



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108188542 A

(43)申请公布日 2018.06.22

(21)申请号 201711461844.6

(22)申请日 2017.12.28

(71)申请人 南方增材科技有限公司

地址 528225 广东省佛山市南海区狮山镇
小塘城区三环西路31号F车间

(72)发明人 陟成刚 严连菊 张子华 卓炎
李利军 孔令宗 于海波

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 胡枫

(51)Int.Cl.

B23K 9/04(2006.01)

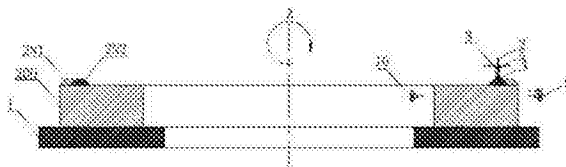
权利要求书1页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

金属构件丝极电熔增材制造方法及金属构件

(57)摘要

本发明公开了一种金属构件丝极电熔增材制造方法,包括:(一)将电源的两极分别接至电熔头和基体,将金属丝极通过电熔头送于基体表面,并采用保护气体对电熔区域进行保护;(二)接通电源,在金属丝极与基体之间产生电弧,使金属丝极与基体表面局部熔化,在基体表面形成熔池;(三)在保护气氛中持续送进金属丝极,并控制电熔头与基体的相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。相应的,本发明还公开一种采用上述方法制得的金属构件。采用本发明,效率高、稳定性好、制得的金属构件力学性能优异,并具有良好的组织特征。



1. 一种金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,包括:

(一) 将电源的两极分别接至电熔头和基体,将金属丝极通过电熔头送于基体表面,并采用保护气体对电熔区域进行保护;

(二) 接通电源,在金属丝极与基体之间产生电弧,使金属丝极与基体表面局部熔化,在基体表面形成熔池;

(三) 在保护气氛中持续送进金属丝极,并控制电熔头与基体的相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。

2. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,根据成形金属构件材料不同,所述金属丝极的直径为0.8mm~2.4mm。

3. 如权利要求1或2所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,所述电源为直流电源、交流电源或直流脉冲电源;

当电源为直流脉冲电源时,所述直流脉冲电源的脉冲频率及占空比可调,根据金属丝极直径的不同,基值电流为30A~200A,峰值电流为200A~800A。

4. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,所述保护气体通过送气系统送至基体表面,所述送气系统与电熔头连接,保护气体通过送气系统和电熔头送至电熔头区域,仅对熔池进行保护,保护气体的流量为10~30L/min。

5. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,采用保护舱对电熔区域进行保护,金属构件局部或整体置于保护舱内,通过保护气体置换保护舱内空气,保护舱内的氧含量低于150ppm。

6. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,所述保护气体选用气体A,所述气体A为Ar、He中的一种或几种;

或者,所述保护气体选用气体A和气体B的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体B为N₂、CO₂中的一种或几种;

或者,所述保护气体选用气体A和气体C的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体C为活性气体。

7. 如权利要求6所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,所述保护气体选用气体A和CO₂,气体A和CO₂的配比为70-90%:10-30%;

或者,所述保护气体选用气体A和N₂,气体A和N₂的配比为70-90%:10-30%;

或者,所述保护气体选用气体A和O₂,气体A和O₂的配比为97-99%:1-3%。

8. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,步骤(二)和步骤(三)中,对基体或打印层进行强制冷却,通过多组冷却模块及测温控温模块进行实时测温并形成闭环反馈,控制基体或打印层的温度为60~400℃,精度为±20℃。

9. 如权利要求1所述的金属构件丝极电熔增材制造方法,其特征在于,所述电熔头的数量为1~100个;

多个电熔头排布时,相邻电熔头的间距为50~500mm;

所述基体的厚度不小于5mm;

所述基体选用与金属丝极相同或不同的材料。

10. 一种金属构件,其特征在于,其由权利要求1-8任一项所述的制造方法制得。

金属构件丝极电熔增材制造方法及金属构件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属构件,尤其涉及一种金属构件丝极电熔增材制造方法,以及采用上述方法制得的金属构件。

背景技术

[0002] 目前,重型设备行业关键构件如核电、石化行业压力容器所用低合金高强度钢、耐热合金材料、冶金辊子钢、电站转子钢及航天领域的钛合金结构件等构件材料主要采用铸锻技术实现,使用数百吨级大型钢锭冶炼、铸造和万吨液压机等重型锻造工业装备锻压成形,并辅以最终机加工。该传统方法基本能够满足技术质量要求,但制造工序繁多、生产周期长、材料利用率低,导致构件成本高昂;另一方面,囿于铸造技术和锻造压机吨位的限制,大型设备如核电、石化容器主要采用分段锻制后再多段组焊的方式解决,铸锻工艺的问题将直接影响了后续的焊接和机加工,因此造成整体工艺复杂、化学与力学性能控制难度大,质量稳定性差,废品率高的缺点。同时现有的这种制造工艺组合也难以满足新型产品快速研制和批量生产的进度要求。

