(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
2019 年 11 月 21 日 (21.11.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/218522 A1

(51) 国际专利分类号:
C21D 10/00 (2006.01) *C21D 1/09* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/102599

(22) 国际申请日: 2018 年 8 月 28 日 (28.08.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201810483359.7 2018年5月18日 (18.05.2018) CN

(71) 申请人: 广 东 工 业 大 学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。

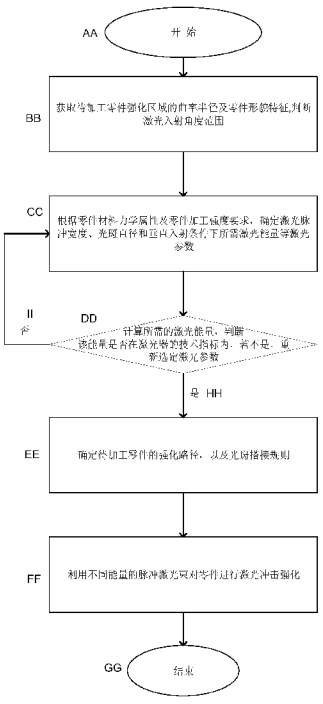
(72) 发明人: 张永康(ZHANG, Yongkang); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。 周泽铭(ZHOU, Zeming); 中国广东省广州市广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。 林超辉(LIN, Chaohui); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。 张峥(ZHANG, Zheng); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。 卢国鑫(LU, Guoxin); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路100号周盈如, Guangdong 510006 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市尔逊专利代理事务所（普通合伙）(SHENZHEN ELSON PATENT AGENT FIRM);

WO 2019/218522 A1

(54) **Title:** METHOD FOR INCLINED LASER SHOCK WITH ENERGY COMPENSATION AND EQUAL ENERGY DENSITY

(54) 发明名称: 一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法



AA START
BB ACQUIRE A RADIUS OF CURVATURE OF A PEENING REGION OF A PART TO BE PROCESSED AND A PROFILE FEATURE THEREOF, AND DETERMINE A RANGE OF LASER INCIDENT ANGLES
CC DETERMINE, ACCORDING TO A MECHANICAL PROPERTY OF A MATERIAL OF THE PART AND A PROCESSING STRENGTH REQUIREMENT THEREOF, LASER PARAMETERS, SUCH AS A LASER PULSE WIDTH, A LASER SPOT DIAMETER, AND REQUIRED LASER ENERGY FOR A NORMAL INCIDENCE CONDITION
DD CALCULATE REQUIRED LASER ENERGY FOR A MINIMUM INCIDENCE ANGLE; IS THE ENERGY WITHIN A TECHNICAL INDICATOR OF A LASER DEVICE? IF NOT, RE-SELECT THE LASER PARAMETERS
EE DETERMINE A PEENING PATH OF THE PART AND A LASER SPOT BRIDGING RULE
FF USE PULSED LASER BEAMS AT DIFFERENT ENERGY LEVELS TO PERFORM LASER SHOCK PEENING ON THE PART
GG END
HH YES
II NO

图 1

(57) **Abstract:** A method for inclined laser shock with energy compensation and equal energy density. The method comprises: acquiring a radius of curvature of a peening region of a part to be processed, and determining a range of laser incident angles; determining laser parameters, such as a laser pulse width, a laser spot diameter, and required laser energy for a normal incidence condition; calculating required laser energy for a minimum incidence angle, and determining whether the energy is within a technical indicator of a laser device; and using pulsed laser beams at different energy levels to perform laser shock peening on the part.

[见续页]

中国广东省深圳市宝安区福永街道凤凰社区锦灏大厦513周盈如, Guangdong 518000 (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, JO, 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, 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：一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，包括：获取待加工零件强化区域的曲率半径，判断激光入射角度范围；确定激光脉冲宽度、光斑直径和垂直入射条件下所需激光能量等激光参数；计算在最小入射角度时，所需的激光能量，以及判断该能量是否在激光器的技术指标内；利用不同能量的脉冲激光束对零件进行激光冲击强化。

一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法

技术领域

[0001] 本发明涉及材料表面强化处理的技术领域，更具体地，涉及一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法。

