

(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 2018/196185 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/094099

(22) 国际申请日: 2017 年 7 月 24 日 (24.07.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710285284.7 2017 年 4 月 25 日 (25.04.2017) CN

(71) 申请人: 广东工业大学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510062 (CN)。

(72) 发明人: 张永康 (ZHANG, Yongkang); 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510062 (CN)。 张峥 (ZHANG, Zheng); 中国广东省广州市越秀区东风东路 729 号, Guangdong 510062 (CN)。

(74) 代理人: 广东广信君达律师事务所 (ETRLAW FIRM); 中国广东省广州市天河区珠江东路 6 号广州周大福金融中心 (广州东塔) 29 层, Guangdong 510623 (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,

(54) Title: LASER PEENING VARIABLE-STIFFNESS LIGHT WEIGHT METHOD

(54) 发明名称: 一种激光喷丸变刚度轻量化方法

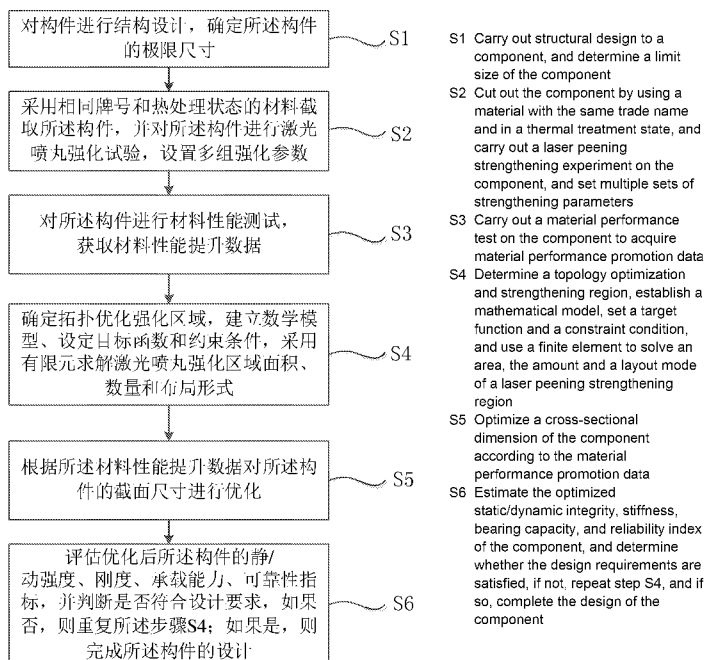


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a laser peening variable-stiffness light weight method, comprising the following steps: determining a limit size of a component; carrying out a laser peening strengthening experiment on the component, and setting multiple sets of strengthening parameters; carrying out a material performance test on the component to acquire material performance promotion data; determining a topology optimization and strengthening region; optimizing a cross-sectional dimension of the component according to the material performance promotion data; and estimating the optimized static/dynamic integrity, stiffness, bearing capacity, and reliability index

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))。

of the component, and determining whether the design requirements are satisfied, if not, repeating the step of determining a topology optimization and strengthening region; and if so, completing the design of the component. According to the laser peening variable-stiffness light weight method provided by the present invention, the reliability of component processing is high, and further light weight improvement for overall aerospace components which are already designed in a light weight manner is carried out by using laser peening strengthening and structural optimization design, promoting weight reduction efficiency and increasing effective load, and the method is suitable for processing long-term service aerospace components and automobile light weight components.

(57) 摘要: 本发明公开了一种激光喷丸变刚度轻量化方法, 包括以下步骤: 确定构件的极限尺寸; 对构件进行激光喷丸强化试验, 设置多组强化参数; 对构件进行材料性能测试, 获取材料性能提升数据; 确定拓扑优化强化区域; 根据材料性能提升数据对构件的截面尺寸进行优化; 评估优化后构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标, 并判断是否符合设计要求, 如果否, 则重复确定拓扑优化强化区域步骤; 如果是, 则完成构件的设计。本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法, 构件处理可靠性强, 利用激光喷丸强化和结构优化设计, 对已经轻量化设计的航天整体构件进一步的轻量化改进, 提升减重效率, 增大有效载荷, 适用于航空长期服役构件和汽车轻量化构件的处理。

