



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111974990 A

(43)申请公布日 2020. 11. 24

(21)申请号 201910450558.2

(22)申请日 2019.05.24

(71)申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 马宗青 赵亚楠 胡章平 刘永长

余黎明 李冲 刘晨曦

(74)专利代理机构 天津创智天诚知识产权代理

事务所(普通合伙) 12214

代理人 王秀奎

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 50/02(2015.01)

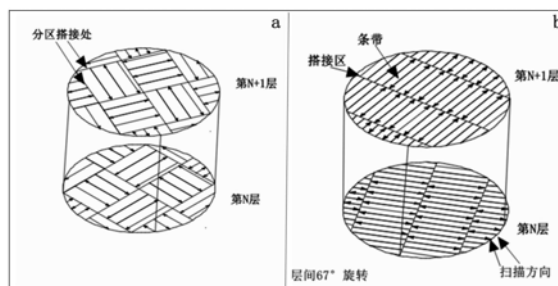
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法

(57)摘要

本发明公开激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法,通过激光扫描速度的调整获得熔道末端与熔道内部形貌均一,熔道末端无明显孔洞的熔道状态。在形成熔道末端与熔道内部形貌均一参数的基础上,调整相邻熔道间的激光跳转速度,有效地去除了激光选区熔化成形时相邻分区搭接处因激光能量输入过高造成的熔穿多层内含匙孔的缺陷熔池。在仅针对分区搭接位置处的缺陷,就可实现IN718试块的致密度从98.3%提升到了99.4%。



1. 激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法, 其特征在于, 按照下述步骤进行:

针对单层打印:

激光选区熔化成型参数为: 激光功率190~200W, 铺粉层厚度25~35 μm , 基板预热温度70~100 $^{\circ}\text{C}$, 激光扫描速度950~1050mm/s, 扫描线间距70~85 μm , 扫描策略为激光双向扫描, 无条带搭接, 激光能量输入密度为90~105J/mm³;

针对块体打印:

采用单层打印参数—激光选区熔化成型参数为: 激光功率190~200W, 铺粉层厚度25~35 μm , 基板预热温度70~100 $^{\circ}\text{C}$, 激光扫描速度950~1050mm/s, 扫描线间距70~85 μm , 扫描策略为激光双向扫描, 无条带搭接, 激光能量输入密度为90~105J/mm³; 且调整相邻熔道间激光跳转速度3800~4200mm/s, 成形时相邻层间旋转角度为60 $^{\circ}$ ~70 $^{\circ}$, 成形策略为5mm条带激光双向扫描, 条带搭接距离0.1~0.15mm。

2. 根据权利要求1所述的激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法, 其特征在于, 采用的材料为IN718球形粉末。

3. 根据权利要求1或者2所述的激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法, 其特征在于, 针对单层打印: 激光功率195W, 铺粉厚度30 μm , 基板预热温度80 $^{\circ}\text{C}$, 扫描线间距70 μm , 扫描策略为激光双向扫描, 无条带搭接; 扫描速度为1000mm/s, 激光能量输入密度为100J/mm³。

4. 根据权利要求1或者2所述的激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法, 其特征在于, 针对块体打印: 采用单层打印参数—激光选区熔化成型参数为: 激光功率195W, 铺粉厚度30 μm , 基板预热温度80 $^{\circ}\text{C}$, 扫描线间距70 μm , 扫描策略为激光双向扫描, 无条带搭接; 扫描速度为1000mm/s, 激光能量输入密度为100J/mm³; 且调整相邻熔道间激光跳转速度4000mm/s, 成形时相邻层间旋转角度为67 $^{\circ}$, 成形策略为5mm条带激光双向扫描, 条带搭接距离0.12mm。

