

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 11 月 1 日 (01.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/196106 A1

- (51) 国际专利分类号:
B22F 3/105 (2006.01) **C21D 10/00** (2006.01)
B33Y 30/00 (2015.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/087533
- (22) 国际申请日: 2017 年 6 月 8 日 (08.06.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710273048.3 2017 年 4 月 25 日 (25.04.2017) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 鲁金忠 (LU, Jinzhong); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 卢海飞 (LU, Haifei); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 罗开玉 (LUO, Kaiyu); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 吴刘军 (WU, LiuJun); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 邵

亦锴 (SHAO, Yikai); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,

(54) Title: COMBINING DEVICE FOR LASER HEATING POWER LAYER-BY-LAYER INTERACTION ADDITIVE MANUFACTURING

(54) 发明名称: 一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置

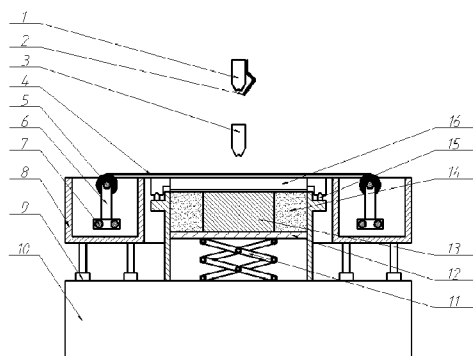


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a combining device for laser heating power layer-by-layer interaction additive manufacturing, wherein the combining device comprises a laser shock strengthening module (1), a water spraying module (2), a selective laser melting module (3), a waterproof layer applying module formed by a waterproof layer (4), a roller (5), a roller bracket (6), a threaded spindle (7) and an electric motor, a "回"-shaped tank (8), a pneumatic module (9) composed of an air compressor, a cylinder and a control valve, a base (10), a hydraulic lifting module (11) formed by a hydraulic cylinder, an electrical system and a lifting working table (12), a guide rail (15) and a powder laying module (16) formed by a powder feeding box, a scraper and the electric motor. By means of the alternative operation of the laser shock strengthening module (1) and the selective laser melting module (3), laser shock strengthening simultaneously carried out on a formed part (13) in the forming process of the formed part (13) is achieved by the device, and the strengthening effect on the formed part (13) is more thorough, thereby effectively solving the problem of "shape control" of the formed part (13) which is prone to deformation and cracking caused by internal stress in additive manufacturing and the problem of "property control" of a poor fatigue performance caused by metallurgical defects, improving the fatigue strength and mechanical properties of the formed part (13), and realizing high-efficiency and high-quality integrated machining of the formed part (13).

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，所述组合装置包括激光冲击强化模块(1)，喷水模块(2)，选择性激光熔化模块(3)，由防水层(4)、滚筒(5)、滚筒支架(6)、螺纹丝杠(7)和电机构成的防水层施加模块，回形水槽(8)，由空气压缩机、气缸和控制阀构成的气动模块(9)，底座(10)，由液压缸、电气系统和可升降工作台(12)构成的液压升降模块(11)，导轨(15)以及由供粉箱、刮板和电机构成的铺粉模块(16)。该装置通过激光冲击强化模块(1)和选择性激光熔化模块(3)交替工作，实现了在成形件(13)成形过程中同时对成形件(13)进行激光冲击强化，对成形件(13)的强化效果更加彻底，有效解决了增材制造中内应力造成成形件(13)易于变形开裂的"控形"和冶金缺陷导致疲劳性能较差的"控性"难题，提高成形件(13)的疲劳强度和力学性能，实现成形件(13)的高效高质量整体加工。

一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置

技术领域

本发明涉及增材制造领域以及激光冲击强化领域，特指一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，本装置有效解决了增材制造中内应力造成成形件易于变形开裂的“控形”和冶金缺陷导致疲劳性能较差的“控性”难题，提高成形件的疲劳强度和力学性能，实现成形件的高效高质量整体加工。