一种激光喷丸变刚度轻量化方法

技术领域

本发明涉及航天构件设计领域，特别是涉及一种激光喷丸变刚度轻量化方法。

背景技术

结构优化设计 (Optimum Structural Design) 指在给定约束条件下，按某种目标 (如重量最轻、成本最低、刚度最大等) 求出最好的设计方案，曾称为结构最佳设计或结构最优设计，相对于“结构分析”而言，又称“结构综合”，例如，以结构的重量最小为目标，则称为最小重量设计。

在航天、航空及汽车工业中，结构重量关系到有效载荷比、燃油消耗率等关键性参数，轻量化设计在结构优化中占有至关重要的地位。结构优化的特点是基于数值仿真技术的多学科综合设计理念，采用遗传算法、神经网络、并行计算等先进算法，对构件进行尺寸优化、形状优化和拓扑优化。

目前，航天、航空领域中，广泛采用的结构轻量化设计主要有：1) 夹层结构，其基本构造形式是由上下两块薄而强的面板和填在其中并与面板牢固连接起来的轻质芯材所组成；夹层结构的特点是抗弯刚度大、可提高材料有效利用率、可减轻重量；2) 格栅结构，又称材料网格结构，其基本构型是由加强筋构成的多边形网格；格栅结构的特点：自稳定性高，结构抗屈曲能力强，比强度和比刚度高，检测和修补方便等；3) 点阵结构，其构型是由节点和连接节点的杆单元组成的类似于桁架体系的三维空间周期性结构；点阵结构特点是：自稳定性高，结构抗屈曲能力强，承载力高，材料利用效率高；4) 桁架结构，其构型特点是由平行于桁架纵向中心轴的纵向肋条和围绕中心轴均匀布置的螺旋向肋条相互交织构成的一种轴对称桁架结构；桁架结构特点是结构减重高，整体性强，承载能高等。

然而，目前的结构轻量化设计，主要集中于构件空间结构的拓扑优化、尺寸优化等算法理论方向，设计阶段与制造阶段缺乏信息反馈，构件轻量

化设计的潜力还未完全开发。

因此，如何在保证构件性能的同时，实现构件的轻量化设计，是本领域技术人员目前需要解决的技术问题。

发明内容

本发明的目的是提供一种激光喷丸变刚度轻量化方法，利用激光喷丸强化和结构优化设计，可以对已经轻量化设计的航天整体构件进行进一步的高性能轻量化改进，提升减重效率，增大有效载荷。

为实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

一种激光喷丸变刚度轻量化方法，包括以下步骤：

步骤 S1：对构件进行结构设计，确定所述构件的极限尺寸；

步骤 S2：采用相同牌号和热处理状态的材料截取所述构件，并对所述构件进行激光喷丸强化试验，设置多组强化参数；

步骤 S3：对所述构件进行材料性能测试，获取材料性能提升数据；

步骤 S4：确定拓扑优化强化区域，建立数学模型、设定目标函数和约束条件，采用有限元求解激光喷丸强化区域面积、数量和布局形式；

步骤 S5：根据所述材料性能提升数据对所述构件的截面尺寸进行优化；

步骤 S6：评估优化后所述构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标，并判断是否符合设计要求，如果否，则重复所述步骤 S4；如果是，则完成所述构件的设计。

