



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106216703 B

(45)授权公告日 2018.12.14

(21)申请号 201610852958.2

(22)申请日 2016.09.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106216703 A

(43)申请公布日 2016.12.14

(73)专利权人 中航迈特粉冶科技(北京)有限公司

地址 065500 河北省廊坊市固安县工业园区南区兴旺中街

(72)发明人 马腾 高正江 高鑫 张飞
李建群 刘敬轩

(74)专利代理机构 北京华谊知识产权代理有限公司 11207

代理人 王普玉

(51)Int.Cl.

B22F 9/08(2006.01)

B33Y 70/00(2015.01)

(56)对比文件

CN 105642879 A,2016.06.08,

CN 104588669 A,2015.05.06,

JP S60116704 A,1985.06.24,

审查员 肖芳辉

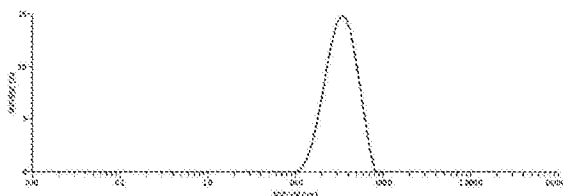
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法

(57)摘要

一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,属于3D打印技术领域。包括将铝合金加工成棒料,直径为35~70mm;将棒料安装在送料装置上,进行抽真空处理并充入氩气保护气体;加热棒料,尖端金属熔化温度超过铝合金熔点5~30℃后打开风机进行雾化;金属液流在高速气体的冲击作用下形成球形铝合金粉末。优点在于,制备出的铝合金粉末粒度细小、均匀,流动性好、氧含量低,有效节约制造成本。



1. 一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,其特征在于,具体步骤及参数如下:

1) 将铝合金加工成棒料,棒料直径为35~70mm,在距离棒料顶端10mm处加工出3~10mm宽的凹槽,便于安装到送料装置上;棒料末端加工成圆锥状,锥度为60~120°;

2) 将洁净的铝合金棒料安装在连续送料装置上,调节卡具上的螺钉,保证棒料具有良好的垂直度;依次打开机械泵和罗茨泵,对装料室、熔炼室、雾化室进行抽真空处理,充入氩气保护气体,调节熔炼室压力为0~0.5MPa,装料室与熔炼室的压差为0.001~0.05MPa;

3) 启动送料装置,将铝合金棒料送递至熔炼室,下降速度为1~5mm/s,自转速度为100~500r/s;电极感应线圈的锥度为40~60°,管径为10~15mm,管间距为20~30mm,线圈最大中心距为100~150mm,待棒料传送至线圈中部时,棒料停止下降;启动加热电源,调节功率至10~30KW;加热棒料,待尖端金属熔化,温度超过铝合金熔点5~30℃后打开风机,使熔化金属在风机吸力作用下形成连续、稳定的液流,并将送料装置的下降速度调节至0.005~0.08mm/s,自转速度调节至100~500r/s,加热功率调节至15~40kw;

4) 采用拉瓦尔环缝式紧耦合喷嘴对合金液流进行雾化,中心距为10~40mm,出气口汇聚角度为10~40°,喷嘴喷出总压力为1~6MPa,气体流量为800~2000m³/h,金属液流在高速气体的冲击作用下形成球形铝合金粉末;

5) 冷却后的铝合金粉末汇集至二级旋风分离收粉装置中,在高纯氩气气氛下筛分,不同粒径等级的粉末进行惰性气体保护封装;

铝合金粉末的粒度为0~53μm,氧含量为500~1300ppm,细粉收得率最高达25%,满足航空航天3D打印关键零部件的使用要求。

2. 根据权利要求1所述的3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,其特征在于,步骤2)中所述的抽真空处理,真空度为 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ Pa。

3. 根据权利要求1所述的3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,其特征在于,本方法适用于铝合金牌号ISO 3522-2007、GB/T 1173-2013和GB/T 3190-2008全部产品牌号。

一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于3D打印技术领域,特别涉及一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法。尤其涉及一种3D打印用高纯球形铝合金粉末的制备方法。

背景技术

[0002] 3D打印,被称为引发第三次技术革命的智能制造技术,彻底改变了传统金属零件,特别是高性能、难加工、构型复杂等金属零件的加工模式,在航空航天、汽车制造领域有着广阔的应用。金属3D打印技术是整个3D打印体系中最前沿和最有潜力的技术,也是今后3D打印技术的主要发展方向。

[0003] 球形金属粉末是金属3D打印的原材料和耗材,也是限制3D打印技术发展的巨大瓶颈。因此,3D打印专用材料的研发是3D打印技术发展的重中之重。高性能金属粉末的制备受到工业发达国家的高度重视。我国的金属粉体行业发展滞后,产品单一,粉末品质较差,高性能金属粉末尚需大量依赖进口,极大制约了我国航空航天产业的发展。

[0004] 铝合金密度小,比强度高,生产制造成本低,是航空航天用关键承力零部件的原材料。航空航天用复杂形状零部件多采用粉末冶金及3D打印方法制备,组织和性能均匀,近净成形且加工余量小。伴随着我国航空航天技术的飞速发展,作为粉末冶金及3D打印技术的原材料,高性能球形铝合金粉末的研制迫在眉睫。

