

(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
2022 年 7 月 28 日 (28.07.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/155992 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 30/17 (2020.01) **G06F 111/06** (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/074536

(22) 国际申请日: 2021 年 1 月 30 日 (30.01.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202110072212.0 2021 年 1 月 20 日 (20.01.2021) CN

(71) 申请人: 华中科技大学(HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(72) 发明人: 王泽敏(WANG, Zemin); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

李树寒(LI, Shuhan); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 兰新强(LAN, Xinqiang); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 李桐(LI, Tong); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

(74) 代理人: 华中科技大学专利中心(HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PATENT AGENCY CENTER); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号华中科技大学东一楼 340 室, Hubei 430074 (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, IT,

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR DESIGNING AND MACHINING PART HAVING BUILT-IN SENSOR

(54) 发明名称: 一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法及系统

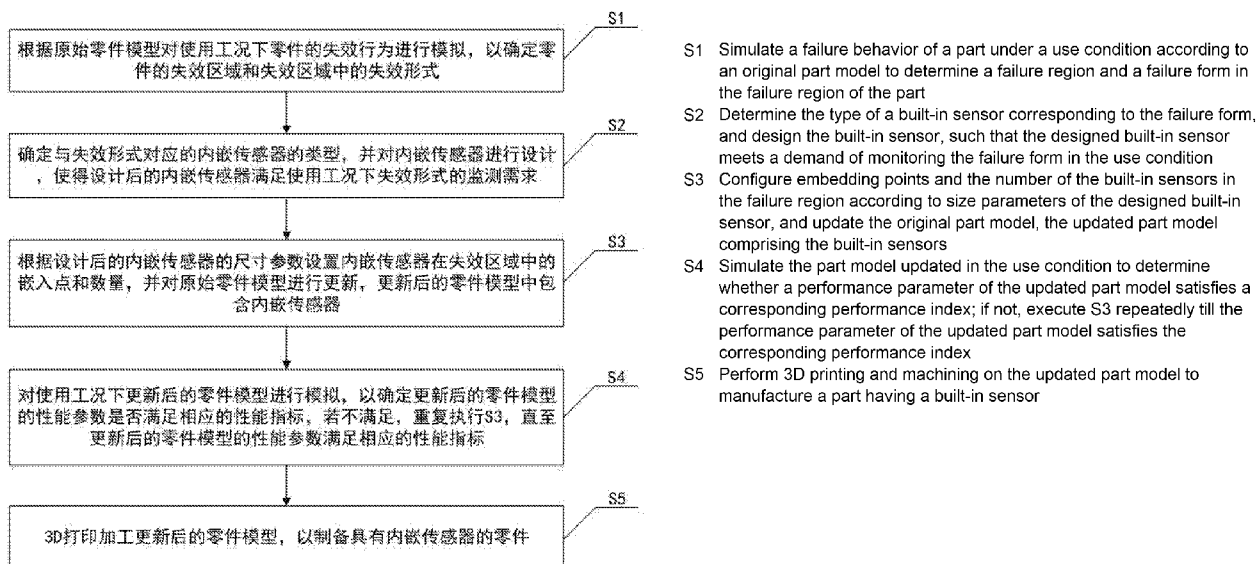


图 1

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of 3D printing. Disclosed are a method and system for designing and machining a part having a built-in sensor. The method comprises: simulating a failure behavior of a part under a use condition according to an original part model to determine a failure region and a failure form of the part; designing a built-in sensor which meets a demand of monitoring the failure form in the use condition; designing embedding points and the number of the built-in sensors, and updating the part model; when the updated part model does not satisfy a corresponding performance index, modifying the embedding points and the number of the built-in sensors till the corresponding performance index is satisfied; and 3D printing and machining the updated part model to manufacture a part having a built-in sensor. The defect in conventional methods that it is difficult to monitor the true state of a deep portion of a part for a sensor which is built in the surface or a shallow layer of the part is overcome, an embedding

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。

position of the sensor is determined for a failure point of the original part, and structural optimization and integrated machining are performed on the basis of the 3D printing technology, thereby implementing accurate online monitoring of the service state of the part.

(57) 摘要: 本发明公开了一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法及系统, 属于3D打印技术领域, 方法包括: 根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟, 以确定零件的失效区域和失效形式; 设计满足使用工况下失效形式监测需求的内嵌传感器; 设计内嵌传感器的嵌入点和数量, 对零件模型进行更新, 当更新后零件模型不满足相应的性能指标时, 修改内嵌传感器的嵌入点和数量直至满足相应的性能指标, 3D打印加工更新后的零件模型, 以制备具有内嵌传感器的零件。克服传统方法中传感器嵌入零件表面或浅层难以监测零件深部真实状态的缺点, 针对原始零件失效点确定传感器嵌入位置, 基于3D打印技术进行结构优化和一体化加工, 实现对零件服役状态的精确在线监测。

一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法及系统

【技术领域】

本发明属于 3D 打印技术领域，更具体地，涉及一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法及系统。

