



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114147203 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 08

(21) 申请号 202111531680.6

C23G 1/20 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.14

(71) 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙正街174号

(72) 发明人 赵建华 辜诚 王亚军 李佳

赵一舟

(74) 专利代理机构 重庆强大凯创专利代理事务
所(普通合伙) 50217

代理人 康奇刚

(51) Int. Cl.

B22D 19/16 (2006.01)

G21D 10/00 (2006.01)

B08B 3/12 (2006.01)

G23F 17/00 (2006.01)

G23G 1/10 (2006.01)

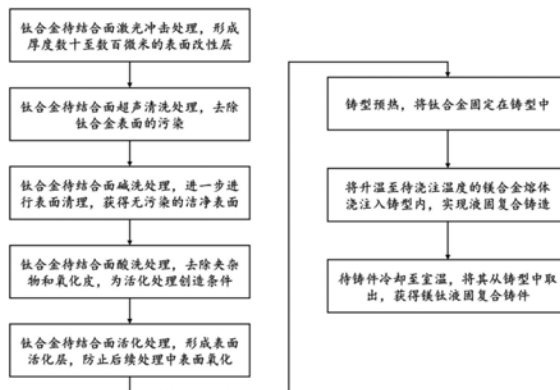
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法

(57) 摘要

本发明涉及铸造双金属复合材料领域,具体涉及一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,包括如下步骤:步骤一,第一次表面处理:在钛合金的结合表面采用激光冲击技术进行第一次表面处理;步骤二,第二次表面处理:将经过步骤一处理的钛合金的结合表面进行第二次表面处理,第二次表面处理包括超声清洗、碱洗、酸洗和表面活化处理;步骤三,液固复合铸造:将经过步骤二处理的钛合金固定在铸型中,将镁合金熔体浇注到铸型内,实现镁/钛界面冶金结合。通过本方案解决了镁/钛难以形成界面直接冶金结合、镁/钛结合强度不足的问题。



1. 一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤一,第一次表面处理:在钛合金的结合表面采用激光冲击技术进行第一次表面处理;

步骤二,第二次表面处理:将经过步骤一处理的钛合金的结合表面进行第二次表面处理,所述第二次表面处理包括超声清洗、碱洗、酸洗和表面活化处理;

步骤三,液固复合铸造:将经过步骤二处理的钛合金固定在铸型中,将镁合金熔体浇注到铸型内,实现镁/钛界面冶金结合。

2. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤一中,激光冲击处理形成的表面改性层厚度为数十至数百微米。

3. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤一中,激光冲击的工艺参数为:激光波长1063-1065nm,脉冲宽度10-20ns,激光功率4-7J,激光冲击次数1-2次,光斑直径2.5-5mm,搭接率40-60%。

4. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤一中,激光冲击保护层为黑色胶带,激光冲击约束层为去离子水幕。

5. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤二中,超声清洗时间10-20min。

6. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤二中,碱洗温度60-75℃,碱洗时间20-30min。

7. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤二中,表面活化处理溶液配比为:盐酸/硫酸=2/5-1/2,表面活化处理时间25-35min。

8. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤三中,复合铸造工艺参数:镁合金熔体温度720℃,液固比15:1。

9. 根据权利要求1所述的一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,其特征在于:步骤一中,激光冲击路径规划为:依次顺序-倒序,或者依次顺序-顺序。

一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铸造双金属复合材料领域,具体涉及一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法。

背景技术

[0002] 镁合金作为目前实际应用的最轻的金属结构材料之一,具有密度低、比强度和比刚度、加工性能好等优点,广泛应用于轨道交通、电子通信、航空航天等领域。但是镁合金存在绝对强度低、高温性能差、耐腐蚀性差等缺点,限制了其更大规模的应用。与镁合金相比,钛合金的高温性能、耐腐蚀性能优良且具有更高的比强度,但因其工艺性能差、成本较高,主要应用于航空航天、深海石油等高科技领域。镁合金与钛合金在性能和经济方面互补性很强,实现镁钛异种合金的可靠复合,能够在保留各自性能特点的同时克服单一材料性能上的不足,形成高强度镁/钛复合铸造构件,满足航空航天、交通运输等领域的轻量化需求。

