



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116532907 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 04

(21) 申请号 202310360734.X

(22) 申请日 2023.04.06

(71) 申请人 中国长江电力股份有限公司
地址 430014 湖北省武汉市江岸区三阳路
88号三阳中心

(72) 发明人 吴江

(74) 专利代理机构 宜昌市三峡专利事务所
42103
专利代理师 望金山

(51) Int. Cl.
B23P 6/00 (2006.01)

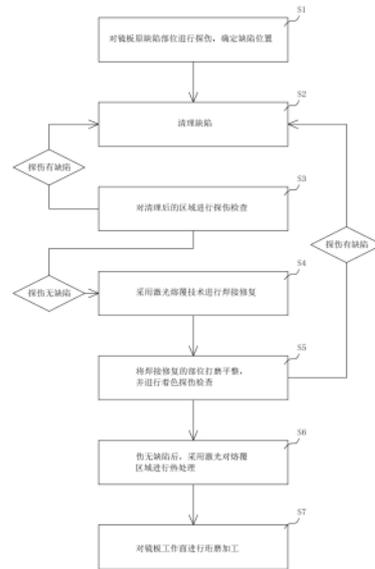
权利要求书2页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法

(57) 摘要

一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法，它包括以下步骤：S1. 对镜板原缺陷部位进行探伤，确定缺陷位置；S2. 清理缺陷；S3. 对清理后的区域进行探伤检查；S4. 采用激光熔覆技术进行焊接修复；S5. 将焊接修复的部位打磨平整，并进行着色探伤检查；S6. 探伤无缺陷后，采用激光对熔覆区域进行热处理，调整熔覆区硬度；S7. 对镜板工作面进行珩磨加工。通过采用该方法对大型机组镜板工作面缺陷进行试验修复，镜板修复精加工后的平行度、粗糙度质量均能够达到行业标准，修复后的镜板满足安全稳定运行要求。延长了镜板使用寿命，相较直接更换镜板具有较大优势，修复工期更短，修复成本更低，为机组早日投产发电带来了巨大经济效益。



1. 一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,它包括以下步骤:
 - S1. 对镜板进行探伤,确定缺陷位置;
 - S2. 清理缺陷;采用直磨机将缺陷处打磨成破口;其中,相邻两处缺陷合为一处;
 - S3. 对清理后的区域进行探伤检查,其中,探伤仍有缺陷的,则执行S2中的步骤;
 - S4. 采用激光熔覆技术进行焊接修复;
 - S5. 将焊接修复的部位打磨平整,并进行着色探伤检查;其中,探伤仍有缺陷的,则返回执行S2中的步骤;
 - S6. 探伤无缺陷后,采用激光对熔覆区域进行热处理,调整熔覆区硬度;
 - S7. 对镜板工作面进行珩磨加工。
2. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S1之前,还包括方案选择的步骤,并对各方案进行实验、检测;其方案包括对镜板工作面进行传统车削修复、对镜板工作面进行氩弧焊焊接修复,以及激光熔覆技术修复;其中,采用激光熔覆技术修复后的镜板工作面无裂纹及气孔缺陷,无损探伤检测符合相关行业标准,精加工后外形尺寸及平行度、粗糙度满足设计图纸要求。
3. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S1之前,还包括修复前现场准备工作,其中包括对焊接场地进行布置、对机组推力头镜板进行高度调整,机组镜板试焊部位方位调整,保证激光焊接设备安装条件。
4. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S1之前,还包括激光熔覆技术参数调整的步骤;在现场对试件进行试焊,通过观察试焊效果好坏,不断对机器人运动参数及激光功率参数改进,其中对于熔合缝位置处浅表层缺陷,将缺陷部位抛光后再次进行探伤检查,缺陷消除的,则在熔覆时调整激光熔覆收弧部位,将收弧部位放在激光熔覆区内。
5. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S1中,将镜板气孔内油污、氧化皮、毛刺及其他杂物清理干净,并打磨光滑,直至露出金属光泽,采用PT和UT着色探伤,并标记缺陷位置。
6. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S4中,激光功率 1.4~1.5kW、光斑直径 2mm、氩气保护 10L/min,送粉方式采用预置铺粉方式,每次铺粉厚度 0.4~0.6mm,机械手运动速度 0.5m/min,两条焊道搭接宽度0.8~1.2 mm,焊接时机械手的运动方式为同心圆,修复前镜板本体温度不低于10℃。
7. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S4中,对于深度较大的缺陷,采用销钉填充缺陷,在销钉的基础上对缺陷进行激光熔覆修复;其具体方法是,在缺陷位置钻设销钉孔,然后加工相适应的销钉,销钉与销钉孔过盈配合,将销钉挤压进去,在销钉的基础上进行激光焊接。
8. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S4中,在激光熔覆修复时,在缺陷两旁分别放置两块铜板,焊接时将起弧点与收弧点均控制在两侧铜板上。
9. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在S6中,熔覆组织硬度在进行激光回火后在 HB230~HB260。
10. 根据权利要求1所述的一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,其特征在于,在