【背景技术】

随着制造业的发展，机械零件的结构设计朝着复杂精密方向深入。由于实际工况环境复杂多变，通过模拟计算的方式估测结构零件的寿命并不准确。因此，对承力、耐磨、耐热、耐蚀等关键零件的不同状态的监测至关重要。传统方法是定期检查关键零件的使用情况，包含目视检查、无损检测等离线检测手段。这些方法不适合部分设备在服役状态下进行检测，而且检测的有效性与检测频率相关。低频率检测则容易漏查漏检，提高频率保障了有效性但会耗费大量成本人力。

在零件中嵌入传感器可以实现零件服役状态下的在线状态监测。现有技术中，通常通过打孔、开模制造的方式将传感器嵌入设备内部以直接检测设备的运行状态，但是打孔的方法不适用于运行环境恶劣的机械设备，开模制造的方法成本较高，不适合应用于实际零件制造。采用常规的锻造、铸造等方法在零件加工环节嵌入传感器的难度很高，而采用机械钻孔破坏零件原始结构的方式将传感器嵌入零件内部，又会导致零件的承载能力受到影响。特别是在一些复杂结构零件内部，很难实现。如何降低内嵌传感器对零件承载能力的影响以及制备难度，是本领域技术人员关心的问题。

【发明内容】

针对现有技术的缺陷和改进需求，本发明提供了一种具有内嵌传感器

的零件设计加工方法及系统，其目的在于克服传统方法中传感器嵌入零件表面或浅层难以监测零件深部真实状态的缺点，针对原始零件失效点确定传感器嵌入位置，基于 3D 打印技术进行结构优化和一体化加工，实现对零件服役状态的精确在线监测。

为实现上述目的，按照本发明的一个方面，提供了一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法，包括：S1，根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和所述失效区域中的失效形式；S2，确定与所述失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对所述内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下所述失效形式的监测需求；S3，根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置所述内嵌传感器在所述失效区域中的嵌入点和数量，并对所述原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含所述内嵌传感器；S4，对使用工况下所述更新后的零件模型进行模拟，以确定所述更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行所述 S3，直至所述更新后的零件模型的性能参数满足所述相应的性能指标；S5，3D 打印加工所述更新后的零件模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

更进一步地，所述 S1 包括：对所述原始零件模型进行网格划分，根据网格划分后原始零件模型中的材料特性、分析方程和边界条件，对使用工况下零件的失效行为进行有限元模拟，以确定所述失效区域和失效形式。

更进一步地，所述内嵌传感器的类型为应变传感器、应力传感器、电阻传感器、温度传感器、湿度传感器、角度传感器中的一种或多种。

更进一步地，所述 S2 中以所述内嵌传感器的测量范围、极限耐受温度、寿命和接触形式满足使用工况下对应失效形式的监测需求为目标，对所述内嵌传感器进行设计。

更进一步地，所述 S3 中根据所述内嵌传感器的测量范围和寿命设置所述失效区域中内嵌传感器的数量。

更进一步地，所述 S4 中的性能指标包括承力、承压、耐磨、疲劳、耐腐蚀指标中的一种或多种。

更进一步地，所述 S5 中 3D 打印加工所述更新后的零件模型包括：对所述更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；利用一种 3D 打印技术，采用各所述分区图形所需打印材料逐层打印各所述分区图形。

更进一步地，所述 S5 中 3D 打印加工所述更新后的零件模型包括：对所述更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；采用各所述分区图形所需打印材料，利用多种 3D 打印技术分开打印各所述分区图形，或者，利用多种 3D 打印技术逐层打印各层图案中的各所述分区图形。

更进一步地，所述失效区域的数量为一个或多个，所述失效形式的数量为多个，所述内嵌传感器的类型为一个或多个。

按照本发明的另一个方面，提供了一种具有内嵌传感器的零件设计加工系统，包括：第一模拟模块，用于根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和所述失效区域中的失效形式；设计模块，用于确定与所述失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对所述内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下所述失效形式的监测需求；更新模块，用于根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置所述内嵌传感器在所述失效区域中的嵌入点和数量，并对所述原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含所述内嵌传感器；第二模拟模块，用于对使用工况下所述更新后的零件模型进行模拟，以确定所述更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行所述更新模块，直至所述更新后的零件模型的性能参数满足所述相应的性能指标；加工模块，用于 3D 打印加工所述更新后的零件模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

总体而言，通过本发明所构思的以上技术方案，能够取得以下有益效果：通过模拟零件中的失效形式确定传感器的类型，以对零件中可能出现的失效行为进行监测，通过结构设计和优化确定各类内嵌传感器的最佳嵌入位置和数量，保证传感器的嵌入方式、位置和数量不会明显影响零件的载荷，在此基础上，利用 3D 打印实现传感器在零件加工时直接制造和嵌入，降低制备成本和难度，使得内嵌传感器可以在线监测零件服役状态下的深部状态；该方法涉及的零件设计和加工流程具有操作简单、生产成本低的优点，适合关键易损件的在线寿命监测，具有广阔的行业应用前景。