[0003] 丝极电熔增材制造技术,基于目前先进的气体保护焊焊接方法,由于其生产效率高,焊接接头质量好等优点,在各行业包括容器分段筒体组焊,辊子钢的堆焊修复,以及特殊件内壁堆焊不锈钢工艺等方面被广泛应用。但对于希望利用该技术在大型工件快速增材制造,也即直接丝极电弧增材成形方面,由于诸多工艺难点还鲜有实际应用。这些难点包括整体系统设备的设计制造,打印过程精确测温、控温系统开发;对应成形工件的金属丝极和适宜的保护气体的研发和制备;以及最重要的,攻克重型金属构件大尺寸和复杂形状的丝极电弧增材成形过程中裂纹、气孔、化学偏析等。如何研发并稳定成熟丝极电熔增材制造工艺,满足要求越来越高的各行业重型金属构件的力学和化学性能是一个重大的课题。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种金属构件丝极电熔增材制造方法,效率高、稳定性好、制得的金属构件有良好的组织特征,且力学性能优异。

[0005] 本发明所要解决的技术问题还在于,提供一种金属构件,所述金属构件力学性能优异、成品率高。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种金属构件丝极电熔增材制造方法,包括:

[0007] (一)将电源的两极分别接至电熔头和基体,将金属丝极通过电熔头送于基体表面,并采用保护气体对电熔区域进行保护;

[0008] (二)接通电源,在金属丝极与基体之间产生电弧,使金属丝极与基体表面局部熔化,在基体表面形成熔池;

[0009] (三)在保护气氛中持续送进金属丝极,并控制电熔头与基体的相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。

[0010] 作为上述方案的改进,根据成形金属构件材料不同,所述金属丝极的直径为0.8mm~2.4mm。

[0011] 作为上述方案的改进,所述电源为直流电源、交流电源或直流脉冲电源;

[0012] 当电源为直流脉冲电源时,所述直流脉冲电源的脉冲频率及占空比可调,根据金属丝极直径的不同,基值电流为30A~200A,峰值电流为200A~800A。

[0013] 作为上述方案的改进,所述保护气体通过送气系统送至基体表面,所述送气系统与电熔头连接,保护气体通过送气系统和电熔头送至电熔头区域,仅对熔池进行保护,保护气体的流量为10~30L/min。

[0014] 作为上述方案的改进,采用保护舱对电熔区域进行保护,金属构件局部或整体置于保护舱内,通过保护气体置换保护舱内空气,保护舱内的氧含量低于150ppm。

[0015] 作为上述方案的改进,所述保护气体选用气体A,所述气体A为Ar、He中的一种或几种;

[0016] 或者,所述保护气体选用气体A和气体B的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体B为N₂、CO₂中的一种或几种;

[0017] 或者,所述保护气体选用气体A和气体C的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体C为活性气体。

[0018] 作为上述方案的改进,所述保护气体选用气体A和CO₂,气体A和CO₂的配比为70-90%:10-30%;

[0019] 或者,所述保护气体选用气体A和N₂,气体A和N₂的配比为70-90%:10-30%;

[0020] 或者,所述保护气体选用气体A和O₂,气体A和O₂的配比为97-99%:1-3%。

[0021] 作为上述方案的改进,步骤(二)和步骤(三)中,对基体或打印层进行强制冷却,通过多组冷却模块及测温控温模块进行实时测温并形成闭环反馈,控制基体或打印层的温度为60~400℃,精度为±20℃。

[0022] 作为上述方案的改进,所述电熔头的数量为1~100个;

[0023] 多个电熔头排布时,相邻电熔头的间距为50~500mm;

[0024] 所述基体的厚度不小于5mm;

[0025] 所述基体选用与金属丝极相同或不同的材料。

[0026] 相应地,本发明还提供了一种金属构件,其由上述制造方法制得。

[0027] 实施本发明,具有如下有益效果:

[0028] 一、本发明金属丝极与基体之间产生电弧,使金属丝极与基体表面局部熔化,在基体表面形成熔池,并通过控制电熔头与基体的相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。因此,本发明摆脱了复杂的工装、模具和专用工具的约束,成形即为近净形坯件,生产后只需少量精加工,大大简化加工工序,缩短产品周期,效率高。所成形工件具有媲美传统锻造工艺的力学和化学性能,强度、韧性、耐蚀等性能均十分突出。

[0029] 二、本发明采用直流脉冲电源供电,可以控制热输入,使其仅仅熔化金属丝极,实现高精度的打印成形,提高工艺的稳定性;并为后续的冷却提供便利,通过精准控温来实现优异的力学性能。

[0030] 三、本发明将保护气体及金属丝极送于基体表面,保护气体选用惰性气体,保护液

体金属免于被空气氧化,可以稳定工艺,提高金属构件的力学性能。然而,对于部分合金材料,保护气体为惰性气体和表面活性剂(例如氧气)的组合,避免液态熔滴表面张力大、熔滴不易铺展而导致的成形困难。