S7中,采用龙门磨床对焊接好的进镜板进行珩磨,包括以下步骤:

S71.在上机床之前,首先对机床等高垫筒水平调整;

S72.推力头镜板吊至机床上后,对推力头镜板同心度与水平度进行调整,其中,百分表架设在推力头台阶上;

S73.当百分表的最大跳动值较大,而外侧镜面百分表最大跳动值较小时,为镜板补焊产生的余热未散,使镜板受热变形,此时不对镜面进行打磨,等待镜板温度降至室温;

S74.推力头镜板经过冷却后,用百分表测量外侧镜面平面度,最大跳动值小于0.03mm时、补焊区域的温度比未修复区域不高于2℃时,进行研磨加工。

一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法

技术领域

[0001] 本发明涉及发电机组镜板修复技术领域,尤其涉及一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法。

背景技术

[0002] 水力发电站某机组镜板在珩磨加工完成后,在镜板镜面发现13个源发性气孔状缺陷,经过缺陷清理,整个缺陷分布面积达到700mm×150mm,最大气孔达到(长)35mm×(宽)15mm×(深)10mm左右。焊接碳当量是评定钢材焊接性能的一个指标,一般金属材料碳当量超过0.6%以上即属于极难焊接材料。镜板材质为42CrMo,材质:S:0.0021、P:0.010、C:0.46、Cr:1.08、Si:0.25、Mn:0.70、Mo:0.2,其焊接碳当量达到0.83%,属于极其难焊材料。镜板是发电机组的“心脏”,大型发电机机组镜板是一般采用碳当量较高的高强度合金钢制造,目前对于高焊接碳当量的大型水轮发电机组镜板工作面缺陷焊接修复尚无先例可循,一般出现此类气孔状缺陷,均以报废处置。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是:解决上述背景技术中存在的问题,提供一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,通过该方法对镜板工作面缺陷进行修复,延长了镜板使用寿命,相较直接更换镜板具有较大优势,修复工期更短,修复成本更低,为机组早日投产发电带来了较大经济效益。

[0004] 为了实现上述的技术特征,本发明的目的是这样实现的:一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,它包括以下步骤:

S1. 对镜板进行探伤,确定缺陷位置;

S2. 清理缺陷;采用直磨机将缺陷处打磨成破口;其中,相邻两处缺陷合为一处;

S3. 对清理后的区域进行探伤检查,其中,探伤仍有缺陷的,则执行S2中的步骤;

S4. 采用激光熔覆技术进行焊接修复;

S5. 将焊接修复的部位打磨平整,并进行着色探伤检查;其中,探伤仍有缺陷的,则返回执行S2中的步骤;

S6. 探伤无缺陷后,采用激光对熔覆区域进行热处理,调整熔覆区硬度;

S7. 对镜板工作面进行珩磨加工。

[0005] 在S1之前,还包括方案选择的步骤,并对各方案进行实验、检测;其方案包括对镜板工作面进行传统车削修复、对镜板工作面进行氩弧焊焊接修复,以及激光熔覆技术修复;其中,采用激光熔覆技术修复后的镜板工作面无裂纹及气孔缺陷,无损探伤检测符合相关行业标准,精加工后外形尺寸及平行度、粗糙度满足设计图纸要求。

