

(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
2020 年 9 月 10 日 (10.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/177259 A1

- (51) 国际专利分类号:
C21D 1/667 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/095539
- (22) 国际申请日: 2019 年 7 月 11 日 (11.07.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910172393.7 2019年3月7日 (07.03.2019) CN
- (71) 申请人: 山东科技大学(SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。
- (72) 发明人: 李辉平(LI, Huiping); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。宁莉丹(NING, Lidan); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。邹

立平(ZOU, Liping); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。王晓伟(WANG, Xiaowei); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。李志超(LI, Zhichao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。贺连芳(HE, Lianfang); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。朱希斌(ZHU, Xibin); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。孙亚星(SUN, Yaxing); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。孙然(SUN, Ran); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。牟延杰(MU, Yanjie); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。肖慈超(XIAO, Cichao); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路 579 号, Shandong 266590 (CN)。

(54) **Title:** AEROSOL QUENCHING DEVICE, AND TEST SYSTEM AND TEST METHOD FOR INTERFACIAL HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF PART

(54) 发明名称: 气雾淬火装置、零件界面传热系数的测试系统及测试方法

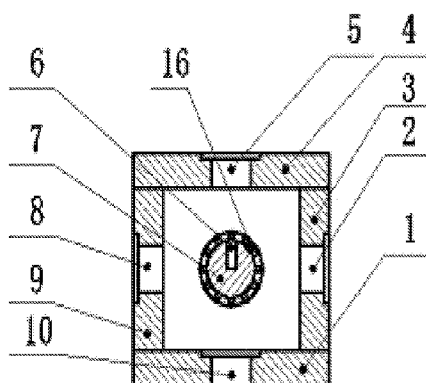


图 1(a)

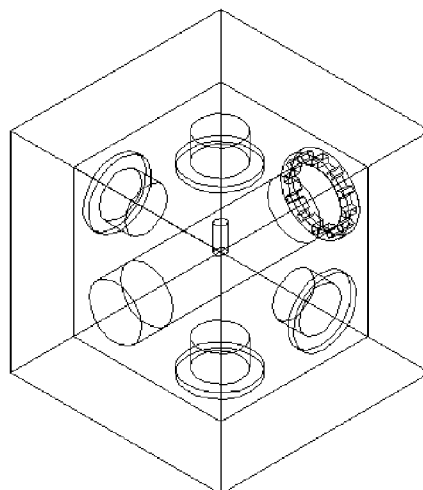


图 1 (b)

(57) **Abstract:** An aerosol quenching device, and a test system and test method for an interfacial heat transfer coefficient of a part. The aerosol quenching device comprises an accommodating cavity consisting of a plurality of plates; a rotating component (7) is mounted between the two opposite plates in the accommodating cavity; and a nozzle is installed and fixed at the rotating component (7), wherein an angle between the nozzle and an axis of a workpiece (13) can be adjusted; and workpiece clamping holes are formed in some plates forming the accommodating cavity and are used for fixing the workpiece (13) after the workpiece is placed (13). The angle of the nozzle can be changed; and quenching situations at different angles between the nozzle and the axis of the workpiece (13) can be obtained.



WO 2020/177259 A1

(CN)。周卫鲁(ZHOU, Weilu); 中国山东省青岛市黄岛区前湾港路579号, Shandong 266590 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司(JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国山东省济南市经十路17703号华特广场B308室, Shandong 250061 (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: 一种气雾淬火装置、零件界面传热系数的测试系统及测试方法, 其中, 气雾淬火装置, 包括由若干板所构成的容纳空腔, 所述容纳空腔中的呈相对的两块板之间安装有旋转部件(7), 所述旋转部件(7)上安装固定喷嘴, 实现喷嘴与工件(13)轴线之间的角度可调; 所述构成容纳空腔的部分个板上开设有工件装夹孔, 所述工件装夹孔在放置工件(13)后对工件(13)进行固定。喷嘴可变角度, 可以得到喷嘴与工件(13)轴线不同角度下的淬火情况。

气雾淬火装置、零件界面传热系数的测试系统及测试方法

技术领域

本公开涉及气雾淬火技术领域，特别是涉及气雾淬火装置、零件界面传热系数的测试系统及测试方法。

背景技术

电阻炉是利用电流使炉内电热元件或加热介质发热，从而对工件或物料加热的工业炉。它是利用电流通过电阻材料发生热能的加热炉，以电为热源，通过电热元件将电能转化为热能，在炉内对金属进行加热。电阻炉具有热效率高，热工精度容易控制，劳动条件好，炉体寿命长等优点，适用于要求较严的工件的加热，但耗电费用高。

电磁感应加热技术是在法拉第电磁感应定律的基础上发展起来的，是法拉第感应定律的一种应用形式。感应加热所遵循的主要原理是：电磁感应、集肤效应、热传导。为了将金属工件加热到一定的温度，要求工件中的感应电流尽可能地大，增加感应线圈中的电流，可以增加金属工件中的交变磁通，进而增加工件中的感应电流。与传统的加热方式相比，感应加热技术具有精确的加热深度和加热区域，并易于控制；易于实现高功率密集，加热速度快，效率高，能耗小；加热温度高，加热温度易于控制；加热温度由工件表面向内部传导或渗透；采用非接触式加热方式，在加热过程中不易掺入杂质，工件材料烧损小，氧化皮生成少，能在各种载气中工作，损耗极低，不产生任何物理污染，符合环保和可持续发展方针，是绿色环保型加热工艺之一。