优选的，所述步骤 S1 包括：

步骤 S11：建立所述构件的模型，获得所述构件的几何外形；

步骤 S12：确定所述构件的外载荷和边界条件；

步骤 S13：根据所述构件的几何外形、外载荷和边界条件进行结构应力、应变分析，并根据分析结果确定所述构件的极限尺寸。

优选的，所述步骤 S11 具体为：采用 CATIA 软件建立铝合金单蒙皮格栅整体壁板模型。

优选的，所述步骤 S13 具体为：由理论分析和数值仿真可确定构件各个部分的极限尺寸，并进行结构失稳分析，确定格栅结构极限深宽比。

优选的，所述步骤 S3 中，所述材料性能提升数据包括材料拉伸强度、杨氏模量、疲劳寿命提升数据；

优选的，所述步骤 S4 中，还包括：设计不同形式的激光喷丸强化处理方式，并获得不同形式下的结构应力特性。

优选的，所述激光喷丸强化处理方式包括铝合金单蒙皮格栅整体壁板的外蒙皮全处理、区域等间隔处理或区域不等间隔处理。

优选的，所述步骤 S5 具体为：

设置目标函数和约束条件，以最小质量为目标，约束条件为结构强度、刚度变化量小于 0.01%，采用并行计算和数值仿真方法进行所述构件的截面尺寸优化。

本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法，包括以下步骤：对构件进行结构设计，确定所述构件的极限尺寸；采用相同牌号和热处理状态的材料截取所述构件，并对所述构件进行激光喷丸强化试验，设置多组强化参数；对所述构件进行材料性能测试，获取材料性能提升数据；确定拓扑优化强化区域，建立数学模型、设定目标函数和约束条件，采用有限元求解激光喷丸强化区域面积、数量和布局形式；根据所述材料性能提升数据对所述构件的截面尺寸进行优化；评估优化后所述构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标，并判断是否符合设计要求，如果否，则重复所述确定拓扑优化强化区域步骤；如果是，则完成所述构件的设计。该激光喷丸变刚度轻量化方法，利用激光喷丸强化技术提升材料强度、刚度和疲劳寿命等参数，属于冷加工无热效应损伤，构件处理可靠性强；同时，利用激光喷丸强化和结构优化设计，可以对已经轻量化设计的航天整体构件进行进一步的高性能轻量化改进，提升减重效率，增大有效载荷；同时，利用激光喷丸强化处理构件，可以实现构件疲劳寿命的提升，不仅仅适用于单次任务的航天整体构件，也适用于航空长期服役构件和汽车轻量化构件的处理。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对

实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法一种具体实施方式的流程图；

图 2 为本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法一种具体实施方式的原理图；

图 3 为本发明所提供的航天器铝合金单蒙皮格栅整体壁板的结构示意图；

图 4 为图 3 所示航天器铝合金单蒙皮格栅整体壁板的截面图；

其中：1-外蒙皮、2-格栅部分、3-激光喷丸强化层、4-原始材料层。

具体实施方式

本发明的核心是提供一种激光喷丸变刚度轻量化方法，用于提升构件的性能，实现构件的轻量化，进而提升航天器或飞行器的综合性能。

为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步的详细说明。

请参考图 1 至图 4，图 1 为本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法一种具体实施方式的流程图；图 2 为本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法一种具体实施方式的原理图；图 3 为本发明所提供的航天器铝合金单蒙皮格栅整体壁板的结构示意图；图 4 为图 3 所示航天器铝合金单蒙皮格栅整体壁板的截面图。

在该实施方式中，激光喷丸变刚度轻量化方法包括以下步骤：

步骤 S1：对构件进行结构设计，确定构件的极限尺寸；

步骤 S2：采用相同牌号和热处理状态的材料截取构件，并对构件进行激光喷丸强化试验，设置多组强化参数；

步骤 S3：对构件进行材料性能测试，获取材料性能提升数据；

步骤 S4：确定拓扑优化强化区域，建立数学模型、设定目标函数和约

束条件，采用有限元求解激光喷丸强化区域面积、数量和布局形式；

步骤 S5：根据材料性能提升数据对构件的截面尺寸进行优化；

步骤 S6：评估优化后构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标，并判断是否符合设计要求，如果否，则重复步骤 S4；如果是，则完成构件的设计。

该激光喷丸变刚度轻量化方法，利用激光喷丸强化技术提升材料强度、刚度和疲劳寿命等参数，属于冷加工无热效应损伤，构件处理可靠性强；同时，利用激光喷丸强化和结构优化设计，可以对已经轻量化设计的航天整体构件进行进一步的高性能轻量化改进，提升减重效率，增大有效载荷；同时，利用激光喷丸强化处理构件，可以实现构件疲劳寿命的提升，不仅仅适用于单次任务的航天整体构件，也适用于航空长期服役构件和汽车轻量化构件的处理。该方法主要利用激光喷丸强化提升材料强度、刚度和疲劳寿命，通过优化分布强化处理区域实现构件刚度梯度的调控和结构重量的降低，适用于航天整体构件的减重。