[0006] 在S1之前,还包括修复前现场准备工作,其中包括对焊接场地进行布置、对机组推力头镜板进行高度调整,机组镜板试焊部位方位调整,保证激光焊接设备安装条件。

[0007] 在S1之前,还包括激光熔覆技术参数调整的步骤;在现场对试件进行试焊,通过观

察试焊效果好坏,不断对机器人运动参数及激光功率参数改进,其中对于熔合缝位置处浅表层缺陷,将缺陷部位抛光后再次进行探伤检查,缺陷消除的,则在熔覆时调整激光熔覆收弧部位,将收弧部位放在激光熔覆区内。

[0008] 在S1中,将镜板气孔内油污、氧化皮、毛刺及其他杂物清理干净,并打磨光滑,直至露出金属光泽,采用PT和UT着色探伤,并标记缺陷位置。

[0009] 在S4中,激光功率 1.4~1.5kW、光斑直径 2mm、氩气保护 10L/min,送粉方式采用预置铺粉方式,每次铺粉厚度 0.4~0.6mm,机械手运动速度 0.5m/min,两条焊道搭接宽度 0.8~1.2 mm,焊接时机械手的运动方式为同心圆,修复前镜板本体温度不低于10℃。

[0010] 在S4中,对于深度较大的缺陷,采用销钉填充缺陷,在销钉的基础上对缺陷进行激光熔覆修复;其具体方法是,在缺陷位置钻设销钉孔,然后加工相适应的销钉,销钉与销钉孔过盈配合,将销钉挤压进去,在销钉的基础上进行激光焊接。

[0011] 在S4中,在激光熔覆修复时,在缺陷两旁分别放置两块铜板,焊接时将起弧点与收弧点均控制在两侧铜板上。

[0012] 在S6中,熔覆组织硬度在进行激光回火后在 HB230~HB260。

[0013] 在S7中,采用龙门磨床对焊接好的进镜板进行珩磨,包括以下步骤:

S71.在上机床之前,首先对机床等高垫筒水平调整;

S72.推力头镜板吊至机床上后,对推力头镜板同心度与水平度进行调整,其中,百分表架设在推力头台阶上;

S73.当百分表的最大跳动值较大,而外侧镜面百分表最大跳动值较小时,为镜板补焊产生的余热未散,使镜板受热变形,此时不对镜面进行打磨,等待镜板温度降至室温;

S74.推力头镜板经过冷却后,用百分表测量外侧镜面平面度,最大跳动值小于0.03mm时、补焊区域的温度比未修复区域不高于2℃时,进行珩磨加工。

[0014] 本发明有如下有益效果:

1、通过采用该方法对大型机组镜板工作面缺陷进行修复,使大型水力发电机组镜板的修复成为可能,镜板修复精加工后的平行度、粗糙度质量均能够达到行业标准,修复后的镜板满足安全稳定运行要求。延长了镜板使用寿命,相较直接更换镜板具有较大优势,修复工期更短,修复成本更低,为机组早日投产发电带来了巨大经济效益。

附图说明

[0015] 图1为发明的修复流程图。

[0016] 图2为发明熔覆后硬度曲线图。

[0017] 图3为镜板缺陷位置图。

[0018] 图4为本发明激光熔覆修复镜板时的状态图。

[0019] 图5为本发明镜板珩磨时的状态图。

[0020] 图6为本发明等高垫筒水平调整时的状态图。

[0021] 图7为本发明镜板水平度测量时的状态图。

[0022] 图8为采用本发明修复镜板的前后对比图。

具体实施方式

[0023] 参见图1,一种大型水力发电机组镜板缺陷修复方法,它包括以下步骤:

S1. 对镜板进行探伤,确定缺陷位置;

S2. 清理缺陷;采用直磨机将缺陷处打磨成破口;其中,相邻两处缺陷合为一处;

S3. 对清理后的区域进行探伤检查,其中,探伤仍有缺陷的,则执行S2中的步骤;