背景技术

选择性激光熔化（Selective laser melting, SLM）技术是一种今年出现的最新的快速成形技术，应用分层制造进行增材制造，通过粉末将 CAD 模型转换为实物零件。其采用激光快速熔化选区金属粉末与快速冷却凝固技术，可以获得非平衡态过饱和固溶体及均匀细小的金相组织，并且成形材料范围广泛，制造过程不受金属零件复杂结构的限制，无需任何工装模具，工艺简单，可实现金属零件的快速制造，降低成本，还能实现材料组分连续变化的梯度功能材料制造。

激光冲击强化（Laser shock peening, LSP）技术是一种新型的表面强化技术，主要是采用短脉冲（几十纳秒）、高峰值功率密度（ $>10^9 \text{ W/cm}^2$ ）的激光辐照在金属表面，激光束通过约束层之后被吸收层吸收，吸收层从而获得能量形成爆炸性气化蒸发，产生高温高压的等离子体，由于外层约束层的约束，等离子体形成高压冲击波从而向材料内部传播，利用冲击波的力效应在材料表层发生塑性变形，使得表层材料微观组织发生变化，细化材料晶粒尺寸，是材料组织更致密，降低孔隙率，并在较深的厚度上形成残余压应力，而残余压应力层能有效地消除材料内部的应力集中和抑制裂纹的萌生和扩展，显著提高关键零件构件的疲劳寿命以及抗腐蚀和抗磨损能力。大量的研究证明激光冲击强化技术是延长裂纹萌生时间降低裂纹扩展速度提高材料寿命的有效手段。

虽然近年来在激光增材制造方面取得了长足进步，但是由于选择性激光熔凝是一个快速成形过程，熔化的金属表面张力很大，所以容易产生球化效应，导致制件内部空洞增多，密度和强度降低；金属粉末熔化快，熔池存在时间短，快速凝固成形时存在较大的温度梯度，以至于容易产生较大的热应力，不同组织的热膨胀系数不一样，会产生组织应力，凝固组织还存在残余应力，这三种应力综合作用将会导致制件产生裂纹。而激光冲击强化技术可以显著细化熔覆层粗晶，诱导较大深度的残余压应力，同时能闭合塑性变形层内微裂纹和微小冶金缺陷，是消除熔覆层残余拉应力和细化晶粒的一种卓有成效的方法。

鉴于上述问题，本发明提出一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，以实现在成形件成形过程中同时对成形件进行激光冲击强化，有效解决了增材制造中内应力造成成形件易于变形开裂的“控形”和冶金缺陷导致疲劳性能较差的“控性”难题，提高成形件的疲劳强度和力学性能，实现成形件的高效高质量整体加工。

发明内容

本发明旨在提供了一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，通过激光冲击强化和选择性激光熔化交替工作，实现了在成形件成形过程中同时对成形件进行激光冲击强化，在每一层粉料熔化之后，对其进行激光冲击强化，有效解决了增材制造中内应力造成成形件易于变形开裂的“控形”和冶金缺陷导致疲劳性能较差的“控性”难题，提高成形件的疲劳强度和力学性能，实现成形件的高效高质量整体加工。

本发明提出一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，所述组合装置包括激光冲击强化模块，喷水模块，选择性激光熔化模块，由防水层、滚筒、滚筒支架、螺纹丝杠和电机构成的防水层施加模块，回形水槽，由空气压缩机、气缸和控制阀构成的气动模块，底座，由液压缸、电气系统和可升降工作台构成的液压升降模块，导轨以及由供粉箱、刮板和电机构成的铺粉模块。

其中，激光冲击强化模块与选择性激光熔化模块位于成形件正上方，可通过机械手臂进行移动；防水层位于成形件前侧，可通过电机带动螺纹丝杠进行前后移动，通过气动模块进行上下移动；成形件左右两侧各有一组滚筒、滚筒支架、螺纹丝杠和电机，其中滚筒位于滚筒支架上，滚筒支架位于螺纹丝杠上；成形件位于可升降工作台上；铺粉模块位于成形件后侧，可通过导轨进行前后往复移动；可升降工作台四周为回形水槽，气动模块位于水槽下方；整个装置最下方为底座。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其激光冲击强化模块可与选择性激光熔化模块交替工作，达到在对成形件进行成形加工的同时强化成形件的效果。

