

团 体 标 准

T/ GDMIA XXXX-202X

移动式智能激光锻造增材修复装备

Mobile intelligent laser-forging additive repair equipment

（征求意见稿）

202X - 0X - 0X 发布

202X - 0X - 0X 实施

广东省机械行业协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 技术要求 3

6 试验方法 7

7 检验规则 10

8 标志、标签、随机文件 11

9 包装、运输、储存 11

10 质量承诺 12

附录 A（资料性附录） 材料焊缝剪切载荷试验 15

附录 B（资料性附录） 剪切载荷试验测试数据 16

参考文献 17

图 1 产品总体结构图..... 13

图 2 焊接机操作流程图中..... 13

图 3 塑料激光焊接原理图..... 14

图 4 安全警告标识..... 14

图 A.1 板材剪切试验..... 15

表 1 基本参数..... 5

表 2 出厂检测项目..... 10

表 B.1 剪切载荷试验数据..... 16

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由XXXX提出。

本文件由广东省机械行业协会归口。

本文件起草单位：XXXX

本文件主要起草人：XXXXX

引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到第4章、7.13和7.14与激光锻造增材修复有关内容相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利1：

专利名称：一种电弧熔积激光冲击锻打增材制造方法和装置

专利号：CN201710353741.1

授权时间：2019-10-29

专利类型：中国发明专利

专利持有人姓名：广东工业大学

地址：广东省广州市越秀区东风东路729号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

移动式智能激光锻造增材修复装备

1 范围

本文件规定了移动式智能激光锻造增材修复装备的术语与定义、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、随机文件、包装、运输和储存、注意事项、质量承诺。

本文件适用于移动式智能激光锻造增材修复装备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 5226.1-2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 7251-2017 低压成套开关设备和控制设备

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 12467.3 金属材料熔焊质量要求 第3部分：一般质量要求

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 18490.1 机械安全 激光加工机 第1部分：通用安全要求

GB/T 15175-2012 固体激光器主要参数测量方法

3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 19867.4-2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

移动式智能激光锻造增材修复装备 **Mobile intelligent laser forging additive repair equipment**

纳秒脉冲激光与电弧联动控制进行金属构件修复的设备。

3.2

激光锻造 **laser forging**

利用纳秒短脉冲激光诱导产生的冲击波对处于高温状态的金属进行冲击锻造

3.3

脉冲串 **Burst-mode**

利用特殊设计的Burst发生器，使激光器在脉冲调制周期内产生一连串的脉冲串组，其中每个大脉冲串组由一连串很小的脉冲组成。脉冲串激光器可获得高重复频率、高脉冲串组能量的脉冲串激光输出。

3.4

电光调Q **Electrooptic Q-switching**

电光调Q是指在激光谐振腔内加置一块偏振片和一块电光晶体（如KD*P晶体），对谐振腔Q状态的调控，实现不同峰值功率激光的输出。

3.5

柱面镜 **Cylindrical mirror**

柱面镜是非球面透镜，可以有效减小球差和色差。分为平凸柱面透镜、平凹柱面透镜、双凸柱面透镜、双凹柱面、弯月柱面镜、柱交柱面镜和异形类柱面透镜，具有一维曲率即一维放大功能，主要用于改变成像尺寸。

4 基本要求

4.1 设计研发

4.1.1 移动式智能激光锻造增材修复装备的设计应该包括：整体方案设计及各单元模块设计。整体方案设计包括：整体结构及布置设计、加载延时设计、移动电动平板车、锻造激光器、光束柔性传输机构、焊机、手持式复合焊枪、风冷/水冷冷却装置、总控系统等的功能和技术参数设计。单元模块设计包括配电系统、激光光束变换机构、手持式复合焊枪、激光及总控制系统等非外购件的光-机-电一体化设计。

4.1.2 设计适合的柱面镜及球面镜组合系统，进行光束变换，即将锻造激光器产生的圆形光斑，变换为线性光斑，以适应修复加工中焊缝的尺寸，使得锻造激光更好地起到锻打的作用。

