



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111761181 A

(43) 申请公布日 2020.10.13

(21) 申请号 202010647272.6

B33Y 30/00 (2015.01)

(22) 申请日 2020.07.07

(71) 申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅
观路135号天津大学北洋园校区

(72) 发明人 程方杰 李宇航

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 曹玉平

(51) Int. Cl.

B23K 9/18 (2006.01)

B23K 9/133 (2006.01)

B23K 9/28 (2006.01)

B23K 9/32 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

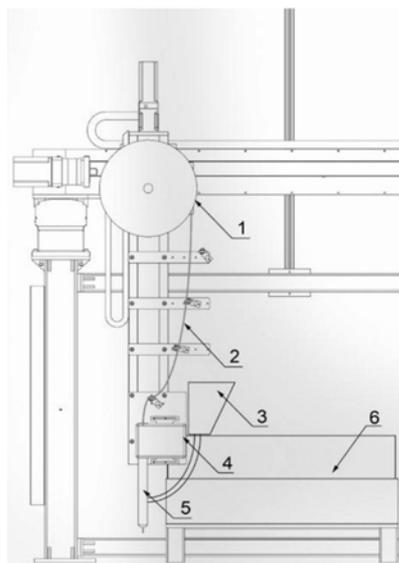
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种大幅提高构件低温韧性的埋弧增材制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种大幅提高钢材冲击韧性的埋弧增材制造方法,包括:采用埋弧热源作为增材热量的来源,整个构件和加热电弧都需要埋藏在焊剂之中,保证层间温度不低于200℃。本发明采用埋弧热源对钢材进行增材制造,其独特的多重焊接热循环诱导的内生性热处理作用使整个构件的组织得到了显著细化,各向异性问题彻底消除,特别是还获得了优异的低温冲击韧性。在大壁厚复杂钢制构件的快速制造中有着广阔的应用前景。



1. 一种大幅提高钢材冲击韧性的电弧增材制造方法,其特征在于,包括如下步骤:

将基板固定于水平的工作台上,控制系统生成电弧增材的加工程序,工作参数和路线坐标;

在起弧前预设时间内开启焊剂输送装置,使焊剂预先流入埋弧焊枪,采用埋弧热源作为熔化材料的热量来源,开始起弧,所述埋弧焊枪同轴输送熔化材料和焊剂至基板形成一沉积层;其中,所述埋弧焊枪按照所述加工程序,工作参数和路线坐标运动进行增材制造;

当前层沉积结束后,熄弧,并停止送丝/带,清理凝固后的焊渣后,更新起点坐标,按照往返路径开始下一层的起弧,送丝/带,沉积过程,直至完成增材制造;

其中,整个增材制造过程中构件、基板以及加热电弧区都需要埋藏在焊剂之中,在增材制造过程中,形成的增材主体的层间温度不低于200℃。

2. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,增材制造过程中,在开始熔融新的一层熔化材料时,当已成型的增材主体的层间温度低于200℃时,加热至该温度及以上。

3. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,根据增材制造形成的增材主体的工艺的要求,在增材过程之前对基板进行预热至200℃以上。

4. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,所述熔化材料为低碳钢和抗拉强度在980MPa级以下的低合金钢。

5. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,当增材构件壁厚小于50mm时,增材所用的原材料是直径范围在2-6mm的埋弧焊丝;当增材构件壁厚大于等于50mm时,增材用的原材料是宽度40mm以上的带极埋弧焊材。

6. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,所述工作参数根据焊丝/带极规格的不同:电流为400~1250A,机头运动速度为0.1-1.0m/min。

7. 根据权利要求1所述的埋弧增材制造方法,其特征在于,根据增材制造形成的增材主体的工艺要求,单层熔覆金属的厚度不超过4.0mm。

一种大幅提高构件低温韧性的埋弧增材制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及增材制造技术领域,特别是涉及一种能够大幅提高钢制构件低温冲击韧性的埋弧增材制造方法。

