



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112872574 A

(43) 申请公布日 2021.06.01

(21) 申请号 202110021807.3

(22) 申请日 2021.01.08

(71) 申请人 固达电线电缆(集团)有限公司
地址 561102 贵州省安顺市平坝区黎阳高
新区夏云工业园二期02-04、02-06
申请人 贵州大学

(72) 发明人 梁宇 肖秋雷 欧梅桂 徐平伟
张休恩

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
代理人 杨媛媛

(51) Int.Cl.
B23K 20/00 (2006.01)
B23K 20/22 (2006.01)
B23K 20/26 (2006.01)

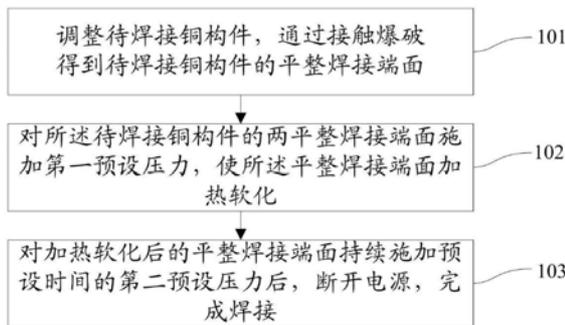
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种铜构件焊接方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及一种铜构件焊接方法及装置,针对电工铜高导电性低电阻的特点,采用焊接端面局部接触进行气化爆破清理并平整焊接端面,爆破一段时间后施加一定应力,利用铜的变形提高两端面的接触面积,从而线性降低电流密度,利用端面上的界面电阻进行快速加热,最后的结合面是通过端面充分的塑性变形贴合并挤出液化的铜,焊接面在低于铜熔点的温度下,利用变形再结晶形成焊接。本发明无需焊料,无需熔化焊接区,因此焊接精度高,无其他杂质合金元素引入,焊接组织中无重溶铸态组织。焊接设备要求极低,提高了电工铜构件焊接的效率。



1. 一种铜构件焊接方法,其特征在于,所述方法包括:

调整待焊接铜构件,使所述待焊接铜构件的两焊接端面接触,并将所述待焊接铜构件的两焊接端面分别与电源连接,使所述待焊接铜构件的两焊接端面之间产生接触爆破,得到所述待焊接铜构件的平整焊接端面;

对所述待焊接铜构件的两平整焊接端面施加第一预设压力,使所述平整焊接端面加热软化;

对加热软化后的平整焊接端面持续施加预设时间的第二预设压力后,断开所述电源,完成焊接;所述第二预设压力大于所述第一预设压力。

2. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,在所述调整待焊接铜构件前,使用绝缘夹具对所述待焊接铜构件进行固定。

3. 根据权利要求2所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,使用绝缘夹具对所述待焊接铜构件进行固定时,所述待焊接铜构件两焊接端面露出在所述绝缘夹具外的待焊长度不长于所述待焊接铜构件厚度的5倍。

4. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,所述将所述待焊接铜构件的两焊接端面分别与电源连接前,所述方法还包括根据焊接需要调节输出电流。

5. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,所述待焊接铜构件的两焊接端面之间产生接触爆破的持续时间为2-5秒。

6. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,所述第一预设压力的范围为200-400Mpa。

7. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,所述预设时间与所述焊接端面的面积呈正相关。

8. 根据权利要求1所述的一种铜构件焊接方法,其特征在于,在断开所述电源后,所述方法还包括:

继续对焊接端面施加第二预设压力,直至焊接端面冷却成型。

9. 一种铜构件焊接装置,其特征在于,用于实现如权利要求1所述的焊接方法,所述装置包括:

检测传感器,用于检测待焊接铜构件的尺寸参数;

自动液压设备,用于对所述待焊接铜构件施加压力;

电源,用于对所述待焊接铜构件两焊接端面通电;

控制器,用于根据所述待焊接铜构件的尺寸参数计算控制参数,并根据所述控制参数对所述自动液压设备与所述电源进行控制;所述控制参数包括第一预设压力、第二预设压力和预设时间;

