



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112404908 A

(43) 申请公布日 2021. 02. 26

(21) 申请号 202011315680.8

(22) 申请日 2020.11.21

(71) 申请人 西安航天动力机械有限公司

地址 710025 陕西省西安市田王街特字一
号14号

(72) 发明人 陈志旋 吴军 王猛 张美平
常维博 何锋 张黎旭 阎天成
陈邵川 黄峰云 陈志敏

(74) 专利代理机构 西北工业大学专利中心
61204

代理人 云燕春

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

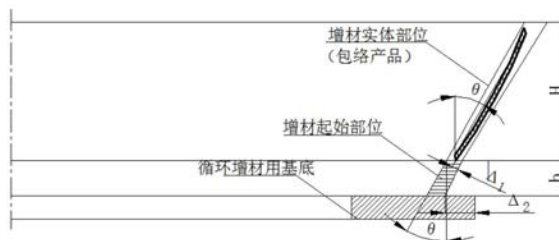
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法

(57) 摘要

本发明一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,属于机加工领域;首先根据成形产品无底球冠的尺寸设计基底;然后在基底上表面沿周向进行热熔丝增材成形,得到无底球冠的增材毛坯;再依次进行退火处理-毛坯机加工-探伤检验-性能强化处理-半精加工-去应力处理-精加工出零件-切断环形坯料,得到无底球冠成形件。本发明采用循环使用环坯料为基底、合适成分钢丝材增材制造成坯料后机加成形,该加工方法能够保证产品精度及力学性能,可使原材料利用率提高、加工效率明显提高,可使增材基底循环使用,实现低成本快速成形零件。



1. 一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于具体步骤如下:

步骤一:根据成形产品无底球冠的尺寸设计基底;所述基底为环形圆板结构,厚度 δ 满足公式 $\delta=15+5\times N$,单位mm,N为基底循环使用次数;所述基底的内径 ϕc 小于无底球冠零件的小端内径 ϕb ,内孔用于定位及压紧防变形;

步骤二:首先根据成形产品要求选择热熔丝增材需要的钢丝材,然后设定所述热熔丝增材的工艺参数为:电流170~185A,送丝速度7~10m/min,焊接速度0.4~0.5m/min,道间距3~5mm,层高2.5~4.5mm;将所述基底水平设置后,在其上表面沿周向进行热熔丝增材成形,得到无底球冠的增材毛坯;

步骤三:将所述增材毛坯进行退火处理,使其内应力得到释放;

步骤四:将步骤三退火处理后的增材毛坯进行机加工,得到无底球冠毛坯;然后对无底球冠毛坯进行超声波探伤检验,保证无底球冠毛坯无裂纹、无气孔缺陷;

步骤五:对步骤四探伤后的无底球冠毛坯进行性能强化热处理,依据增材钢焊丝牌号,匹配不同性能强化热处理制度;

步骤六:对步骤五热处理后的无底球冠毛坯进行半精加工,得到无底球冠半成品;

步骤七:对无底球冠半成品进行去应力处理;

步骤八:将去应力处理后无底球冠半成品进行精加工,得到满足产品几何精度要求的无底球冠;

步骤九:将无底球冠上、下端口的环形坯料切断,再对其上、下端口进行机加工,切断的下端口的环形坯料作为循环增材使用的通用基底。

2. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述基底的内径 $\phi c=\phi d-200$,单位mm,外径 ϕd 计算公式如下:

$$\phi d=\phi b-h\cdot(\phi a-\phi b)/H+2\cdot(\Delta 1+\Delta 2)$$

其中,h为增材起始部位高度,H为无底球冠零件轴向高度, $\Delta 1$ 为增材毛坯的外轮廓型面的探伤余量, $\Delta 2$ 为增材毛坯的外轮廓车削见光余量; ϕa 为无底球冠零件大端外径, ϕb 为无底球冠零件小端内径。

3. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述钢丝材牌号为ER50-6、ER90-G或H20高强度钢焊丝。

4. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述步骤五中性能强化热处理方法为高温退或淬火、回火制度。

5. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述步骤七中去应力的方式为自然时效、热时效或振动时效。

6. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述步骤二中,在所述基底上表面进行热熔丝增材时,增材的起始部位高度h取值范围为15-20mm,从起始部位顶端以上部分属于无底球冠的增材毛坯。

7. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述增材毛坯的外轮廓型面的探伤余量为5mm。

8. 根据权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于:所述增材毛坯的外轮廓车削见光余量为5~10mm。

9. 一种采用权利要求1所述基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法制备的无

底球冠钢质零件,其特征在于:所述无底球冠钢质零件轴向高度为30mm~200mm,壁厚为1.5mm~20mm;无底球冠钢质零件的底部开口端作为小径端,小径端内径为 $\Phi 200\text{mm}$ ~2900mm,其上开口端为大径端,大径端外径为 $\Phi 210\text{mm}$ ~3000mm。

一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法

技术领域

[0001] 本发明属于机加工领域,具体涉及一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法。

背景技术

[0002] 高精度大直径薄壁无底球冠回转体金属零件是某类航天器的重要构件,单台产品用量大,现有技术中采用环锻件经反复车削成形或采用厚板材强力旋压后机加成形。环锻件反复车削成形方法存在加工效率低、材料利用率很低的缺点;厚板材强力旋压成形材料利用率虽然提高了,但需要考虑生产一系列的旋压芯模工装,且需提前准备厚板原材料,工装与厚板料的生产准备周期2-3个月,制约了产品快速响应快速制造。

[0003] 本发明原材料钢焊丝,以循环使用环形坯料作为增材通用基底,利用热熔丝增材制造技术制备带底球冠毛坯,然后采用退火或调质等强化热处理,最终机加成形。该工艺方法相比环锻件反复车削方案,可压缩原材料的准备与产品车削时间;相比厚板旋压后机加方案,缩短工装与原材料的生产准备时间75%以上;相比一次性的增材基底,本发明的基底消耗降低40%以上。

发明内容

[0004] 要解决的技术问题:

[0005] 为了避免现有技术的不足之处,本发明提出一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,原材料毛坯以增材制造方案代替传统采用的锻件车削或板材旋压,减少旋压芯模投入,极大缩短毛坯成形时间,基底循环使用。

[0006] 本发明的技术方案是:一种基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法,其特征在于具体步骤如下:

[0007] 步骤一:根据成形产品无底球冠的尺寸设计基底;所述基底为环形圆板结构,厚度 δ 满足公式 $\delta=15+5\times N$,单位mm,N为基底循环使用次数;所述基底的内径 ϕ_c 小于无底球冠零件的小端内径 ϕ_b ,内孔用于定位及压紧防变形;

[0008] 步骤二:首先根据成形产品要求选择热熔丝增材需要的钢丝材,然后设定所述热熔丝增材的工艺参数为:电流170~185A,送丝速度7~10m/min,焊接速度0.4~0.5m/min,道间距3~5mm,层高2.5~4.5mm;将所述基底水平设置后,在其上表面沿周向进行热熔丝增材成形,得到无底球冠的增材毛坯;

[0009] 步骤三:将所述增材毛坯进行退火处理,使其内应力得到释放;

[0010] 步骤四:将步骤三退火处理后的增材毛坯进行机加工,得到无底球冠毛坯;然后对无底球冠毛坯进行超声波探伤检验,保证无底球冠毛坯无裂纹、无气孔缺陷;

[0011] 步骤五:对步骤四探伤后的无底球冠毛坯进行性能强化热处理,依据增材钢焊丝牌号,匹配不同性能强化热处理制度;

[0012] 步骤六:对步骤五热处理后的无底球冠毛坯进行半精加工,得到无底球冠半成品;

[0013] 步骤七:对无底球冠半成品进行去应力处理;

[0014] 步骤八:将去应力处理后无底球冠半成品进行精加工,得到满足产品几何精度要求的无底球冠;

