

(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
2016年5月12日 (12.05.2016)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2016/070780 A 1

- (51) 国际分类号 :
5 23K 9/(94) 5 23K 9 18 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2015/093638
- (22) 国际申请日 : 2015 年 11 月 3 日 (03. 11.2015)
- (25) 中 介 言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 :
2014 10617509.0 2014 年 11 月 4 日 (04. 11.2014) CN
- (71) 申请人 南方增材科技有限公司 (NANFANG ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省佛山市南海区狮山镇, Guangdong 528225 (CN)。
- (72) 发明人:王华明 (WANG, Huaming); 中国广东省佛山市南海区狮山镇, Guangdong 528225 (CN)。
- (74) 代理人:北京华夏正合知识产权代理事务所 (普通合伙) (CHINA ZHENGHE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国北京市西城区西直门外大街 1 号院西环广场 2 号楼 17 层 C 5 室, Beijing 100044 (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, 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, KN, KP, KR, 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))。

- (54) Title: SUBMERGED ARC WELDING METHOD FOR FORMING METAL STRUCTURE
- (54) 发明名称: 一种金属构件埋弧堆焊成形方法

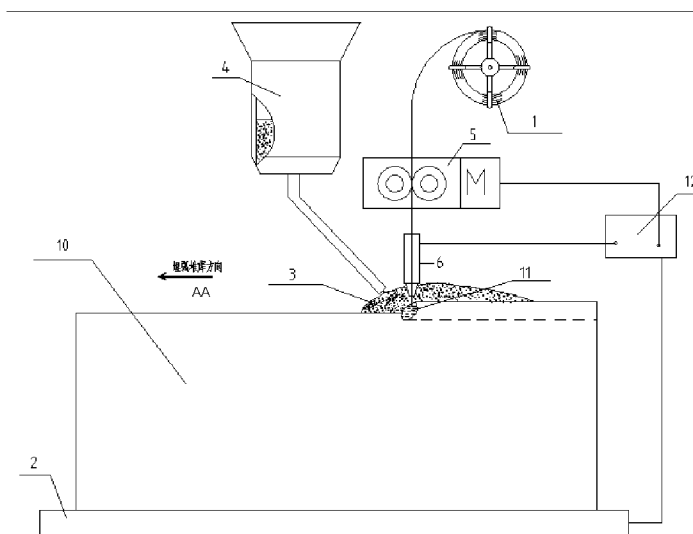


图1 / FIG. 1

AA SUBMERGED ARC WELDING DIRECTION

(57) Abstract: A submerged arc additive manufacturing method for a metal structure having great mechanical properties. The submerged arc welding method for forming the metal structure is such that: two electrodes of a welding power source (12) respectively are connected to a welding torch (6, 401, 602, and 603) and to a substrate (2, 201, 202, and 203), a granular flux (3, 301, 302, and 303) and a metal welding wire (1, 101, 102, and 103) are simultaneously conveyed onto a surface of the substrate, power is turned on, an electric arc is produced between the substrate and the welding wire covered by the flux, thus allowing the welding wire and the surface of the substrate to be partly molten to form a weld pool on the surface of the substrate, conveyance of the welding wire and the flux is continued, and relative movement paths of the welding torch and of the substrate are controlled on the basis of modulus data of parts, thus implementing layer-by-layer hardfacing deposition on the substrate to form the metal structure.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/0 0780 A1



一种具有良好力学性能的金属构件埋弧增材制造方法。该金属构件埋弧堆焊成形方法为：将焊接电源（12）的两极分别接至焊枪（6,401,602,603）和基材（2,201,202,203），同步输送颗粒状焊剂（3,301,302,303）及金属焊丝（1,101,10²,10³）于基材表面，接通电源，焊丝在焊剂覆盖下与基材之间产生电弧，使焊丝及基材表面局部熔化，在基材表面形成熔池，持续输送焊丝与焊剂，根据零件数模数据控制焊枪与基材的相对移动轨迹，实现在基材上逐层堆焊沉积，成形出金属构件。