4.1.3 激光光斑与焊接熔池位置之间距离的三维可调。

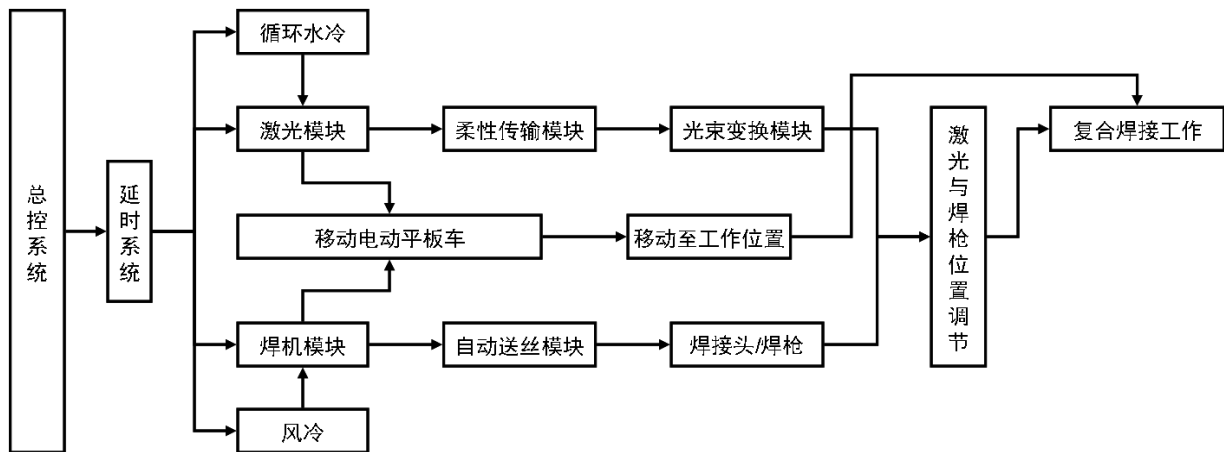
4.1.4 锻造激光器中设计中，设计采用“脉冲串”技术，即采用脉冲调Q，使得激光输出，同时实现较大的脉冲能量及较高重复频率。

4.2 分类

按修复方式的不同，设备分为手持式修复设备和机器人修复设备

4.3 产品总体结构图

如图1所示。



4.4 命名

4.4.1 型号组成

移动式智能激光锻造增材修复装备型号由以下六部分组成：

- a) 第一部分：用 2~5 个大写英文字母表示移动式智能激光锻造增材修复装备生产厂家品牌缩写；
- b) 第二部分：固定为三个大写英文字母 LSF，表示激光锻造（Laser Forging）；
- c) 第三部分：用 3~5 个阿拉伯数字表示移动式智能激光锻造增材修复装备可输出的最大脉冲串能量（以焦耳（J）为单位）和最大重复频率（以赫兹（Hz）为单位）；
- d) 第四部分：用 1 个大写英文字母表示激光器种类，N 为固体激光器、S 为半导体激光器、F 为光纤激光器；
- e) 第五部分：用 1 个大写英文字母表示激光器工作方式，P 为脉冲、C 为连续；

4.4.2 型号示例

LB/LSF3100NP：移动式智能激光锻造增材修复装备，配置固体激光器，最大脉冲串能力3J，最大重复频率100Hz，激光器工作方式为脉冲，生产厂家某企业。

4.5 生产制造

- 4.5.1 制造过程采用数控加工中心、激光切割机等精密设备。
- 4.5.2 移动式智能激光锻造增材修复装备的锻造激光器、手持式复合焊枪、装备外形、总控制系统等在生产制造及装配调试过程中应该具备可追溯性。
- 4.5.3 移动式智能激光锻造增材修复装备的激光器及光路装配与调试应该在室温 25℃±5℃、湿度小于等于 75%RH、5 级洁净度的环境下进行。

4.6 检验检测

应该具备移动式智能激光锻造增材修复装备的检测平台场地，具有移动式智能激光锻造增材修复装备出厂检验和型式检验的能力。

5 技术要求

5.1 工作条件

5.1.1 应在周围温度 5℃~40℃、周围湿度环境在 85%以下、大气压力 80 kPa~106 kPa（海拔高度不高于 1 800 m）、无明显的振动、无急剧温度变化的场所使用。另外应避免在以下的场所使用：

- 垃圾、灰尘、油雾多的场所；
- 震动以及冲击多的场所（如大型机床设备）；
- 能触及药品的场所；
- 高频干扰源附近的场所；
- 易结露的场所；
- 在 CO₂、NO_x、SO_x 等浓度高的环境中。