激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法

技术领域

[0001] 本发明属于增材制造工程技术领域,更加具体地说,涉及激光选区熔化成形时分区搭接位置处缺陷的形成以及提出解决方案。

背景技术

[0002] 作为当前金属3D打印成形中最普遍的技术,激光选区熔化(SLM)工艺因其具有可个性化制造,成形精度高,表面质量好,能够制造出传统加工方式难以实现的复杂结构的零件的特点。已在医疗器械,航空航天,骨科植入等领域得到广泛应用。SLM成形后零件的致密度,内部缺陷,残余应力,表面质量对零件的力学性能起着决定性的作用。如何提高成形零件的致密度,减少内部缺陷,成为SLM成形工艺研究的热点。

[0003] 目前为提高SLM的成形效率,减少成形过程中的残余应力,普遍采取分区条带双向扫描策略,以及层间旋转一定角度策略,如图1。在进行同一层成型过程中,零件截面被划分成若干个小区域依次进行激光熔化。相邻的分区之间就存在一个搭接区域,同时此处作为激光扫描的起始或终止位置,会存在激光延迟作用现象,相对于内部区域激光作用时间更难通过具体参数控制。

[0004] 由于激光在熔道末端速度相对不稳定,且在进行双向扫描时,在从已成形熔道末端跳转到下一条熔道时,若跳转速度较快将导致熔道末端搭接不良;若跳转速度较慢将会导致在已成形熔道末端停留时间较长。激光的长时间停留将会导致局部能量输入过高,金属迅速气化并形成等离子体,在较大蒸汽压力的作用下在熔池内部形成匙孔。匙孔形成前,激光大部分能量被反射掉,仅少部分被吸收,形成匙孔后,激光进入匙孔会在内壁多次反射与吸收,使材料对激光吸收率增加,导致熔池深度加深。由于激光选区熔化极高冷却速度的特点,最终内部含有匙孔熔穿多层的三角状熔池形貌被保留下来,其在垂直于成形方向表现为圆形熔池形貌。在成形件中大量分散分布的此类缺陷将降低成形件的致密度,同时此处易成为裂纹萌生的源头,造成零件力学性能的弱化。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法,能够有效去除激光选区熔化成形时相邻分区搭接处因激光能量输入过高造成的熔穿多层内含匙孔的缺陷熔池。

[0006] 本发明的技术目的通过下述技术方案予以实现。

[0007] 激光选区熔化成形相邻分区搭接位置缺陷的修复方法,按照下述步骤进行:

[0008] 针对单层打印:

[0009] 激光选区熔化成形参数为:激光功率190~200W,铺粉层厚度25~35 μm ,基板预热温度70~100 $^{\circ}\text{C}$,激光扫描速度950~1050 mm/s ,扫描线间距70~85 μm ,扫描策略为激光双向扫描,无条带搭接,激光能量输入密度为90~105 J/mm^3 。

[0010] 针对块体打印:

[0011] 采用单层打印参数—激光选区熔化成型参数为:激光功率190~200W,铺粉层厚度25~35 μm ,基板预热温度70~100 $^{\circ}\text{C}$,激光扫描速度950~1050mm/s,扫描线间距70~85 μm ,扫描策略为激光双向扫描,无条带搭接,激光能量输入密度为90~105J/mm³;且调整相邻熔道间激光跳转速度3800~4200mm/s,成形时相邻层间旋转角度为60 $^{\circ}$ ~70 $^{\circ}$,成形策略为5mm条带激光双向扫描,条带搭接距离0.1~0.15mm。

[0012] 而且,3D打印时,由激光能量密度输入公式 $E = \frac{P}{vht}$ (P激光功率,v扫描速度,h扫描线间距,t铺粉厚度)当扫描速度在800~1300mm/s变化,激光能量输入密为在108~67J/mm³。