背景技术

[0002] 激光冲击是一种利用强激光诱导的冲击波来强化金属的技术，能够大幅度增强金属材料的耐久性。由于激光具有较好的可达性，能精确定位，因此激光冲击强化技术能够处理一些传统表面强化工艺不能处理的部位。激光冲击强化技术特别适合对小孔、倒角、焊缝和沟槽等部位进行强化。然而，对叶轮或整体叶片根部圆弧进行激光冲击强化时，必须斜入射角激光冲击强化，随着入射角度和圆弧角度的变化，激光束作用在表面的投影面的形状和面积都发生了变化，激光冲击强化效果不均匀。

发明概述

技术问题

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的不足，提供一种基于入射角和曲率半径的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，保证在同一区域或轨迹上激光功率密度的不便，提升金属残余应力的分布均匀性。

问题的解决方案

技术解决方案

[0004] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：

[0005] 提供一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，包括以下步骤：

[0006] S1、获取待加工零件的圆弧强化区域的曲率半径R及待加工零件形貌特征，判断激光入射角度 α 范围，获取最小入射角度 α_{min}；

[0007] S2、根据待加工零件力学属性及待加工零件加工强度的要求，确定激光参数，所述激光参数包括激光脉冲强度、光斑直径D以及垂直入射条件下所需的激光能量 E_0；

[0008] S3、根据步骤S1中确定的最小入射角度 α_{min} 曲率半径R以及步骤S2中确定的光斑直径D，确定在最小入射角度 α_{min} 时所需的激光能量E；以及判断所述激光能量E是否在激光器的技术指标内，若是，则转步骤S4；若不是，则返回步骤S2重新选定激光参数；

[0009] S4、确定待加工零件圆弧强化区域的强化路径以及光斑搭接规则；

[0010] S5、利用不同能量的脉冲激光束通过不同的入射角度对零件进行激光冲击强化。

[0011] 本发明的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，根据待加工零件的入射角和曲率半径的变化对激光功率或能量进行补偿，避免因激光束在零件表面的投影面的形状和面积变化导致的强化效果不均匀，实现等强度强化，保证在同一区域或轨迹上激光功率密度不变，提升残余应力的分布均匀性以及冲击效果的均匀性, 降低激光冲击处理表面的粗糙程度。

[0012] 优选地，所述激光入射角度 α 范围为 $\alpha_{min}\leq\alpha<90^{o}$。激光入射角度 α 由待加工零件的圆弧强化区域的曲率半径R以及待加工零件临近部位对待加工区域的影响程度得到。

[0013] 优选地，步骤S1中所述待加工零件为包括叶盘和叶片的叶轮，所述圆弧区域设于叶盘和叶轮的连接处。激光冲击强化技术适合于小孔、倒角、焊缝和沟槽等传统表面强化工艺不能处理到的部位进行强化处理，在叶轮的根部圆弧强化区域应用较为广泛。

[0014] 优选地，步骤S3中所述最小入射角度 α_{min} 时所需的激光能量E的计算包括以下步骤：

[0015] S31、入射角度 α 最小时，光斑面积S为：

[]

$$S=\left(2R-\sqrt{4R^{2}-D^{2}}\right)\int_{0}^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^{2}}{\left(D^{2}-4x^{2}\right)\cos^{2}\alpha}}dx$$

[0016] S32、斜冲击时所需的激光能量E为：

[]

$$E=\frac{4E_0S}{\pi D^2}=\frac{4E_0\left(2R-\sqrt{4R^2-D^2}\right)}{\pi D^2}\int_0^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^2}{\left(D^2-4x^2\right)\cos^2\alpha}}dx$$

[0017] 优选地，在步骤S4所述待加工零件的强化路径中：

[0018] S41、激光强化起始于圆弧强化区域的端面位置；

[0019] S42、移动待加工零件逐渐均匀增加入射角度，并以最小入射角度 α_{min}、最小入射角度 α_{min}时所需的激光能量E冲击圆弧强化区域，直至最大入射角度；

[0020] S43、旋转待加工零件，再从最大入射角度处开始冲击，移动待加工零件逐渐均匀减小入射角度直至圆弧强化区域的端面位置；

[0021] S44、循环往复直至完成圆弧强化区域一侧端面的强化处理。

[0022] 优选地，步骤S4中所述光斑搭接规则为在激光冲击强化过程中光斑搭接率 η保持不变，所述光斑搭接率η为相邻光斑交点所连曲线的长度 a'与光斑中距离最远两点所连曲线的长度 a之比。

[0023] 优选地，在步骤S5前，包括待强化区域的预处理的步骤、待加工零件装夹的步骤以及将步骤S4中确定的强化路径存储于激光器的步骤。预处理、待加工零件的装夹以及强化路径参数的设定和存储操作均属于激光器的常规操作，为待加工零件的冲击强化创造先行条件。