5.1.2 在环境温度降为 0℃以下时，设备内的水会结冰，设备可能会发生破损。使用时应确保设备内部无结冰。

5.1.3 在温度急剧变化的场合，YAG 晶体端面以及光学镜头上会结露，出现污迹和雾斑，务必防止急剧的环境温度变化，若难以避免，则应在确保无结露后使用该设备。

5.1.4 电源要求：交流三相 380 V±5%，三相电压不平衡度小于 2.5%。供电电网电压波动 5%以上的地区，应加装自动稳压、稳流装置。电网接地线应符合 GB/T 7251-2017（低压成套开关设备和控制设备）要求。

5.1.5 某些环境应采取安装防静电地板，设备外壳接地等静电屏蔽措施。

5.2 结构性能

5.2.1 移动式智能激光锻造增材修复装备的结构组成

至少应该包括：电动移动平台、锻造激光器、光束柔性传输机构、激光光束变换系统、焊机、手持式复合焊枪、风冷/水冷冷却装置、总控系统、配电系统等。

5.2.2 激光器

锻造激光器为固体纳秒量级脉冲激光器，采用脉冲串工作方式（脉冲串中脉冲数量为1-5），最大单脉冲重复频率为100Hz，脉冲宽度为15ns左右，脉冲串能量不小于3J，稳定度小于±3%；

5.2.3 电动移动平板车

5.2.3.1 动力性能，动力应强劲、响应迅速，具有一定的爬坡能力和加速度；

5.2.3.2 转动性能，转弯半径小、转向迅速、灵活性能好；

5.2.3.3 稳定性能，行使稳定、不易侧翻，安全可靠；刹车反应迅速、刹车距离短。安全性能好；

5.2.3.4 承重大于1吨，前后桥均增加缓冲，四轮配置橡胶实心轮；结构坚固，能承受一定的冲击和转动；

5.2.3.5 平板车上可载物区域面积应不小于1.3m×2m；平板车上载人装置可转动180°

5.2.4 光束柔性传输机构

重锤式六关节导光臂，总长度达1.8m，外壳采用航空铝材料，镜片采用石英材料，尺寸不小于Φ30×5mm。最大通光达到Φ21mm，单面对波长1064nm及632.8nm镀45°全反膜，反射膜损伤阈值达到

500MW/cm² (1064nm/10ns)。各关节转动灵活，轴偏精度≤0.5mm (360° 自由旋转后)，接口可以匹配锻造激光器及手持式复合焊枪。

5.2.5 激光光束变换系统

设计适当的透镜及其组合系统，将锻造激光器输出的较大尺寸的圆形光斑，转化为修复加工所需的聚焦圆形光斑，或线光斑，其中线光斑的长度与焊机的焊缝宽度相匹配，宽度最小达 1mm。

5.2.6 手持式复合焊枪

设计手持式复合焊枪，将锻造激光同步作用于焊机的焊接位置，起到激光复合电弧焊的作用。手持式复合焊枪内设计有激光光斑位置调节装置，可以使得锻造激光光斑与焊接熔池位置的三维可调。

5.2.7 冷却系统

冷却系统包含风冷及水冷两部分冷却装置，其中水冷部分采用内部冷却水循环冷却（可制冷），并设计有合适的分集水系统，使得锻造激光器中各级的激光棒、灯及腔、晶体及管路镜片等得到均匀、稳定、高效的冷却，保持正常的工作温度，且保障设备连续正常工作的时间不小于4小时。风冷部分主要采用多个小型风扇来实现，可分为吹风式及吸风市两类，对激光电源及焊机中的发热元器件进行冷却，使设备中的发热元器件保持正常的工作温度。

5.1.8 配电系统

配电系统就是将移动式智能激光锻造增材修复装备总输入的380V/50Hz的三相电，配置并分解为锻造激光、冷却机、焊机等设备工作所需的电源（380V±5%/50Hz及220V±10%/50Hz）。

5.2.9 总控系统

移动式智能激光锻造增材修复装备的电气系统应符合GB/T 5226.1-2019的规定。

总控系统的工艺部分应可方便的调整激光脉冲能量、脉冲频率、焊机的焊接电流、焊接电压、焊丝直径、锻造激光与电焊机的停止时刻的延时。锻造激光器具有外触发功能，可以通过手持式复合焊枪上的开关启动或停止。

总控系统具有断水保护功能，当冷却水发生故障时，自动切断锻造激光及焊机的电源。总控系统对锻造激光器的运行具有实时监测和保护功能，如冷却水压力或流量不够时，无法进行预燃，当预燃不正常时，无法进行充电。