一种金属构件埋弧堆焊成形方法

技术领域

本发明涉及一种金属构件埋弧堆焊成形方法。

背景技术

目前，重型设备行业关键构件如核电、石化行业压力容器所用低合金高强度钢、耐热合金材料，冶金辊子钢、电站转子钢等构件材料主要采用铸锻技术实现，使用数百吨级大型钢锭冶炼、铸造和万吨液压机等重型锻造工业装备锻压成形，并辅以最终机加工。该传统方法基本能够满足技术质量要求，但制造工序繁多、生产周期长、材料利用率低，导致构件成本高昂；另一方面，由于铸造技术和锻造压机吨位的限制，大型设备如核电、石化容器主要采用分段锻制后再多段组焊的方式解决，铸锻工艺的问题将直接影响了后续的焊接和机加工，因此造成整体工艺复杂、化学与力学性能控制难度大，质量稳定性差，废品率高的缺点。同时现有的这种制造工艺组合也难以满足新型产品快速研制和批量生产的进度要求。

埋弧堆焊技术，作为最基本埋弧增材制造方法之一，由于其生产效率高，堆焊质量好等优点，在各行业包括容器分段筒体组焊，辊子钢的堆焊修复，以及特殊件内壁堆焊不锈钢工艺等方面被广泛应用。但对于希望利用该技术在大型工件快速增材制造，也即直接埋弧堆焊成形方面，由于诸多工艺难点还鲜有实际应用。这些难点包括整体系统设备的设计制造；对应成形工件的焊丝和焊剂的研发和制备；以及最重要的，攻克重型金属构件大尺寸和复杂形状的埋弧堆焊成形过程中裂纹、气孔、化学偏析等。如何研发并稳定成熟埋弧增材制造工艺，满足要求越来越高的各行业重型金属构件的力学和化学性能是一个重大的课题。

发明内容

有鉴于此，本发明的主要目的在于，提供一种高效、具有良好力

学性能的金属构件埋弧增材制造方法。

本发明的金属构件埋弧堆焊成形方法为：将焊接电源的两极分别接至焊枪和基材，同步输送颗粒状焊剂及金属焊丝于基材表面，接通电源，焊丝在焊剂覆盖下与基材之间产生电弧，使焊丝及基材表面局部熔化，在基材表面形成熔池，持续输送焊丝与焊剂，根据零件数模数据控制焊枪与基材的相对移动轨迹，实现在基材上逐层堆焊沉积，成形出金属构件。

在本发明中，根据成形金属构件材料不同，制备所需焊丝，根据成形金属构件材料不同，直径为 2mm ~ 8mm。焊剂由氧化物、或者氧化物与氟化物、或者氧化物与钨化物及金属粉末组成，在成形过程中参与熔池元素反应，调整熔池中合金元素，改善成形工件的力学性能，降低生产成本。

在本发明中，所使用的电源是直流电源或交流电源，在使用直流电源时，所述焊丝接正极或负极，根据焊丝直径的不同，电流为 200A ~ 2000A，电压为 20V ~ 50V。

在本发明中，根据成形工件材料和尺寸要求，对基材或焊层进行加热或冷却，控制基材或焊层的温度为 100~400℃，从而获得晶粒细密、无宏观偏析、组织均匀的材料，极大的改善成形工件的塑性、韧性和高温蠕变等力学性能，另外高温熔池对下一层热影响区沉积金属层进行热处理，工件逐层进行自回火热处理，晶粒更为细密，组织更为稳定。

在本发明中，根据成形金属构件的尺寸、形状和效率要求，焊枪的数量为 1~100 个，多焊枪排布时，相邻焊枪间距为 50~500mm。

在本发明中，基材用于为构件成形提供工装支撑，其尺寸、形状按照堆焊金属要求设计制作，厚度不小于 5mm；另外根据生产要求不同，基材可选用与堆焊金属相同或不同的材料，在金属堆焊完成后，基材可予以保留作为成形构件一部分或通过后续机加工去除。

本发明的方法可用于 SA508-3、SA387F22、SA182F11、12%Cr、316LN、3.5%NiCrMoV、3.5NiMoV、30Cr2Ni4MoV 或 24Cr2NiMoIV

材料构件的成形制造。

本发明的金属构件埋弧增材制造方法可用于反应堆压力容器、电站转子、加氢反应器筒体、核电站蒸发器筒体、核电站压力容器筒体或核电站稳压器筒体的成形制造。

本发明摆脱了复杂的工装、模具和专用工具的约束，成形即为近净形坯件，生产后只需少量精加工，大大简化加工工序，缩短产品周期；所成形工件具有媲美传统锻造工艺的力学和化学性能，强度、韧性、耐蚀等性能均十分突出；本发明的方法可用于各行业重型金属构件如低合金钢、耐热钢、不锈钢、镍基合金材料的成形与生产。