发明的有益效果

有益效果

[0024] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0025] 本发明的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，根据待加工零件的入射角和曲率半径的变化对激光功率或能量进行补偿，避免因激光束在零件表面的投影面的形状和面积变化导致的强化效果不均匀，实现等强度强化，保证在同一区域或轨迹上激光功率密度不变，提升残余应力的分布均匀性以及冲击效果的均匀性，降低激光冲击处理表面的粗糙程度。

对附图的简要说明

附图说明

[0026] 图1为本发明的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法的流程示意图；

[0027] 图2为实施例一中以最小入射角度强化中间区域的入射光束示意图；

[0028] 图3为实施例一中圆弧强化区域的强化路径示意图；

[0029] 图4为实施例一中光斑搭接率定义示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0030] 下面结合具体实施方式对本发明作进一步的说明。其中，附图仅用于示例性说明，表示的仅是示意图，而非实物图，不能理解为对本专利的限制；为了更好地说明本发明的实施例，附图某些部件会有省略、放大或缩小，并不代表实际产品的尺寸；对本领域技术人员来说，附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0031] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件；在本发明的描述中，需要理解的是，若有术语“上”、“下”、“左”、“右”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明，不能理解为对本专利的限制，对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0032] 实施例1

[0033] 如图1至图4所示为本发明的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法的第一实施例，包括以下步骤：

[0034] S1、获取待加工零件的圆弧强化区域的曲率半径R及待加工零件形貌特征，判断激光入射角度 α范围，获取最小入射角度 α_{min}；本实施例中激光入射角度 α范围为 $\alpha_{min}\leq\alpha<90^{o}$；本实施例中的待加工零件为包括叶盘和叶片的叶轮，所述圆弧区域设于叶盘和叶轮的连接处。

[0035] S2、根据待加工零件力学属性及待加工零件加工强度的要求，确定激光参数，所述激光参数包括激光脉冲强度、光斑直径D以及垂直入射条件下所需的激光能量E_0；

[0036] S3、根据步骤S1中确定的最小入射角度 α_{min}、曲率半径R以及步骤S2中确定的

光斑直径D，确定在最小入射角度 α_{min} 时所需的激光能量E；以及判断所述激光能量E是否在激光器的技术指标内，若是，则转步骤S4；若不是，则返回步骤S2重新选定激光参数；

[0037] 其中，步骤S3中所述最小入射角度 α_{min} 时所需的激光能量E的计算包括以下步骤：

[0038] S31、入射角度 α 最小时，光斑面积S为：

[]
$$S=\left(2R-\sqrt{4R^2-D^2}\right)\int_0^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^2}{(D^2-4x^2)\cos^2\alpha}}dx$$

[0039] S32、斜冲击时所需的激光能量E为：

[]
$$E=\frac{4E_0S}{\pi D^2}=\frac{4E_0\left(2R-\sqrt{4R^2-D^2}\right)}{\pi D^2}\int_0^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^2}{(D^2-4x^2)\cos^2\alpha}}dx$$

[0040] S4、确定待加工零件圆弧强化区域的强化路径以及光斑搭接规则；

[0041] 其中，在步骤S4所述待加工零件的强化路径中：

[0042] S41、激光强化起始于圆弧强化区域的端面位置；

[0043] S42、移动待加工零件逐渐均匀增加入射角度，并以最小入射角度 α_{min}、最小入射角度 α_{min} 时所需的激光能量E冲击圆弧强化区域，直至最大入射角度；

[0044] S43、旋转待加工零件，再从最大入射角度处开始冲击，移动待加工零件逐渐均匀减小入射角度直至圆弧强化区域的端面位置；

[0045] S44、循环往复直至完成圆弧强化区域一侧端面的强化处理。

[0046] 如图4所示，步骤S4中所述光斑搭接规则为在激光冲击强化过程中光斑搭接率 η 保持不变，所述光斑搭接率η为相邻光斑交点所连曲线的长度 a' 与光斑中距离最远两点所连曲线的长度 a 之比。

[0047] S5、利用不同能量的脉冲激光束通过不同的入射角度对零件进行激光冲击强化。在步骤S5前，包括待强化区域的预处理的步骤、待加工零件装夹的步骤以及将步骤S4中确定的强化路径存储于激光器的步骤，为待加工零件的冲击强化创

