



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105839037 B

(45)授权公告日 2018.01.16

(21)申请号 201610157029.X

G22F 1/02(2006.01)

(22)申请日 2016.03.18

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105839037 A

JP 特开平4-312723 A,1992.11.04,
CN 101911236 A,2010.12.08,
CN 102943189 A,2013.02.27,
CN 103602983 A,2014.02.26,

(43)申请公布日 2016.08.10

张光耀等.激光重熔CuCr40-RE合金的组织及性能.《材料热处理学报》.2014,第35卷(第11期),第150-154页.

(73)专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

审查员 张涛

(72)发明人 虞钢 张犁天 李少霞 郑彩云
何秀丽 宁伟健

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

G22F 1/08(2006.01)

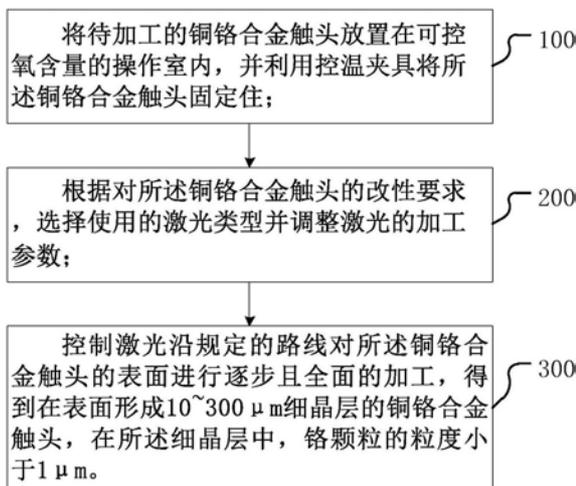
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种铜铬合金触头的激光表面改性方法

(57)摘要

本发明提供了一种铜铬合金触头的激光表面改性方法,包括如下步骤:步骤100,将待加工的铜铬合金触头放置在可控氧含量的操作室内,并利用控温夹具将所述铜铬合金触头固定住;步骤200,根据对所述铜铬合金触头的改性要求,选择使用的激光类型并调整激光的加工参数;步骤300,控制激光沿规定的路线对所述铜铬合金触头的表面进行逐步且全面的加工,得到在表面形成10~300 μm细晶层的铜铬合金触头,在所述细晶层中,铬颗粒的粒度小于1 μm。本发明的方法对基体产生的热影响小,除了提高屈服强度、拉伸强度和硬度等机械性能外,还能够在铜铬合金触头的表面形成更致密的细晶层,大大降低触头表面的粗糙度,提高铜铬合金触头的电学性能和分断电流能力。



1. 一种铜铬合金触头的激光表面改性方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤100,将待加工的铜铬合金触头放置在可控氧含量的操作室内,并利用控温夹具将所述铜铬合金触头固定住,所述控温夹具通过循环的冷却介质进行降温,使所述铜铬合金触头在加工时的温度保持在300K~500K;

步骤200,根据对所述铜铬合金触头的改性要求,选择使用的激光类型并调整激光的加工参数:功率密度为 $10^5\sim 10^7\text{W}/\text{cm}^2$,波长为100nm~5 μm ,焦距为-10mm~10mm,扫描速度200~20000mm/min,所述激光类型为光纤式激光器;

步骤300,控制激光沿规定的路线对所述铜铬合金触头的表面进行逐步且全面的加工,得到在表面形成10~300 μm 细晶层的铜铬合金触头,在所述细晶层中,铬颗粒的粒度小于1 μm ;所述规定的路线是指:根据所述铜铬合金触头中铬的粒度大小设置相应的的激光改性路线;所述激光改性路线包括按一定间隔来回移动的、水平等间距分隔轨迹和绕圈移动的单螺旋环形轨迹;所述一定间隔是指:至少所述光纤激光器的功率密度、波长、焦距、扫描速度能够达到当前所述铜铬合金触头的改性要求。

2. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

在步骤100中,在所述操作室内充满惰性气体,且所述操作室内氧的含量为0.5~500ppm。

3. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

在步骤200中,所述铜铬合金触头的改性要求包括改性后的粗糙度要求和硬度要求。

4. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

所述铜铬合金触头中随着所述铜铬合金触头中铬的粒度由大到小,在指定的参数范围内,所述光纤激光器的功率密度逐步增大,波长逐步缩短,焦距逐步缩短,扫描速度逐步降低。

5. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

所述步骤300中,还包括温度监控步骤,所述温度监控步骤利用测温仪对所述激光改性时的所述铜铬合金触头表面温度进行监测,以使所述铜铬合金触头的反应温度保持在预定温度范围内。

6. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

在对所述铜铬合金触头加工前,还包括清理步骤,所述清理步骤通过丙酮清洗剂对所述铜铬合金触头待改性的表面进行清洗。

7. 根据权利要求1所述的激光表面改性方法,其特征在于,

在所述铜铬合金触头中,制备所述铜铬合金触头时,金属添加剂的含量占总质量的百分比 $\leq 1.5\%$ 。

一种铜铬合金触头的激光表面改性方法

技术领域

[0001] 本发明涉及材料加工领域,特别是涉及一种用于真空灭弧室的铜铬合金触头表面的激光改性方法。

背景技术

[0002] 随着电网容量不断的扩大以及电压等级的不断提高,对用于电力系统的控制和开关设备的保护提出了更苛刻的要求,真空开关需要具有使用寿命长,检修间隔时间长、易于维护、适合频繁操作、体积小、重量轻等特点,在中压领域占主导地位并且逐渐渗透低压高压领域。真空灭弧室的发展与真空开关的发展紧密相联,真空灭弧室的触头的改良是决定灭弧室特性的重要因素之一,同时还决定了真空开关的应用范围和新产品的开发方向。

[0003] 在中高压大功率真空灭弧室的应用中,触头起接通、承载和分断电流的作用,是真空灭弧室的核心部件,其机械和电器性能在很大程度上决定了真空灭弧室的性能及其运行的可靠性。目前,铜铬合金触头相较其它触头在分断电流、抗电弧烧蚀、耐电压强度、抗熔焊性能、截断电流和载流能力方面都具备优异的能力,是目前世界上公认的满足真空灭弧室要求的首选触头。

[0004] 铜铬合金的制备一般有粉末烧结法、熔渗法、熔铸法和电弧熔炼法等方法,但由于铜、铬各自的特性,使得两者之间的融合性较差,且由于融合后两者本身的颗粒较大,导致其性能不能充分发挥。因此,目前常采用各种方法使铜铬合金的表面进行晶粒细化来达到提高性能的目的。

[0005] 其中,利用激光对铜铬合金触头进行表面改性可以在不改变材料整体特性的情况下,仅改变其工作区域的特性,以提高其性能,成本低且效果好,如改性后的铬粒子的粒度可以由20~170 μm 降低至4~7 μm 。但目前的激光改性方法还存在如下问题:

[0006] (1) 由于铜的导热系数大,对红外波长范围的激光反射率高(反射率大于98%),在重熔过程中极易造成铬的偏析。

[0007] (2) 在采用低扫描速度对铜铬合金触头表面进行处理时,极易造成熔池的不稳定,出现溅射和等离子体严重等缺点,使得改性后的铜铬合金触头表面粗糙度急剧上升,重熔层厚度不均匀,易出现裂纹等现象。

[0008] (3) 重熔后铬粒子粒径仍处于微米量级,铜铬合金的饱和金属蒸气压依然保持在较低的水准,不能够有效降低截流值。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一种用于真空灭弧室的铜铬合金触头的表面激光改性方法,以在铜铬合金触头表面形成细晶层,从而降低粗糙度和提高硬度。

[0010] 特别地,本发明提供一种铜铬合金触头的激光表面改性方法,包括如下步骤:

[0011] 步骤100,将待加工的铜铬合金触头放置在可控氧含量的操作室内,并利用控温夹具将所述铜铬合金触头固定住;

[0012] 步骤200,根据对所述铜铬合金触头的改性要求,选择使用的激光类型并调整激光的加工参数;

[0013] 步骤300,控制激光沿规定的路线对所述铜铬合金触头的表面进行逐步且全面的加工,得到在表面形成10~300 μm 细晶层的铜铬合金触头,在所述细晶层中,铬颗粒的粒度小于1 μm 。

[0014] 进一步地,在步骤100中,所述控温夹具通过循环的冷却介质进行降温,使所述铜铬合金触头在加工时的温度保持在300K~500K。

[0015] 进一步地,在步骤100中,在所述控制室内充满惰性气体,且所述操作室内氧的含量至少低于0.5~500ppm。

[0016] 进一步地,在步骤200中,所述铜铬合金触头的改性要求包括改性后的粗糙度要求和硬度要求。

[0017] 进一步地,在步骤200中,所述激光为光纤式激光器,其中所述光纤式激光器的功率密度为 $10^5\sim 10^7\text{W}/\text{cm}^2$,波长为100nm~5 μm ,焦距为-10mm~10mm,扫描速度200~20000mm/min。