[0015] 步骤九:将无底球冠上、下端口的环形坯料切断,再对其上、下端口进行机加工,切断的下端口的环形坯料作为循环增材使用的通用基底。

[0016] 本发明的进一步技术方案是:所述基底的内径 $\phi c = \phi d - 200$, 单位mm, 外径 ϕd 计算公式如下:

[0017]
$$\phi d = \phi b - h \cdot (\phi a - \phi b) / H + 2 \cdot (\Delta 1 + \Delta 2)$$

[0018] 其中, h 为增材起始部位高度, H 为无底球冠零件轴向高度, $\Delta 1$ 为增材毛坯的外轮廓型面的探伤余量, $\Delta 2$ 为增材毛坯的外轮廓车削见光余量; ϕa 为无底球冠零件大端外径, ϕb 为无底球冠零件小端内径。

[0019] 本发明的进一步技术方案是:所述钢丝材牌号为ER50-6、ER90-G或H20高强度钢焊丝。

[0020] 本发明的进一步技术方案是:所述步骤五中性能强化热处理方法为高温退或淬火、回火制度;

[0021] 本发明的进一步技术方案是:所述步骤七中去应力的方式为自然时效、热时效或振动时效。

[0022] 本发明的进一步技术方案是:所述步骤二中,在所述基底上表面进行热熔丝增材时,增材的起始部位高度 h 取值范围为15-20mm,从起始部位顶端以上部分属于无底球冠的增材毛坯。

[0023] 本发明的进一步技术方案是:所述增材毛坯的外轮廓型面的探伤余量为5mm。

[0024] 本发明的进一步技术方案是:所述增材毛坯的外轮廓车削见光余量为5~10mm。

[0025] 一种采用基于熔丝增材的无底球冠钢质零件快速成形方法制备的无底球冠钢质零件,其特征在于:所述无底球冠钢质零件轴向高度 H 为30mm~200mm,壁厚 t 为1.5mm~20mm;无底球冠钢质零件的底部开口端作为小径端,小径端内径为 $\Phi 200\text{mm} \sim 2900\text{mm}$,其上开口端为大径端,大径端外径为 $\Phi 210\text{mm} \sim 3000\text{mm}$ 。

[0026] 有益效果

[0027] 本发明的有益效果在于:

[0028] 1、本发明加工零件采用的循环增材基底代替一次性增材基底,若循环次数 ≥ 4 次,基底原材料消耗降低40%以上;无底球冠零件采用增材制造成形基底毛坯,基底尺寸设计兼顾了产品增材底座的需要,同时考虑了增材变形余量;最后切下增材后的环形坯料,能够作为循环增材使用的基底,实现精益制造。

[0029] 2、本发明加工零件采用的循环增材基底,兼顾了防变形需要和车削装夹需要,使的熔丝增材成为无底球冠钢质零件的毛坯成形方法。

[0030] 2、本发明加工零件用增材成形工艺制备无底球冠毛坯代替原自由锻件大量车削制坯时间,加工效率提高1倍以上,生产成本降低约30%;代替厚板旋压成形毛坯,减少旋压芯模投入,产品相应时间由原有的芯模成形2~3个月周期缩短到增材基底准备1~2周时间,生产准备时间缩短75%以上。

[0031] 3、本发明根据焊丝成分,发现并匹配了相应的热处理制度,实现无底球冠钢质零

件三档力学性能的使用需求,最终实现无底球冠钢质零件的熔丝增材制造。

附图说明

[0032] 图1为本发明制备的典型零件产品示意图。

[0033] 图2为本发明循环增材用基底的示意图。

[0034] 图3为本发明所指循环增材用基底、增材起始部位与增材实体部分的空间示意图。

具体实施方式

[0035] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0036] 实施例1:丝材牌号为ER50-6 (GB/T8110) 焊丝,性能强化热处理后抗拉强度 $\geq 500\text{MPa}$ 。某典型零件无底球冠的尺寸:无底球冠小端内径 $\phi b=355\text{mm}$;无底球冠大端外径 $\phi a=410\text{mm}$;无底球冠轴向高度 $H=44\text{mm}$;球冠壁厚 $t=2.3\text{mm}$;无底球冠球径SRC230mm零件。具体加工步骤为:

[0037] 1、设计产品毛坯循环增材用基底合适尺寸,循环使用6次的增材基底选用尺寸为 $\Phi 355 \times \Phi 155 \times 45\text{mm}$ 环锻件或圆环板材;

[0038] 2、选择ER50-6 (GB/T8110) 焊丝进行增材制造成形,根据产品使用要求,考虑抗拉强度在500MPa级别的ER50-6焊丝作为增材丝材,电流180A,送丝速度7m/min,焊接(熔覆)速度0.5m/min,道间距5mm,层高3mm;

[0039] 3、增材制造毛坯退火处理,按照600℃5h热处理制度进行;

[0040] 4、毛坯机加成形无底球冠毛坯;

[0041] 5、超声波探伤检验增材无底球冠毛坯无裂纹、无气孔等增材缺陷;

[0042] 6、性能强化热处理,采用淬火-回火制度强化,具体为淬火温度为890℃、保温35-50min;回火温度为520℃、保温50~70min;

[0043] 7、半精加工;

[0044] 8、去应力处理,自然时效48小时;

[0045] 9、精加工出零件,精车内外型面、切断;

[0046] 10、切断环形坯料,机加坯料的上、下表面,作为循环增材使用的通用基底。

[0047] 实施例2:丝材牌号为ER90-G (GB/T8110),性能强化热处理后抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$ 。某典型零件无底球冠的尺寸: $\phi a=875\text{mm}$; $\phi b=755\text{mm}$; $H=115\text{mm}$; $t=3.4\text{mm}$; SRC465mm零件。具体加工步骤为:

[0048] 1、设计产品毛坯循环增材用基底合适尺寸,循环使用4次的增材基底选用尺寸为 $\Phi 755 \times \Phi 555 \times 35\text{mm}$;

[0049] 2、选择ER90-G (GB/T8110) 高强度钢焊丝进行增材制造成形,根据产品使用要求,考虑抗拉强度在900MPa级别的ER90-G焊丝作为增材丝材,电流185A,送丝速度8m/min,焊接(熔覆)速度0.5m/min,道间距3mm,层高4.5mm;

[0050] 3、增材制造毛坯退火处理,按照600℃5h热处理制度进行;

[0051] 4、毛坯机加成形无底球冠毛坯;

[0052] 5、超声波探伤检验增材无底球冠毛坯无裂纹、无气孔等增材缺陷;

[0053] 6、性能强化热处理,本步骤可不执行,增材-退火态可直接使用,力学性能可实现抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$;

[0054] 7、半精加工;

[0055] 8、去应力处理,热处理制度为温度 280°C 、保温 $480\sim 540\text{min}$;

[0056] 9、精加工出零件,精车内外型面、切断;

[0057] 10、切下环形坯料,机加坯料的上、下表面,作为循环增材使用的通用基底。

[0058] 实施例3:丝材牌号为H20 (GJB3323) 高强度钢焊丝,性能强化热处理后抗拉强度 $\geq 1300\text{MPa}$ 。某典型零件无底球冠的尺寸 $\phi a=2000\text{mm}$; $\phi b=1800\text{mm}$; $H=150\text{mm}$; $t=3.5\text{mm}$; SRC470mm零件。具体加工步骤为:

[0059] 1、设计产品毛坯循环增材用基底合适尺寸,循环使用5次的增材基底选用尺寸为 $\Phi 1800 \times \Phi 1600 \times 40\text{mm}$;

[0060] 2、选择H20 (GJB3323) 高强度钢焊丝进行增材制造成形,根据产品使用要求,考虑抗拉强度在 1300MPa 级别的H20焊丝作为增材丝材,电流 170A ,送丝速度 7m/min ,焊接(熔覆)速度 0.4m/min ,道间距 3mm ,层高 2.5mm ;