造先行条件。

[0048] 经过以上步骤，本发明根据待加工零件的入射角和曲率半径的变化对激光功率或能量进行补偿，避免因激光束在零件表面的投影面的形状和面积变化导致的强化效果不均匀，实现等强度强化，保证在同一区域或轨迹上激光功率密度不变，提升残余应力的分布均匀性以及冲击效果的均匀性,降低激光冲击处理表面的粗糙程度。

[0049] 显然，本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例，而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

权利要求书

[权利要求 1] 一种能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1、获取待加工零件的圆弧强化区域的曲率半径R及待加工零件形貌特征，判断激光入射角度 α范围，获取最小入射角度 α_{min}；

S2、根据待加工零件力学属性及待加工零件加工强度的要求，确定激光参数，所述激光参数包括激光脉冲强度、光斑直径D以及垂直入射条件下所需的激光能量E_0；

S3、根据步骤S1中确定的最小入射角度 α_{min}、曲率半径R以及步骤S2中确定的光斑直径D，确定在最小入射角度 α_{min}时所需的激光能量E；以及判断所述激光能量E是否在激光器的技术指标内，若是，则转步骤S4；若不是，则返回步骤S2重新选定激光参数；

S4、确定待加工零件圆弧强化区域的强化路径以及光斑搭接规则；

S5、利用不同能量的脉冲激光束通过不同的入射角度对零件进行激光冲击强化。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，所述激光入射角度 α范围为 $\alpha_{min}\leq\alpha<90^{\circ}$。

[权利要求 3] 根据权利要求1所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，步骤S1中所述待加工零件为包括叶盘和叶片的叶轮，所述圆弧区域设于叶盘和叶轮的连接处。

[权利要求 4] 根据权利要求1所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，步骤S3中所述最小入射角度 α_{min}时所需的激光能量E的计算包括以下步骤：

S31、入射角度 α最小时，光斑面积S为：

$$S=\left(2R-\sqrt{4R^2-D^2}\right)\int_0^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^2}{\left(D^2-4x^2\right)\cos^2\alpha}}\,dx$$

S32、斜冲击时所需的激光能量E为：

$$E=\frac{4E_0S}{\pi D^2}=\frac{4E_0\left(2R-\sqrt{4R^2-D^2}\right)}{\pi D^2}\int_0^{\frac{D}{2}}\sqrt{1+\frac{16R^2}{\left(D^2-4x^2\right)\cos^2\alpha}}dx$$

[权利要求 5] 根据权利要求1所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，在步骤S4所述待加工零件的强化路径中：

S41、激光强化起始于圆弧强化区域的端面位置；

S42、移动待加工零件逐渐均匀增加入射角度，并以最小入射角度 α_{min}、最小入射角度 α_{min}时所需的激光能量E冲击圆弧强化区域，直至最大入射角度；

S43、旋转待加工零件，再从最大入射角度处开始冲击，移动待加工零件逐渐均匀减小入射角度直至圆弧强化区域的端面位置；

S44、循环往复直至完成圆弧强化区域一侧端面的强化处理。

[权利要求 6] 根据权利要求1所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，步骤S4中所述光斑搭接规则为在激光冲击强化过程中光斑搭接率 η保持不变，所述光斑搭接率η为相邻光斑交点所连曲线的长度 a' 与光斑中距离最远两点所连曲线的长度 a之比。

[权利要求 7] 根据权利要求1至6任一项所述的能量补偿等功率密度激光斜冲击方法，其特征在于，在步骤S5前，包括待强化区域的预处理的步骤、待加工零件装夹的步骤以及将步骤S4中确定的强化路径存储于激光器的步骤。