感应加热表面淬火是利用电磁感应原理，在工件表面层产生密度很高的感应电流，迅速加热至奥氏体状态，随后快速冷却得到马氏体组织的淬火方法。当感应圈中通过一定频率的交流电时，在其内外将产生与电流变化频率相同的交变磁场。金属工件放入感应圈内，在磁场作用下，工件内就会产生与感应圈频率相同而方向相反的感应电流。由于感应电流沿工件表面形成封闭回路，通常称为涡流。此涡流将电能变成热能，将工件的表面迅速加热。涡流主要分布于工件表面，工件内部几乎没有电流通过，这种现象称为表面效应或集肤效应。感应加热就是利用集肤效应，依靠电流热效应把工件表面迅速加热到淬火温度的。感应圈用紫铜管制做，内通冷却水。当工件表面在感应圈内加热到一定温度时，立即喷水冷却，使表面层获得马氏体组织。

气雾淬火技术是将气雾喷射到加热后的钢板上，使钢板迅速冷却，达到淬火目的的一种方法。气雾淬火作为一种新型的淬火工艺，具有冷却能力强，淬火效果好的特点，且在板料处于低温时仍能保证较高的淬火速率；通过调节气体与水的比例及喷射速度可以实现冷却速率的控制。气雾淬火具有最大的淬火能力和淬火速率调节范围。气雾淬火可以提高冷却速率，增加传热系数，得到力学性能优良的淬火件。气雾淬火的喷出量是可以控制的，而且喷射到钢板上的截面是面状的，淬火时，组织转变均匀，清洁无污染，能耗低。气雾淬火的冷却能力强，气雾喷射到钢板上的速度快，力度大，可以冲破钢板上的氧化皮，可以将它吹下来，或者是由于重力的作用脱落下来，可以减轻后期处理氧化皮的工作。淬火工艺主要用于可以进行热处理强化的钢。

发明人在研究中发现，气雾淬火因其具有较好的冷却效果等优点，引起了人们的广泛关注，但其淬火机理的研究结果不尽相同，这在一定程度上削弱了气

雾淬火技术在工业上的实际应用。由于工件在气雾淬火过程中的应力和应变是难以测量的，因此研究人员通常采用数值模拟来求得工件的应力场和应变场，进而分析工件微观组织结构。但在利用数值模拟来模拟气雾淬火过程时，需要一系列的关键参数，包括工件材料的热物性参数、工件温度、气体流量（流速）、气体压力、液体温度、液体压力、液体流量（流速）、界面传热系数等。其中，界面传热系数是研究气雾淬火传热机理的关键参数之一，其准确程度直接影响温度场、应力应变场和组织场的求解精度。因此，精确的求解工件淬火表面与淬火介质之间界面传热系数，对于研究气雾淬火传热机理具有重要意义。

发明内容

为了解决现有技术的不足，本公开实施例子目的之一是提供了一种气雾淬火装置，该装置喷嘴可变角度，既可适用于感应加热淬火，也可适用于电阻炉加热淬火。

本公开实施例子公开了气雾淬火装置，该装置是通过以下技术方案实现的：

包括由若干板所构成的容纳空腔，所述容纳空腔中的呈相对的两块板之间安装有旋转部件，所述旋转部件上安装固定喷嘴，实现喷嘴与工件轴线之间的角度可调；

所述构成容纳空腔的部分个板上开设有工件装夹孔，所述工件装夹孔在放置工件后对工件进行固定。

本公开实施例子的上述装置涉及了喷嘴可变角度，可以得到喷嘴与工件轴线不同角度下的淬火情况，此外，该装置还可以实现将工件水平放置，对工件淬火表面进行淬火；将试件竖直放置，研究重力对淬火表面的影响。该装置可实现不同喷嘴角度、不同喷雾高度、不同工件直径、重力等条件下的气雾淬火

过程，然后通过得到的实验数据进一步对淬火后的工件进行组织及力学性能方面的分析，以评估工件气雾淬火效果。

本公开实施例子目的之二是提供了零件界面传热系数的测试系统，该测试系统基于上述的气雾淬火装置，是通过以下技术方案实现的：

所述喷嘴的气体入口端与空气压缩系统相连，所述空气压缩系统为喷嘴提供一定压力的气体，所述喷嘴的液体入口端与水泵系统相连，所述水泵系统为喷嘴提供液体水；

所述工件孔插入测温装置，所述测温装置将测量的工件的温度实时传输至计算机分析系统，所述计算机分析系统被配置为执行以下过程：

根据获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，估算淬火初始阶段的界面传热系数；

根据得到的初始阶段界面传热系数，模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合；

若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

本公开实施例子目的之三是提供了零件界面传热系数的测试方法，所述测试方法基于所述测试系统实现，是通过以下技术方案实现的：

将工件加热至设置温度，保温一定时间后，将工件固定在气雾淬火装置的工件装夹孔内；

利用喷嘴对工件淬火表面进行喷雾冷却；

经过喷雾淬火，将工件冷却到室温后，停止喷雾；

将喷雾冷却过程中零件淬火表面的温度实时传输至计算机分析系统，所述计算机分析系统被配置为执行以下过程：

根据获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，估算淬火初始阶段的界面传热系数；

根据得到的初始阶段界面传热系数，模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合；

若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

与现有技术相比，本公开的有益效果是：

本公开的气雾淬火装置涉及了喷嘴可变角度，可以得到喷嘴与工件轴线不同角度下的淬火情况，此外，该装置还可以实现将工件水平放置，对工件淬火表面进行淬火；将试件竖直放置，研究重力对淬火表面的影响。该装置可实现不同喷嘴角度、不同喷雾高度、不同工件直径、重力等条件下的气雾淬火过程，然后通过得到的实验数据进一步对淬火后的工件进行组织及力学性能方面的分析，以评估工件气雾淬火效果。