[0018] 进一步地,所述铜铬合金触头中随着所述铜铬合金触头中铬的粒度由大到小,在指定的参数范围内,所述光纤激光器的功率密度逐步增大,波长逐步缩短,焦距逐步缩短,扫描速度逐步降低。

[0019] 进一步地,在步骤300中,所述规定的路线是指:根据所述铜铬合金触头中铬的粒度大小设置相应的激光改性路线;所述激光改性路线包括按一定间隔来回移动的、水平等间距分隔轨迹和绕圈移动的单螺旋环形轨迹;所述一定间隔是指:至少所述光纤激光器的功率密度、波长、焦距、扫描速度能够达到当前所述铜铬合金触头的改性要求。

[0020] 进一步地,所述步骤300中,还包括温度监控步骤,所述温度监控步骤利用测温仪对所述激光改性时的所述铜铬合金触头表面温度进行监测,以使所述铜铬合金触头的反应温度保持在预定温度范围内。

[0021] 进一步地,在对所述铜铬合金触头加工前,还包括清理步骤,所述清理步骤通过丙酮清洗剂对所述铜铬合金触头待改性的表面进行清洗。

[0022] 进一步地,在所述铜铬合金触头中,作为制备所述铜铬合金触头时金属添加剂的含量的质量百分比占总质量百分比的 $\leq 1.5\%$ 。

[0023] 本发明的方法对基体产生的热影响小,除了提高屈服强度、抗弯强度和硬度等机械性能外,还能够在铜铬合金触头的表面形成更致密的细晶层,大大降低触头表面的粗糙度,提高铜铬合金触头的电学性能和分断电流能力,而且对铜铬合金触头的抗电弧烧蚀能力、耐电压强度、载流能力、表面接触电阻和表面抗熔焊能力均十分有利,并可以节约大量的金属铬资源。

附图说明

[0024] 图1是根据本发明一个实施例的激光表面改性方法流程示意图;

[0025] 图2是采用熔铸法制造的铜铬合金触头的原始组织形貌示意图;

[0026] 图3是图2所示铜铬合金触头经过本发明的激光表面改性方法改性后的形貌示意图;

[0027] 图4是采用熔渗法制造的铜铬合金触头的原始组织形貌示意图；

[0028] 图5是图4所示铜铬合金触头经过本发明的激光表面改性方法改性后的形貌示意图。

具体实施方式

[0029] 如图1所示,本发明一个实施例所涉及的激光表面改性方法一般性地包括如下步骤:

[0030] 步骤100,将待加工的铜铬合金触头放置在可控氧含量的操作室内,并利用控温夹具将所述铜铬合金触头固定住。

[0031] 在本步骤中,采用控温夹具可以避免铜铬合金触头在改性时,激光作用在表面所产生的高温影响未加工部分(基体)。具体的控温夹具可以通过夹持的方式将待改性的铜铬合金触头固定住,利用内部的循环冷却介质对夹持端进行降温,进而带走铜铬合金触头上的热量,可以使铜铬合金触头在加工时的温度保持在300K~500K。冷却介质可以是水、风、油等常规冷却介质,也可以是冷却剂类利用挥发来散热的介质。

[0032] 在本步骤中,为防止氧在改性时与铜、铬发生化学变化,可以对操作室进行抽真空作业或充入惰性气体。不论是那一种方法,至少要将操作室内的氧含量控制在0.5~500ppm的范围内。

[0033] 在本实施例中,惰性气体优选采用氩气体。

[0034] 步骤200,根据对所述铜铬合金触头的改性要求,选择使用的激光类型并调整激光的加工参数。

[0035] 这里的改性要求是指改性后铜铬合金触头要达到的性能指标,该性能指标一般包括粗糙度要求和硬度要求,上述两个要求主要体现在改性后铜铬合金触头表面细晶层的性能。

[0036] 激光加工时的参数是针对前述改性要求而设置的激光工作参数,在本实施例中,采用的激光为光纤式激光器,如脉冲光纤激光器,采用光纤式激光器可以控制激光改性时的加工位置和改性路线。不同工艺制备的铜铬合金触头,其中铬的粒度大小不一样,因此需要针对铬的粒度大小进行相应的激光参数调整。一般的制备方法有熔铸法、熔渗法、混粉烧结法等。该光纤式激光器的调整范围中:功率密度可以为 $10^5 \sim 10^7 \text{W/cm}^2$,波长可以为800nm~3 μm ,焦距可以为-20mm~20mm,扫描速度可以为500~20000mm/min。其中随着铜铬合金触头中铬的粒度缩小,在上述范围内,该功率密度可以逐步增大,波长可以逐步变长,焦距可以逐步缩短,扫描速度可以逐步降低。