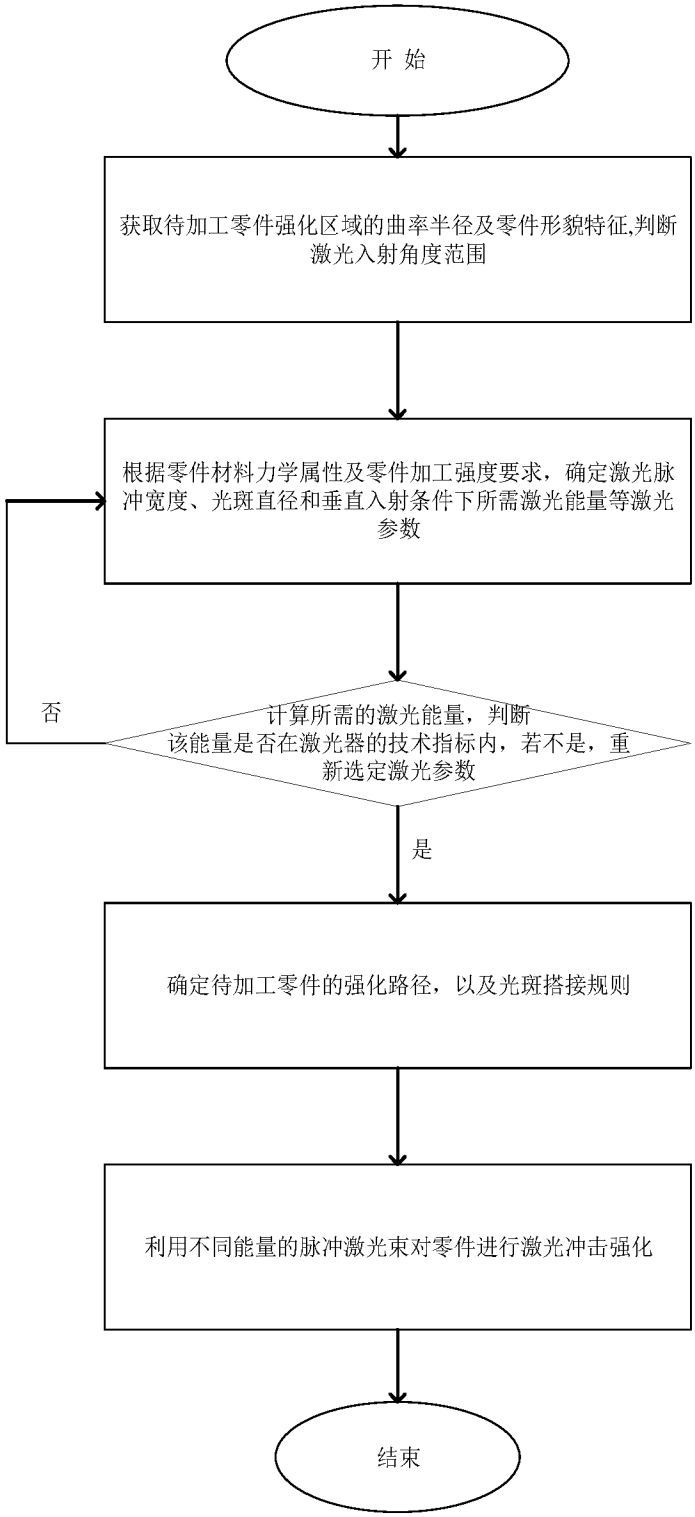

开 始
获取待加工零件强化区域的曲率半径及零件形貌特征,判断激光入射角度范围
根据零件材料力学属性及零件加工强度要求，确定激光脉冲宽度、光斑直径和垂直入射条件下所需激光能量等激光参数
计算所需的激光能量，判断该能量是否在激光器的技术指标内，若不是，重新选定激光参数
否
是
确定待加工零件的强化路径，以及光斑搭接规则
利用不同能量的脉冲激光束对零件进行激光冲击强化
结束