进一步，步骤 S1：对构件进行结构设计，确定构件的极限尺寸，具体包括：

步骤 S11：建立构件的模型，获得构件的几何外形；更具体的，建立构件的模型，可以具体为采用 CATIA 软件建立铝合金单蒙皮格栅整体壁板模型，如图 3 所示，格栅结构 2 位于外蒙皮 1 的内周部，当然，CATIA 软件为优选软件，采用其他形式的模型建立软件亦可。

步骤 S12：确定构件的外载荷和边界条件；具体的，圆柱形整体壁板主要起到保持结构外形和稳定性的作用，承载方式以轴向载荷为主，根据航天器设计运动姿态设计确定惯性力，边界条件为轴向限制位移。

步骤 S13：根据构件的几何外形、外载荷和边界条件进行结构应力、应变分析，并根据分析结果确定构件的极限尺寸，具体的，步骤 S13 可以为：由理论分析和数值仿真可确定构件各个部分的极限尺寸，并进行结构失稳分析，确定格栅结构极限深宽比。

具体的，步骤 S2 中，采用相同牌号和热处理状态的材料截取构件，并对构件进行激光喷丸强化试验，设置多组强化参数；通过设置多组强化参

数作为备选，最终选取多组强化参数中强化效果最优的参数对产品进行加工，提高产品加工精度。

步骤 S3 中，对激光喷丸强化试验后的构件进行材料性能测试，获取材料性能提升数据；优选的，材料性能提升数据包括材料拉伸强度、杨氏模量、疲劳寿命提升数据等数据；铝合金材料经激光喷丸强化处理后，杨氏模量、抗拉强度、屈服强度平均提升 12%，由结构几何特性可计算出刚度提升比率，即材料性能提升数据，如图 4 所示，激光喷丸强化后，激光喷丸强化层 4 与原始材料层 3 牢固结合。

步骤 S4 中，对确定拓扑优化强化区域，建立数学模型、设定目标函数和约束条件，采用有限元求解激光喷丸强化区域面积、数量和布局形式；具体还包括：设计不同形式的激光喷丸强化处理方式，并获得不同形式下的结构应力特性。

在经过了步骤 S4 与步骤 S5 的两个步骤的优化后，进行步骤 S6：评估优化后构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标，并判断是否符合设计要求，如果否，则重复步骤 S4 和步骤 S5，重新优化激光喷丸强化区域和截面尺寸，直至设计符合要求；如果是，则完成构件的设计。

具体的，步骤 S6 包括：

步骤 S61：对构件的性能进行评估；

步骤 S62：判断构件的性能是否达标，如果否，则重复步骤 S4 和步骤 S5，如果是，则完成构件的设计。

进一步，激光喷丸强化处理方式包括铝合金单蒙皮格栅整体壁板的外蒙皮全处理、区域等间隔处理或区域不等间隔处理。

在上述各实施方式的基础上，步骤 S5 具体为：

设置目标函数和约束条件，以最小质量为目标，约束条件为结构强度、刚度变化量小于 0.01%，采用并行计算和数值仿真方法进行构件的截面尺寸优化。

具体的，本实施例所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法，包含结构设计、工艺设计和优化设计三大部分，建立了设计与制造的信息交流，其中，结构设计依次包括：构件几何建模，外载荷、边界条件确定，结构应力、

应变分析；工艺设计中包括：对构件进行激光喷丸强化试验和获取材料性能提升数据；优化设计包括：拓扑优化强化区域和尺寸优化截面尺寸。完成上述两种优化后，判断构件的性能是否达标，如果是，则完成设计，如果否，则继续进行上述两种优化方式，直至构件的性能达标，则完成设计，得到最佳强化参数。