本公开的测试系统，可以得到不同气压、不同喷射角度、不同喷雾高度、气雾比、不同气流速度、不同工件直径时的界面传热系数，为气雾淬火工艺的数值模拟提供可靠的界面传热系数，提高气雾淬火工艺数值模拟结果的可靠性。

附图说明

构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解，本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开，并不构成对本公开的不当限定。

图 1 (a) 是本公开实施例适用于圆柱体零件气雾淬火装置的主视图；

图 1 (b) 是本公开实施例适用于圆柱体零件气雾淬火装置的三维视图；

图 2 是本公开实施例适用于圆柱体零件气雾淬火装置的左视图；

图 3 是本公开实施例适用于圆柱体零件气雾淬火装置的俯视图；

图 4 是本公开实施例适用于圆柱体零件气雾淬火装置的工作示意图；

图 5 是本公开实施例实验过程整体装置示意图；

图 6 是本公开实施例界面传热系数求解流程图；

其中：1、底板；2、右侧板工件装夹沉孔；3、右侧板；4、顶板；5、顶板工件装夹沉孔；6、喷嘴固定螺纹孔；7、喷嘴固定旋转轴；8、左侧工件装夹沉孔；9、左侧板；10、底板工件装夹沉孔；11、滑板；12、固定板；13、工件；14、前板；15、后板；16、刻度盘；17、保温套。

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

实施例一

该实施例提供了气雾淬火装置，该装置适用于圆柱体零件气雾淬火，包括基

本支撑装置、工件固定装置和喷嘴安装固定可调装置，其中，基本支撑装置起到基本的支撑作用，对气雾淬火装置的喷嘴、工件的放置等起到支撑作用，工件固定装置用于在气雾淬火时将工件固定在设定的位置，使得喷嘴对该工件进行气雾淬火工作，喷嘴安装固定可调装置用于安装喷嘴，实现喷嘴的角度可调，满足不同的角度的气雾淬火的需要。

在一实施例子中，参见附图 1 (a) -图 1 (b) 所示，基本支撑装置可包括底板 1、顶板 4、右侧板 3、左侧板 9、前板 14 和后板 15，上述位于不同位置的板共同构成一个容纳空腔，该容纳空腔可以为方形，且板与板之间采用螺钉联接，便于安装与拆卸，操作方便。

在一实施例子中，喷嘴安装固定可调装置包括喷嘴固定可旋转轴 7，刻度盘 16，其中喷嘴固定可旋转轴 7 上设有喷嘴固定所用螺纹孔 6，且喷嘴固定可旋转轴 7 的一端设置有轴肩，与刻度盘 16 相配合，采用螺钉固定，共同实现调节喷嘴与工件轴线的角度的目的。

在该实施例子中，可旋转轴作为轴类零件安装使用方便，便于操作，而且便于实现喷嘴角度可调的目的，当然，可旋转轴也可替换为可旋转的其他部件。

具体的，旋转轴安装在两块板上，板上有孔，轴放入孔内，旋转轴的两端，其中任意一端均可以设置成轴肩，具有轴肩的一端安装在前板上，前板上设置有刻度盘 16，其中轴的轴肩与刻度盘 16、板采用螺钉紧固。其中刻度盘 16 也可以与板做成一体，将刻度画在前板上，此时轴仍然放在前后板的两孔内，且轴的轴肩与板用螺钉紧固，同样可以达到喷嘴角度可调的目的。

参见附图 2、3 所示，用于安装固定喷嘴的旋转轴 7，固定于前板 14 和后板 15 上，带螺杆安装可调虹吸式喷嘴通过螺纹连接固定在旋转轴 7 上，通过调节

旋转轴，可以实现 $0\sim 90^\circ$ 喷雾淬火。当旋转轴转过 90° 时，即可实现工件轴线水平位置时的淬火表面喷雾淬火。

需要说明的是，安装固定喷嘴的旋转轴 7 固定于前板 14 和后板 15 上，其固定方式不限于附图 2，在板上开设滑槽，用螺钉固定旋转轴 7，此时便可达到喷嘴距离可变的的目的，并且旋转轴中间位置设有螺纹孔，用于安装喷嘴。

因此，气雾淬火装置可以实现将工件水平放置，对工件淬火表面进行淬火；将试件竖直放置，研究重力对淬火表面的影响。

在一实施例子中，参见附图 4 所示，工件固定装置包括工件装夹沉孔（分别为右侧板工件装夹沉孔 2、顶板工件装夹沉孔 5、左侧工件装夹沉孔 8、底板工件装夹沉孔 10）、滑板 11、固定块 12、保温套 17，其中，将工件安装沉孔设置成沉孔，可便于放置保温套，取放工件。

其中，位于竖直方向的工件装夹沉孔，包括顶板工件装夹沉孔 5、底板工件装夹沉孔 10；水平方向的工件装夹沉孔，包括左侧板工件装夹沉孔 8、右侧板工件装夹沉孔 2。沉孔的设置有利于工件的取与放。