[0031] 四、本发明对基体或打印层进行强制冷却,通过多组冷却模块及测温控温模块进行实时测温并形成闭环反馈,控制基体或打印层的温度为 $60\sim 400^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 20^{\circ}\text{C}$,其通过冷却模块及测温控温模块来实现精准控温,从而保证金属构件具有优异的力学性能。

[0032] 因此,本发明的方法可用于各行业重型金属构件如低合金钢、耐热钢、不锈钢、镍基合金、钛合金材料的成形与生产。尤其可用于反应堆压力容器、电站转子、加氢反应器筒体、核电站蒸发器筒体、核电站压力容器筒体或核电站稳压器筒体、主蒸汽管道、阀门及航空航天结构件等的成形制造。

附图说明

[0033] 图1是本发明金属构件丝极电熔增材制造的专用设备的卧式结构示意图;

[0034] 图2是本发明金属构件丝极电熔增材制造的专用设备的立式结构示意图。

具体实施方式

[0035] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述。

[0036] 本发明提供了一种金属构件丝极电熔增材制造方法,丝极电熔增材制造技术是以电弧热为热源,以金属丝材为原材料,以气体为保护介质,实现金属构件同步成形和控性(控制材料内部质量和力学性能)的制造方法。具体包括:

[0037] (一)将电源的两极分别接至电熔头和基体,将金属丝极通过电熔头送于基体表面,并采用保护气体对电熔区域进行保护。

[0038] 基体用于为构件成形提供工装支撑,其尺寸、形状按照增材金属要求设计制作,基体的厚度不小于 5mm 。另外根据生产要求不同,所述基体可以选用与金属丝极相同或不同的材料。在金属增材制造完成后,基体可予以保留作为成形构件一部分或通过后续机加工去除。

[0039] 根据成形金属构件材料不同,所述金属丝极的直径为 $0.8\text{mm}\sim 2.4\text{mm}$ 。优选的,所述金属丝极的直径为 $1.0\text{mm}\sim 2.0\text{mm}$ 。更佳的,所述金属丝极的直径为 $1.2\text{mm}\sim 1.8\text{mm}$ 。若金属丝极的直径小于 0.8 ,拔丝比较困难,若金属丝极的直径大于 2.4 ,现有电熔设备功率不足,较难制备,成本高。

[0040] 所述电源为直流电源、交流电源或直流脉冲电源。优选的,所述电源选用直流脉冲电源,所述直流脉冲电源的脉冲频率及占空比可调,根据金属丝极直径的不同,基值电流为 $30\text{A}\sim 200\text{A}$,峰值电流为 $200\text{A}\sim 800\text{A}$ 。基值电流用于维持电弧燃烧,若基值电流小于 30A ,引弧困难,若基值电流大于 200A ,其效果则和普通直流电源没区别,无法起到高精度打印成形;峰值电流用于熔化丝材,故其必须有较大的变化量,若峰值电流低于 200A ,则功率不足,若峰值电流大于 800A ,则产热过大。

[0041] 本发明采用直流脉冲电源供电,可以控制热输入,使其仅仅熔化金属丝极,实现高精度的打印成形,提高工艺的稳定性;并为后续的冷却提供便利,通过精准控温来实现优异

的力学性能。

[0042] 在金属电熔增材制造过程中,丝极金属通过电弧加热、熔化呈液态熔滴,并按预定路径沉积得到需要的特定形状的工件,在熔滴呈液态及随后冷却过程的高温状态,如果直接暴露在空气中,由于空气中的氧含量较高,氧分压较高,金属容易被氧化,导致打印金属的性能下降,所以在增材制造过程中需要保护打印金属,免于被空气氧化。因此,本发明将保护气体送于基体表面,其中,保护气体由惰性气体Ar、He或与N₂、CO₂、O₂的一定比例混合气体组成,保护高温熔融金属免受氧化,尤其合金化元素的氧化烧损,改善成形工件的力学性能,降低生产成本。

[0043] 采用保护气体对电熔区域进行保护有多种实施方式,包括但不限于:所述保护气体通过送气系统送至基体表面,或者采用保护舱对电熔区域进行保护。具体的,当保护气体通过送气系统送至基体表面时,所述送气系统与电熔头连接,保护气体通过送气系统和电熔头送至电熔头区域,仅对熔池进行保护,保护气体的流量为10~30L/min。

[0044] 当采用保护舱对电熔区域进行保护时,金属构件局部或整体置于保护舱内,通过保护气体置换保护舱内空气,保护舱内的氧含量低于150ppm。

[0045] 所述保护气体有多种实施方式,具体如下:

[0046] 1、所述保护气体选用气体A,所述气体A为Ar、He中的一种或几种;

[0047] 2、所述保护气体选用气体A和气体B的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体B为N₂、CO₂中的一种或几种。

[0048] 3、所述保护气体选用气体A和气体C的组合,其中,所述气体A为Ar、He中的一种或几种,所述气体C为活性气体。

[0049] 优选的,所述保护气体选用Ar和He,Ar和He的配比为90-99%:1-10%;或者,所述保护气体选用气体A和CO₂,气体A和CO₂的配比为70-90%:10-30%;或者,所述保护气体选用气体A和N₂,气体A和N₂的配比为70-90%:10-30%。