[0037] 步骤300,控制激光沿规定的路线对所述铜铬合金触头的表面进行逐步且全面的加工,得到在表面形成10~300 μm 细晶层的铜铬合金触头,在所述累晶层中,铬颗粒的粒度小于1 μm 。

[0038] 铜铬合金触头待加工的表面形状一般为圆形,本实施例针对该形状设置相应的激光改性加工路线,一般的激光改性路线包括主要按一定间隔来回移动的水平等间距分隔轨迹,和采用绕圈移动的单螺旋环形轨迹。在激光改性时,激光束沿着规定的路线逐步对铜铬合金触头的表面进行加工。通过对加工路线的规划,可以使激光束均匀的对铜铬合金触头表面进行线性改性,避免遗漏,能够降低加工后铜铬合金触头表面的粗糙度,并在提高硬度

的同时,保持其均匀性。

[0039] 本实施例中的一定间隔是指:至少光纤激光器的功率密度、波长、焦距、扫描速度能够达到当前铜铬合金触头的改性要求。如,当铬的粒度较小时,可以采用减少间隔距离的改性轨迹,而在铬的粒度较大时,可以增加相邻改性路线的间隔。具体的间隔距离可以根据实际实验确定。

[0040] 本实施例利用高能量激光束逐步照射铜铬合金触头表面,使铜铬合金触头表面迅速升温,形成厚度约10~400 μm 的热影响区,又因为铜的高导热系数和控温夹具的温度调控作用产生更大的冷却速度,在很短时间内就形成了符合要求深度和微观组织的细晶层。本实施例打破了早期只能通过增大功率来提高功率密度的限制,利用光束直径较小质量稳定的光纤式激光器,通过调整光束和规划改性路线,来获得较高的功率密度。而且在提高功率密度的同时,还不影响热输入的变化。

[0041] 经过本实施例处理后的铜铬合金触头表面中,铬的固溶度可以达到8.19%~8.64%,固溶强化作用明显,显著提升了铜铬合金触头表面的屈服强度、拉伸强度和硬度等机械性能,而且本方法仅是改变了工作层的性能,而不会影响铜铬合金触头整体的导电性。

[0042] 此外,本实施例通过控制激光束作用在铜铬合金触头表面的加工速度,可以改变加工时间,进而改变加工效果。另外通过减少激光作用在铜铬合金触头表面的时间,还可以控制热输入的增加,降低工件表面的粗糙度,提高能量的利用率。通过选取合适的波长,可以提高铜铬合金触头表面对激光能量的吸收率。选取适宜的焦距,可以提高激光在铜铬合金触头表面处理时的效率。

[0043] 本实施例通过上述步骤可以使最终得到的铜铬合金触头其改性后的细晶层中,铬的粒度尺寸由20~180 μm 降至1 μm 以下,粗糙度 $R_a \leq 1.6\mu\text{m}$ 。

[0044] 本发明的方法对基体产生的热影响小,除了提高屈服强度、拉伸强度和硬度等机械性能外,还可降低触头表面的粗糙度,大大提高铜铬合金触头的电学性能和分断电流能力,而且使铜铬合金触头的抗电弧烧蚀能力、耐电压强度、载流能力、表面接触电阻和表面抗熔焊能力都进一步得到提高,并可以节约大量的金属铬资源。

[0045] 进一步地,为提高激光效果,在对铜铬合金触头加工前,还可以对铜铬合金触头表面进行清洗,以避免工件表面的污渍对改性造成影响。具体的清洗可以通过丙酮清洗剂对铜铬合金触头待改性的表面进行清洗。

[0046] 进一步地,为避免铜铬合金触头中的其它金属影响改性效果,在本发明的一个实施例中,该铜铬合金触头在制备时,作为添加剂的金属含量的质量百分比小于或等于总质量百分比的1.5%。常规的金属添加剂包括钨、钼、铁、钴或镍中的任意一种或两种,上述金属添加剂的总量需要控制在限定的范围,也可以完全没有金属添加剂。降低金属添加剂的含量可以提高铬的固溶度。

[0047] 进一步地,在本发明的一个实施例中,为控制激光改性时的效果,可以对铜铬合金触头表面在改性时的温度进行监控,具体的监控可以利用测温仪,如红外测温仪,红外测温仪将检测光打到被激光改性处的铜铬合金触头表面,获取即时温度,以确认当前铜铬合金触头表面的反应温度是否达到预定的反应温度范围。