[0013] 本发明通过国产与进口设备针对IN718的标准参数包进行成形,验证了分区搭接处沿成形方向熔穿多层内含匙孔的熔池缺陷(垂直于成形方向表现为圆形熔池痕迹)是普遍存在的(如图2,3),并非某一设备的偶然现象。通过激光扫描速度的调整获得熔道末端与熔道内部形貌均一,熔道末端无明显孔洞的熔道状态。在形成熔道末端与熔道内部形貌均一参数的基础上,调整相邻熔道间的激光跳转速度,有效地去除了激光选区熔化成型时相邻分区搭接处因激光能量输入过高造成的熔穿多层内含匙孔的缺陷熔池。在仅针对分区搭接位置处的缺陷,就可实现IN718试块的致密度从98.3%提升到了99.4%。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:(1)与其它降低成形件内部孔洞缺陷,提高成形件致密度的成形技术方法相比,解释了成形件内部主要缺陷的形成原理,并针对性的提出了解决方法。(2)根据增材制造逐层累加的成形特点,通过调整扫描速度获得熔道末端与熔道内部形貌均一,防止因单层熔道末端缺陷在块体成型时累加造成的缺陷。(3)通过调整相邻熔道间激光跳转速度,可以消除成型件中熔穿多层内含匙孔的熔池缺陷。(4)本技术发明中通过改变相邻熔道间激光跳转速度,消除熔穿多层内含匙孔的熔池缺陷的技术方法,也适用于除IN718之外的其它材料,但需相应的调整跳转速度。

附图说明

[0015] 图1为3D打印中成型方案,其中a为棋盘式成型方案;b为条带式成型方案。

[0016] 图2为使用标准参数包进行3D打印中沿成形方向的熔池缺陷照片,其中a为进口设备成形;b为国产设备成形。

[0017] 图3为使用标准参数包进行3D打印中垂直于成形方向的成形缺陷,其中a为未腐蚀前缺陷状态;b为腐蚀后缺陷熔池状态。

[0018] 图4为本发明实施例中不同扫描速度的熔道成形状态,其中a为800mm/s;b为900mm/s;c为1000mm/s;d为1100mm/s;e为1200mm/s;f为1300mm/s。

[0019] 图5为利用本发明技术方案进行3D打印后金相组织照片(1),其中a为沿成形方向;b为垂直于成形方向。

[0020] 图6为利用本发明技术方案进行3D打印后金相组织照片(2),其中a为沿成形方向;b为垂直于成形方向。

具体实施方式

[0021] 下面结合具体实施例进一步详细说明本发明的技术方案。成型采用IN718球形粉

末,并用国产与进口设备进行激光选区熔化验证,成形参数采用的是这两种设备自带针对IN718的标准成形参数包。在两种设备成型后的金相组织中均存在不同程度内含匙孔熔穿多层的熔池缺陷,如图2和3所示。

[0022] 根据3D打印成型的特点,三维的体缺陷往往是由于二维的面缺陷的累加所造成。本方法利用国产激光选区熔化设备首先在基板上进行单层打印,通过激光扫描速度参数的调整获得最佳的熔道末端状态。然后在单层打印获得最优参数的基础上,调整激光跳转速度来获得内部无匙孔缺陷的熔池状态。

[0023] 实施例1—单层打印

[0024] (1) 采用IN718球形粉末,粉末直径15-53 μm ,流动性16s/50g, D_{50} 32 μm ,激光选区熔化设备基板预热到80 $^{\circ}\text{C}$ 进行单层打印。

[0025] (2) 打印过程在Ar气的保护氛围中进行,舱室内氧气含量控制在200ppm以下。

[0026] (3) 激光选区熔化的参数为:激光功率195W,铺粉厚度30 μm ,基板预热温度80 $^{\circ}\text{C}$,扫描线间距70 μm ,扫描策略为激光双向扫描,无条带搭接;扫描速度依次为800mm/s,900mm/s,1000mm/s,1100mm/s,1200mm/s,1300mm/s。

[0027] (4) 将含有单层打印层的基板用酒精清洗后置于显微镜下观察熔道末端与熔内部的均一程度,如图4所示,当扫描速度在800mm/s,900mm/s时,熔道末端整齐度较差且存在裂纹;当扫描速度在1100mm/s,1200mm/s,1300mm/s时,熔道末端搭接比较稀疏存在孔隙缺陷;在1000mm/s熔道末端与内部均一且搭接紧密无明显缺陷。故在1000mm/s的激光扫描速度下熔道末端与熔道内部状态均一,激光能量输入密度为100J/mm³。