[0050] 更佳的,所述保护气体选用Ar和He,Ar和He的配比为93-97%:3-7%;或者,所述保护气体选用气体A和CO₂,气体A和CO₂的配比为75-85%:15-25%;或者,所述保护气体选用气体A和N₂,气体A和N₂的配比为75-85%:15-25%。

[0051] 然而,对于有些合金材料(比如不锈钢),由于合金元素含量高,液态熔滴表面张力大,流动性差,熔滴不易铺展,导致成形困难,所以打印过程中需要添加活性气体,其中氧就是一种很好的活性气体,但含量不可过高,活性气体的含量不得大于3%。

[0052] 优选的,所述保护气体选用气体A和O₂,气体A和O₂的配比为97-99%:1-3%。更佳的,所述保护气体选用气体A和O₂,气体A和O₂的配比为97-98%:1-2%。

[0053] 需要说明的是,所述活性气体还可以选用其他气体,而不仅仅局限于O₂。

[0054] 在本发明中,根据成形金属构件的尺寸、形状和效率要求,所述电熔头的数量为1~100个,多个电熔头排布时,相邻电熔头的间距为50~500mm。若相邻电熔头的间距小于50,电熔头与电熔头之间相互干涉,影响工作;若相邻电熔头的间距大于500,则效率低。

[0055] (二)接通电源,在金属丝极与基体之间产生电弧,使金属丝极与基体表面局部熔化,在基体表面形成熔池。

[0056] (三)在保护气氛中持续送进金属丝极,并控制电熔头与基体的相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。

[0057] 步骤(二)和步骤(三)中,对基体或打印层进行强制冷却,通过多组冷却模块及测温控温模块进行实时测温并形成闭环反馈,控制基体或打印层的温度为 $60\sim 400^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 。可以保证稳定的工艺过程,从而获得晶粒细密、无宏观偏析、组织均匀的材料,极大的改善成形工件的塑性、韧性和高温蠕变等力学性能,另外高温熔池对下一层热影响区沉积金属层进行热处理,工件逐层进行自回火热处理,晶粒更为细密,组织更为稳定。从而保证金属构件具有优异的力学性能。

[0058] 下面结合图1和图2所示的专用设备来对本发明的制造方法做进一步说明。

[0059] 如图1所示,所述专用设备包括基体1、金属丝极2、电熔头3、保护气体4、测温探头5、第一测温控温模块6、第二测温控温模块7、第三测温控温模块8、第一冷却模块9、第二冷却模块10、供气系统11和电源12。其中,电熔头3与基体1接电源12的两极,电熔头3设于基体1的外表面且电熔头3距离基体1一定距离,电熔头3内设有金属丝极2,供气系统11将保护气体4送于基体1表面。测温探头5设于电熔头3上,第一测温控温模块6、第二测温控温模块7、第三测温控温模块8沿着径向方向分布于基体的外表面,第一冷却模块9、第二冷却模块10沿着径向方向设于基体的内表面。

[0060] 工作时,由电熔头3向金属构件的基体1一侧的成形部位不断送进金属丝极2(具体成分根据所要形成的材料材质等设定),其周围处于保护气氛4中,电熔头3(金属丝极2)与基体1接电源12两极,打印时电源电压使金属丝极2的端部与基体1之间形成电弧产生电弧热,电弧热使金属丝极熔化、保护气体电离,在基体表面形成熔池,通过电熔头3持续送进金属丝极2与保护气体4,并控制电熔头3与基体1相对移动轨迹,实现在基体上逐层打印成形,通过增材工艺制造出金属构件。

[0061] 在打印过程中,通过第一冷却模块9、第二冷却模块10和第一测温控温模块6、第二测温控温模块7、第三测温控温模块8控制基体1的温度,使熔池凝固并逐层打印在基体1上,最终实现金属构件丝极电熔增材制造的精准成形。

[0062] 另外,本发明通过数字化控制装置,例如零件数模数据,来控制电熔头与基体的相对移动轨迹。

[0063] 本发明除了图1所示的卧式结构设置,还可以是立式结构设计,具体如图2所示,包括基体1、金属丝极2、电熔头3、测温控温模块、冷却模块、供气系统(图中未示出)和电源(图中未示出),所述电熔头3与基体1分别与电源的两极连接,所述电熔头3设于基体1的外表面且电熔头3距离基体1预设距离,所述电熔头3相对于基体1可移动,所述电熔头3内设有金属丝极2,所述供气系统将保护气体4送至基体1表面,所述冷却模块设于基体1的内表面,所述电源为直流脉冲电源。所述电熔头3上还设有测温探头5。测温控温模块包括第一测温控温模块6,冷却模块包括第二冷却模块10,但不限于此。

[0064] 图2还显示了本发明的工作原理,将金属丝极2熔化而逐层打印在基体1上,从而最终形成所需的金属构件。图2中显示的基体正在打印第N层金属,包括第N层第一道打印金属 $2N_1$,第N层第二道打印金属 $2N_2$ 。第N层第一道打印金属 $2N_1$,第N层第二道打印金属 $2N_2$ 沿着径向方向打印在打印金属200上。需要说明的是,本发明每一层打印金属均由径向排列的多道打印金属构成。