背景技术

[0002] 目前常见的增材制造方法根据热源种类的不同可以分为激光增材制造、电子束增材制造和电弧增材制造三大类。其中激光增材制造整个过程需要在惰性气体保护仓内完成,熔覆效率低、制造成本高以及致密度不足等缺陷;虽然电子束熔丝增材制造可大幅提高熔覆效率,但需要在真空室因而也限制了大型构件的加工;常规的电弧熔丝增材制造技术虽然在熔覆效率上比激光增材工艺提升了大约一个数量级,最高可达到1.0kg/h的熔覆效率,但是继续提升熔覆速度,由于液态熔池流淌问题而受到了限制,而且侧壁成形质量也随着热输入的增加而急剧恶化。另外,目前的电弧增材工艺,由于熔池固有的外延生长模式导致了比较严重的各向异性和晶粒粗大等问题,严重削弱了增材构件的整体性能。

[0003] 为此,需要提供一种能够克服上述传统增材制造存在的构件尺寸受限、熔敷效率低、组织性能各向异性等问题,不受加工零件尺寸限制,熔敷效率高的增材制造方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有增材制造技术存在的构件尺寸受限、熔敷效率低、组织性能各向异性等问题,本发明提供了一种利用埋弧热源进行增材制造方法,即埋弧增材制造,该方法不仅大幅提升了增材制造的生产效率,而且用于钢质构件的增材制造时,由于独特的内生性热处理效应,可以获得组织均匀细小而且低温冲击韧性特别优异的产品。

[0005] 一种大幅提高钢材冲击韧性的埋弧增材制造方法,包括:

[0006] 将基板固定于水平的工作台上,控制系统生成电弧增材的加工程序,工作参数和路线坐标;

[0007] 在起弧前预设时间内开启焊剂输送装置,使焊剂预先流入埋弧焊枪,采用埋弧热源作为熔化材料的热量来源用,开始起弧,所述埋弧焊枪同轴输送熔化材料和焊剂至基板形成一沉积层;其中,所述埋弧焊枪按照所述加工程序,工作参数和路线坐标运动进行增材制造;

[0008] 当前层沉积结束后,熄弧,并停止送丝/带,清理凝固后的焊渣后,更新起点坐标,按照往返路径开始下一层的起弧,送丝/带,沉积过程,直至完成增材制造。

[0009] 加热热源与现有的电弧增材工艺普遍采用气体保护的明弧作为增材热源的技术方案不同,为了保证增材效率和侧壁成形质量,采用埋弧热源作为增材制造中熔化材料的热量来源;

[0010] 选用低碳钢和抗拉强度在980MPa级以下的低合金钢作为填充材料,整个增材制造过程中构件、基板和加热电弧都需要埋藏在与填充材料匹配的焊剂之中;

[0011] 增材制造过程中,在开始熔融新的一层金属时,要保证形成的增材主体的层间温

度,即已沉积的金属温度,不低于200℃,当低于该温度时需要再次加热至该温度;

[0012] 根据增材制造形成的增材主体的工艺的要求,在增材过程之前对基板进行预热至200℃以上;

[0013] 根据增材制造形成的增材主体的工艺要求,单层熔覆金属的厚度不超过4.0mm;

[0014] 当对增材构件壁厚小于50mm的构件进行埋弧增材时,选用的原材料为直径为2-6mm的埋弧焊丝,工作电流范围为400A~700A,机头运动速度为0.3-1.0m/min。

[0015] 当增材构件壁厚大于等于50mm时,选用的原材料为宽度40mm以上的带极埋弧焊材,电流范围为700A~1250A,机头运动速度为10~25cm/min。

[0016] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0017] 一、本发明所述的埋弧熔丝/带极增材制造方法因为采用埋弧热源并且采用了远高于传统埋弧焊的层间最低温度的控制策略,使得每层熔覆金属会受到后续熔覆层强烈的焊接热循环作用的影响,这种热循环的峰值温度、峰值温度持续时间以及循环次数都远高于传统的焊接过程,它诱导增材构件的每层金属都产生了一种内生性的热处理效果,这种内生性热处理的结果使得构件的显微组织演变的均匀而且细小,特别是其低温冲击韧性得到了大幅度的提升。