移动式智能激光锻造增材修复装备上配有三色安全警示灯，系统通电后显示红色，激光系统通电后显示黄色，激光系统准备完毕处于待机状态（已完成预燃及充电）显示绿色，说明移动式智能激光锻造增材修复装备可以开始焊接工作（手持复合焊枪上按钮触发）。

5.3 性能要求

5.3.1 塑料激光焊接设备的基本参数应符合表 1 的规定，特殊要求按供需合同执行。

表1 基本参数

序号	项目名称	单位	数值
2	单段脉冲能量（脉冲串能量）	J	3
3	能量不稳定性	%	≤±5
4	最大总频率	Hz	100
5	脉冲宽度	ns	15~25
7	光束发散角	mrاد	≤1
8	放大自发辐射（ASE）	J	≤0.1

- 5.3.1.1 整机各运动部件的动作应正确、平稳、可靠，符合设计的要求。
- 5.3.1.2 圆形光斑直径在 1 mm~5.0 mm 范围可调，线型光斑宽度在 1 mm~5.0 mm 范围可调。
- 5.3.1.3 能在室温或特殊的条件下进行修复。例如，激光通过电磁场，光束不会偏移，激光在空气及某种气体环境中均能施焊。
- 5.3.1.4 光学系统：移动式智能激光锻造增材修复装备内部光路应采用封闭式设计。
- 5.3.1.5 冷却系统：激光器自带冷却循环水系统，进出水均带过滤，保证温度在 18 ℃~26 ℃。
- 5.3.1.6 移动平台承重不小于 1 吨，可电动移动，前后桥均带有减震。

5.3.2 电气系统

电气设备的电击防护、动力电路、电动机的过载保护、保护接地电路、电器柜和门、导线的选择、导线的连结、布线和标识、警告标志、绝缘电阻和电气强度应符合GB/T 5226.1-2019的规定。

5.3.3 吹气装置

吹气装置应配备电磁阀、导气管和压缩气瓶。装置应保持通道通畅性，防堵塞。气路部分应保证无泄漏现象，运行可靠，压力调节准确方便。当气路系统正常时，设备运行平稳，无异常振动、异常响声。

5.3.4 焊接件、加工件

移动式智能激光锻造增材修复装备的焊接件、加工件应符合 GB/T 12467.3 的规定。

重要零部件的易磨损部位，应采取与寿命相适应的耐磨措施，表面洛氏硬度宜大于 HRC55。

5.3.5 装配件

移动式智能激光锻造增材修复装备的装配件外露加工表面的边缘应整齐、匀称，不应有明显的错位。

5.3.6 外观要求

设备机罩应按经规定程序批准的图纸和技术文件制造。
设备外表用于保护和标记的涂漆层平整、清洁、颜色、光泽一致，无明显突出颗粒、附着物、凹凸不平、砂纸道痕、流挂、起泡、发白失光。
设备标志牢固、清晰，设备表面应有设备铭牌。
激光发生器和激光焊接头上应贴有安全警告标识。
设备的外表面处理干净，无明显的损伤和其他影响外观或使用性能缺陷。

5.3.7 机械安全要求

移动式智能激光锻造增材修复装备执行应符合 GB/T 18490.1 规定的强制安全要求与措施。

防松措施：容易松动的零部件设有安全可靠的防松装置。

机械结构：机械结构牢固可靠，金属件焊接处无虚焊和焊空现象。

急停开关：采用红色蘑菇头急停开关，设置于经常调整的部位或工作人员操作部位。

三色警示灯：采用半球形 LED 灯，可以变换红、黄、绿三边变换，警示不同的设备状态。

5.3.8 电气安全要求

接地连续性：激光焊接头及放料平台对地实测电阻 $\leq 0.1 \Omega$ 。

绝缘电阻：动力电路导线和保护联结电路之间绝缘电阻不应小于 $1 M\Omega$ 。

电气设备的所有电路导线和保护接地电路之间应经受至少 $1000 V$ ， $1 s$ 时间而不会出现击穿或闪络现象。

配电系统的电气要求应符合 GB/T 7251-2017 的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验应在 $5^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$ 的使用环境温度下进行，保持移动式智能激光锻造增材修复装备周围环境湿度小于 $75\%RH$ ，气压 $80 kPa \sim 106 kPa$ 。