[0003] 然而,镁、钛在物理和冶金性能上有很大的差异:二者互溶度极小,基本不发生冶金反应;二者熔点差异大(镁:649℃,钛:1678℃),难以同时处于熔融态;另外在合金表面也易形成氧化膜,影响界面冶金连接。因此,实现镁/钛界面的冶金结合存在一定的局限性,其复合十分困难。

[0004] 液固复合铸造可生产具有复杂形状及内部结构的零件,生产效率高,工艺简单,是高性能双金属的重要成型方法。基于该工艺的复合铸件已经成功应用于汽车、电子、冶金等领域,如曲轴箱、发动机缸体、空心管状靶材、复合锤头等。采用能同时与镁、钛反应的金属作为中间过渡层能够制备镁/钛液固复合铸件,但存在第三种金属选择的局限性,可能产生脆性金属间化合物,需要对工艺过程和界面扩散进行严格的把控。

[0005] 综上,现有技术中存在镁/钛难以形成界面直接冶金结合、镁/钛结合强度不足的问题,并且针对不互溶的镁/钛双金属复杂构件的液固复合铸造界面冶金结合也存在一定的局限性和难度。

发明内容

[0006] 本发明意在提供一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,以解决镁/钛难以形成界面直接冶金结合、镁/钛结合强度不足的问题。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤一,第一次表面处理:在钛合金的结合表面采用激光冲击技术进行第一次表面处理;

[0009] 步骤二,第二次表面处理:将经过步骤一处理的钛合金的结合表面进行第二次表面处理,第二次表面处理包括超声清洗、碱洗、酸洗和表面活化处理;

[0010] 步骤三,液固复合铸造:将经过步骤二处理的钛合金固定在铸型中,将镁合金熔体

浇注到铸型内,实现镁/钛界面冶金结合。

[0011] 本方案的原理及优点是:激光冲击技术可产生1mm甚至更深的压应力层,同时因激光能量、脉冲宽度、路径轨迹等工艺参数可精确调节设定,从而可以对零件的表面粗糙度、硬度、残余应力分布、零件变形量等技术指标精确调控。

[0012] 本发明将激光冲击表面处理技术应用于镁/钛液固复合铸造,激光冲击可以对钛合金材料的表面粗糙度、硬度、残余应力分布、变形量等进行精确调控,利用激光冲击在钛合金材料表面形成的高残余应力、高密度位错、晶界等晶体缺陷,这样镁/钛元素在晶体缺陷中具有更高的扩散系数。本发明充分利用激光冲击在钛合金表面形成的高密度晶体缺陷,诱导镁/钛元素的互扩散,可以大幅度强化结合界面的冶金结合作用,实现镁/钛液固复合铸造结合界面的可靠连接。

[0013] 采用上述方案时,具有以下有益效果:1、采用激光冲击处理实现镁/钛双金属的可靠复合,同时液固复合铸造能够实现复杂构件的制备。2、激光冲击工艺可调,钛合金材料表面粗糙度、残余应力分布、高密度晶体缺陷可以精确调控,强化了镁/钛界面冶金结合。3、激光冲击后进行的第二次表面处理,有效减轻工艺过程中钛合金表面氧化,抑制了界面缺陷的产生,提高界面结合强度与产品使用寿命。4、不同于传统的添加中间层的结合方式,本发明无需添加金属中间层,实现了镁/钛直接冶金结合。另外,本发明能够实现复杂结构的镁/钛双金属复合。