[0018] 二、本发明所述的埋弧熔丝增材制造方法,因采用埋弧焊常用的大直径焊丝或是带极取代了现有明弧增材采用的小直径焊丝,采用的焊接热输入也显著增大。这会增大焊接热效率的同时也使熔覆效率显著提高,其熔覆效率不小于2.0kg/小时。

[0019] 三、本发明所述的埋弧熔丝增材制造方法不存在真空仓与固定工作台的限制,成本低,可加工大、中型零件,突破了常规增材件中小尺寸的限制;

[0020] 四、本发明所述的埋弧熔丝/带极增材制造方法在保证大热输入,高熔覆效率的同时,由于埋弧焊剂熔化-凝固后形成的渣壳可以有效阻挡熔融金属流淌,因此可保证加工零件具有良好的侧壁成型。

附图说明

[0021] 图1为本发明所示的加工设备局部示意图;

[0022] 图2为本发明的实施例1的所加工低碳钢零件的加工实例图;

[0023] 图3为本发明所加工低碳钢零件中部组织放大200倍的金相照片;

[0024] 图4为本发明所加工低碳钢零件中部在-60℃下的夏比冲击示波曲线;其中图4a为层间温度不低于200℃时的冲击曲线,图4b为层间温度不高于80℃时的冲击曲线。

[0025] 其中:

[0026] 1. 焊丝盘,带极盘; 2. 焊丝,带极;

[0027] 3. 焊剂输送装置; 4. 电机;

[0028] 5. 埋弧焊焊枪; 6. 工作台。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案作进一步详细描述,所描述的具体的实施例仅对本发明进行解释说明,并不用以限制本发明。

[0030] 本发明所述的熔化材料包括焊丝和带极。其中,带极也称为焊带。

[0031] 实施例1:采用埋弧焊丝制作的低碳钢零件。

[0032] 本实施例描述通过本发明所述的埋弧增材制造方法制作低碳钢零件的过程。如图1所示,所采用的设备包括:

[0033] 焊丝盘/带极盘,电源(图中未显示),焊剂输送装置,电机,工作台和控制装置。

[0034] 具体按照如下步骤完成:

[0035] 将基板打磨平整并用无水乙醇或丙酮擦拭干净后水平固定在工作台6上;通过控制系统编写埋弧增材工作程序并设定具体工作参数;采用牌号为GB H08MnA (EM12K)的直径为4.0mm的焊丝,牌号为OK FLUX 10.62(AWS A5.17)的配套焊剂。所述工作参数为:电源为直流电源,极性为直流反接,设定工作电流为490A,电弧电压为27V,机头运动速度为0.4m/min。

[0036] 首先,在起弧前5s先将埋弧焊剂输送装置3开关打开,使焊剂预先流入起始工作位置的基板上,以确保电弧是在焊剂内部引燃;第二,接通电源,开始起弧,此时焊丝2从焊丝盘1中经过电机4机头上的传动轮的带动下送入电弧区被电弧迅速熔化后沉积到基板上。第三,在焊丝不断送进形成沉积层的同时,埋弧焊焊枪5的机头以0.4m/min的速度前进并同轴输送埋弧焊剂。第四,每层沉积结束后,切断电源,电弧熄灭后迅速清理焊剂渣壳。第五,机头运动到新的起始位置后,按照往返路径(如图1所示)开始下一层的沉积。依次类推……直至最终第67道完成后结束,得到如图2所示的总高度约104mm,总长度255mm的单壁墙,其中单焊道宽度21mm,单层高度小于等于1.56mm。应注意在整个增材过程中,增材件主体的层间温度不能低于200℃,整个增材过程确保沉积后的金属始终在焊剂的保护下逐层累加至实体零件,即完成增材制造过程。当已成型的增材件主体的层间温度低于200℃时,采用火焰或工频感应加热的方式加热此部分至200℃及以上。