侧板工件装夹沉孔，可用于工件水平放置，进而研究喷雾淬火影响因素。此时，将工件安装固定旋转轴旋转 90° ，即可对水平放置的工件淬火表面进行喷雾淬火。

底板工件装夹沉孔，可研究重力对喷雾淬火的影响，此时热电偶可采取焊接的方法来固定，以确保测温端与近淬火表面的接触。

工件装夹沉孔可以放置不同直径的工件，只要保温套和工件能够共同放置在工件装夹沉孔内，不掉落即可。

沉孔直径大于工件直径，工件装夹沉孔与工件 13 之间有间隙，其间隙处可

以装有保温套 17。其保温套厚度与工件直径之间可相互协调，实现不同工件直径气雾淬火的目的是。

当工件安装在顶板工件装夹沉孔 5 时，热电偶可以直接插入工件的孔内，淬火表面为工件底面；当工件安装在底板工件装夹沉孔 10 时，此时孔口朝下，因此热电偶需要采取一定的方式（比如焊接）与工件近淬火表面保持接触，以达到测温的目的。

气雾喷嘴，带螺杆安装可调虹吸式喷嘴固定于旋转轴 7 上，以对工件进行不同角度的气雾淬火，喷嘴角度在 $0\sim 90^{\circ}$ 之间可调。旋转轴 7 可安装在滑槽上，用螺钉固定，实现喷雾高度（喷嘴与工件淬火表面的距离）可调。

在进行使用时，对工件可进行感应加热或电阻炉加热，其中，感应加热，感应线圈设于工件的环向方向，其感应线圈与工件之间设有保温套，并且加热时依靠滑板 11 和固定块 12 对工件进行固定。

电阻炉加热，使用电阻炉加热到一定的温度，使用耐火钳将工件从炉内取出，置于工件装夹沉孔内，进行喷雾淬火。

实施例子二

该实施例提供了基于上述实施例子一的气雾淬火装置的零件界面传热系数的测试系统，参见附图 5 所示，喷嘴的液体入口端所在管路依次连接有流速计、止回阀、流量计、压力表、泵，所述流量计与压力表之间的管路与水桶相连，所述水桶的出口管路上设置有温度计。

喷嘴的气体入口端所在管路依次连接有流速计、止回阀、流量计、压力表及空气压缩机。

工件的孔插入有热电偶，所述热电偶将测量的温度通过数据采集仪传输至

电脑。

根据数据采集仪和电脑测温软件获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，采用软件界面传热系数反算系统，通过对淬火零件的温度场进行计算分析，估算淬火初始阶段的界面传热系数，根据得到的初始阶段界面传热系数，利用有限元软件模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合。若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

具体实施例中，将由实验获得的温度-时间数据，导入到 DEFORM 软件，利用 DEFORM 软件的 Inverse Heat Transfer 模块，对淬火零件的温度场进行计算分析，估算（给定）淬火过程的界面传热系数。基于初始的界面传热系数，DEFORM 软件将会运行一个淬火过程的仿真。最后 DEFORM 最优化程序将会对比仿真出来的时间-温度数据与实验得到的时间-温度数据，并且进行最优化计算直到达到一个最优值。最优化程序运行的主要步骤为：利用软件模拟淬火过程的数据，与实测温度进行对比，若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。所采用材料的不同，其界面传热系数与温度的关系不尽相同。

在另一实施例中，也可根据反传热原理，独立进行程序设计，来求解界面传热系数。

在该实施例子中，压力表两个，一个用于测量气体压力，另外一个测量水的压力（采用压力式喷嘴时需要用两个压力表）。

流量计两个，一个用于测量气体的流量，另外一个用于测量水的流量。止回阀两个，防止气体、液体回流。流速计两个，一个用于测量气体的流速，一个用于测量液体的流速。

作为一种优选的实施例子，为了节省成本，实验时，流量计和流速计可任选一种，通过公式可进行参数转换。

该系统可以得到不同气压、不同喷射角度、不同喷雾高度、气雾比、不同气流速度、不同工件直径时的界面传热系数，为气雾淬火工艺的数值模拟提供可靠的界面传热系数，提高气雾淬火工艺数值模拟结果的可靠性。

实施例子三

该实施例提供了基于零件界面传热系数的测试系统的测试方法，该方法采用感应加热，该方法具体为：

将工件利用固定块 12 和滑板 11 固定在感应线圈内侧，其中工件与感应线圈之间设有保护套 17。

将热电偶测温端插入工件孔内，另一端与数据采集仪连接起来。

数据采集仪通过 USB 接口与电脑相连，其电脑上安装有测温软件，利用该测温软件进行温度-时间冷却曲线的测量与数据采集。

带螺杆安装可调虹吸式喷嘴一端为气体入口，一端为液体入口。本实施方案中采用空气压缩泵提供一定压力的气体；采用水桶提供自来水。

开启空气压缩泵，调节气体压力，使空气压缩泵内存储一定压力的气体。

启动感应加热电源，对工件进行加热。待工件加热到所需温度后，关闭感应加热电源，停止加热。

将工件保温一段时间后，通过调节滑板和固定块，使工件和保温套位于工

件装夹沉孔内，开启空气压缩泵，带螺杆安装可调虹吸式喷嘴形成气雾，对工件淬火表面进行喷雾冷却。

经过喷雾淬火，将工件冷却到室温后，停止喷雾，关闭空气压缩泵。

根据数据采集仪和电脑测温软件获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，采用软件界面传热系数反算系统，通过对淬火零件的温度场进行计算分析，估算淬火初始阶段的界面传热系数，根据得到的初始阶段界面传热系数，利用有限元软件模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合。若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