[0014] 值得说明和强调的是,本发明采用激光冲击的目的是在钛合金表面形成高密度晶体缺陷,在随后的液固复合铸造过程中诱导镁/钛元素的互扩散,可以大幅度强化结合界面的冶金结合作用。激光冲击不使钛合金表面进行升温,钛、镁元素不发生冶金反应,界面结合完全通过液固复合铸造过程中镁/钛界面处晶体缺陷诱导扩散形成。需要说明的是,本发明采用的液固复合铸造工艺相对于传统液固复合铸造工艺,温度较高,液固比较大,在钛合金表面有激光冲击产生应力集中与晶体缺陷的情况下,在液固复合铸造过程中提供足够的热力学驱动力使镁/钛界面形成结合。

[0015] 另外,本发明先采用激光冲击处理钛材表面,随后进行液固复合,通过本方案能够生产形状复杂的结构件,同时能使不互溶的镁、钛在界面形成冶金结合,克服了不互溶的镁/钛双金属复杂构件的液固复合铸造界面冶金结合局限性和难度。

[0016] 优选的,作为一种改进,步骤一中,激光冲击处理形成的表面改性层厚度为数十至数百微米。不同于传统激光冲击处理为了提高部件的表面性能,本发明中的激光冲击功率低,脉冲宽度短,形成的表面改性层更薄,仅有数十到数百微米,较薄的激光冲击改性层已经能够起到诱导镁、钛原子扩散的作用。

[0017] 优选的,作为一种改进,步骤一中,激光冲击的工艺参数为:激光波长1063-1065nm,脉冲宽度10-20ns,激光功率4-7J,激光冲击次数1-2次,光斑直径2.5-5mm,搭接率40-60%。由此,采用上述的激光冲击的工艺参数,使激光冲击处理后的钛合金表面残余应力与晶体缺陷分布均匀,有利于调控后续镁钛复合铸造过程中镁原子向钛合金内部的扩散,提高界面冶金结合性能,激光冲击的效果更好。

[0018] 优选的,作为一种改进,步骤一中,激光冲击保护层为黑色胶带,激光冲击约束层为去离子水幕。黑色胶带作为保护层和能量吸收层在激光冲击时产生局部爆炸引发钛合金表面超高应变率的塑性变形,去离子水幕作为约束层不会在激光冲击爆炸后破坏,能够持

续进行激光冲击爆炸能量约束。

[0019] 优选的,作为一种改进,步骤二中,超声清洗时间10-20min。由此,采用上述超声清洗工艺,能够去除激光冲击处理和机械处理过程对钛合金表面造成的污染,获得无污染的洁净表面,超声清洗的效果较好。

[0020] 优选的,作为一种改进,步骤二中,碱洗温度60-75℃,碱洗时间20-30min。由此,采用上述碱洗工艺,钛合金表面的氧化皮能够彻底洗尽,表面呈灰白色,表面质量良好,碱洗的效果较好。

[0021] 优选的,作为一种改进,步骤二中,表面活化处理溶液配比为:盐酸/硫酸=2/5-1/2,表面活化处理时间25-35min。由此,采用上述表面活化工艺,在钛合金表面形成一层活化层,防止了后续工艺过程中钛合金表面氧化,同时活化时间短,消除了对钛合金产生腐蚀的风险,表面活化处理的效果较好。

[0022] 优选的,作为一种改进,步骤三中,复合铸造工艺参数:镁合金熔体温度720℃,液固比15:1。由此,采用上述复合铸造工艺,镁合金完全熔化且不发生烧蚀。不同于传统液固复合铸造工艺,上述工艺温度相对较高,液固比相对较大,在钛合金表面有激光冲击产生应力集中与晶体缺陷的情况下,在液固复合铸造过程中提供足够的热力学驱动力使镁/钛界面形成结合,液固复合铸造的效果较好。

[0023] 优选的,作为一种改进,步骤一中,激光冲击路径规划为:依次顺序-倒序,或者依次顺序-顺序。采用上述激光冲击路径规划,在钛合金表面每一点都会受到多次相邻激光冲击点的作用,形成均匀的塑性应变层,表面晶体缺陷分布均匀,激光冲击处理的效果较好。