[0037] 本实施例所述的埋弧增材制造方法因采用埋弧与大直径焊丝取代明弧与小直径焊丝,增大焊接热效率的同时也使熔覆效率显著提高,并且由于所采用的为成分均匀的丝材,最终可获得致密度高于粉基增材方法的零件。

[0038] 本实施例所述的埋弧增材制造方法不存在真空仓与固定工作台的限制,成本低,可加工大、中型零件,突破了常规增材件中小尺寸的限制。

[0039] 本实施例所述的埋弧增材制造方法因埋弧热源自身的热循环可使加工的钢零件具有组织细化的特征。通过零件中部的金相照片(如图3所示)以及EBSD晶粒测量统计可知,该部位的平均晶粒尺寸为11 μ m,晶粒之间呈现随机取向的特征。

[0040] 如图4与表1所示,本实施例所述的埋弧增材制造方法因埋弧热源自身的热循环可使加工的低碳钢零件具有极佳的冲击韧性,优于常规埋弧焊接接头以及大多数TMCP钢,并且相比于严格控制层温至80度得到的增材构件冲击韧性(36J,-60℃)(图4b)而言,将层温保持在200℃以上的增材工艺可以使增材构件的冲击韧性得到极大提升,这对于促进低温韧性零件的低成本制造与推广具有重要意义。

[0041] 表1不同材料及加工状态的冲击韧性对比

	材料	加工状态	冲击韧性 (J)
[0042]	低碳钢	焊态 (埋弧焊)	125 (-40℃)
	TMCP 钢	轧制态	120 (-60℃)
	低碳钢	沉积态 (埋弧增材)	≥300 (-60℃)

[0043] 实施例2:采用埋弧焊丝制作的低合金高强钢零件。

[0044] 本实施例是在实施例1的基础上,将低碳钢埋弧焊丝改为低合金高强钢焊丝,进行低合金高强钢构件的制作。本实施例所采用的低合金高强钢焊丝牌号为S3Ni1Mo,直径4mm,匹配焊剂牌号为OK FLUX 10.62 (AWS A5.17)。工作参数为:电源为直流电源,极性为直流反接,设定工作电流为500A,电弧电压为29V,机头运动速度为0.4m/min。其它步骤跟实施例1相同,最终得到的构件也具有与实施例1相当的高冲击韧性的增材构件。

[0045] 实施例3:基板预先加热至300℃且保持增材主体的层间温度不低于200℃的低碳钢零件的制作。

[0046] 本实施例是在实施例1的基础上,采用的基板尺寸为500*500*40,因为基本尺寸大,其散热作用强,因此需要在增材开始前先对基板进行300℃的预热。其它步骤与实施例1相同,最终得到的构件也具有与实施例1相当的高冲击韧性的增材构件。

[0047] 实施例4:采用带极堆焊制作适用于壁厚超过50mm的低碳钢构件。

[0048] 本实施例是在实施例1的基础上,将丝状焊材(焊丝)改为了带状焊材(带极),同时更换相应的送丝机头进行埋弧增材。主要是适用于壁厚超过50mm的厚壁钢构件的制作。本实施例所采用的带极为DT4.A,规格为60mm×0.5mm,焊剂牌号为HJ330。工作参数:电源为直流电源,采用极性为直流反接,电流900~1250A,电压27V,机头运动速度14cm/min,所述既定路线为单道往返路径,长度1000mm,带极伸出长度为25~35mm,焊剂厚度25~35mm。