[0065] 在本发明逐层打印的过程中,金属丝极在下层金属表面形成熔池,熔滴以射流形态进入熔池后凝固使两层金属形成一体,通过降维实现分层成形,整体熔合,保证了所形成

材料的整体质量。根据成形材料的不同,控制基体1或打印金属温度,使层间温度为60~400℃,实现熔池快速冷却,细化晶粒,并且高温熔池对下一层打印金属进行热处理,逐层进行自回火热处理,晶粒更为细密,组织更为稳定。采用本实施方式的制备方法成形的金属构件材料,无宏观化学偏析、综合力学性能良好且无方向性、晶粒细密,达到7级以上。

[0066] 采用本实施方式的制备方法,原料丝利用率接近100%;相比现有的加工技术(锻造、铸造等),制造工序少(不需要复杂的热处理),周期短,效率高,超低碳超细晶高强度钢材的机械加工余量非常小,同时减少了精加工时间及节约了大量的材料。本发明的方法可用于SA508-3、SA387F22、SA336F12、12%Cr、304L、316LN、3.5%NiCrMoV、3.5NiMoV、30Cr2Ni4MoV或24Cr2Ni1Mo1V及钛合金TC4材料构件的成形制造。另外,可用于反应堆压力容器、电站转子、加氢反应器筒体、核电站蒸发器筒体、核电站压力容器筒体或核电站稳压器筒体、主蒸汽管道、阀门及航空航天结构件的成形制造。故,本发明还保护由上述制备方法制得的金属构件。

[0067] 下面以具体实施例进一步阐述本发明

[0068] 实施例1

[0069] 不锈钢非标厚壁管件的立式制作,请结合图2。本实施例描述通过丝极电熔增材制造方法制作不锈钢非标厚壁管件的的过程,材料为304L,基体材料Q345B。

[0070] 金属丝极2特殊制备,C元素:0.03-0.10%,其它元素按照SA182F304L要求,直径1.2mm,通过电熔头3送至基体1表面,保护气体为氩和氦气的混合气体(Ar95%+He5%),电源为直流脉冲电源,电熔头3接电源正极,基体1接电源负极,工艺参数为:基值电流80A,峰值电流300A,电压26V,电熔头3与基体1相对移动速度500~600mm/min,采用丝极电熔增材制造方法制作金属管件,其实施步骤如下:

[0071] (1) 将环状的基体1的轴线竖直配置,支撑在回转支撑台上,电熔头3布置在基体1的上方,调整好电熔头3与基体1表面的距离,选取打印的起点;

[0072] (2) 将金属丝极2与保护气体4送至基体1表面,启动电源,产生电弧,电离保护气体4并熔化金属丝极2,同时转动基体1(以图2中Z轴为中心转动),开始电熔头3第一层第一道(每一层由径向排列的多道构成)的沉积;

[0073] (3) 当电熔头3与打印起点之间形成一段距离后,随后启动第二冷却模块10及第一测温控温模块6对打印金属进行冷却,将其基体(第一层时是指基体1,其他层时是指前一层打印金属)的温度控制在80~96℃,并由电熔头前测温探头5实时监测;

[0074] (4) 当基体1转动一圈完成第一道沉积时,在控制装置的控制下,电熔头3同时沿基体1径向往外移(或内移)3/4熔道宽度距离,同时调整电熔头3与基体1的表面之间的距离,以保证打印过程的稳定性,之后开始第一层第二道的打印,此过程中要保证其内外圈道间熔合良好;

[0075] (5) 当第二道打印完成后,重复步骤(4)再完成其它的打印道的成形。

[0076] (6) 当完成第一层的打印后,电熔头3自动提升一层打印厚度(即层后)的高度,开始第二层的第一道打印,第一层电熔头3的结束点即为第二层第一道的开始点,连续打印;

[0077] (7) 当第二层第一道打印完成后,电熔头3同时沿基体1径向往内移(或外移)3/4熔道距离,同时电熔头3自动调整其与基体之间的距离,以保证成形的稳定性,开始第二层第二道的打印,使其内外圈道间熔合良好;

[0078] (8) 当完成第二层第二道沉积完成时,重复步骤(7),以至完成第二层的打印;

[0079] (9) 重复步骤(6)至步骤(8),再完成其它层打印,此过程中,相邻打印层电熔头的移动方向相反,最终连续沉积形成厚壁管件。

[0080] 实施例2

[0081] 不锈钢非标厚壁管件的立式制作,请结合图2。本实施例描述通过丝极电熔增材制造方法制作不锈钢非标厚壁管件的的过程,材料为304L,基体材料Q345B。

[0082] 金属丝极2特殊制备,C元素:0.03-0.10%,其它元素按照SA182F304L要求,直径0.8mm,通过电熔头3送至基体1表面,保护气体为氩和氦气的混合气体(Ar98%+O₂2%),电源为直流脉冲电源,电熔头3接电源正极,基体1接电源负极,工艺参数为:基值电流30A,峰值电流200A,电压26V,电熔头3与基体1相对移动速度500~600mm/min,采用丝极电熔增材制造方法制作金属管件,其实施步骤如下:

[0083] (1) 将环状的基体1的轴线竖直配置,支撑在回转支撑台上,电熔头3布置在基体1的上方,调整好电熔头3与基体1表面的距离,选取打印的起点;

[0084] (2) 将金属丝极2与保护气体4送至基体1表面,启动电源,产生电弧,电离保护气体4并熔化金属丝极2,同时转动基体1(以图2中Z轴为中心转动),开始电熔头3第一层第一道(每一层由径向排列的多道构成)的沉积;

[0085] (3) 当电熔头3与打印起点之间形成一段距离后,随后启动第二冷却模块10及第一测温控温模块6对打印金属进行冷却,将其基体(第一层时是指基体1,其他层时是指前一层打印金属)的温度控制在150~180℃,并由电熔头前测温探头5实时监测;

[0086] (4) 当基体1转动一圈完成第一道沉积时,在控制装置的控制下,电熔头3同时沿基体1径向往外移(或内移)3/4熔道宽度距离,同时调整电熔头3与基体1的表面之间的距离,以保证打印过程的稳定性,之后开始第一层第二道的打印,此过程中要保证其内外圈道间熔合良好;

[0087] (5) 当第二道打印完成后,重复步骤(4)再完成其它的打印道的成形。

[0088] (6) 当完成第一层的打印后,电熔头3自动提升一层打印厚度(即层后)的高度,开始第二层的第一道打印,第一层电熔头3的结束点即为第二层第一道的开始点,连续打印;

[0089] (7) 当第二层第一道打印完成后,电熔头3同时沿基体1径向往内移(或外移)3/4熔道距离,同时电熔头3自动调整其与基体之间的距离,以保证成形的稳定性,开始第二层第二道的打印,使其内外圈道间熔合良好;

[0090] (8) 当完成第二层第二道沉积完成时,重复步骤(7),以至完成第二层的打印;

[0091] (9) 重复步骤(6)至步骤(8),再完成其它层打印,此过程中,相邻打印层电熔头的移动方向相反,最终连续沉积形成厚壁管件。

[0092] 实施例3

[0093] 核电主蒸汽管道模拟件的立式制作,请结合图2。本实施例描述通过丝极电熔增材制造方法制作核电主蒸汽管道模拟件的的过程,材料为304L,基体材料Q345B。

[0094] 金属丝极2特殊制备,C元素:0.03-0.10%,其它元素按照SA182F304L要求,直径1.8mm,通过电熔头3送至基体1表面,保护气体为氩和氦气的混合气体(Ar80%+CO₂20%),电源为直流脉冲电源,电熔头3接电源正极,基体1接电源负极,工艺参数为:基值电流150A,峰值电流500A,电压26V,电熔头3与基体1相对移动速度500~600mm/min,采用丝极电

熔增材制造方法制作金属管件,其实施步骤如下:

[0095] (1) 将环状的基体1的轴线竖直配置,支撑在回转支撑台上,电熔头3布置在基体1的上方,调整好电熔头3与基体1表面的距离,选取打印的起点;

[0096] (2) 将金属丝极2与保护气体4送至基体1表面,启动电源,产生电弧,电离保护气体4并熔化金属丝极2,同时转动基体1(以图2中Z轴为中心转动),开始电熔头3第一层第一道(每一层由径向排列的多道构成)的沉积;

[0097] (3) 当电熔头3与打印起点之间形成一段距离后,随后启动第二冷却模块10及第一测温控温模块6对打印金属进行冷却,将其基体(第一层时是指基体1,其他层时是指前一层打印金属)的温度控制在350~360℃,并由电熔头前测温探头5实时监测;

[0098] (4) 当基体1转动一圈完成第一道沉积时,在控制装置的控制下,电熔头3同时沿基体1径向往外移(或内移)3/4熔道宽度距离,同时调整电熔头3与基体1的表面之间的距离,以保证打印过程的稳定性,之后开始第一层第二道的打印,此过程中要保证其内外圈道间熔合良好;

[0099] (5) 当第二道打印完成后,重复步骤(4)再完成其它的打印道的成形。

[0100] (6) 当完成第一层的打印后,电熔头3自动提升一层打印厚度(即层后)的高度,开始第二层的第一道打印,第一层电熔头3的结束点即为第二层第一道的开始点,连续打印;

[0101] (7) 当第二层第一道打印完成后,电熔头3同时沿基体1径向往内移(或外移)3/4熔道距离,同时电熔头3自动调整其与基体之间的距离,以保证成形的稳定性,开始第二层第二道的打印,使其内外圈道间熔合良好;

[0102] (8) 当完成第二层第二道沉积完成时,重复步骤(7),以至完成第二层的打印;