[0061] 3、增材制造毛坯退火处理,按照 680°C 3h热处理制度进行;

[0062] 4、毛坯机加成形无底球冠毛坯;

[0063] 5、超声波探伤检验增材无底球冠毛坯无裂纹、无气孔等增材缺陷;

[0064] 6、性能强化热处理,采用淬火-回火制度强化,淬火温度为 930°C 、保温 $35\sim 50\text{min}$;回火温度为 300°C 、保温 $50\sim 70\text{min}$,力学性能可实现抗拉强度 $\geq 1300\text{MPa}$;

[0065] 7、半精加工;

[0066] 8、去应力处理,采用振动时效消减残余应力;

[0067] 9、精加工出零件,精车内外型面、切断;

[0068] 10、切下环形坯料,机加坯料的上、下表面,作为循环增材使用的通用基底。

[0069] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

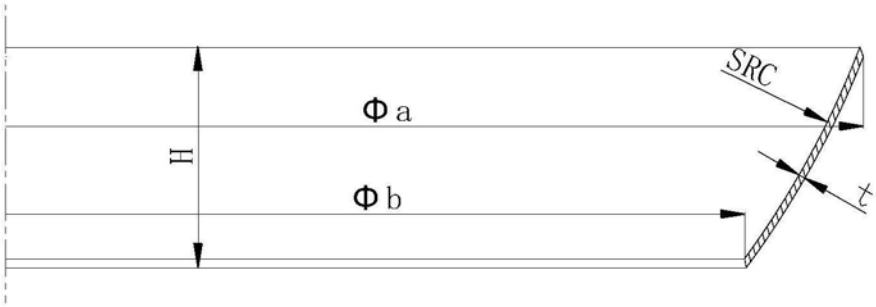


图1

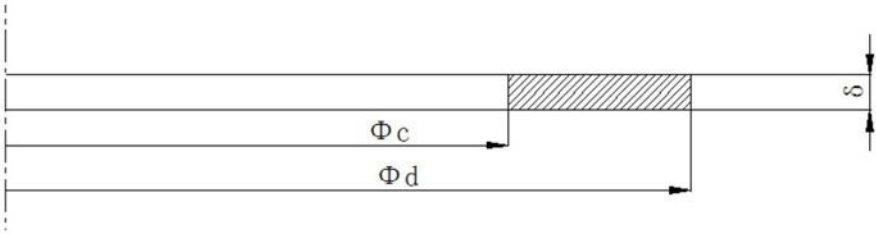


图2

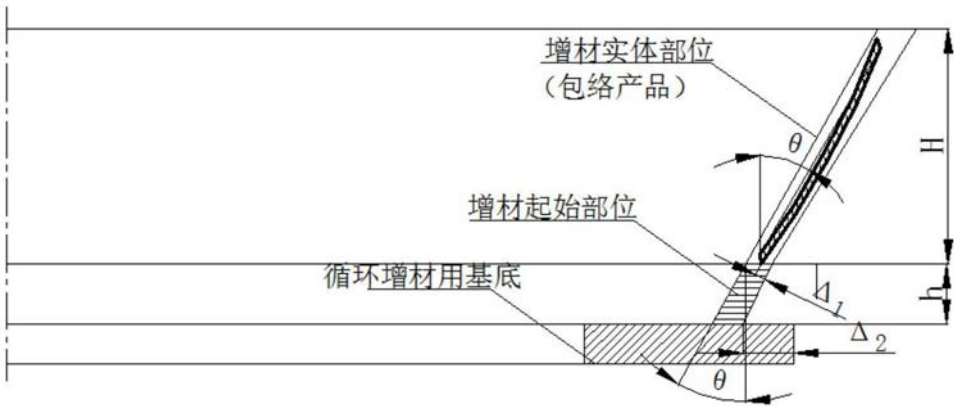


图3