附图说明

[0024] 图1为一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法的流程图。

[0025] 图2为激光冲击处理后镁/钛液固复合铸造界面微观组织及溶质浓度分布曲线图。

具体实施方式

[0026] 下面通过具体实施方式进一步详细说明:

[0027] 实施例基本如附图1-图2所示:一种激光冲击诱导镁钛液固复合铸造界面冶金结合的方法,包括如下步骤:

[0028] 步骤一,第一次表面处理:在钛合金的结合表面采用激光冲击技术进行第一次表面处理;激光冲击的工艺参数为:激光波长1063-1065nm,本实施例为激光波长1064nm;脉冲宽度10-20ns,本实施例为脉冲宽度为20ns;激光功率4-7J,本实施例为激光功率6J;激光冲击次数1-2次,本实施例激光冲击次数1次;光斑直径2.5-5mm,本实施例光斑直径5mm;搭接率40-60%,本实施例搭接率50%。激光冲击保护层为黑色胶带,激光冲击约束层为去离子水幕。激光冲击路径规划为:依次顺序-倒序,或者依次顺序-顺序,本实施例激光冲击路径规划为依次顺序-倒序。

[0029] 步骤二,第二次表面处理:将经过步骤一处理的钛合金的结合表面进行第二次表面处理,第二次表面处理包括超声清洗、碱洗、酸洗和表面活化处理;超声清洗时间10-20min,本实施例超声清洗时间20min。碱洗温度60-75℃,本实施例碱洗温度75℃;碱洗时间20-30min,本实施例碱洗时间30min。表面活化处理溶液配比为:盐酸/硫酸=2/5-1/2,表面

活化处理时间25-35min,本实施例表面活化处理时间30min。

[0030] 步骤三,液固复合铸造:将经过步骤二处理的钛合金固定在铸型中,将镁合金熔体浇注到铸型内,实现镁/钛界面冶金结合。第二次表面处理包括超声清洗、碱洗、酸洗和表面活化处理。复合铸造工艺参数:镁合金熔体温度720℃,液固比15:1。

[0031] 本实施例中的钛合金材料为Ti6Al4V钛合金,镁合金材料为AZ91D镁合金。

[0032] 镁/钛液固复合铸造界面冶金结合性能通过镁/钛复合构件的剪切性能表征,最后经过检测,未采用激光冲击的镁/钛界面出现明显的间隙,未能形成冶金结合,制作剪切试样时的轻微机械力就发生断裂,强度接近0。实施例中激光冲击处理后镁/钛液固复合铸造界面微观组织如图2所示,采用激光冲击处理的镁/钛界面形成了约3 μ m的扩散层,镁/钛液固复合铸造构件界面剪切强度可达29.5MPa,证明采用激光冲击处理能够实现并强化镁/钛界面直接冶金结合。

[0033] 以上所述的仅是本发明的实施例,方案中公知的具体技术方案和/或特性等常识在此未作过多描述。应当指出,对于本领域的技术人员来说,在不脱离本发明技术方案的前提下,还可以作出若干变形和改进,这些也应该视为本发明的保护范围,这些都不会影响本发明实施的效果和专利的实用性。本申请要求的保护范围应当以其权利要求的内容为准,说明书中的具体实施方式等记载可以用于解释权利要求的内容。