实施例子四

该实施例提供了基于零件界面传热系数的测试系统的测试方法，该方法采用电阻炉加热，具体为：

将热电偶测温端采用一定的方式固定在工件的小孔内，将安装有热电偶的工件放入电阻炉内。采用随炉加热，可以确保工件加热温度的均匀性。

将热电偶另一端插入数据采集仪，数据采集仪通过 USB 接口与电脑相连，其电脑上安装有测温软件，利用该测温软件进行温度-时间冷却曲线的测量与数据采集。

设置电阻炉，利用电阻炉将工件加热到所需温度，保温一定时间，关闭电阻炉。

用耐火钳取出工件，置于圆柱体零件气雾淬火装置工件装夹沉孔内，其装夹沉孔与工件之间设有保温套。

带螺杆安装可调虹吸式喷嘴一端为气体入口，一端为液体入口。本实施方案中采用空气压缩泵提供一定压力的气体；采用水桶提供自来水。

开启空气压缩泵，调节气体压力，使空气压缩泵内存储具有一定压力的气体。带螺杆安装可调虹吸式喷嘴形成喷雾，对工件淬火表面进行喷雾淬火。

经过喷雾淬火，将工件冷却到室温后，停止喷雾，关闭空气压缩泵。

参见附图 6 所示，根据数据采集仪和电脑测温软件获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，采用软件界面传热系数反算系统，通过对淬火零件的温度场进行计算分析，估算淬火初始阶段的界面传热系数，根据得到的初始阶段界面传热系数，利用有限元软件模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合。若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

可以理解的是，在本说明书的描述中，参考术语“一实施例”、“另一实施例”、“其他实施例”、或“第一实施例～第N实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本公开的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

以上所述仅为本公开的优选实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

1. 气雾淬火装置，其特征是，该装置包括由若干板所构成的容纳空腔，所述容纳空腔中的呈相对的两块板之间安装有旋转部件，所述旋转部件上安装固定喷嘴，实现喷嘴与工件轴线之间的角度可调；

所述构成容纳空腔的部分个板上开设有工件装夹孔，所述工件装夹孔在放置工件后对工件进行固定。

2. 如权利要求1所述的气雾淬火装置，其特征是，所述旋转部件为旋转轴，所述旋转轴上设置有喷嘴固定所用螺纹孔，旋转轴的一端设置有轴肩，轴肩与刻度盘相配合，共同实现调节喷嘴与工件轴线的角度。

3. 如权利要求1所述的气雾淬火装置，其特征是，所述喷嘴与工件轴线的可调角度范围为 $0\sim 90^{\circ}$ 。

4. 如权利要求1所述的气雾淬火装置，其特征是，旋转轴采用滑槽的方式固定在呈相对的两块板上，喷嘴与工件淬火表面的距离可调。

5. 如权利要求1所述的气雾淬火装置，其特征是，所述工件装夹孔包括位于竖直方向的工件装夹沉孔及位于水平方向的工件装夹沉孔，沉孔直径大于工件直径，沉孔与工件之间的间隙处安装有保温套。

6. 如权利要求1所述的气雾淬火装置，其特征是，所述工件装夹孔在放置工件后利用滑板和固定块对工件进行固定。

7. 零件界面传热系数的测试系统，其特征是，该测试系统基于上述权利要求1-6任一所述的气雾淬火装置，所述喷嘴的气体入口端与空气压缩系统相连，所述空气压缩系统为喷嘴提供一定压力的气体，所述喷嘴的液体入口端与水泵系统相连，所述水泵系统为喷嘴提供液体水；

所述工件孔插入测温装置，所述测温装置将测量的工件的温度实时传输至

计算机分析系统，所述计算机分析系统被配置为执行以下过程：

根据获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，估算淬火初始阶段的界面传热系数；

根据得到的初始阶段界面传热系数，模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合；

若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

8. 如权利要求7所述的零件界面传热系数的测试系统，其特征是，所述空气压缩系统包括依次连接的第一流速计、第一止回阀、第一流量计、第一压力表及空气压缩机，所述第一流速计与喷嘴的气体入口端相连；

所述水泵系统包括依次连接的第二流速计、第二止回阀、第二流量计、第二压力表、泵，所述第二流量计与第二压力表之间的管路与水桶相连，所述水桶的出口管路上设置有温度计，所述第二流速计与喷嘴的液体入口端相连。

9. 零件界面传热系数的测试方法，其特征是，所述测试方法基于权利要求7、8任一所述测试系统实现，包括：

将工件加热至设置温度，保温一定时间后，将工件固定在气雾淬火装置的工件装夹孔内；

利用喷嘴对工件淬火表面进行喷雾冷却；

经过喷雾淬火，将工件冷却到室温后，停止喷雾；

将喷雾冷却过程中零件淬火表面的温度实时传输至计算机分析系统，所述计算机分析系统被配置为执行以下过程：

根据获得的零件淬火表面的温度-时间冷却曲线，估算淬火初始阶段的界面传热系数；

根据得到的初始阶段界面传热系数，模拟气雾淬火过程得到温度-时间冷却曲线，比较计算温度与实测温度是否吻合；

若不吻合，根据计算值与测定值的差值求出界面传热系数的修正值，用修正后的界面传热系数重新计算温度-时间冷却曲线，经过反复计算，使计算温度逼近实测温度，记录界面传热系数。

10. 权利要求 9 所述的零件界面传热系数的测试方法，其特征是，将工件加热采用感应加热或电阻炉加热，其中，感应加热，感应线圈设于工件的环向方向，其感应线圈与工件之间设有保温套，并且加热时依靠滑板和固定块对工件进行固定；