[0005] 3D打印对球形粉末的粒度、流动性、纯度、氧含量要求较高,而目前我国与3D打印用粉体材料制备工艺有关的专利或文献较少。一种制备3D打印用超细球形金属粉末的方法及装置,申请号201510044848.9,公开了一种超细球形金属粉末的制备方法,但是金属熔体仍采用坩埚熔炼的方法制备。用于激光3D打印的球形TC4钛合金粉末及其制备方法,申请号201610025205.4,公开了一种真空感应气雾化法制备球形TC4钛合金粉末的方法,所采用的材料及工艺参数与本专利完全不同。文章《氮气雾化Al-20Si-7.5Ni-3Cu-1Mg-0.25Fe合金粉末形貌及组织》刊登于塑性工程学报,利用激光粒度分析仪等设备对合金粉末的粒度分布、组织、形貌、组成相和相演变规律进行了研究,并没有提及氮气雾化制备合金粉末的工艺方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,解决了目前金属粉体产品单一、品质差且制造成本偏高的问题。

[0007] 一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法是一种由电极感应线圈加热、将熔化态铝合金直接雾化制成铝合金粉末的无坩埚熔炼法。包括加工棒料、送料、感应熔炼、雾化、筛分等制备过程。

[0008] 一种3D打印用球形铝合金粉末的制备方法,其步骤及参数控制如下:

[0009] 1、将铝合金加工成棒料。棒料的直径为35~70mm,在距离棒料顶端10mm处加工出3~10mm宽的凹槽,便于安装到送料装置上;棒料末端加工成圆锥状,锥度为60~120°。

[0010] 2、将洁净的铝合金棒料安装在连续送料装置上,调节卡具上的螺钉,保证棒料具有良好的垂直度。依次打开机械泵和罗茨泵,对装料室、熔炼室、雾化室进行抽真空处理,极限真空度为 $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$ Pa,充入氩气保护气体,调节熔炼室压力为 $0 \sim 0.50$ MPa,装料室与熔炼室的压差为 $0.001 \sim 0.05$ MPa;

[0011] 3、启动送料装置,将铝合金棒料送递至熔炼室,下降速度为 $1 \sim 5$ mm/s,自转速度为 $100 \sim 500$ r/s。电极感应线圈的锥度为 $40 \sim 60^\circ$,管径为 $10 \sim 15$ mm,管间距为 $20 \sim 30$ mm,线圈最大中心距为 $100 \sim 150$ mm,待棒料传送至线圈中部时,棒料停止下降。启动加热电源,调节功率至 $10 \sim 30$ KW;加热棒料,待尖端金属熔化,温度超过铝合金熔点 $5 \sim 30^\circ\text{C}$ 后打开风机,使熔化金属在风机吸力作用下形成连续、稳定的液流,并将送料装置的下降速度调节至 $0.005 \sim 0.08$ mm/s,自转速度调节至 $100 \sim 500$ r/s,加热功率调节至 $15 \sim 40$ kw。

[0012] 4、采用拉瓦尔环缝式紧耦合喷嘴对合金液流进行雾化,中心距为 $10 \sim 40$ mm,出气口汇聚角度为 $10 \sim 40^\circ$,喷嘴喷出总压力为 $1 \sim 6$ MPa,气体流量为 $800 \sim 2000$ m³/h,金属液流在高速气体的冲击作用下形成球形铝合金粉末。

[0013] 5、冷却后的铝合金粉末汇集至二级旋风分离收粉装置中,在高纯氩气气氛下筛分,不同粒径等级的粉末进行惰性气体保护封装。

[0014] 采用本发明方法制备的3D打印用高纯铝合金粉末的粒度为 $0 \sim 53$ μm,氧含量为 $500 \sim 1300$ ppm,纯度高,流动性好,满足航空航天3D打印关键零部件的使用要求

[0015] 本发明适用于铝合金牌号ISO 3522-2007、GB/T 1173-2013和GB/T 3190-2008全部产品牌号,主要材质为纯铝、Al-Si系、Al-Cu系、Al-Mg系或Al-Zn系铝合金。

[0016] 本发明的优点在于:采用连续送料装置将铝合金棒料传递至熔炼室,通过高频感应线圈加热直接将棒料熔化,形成连续液流,进入雾化室。在整个过程中,避免了合金与坩埚接触,保证了粉末的纯净度,能够制备出纯度高、球形度好、氧含量低、粒度分布窄、流动性好的符合3D打印要求的高纯球形铝合金粉末。

[0017] 本发明的制备方法主要工作在于:

[0018] 1、送料进给及装卡结构优化。通过对传动装置螺距、转速及装卡部位螺钉尺寸的控制,调整棒料的对中度及进给速度,在熔炼过程中实现连续送料。

[0019] 2、高频铜感应线圈的设计。通过对感应线圈管径、管层间距、中心距及冷却水流速等参数的控制,调整熔炼室内部温度场分布,在铝合金棒料的熔化端形成连续、稳定的液流。