在上述各实施方式的基础上，工艺设计中，在获得强化后材料性能提升数据后，可用于结构应力、应变分析，可定量衡量激光喷丸强化对构件性能的提升效果，实现工艺设计与结构设计中的相互联系。

该激光喷丸变刚度轻量化方法，为了实现航天、航空构件高性能轻量化设计，在已有的轻量化设计基础上进一步降低构件重量，提升航天器、飞行器的性能。本发明利用激光喷丸强化技术提升材料的强度、疲劳性能，借助拓扑优化方法合理布局强化处理区域，使得构件具有变化的截面刚度、抗拉强度。采用尺寸优化方法，将激光喷丸强化增益用于两个方面，第一保证构件设计性能恒定不变，第二用于构件的轻量化设计，降低构件的截面尺寸，最终实现构件进一步的轻量化设计，提升航天器、飞行器的综合性能。

以上对本发明所提供的激光喷丸变刚度轻量化方法进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

权 利 要 求 书

1、一种激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 S1：对构件进行结构设计，确定所述构件的极限尺寸；

步骤 S2：采用相同牌号和热处理状态的材料截取所述构件，并对所述构件进行激光喷丸强化试验，设置多组强化参数；

步骤 S3：对所述构件进行材料性能测试，获取材料性能提升数据；

步骤 S4：确定拓扑优化强化区域，建立数学模型、设定目标函数和约束条件，采用有限元求解激光喷丸强化区域面积、数量和布局形式；

步骤 S5：根据所述材料性能提升数据对所述构件的截面尺寸进行优化；

步骤 S6：评估优化后所述构件的静/动强度、刚度、承载能力、可靠性指标，并判断是否符合设计要求，如果否，则重复所述步骤 S4；如果是，则完成所述构件的设计。

2、根据权利要求 1 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S1 包括：

步骤 S11：建立所述构件的模型，获得所述构件的几何外形；

步骤 S12：确定所述构件的外载荷和边界条件；

步骤 S13：根据所述构件的几何外形、外载荷和边界条件进行结构应力、应变分析，并根据分析结果确定所述构件的极限尺寸。

3、根据权利要求 2 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S11 具体为：采用 CATIA 软件建立铝合金单蒙皮格栅整体壁板模型。

4、根据权利要求 3 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S13 具体为：由理论分析和数值仿真可确定构件各个部分的极限尺寸，并进行结构失稳分析，确定格栅结构极限深宽比。

5、根据权利要求 1 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S3 中，所述材料性能提升数据包括材料拉伸强度、杨氏模量、疲劳寿命提升数据；

6、根据权利要求 1 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S4 中，还包括：设计不同形式的激光喷丸强化处理方式，并获得不同形式下的结构应力特性。

7、根据权利要求 6 所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述激光喷丸强化处理方式包括铝合金单蒙皮格栅整体壁板的外蒙皮全处理、区域等间隔处理或区域不等间隔处理。