【附图说明】

图 1 为本发明实施例提供的具有内嵌传感器的零件设计加工方法的流程图；

图 2A 为本发明实施例提供的原始零件的三维图；

图 2B 为本发明实施例提供的原始零件的平面透视图；

图 3 为本发明实施例提供的应变传感器的模型示意图；

图 4 为本发明实施例提供的优化后的零件模型的平面透视图；

图 5A 为本发明实施例提供的 3D 打印制造工序的三维图；

图 5B 为本发明实施例提供的 3D 打印制造工序的结构透视图；

图 6 为本发明实施例提供的具有内嵌传感器的零件设计加工系统的框图。

在所有附图中，相同的附图标记用来表示相同的元件或者结构，其中：

1 为搅拌针，2 为轴肩，3 为夹持柄，4 为应变传感器，5 为传输导线。

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体

实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。此外，下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

在本发明中，本发明及附图中的术语“第一”、“第二”等（如果存在）是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。

图 1 为本发明实施例提供的具有内嵌传感器的零件设计加工方法的流程图。参阅图 1，结合图 2A-图 5B，对本实施例中具有内嵌传感器的零件设计加工方法进行详细说明。方法包括操作 S1-操作 S5。

操作 S1，根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和失效区域中的失效形式。

根据本发明实施例，操作 S1 中，对原始零件模型进行网格划分，根据网格划分后原始零件模型中的材料特性、分析方程和边界条件，对使用工况下零件的失效行为进行有限元模拟，以确定失效区域和失效形式。具体地，例如将原始零件的 CAD 模型导入 CAE 软件中，对 CAD 模型进行网格划分，导入材料特性、分析方程和边界条件，对使用工况下零件的失效行为进行有限元分析。

失效形式包括弹性失效、屈服失效、塑性失效、脆性断裂、疲劳断裂、腐蚀失效、磨损失效、蠕变失效等失效形式。本发明实施例中，失效区域的数量为一个或多个，失效形式的数量为多个，内嵌传感器的类型为一个或多个。

操作 S2，确定与失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下失效形式的监测需求。

根据失效形式确定内嵌传感器的类型。内嵌传感器的类型为应变传感器、应力传感器、电阻传感器、温度传感器、湿度传感器、角度传感器中的一种或多种。具体地，弹性失效、屈服失效、塑性失效、脆性断裂、疲劳断裂、磨损失效、蠕变失效等失效形式对应选取应变传感器、应力传感

器和电阻传感器；腐蚀失效对应选取电阻传感器、温度传感器和湿度传感器。

确定内嵌传感器的类型之后，以内嵌传感器的测量范围、极限耐受温度、寿命和接触形式满足使用工况下对应失效形式的监测需求为目标，对内嵌传感器的结构、材料和电路等进行设计。使用工况是指该具有内嵌传感器的零件的最终使用环境。

操作 S3，根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置内嵌传感器在失效区域中的嵌入点和数量，并对原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含内嵌传感器。

根据设计后的内嵌传感器的尺寸形状确定其在失效区域的具体嵌入点，根据内嵌传感器的测量范围和寿命对失效区域中内嵌传感器的数量进行选取设置，之后基于该需要嵌入在零件内的传感器对原始零件 CAD 模型进行更新。

操作 S4，对使用工况下更新后的零件模型进行模拟，以确定更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行操作 S3，直至更新后的零件模型的性能参数满足相应的性能指标。

操作 S4 中的性能指标包括承力、承压、耐磨、疲劳、耐腐蚀指标中的一种或多种。具体地，例如将更新后零件的 CAD 模型导入 CAE 软件中，以模拟得到其承力、承压、耐磨、疲劳、耐腐蚀等性能参数，并将得到的性能参数与相应的性能指标进行对比；若未达到相应的性能指标，修改失效区域中内嵌传感器的嵌入点和数量，并再次对零件的 CAD 模型进行更新、模拟，重复对比、修改、更新、模拟等操作，直至更新后零件的 CAD 模型的性能参数满足相应的性能指标，然后执行操作 S5。

操作 S5，3D 打印加工所述更新后的零件模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

本发明一实施例中，操作 S5 中采用一种 3D 打印技术加工更新后的零

件模型。具体地，对更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；利用一种 3D 打印技术，采用各分区图形所需打印材料逐层打印各分区图形。

本发明另一实施例中，操作 S5 中采用多种 3D 打印技术加工更新后的零件模型。具体地，对更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；采用各分区图形所需打印材料，利用多种 3D 打印技术分开打印各分区图形，或者，利用多种 3D 打印技术逐层打印各层图案中的各分区图形。采用多种 3D 打印技术时，采用优选的 3D 打印技术先打印其中一种具有统一材料的图形结构，再依次选用其它优选的 3D 打印技术打印其它具有统一材料的图形结构，图形结构打印可以是逐层的，也可以是分开的。

进一步地，对 3D 打印得到的整体零件进行后处理完成新零件的制造，得到具有内嵌传感器的零件，可以对传感信号进行采集，设置监测阈值，实现服役状态下监测零件。

本实施例中，以设计加工用于固相焊接金属板的搅拌头为例说明该具有内嵌传感器的零件设计加工方法。该用于固相焊接金属板的搅拌头如图 2A 和 2B 所示，包括搅拌针 1、轴肩 2 和夹持柄 3，该搅拌头在焊接时高速旋转摩擦待焊工件，属于易损件，需要对其内部进行监测。