S4. 采用激光熔覆技术进行焊接修复;其中,选用硬度、组织结构与镜板一致的合金粉末材料进行激光熔覆焊接。

[0024] S5. 将焊接修复的部位打磨平整,并进行着色探伤检查;其中,探伤仍有缺陷的,则返回执行S2中的步骤;

S6. 探伤无缺陷后,采用激光对熔覆区域进行热处理,调整熔覆区硬度;对熔覆区进行硬度检测要求镜板母材实际硬度与焊接区域硬度的差值控制在20HB范围以内。

[0025] S7. 对镜板工作面进行珩磨加工;缺陷修复处理完毕,精磨、珩磨合格确认再无缺陷后才能撤走激光修复设备。

[0026] 在S1之前,还包括方案选择的步骤,并对各方案进行实验、检测;其方案包括对镜板工作面进行传统车削修复、对镜板工作面进行氩弧焊焊接修复,以及激光熔覆技术修复;其中,采用激光熔覆技术修复后的镜板工作面无裂纹及气孔缺陷,无损探伤检测符合相关行业标准,精加工后外形尺寸及平行度、粗糙度满足设计图纸要求。

[0027] 对镜板工作面采用传统车削实验,每次车削量 0.40mm,车削后观察气孔状缺陷是否完全消除,若未消除则继续进行车削。经过5次车削后镜板厚度共去1.99mm,但经过观察,镜板工作面缺陷仍未消除,部分缺陷有扩大趋势且新增几处缺陷。分析认为此镜板内部存在更多气孔状缺陷,缺陷来源属于镜板铸造缺陷,继续车削很难完全去除镜板缺陷,且此时若继续车削镜板,则镜板厚度无法保证机组安全运行,给机组回装带来困难。

[0028] 采用手工氩弧焊接技术对镜板工作面缺陷进行修复试验,在试件上共进行 40 余次焊接实验,通过控制焊材、焊接电流、预热温度焊接方法来改变焊接工况。每次试验结果均出现不同程度的裂纹,且焊接区域硬度与母材的硬度相差较大,焊接质量无法保证。

[0029] 采用激光熔覆技术在同材质试件上进行修复试验,结果如图2所示,表明激光熔覆技术在镜板工作面缺陷修复上具备可行性。

[0030] 激光熔覆实验主设备采用发那科公司生产的型号为FANUC Robot M-710iC/70 的机械手配合IPG 公司生产的型号为 YLS-600-ECO 的光纤激光器,该激光器最大输出功率6000W,功率可调范围为 10%-100%,熔覆粉末材质42CrMo。

[0031] 在S1之前,还包括修复前现场准备工作,其中包括对焊接场地进行布置、对机组推力头镜板进行高度调整,机组镜板试焊部位方位调整,保证激光焊接设备安装条件。

[0032] 在S1之前,还包括激光熔覆技术参数调整的步骤;在现场对试件进行试焊,通过观察试焊效果好坏,不断对机器人运动参数及激光功率参数改进,其中对于熔合缝位置处浅表层缺陷,将缺陷部位抛光后再次进行探伤检查,缺陷消除的,则在熔覆时调整激光熔覆收弧部位,将收弧部位放在激光熔覆区内。

[0033] 在S1中,参见图3,将镜板气孔内油污、氧化皮、毛刺及其他杂物清理干净,并打磨光滑,直至露出金属光泽,采用PT和UT着色探伤,并标记缺陷位置,。

[0034] 在S4中,具体的,参见图4,激光功率 1.5kW;光斑直径 2mm;氩气保护 10L/min;考

考虑镜板母材可焊接性,送粉方式采用预置铺粉方式,可以获得更薄的铺粉厚度,降低熔覆区域产生缺陷的概率,每次铺粉厚度 0.5mm 左右;机械手运动速度 0.5m/min;两条焊道搭接宽度 1mm 左右;焊接时机械手的运动方式为同心圆,降低焊接时收弧处的产生缺陷概率;修复前确认车间温度不能太低,镜板本体温度不低于 10℃。