所述控制器分别与所述检测传感器、所述自动液压设备与所述电源通信连接。

10. 根据权利要求9所述的一种铜构件焊接装置,其特征在于,所述控制器还包括参数输入模块,用于实现控制参数的人工设置。

一种铜构件焊接方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电工构件焊接技术领域,特别是涉及一种铜构件焊接方法及装置。

背景技术

[0002] 金属材料的焊接从焊缝成型特征来看,可分为熔化焊和固态焊两种。其中熔化焊在焊缝处金属会发生液化,形成熔池,在液化金属冷却后完成焊接。由于有液化金属的冷却,因此该类焊接焊缝为铸态枝晶组织,与基体组织差异较大,均匀性较差,如氩弧焊,电弧焊,乙炔火焰焊等。有的甚至需要加入焊料,导致其组织成分都处于不均匀状态,特别是针对需要极好导电性能的无氧铜构件时,其他焊料的加入会导致电阻的增加,从而造成焊接区域的发热,降低铜构件的使用性能。

[0003] 而固态焊接是一种在固态状态下通过加热焊接端面并通过对焊接端面施加一定压力完成焊接的方法。由于焊缝没有液化金属,相对熔焊技术有许多组织性能上的优点。在固态焊接中常见的为摩擦焊,闪光焊,电阻焊等。这类焊接一般不需要焊料,焊缝基本无液化金属,组织与成分基本与基体一致,目前在一些高性能要求焊接构件中使用。

[0004] 但是,常见的固态焊接方法并不能对焊缝组织和基体消耗实现有效控制,从而导致现有焊接技术无法满足高尺寸精度焊接构件的要求。因此,目前缺少一种对焊缝组织和基体消耗有效控制的高精度构件焊接方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种铜构件焊接方法及装置,能够对焊缝组织和基体消耗进行有效控制,从而提高构件焊接的精度。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0007] 一种铜构件焊接方法,所述方法包括:

[0008] 调整待焊接铜构件,使所述待焊接铜构件的两焊接端面接触,并将所述待焊接铜构件的两焊接端面分别与电源连接,使所述待焊接铜构件的两焊接端面之间产生接触爆破,得到所述待焊接铜构件的平整焊接端面;

[0009] 对所述待焊接铜构件的两平整焊接端面施加第一预设压力,使所述平整焊接端面加热软化;

[0010] 对加热软化后的平整焊接端面持续施加预设时间的第二预设压力后,断开所述电源,完成焊接;所述第二预设压力大于所述第一预设压力。

[0011] 本发明还提供了一种铜构件焊接装置,用于实现上述焊接方法,具体包括:

[0012] 检测传感器,用于检测待焊接铜构件的尺寸参数;

[0013] 自动液压设备,用于对所述待焊接铜构件施加压力;

[0014] 电源,用于对所述待焊接铜构件两焊接端面通电;

[0015] 控制器,用于根据所述待焊接铜构件的尺寸参数计算控制参数,并根据所述控制参数对所述自动液压设备与所述电源进行控制;所述控制参数包括第一预设压力、第二预

设压力和预设时间；

[0016] 所述控制器分别与所述检测传感器、所述自动液压设备与所述电源通信连接。

[0017] 根据本发明提供的具体实施例，本发明公开了以下技术效果：

[0018] 本发明提供一种铜构件焊接方法及装置，通过控制两焊接端面的接触方式，调整对两焊接端面施加的压力及通电时间，实现了无氧铜构件的高精度无焊料焊接。本方法通过局部短路爆破实现了对焊接端面的清洁；通过形成端面高的梯度温度场，减少了焊接热影响区范围，避免了热影响区变大导致的低性能区明显的问题；结合温度场控制压缩变形量，实现了对焊接件尺寸的准确控制。因此，本发明提供的铜构件焊接方法及装置焊接所需时间短，焊接能耗低，容易固化焊接参数，操作简单，具有很好的普适性。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明实施例提供的铜构件焊接方法流程图；

[0021] 图2 (a) (b) 为本发明实施例提供的适宜参数下焊接纯铜棒得到的焊缝金相组织结构图；

[0022] 图3 (a) (b) 为本发明实施例提供的不适宜参数下焊接纯铜棒得到的焊缝金相组织结构图；

[0023] 图4为本发明实施例提供的不同参数下焊接纯铜棒的拉伸应力应变曲线对比图；

[0024] 图5为本发明实施例提供的铜构件焊接装置示意图。

具体实施方式

[0025] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0026] 本发明的目的是提供一种满足高力学性能、高尺寸精度焊接要求的铜构件焊接方法及装置，能够对焊接时的焊缝组织和基体消耗实现有效控制。