附图说明

- 图 1 为用于说明金属构件埋弧堆焊方法的示意图；
- 图 2 为用于说明实施例 1 中的制造方法的示意图；
- 图 3 为用于说明实施例 2 中的制造方法的示意图；
- 图 4 为用于说明实施例 3 中的制造方法的示意图；
- 图 5 为用于说明实施例 4 中的制造方法的示意图。

具体实施方式

图 1 为金属构件埋弧增材制造方法的示意说明图。图中部件是示意性的，其实际形状与尺寸关系等不受图示限制。

结合图 1，该制备方法是將焊丝 1 熔化而逐层（图 1 中所示为堆积至第 N 层时的状态）堆焊在基材 2 上，从而最终形成所需的金属构件。如图 1 所示，在本实施方式中，送丝机构 5 经由焊枪 6 向金属制的基材 2 一侧的成形部位不断输送焊丝 1（具体成分根据所要形成的材料材质等设定），其上覆盖颗粒状焊剂 3（使用送粉机构 4 向成形部位输送），焊枪 6（焊丝 1）与基材 2 接电源 12 两极，成形时电源电压使焊丝 1（的端部）与基材 2 之间形成电弧产生电弧热，电弧热使焊丝、焊剂熔化，在基材表面形成熔池，控制送丝机构 5 和送粉机构 4 持续输送焊丝 1 与焊剂 3，并控制焊枪 6 与基材 2 相对移动和基

材 2 温度，使熔池凝固并逐层堆焊沉积在基材 2 上，最终实现金属构件埋弧堆焊增材制造成形。

另外，控制装置（计算机）根据零件数模（数值模拟）数据控制焊枪与基材的相对移动轨迹。

在本发明中，焊丝 1 根据不同材料要求特殊制备，形态可以是圆棒状、带状，直径设定为 2~8mm，具体可根据成形金属构件材料不同来设定。

在本发明中，焊剂 3 覆盖在熔池上，使用焊剂 3 的作用包括：覆盖电弧，防止电弧飞溅；覆盖熔池 11，隔绝空气，使熔池金属免受空气中氧、氮、氢等的侵害；对熔池金属形成保温；冶金反应过程中去除杂质、掺入合金；形成的渣池以机械方式保护堆焊金属 10 良好成形等。

在本发明逐层成形的过程中，焊丝在下层金属表面形成熔池，熔滴以射流形态进入熔池后凝固使两层金属形成一体，实现分层成形，整体融合，保证了所形成材料的整体质量。根据成形材料的不同，控制基材 2 或堆焊金属预热（或冷却）使层间温度为 100~450℃，实现熔池快速冷却，细化晶粒，并且高温熔池对下一层热影响区沉积金属层进行热处理，逐层进行自回火热处理，晶粒更为细密，组织更为稳定。采用本实施方式的制备方法成形的金属构件材料，无宏观化学偏析、综合力学性能良好且无方向性、晶粒细密，达到 7 级以上。

采用本实施方式的制备方法，原料丝利用率接近 100%；相比现有的加工技术（锻造、铸造等），制造工序少（不需要复杂的热处理），周期短，效率高，超低碳超细晶高强度钢材料的机械加工余量非常小，同时减少了精加工时间及节约了大量的材料。本发明的方法可用于 SA508-3、SA387F22、SA182F1 1、12%Cr、316LN、3.5%NiCrMoV、3.5NiMoV、30Cr2Ni4MoV 或 24Cr2Ni1MoV 材料构件的成形制造。另外，可用于反应堆压力容器、电站转子、加氢反应器筒体、核电站蒸发器筒体、核电站压力容器筒体或核电站稳压器筒体的成形制造。

【实施例 1】

法兰盘的卧式制作。本实例描述通过埋弧堆焊成形方法制作法兰的过程，材料为 40Cr，基材材料 Q235，所使用的设备包括：

(1) 回转支撑台；(2) 电源；(3) 焊枪；(4) 自动送丝装置；(5) 焊剂自动输送与回收装置；(6) 加热装置；(7) 冷却装置；(8) 基材；(9) 中央控制装置 (计算机)。