电阻炉加热，使用电阻炉将工件加热到一定的温度，将工件从炉内取出置于工件装夹沉孔内，进行喷雾淬火。

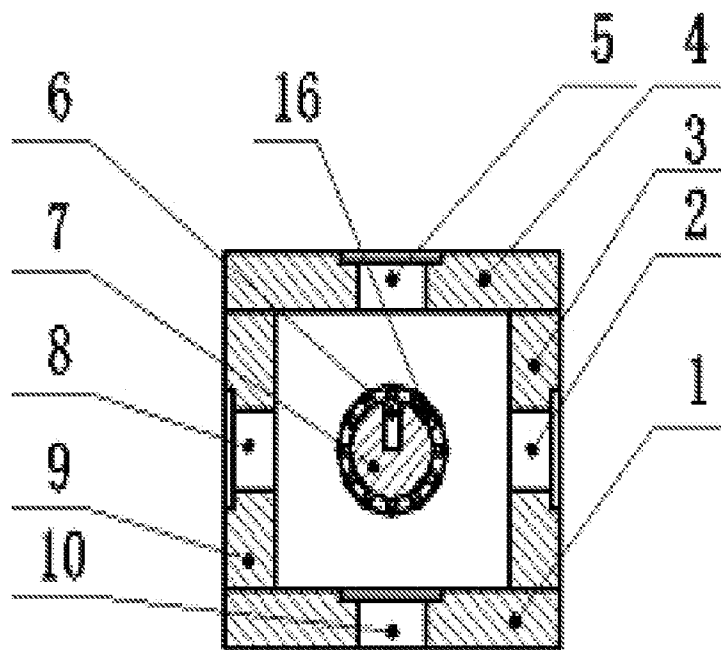


图 1(a)

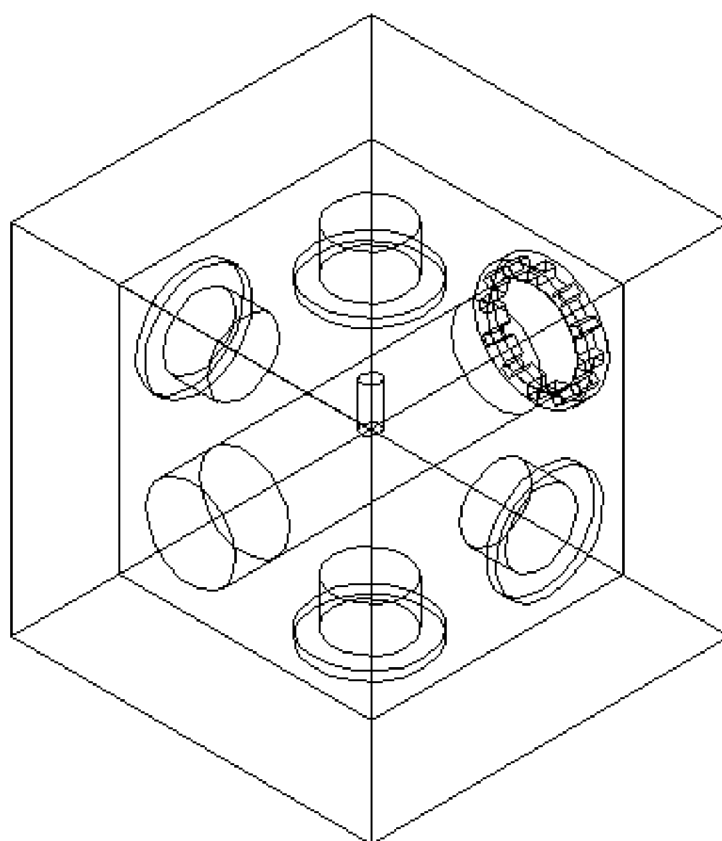


图 1 (b)