[0027] 现有的固态焊接方法中，往往存在一些缺陷：(1) 摩擦焊接对设备动力要求较高，相对较为复杂，应用范围有限，并且旋转摩擦焊由于工件需要旋转，因此只适合小型轴对称构件。(2) 闪光焊接由于在端面形成高能电弧，产生爆破，因此在其加热过程中会不断闪光消耗基体材料，一方面导致贵重基体材料的浪费，另一方面其爆破消耗量较难控制，因此其尺寸精度控制较为困难，并且目前该焊接方式在铜构件中无相关研究或设备支持。(3) 电阻焊是利用基体的电阻产热量，将两端面熔化后，完成焊接，但其有两个重要弊端：一方面，由于焊接要求热量较高，通电后，夹持电极中间的材料将都被加热，这就导致了热影响区较宽，低性能区明显；另一方面，由于焊接加热过程中焊接端面的一些脏东西（如熔点高的氧化物，其他外带杂质），加热过程中形成的金属氧化物较难排除，因此容易在焊缝处形成分

割基体的界面,导致焊后力学性能较差,并且电阻焊掌握不好容易导致熔化铜液滴出,造成安全隐患。

[0028] 常规纯铜焊接,由于所采用的电工铜杆电阻很低,甚至低于焊机电控铜元件和夹持面黄铜的电阻。如果采用两端面直接接触通电,通过热量来促进端面熔化焊接,会导致焊机原件高发热损坏或启动焊机电流保护,无法在焊接区域积累足够的热量完成焊接。

[0029] 因此,本发明提供一种简单高效的铜构件焊接方法及装置,既能够具备固态焊接的质量特点,又能够对焊缝组织、基体消耗实现有效控制。

[0030] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0031] 实施例1

[0032] 本实施例提供一种铜构件焊接方法,如图1所示,具体包括:

[0033] 步骤101:调整待焊接铜构件,使所述待焊接铜构件的两焊接端面接触,并将所述待焊接铜构件的两焊接端面分别与电源连接,使所述待焊接铜构件的两焊接端面之间产生接触爆破,得到所述待焊接铜构件的平整焊接端面;

[0034] 步骤102:对所述待焊接铜构件的两平整焊接端面施加第一预设压力,使所述平整焊接端面加热软化;

[0035] 步骤103:对加热软化后的平整焊接端面持续施加预设时间的第二预设压力后,断开电源,完成焊接;所述第二预设压力大于所述第一预设压力。

[0036] 本实施例提供的焊接方法直接通过端面热量与挤压应力,在界面上通过高温固态下动态再结晶完成焊接,因此焊缝组织与基体组织基本一致,不存在常规液化焊接凝固后所形成的粗大枝晶,以及液化金属凝固过程所造成的微区有害元素的偏距,能有效保证焊缝处的力学性能与导电性能。

[0037] 根据固态焊接原理及要求,一方面需要足够的热量,一方面需要在焊接端面有一定的压力发生一定的应变。本实施例中通过使待焊接铜构件两焊接端面之间短路来提高焊接端面的温度,同时控制施加在焊接端面上的压力及施压时间,实现了具备固态焊接质量特点且对焊缝组织、基体组织有效控制的焊接方法。

[0038] 在步骤101之前,可利用绝缘夹具将待焊接铜构件进行固定,进行固定时,待焊接铜构件的两焊接端面露出在所述绝缘夹具外的待焊长度不长于待焊接铜构件厚度的5倍,如厚度为4mm的铜条,夹持每边露出长度在20mm以内。这是为了防止待焊接铜构件在热量的作用下弯曲,影响铜构件的使用。同样针对铜板,如果板状铜条宽厚比大,如宽度/厚度 >7.5 时,必须要注意在热量作用下铜条变形所导致的焊口不对中,这时是无法完成焊接的。