[0028] 实施例2—块体打印

[0029] (1) 采用实施例1使用的材料和设备,以及单层打印的工艺参数进行打印10x10x10mm的IN718块体。

[0030] (2) 对成形的部件进行切片处理,切片厚度30 μm ,规划构件扫描路径,采用条带式双向激光扫描,设定相邻熔道激光跳转速度3000mm/s。

[0031] (3) 激光选区熔化的参数为:激光功率195W,铺粉厚度30 μm ,基板预热温度80 $^{\circ}\text{C}$,扫描线间距70 μm ,层间旋转67 $^{\circ}$,激光扫描速度1000mm/s。

[0032] (4) 打印后的IN718试块用线切割从基板上切除,经超声清洗后,采用阿基米德排水法测定块体致密度为99.0%。对测定过致密度的块体使用线切割沿成形方向和垂直于成形方向依次进行切割,经磨光,抛光,腐蚀后进行金相观察,如图5。

[0033] (5) 经观察后在沿成形方向仍存在部分含有内部缺陷的三角状熔池,垂直于成形方向依旧存在线性分布的圆形熔池,但含量相对于标准参数包打印出来的金相状态(图2,3)明显减少。结果表明本发明采用调整激光跳转速度消除分区搭接处熔穿多层内含匙孔的熔池缺陷的方法是正确的。

[0034] 实施例3—块体打印

[0035] (1) 采用实施例1使用的材料和设备,以及单层打印的工艺参数进行打印10x10x10mm的IN718块体。

[0036] (2) 对成形的部件进行切片处理,切片厚度30 μm ,规划构件扫描路径,采用条带式双向激光扫描,设定相邻熔道激光跳转速度4000mm/s。

[0037] (3) 激光选区熔化的参数为:激光功率195W,铺粉厚度30 μm ,基板预热温度80 $^{\circ}\text{C}$,扫

描线间距70um,层间旋转67°,激光扫描速度1000mm/s。

[0038] (4) 打印后的IN718试块用线切割从基板上切除,经超声清洗后,采用阿基米德排水法测定块体致密度为99.4%。对测定过致密度的块体使用线切割沿成形方向和垂直于成形方向依次进行切割,经磨光,抛光,腐蚀后进行金相观察,如图6。

[0039] (5) 经观察后在沿成形方向熔穿多层内含匙孔的三角状熔池缺陷被完全消除,垂直于成形方向线性分布的圆形熔池缺陷被完全消除。结果表明本发明采用调整激光跳转速度消除分区搭接处熔穿多层内含匙孔的熔池缺陷的方法是正确的,且在此激光选区熔化的参数下激光跳转速度为4000mm/s是最为合理的。

[0040] 根据本发明内容进行工艺参数的调整,均可实现搭接位置缺陷的有效修复,表现出与本发明基本一致的性能。以上对本发明做了示例性的描述,应该说明的是,在不脱离本发明的核心的情况下,任何简单的变形、修改或者其他本领域技术人员能够不花费创造性劳动的等同替换均落入本发明的保护范围。