[0048] 由铜铬二元合金相图可知,当温度在2173K以上时,铜和铬处于互溶状态,2023K液态铜中含有40%的铬,液态铬中含有5.5%的铜。1345K时,即共晶温度时最大固溶度为

0.65%。随着温度降低,铬在铜中的溶解度迅速下降,常温下几乎不固溶;而铜在铬中溶解度几乎为0,即常温下铜和铬既不形成固溶体,又不形成金属间化合物,而是形成机械混合物。因此,及时掌握并调整当前铜铬合金触头表面的温度,可方便控制改性后铜铬合金触头表面的性能。具体温度调整可以通过对激光的移动速度、功率密度、波长、焦距等方面的调整实现。

[0049] 以下用具体实施例来说明本发明的改性过程。

[0050] 实施例一

[0051] 步骤1,准备表面洁净的由熔铸法制备的铜铬合金触头工件,工件尺寸为直径51mm,厚度3mm;其中的铬质量百分比约为25%,粒度为20~70 μm ;

[0052] 步骤2,将上述工件放置于氧含量可控的Ar气体环境中(含氧量 $\leq 1\text{ppm}$),由带水冷的控温夹具固定;设置激光改性时的处理参数,包括:功率密度 $6.4 \times 10^6\text{W}/\text{cm}^2$,离焦量-4mm,扫描速度800mm/min,扫描间距0.2mm;

[0053] 步骤3,启动激光系统,对铜铬合金触头表面自动按规划好的移动轨迹进行改性处理;同时打开红外测温仪进行温度测量,测试出温度875K;

[0054] 步骤4,经激光表面处理后,如图2、3所示,通过熔铸法制备的铜铬合金触头工件的剖面显微组织可以看见,铜铬合金触头表面形成了一层厚度均匀、厚度约为100 μm 的细晶层。其中,铬粒度尺寸约为400nm~800nm,表面粗糙度 $1.1\mu\text{m} \leq \text{Ra} \leq 1.3\mu\text{m}$,处理前铜铬合金触头表面硬度95Hv,处理后铜铬合金触头表面硬度113Hv,处理后硬度提高,而铜铬合金触头导电率基本不变。

[0055] 实施例二

[0056] 步骤1,准备表面洁净的由熔渗法制备的铜铬合金触头工件,工件尺寸为直径51mm,厚度3mm;此工件的铬质量百分比约为30%,粒度为80~130 μm ;

[0057] 步骤2,将上述工件放置于氧含量可控的Ar气体环境中(含氧量 $\leq 100\text{ppm}$),由带水冷的控温夹具固定;设置激光改性时的处理参数,包括:功率密度 $3.5 \times 10^6\text{W}/\text{cm}^2$,离焦量2mm,扫描速度8000mm/min;

[0058] 步骤3,启动激光系统,对铜铬合金触头表面自动按规划好的移动轨迹进行改性处理;同时打开红外测温仪进行温度测量,测试出温度1853K;

[0059] 步骤4,经激光表面处理后,如图4、5所示,通过熔渗法制备的铜铬合金触头工件的剖面显微组织可以看见,铜铬合金触头表面形成了一层厚度约为200 μm 的细晶层,铬粒子弥散分布于铜基体内,其粒度尺寸约为200nm~400nm,表面粗糙度 $1.3\mu\text{m} \leq \text{Ra} \leq 1.5\mu\text{m}$,处理前铜铬合金触头表面硬度103Hv,处理后铜铬触头表面硬度为133Hv,处理后硬度提高,而铜铬合金触头的导电率基本不变。

[0060] 实施例三

[0061] 步骤1,准备表面洁净的由混粉烧结法制备的铜铬合金触头工件,工件尺寸为直径51mm,厚度3mm;其中的铬质量百分比约为50%,粒度为130~180 μm ;

[0062] 步骤2,将上述工件放置于氧含量可控的Ar气体环境中(含氧量 $\leq 400\text{ppm}$),由带水冷的控温夹具固定;设置激光改性时的处理参数,包括:功率密度 $8.5 \times 10^5\text{W}/\text{cm}^2$,离焦量+5mm,扫描速度15000mm/min;

[0063] 步骤3,启动激光系统,对铜铬合金触头表面自动按规划好的移动轨迹进行改性处

理;同时打开红外测温仪进行温度测量,测试出温度1128K;