[0039] 待焊接铜构件固定后,两焊接端面无需清理,但需保证对齐的接触状态。调整待焊接铜构件两焊接端面接触后,即可将两焊接端面分别与电源连接。在此之前,为了保证焊接精度,可以调节焊机的焊接参数。本实施例以380V电压的25KVA直流电阻焊焊机为例,其焊接额定电流为60~70A,其次级空载电压调节范围为1.9~4.5V,可设置其输入额定电流为66A。具体的焊接参数根据焊机的功率特点设定,可通过调节焊接空载电压档位来控制输出电流。比如总功率25KVA,假如不考虑其他损耗,如果次级空载电压在4V,则瞬间短路总电流可达6000A以上($P=UI$)。但次级空载电压过高会在铜杆焊接端面引电弧,电弧会打在焊接端面,导致焊接端面被打出缺口,孔洞,烧糊等导致端面局部尺寸变形或不平整。因此,应当

控制焊机输出电流大小,实现大电流输出。

[0040] 而后将待焊接铜构件与电源两端连接,在低应力接触下,焊接端面之间发生短路,端面局部接触区域因局部大接触电流而发生爆破,此阶段只需持续2-5秒即可。在这一过程中,端面部分金属接触区发生气化,一方面实现平整焊接端面,促使焊接端面形成干净的平行面,另一方面实现对焊接端面预热并烧掉焊接端面上的氧化物及杂质,形成保护端面的金属蒸汽。

[0041] 随后在两平整焊接端面上施加第一预设压力,由于焊接面接触面积在压力作用下增加,电流密度下降,平整焊接端面相互接触的部位在界面接触电阻的作用下开始加热,形成加热软化的平整焊接端面。此时,由于端面接触电阻大,因此会出现接触端面首先达到较高的温度,然后端面的高温持续传递到工件远端,形成端面温度高,远离端面温度降低的温度梯度。由于金属构件随温度升高变形抗力降低,所以也会形成一个焊接端面变形抗力低,远离端面变形抗力升高的性能梯度。而性能梯度的形成很好的避免了两夹具之间的构件都同时被加热到很高的温度,导致热影响区变大,铜件变软下垂,焊缝不对中的问题。

[0042] 其中,第一预设压力约为25-30KN,在使用焊机进行焊接时,由焊机顶端杠杆提供,当采用自动液压设备施加压力时,以直径10mm铜杆截面积换算,应力约在200-400MPa ($\text{MPa} = \text{N}/\text{mm}^2$)。第一预设压力的主要目的是为了使两焊接端面发生形变。铜的熔点为1356K (1083°C),从室温加热逐渐到高温,Cu的压缩变形抗力是随着温度上升而下降的(温度越高,抵抗变形能力越低),当完成爆破后,压在一起,压力持续一定时间,随着电流加热温度越来越高,Cu焊接端面抵抗变形的能力降低,Cu棒将发生变形,实现焊接端面的填充。

[0043] 在这一过程中,即使两平整焊接端面上仍然存在未贴合区,电流流过两接触端面时由于未贴合区的存在,导致电流密度增加,因此端面开始被加热,随着温度上升,端面在第一预设压力作用下发生变形,紧密贴合在一起,从而实现了焊接两端面显著的塑性变形,端面局部金属软化挤压完成对焊接不平整区的填充。

[0044] 在持续通电加热5-10秒钟后,端面被加热到最高温,此时对加热软化后的平整焊接端面施加大于第一预设压力的第二预设压力,并持续预设时间。另外,第二预设压力还可以为在第一预设压力的基础上缓慢增大的压力。总之,该过程中,端面在挤压力作用下发生变形,焊接端面因为压力作用充分贴合,两端面金属发生动态再结晶,完成了焊接。

[0045] 其中,预设时间根据试样面积大小而定,与所述焊接端面的面积呈正相关。在一定空载电压所提供的输出短路电流一定情况下,焊接面积越大,则电流密度越小,所需要的加热时间就应该相应延长。直径10mm的铜杆,面积为 78.5mm^2 ,保压通电加热时间为10~15s,如果是4mm厚,30mm宽纯铜板,面积为 120mm^2 ,焊接时间约15s左右。本发明对此不作限定,任何能够实现升温导致两端在压力作用下变形的时间都将落入本发明的保护范围内。