8、根据权利要求 1 至 7 任意一项所述的激光喷丸变刚度轻量化方法，其特征在于，所述步骤 S5 具体为：

设置目标函数和约束条件，以最小质量为目标，约束条件为结构强度、刚度变化量小于 0.01%，采用并行计算和数值仿真方法进行所述构件的截面尺寸优化。

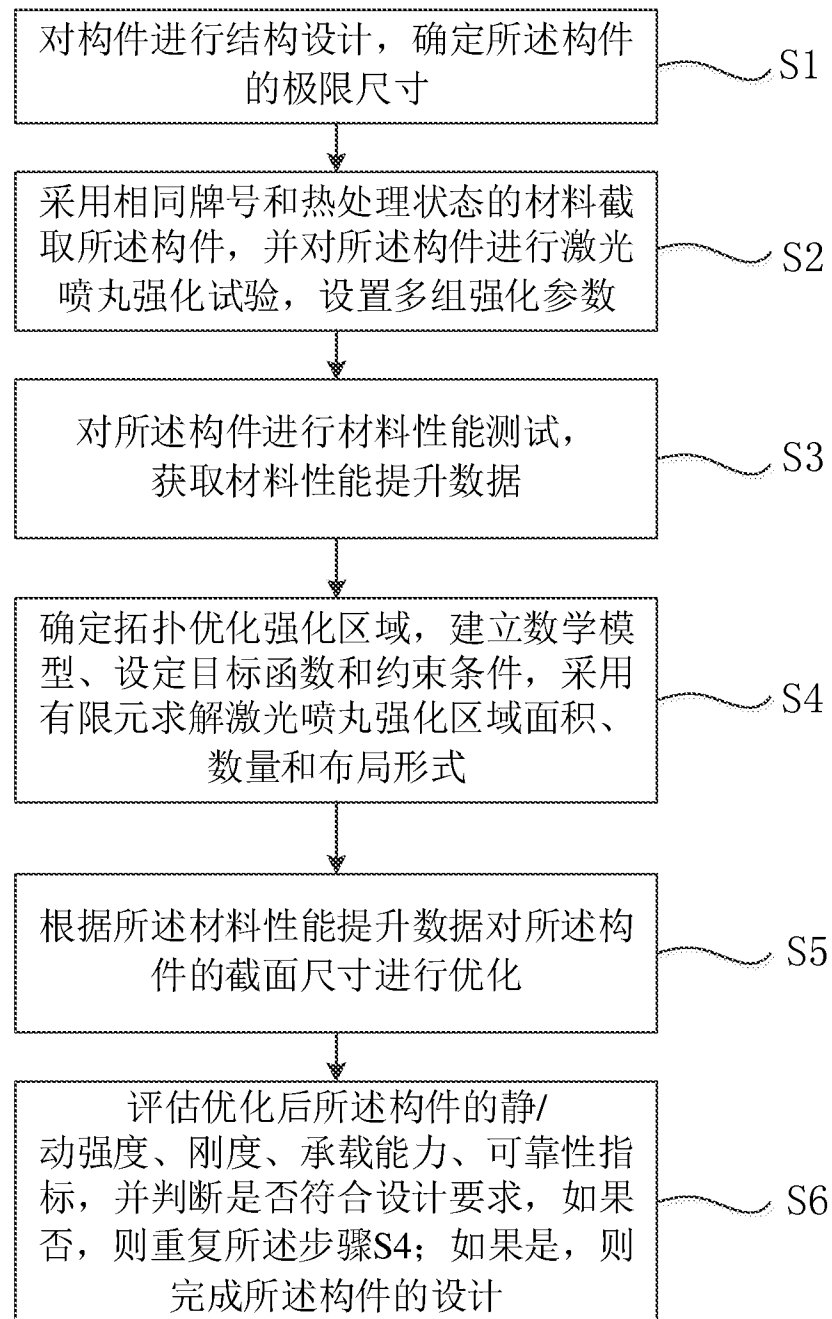


图 1

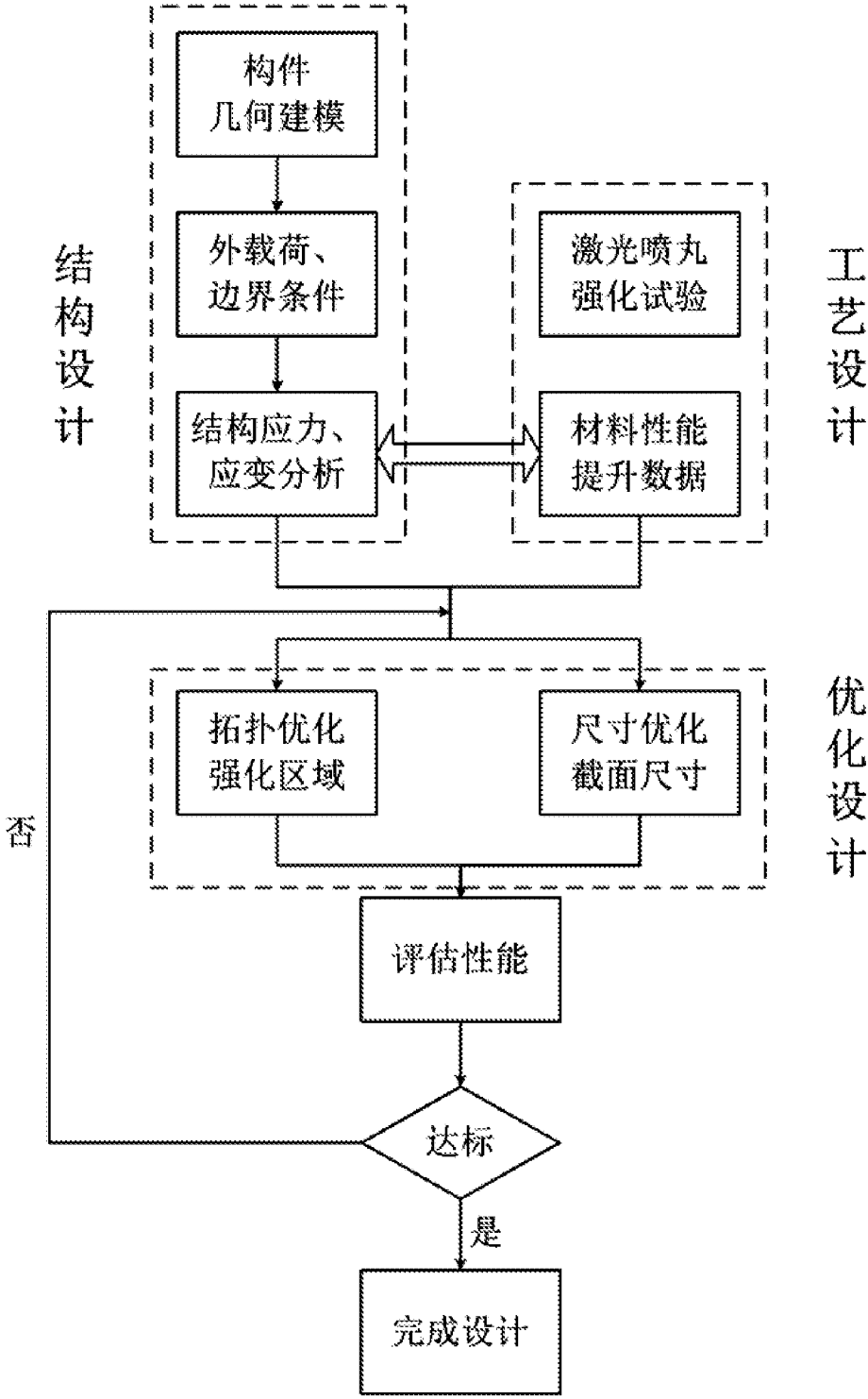


图 2

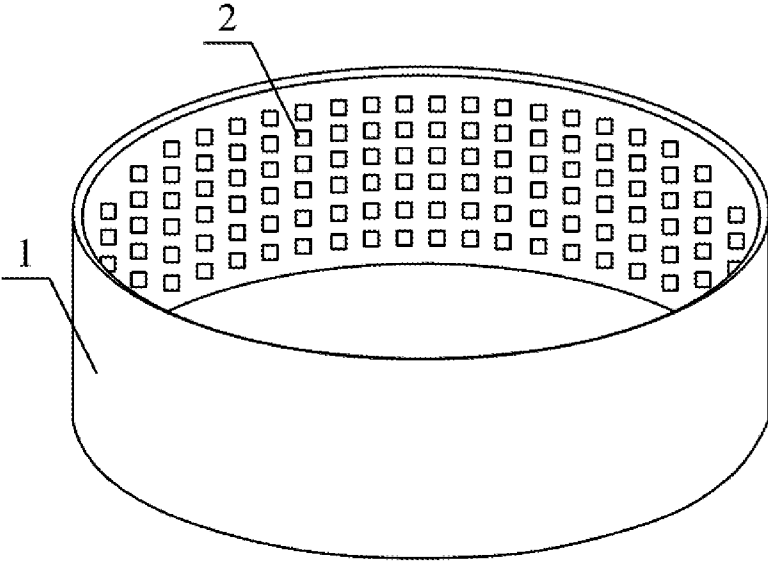


图 3

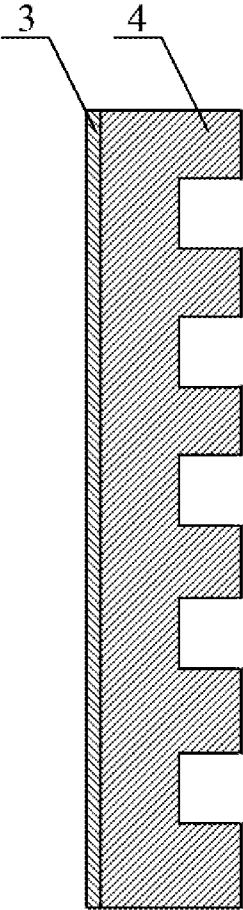


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/094099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/50 (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)

G06F 17/50

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, CNTXT, VEN, CNKI: 构件, 结构设计, 激光喷丸, 强化, 材料, 尺寸, 优化, 参数, 区域, 约束条件, 轻量化, 性能, component, physical design, structural design, laser shot blasting, intensify, materials, size, optimize, parameter, region, constraint condition, light weight, performance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105528503 A (SHENYANG INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 27 April 2016 (27.04.2016), description, paragraphs [0008]-[0035] and [0045]-[0056], and figure 1	1-8
A	US 2007068605 A1 (UIT LLC), 29 March 2007 (29.03.2007), entire document	1-8

☐ 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 18 January 2018	Date of mailing of the international search report 29 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 YU, Chunhui Telephone No. (86-10) 62412080