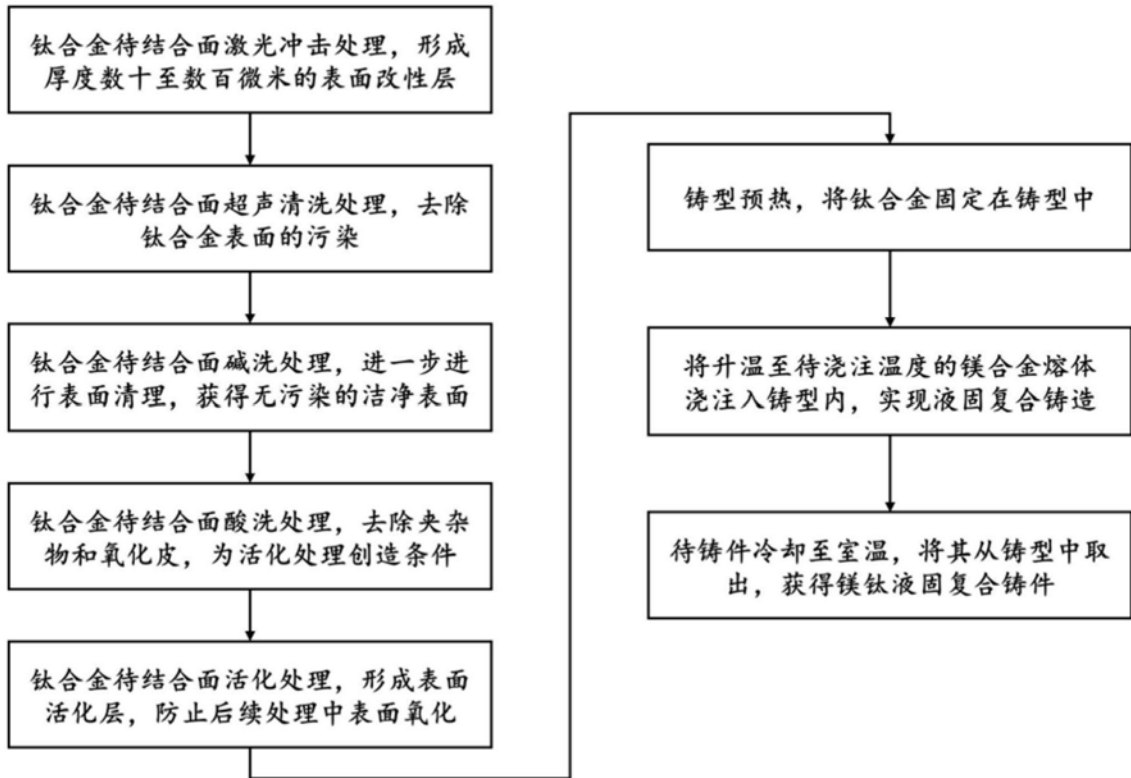


图1

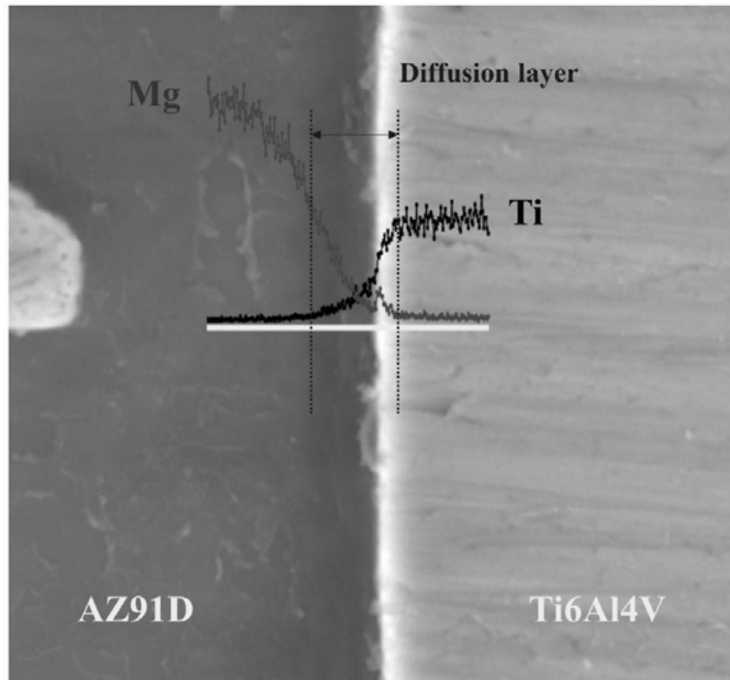


图2