优选地，激光冲击强化的参数为：光斑直径为 3 mm，脉宽为 8~30 ns，脉冲能量 2~15 J，横向和纵向搭接率均为 50%。

优选地，选择性激光熔化成形的参数为：光斑直径为 80 μm ，激光波长为 1.06~1.10 μm ，激光功率为 200~1000 W，扫描速度为 500~1000 mm/s，铺粉层厚为 0.02~0.5 mm。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其铺粉模块通过导轨移动，实现均匀铺粉及复位。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其液压升降模块的升降工

作台通过液压升降模块实现平稳升降，随着制件高度的增加而下降。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，在选择性激光熔化成形时，选择性激光熔化模块通过机械手控制运动轨迹。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，在激光冲击强化时，激光冲击强化模块通过机械手控制运动轨迹。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，在成形件外表面激光冲击强化时，防水层施加模块通过电机和气动模块调动防水层，使防水层自动移动、贴合、分离及复位。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其防水层施加模块通过气动模块实现垂直方向的运动，控制防水层与成形件外表面的贴合和分离。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其防水层施加模块通过电机实现水平方向的运动，进行防水层移动和复位，不影响成形件卸下以及接下来的选择性激光熔化成形。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，防水层采用自粘防水材料的铝箔，当结束一个成形件的加工后，防水层施加模块通过电机实现滚筒间歇运动，进行防水层更换，避免重复使用，出现漏水情况。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，在激光冲击强化时，通过喷水模块，采用以去离子水形成的厚度为 1~2 mm 的均匀水膜作为约束层，以提高冲击波的峰值压力。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其可升降工作台在中心，周边为回形水槽，防止水飞溅或淹没成形件及粉末。

优选地，所述的激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其回形水槽中的水通过水循环模块，可循环利用。

本发明的有益效果：本发明提供了一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，通过激光冲击强化模块和选择性激光熔化模块交替工作，实现了在成形件成形过程中同时对成形件进行激光冲击强化。

1. 选择性激光熔化技术与激光冲击强化技术的结合使用，提高了加工效率，可以更加广泛地应用于工业生产。

2. 有效解决了增材制造中内应力造成成形件易于变形开裂的“控形”和冶金缺陷导致疲劳性能较差的“控性”难题，提高成形件的疲劳强度和力学性能。

附图说明

图 1 为本发明一种实施例的主视图。

图 2 为图 1 的俯视图（除激光冲击强化模块和选择性激光熔化成形模块）。

图 3 为本发明一种实施例选择性激光熔化成形时的左视图。

图 4 为本发明一种实施例激光冲击强化时的主视图。

图 5 为本发明一种实施例激光冲击强化时的左视图。

图中：1-激光冲击强化模块；2-喷水模块；3-选择性激光熔化成形模块；4-防水层；5-滚筒；6-滚筒支架；7-螺纹丝杠；8-回形水槽；9-气动模块；10-底座；11-液压升降模块；12-可升降工作台；13-成形件；14-粉末；15-导轨，16-铺粉模块。

具体实施方式

本发明针对现有技术中的不足，提供了一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，主要是通过激光冲击强化模块和选择性激光熔化成形模块交替工作、自由切换（如图 1、2 所示），实现了在成形件成形过程中同时对成形件进行激光冲击强化，有效解决了增材制造中内应力造成成形件易于变形开裂的“控形”和冶金缺陷导致疲劳性能较差的“控性”难题，提高成形件的疲劳强度和力学性能，实现成形件的高效高质量整体加工。

参见图 1 与图 2，图 1 为本发明一种实施例的主视图，图 2 为图 1 的俯视图（除激光冲击强化模块和选择性激光熔化成形模块）。如图所示，一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置。

在进行选择性激光熔化前，铺粉模块 16 通过导轨 15 间歇往复运动，均匀地在可升降工作台 12 上铺粉，铺粉完成后自动复位至初始位置（如图 2 所示），不影响后续选择性激光熔化成形模块和激光冲击强化模块作业。