图 2 为用于表示本实施例的埋弧增材制造方法的示意性说明图，图中省略了电源、自动送丝装置等装置。如图 2 所示，焊丝 101 特殊制备，C 元素：0.09-0.10%，其它元素按照 SA508Gr3CII 要求，直径 4mm，数量 2 个 (即焊枪 401a、401b，下面说明中统称为焊枪 401)，焊剂为核电用烧结焊剂 SJ603，电源为直流电源，焊枪 401 (焊丝 101) 接电源负极，基材 201 接电源正极 (提高成形效率)，工艺参数为：电流 700A，电压 35V，焊枪 401 与基材 201 相对移动速度 500 ~ 600mm/min，采用金属构件埋弧增材制造方法制作环形金属构件，其实施步骤如下：

(1) 将圆筒形的基材 201 的轴线竖直配置，支撑在回转支撑台上，2 个焊枪 401 (401a, 401b) 布置在基材 201 的上方，调整好每个焊枪 401 与基材 201 表面 (外周面) 的距离，选取焊接的起点；

(2) 将焊丝 101 与焊剂 301 送至基材 201 表面，启动电源，导入高能热源，熔化焊丝 101 及焊剂 301，同时转动基材 201 (以图中 X 轴为中心转动)，开始每个焊枪 401 第一层第一道 (每一层由轴向排列的多道构成) 的沉积；

(3) 当焊枪 401 与焊接起点之间形成一段距离后，开始启动焊剂回收装置 (未示出) 将其未熔化的焊剂 301 收回，露出渣壳并将其清除，以便于下一道的沉积 (堆积)；随后启动冷却装置或加热装置对沉积金属进行冷却或加热，将其基体 (第一层时是指基材 201，其他层时是指前一层堆积金属) 的温度控制在 200 ~ 300℃；

(4) 当基材 201 转动一圈完成第一道沉积时，在控制装置的控制下，所有焊枪 401 同时往左直线移动 3/4 熔道宽度距离，同时调整各焊枪 401 与基材 201 的表面之间的距离，以保证焊接的稳定性，之后开始第一层第二道的沉积成形，此过程中要保证其左右圈道间搭接良好；

(5) 当第二道完成后，重复步骤(4)再完成其它的沉积道的成形；本实施例中，法兰左侧台阶部的厚度小于右侧台阶部的厚度，因而左侧的焊枪401a先于右侧的焊枪401a完成一层沉积，此时，在中央控制装置的控制下，焊枪401a停止，而焊枪401b继续向左移动。

(6) 当完成第一层的沉积后，所有焊枪401自动提升一层沉积厚度(即层厚)之高度，开始第二层的第一道沉积，第一层焊枪401的结束点即为第二层第一道的开始点，连续沉积；

(7) 当第二层第一道沉积完成后，所有焊枪401同时往右直线移动 $3/4$ 熔道距离，同时各焊枪401自动调整其与基材之间的距离，以保证成形的稳定性，开始第二层第二道的沉积，使其左右圈道间搭接良好；

(8) 当完成第二层第二道沉积完成时，重复步骤(7)，再完成其它的沉积道，以至完成第二层的沉积；

(9) 重复步骤(6)至步骤(8)，再完成其它沉积层，此过程中，相邻沉积层焊枪的移动方向相反，最终连续沉积形成法兰。

【实施例2】

本实例描述通过卧式埋弧增材制造方法制作CPR1000核电站核电常规岛整体低压转子，材料30Cr2Ni4MoV，基材选用42CrMo棒材，所使用的设备包括：

- (1) 回转支撑台；
- (2) 焊接电源；
- (3) 焊枪；
- (4) 自动送丝装置；
- (5) 辅料自动输送与辅料自动回收装置；
- (6) 加热装置；
- (7) 冷却装置；
- (8) 基材；
- (9) 控制装置。

图2为用于表示本实施例的埋弧增材制造方法的示意性说明图，图中省略了电源、自动送丝装置等装置。材料电源参数如下：

1) 选用焊丝 102、直径 3mm , C 含量 0.15-0.18 , 其它元素依据 30Cr2Ni4MoV 要求 ;

2) 21 个焊枪 602;

3) 电源为直流电源 , 采用焊枪 602 接电源正极 , 基材 202 接电源负极 ;