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/094099

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105528503 A	27 April 2016	None	
US 2007068605 A1	29 March 2007	JP 5682993 B2	11 March 2015
		CN 101558174 B	13 March 2013
		WO 2007038378 A3	14 May 2009
		KR 20080050519 A	05 June 2008
		WO 2007038378 A2	05 April 2007
		TWI 336730 B	01 February 2011
		JP 2009510256 A	12 March 2009
		CN 101558174 A	14 October 2009
		KR 1362019 B1	11 February 2014
		TW 200726846 A	16 July 2007

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/094099

A. 主题的分类 G06F 17/50 (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) G06F17/50 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, CNTXT, VEN, CNKI: 构件, 结构设计, 激光喷丸, 强化, 材料, 尺寸, 优化, 参数, 区域, 约束条件, 轻量化, 性能, component, physical design, structural design, laser shot blasting, intensify, materials, size, optimize, parameter, region, constraint condition, light weight, performance											
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 105528503 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2016年 4月 27日 (2016 - 04 - 27) 说明书第[0008]-[0035]、[0045]-[0056]段, 附图1</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2007068605 A1 (UIT LLC) 2007年 3月 29日 (2007 - 03 - 29) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 105528503 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2016年 4月 27日 (2016 - 04 - 27) 说明书第[0008]-[0035]、[0045]-[0056]段, 附图1	1-8	A	US 2007068605 A1 (UIT LLC) 2007年 3月 29日 (2007 - 03 - 29) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求									
A	CN 105528503 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2016年 4月 27日 (2016 - 04 - 27) 说明书第[0008]-[0035]、[0045]-[0056]段, 附图1	1-8									
A	US 2007068605 A1 (UIT LLC) 2007年 3月 29日 (2007 - 03 - 29) 全文	1-8									
☐ 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 18日		国际检索报告邮寄日期 2018年 1月 29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 传真号 (86-10)62019451		授权官员 于春晖 电话号码 (86-10)62412080									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/094099

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	105528503	A	2016年 4月 27日	无	
US	2007068605	A1	2007年 3月 29日	JP	5682993 B2 2015年 3月 11日
				CN	101558174 B 2013年 3月 13日
				WO	2007038378 A3 2009年 5月 14日
				KR	20080050519 A 2008年 6月 5日
				WO	2007038378 A2 2007年 4月 5日
				TWI	336730 B 2011年 2月 1日
				JP	2009510256 A 2009年 3月 12日
				CN	101558174 A 2009年 10月 14日
				KR	1362019 B1 2014年 2月 11日
				TW	200726846 A 2007年 7月 16日