[0046] 本焊接方法不需要锡焊、钎焊等其他焊料,能保证焊接区域成分的一致性,因此连接界面处电阻不会发生变化,具有较高的电气稳定性,也能防止在特定环境下,由于焊材与铜基体之间材料成分差异,焊接区域具有电位差形成腐蚀电偶,铜构件焊缝及热影响区产生局部腐蚀。

[0047] 在完成焊接后,为了进一步保证焊接质量,可以在断电后持续提高两焊接端面的压力,直至焊缝组织凝固成型。

[0048] 为了更具体的说明焊接过程中控制输出电流的次级空载电压档位的选择对焊接

结果的影响,下面本实施例具体以 $\phi 10\text{mm}$ 纯铜棒的焊接过程为例进行详细展示:

[0049] 将铜棒两端分别通过绝缘夹具夹持在焊接电极两端,露出距离50mm,两焊接端面保持接触,焊机采用380V的25KVA焊机,额定初级电流60-70A,次级空载电压档位所对应的空载电压为3.56V和1.9V,任由通电过程中两端面闪爆2-4秒,形成相对干净的焊接端面。然后快速在两端分别施加压应力,促进两端面轻微变形,增加接触面积,随焊接面温度的上升,持续增加压力,直到焊接端部区域发生变形,然后立刻断电并保持焊接的压力持续30s左右后即完成焊接。

[0050] (1) 空载电压为3.56V,夹持后两端轻接触爆破2-3秒,形成稳定平整端面,随后将两端头挤压在一起,持续保持挤压载荷为28KN,焊机保持所选次级空载电压的持续电流加热,利用短接5-10秒,促进焊接两端面持续温度升高,并在挤压载荷作用下发生变形,最后高温部分被压力挤出形成焊疤,完成焊接,如图2(a)和(b)为本实施例所描述的合适的压力和温度所形成的焊缝处金相结构图,与基体基本保持相近的组织特点,热影响区晶粒尺寸未明显长大。需要说明的是,为了更加清楚的显示本实施例所提供的焊接方法的优越性,金相结构图中须包含色彩,金相结构图中的色彩正是本实施例较现有技术做出贡献的有力证明,是本实施例技术效果的体现。

[0051] (2) 作为对比组,由于所对应的电压导致更大的焊接电流在两端面接触区域升温过快,未形成温度场就已液化,因此焊接端面焊疤局部具有熔化并球化的特点,因此其不完全属于固态焊接,具有半固态的特点,其机械性能指标有所降低。图3(a)(b)为降低次级空载电压档位1.9V下的焊缝金相结构图,焊缝旁边晶粒明显粗化,(b)中还有液化后凝固的枝晶组织。

[0052] 为了进一步对两种焊接效果进行比较,图4示出了两种焊接样品的拉伸应力变形曲线。1#试样为空载电压为3.56V,2#试样为空载电压为1.9V,1#强度高于2#,并且均未在中间焊缝处断裂。

[0053] 本实施例还给出了采用上述方法对4mm厚,30mm宽纯铜板进行焊接的过程:

[0054] 将4mm厚度铜板两端分别夹持在焊接电极两端,露出距离20mm,焊接两端面保持接触,次级空载电压档位所对应的空载电压为2.53V,通电过程中两端面闪爆2-4秒,形成相对干净的焊接端面。然后快速在两端分别施加25-30KN压应力压在一起,并保持持续的通电状态,持续通电,从端面开始发热,持续热传导形成端面温度高,离端面温度降低的梯度焊接温度场,端面开始液化,并在压力作用端面变形,随后断电,保持压力3-5秒,完成焊接。

[0055] 完成焊接后,对铜板进行冷变形处理,而焊缝在变形过程中并未发生开裂,充分证明了本实施例所提供方法的优越性。

[0056] 本实施例所提供的焊接方法直接通过端面热量与挤压应力,在界面上通过高温固态下动态再结晶完成焊接,因此焊缝组织与基体组织基本一致,不存在常规液化焊接凝固后所形成粗大枝晶,以及液化金属凝固过程所造成的微区有害元素的偏距,能有效保证焊缝处的力学性能与导电性能。解决了常规纯铜焊接中由于所采用的电工铜杆电阻很低,甚至低于焊机电控铜元件和夹持面黄铜的电阻,如果采用两端面直接接触通电,通过热量来促进端面熔化焊接,会导致焊机原件高发热损坏或启动焊机电流保护,无法在焊接区域积累足够的热量完成焊接的问题。