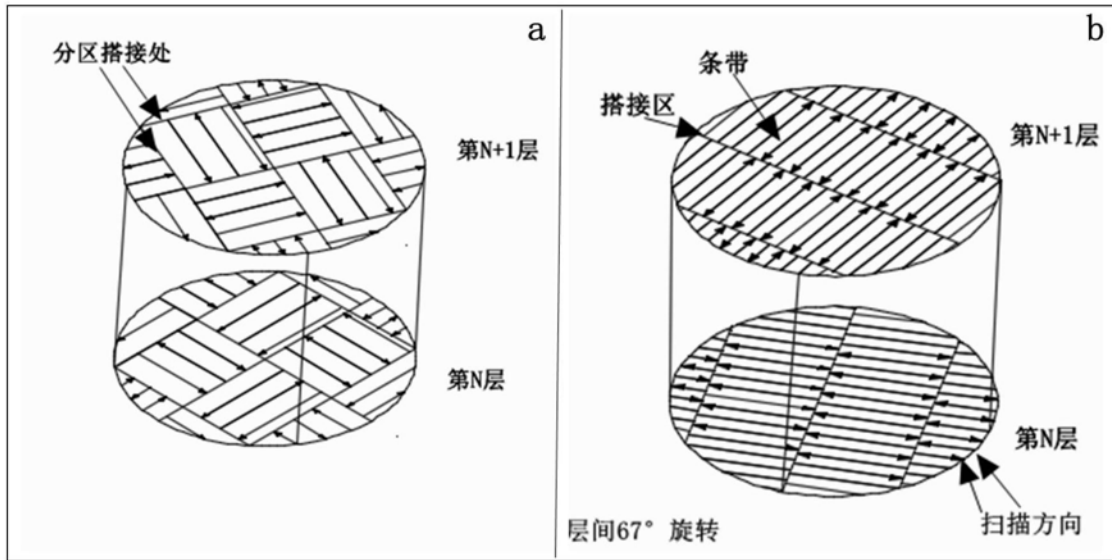


图1

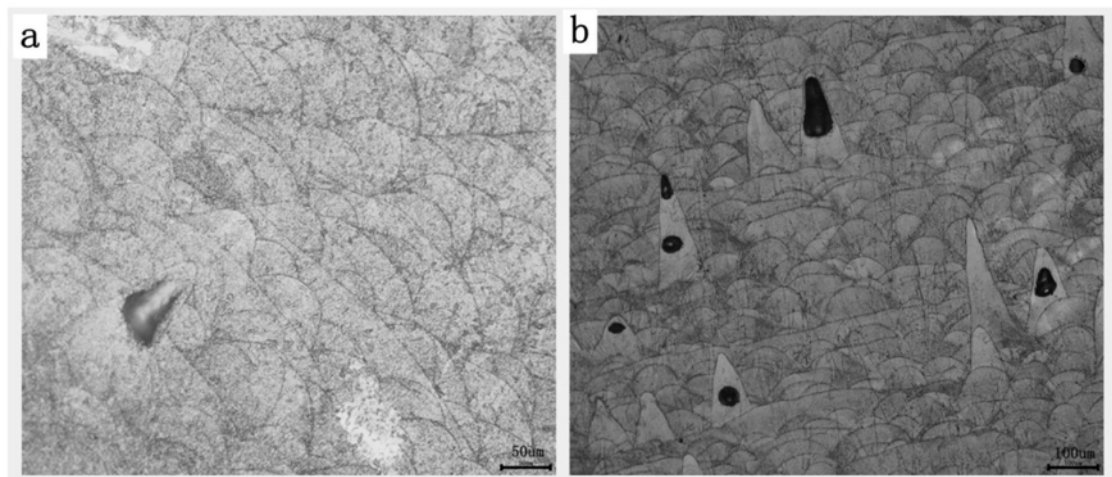


图2