[0064] 步骤4,经激光表面处理后,通过混粉烧结法制备的铜铬合金触头工件的剖面显微组织可以看见,铜铬合金触头表面形成了一层均匀且厚度约为70 μm 的细晶层。其中,铬颗粒尺寸约为300nm~500nm,表面粗糙度 $1.0\mu\text{m}\leq Ra\leq 1.3\mu\text{m}$,处理前铜铬合金触头表面硬度115Hv,处理后铜铬合金触头表面硬度128Hv,处理后硬度提高,而铜铬合金触头导电率基本不变。

[0065] 至此,本领域技术人员应认识到,虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例,但是,在不脱离本发明精神和范围的情况下,仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此,本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

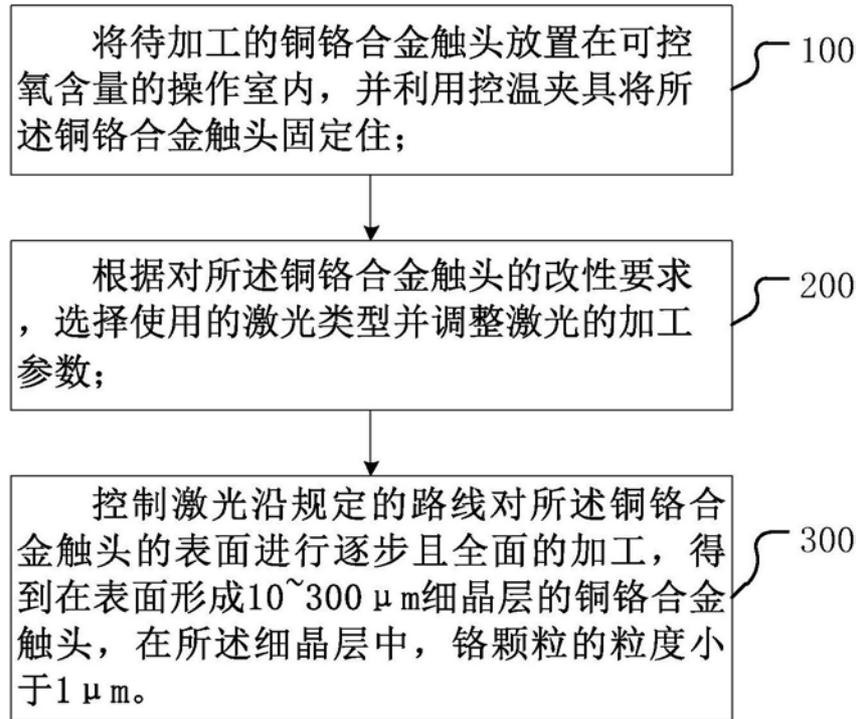


图1

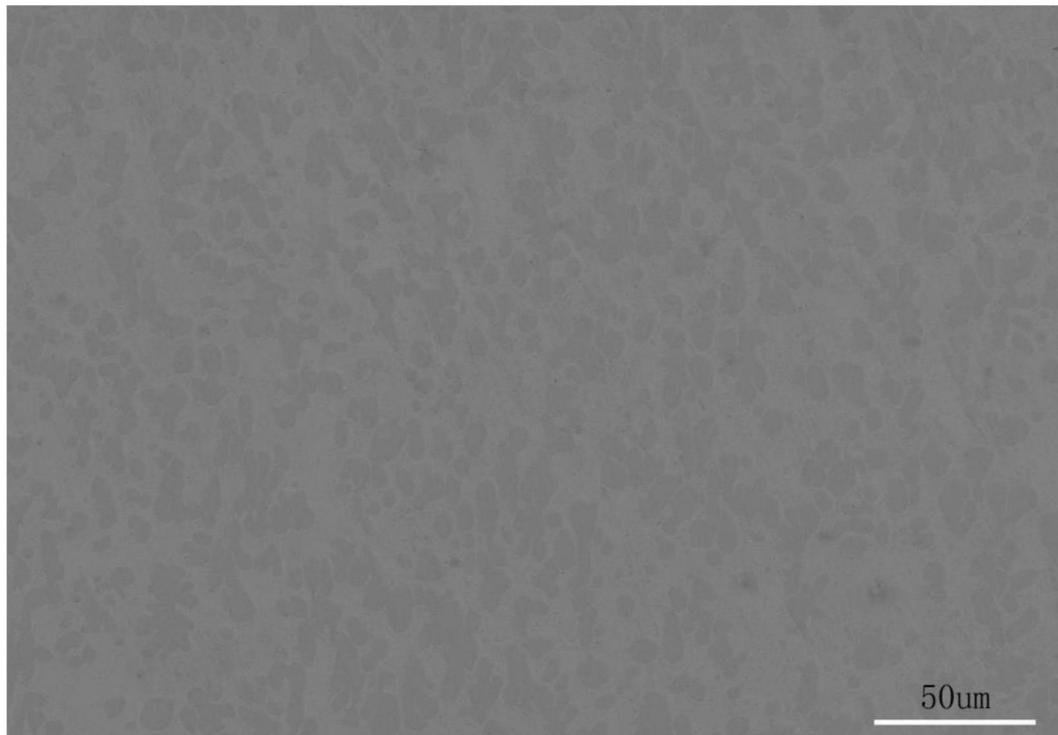


图2

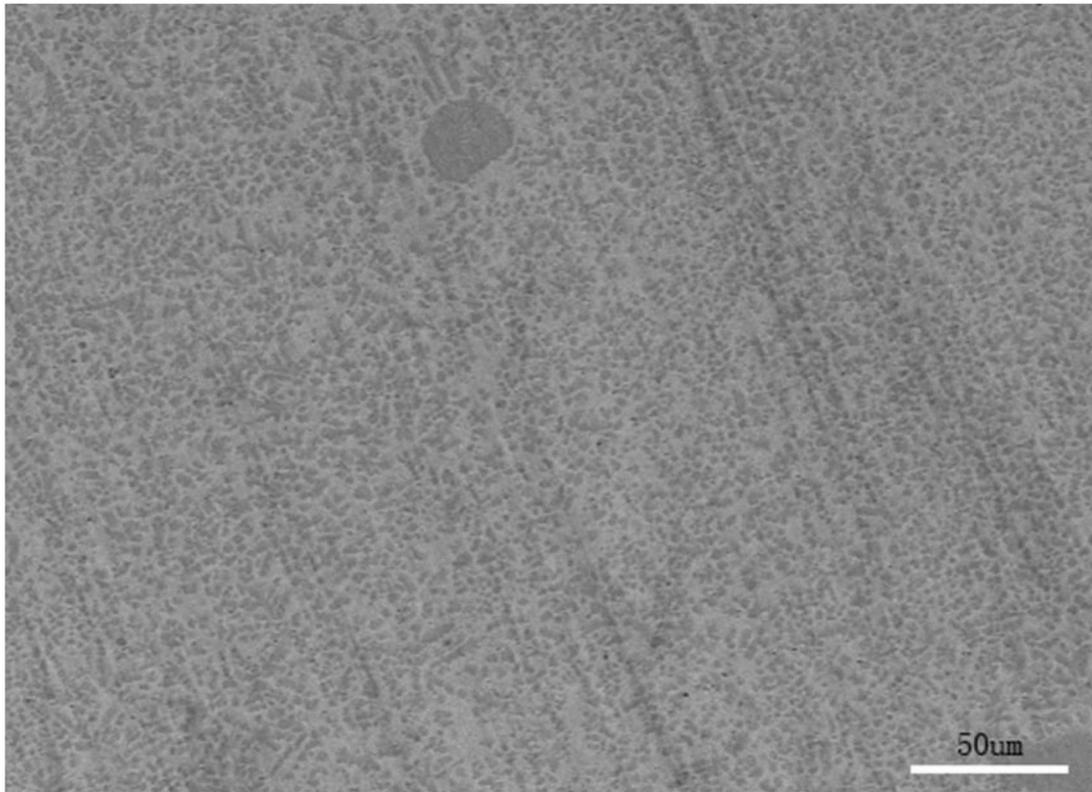


图3

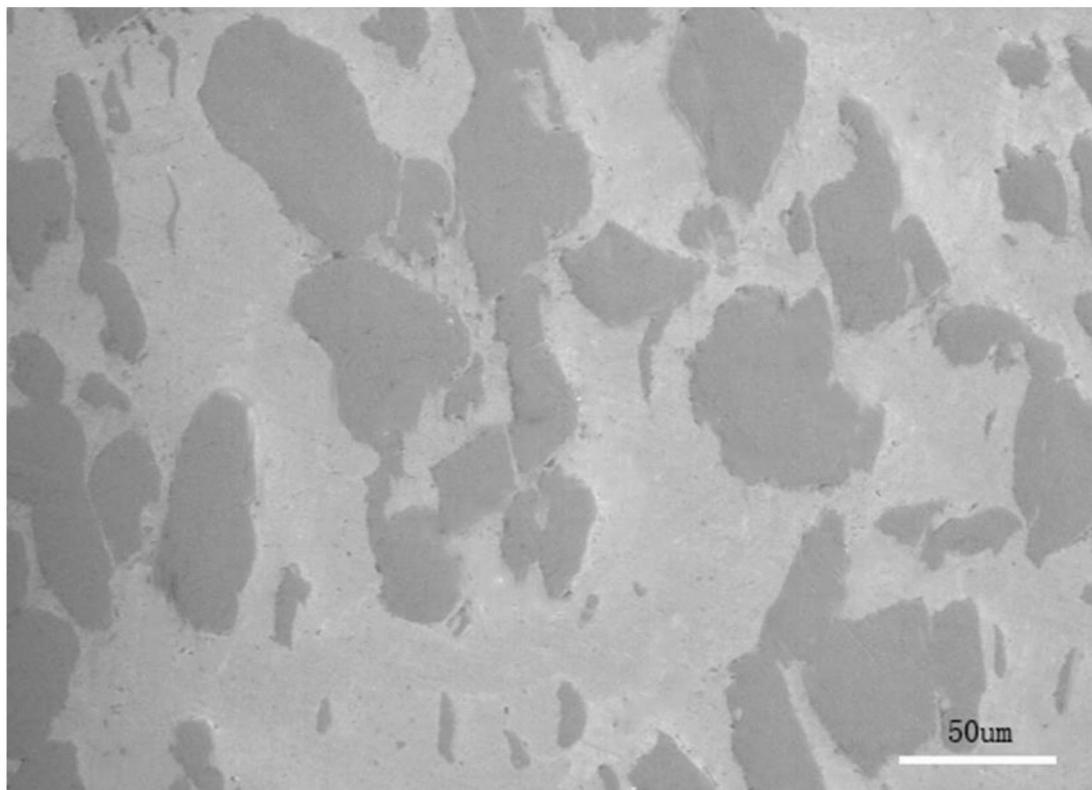


图4

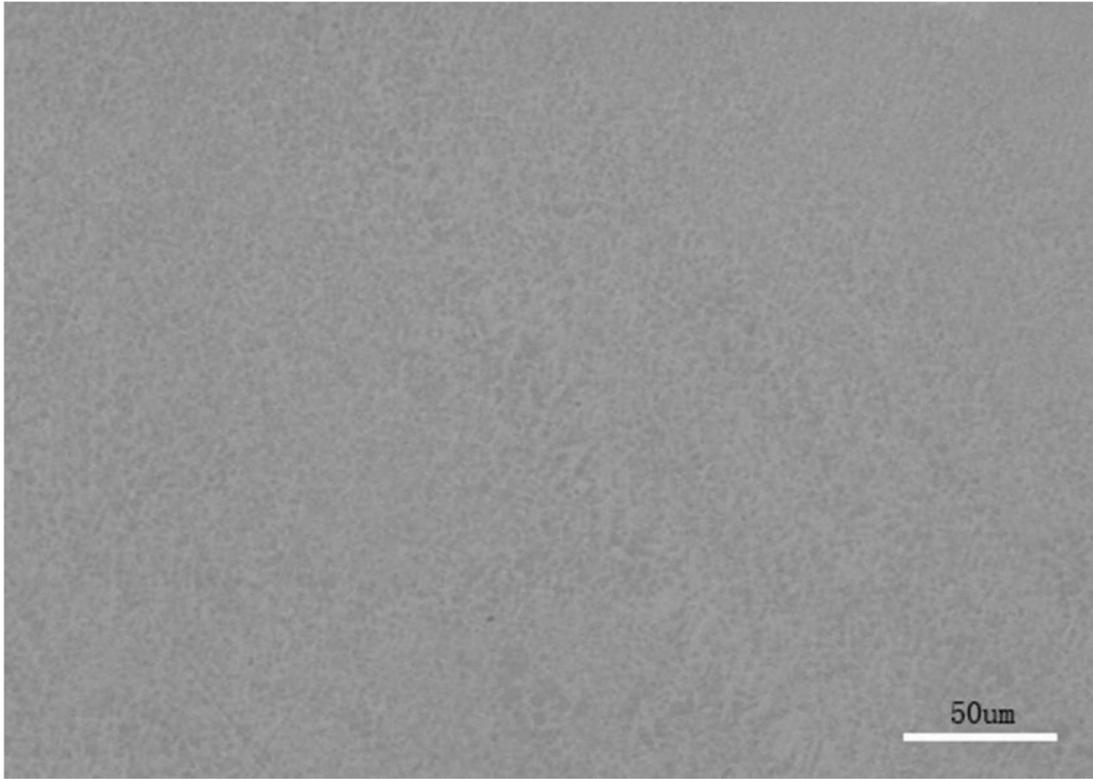


图5