4) 焊接工艺参数为 : 电流 600A , 电压 30V , 焊枪 602 与基材 202 相对移动速度 400 ~ 500mm/min;

5) 基材 202 为 42CrMo 棒材,直径 200mm , 长 13 米。

采用金属构件埋弧增材制造方法制作构件 , 其实施步骤如下 :

(1) 将基材 202 的轴线水平配置 , 并支撑在支撑滚轮架 402 上 , 先将 21 个焊枪 602 以 500mm 的间距 (通过中央控制装置精确定位和排布) 平均横向布置在基材 202 的上方 , 且调整好每个焊枪与基材 202 表面 (外周面) 的距离 , 并选取焊接的起点 ;

(2) 将焊丝 102 与焊剂 302 送至基材 202 表面 , 启动电源 , 导入高能热源 , 熔化焊丝及焊剂 , 同时转动基材 202 , 开始每个焊枪第一层第一道 (每一层由轴向排列的多道构成) 的沉积 ;

(3) 当焊枪 602 与焊接起点之间形成一段距离后 , 开始启动焊剂 302 回收装置将其未熔化的焊剂 302 收回 , 露出渣壳并将其清除 , 以便于下一道的沉积 (堆积) ; 随后启动冷却装置或加热装置对沉积金属进行冷却或加热 , 将其基体 (第一层时是指基材 202 , 其他层时是指前一层堆积金属) 的温度控制在 200 ~ 300 ℃ ;

(4) 当基材 202 转动一圈完成第一道沉积时 , 在控制装置的控制下 , 所有焊枪 602 同时往左直线移动 3/4 熔道宽度距离 , 同时调整各焊枪 602 与基材 202 的表面之间的距离 , 以保证焊接的稳定性 , 之后开始第一层第二道的沉积成形 , 此过程中要保证其左右圈道间搭接良好 ;

(5) 当第二道完成后 , 重复步骤 (4) 再完成其它的增材成形 , 当达到最后一道时 , 其相邻焊枪 602 的最后一道结束点与第一道起点要搭接良好 , 以至完成第一层的沉积 ;

(6) 当完成第一层的沉积后 , 所有焊枪 602 自动提升一层沉积厚度

(即层后)之高度,第一层焊枪 602 的结束点即为第二层第一道的开始点,重复(1)-(4)的操作完成第二层的堆积;

(7)重复(6)的操作沿 CAD 切片轨迹完成需要层数堆积,使工件初步成为一个轴体;

(8)对图示工件形状(轴体上的突起),中央控制装置按照 CAD 切片轨迹,确定后续参与堆积焊枪 602,并控制各焊枪 602 重新排布和定位;

(9)按照转子构件的 CAD 切片轨迹操作,并适时控制特定焊枪 602 工作与停止,对工作焊枪 602 按照(1)至步骤(7),完成其它沉积层,最终连续沉积形成转子钢材料。

成形后,机加工去除基材 202 即获得所需低压转子材料。

采用本实施例,由于是多个(21个)焊枪 602 并排排布成形,因而,能够提高成形效率,该方法也适应于各类空心轴的生产。

【实施例 3】

本实例通过埋弧增材制造的方法立式成形锥形工件。工件材质为 RCC-M 标准 18MnD5,基材材质 Q235,本实施例中使用的设备包括,

(1)回转支撑台;(2)电源;(3)焊枪;(4)自动送丝装置;(5)焊剂自动输送与回收装置;(6)挡焊剂装置;(7)加热装置;(8)冷却装置;(9)基材;(10)控制装置。

图 4 为表示本实施例的埋弧增材制造方法的示意性说明图,为简化计,图中将设备予以省略。选用参数为:丝棒直径 3mm,化学成分 C:0.12-0.14%,其余元素按照 18MnD5 要求,辅料为标准熔炼焊剂 SJ101,设置焊接电流 600A,焊接电压 30V,焊枪 403(焊丝)接正极,基材 203 接负极,送丝速度 1000mm/min,旋转线速度 350mm。

具体实施如下:

(1)将基材 203 固定在回转支撑台上(以 O 轴为中心转动),选取埋弧增材制造即焊接起点,同时开启焊剂输送装置送料 303,开始第一层第一道圆环的熔道堆敷;