[0049] 在起弧前将埋弧焊剂输送装置3开关打开,使焊剂预先覆盖住带极,以埋在焊剂下的电弧等离子体作为热源用于熔化带极,确保在增材过程中焊剂均匀流淌并始终覆盖住带极与焊枪端部,接着开始起弧,带极2从带极盘1中通过电机4输送并熔化。在形成沉积层的同时,埋弧焊焊枪机头5以14cm/min的速度前进并同轴输送埋弧焊剂,增材期间焊剂不断熔化并促进熔融金属充分的冶金反应。每层沉积结束后,焊枪自动收弧并抬起,清理凝固后的焊渣后,按照往返路径开始下一层的沉积,依次类推……直至最终第500道完成后结束,得到总高度约200mm,总宽度约65mm,总长度1000mm的单壁墙,单层高度小于等于5mm。应注意增材件主体部位的层间温度不低于200℃,整个增材过程确保沉积后的金属始终在焊剂的保护下逐层累加至实体零件,即完成增材制造过程。

[0050] 本实施例所述的埋弧带极增材制造方法因采用带极取代实施例1与2中的4mm丝材,最终使熔覆效率显著提高2倍的同时也得到了与实施例1和实施例2类似的高冲击韧性的增材构件。

[0051] 尽管上面结合附图对本发明进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,上述的具体实施方式仅仅是示意性的,而不是限制性的,本领域的普通技术人员在本发明的启示下,在不脱离本发明宗旨的情况下,还可以做出很多变形,这些均属于本发明的保护之内。