[0035] 在S4中,对于深度较大的缺陷,采用销钉填充缺陷,在销钉的基础上对缺陷进行激光熔覆修复;其具体方法是,在缺陷位置钻设销钉孔,然后加工相适应的销钉,销钉与销钉孔过盈配合,使用铁锤将销钉锤击进去,在销钉的基础上进行激光焊接。

[0036] 为验证方法的可行性,现场在试件上钻 $\varnothing 5\text{mm}$ 的销钉孔,然后加工 $\varnothing 5.2\text{mm}$ 的销钉,保证销钉及销钉孔过盈配合,使用铁锤将销钉锤击进去,在销钉的基础上进行激光焊接。焊接完成后进行 PT 探伤,探伤未发现缺陷。用 20T 压力由试件侧面对试件进行挤压,挤压后在熔覆区表面做 PT 探伤,探伤发现熔覆区未出现裂纹。

[0037] 在S4中,在激光熔覆修复时,在缺陷两旁分别放置两块铜板,焊接时将起弧点与收弧点均控制在两侧铜板上。提高焊接质量,防止在起弧点与收弧点对镜板造成新的缺陷。

[0038] 在S6中,熔覆组织硬度在进行激光回火后在 HB230~HB260。

[0039] 在S7中,参见图5,采用龙门磨床对焊接好的进镜板进行珩磨,包括以下步骤:

S71.参见图6,在上机床之前,首先对机床等高垫筒水平调整;将等高垫筒安装固定到机床的工作台上,通过机床对等高垫筒的上端面进行打磨,使等高垫筒的上表面高度一致。

[0040] S72.参见图7,推力头镜板吊至机床上后,对推力头镜板同心度与水平度进行调整,百分表磁力座吸附在机床工作头部,百分表抵靠在推力头外圆周台阶上。

[0041] S73.当百分表的最大跳动值较大,而外侧镜面百分表最大跳动值较小时,为镜板补焊产生的余热未散,使镜板受热变形,此时不对镜面进行打磨,等待镜板温度降至室温。

[0042] S74.推力头镜板经过冷却后,用百分表测量外侧镜面平面度,最大跳动值小于 0.03mm时、补焊区域的温度比未修复区域不高于 2°C 时,进行珩磨加工。

[0043] 通过采用该方法对大型机组镜板工作面缺陷进行试验修复,镜板修复精加工后的平行度、粗糙度质量均能够达到行业标准,修复后的镜板满足安全稳定运行要求,延长了镜板使用寿命,相较直接更换镜板具有较大优势,修复工期更短,修复成本更低,为机组早日投产发电带来了巨大经济效益。

[0044] 图8中a图为修复前状态,b为修复后的状态。

[0045] 经济效益说明及计算依据:采用激光熔覆修复镜板缺陷修复费用约为59.5万元,采购一块新的镜板费用(毛坯费用为170万元加工费用为130万元)约300万元,新增利润为 $170+130-59.5-240.5$ 万元。另外新镜板毛坯采购周期6个月,加工1个月,旧镜板修复按1个月工期考虑,可节省工期6个月,某电站700MW大型机组只按提前1个月发电考虑可以避免直接发电损失 $70\text{万KW}\times 24\text{小时}\times 30\text{天}\times 0.25\text{元kWh}=1.26$ 亿元。