[0057] 综上所述,本实施例通过在通电后通过控制两端面的接触方式进行加热,局部短

路爆破实现了对焊接端面的清洁;通过焊接温度产生方法,形成端面高的梯度温度场,减少了焊接热影响区范围;结合温度场控制压缩变形量,实现了对焊接件尺寸的准确控制。该办法能够满足无氧铜杆的无焊料焊接需要,并且无需进行焊接端面清洁,焊接所需时间短,焊接能耗低,容易固化焊接参数,操作简单,具有很好的应用价值。

[0058] 实施例2

[0059] 作为本发明的另一实施例,如图5所示,还提供了一种铜构件焊接装置,用于实现实施例1中的焊接方法,所述装置包括:

[0060] 检测传感器,用于检测待焊接铜构件的尺寸参数;

[0061] 自动液压设备,用于对所述待焊接铜构件施加压力;

[0062] 电源,用于对所述待焊接铜构件两焊接端面通电;

[0063] 控制器,用于根据所述待焊接铜构件的尺寸参数计算控制参数,并根据所述控制参数对所述自动液压设备与电源进行控制;所述控制参数包括第一预设压力、第二预设压力和预设时间;

[0064] 所述控制器分别与所述检测传感器、自动液压设备与电源通信连接。

[0065] 所述控制器还包括参数输入模块,用于实现控制参数的人工设置。

[0066] 本说明书中每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0067] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