[0103] (9) 重复步骤(6)至步骤(8),再完成其它层打印,此过程中,相邻打印层电熔头的移动方向相反,最终连续沉积形成厚壁管件。

[0104] 实施例4

[0105] 核电主蒸汽管道模拟件的立式制作,请结合图2。本实施例描述通过丝极电熔增材制造方法制作核电主蒸汽管道模拟件的过程,材料为304L,基体材料Q345B。

[0106] 金属丝极2特殊制备,C元素:0.03-0.10%,其它元素按照SA182F304L要求,直径2.4mm,通过电熔头3送至基体1表面,保护气体为氩和氮气的混合气体(Ar70%+N₂30%),电源为直流脉冲电源,电熔头3接电源正极,基体1接电源负极,工艺参数为:基值电流200A,峰值电流800A,电压26V,电熔头3与基体1相对移动速度500~600mm/min,采用丝极电熔增材制造方法制作金属管件,其实施步骤如下:

[0107] (1) 将环状的基体1的轴线竖直配置,支撑在回转支撑台上,电熔头3布置在基体1的上方,调整好电熔头3与基体1表面的距离,选取打印的起点;

[0108] (2) 将金属丝极2与保护气体4送至基体1表面,启动电源,产生电弧,电离保护气体4并熔化金属丝极2,同时转动基体1(以图2中Z轴为中心转动),开始电熔头3第一层第一道(每一层由径向排列的多道构成)的沉积;

[0109] (3) 当电熔头3与打印起点之间形成一段距离后,随后启动第二冷却模块10及第一测温控温模块6对打印金属进行冷却,将其基体(第一层时是指基体1,其他层时是指前一层打印金属)的温度控制在360~400℃,并由电熔头前测温探头5实时监测;

[0110] (4) 当基体1转动一圈完成第一道沉积时,在控制装置的控制下,电熔头3同时沿基

体1径向往外移(或内移)3/4熔道宽度距离,同时调整电熔头3与基体1的表面之间的距离,以保证打印过程的稳定性,之后开始第一层第二道的打印,此过程中要保证其内外圈道间熔合良好;

[0111] (5)当第二道打印完成后,重复步骤(4)再完成其它的打印道的成形。

[0112] (6)当完成第一层的打印后,电熔头3自动提升一层打印厚度(即层后)的高度,开始第二层的第一道打印,第一层电熔头3的结束点即为第二层第一道的开始点,连续打印;

[0113] (7)当第二层第一道打印完成后,电熔头3同时沿基体1径向往内移(或外移)3/4熔道距离,同时电熔头3自动调整其与基体之间的距离,以保证成形的稳定性,开始第二层第二道的打印,使其内外圈道间熔合良好;

[0114] (8)当完成第二层第二道沉积完成时,重复步骤(7),以至完成第二层的打印;

[0115] (9)重复步骤(6)至步骤(8),再完成其它层打印,此过程中,相邻打印层电熔头的移动方向相反,最终连续沉积形成厚壁管件。

[0116] 将实施例1-4所述的金属构件做技术检测,结果如下:

[0117]

项目	试样类型	抗拉强度 S _u (MPa)	屈服强度 YS(0.2%offset) (MPa)	断后伸长 率 G=4D(%)	断面收缩 率(%)
实施例1 轴向	圆形截面 试样	570	411	42	63
实施例1 径向	圆形截面 试样	580	386	40	73
实施例1 周向	圆形截面 试样	575	396	46	66
实施例2 轴向	圆形截面 试样	590	458	38	66
实施例2 径向	圆形截面 试样	595	412	35	76
实施例2	圆形截面	580	440	45	65

[0118]

周向	试样				
实施例 3 轴向	圆形截面 试样	595	421	40	68
实施例 3 径向	圆形截面 试样	600	405	38	78
实施例 3 周向	圆形截面 试样	590	413	43	69
实施例 4 轴向	圆形截面 试样	585	455	37	65
实施例 4 径向	圆形截面 试样	590	431	34	70
实施例 4 周向	圆形截面 试样	580	440	41	68

[0119] 需要说明的是,抗拉强度(tensile strength)是金属由均匀塑性变形向局部集中塑性变形过渡的临界值,也是金属在静拉伸条件下的最大承载能力。

[0120] 屈服强度是金属材料发生屈服现象时的屈服极限,也就是抵抗微量塑性变形的应力。

[0121] 断后伸长率指金属材料受外力(拉力)作用断裂时,试棒伸长的长度与原来长度的百分比。

[0122] 断面收缩率是指材料受拉力断裂时断面缩小,断面缩小的面积与原面积之比值叫断面收缩率,

[0123] 由上表可知,本发明的抗拉强度、屈服强度大,证明其强度高;断后伸长率和断面收缩率越大,说明材料的塑性越大,不仅便于进行各种加工,而且能保证材料在工程上的安全使用。因此,本发明极大的改善成形工件的塑性、韧性、强度和高温蠕变等力学性能。