试验所使用的移动式智能激光锻造增材修复装备应稳定固定安装，周围环境无明显的振动、气流、烟尘和强磁场。

试验过程中不应调整影响移动式智能激光锻造增材修复装备性能和精度的结构及零件、除标准、技术文件规定在试验时需要拆卸的零件外，不应拆卸其他的零件。

移动式智能激光锻造增材修复装备所接电源应该符合三相 $380 V \pm 5\%$ ，三相电压不平衡度小于 2.5% ，试验时应接通各执行机构和装置。

6.2 结构性能检测

6.1.1 结构组成

目视核对移动式智能激光锻造增材修复装备的结构组成，应该至少包括电动移动平台、锻造激光器、光束柔性传输机构、光束变换系统、焊机、手持式复合焊枪、风冷/水冷冷却装置、总控系统。

6.1.2 激光器测试

6.2.2.1 检查核对激光器出厂铭牌，激光器种类应为固体激光器、光纤激光器、半导体激光器中的一种，激光器工作方式应为脉冲或连续方式。

6.2.2.2 将激光能量计探头直接对准激光束，或采用分光片采样分光后，垂直入射到能量计探头的光敏面上，在能量计的屏幕上读取示数，所测得的最大脉冲能量应与表 1 标称值相符合。

6.2.2.3 将激光能量计探头直接对准激光束，或采用分光片采样分光后，垂直入射到能量计探头的光敏面上，在能量计的屏幕上读取示数，测量 30 分钟，在等时间间隔读取 5 个示数，算出平均值，输出脉冲能量稳定度应符合表 1 要求。

6.2.2.4 将锻造激光的输出光斑，入射到一张均匀的白纸（或陶瓷片）上，形成一个宽范围的散射光，完后将一个光电探头（响应时间为 $1ns$, $1064nm$ 在其响应的波长范围内），对准白纸来接收白纸的散射光，

在探头上增加必要的衰减件，使光电探测器在线性范围内工作，然后采用屏蔽线缆将此光电信号导入到示波器中，示波器采用扫描方式，可以测得脉冲重复频率；示波器也可以采用脉冲前沿触发方式，设置合适的触发电平，可捕捉到激光脉冲波形，可以测得脉冲激光的脉冲宽度。

6.1.3 移动平台

目视检查移动平台前后桥是否装有减震装置，启动平台，测试其运动性及制动性能。

6.1.4 外观要求

采用感官方法进行检查和判定。在自然光下视检，配合相关通用量具进行。
整体喷涂到位，颜色协调，装配在一起的同种颜色的不同部件，无明显色差。
表面不可有掉漆、气泡、流痕等现象；表面油漆不可有刮痕现象。
各焊接处牢固可靠，焊接匀称美观，无严重的焊积瘤、未熔合、裂纹的现象。
设备上各铸件无破裂现象。
图面无注明保留锐角的各部件，锐角倒钝。
各部分结构光滑、无毛刺。
目测和手动检测外观符合 5.7 的要求。

6.1.5 机械安全要求

目测检查设备的安全防护措施，防松措施，机械结构焊接处是否有不牢固因素如虚焊、焊空现象存在。
目测检查移动平台的制动装置是否安装到位，并启动试验是否正常工作。

6.2.6 电气安全要求

目测检查接地装置、接地标志和保护联结电路的接地连续性。
采用欧姆表测量绝缘电阻。

6.2.7 焊接件和加工件检测

移动式智能激光锻造增材修复装备的焊接件焊接接头质量检验按 GB/T 12467.3 进行。
按 GB/T 230.1 测试重要零部件易磨损部位的表面洛氏硬度。

6.2.8 装配件检验

目视检查移动式智能激光锻造增材修复装备的装配件外露加工表面的边缘，应整齐、匀称，不应有明显的错位，装配件错位及不均匀量采用游标卡尺、塞尺进行测量，固定连接的零件结合面之间的间隙，无特殊要求者允许塞入塞尺的厚度不应大于1 mm，塞尺塞入深度不应大于接触面宽的1/4，接触面间可塞入部位累计长度不应大于周长的1/10。

6.2 设备操作流程

所图2所示。

7 检验规则

每台移动式智能激光锻造增材修复装备均须经公司质检部门检验合格，并附合格证方可出厂。移动式智能激光锻造增材修复装备分出厂检验和型式检验两种。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/857141103124006154>