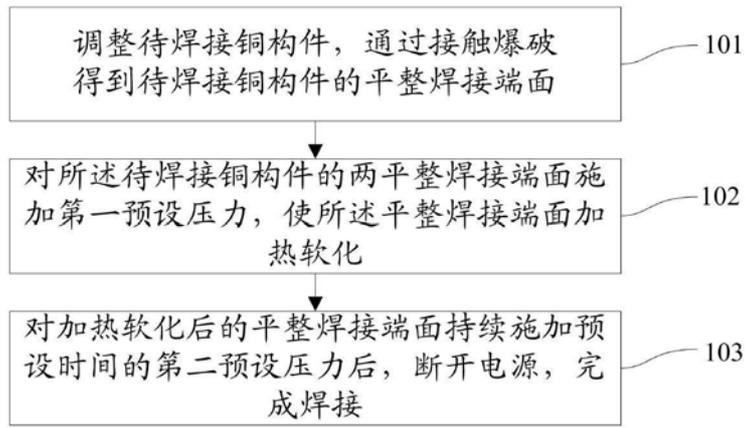
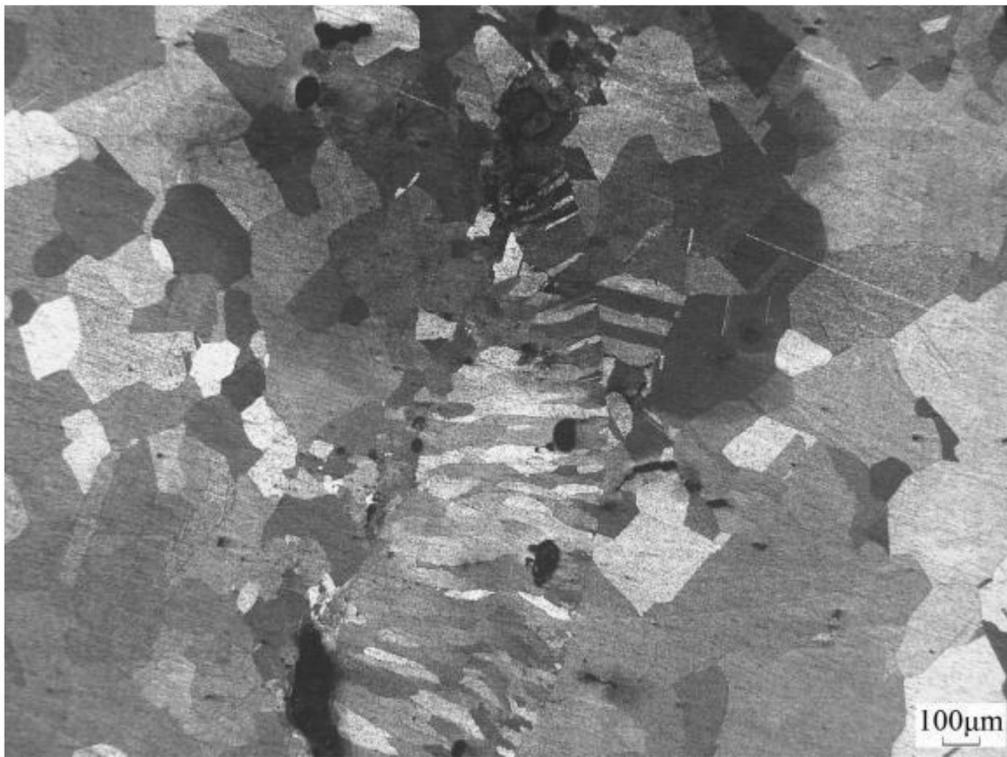
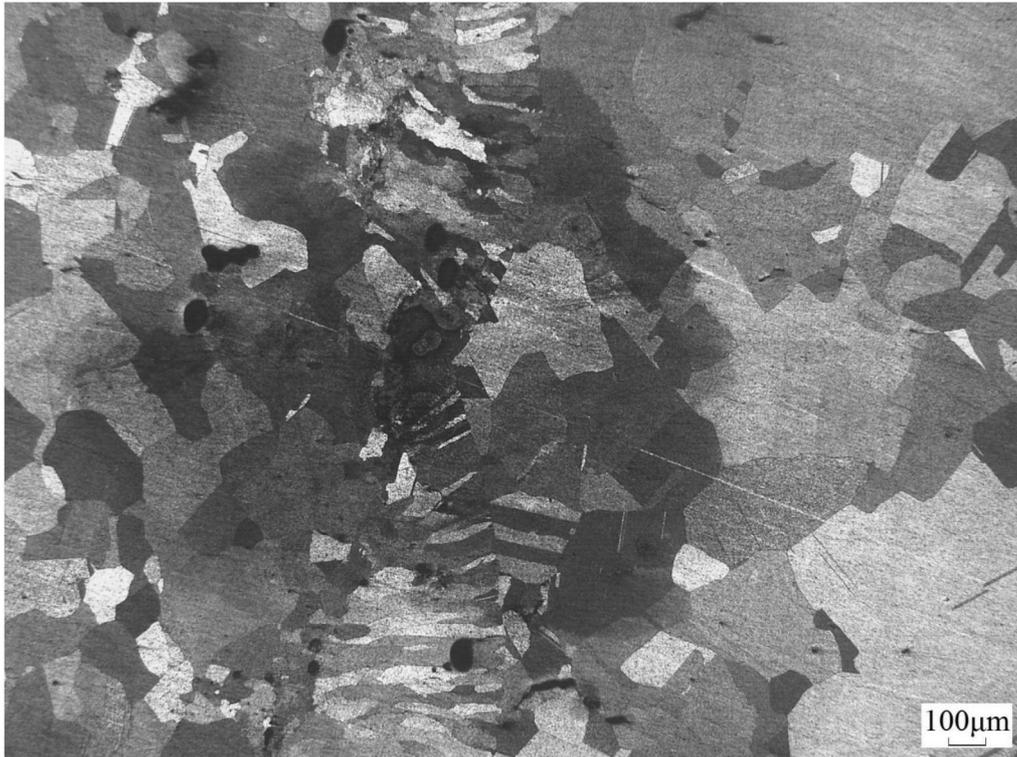


图1



(a)