[0124] 以上所揭露的仅为本发明一种较佳实施例而已,当然不能以此来限定本发明之权利范围,因此依本发明权利要求所作的等同变化,仍属本发明所涵盖的范围。

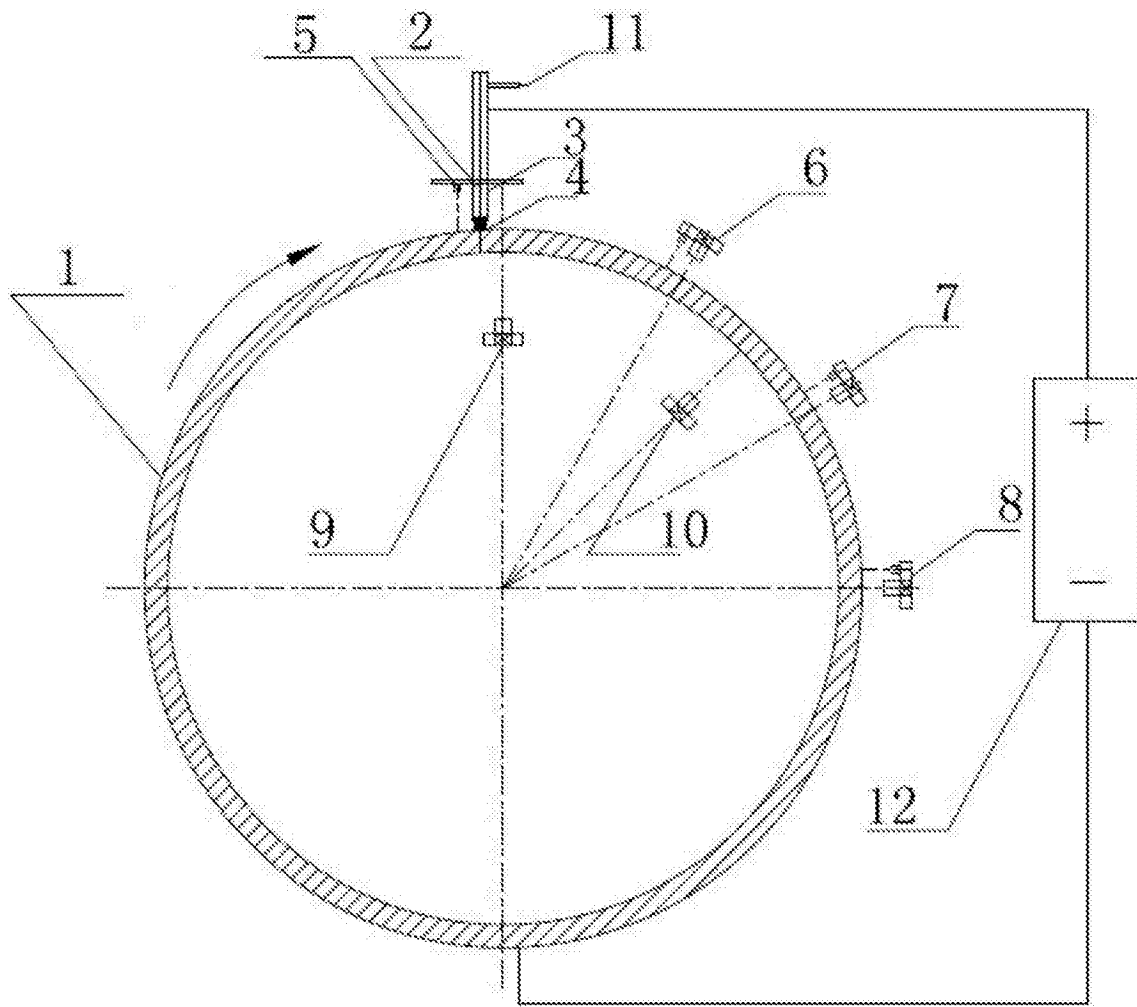


图1

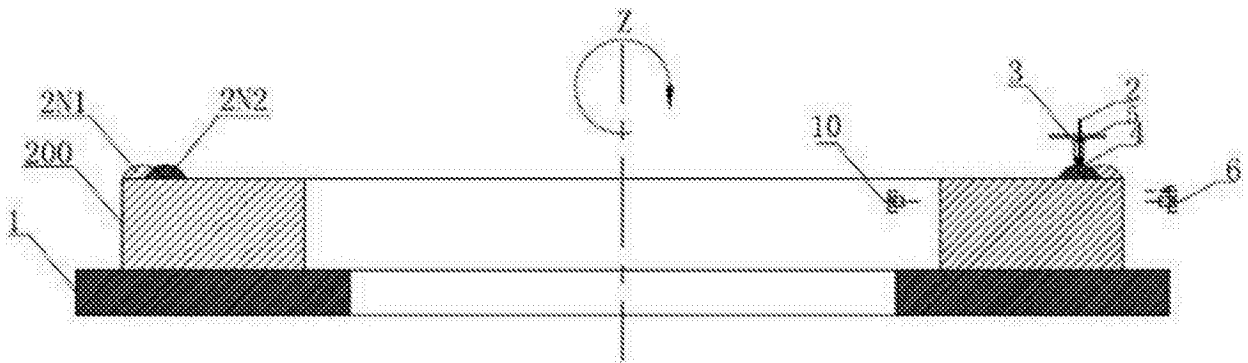


图2