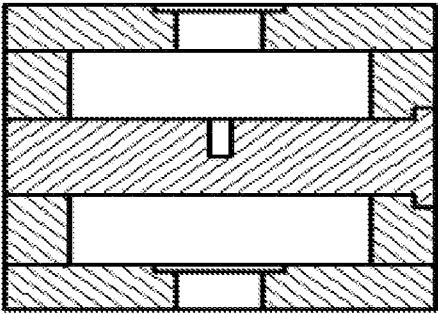


图 2

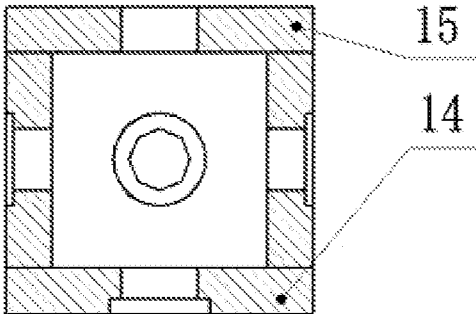


图 3

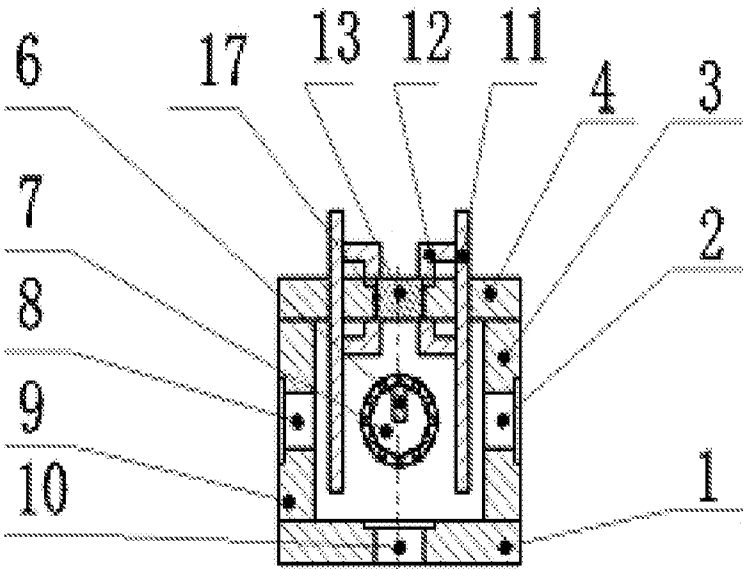


图 4

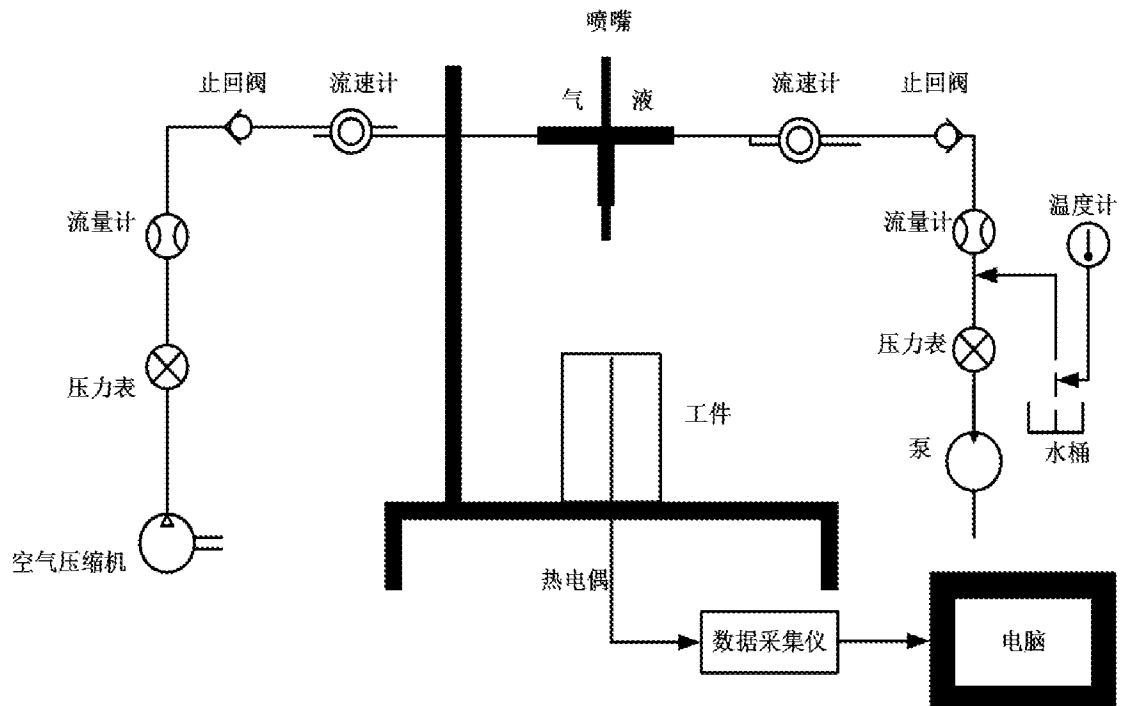


图 5

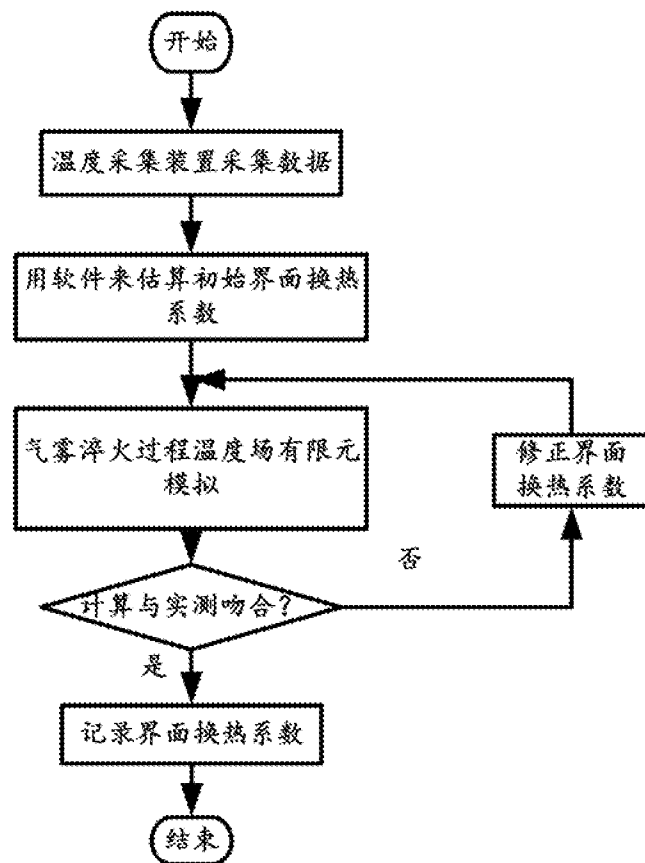


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/095539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 1/667(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)

C21D1, G01N25, G01N1

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, CNKI, CNTXT: 淬火, 传热系数, 导热系数, 退火, 气雾, 气体, 液体, 水, 喷雾, 喷嘴, 角度, 可调, 板, 孔 VEN, ISI
Web of Knowledge: quenching, aerosol, interfacial heat transfer coefficient, plate, hole, nozzle, gas, water, liquid**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109709143 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 03 May 2019 (2019-05-03) claims 1-10	1-10
Y	CN 103033531 A (SHANDONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 10 April 2013 (2013-04-10) description, paragraphs [0025]-[0029], and figures 1-3	1-10
Y	CN 101293229 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 29 October 2008 (2008-10-29) description, pages 2 and 3, and figures 1-4	1-10
A	CN 107442841 A (JIANGYIN YONGCHANG TRAFFIC MACHINERY PARTS CO., LTD.) 08 December 2017 (2017-12-08) entire document	1-10
A	CN 102308008 A (IHI CORPORATION) 04 January 2012 (2012-01-04) entire document	1-10
A	CN 106112588 A (HENAN SENYUAN ELECTRIC CO., LTD.) 16 November 2016 (2016-11-16) 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

26 September 2019

Date of mailing of the international search report

22 October 2019

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

International application No.