(2)待将焊丝 103 堆敷一段熔道以后,一般距焊枪 403 400~500mm

距离开始启动焊剂 303 回收装置将其未熔化的焊剂收回再利用，同时去除渣壳开始开启冷却装置进行冷却，将道间温度控制在 150 ~ 300 °C 之间，待下一圈焊接堆敷；

(3) 待第一圈焊接堆敷闭合时，立即启动焊枪 403 的移动，其从外往里（如图中 Y 方向所示，即，向内周侧移动）缓慢移动，配合着回转支撑台使焊枪 403 在基材 203 上成水平螺旋轨迹进行焊接堆敷，直至达到构件的壁厚；

(4) 当焊枪移动到螺旋轨迹最后点时，停止螺旋移动，开始圆形移动（保证工件的圆度）焊接堆积，如此完成第一层的熔堆；

(5) 当第一层完成熔堆时，焊枪的自动调高系统检测到焊枪与熔堆金属间的距离跟设定值进行比较进行自动调整焊枪的高度，并调节焊枪从里往外（外周侧）缓慢移动，以至形成往外螺旋移动轨迹，同时开始进行下一层的焊接堆积；

(6) 重复上述步骤 (1) - (5)，完成第二层焊接堆积；

(7) 反复上述过程，奇数层焊枪从外往里移动，偶数层焊枪从里往外移动进行逐层熔堆，最终获得一个完整的工件 503。

另外，成形过程中，挡焊剂装置 603 随着工件的生长逐渐升高。

本实施例，采用埋弧增材制造方法成形了锥形工件，并且展示了立式成形的的方式。

【实施例 4】

本实例描述通过卧式埋弧增材制造方法制作 AP1000 核电蒸发器筒体(上筒体连锥形段连下筒体)整体的成形过程，传统工艺中该筒体内壁堆焊厚度约 8mm 的 308 不锈钢层，蒸发器筒体壁厚约 150mm，所使用的设备包括：

- (1) 回转支撑台；
- (2) 电源；
- (3) 焊枪；
- (4) 自动送丝装置；
- (5) 焊剂自动输送与回收装置；

- (6) 加热装置；
- (7) 冷却装置；
- (8) 基材；
- (9) 中央控制装置。

图5为用于表示本实施例的埋弧增材制造方法的示意性说明图，图中省略了电源、自动送丝装置等装置。材料电源参数如下：

1) 特殊制备的焊丝 104 (C:0.12-0.14%, 其它元素与 SA508-3 一致)、直径 5mm;

2) 核电用烧结焊剂 SJ105HR;

3) 焊枪数量：34 个焊枪 604 (并未全部示出)，电源为直流电源，采用焊枪 604 接电源负极，基材 204 接电源正极；

4) 焊接工艺参数为：焊接电流 900A，焊接电压 42V，焊枪 604 与基材 204 相对移动速度 600 ~ 700mm/min (熔池移动速度)。

采用金属构件埋弧增材制造方法制作环形金属构件，其实施步骤如下：

(1) 将圆筒形的基材 204 的轴线水平配置，并支撑在回转支撑台上，将 34 个焊枪以约 500mm 的间距 (中央控制装置确定精确位置和移动) 平均横向布置在基材 204 的上方，且调整好每个焊枪与基材 204 表面 (外周面) 的距离，并选取焊接的起点；

(2) 将焊丝 104 与焊剂 304 送至基材 204 表面，启动电源，导入高能热源，熔化原料丝材及辅料，同时转动基材 204，开始每个焊枪第一层第一道 (每一层由轴向排列的多道构成) 的沉积；

(3) 当焊枪 604 与焊接起点之间形成一段距离后，开始启动焊剂回收装置将其未熔化的焊剂收回，露出渣壳并将其清除，以便于下一道的沉积 (堆积)；随后启动冷却装置或加热装置对沉积金属进行冷却或加热，将其基体 (第一层时是指基材 204，其他层时是指前一层堆积金属) 的温度控制在 200 ~ 300℃；

(4) 当基材 204 转动一圈完成第一道沉积时，在控制装置的控制下，所有焊枪 604 同时往左直线移动 3/4 熔道宽度距离，同时调整各焊枪 604

尤其是通过中央控制调整编号 18-22 五个焊枪与基材 204 的表面之间的距离，以保证焊接的稳定性，之后开始第一层第二道的沉积成形，此过程中要保证其左右圈道间搭接良好；