在选择性激光熔化成形模块 3 作业时（如图 3 所示），通过机械手控制其运动轨迹，此时，防水层 4 在安全区域，不会影响选择性激光熔化成形模块作业。

选用选择性激光熔化成形的参数为：光斑直径为 $80\ \mu\text{m}$ ，激光波长为 $1.08\ \mu\text{m}$ ，激光功率为 $600\ \text{W}$ ，扫描速度为 $800\ \text{mm/s}$ ，铺粉层厚为 $0.2\ \text{mm}$ ，进行选择选择性激光熔化成形，在一层粉料熔化之后，选择性激光熔化成形模块 3 结束作业，激光冲击强化模块 1 将对其进行激光冲击强化。

在激光冲击强化模块作业前（如图 4 和 5 所示），选择性激光熔凝成形模块 3 通过机械手离开可升降工作台 12 上方；同样地，在激光冲击强化模块作业时（如图 4 和 5 所示），通过机械手控制其运动轨迹。

选用激光冲击强化的参数为：光斑直径为 3 mm，脉宽为 10 ns，脉冲能量 8 J，横向和纵向搭接率均为 50%，进行激光冲击强化，在激光冲击强化之后，激光冲击强化模块结束作业，可升降工作台（12）通过液压升降模块（11）下降一定高度（一般小于 1 mm，因为激光冲击强化的影响层深度约为 1 mm），为后续的铺粉作业留出空间。

铺粉模块 16 进行铺粉后，选择性激光熔化成形模块 3 将进行下一层粉料熔化。

如此，选择性激光熔化模块 3 和激光冲击强化模块 1 交替作业、自由切换，直至完成对指定成形件的加工。最后，防水层 4 通过电机带动螺纹丝杠 7 移动至成形件 13 上方，通过滚筒 5 转动一定角度，使上一次使用过的防水层偏离成形件 13 外表面，新的防水层通过气动模块 9 下降至低于成形件外表面 1mm 处，使新的防水层与成形件外表面贴合。喷水模块 2 随激光冲击强化模块一起作业，为成形件外表面激光冲击强化提供了约束层，防水层及回形水槽的设计避免水飞溅或淹没成形件 13 及粉末（如图 2 所示），且水槽中的水可循环使用。

激光冲击强化之后，激光冲击强化模块 1 和喷水模块 2 结束作业，防水层 4 通过气动模块 9 上升至初始高度，与成形件分离，并通过电机带动螺纹丝杠 7 复位至初始位置，进行下一个成形件的加工。

权 利 要 求 书

1、一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：所述组合装置包括激光冲击强化模块，喷水模块，选择性激光熔化模块，由防水层、滚筒、滚筒支架、螺纹丝杠和电机构成的防水层施加模块，回形水槽，由空气压缩机、气缸和控制阀构成的气动模块，底座，由液压缸、电气系统和可升降工作台构成的液压升降模块，导轨以及由供粉箱、刮板和电机构成的铺粉模块；

其中，激光冲击强化模块与选择性激光熔化模块位于成形件正上方，可通过机械手臂进行移动；防水层位于成形件前侧，可通过电机带动螺纹丝杠进行前后移动，通过气动模块进行上下移动；成形件左右两侧各有一组滚筒、滚筒支架、螺纹丝杠和电机，其中滚筒位于滚筒支架上，滚筒支架位于螺纹丝杠上；成形件位于可升降工作台上；铺粉模块位于成形件后侧，可通过导轨进行前后往复移动；可升降工作台四周为回形水槽，气动模块位于水槽下方；整个装置最下方为底座。

2、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：激光冲击强化模块可与选择性激光熔化模块交替工作，达到在对成形件进行成形加工的同时强化成形件的效果。

3、如权利要求 1 或 2 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：激光冲击强化的参数为：光斑直径为 3 mm，脉宽为 8~30 ns，脉冲能量 2~15 J，横向和纵向搭接率均为 50%；选择性激光熔化成形的参数为：光斑直径为 80 μm ，激光波长为 1.06~1.10 μm ，激光功率为 200~1000 W，扫描速度为 500~1000 mm/s，铺粉层厚为 0.02~0.5 mm。

4、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：铺粉模块通过导轨移动，实现均匀铺粉及复位；液压升降模块的升降工作台通过液压升降模块实现平稳升降，随着制件高度的增加而下降。