具体地，操作 S1 中对使用工况下搅拌头的失效行为进行模拟分析后，确定该搅拌头的搅拌针 1 为承力、承热的关键部位。对搅拌针 1 焊接过程中的实时监测可以反映搅拌头的使用状态，因此，操作 S2 中确定选用应变传感器，应变传感器的测量范围为 1-100%，测量频率大于 30Hz，相应的应变传感器模型如图 3 所示。操作 S3 中确定应变传感器的嵌入点和数量之后，对搅拌头的模型进行更新。操作 S4 中对更新后嵌入有内嵌传感器的搅拌头的有效性进行模拟分析，通过应力应变模拟验证结构更新后的零件的承载能力与传感器有效性，获得更新后的零件结构，更新后的结构为图 4，相比

原始零件结构，在搅拌头内部增加了应变传感器 4 和传输导线 5，且应变传感器 4 位于搅拌针 1 内部，以实时监测搅拌针 1。操作 S5 中采用一种或多种 3D 打印技术实现图 4 所示结构的一体化制造，打印过程如图 5A 和图 5B 所示，依次分层打印夹持柄 3 与部分传输导线、轴肩 2 与另一部分传输导线、搅拌针 1 与应变传感器 4，完成内嵌应变传感器的搅拌头的加工。传感器紧密贴合零件内部，避免了应力集中。进一步地，对整体零件进行后处理完成新零件的制造，对传感信号进行采集，在服役状态下监测搅拌头内部应变，例如设置监测阈值为 25%，当高于此阈值即视为寿命终止，需将零件返修或报废处理。

图 6 为本发明实施例提供的具有内嵌传感器的零件设计加工系统的框图。参阅图 6，该具有内嵌传感器的零件设计加工系统 600 包括第一模拟模块 610、设计模块 620、更新模块 630、第二模拟模块 640 以及加工模块 650。

第一模拟模块 610 例如执行操作 S1，用于根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和失效区域中的失效形式。

设计模块 620 例如执行操作 S2，用于确定与失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下失效形式的监测需求。

更新模块 630 例如执行操作 S3，用于根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置内嵌传感器在失效区域中的嵌入点和数量，并对原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含内嵌传感器。

第二模拟模块 640 例如执行操作 S4，用于对使用工况下更新后的零件模型进行模拟，以确定更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行更新模块 630，直至更新后的零件模型的性能参数满足相应的性能指标。

加工模块 650 例如执行操作 S5，用于 3D 打印加工所述更新后的零件

模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

具有内嵌传感器的零件设计加工系统 600 用于执行上述图 1-图 5B 所示实施例中的具有内嵌传感器的零件设计加工方法。本实施例未尽之细节，请参阅前述图 1-图 5B 所示实施例中的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，此处不再赘述。

本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，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，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，包括：

S1，根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和所述失效区域中的失效形式；

S2，确定与所述失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对所述内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下所述失效形式的监测需求；

S3，根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置所述内嵌传感器在所述失效区域中的嵌入点和数量，并对所述原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含所述内嵌传感器；

S4，对使用工况下所述更新后的零件模型进行模拟，以确定所述更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行所述 S3，直至所述更新后的零件模型的性能参数满足所述相应的性能指标；

S5，3D 打印加工所述更新后的零件模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

2、如权利要求 1 所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述 S1 包括：对所述原始零件模型进行网格划分，根据网格划分后原始零件模型中的材料特性、分析方程和边界条件，对使用工况下零件的失效行为进行有限元模拟，以确定所述失效区域和失效形式。

3、如权利要求 1 所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述内嵌传感器的类型为应变传感器、应力传感器、电阻传感器、温度传感器、湿度传感器、角度传感器中的一种或多种。

4、如权利要求 1 所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述 S2 中以所述内嵌传感器的测量范围、极限耐受温度、寿命和接触形式满足使用工况下对应失效形式的监测需求为目标，对所述内嵌传感

器进行设计。

5、如权利要求1所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述S3中根据所述内嵌传感器的测量范围和寿命设置所述失效区域中内嵌传感器的数量。

6、如权利要求1所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述S4中的性能指标包括承力、承压、耐磨、疲劳、耐腐蚀指标中的一种或多种。

7、如权利要求1所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述S5中3D打印加工所述更新后的零件模型包括：

对所述更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；

利用一种3D打印技术，采用各所述分区图形所需打印材料逐层打印各所述分区图形。

8、如权利要求1所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述S5中3D打印加工所述更新后的零件模型包括：

对所述更新后的零件模型进行逐层分割，并按照所需打印材料的不同将分割后每层的图案划分为一个或多个分区图形；

采用各所述分区图形所需打印材料，利用多种3D打印技术分开打印各所述分区图形，或者，利用多种3D打印技术逐层打印各层图案中的各所述分区图形。

9、如权利要求1-8任一项所述的具有内嵌传感器的零件设计加工方法，其特征在于，所述失效区域的数量为一个或多个，所述失效形式的数量为多个，所述内嵌传感器的类型为一个或多个。