图 1

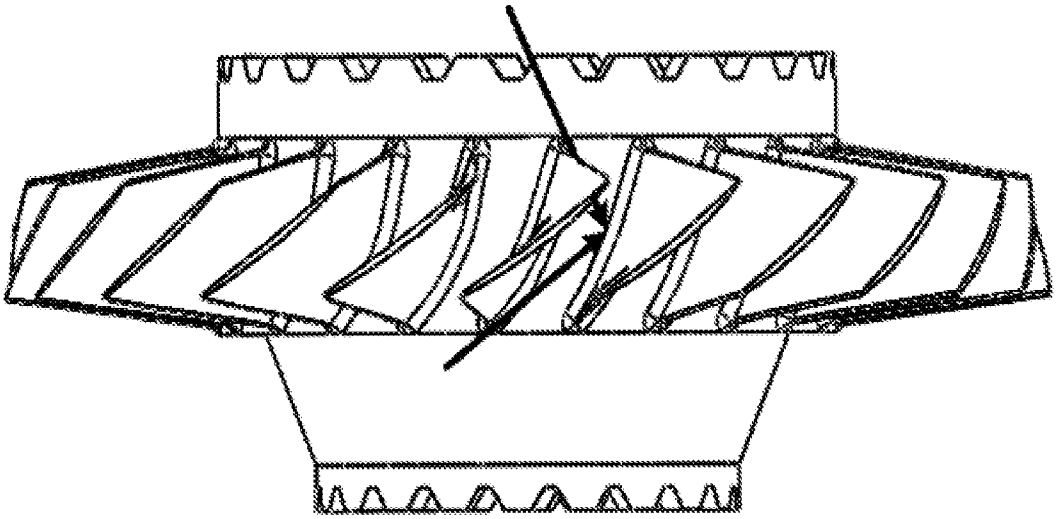


图 2

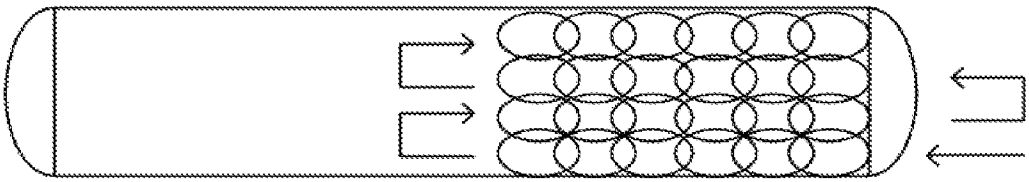


图 3

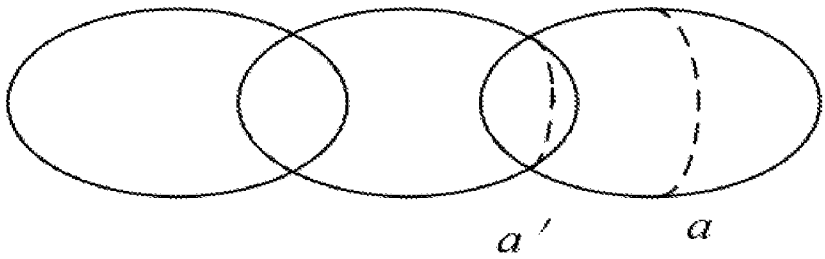


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/102599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 10/00(2006.01)i; C21D 1/09(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)

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)

CNABS; DWPI; SIPOABS; CNKI; CNTXT; USTXT; WOTXT; EPTXT: 激光, 斜冲击, 曲率半径, 脉冲强度, 光斑直径, 入射角度, 能量, 强化, 叶盘, 叶轮, laser, oblique impact, curvature radius, pulse strength, spot diameter, incident angle, energy, strengthen, impeller

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103898313 A (XI'AN AVIATION POWER CO., LTD.) 02 July 2014 (2014-07-02) description, paragraphs [0004]-[0011]	1-7
A	CN 104164538 A (JIANGSU UNIVERSITY) 26 November 2014 (2014-11-26) entire document	1-7
A	CN 106238916 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 December 2016 (2016-12-21) entire document	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 December 2018	**29 January 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/102599

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103898313	A	02 July 2014	CN	103898313	B	13 January 2016
CN	104164538	A	26 November 2014	WO	2016008198	A1	21 January 2016
				CN	104164538	B	22 February 2017
				US	2017050265	A1	23 February 2017
CN	106238916	A	21 December 2016	CN	106238916	B	06 November 2018

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2018/102599

A. 主题的分类

C21D 10/00(2006.01)i; C21D 1/09(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)

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）)

CNABS;DWPI;SIPOABS;CNKI;CNTXT;USTXT;WOTXT;EPTXT：激光，斜冲击，曲率半径，脉冲强度，光斑直径，入射角度，能量，强化，叶盘，叶轮，laser，oblique impact，curvature radius，pulse strength，spot diameter，incident angle，energy，strengthen，impeller

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
X	CN 103898313 A (西安航空动力股份有限公司) 2014年 7月 2日 (2014-07-02) 说明书第[0004]-[0011]段	1-7
A	CN 104164538 A (江苏大学) 2014年 11月 26日 (2014-11-26) 全文	1-7
A	CN 106238916 A (广东工业大学) 2016年 12月 21日 (2016-12-21) 全文	1-7

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2018年 12月 26日	2019年 1月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	李召
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(0512)-88997629

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/102599

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	103898313	A	2014年 7月 2日	CN	103898313	B	2016年 1月 13日
CN	104164538	A	2014年 11月 26日	WO	2016008198	A1	2016年 1月 21日
				CN	104164538	B	2017年 2月 22日
				US	2017050265	A1	2017年 2月 23日
CN	106238916	A	2016年 12月 21日	CN	106238916	B	2018年 11月 6日