,经旋风分离器收集;利用振动筛在惰性气体保护下筛分所需粒度范围的活性合金粉末并包装;参与雾化后的氩气经压缩机装置将气体驱动至一个密闭气体循环回路中,在经过旋风分离器和过滤系统之后,气体经过提纯处理,其纯度为 $\geq 99.999\%$,并利用2级压缩机装置对“无尘”气体进行再增压;在压缩机后面,有一个气体缓冲器,用于最大限度地减少雾化过程中产生的压力波动,达到与雾化压力和气体流速有关的稳定的雾化工艺条件,可以重新参与雾化过程。所得到的粉末经检测分析经测试分析,制备的粉末粒径分布15~45 μm , $D_{50}=29.5\mu\text{m}$,含氧量790ppm,球形度为92%;制备的粉末粒径分布45~106 μm ,粒径分布为106~205:3.6%、75~106:41%、45~75:50.2%、0~45:5.2%,含氧量790ppm,球形度为93%。

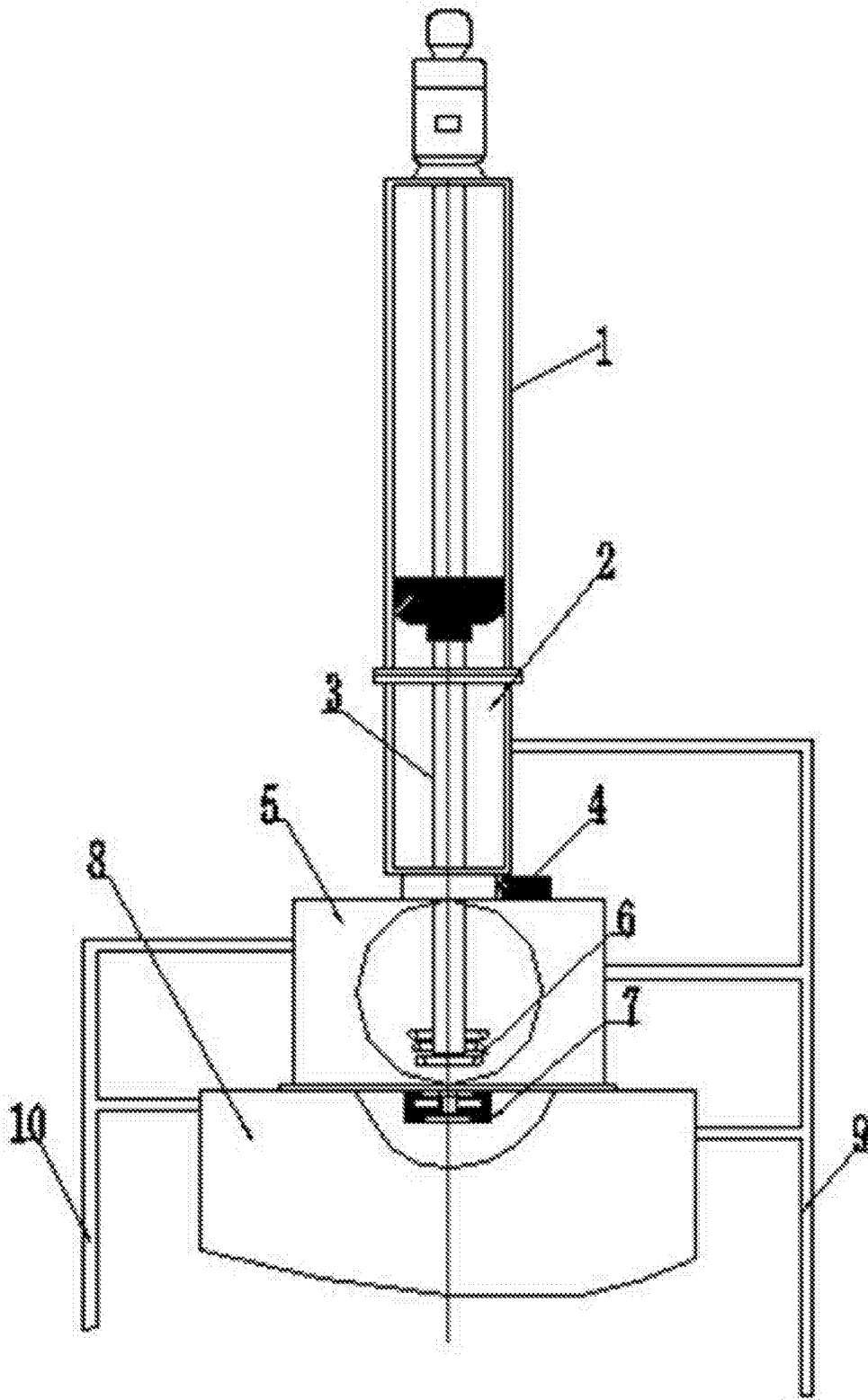


图1

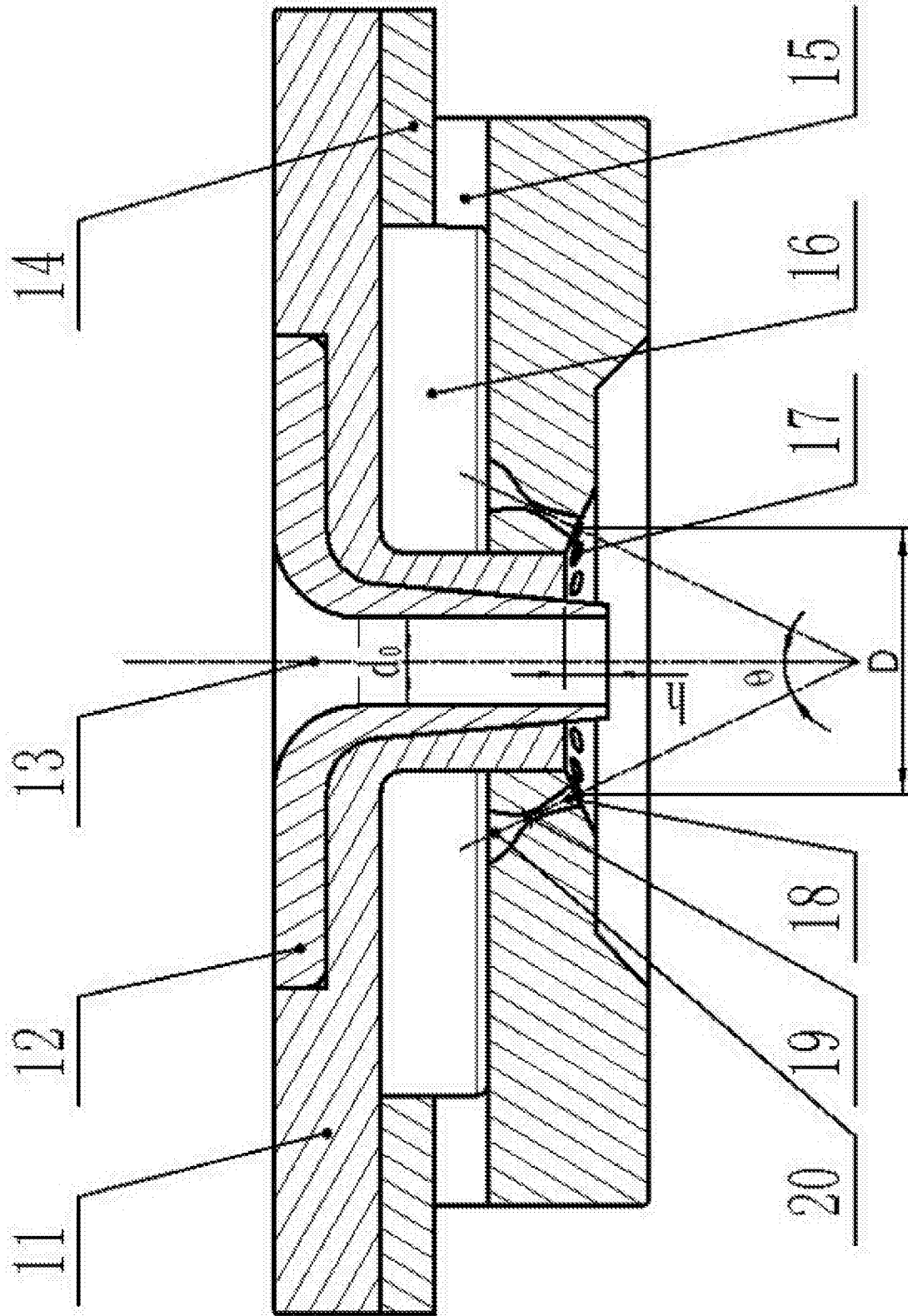


图2

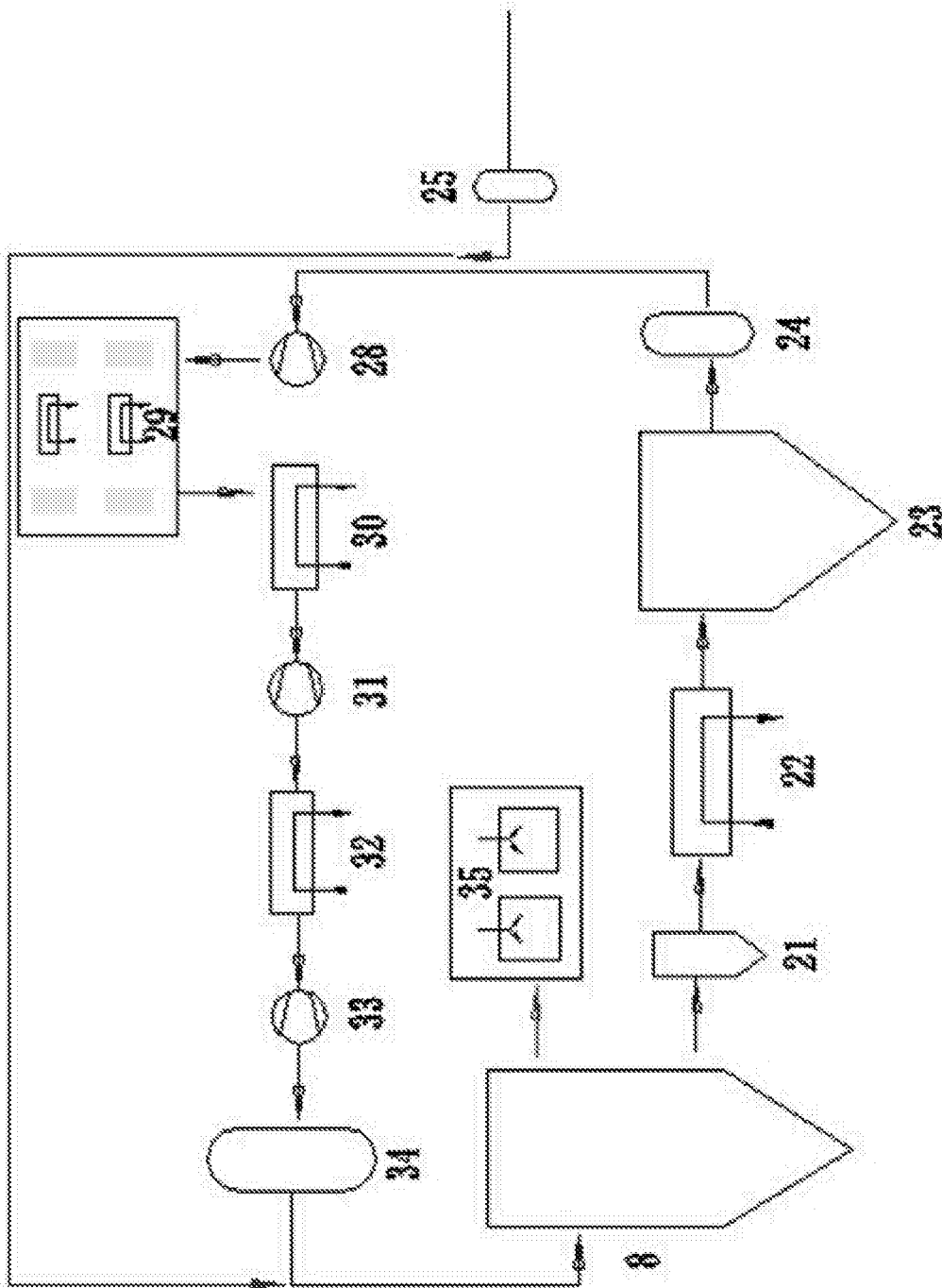


图3