5、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：在选择性激光熔化成形时，选择性激光熔化模块通过机械手控制运动轨迹；在激光冲击强化时，激光冲击强化模块通过机械手控制运动轨迹。

6、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：在成形件外表面激光冲击强化时，防水层施加模块通过电机和气动模块调动防水层，使防水层自动移动、贴合、分离及复位；即防水层施加模块通过气动模块实现垂直方向的运动，控制防水层与成形件外表面的贴合和分离；防水层施加模块通过电机实现水平方向的

运动，进行防水层移动和复位，不影响成形件卸下以及接下来的选择性激光熔化成形。

7、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：防水层采用自粘防水材料的铝箔，当结束一个成形件的加工后，防水层施加模块通过电机实现滚筒间歇运动，进行防水层更换，避免重复使用，出现漏水情况。

8、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：在激光冲击强化时，通过喷水模块，采用以去离子水形成的厚度为 1~2 mm 的均匀水膜作为约束层，以提高冲击波的峰值压力。

9、如权利要求 1 所述的一种激光热力逐层交互增材制造的组合装置，其特征在于：可升降工作台在中心，周边为回形水槽，防止水飞溅或淹没成形件及粉末；回形水槽中的水通过水循环模块，可循环利用。

10、使用如权利要求 1 所述组合装置进行激光热力逐层交互增材制造的方法，其特征在于具体步骤如下：

在进行选择性激光熔化前，铺粉模块通过导轨间歇往复运动，均匀地在可升降工作台上铺粉，铺粉完成后自动复位至初始位置，不影响后续选择性激光熔化成形模块和激光冲击强化模块作业；

在选择性激光熔化成形模块作业时，通过机械手控制其运动轨迹，此时，防水层在安全区域，不会影响选择性激光熔化成形模块作业；

进行选择激光熔化成形，在一层粉料熔化之后，选择性激光熔化成形模块结束作业，激光冲击强化模块将对其进行激光冲击强化；

在激光冲击强化模块作业前，选择性激光熔凝成形模块通过机械手离开可升降工作台上方；同样地，在激光冲击强化模块作业时，通过机械手控制其运动轨迹；

在激光冲击强化之后，激光冲击强化模块结束作业，可升降工作台通过液压升降模块下降一定高度，为后续的铺粉作业留出空间；

铺粉模块进行铺粉后，选择性激光熔化成形模块将进行下一层粉料熔化；

如此，选择性激光熔化模块和激光冲击强化模块交替作业、自由切换，直至完成对指定成形件的加工；最后，防水层通过电机带动螺纹丝杠移动至成形件上方，通过滚筒转动使上一次使用过的防水层偏离成形件外表面，新的防水层通过气动模块下降至低于成形件外表面 1mm 处，使新的防水层与成形件外表面贴合；喷水模块随激光冲击强化模块一起作业，为成形件外表面激光冲击强化提供了约束层，防水层及回形水槽的设计避免水飞溅或淹没成形件及粉末，且水槽中的水可循环使用；