10、一种具有内嵌传感器的零件设计加工系统，其特征在于，包括：

第一模拟模块，用于根据原始零件模型对使用工况下零件的失效行为进行模拟，以确定零件的失效区域和所述失效区域中的失效形式；

设计模块，用于确定与所述失效形式对应的内嵌传感器的类型，并对所述内嵌传感器进行设计，使得设计后的内嵌传感器满足使用工况下所述失效形式的监测需求；

更新模块，用于根据设计后的内嵌传感器的尺寸参数设置所述内嵌传感器在所述失效区域中的嵌入点和数量，并对所述原始零件模型进行更新，更新后的零件模型中包含所述内嵌传感器；

第二模拟模块，用于对使用工况下所述更新后的零件模型进行模拟，以确定所述更新后的零件模型的性能参数是否满足相应的性能指标，若不满足，重复执行所述更新模块，直至所述更新后的零件模型的性能参数满足所述相应的性能指标；

加工模块，用于 3D 打印加工所述更新后的零件模型，以制备具有内嵌传感器的零件。

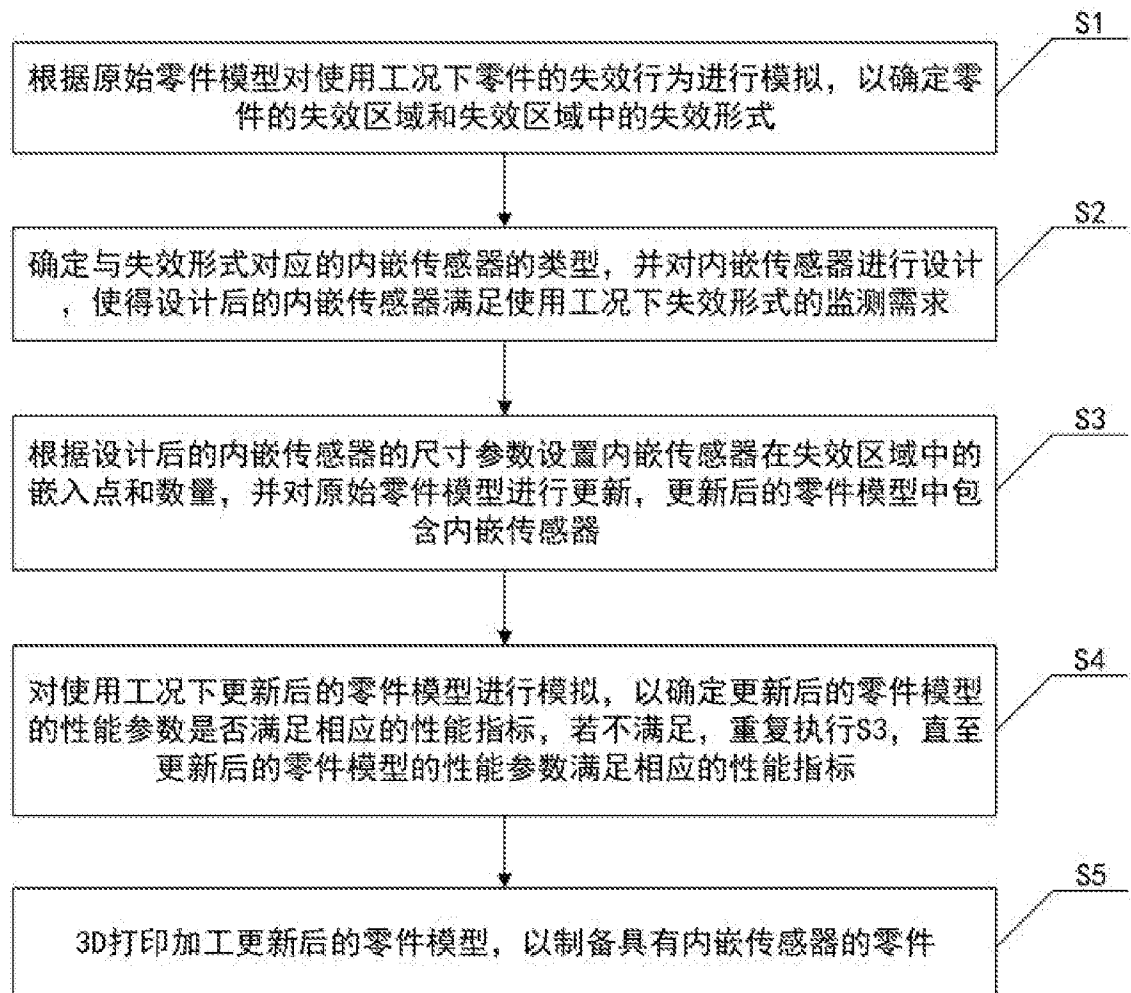


图 1

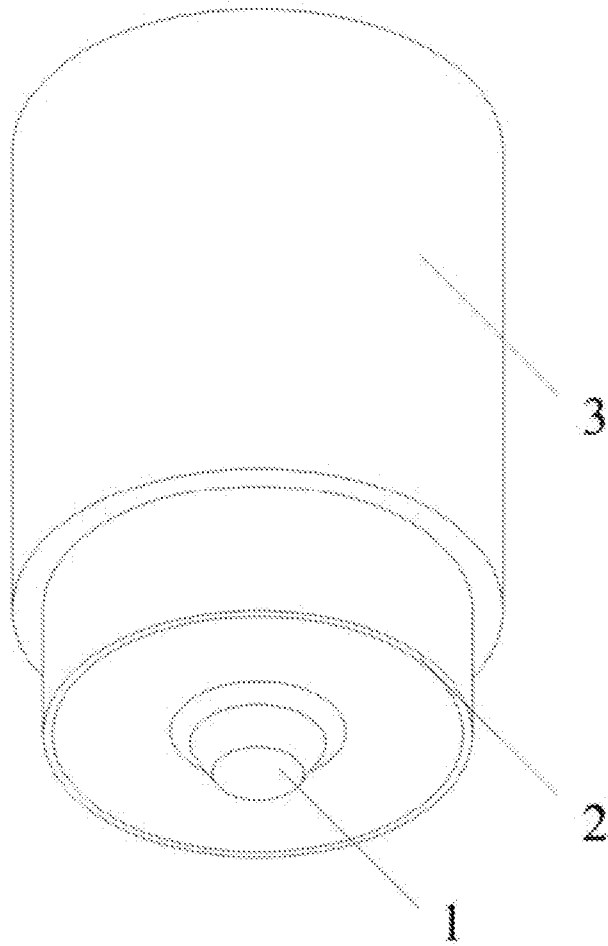


图 2A

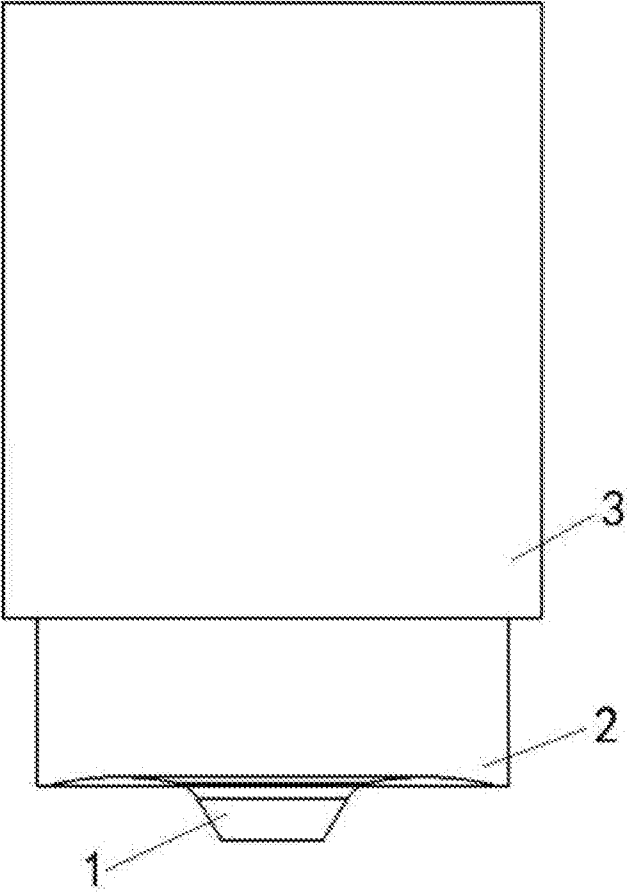


图 2B

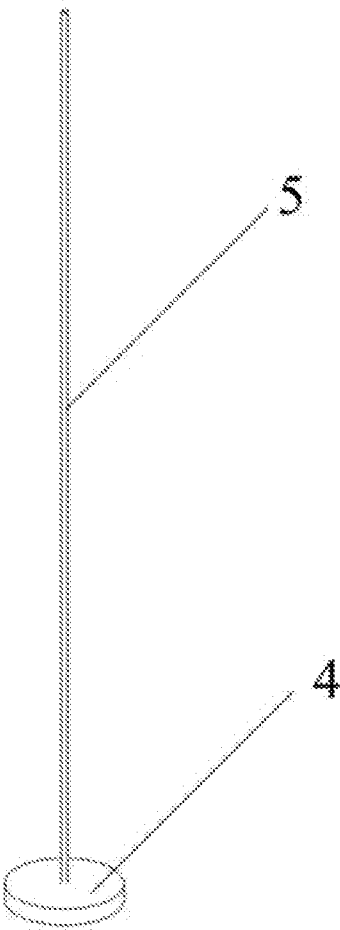


图 3

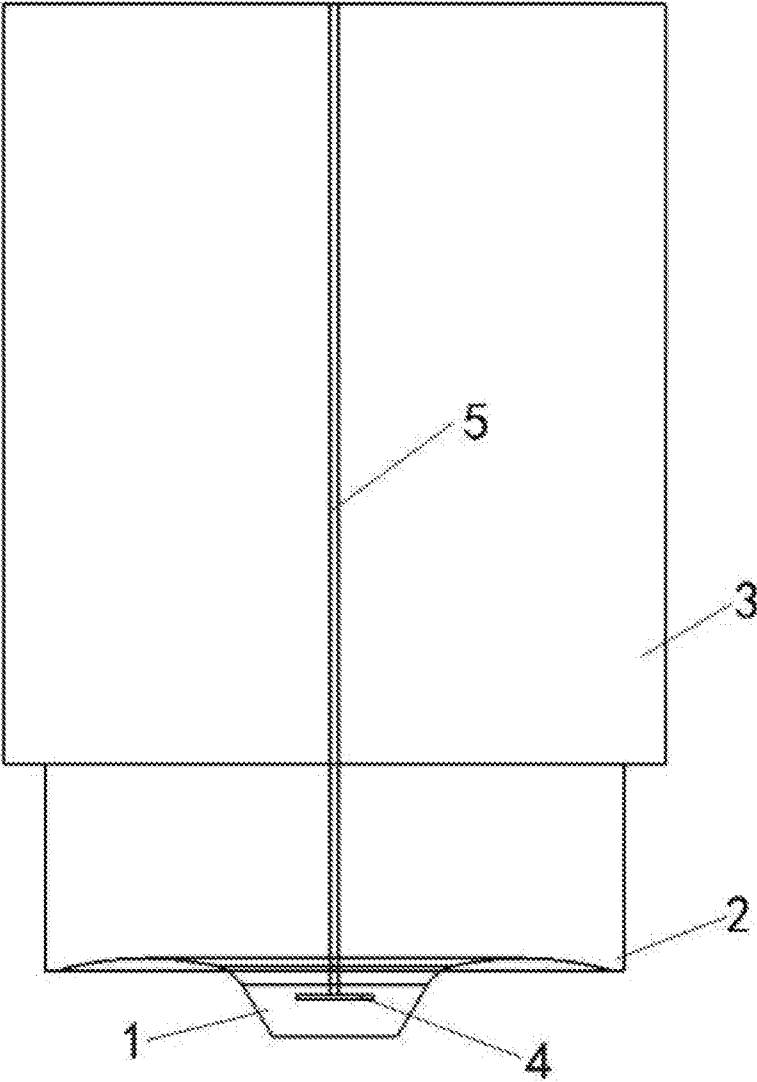


图 4

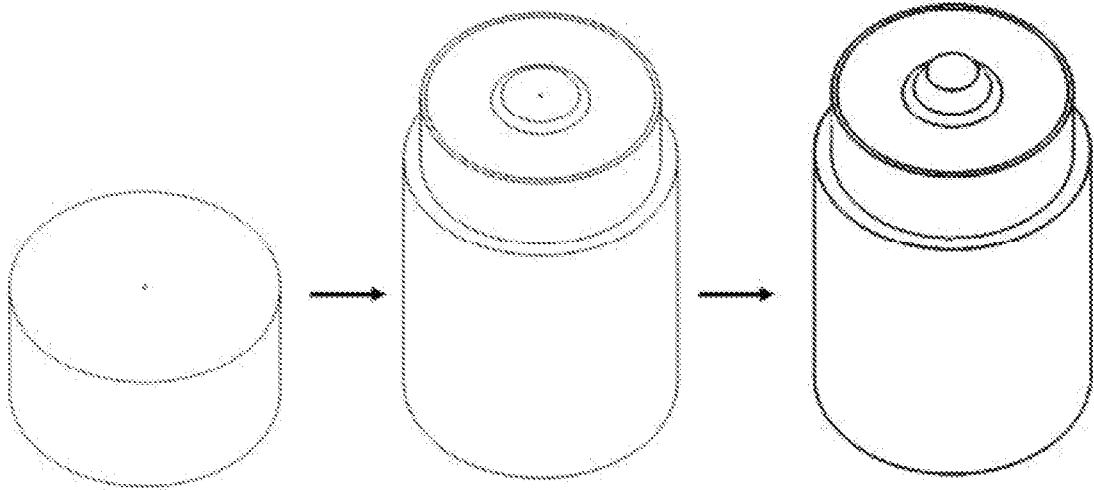


图 5A

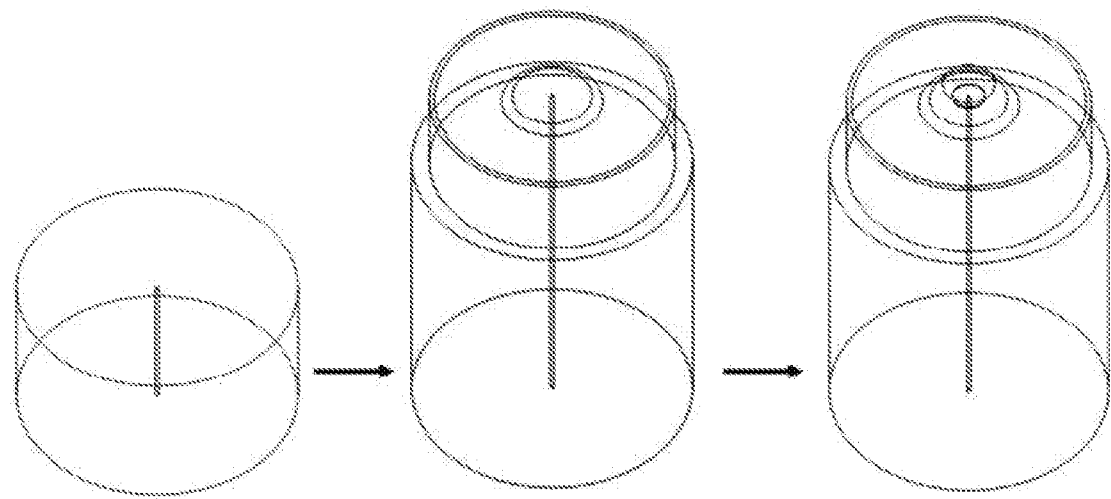


图 5B

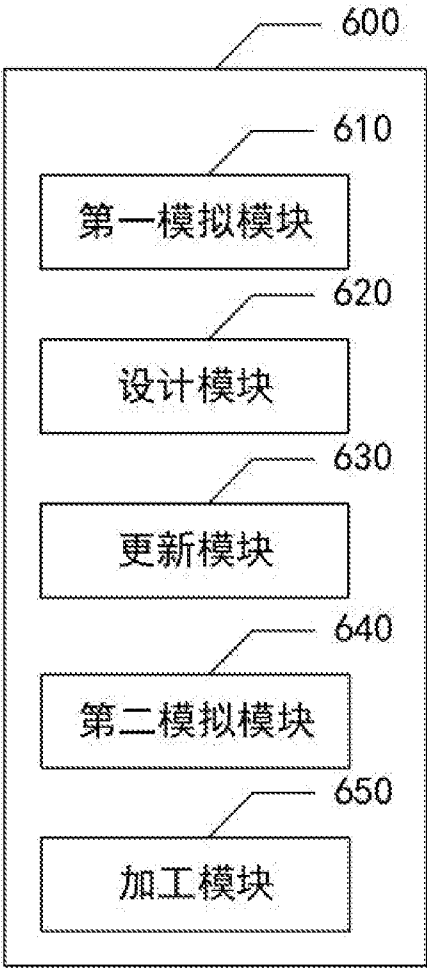


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/074536