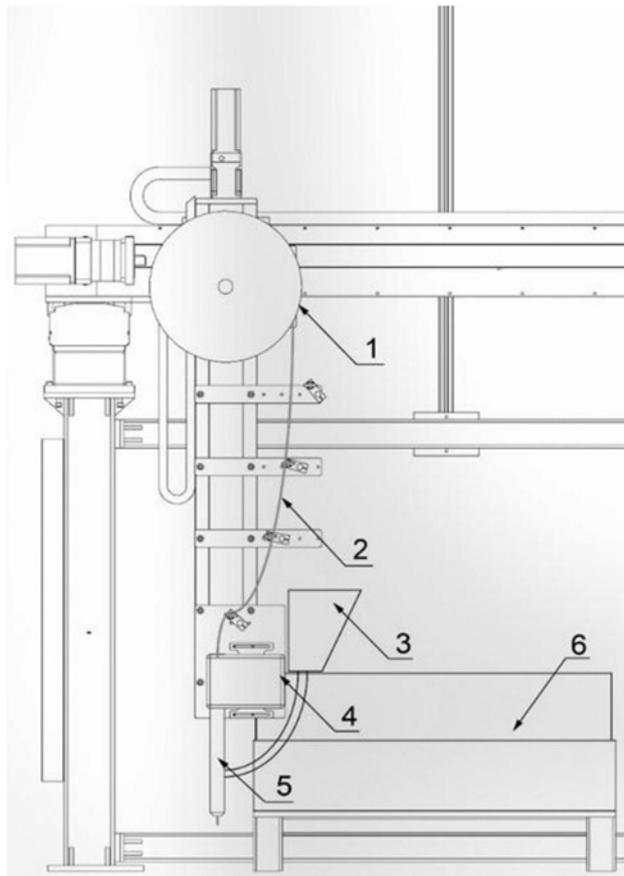


图1

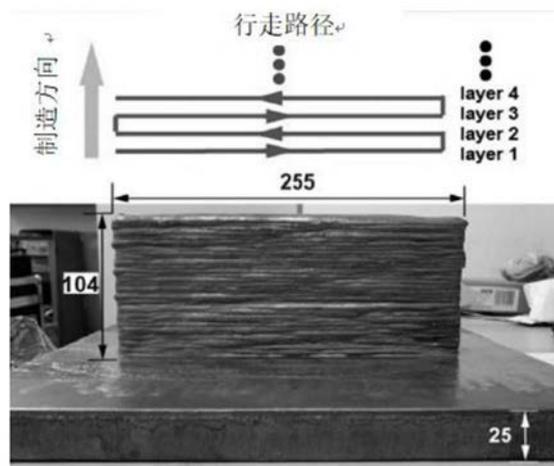


图2

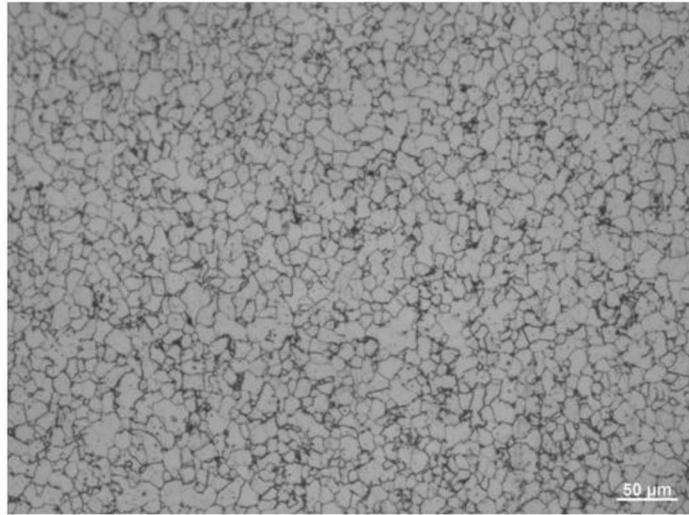


图3

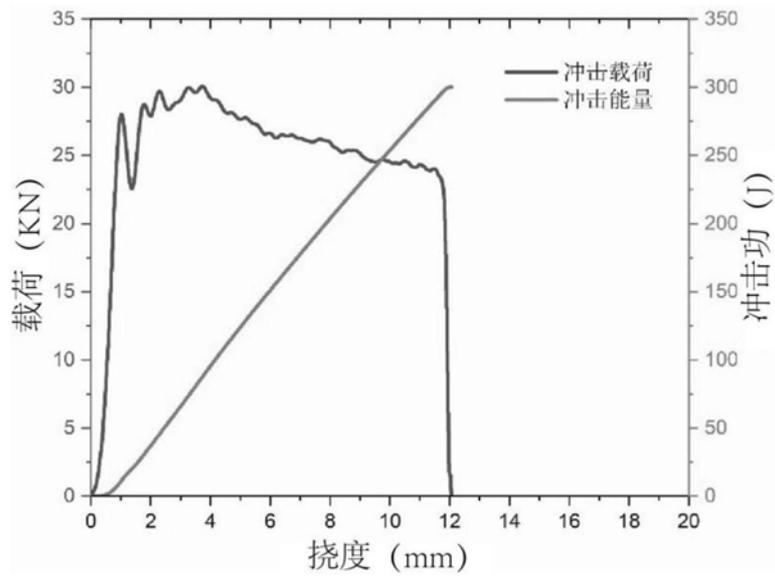


图4a

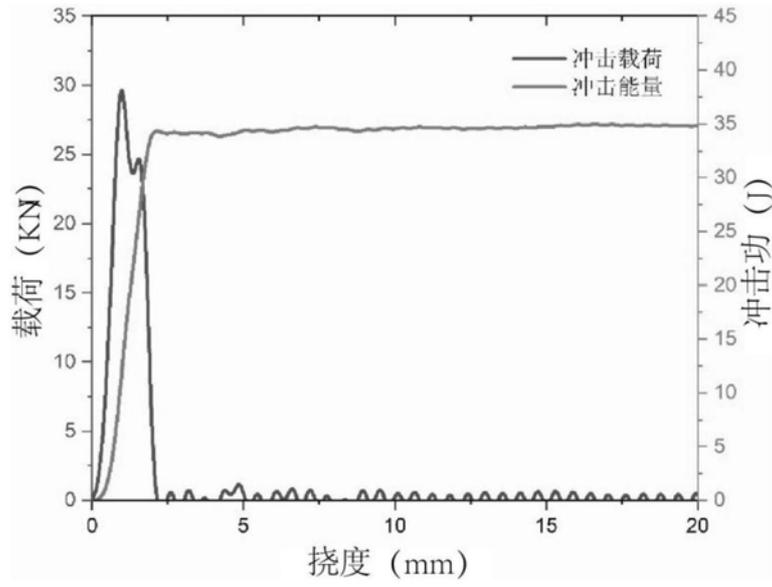


图4b