激光冲击强化之后，激光冲击强化模块和喷水模块结束作业，防水层通过气动模块上

升至初始高度，与成形件分离，并通过电机带动螺纹丝杠复位至初始位置，进行下一个成形件的加工。

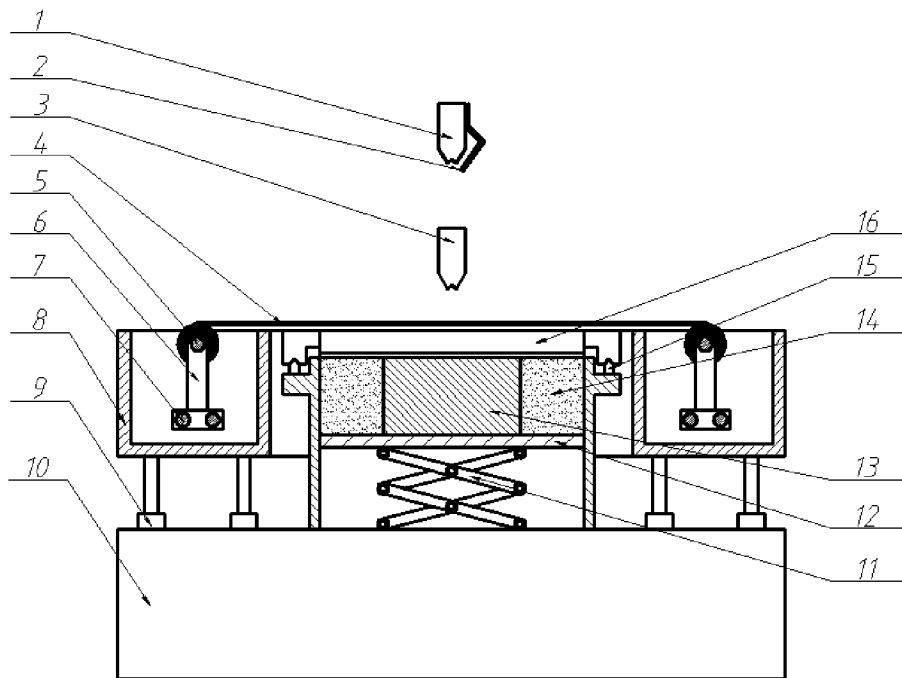


图 1

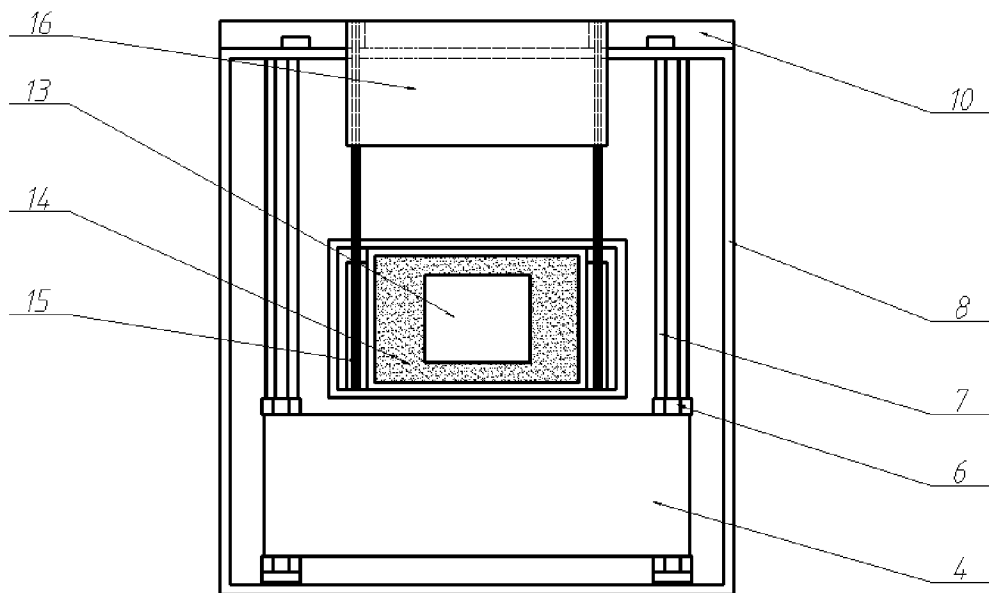


图 2

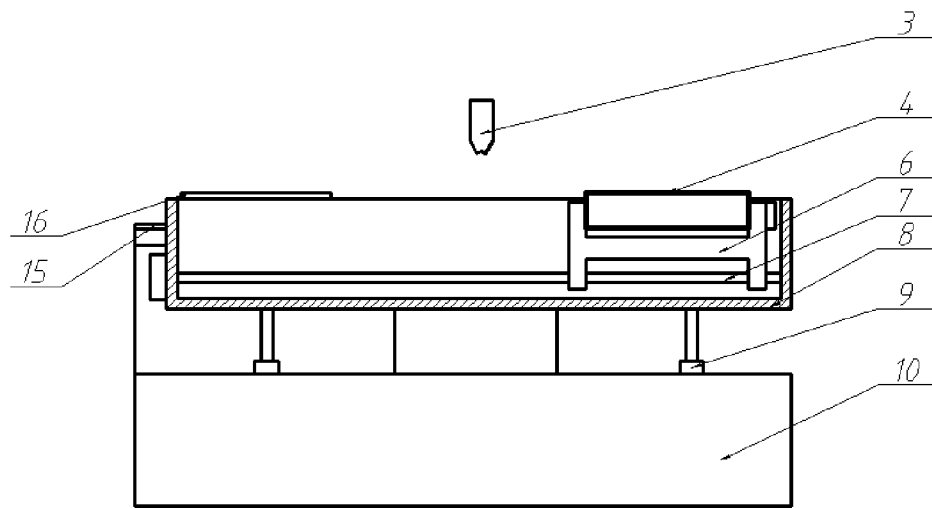


图 3

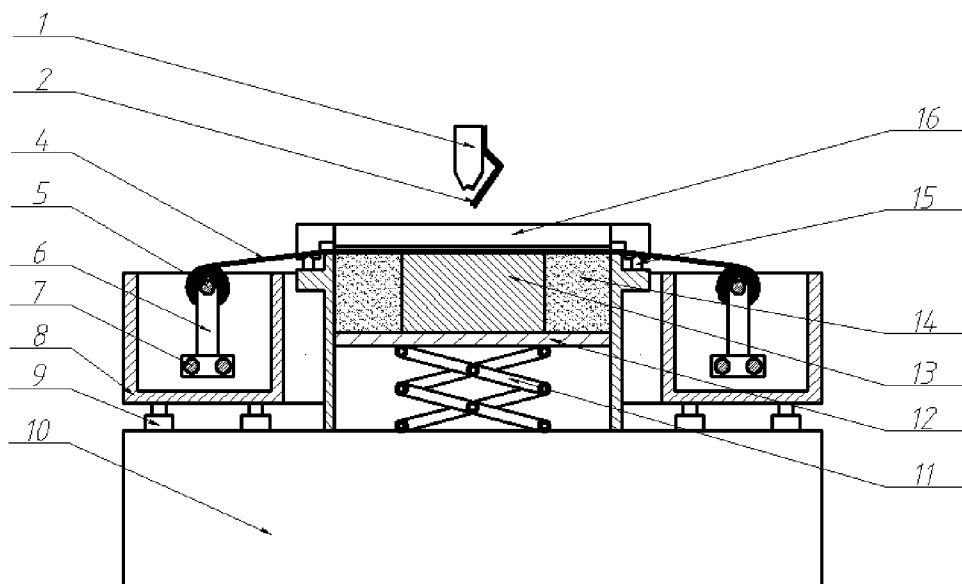


图 4

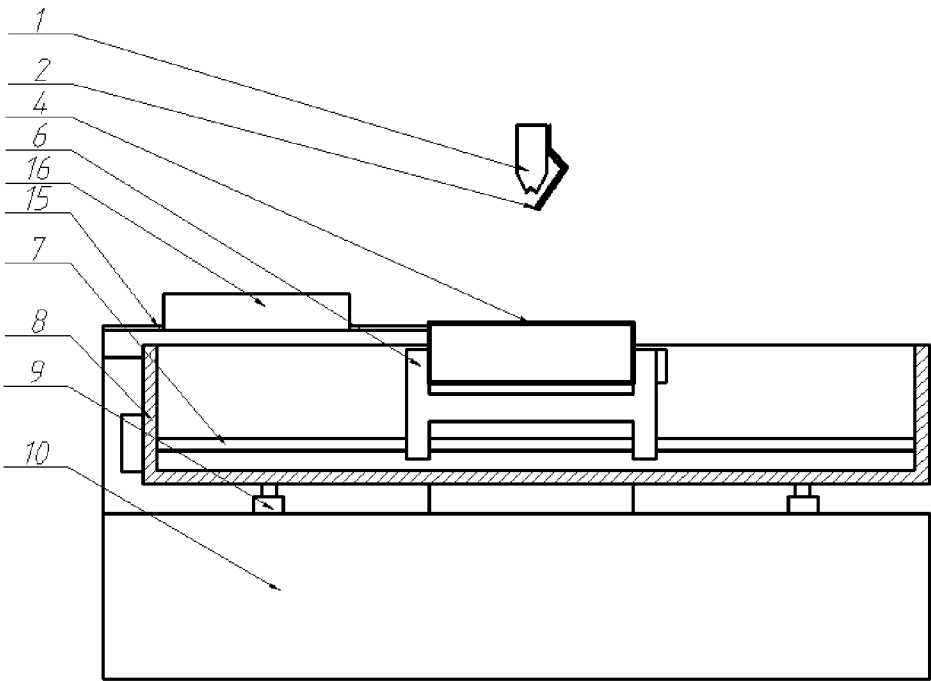


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/087533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F 3/105 (2006.01) i; B33Y 30/00 (2015.01) i; C21D 10/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22F; B33Y; C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 江苏大学, 鲁金忠, 卢海飞, 罗开玉, 吴刘军, 邵亦锴, 激光, 强化, 热, 熔, 增材, 3D, 打印, 粉末, 粉, 水, 防水, 约束, 成形 laser+, enhanc+, heat+, melt+, additive, print+, deposit+, water, proof, powder, dimensional, mold+, profil+, restrict+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104923789 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 23 September 2015 (23.09.2015), description, paragraphs 0012-0017, and figure 1	1-10
A	CN 105154870 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 16 December 2015 (16.12.2015), description, paragraphs 0006-0012, and figure 1	1-10