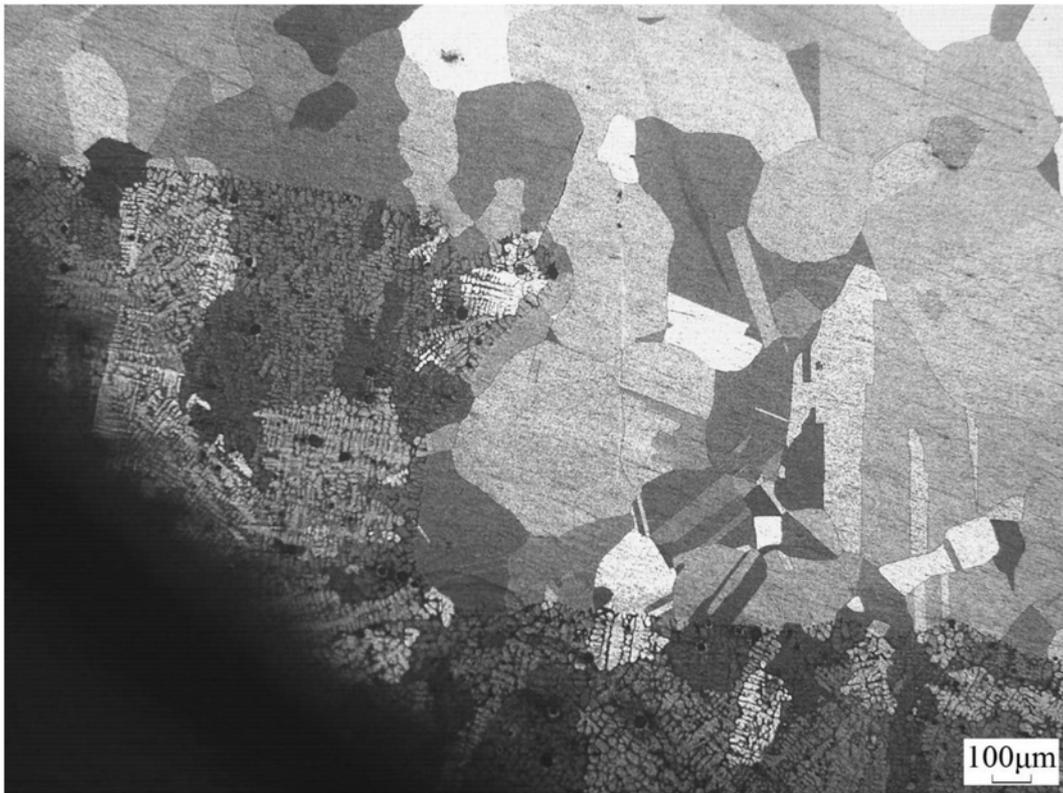


(b)

图2



(a)



(b)

图3

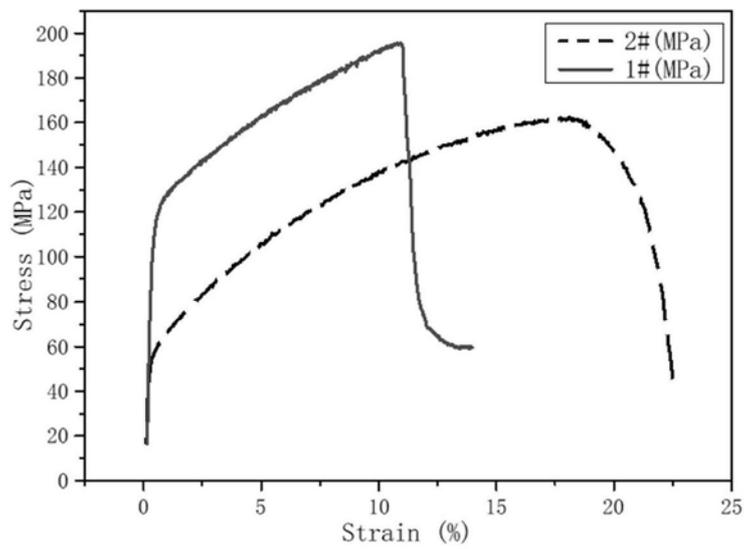


图4

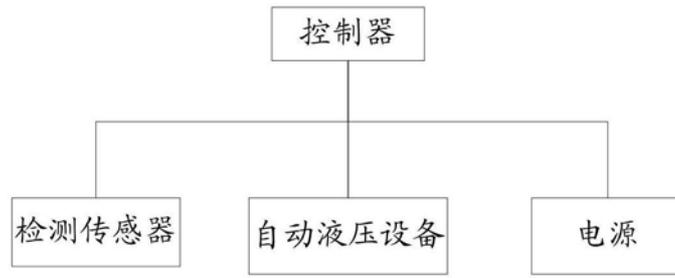


图5