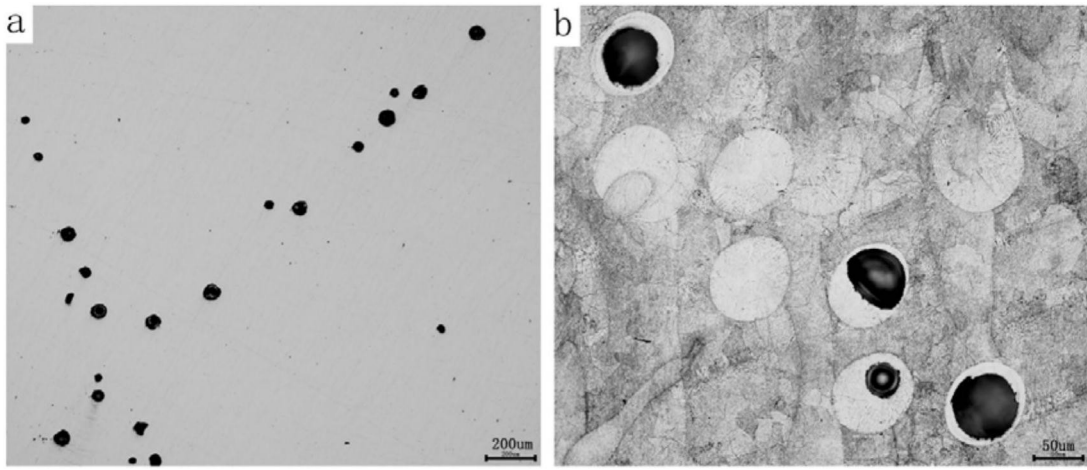


图3

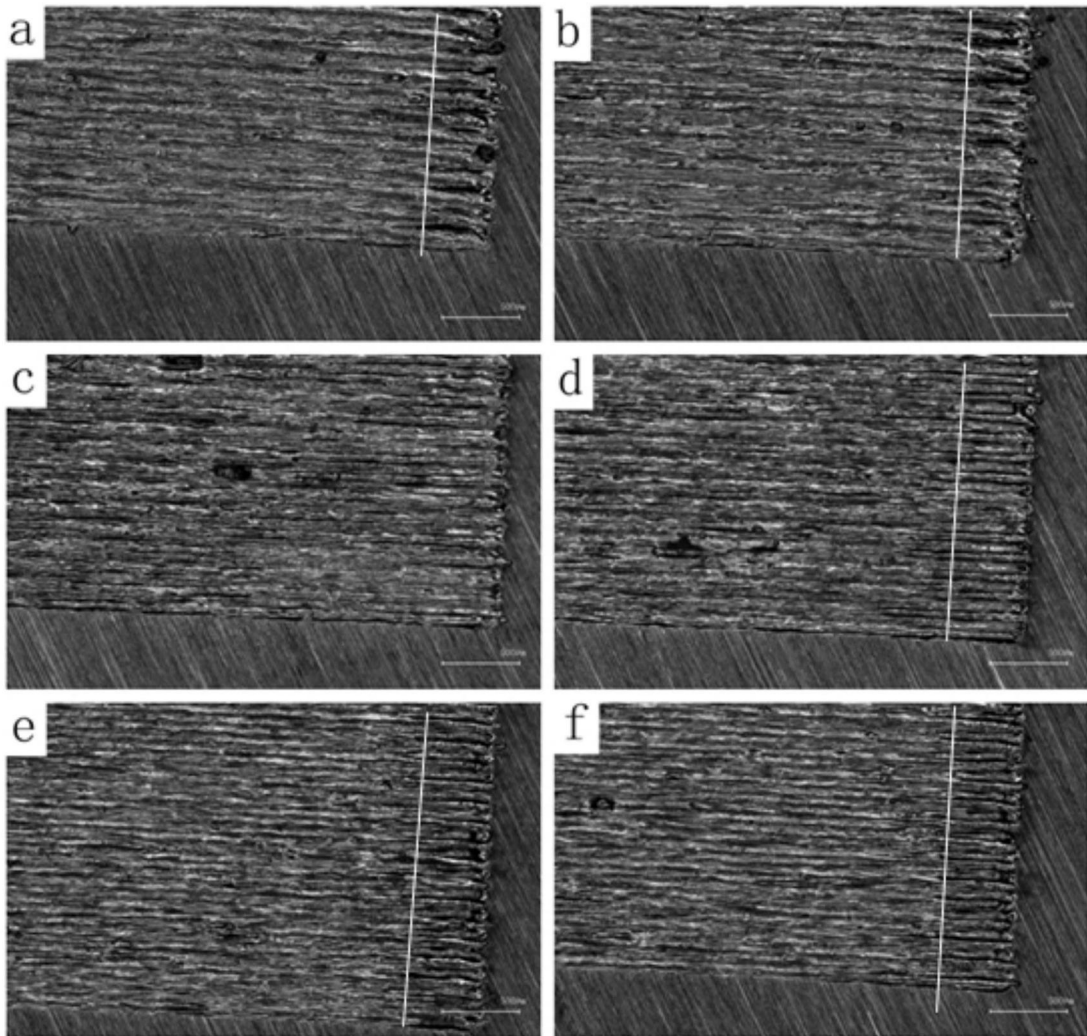


图4