A	CN 106244791 A (SOUTHEAST UNIVERSITY), 21 December 2016 (21.12.2016), description, paragraph 0026, and figure 1	1-10
A	CN 102328081 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 25 January 2012 (25.01.2012), entire document	1-10
A	DE 10360094 A1 (CONCEPT LASER G.M.B.H.), 08 September 2005 (08.09.2005), entire document	1-10
A	JP 2016211050 A (ASPECT K.K.), 15 December 2016 (15.12.2016), entire document	1-10
A	JP 6074490 B1 (SODICK CO., LTD.), 01 February 2017 (01.02.2017), entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 05 January 2018	Date of mailing of the international search report 25 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Chun Telephone No. (86-10) 53960982

International application No.
PCT/CN2017/087533

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/087533

A. 主题的分类

B22F 3/105(2006.01)i; B33Y 30/00(2015.01)i; C21D 10/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B22F;B33Y;C21D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 江苏大学, 鲁金忠, 卢海飞, 罗开玉, 吴刘军, 邵亦锴, 激光, 强化, 热, 熔, 增材, 3D, 打印, 粉末, 粉, 水, 防水, 约束, 成形 laser+, enhanc+, heat+, melt+, additive, print+, deposit+, water, proof, powder, dimensional, mold+, profil+, restrict+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 104923789 A (华中科技大学) 2015年 9月 23日 (2015 - 09 - 23) 说明书第0012段-第0017段、附图1	1-10