[0020] 3、喷嘴结构优化。通过对喷嘴出气口汇聚角度、中心距、雾化压力、气体流量等参数的控制,调整气流与金属液流的动力交互作用,以便获得具有良好性能(球形度、均匀度等)的粉末。

[0021] 本发明制备方法的原理基于高速气流击碎金属液流的二流雾化法,采用感应线圈将铝合金棒料熔炼成连续、稳定的液流,通过对喷嘴气体流量、出气口总压力等工艺的控制,提高气体动能与金属液滴表面能之间的转化效率,形成细小的粉末。

[0022] 本发明的优点在于:

[0023] 1、以铝合金棒料为原料,采用传动装置实现连续送料,高频铜感应线圈进行熔炼,避免了合金熔体与坩埚接触,减少了杂质元素的混入及坩埚中的熔体残留,提高了材料利用率及粉末纯净度。

[0024] 2、采用的拉瓦尔环缝式紧耦合喷嘴为切向进气,气体流量为 $800\sim 2000\text{m}^3/\text{h}$,喷嘴喷出总压力为 $1\sim 6\text{MPa}$,能够有效将铝合金液流破碎成细小颗粒,从而保证粉末粒度为 $0\sim 53\mu\text{m}$ 。

[0025] 3、采用本发明制备的球形铝合金粉末粒度细小、均匀,流动性好、球形度高、氧含量低,细粉收得率高达25%。

附图说明

[0026] 图1为本发明制备的微细球形Al-Si-10Mg铝合金粉末的粒度分布图。

具体实施方式

[0027] 实施例1

[0028] 高纯Al-Si-10Mg合金球形粉末制备

[0029] 1、将高纯Al-Si-10Mg合金加工成直径为45mm的棒料,在距离棒料顶端10mm处加工 $5\times 5\text{mm}$ 的凹槽,尾端加工成 90° 度的锥形;

[0030] 2、将洁净的铝合金棒料安装在连续送料装置上,对装料室、熔炼室、雾化室进行抽真空处理,极限真空度为 $1\times 10^{-4}\text{Pa}$,充入氩气保护气体,熔炼室气压为 0.11MPa ;

[0031] 3、启动送料装置,棒料的下降速度为 $1\text{mm}/\text{s}$,自转速度为 $100\text{r}/\text{s}$,待棒料运送至感应线圈中部时,棒料停止下降,启动加热电源,功率为 10kw ,电极感应线圈的锥度为 60° ,管径为 15mm ,管间距为 20mm ,线圈最大中心距为 150mm ,熔炼室温度超过铝合金熔点 5°C 后,开启风机,将送料装置下降速度调节至 $0.02\text{mm}/\text{s}$,加热功率调节至 30kw ,形成连续、稳定的液流;

[0032] 4、采用拉瓦尔环缝式紧耦合喷嘴对合金液流进行雾化,中心距为 40mm ,出气口汇聚角度为 40° ,喷嘴喷出总压力为 $1\sim 6\text{MPa}$,气体流量为 $1500\text{m}^3/\text{h}$,将液流雾化为铝合金粉末;

[0033] 5、将冷却后的铝合金粉末收集并在高纯氩气气氛下进行筛分处理。最终得到的Al-Si-10Mg合金球形粉末氧含量为 600ppm ,粉末粒径为 $0\sim 53\mu\text{m}$ 。从粉末的扫描照片可以看出,采用本方法制备的Al-Si-10Mg合金粉末球形度高、粒度分布均匀、卫星粉含量低、粉末无粘接团聚现象,符合3D打印用金属粉末的外观要求。

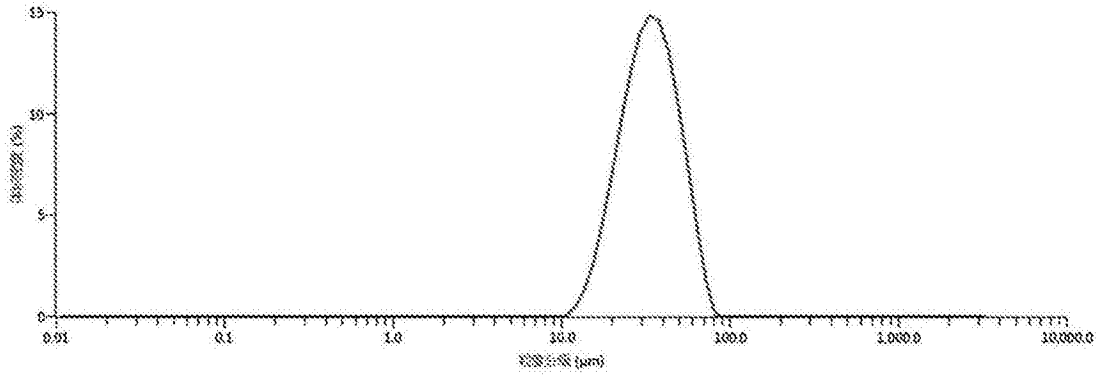


图1