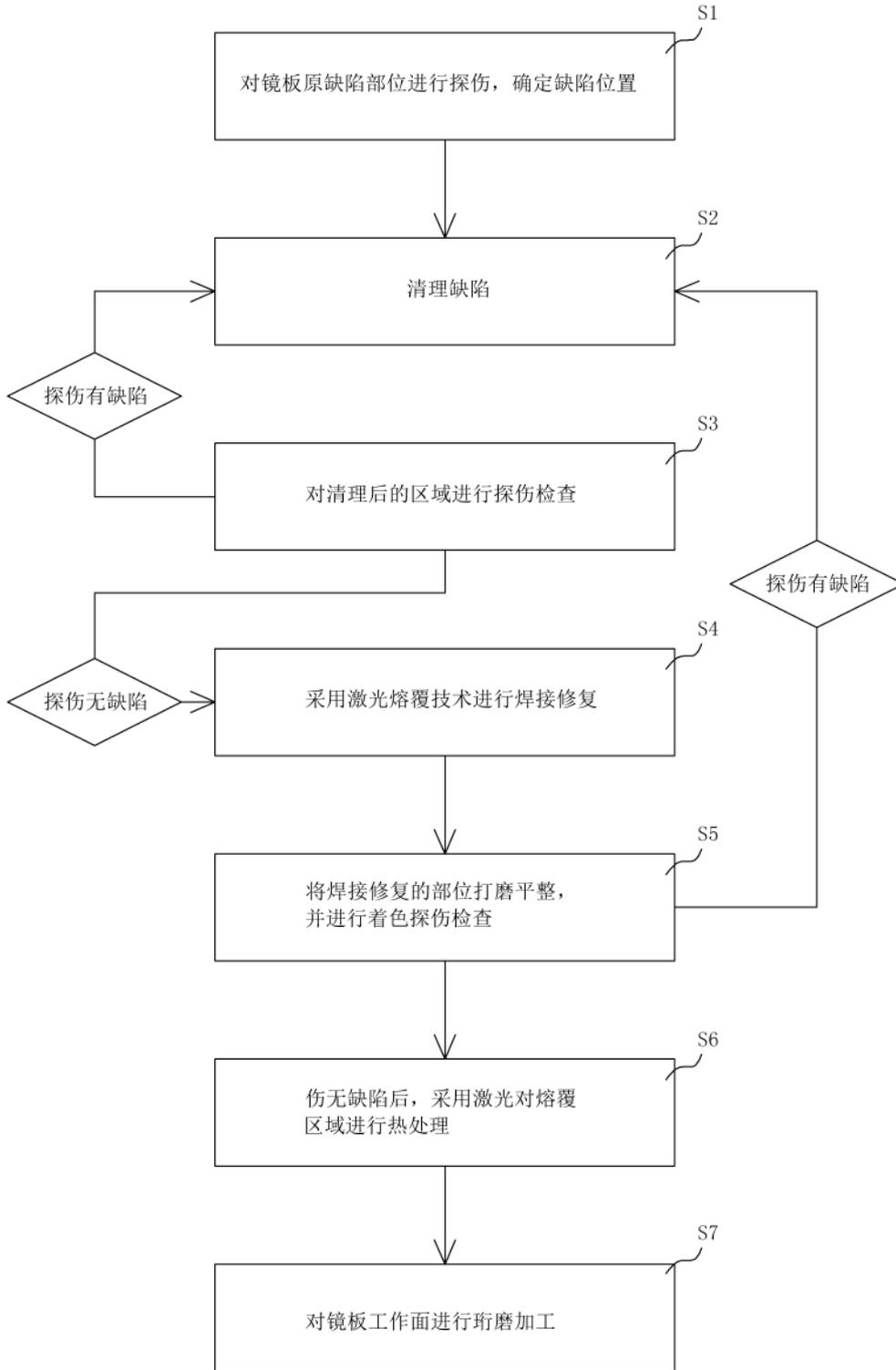


图1

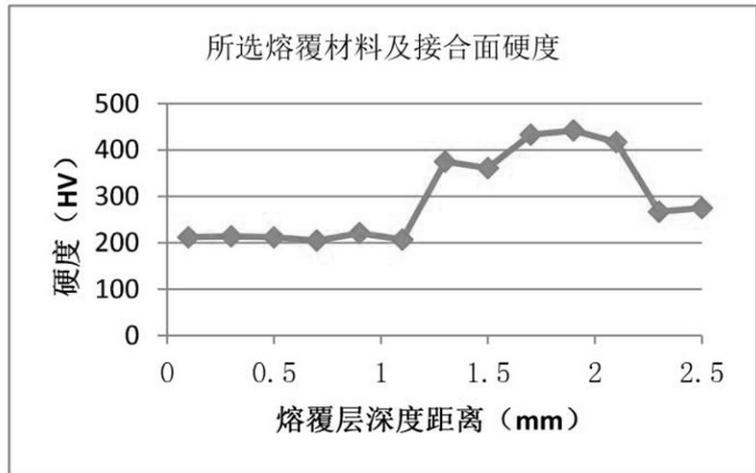
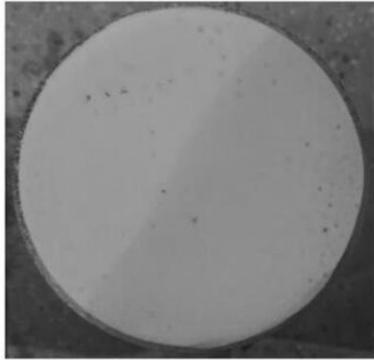