A	CN 105154870 A (广东工业大学) 2015年 12月 16日 (2015 - 12 - 16) 说明书第0006段-第0012段、附图1	1-10
A	CN 106244791 A (东南大学) 2016年 12月 21日 (2016 - 12 - 21) 说明书第0026段、附图1	1-10
A	CN 102328081 A (华中科技大学) 2012年 1月 25日 (2012 - 01 - 25) 全文	1-10
A	DE 10360094 A1 (CONCEPT LASER G.M.B.H.) 2005年 9月 8日 (2005 - 09 - 08) 全文	1-10
A	JP 2016211050 A (ASPECT K.K.) 2016年 12月 15日 (2016 - 12 - 15) 全文	1-10
A	JP 6074490 B1 (SODICK CO., LTD.) 2017年 2月 1日 (2017 - 02 - 01) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2018年 1月 5日

国际检索报告邮寄日期

2018年 1月 25日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

李春

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)53960982

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/087533

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104923789	A	2015年 9月 23日	无	
CN	105154870	A	2015年 12月 16日	无	
CN	106244791	A	2016年 12月 21日	无	
CN	102328081	A	2012年 1月 25日	无	
DE	10360094	A1	2005年 9月 8日	无	
JP	2016211050	A	2016年 12月 15日	无	
JP	6074490	B1	2017年 2月 1日	US 2017173690 A1	2017年 6月 22日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)