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/17(2020.01)i; G06F 111/06(2020.01)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 30/-; G06F 111/-

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, CNKI, DWPI, SIPOABS: 3D, 打印, 传感器, 零件, 模型, 监测, 内嵌, 失效模拟, three dimensional, printing, sensor, parts, model, monitoring, embed, crash simulation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107958114 A (INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 24 April 2018 (2018-04-24) entire document	1-10
A	CN 106769039 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 31 May 2017 (2017-05-31) entire document	1-10
A	CN 108312493 A (TIANJIN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND EDUCATION) 24 July 2018 (2018-07-24) entire document	1-10
A	WO 2015112858 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP.) 30 July 2015 (2015-07-30) entire document	1-10



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

17 August 2021

Date of mailing of the international search report

02 September 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/074536

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	107958114	A	24 April 2018	None			
CN	106769039	A	31 May 2017	CN	106769039	B	08 November 2019
CN	108312493	A	24 July 2018	None			
WO	2015112858	A1	30 July 2015	EP	3097427	A1	30 November 2016
				US	2017286821	A1	05 October 2017
				US	9990576	B2	05 June 2018
				EP	3097427	B1	29 April 2020
				EP	3097427	A4	22 February 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/074536

A. 主题的分类

G06F 30/17(2020.01)i; G06F 111/06(2020.01)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)

G06F 30/-; G06F 111/-

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, CNKI, DWPI, SIPOABS:3D, 打印, 传感器, 零件, 模型, 监测, 内嵌, 失效模拟, three dimensional, printing, sensor, parts, model, monitoring, embed, crash simulation

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 107958114 A (中国科学院金属研究所) 2018年 4月 24日 (2018 - 04 - 24) 全文	1-10
A	CN 106769039 A (西安交通大学) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 全文	1-10
A	CN 108312493 A (天津职业技术师范大学) 2018年 7月 24日 (2018 - 07 - 24) 全文	1-10
A	WO 2015112858 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 2015年 7月 30日 (2015 - 07 - 30) 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

2021年 8月 17日

国际检索报告邮寄日期

2021年 9月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

艾攀

电话号码 86-(010)-62411707

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/074536

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	107958114	A	2018年 4月 24日	无			
CN	106769039	A	2017年 5月 31日	CN	106769039	B	2019年 11月 8日
CN	108312493	A	2018年 7月 24日	无			
WO	2015112858	A1	2015年 7月 30日	EP	3097427	A1	2016年 11月 30日
				US	2017286821	A1	2017年 10月 5日
				US	9990576	B2	2018年 6月 5日
				EP	3097427	B1	2020年 4月 29日
				EP	3097427	A4	2017年 2月 22日