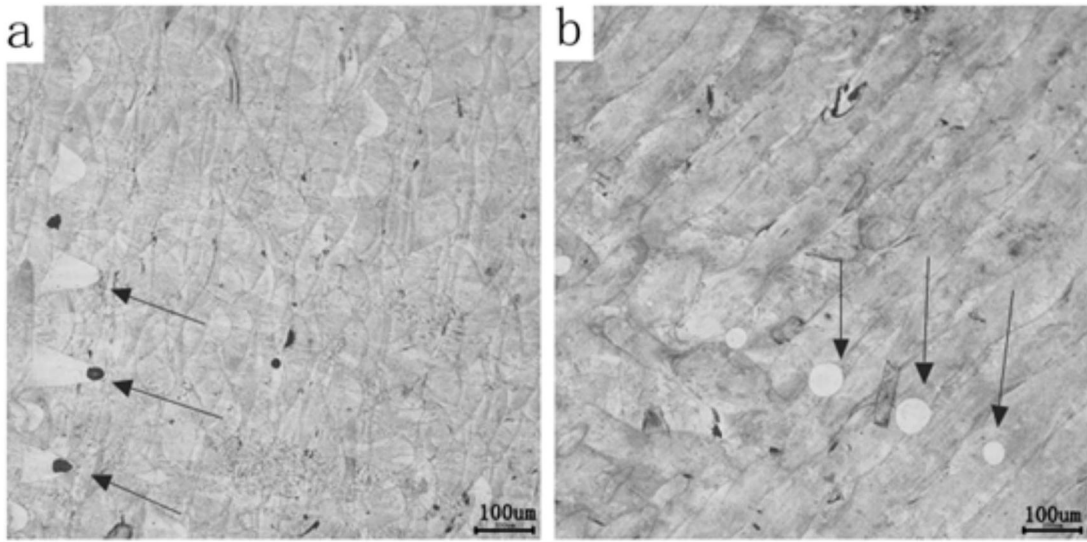


图5

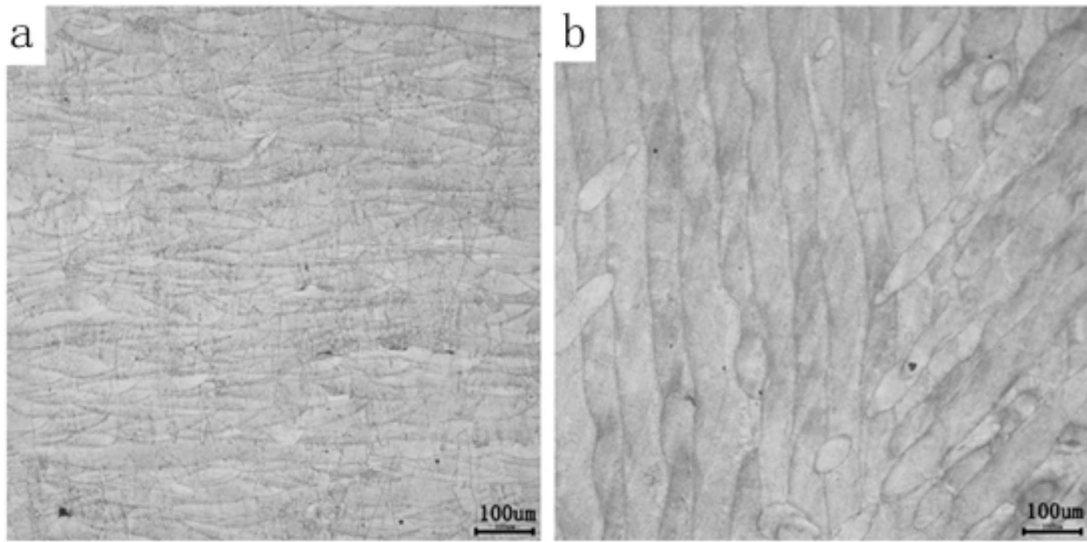


图6