图2

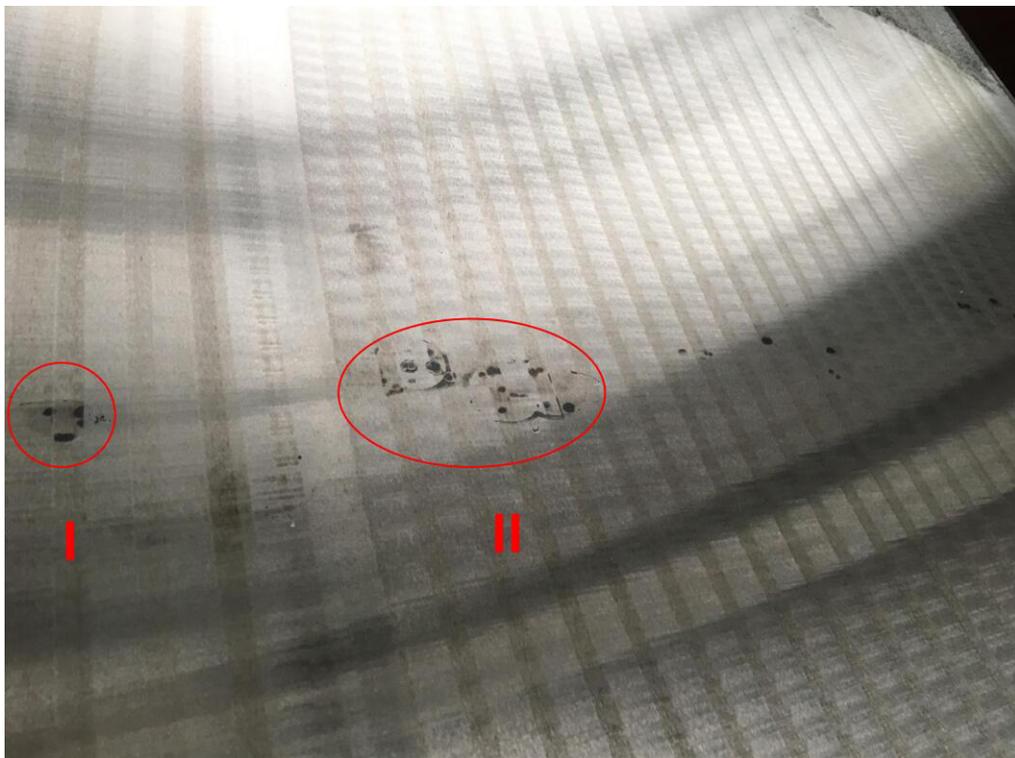


图3



图4



图5



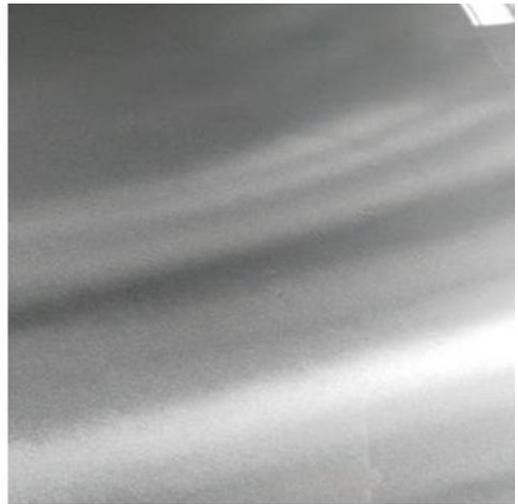
图6



图7



(a)



(b)

图8