PCT/CN2019/095539

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 206373806 U (SHANDONG WEIFANG FOTON MOULD CO., LTD. et al.) 04 August 2017 (2017-08-04) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/095539

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109709143	A	03 May 2019	None			
CN	103033531	A	10 April 2013	CN	103033531	B	05 August 2015
CN	101293229	A	29 October 2008	CN	101293229	B	02 June 2010
CN	107442841	A	08 December 2017	None			
CN	102308008	A	04 January 2012	JP	2014141747	A	07 August 2014
				US	9181600	B2	10 November 2015
				KR	20110102438	A	16 September 2011
				JP	5821987	B2	24 November 2015
				JP	5545223	B2	09 July 2014
				CN	102308008	B	03 June 2015
				KR	101314835	B1	04 October 2013
				US	2011275024	A1	10 November 2011
				DE	112009004328	T5	26 January 2012
				JP	WO2010092659	A1	16 August 2012
				WO	2010092659	A1	19 August 2010
				DE	112009004328	B4	05 December 2013
CN	106112588	A	16 November 2016	CN	106112588	B	04 January 2019
CN	206373806	U	04 August 2017	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/095539

A. 主题的分类 C21D 1/667(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) C21D1, G01N25, G01N1 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, CNKI, CNTXT: 淬火, 传热系数, 导热系数, 退火, 气雾, 气体, 液体, 水, 喷雾, 喷嘴, 角度, 可调, 板, 孔 VEN, ISI Web of Knowledge: quenching, aerosol, interfacial heat transfer coefficient, plate, hole, nozzle, gas, water, liquid																										
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>PX</td> <td>CN 109709143 A (山东科技大学) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 权利要求1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103033531 A (山东科技大学) 2013年 4月 10日 (2013 - 04 - 10) 说明书0025-0029段, 附图1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101293229 A (东北大学) 2008年 10月 29日 (2008 - 10 - 29) 说明书第2-3页, 图1-4</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107442841 A (江阴市永昌交通机械部件有限公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102308008 A (株式会社 IHI) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106112588 A (河南森源电气股份有限公司) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 206373806 U (山东潍坊福田模具有限责任公司等) 2017年 8月 4日 (2017 - 08 - 04) 全文</td> <td>1-10</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	PX	CN 109709143 A (山东科技大学) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 权利要求1-10	1-10	Y	CN 103033531 A (山东科技大学) 2013年 4月 10日 (2013 - 04 - 10) 说明书0025-0029段, 附图1-3	1-10	Y	CN 101293229 A (东北大学) 2008年 10月 29日 (2008 - 10 - 29) 说明书第2-3页, 图1-4	1-10	A	CN 107442841 A (江阴市永昌交通机械部件有限公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 全文	1-10	A	CN 102308008 A (株式会社 IHI) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04) 全文	1-10	A	CN 106112588 A (河南森源电气股份有限公司) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 全文	1-10	A	CN 206373806 U (山东潍坊福田模具有限责任公司等) 2017年 8月 4日 (2017 - 08 - 04) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 109709143 A (山东科技大学) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 权利要求1-10	1-10																								
Y	CN 103033531 A (山东科技大学) 2013年 4月 10日 (2013 - 04 - 10) 说明书0025-0029段, 附图1-3	1-10																								
Y	CN 101293229 A (东北大学) 2008年 10月 29日 (2008 - 10 - 29) 说明书第2-3页, 图1-4	1-10																								
A	CN 107442841 A (江阴市永昌交通机械部件有限公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 全文	1-10																								
A	CN 102308008 A (株式会社 IHI) 2012年 1月 4日 (2012 - 01 - 04) 全文	1-10																								
A	CN 106112588 A (河南森源电气股份有限公司) 2016年 11月 16日 (2016 - 11 - 16) 全文	1-10																								
A	CN 206373806 U (山东潍坊福田模具有限责任公司等) 2017年 8月 4日 (2017 - 08 - 04) 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 2019年 9月 26日		国际检索报告邮寄日期 2019年 10月 22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 王海玲 电话号码 62084032																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/095539

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	109709143	A	2019年 5月 3日	无	
CN	103033531	A	2013年 4月 10日	CN 103033531	B 2015年 8月 5日
CN	101293229	A	2008年 10月 29日	CN 101293229	B 2010年 6月 2日
CN	107442841	A	2017年 12月 8日	无	
CN	102308008	A	2012年 1月 4日	JP 2014141747	A 2014年 8月 7日
				US 9181600	B2 2015年 11月 10日
				KR 20110102438	A 2011年 9月 16日
				JP 5821987	B2 2015年 11月 24日
				JP 5545223	B2 2014年 7月 9日
				CN 102308008	B 2015年 6月 3日
				KR 101314835	B1 2013年 10月 4日
				US 2011275024	A1 2011年 11月 10日
				DE 112009004328	T5 2012年 1月 26日
				JP W02010092659	A1 2012年 8月 16日
				WO 2010092659	A1 2010年 8月 19日
				DE 112009004328	B4 2013年 12月 5日
CN	106112588	A	2016年 11月 16日	CN 106112588	B 2019年 1月 4日
CN	206373806	U	2017年 8月 4日	无	