(5) 当第二道完成后，重复步骤 (4) 再完成其它的沉积成形，当达到最后一道时，其相邻焊枪的最后一道结束点与第一道起点要搭接良好，以至完成第一层的沉积；

(6) 当完成第一层的沉积后，所有焊枪自动提升一层沉积厚度 (即层后) 之高度，开始第二层的第一道沉积，第一层焊枪的结束点即为第二层第一道的开始点，连续沉积；

(7) 当第二层第一道沉积完成后，所有焊枪同时往右直线移动 $3/4$ 熔道距离，同时各焊枪自动调整其与基材之间的距离，以保证焊接的稳定性，开始第二层第二道的沉积，使其左右圈道间搭接良好；

(8) 当完成第二层第二道沉积完成时，重复步骤 (7)，再完成其它的沉积道，当达到最后一道时，其相邻焊枪的最后一道结束点与第一道起点要搭接良好，以至完成第二层的沉积；

(9) 重复步骤 (6) 至步骤 (8)，再完成其它沉积层，此过程中，相邻沉积层焊枪的移动方向可以相反，最终连续沉积形成整个金属构件。

焊接成形后，不锈钢基材 204 成为了蒸发器筒体的一部分，实现了异种材料直接连接成形，从而改变了传统工艺在锻造 SA508-3 筒体后再在其内壁堆焊 308 不锈钢的制造方式，减少了工艺工序，提高了工作效率和质量，也可用普通碳钢在后续机加工中去除。

按照传统锻造工艺，蒸发器筒体分为 6 段 (见背景技术)，分别锻制再整体组焊而成，而本实施例由于是多个 (34 个) 焊枪并排排布整体成形，极大的提高了成形效率；自然也可以根据客户要求调整焊枪数量和排布，分段成形。

权 利 要 求 书

1. 一种金属构件埋弧堆焊成形方法，其特征在于：

5 将焊接电源的两极分别接至焊枪和基材，同步输送颗粒状焊剂及金属焊丝于基材表面，接通电源，焊丝在焊剂覆盖下与基材之间产生电弧，使焊丝及基材表面局部熔化，在基材表面形成熔池，持续输送焊丝与焊剂，根据零件数模数据控制焊枪与基材的相对移动轨迹，实现在基材上逐层堆焊沉积，成形出金属构件。

2. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法，其特征
10 在于：

根据成形金属构件材料不同，所用焊丝直径为 2mm ~ 8mm。

3. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法，其特征在
于：

15 与焊丝材质匹配的焊剂由氧化物、或者氧化物与 B_2O_3 化物、或者氧化物与 B_2O_3 化物及金属粉末组成。

4. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法，其特征在
于：

所使用的电源用直流电源或交流电源，在使用直流电源时，焊丝
接正极或负极，根据焊丝直径的不同，电流为 200 A ~ 2000 A，电压为
20 30V ~ 50V。

5. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法，其特征在
于：

根据成形工件材料和尺寸要求，对基材或焊层进行加热或冷却，
控制基材或焊层的温度为 100~400 °C。

6. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法 ,其特征在
于 :

根据成形金属构件的尺寸、形状和效率要求 ,焊枪的数量为 1~
100 个 ,多焊枪排布时 ,相邻焊枪间距为 50~500mm 。

5 7. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法 ,其特征
在于 :

基材用于为构件成形提供工装支撑 ,其尺寸、形状按照堆焊金属
要求设计制作 ,厚度不小于 5mm 。

8. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法 ,其特征在
10 于 :

根据生产要求不同 ,基材选用与堆焊金属相同或不同的材料 ,在
金属堆焊完成后 ,基材予以保留作为成形构件一部分或通过后续机加
工去除 。

9. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法 ,其特征在
15 于 :用于 SA508- 3、 SA387F22, SA182F1 1、 12%Cr 、 316LN 、
3.5%NiCrMoV, 3.5NiMoV 、 30Cr2Ni4MoV 或 24Cr2Ni1MoIV 材料构
件的成形制造 。

10. 根据权利要求 1 所述的金属构件埋弧堆焊成形方法 ,其特征
在于 :用于核电站压力容器、蒸发器、稳压器、换热器、主管道材料、
20 石化加氢反应器、煤裂化石油气材料、电站高中低压转子材料、冶金
轧辊材料、船舶曲轴或舵杆材料的成形制造 。

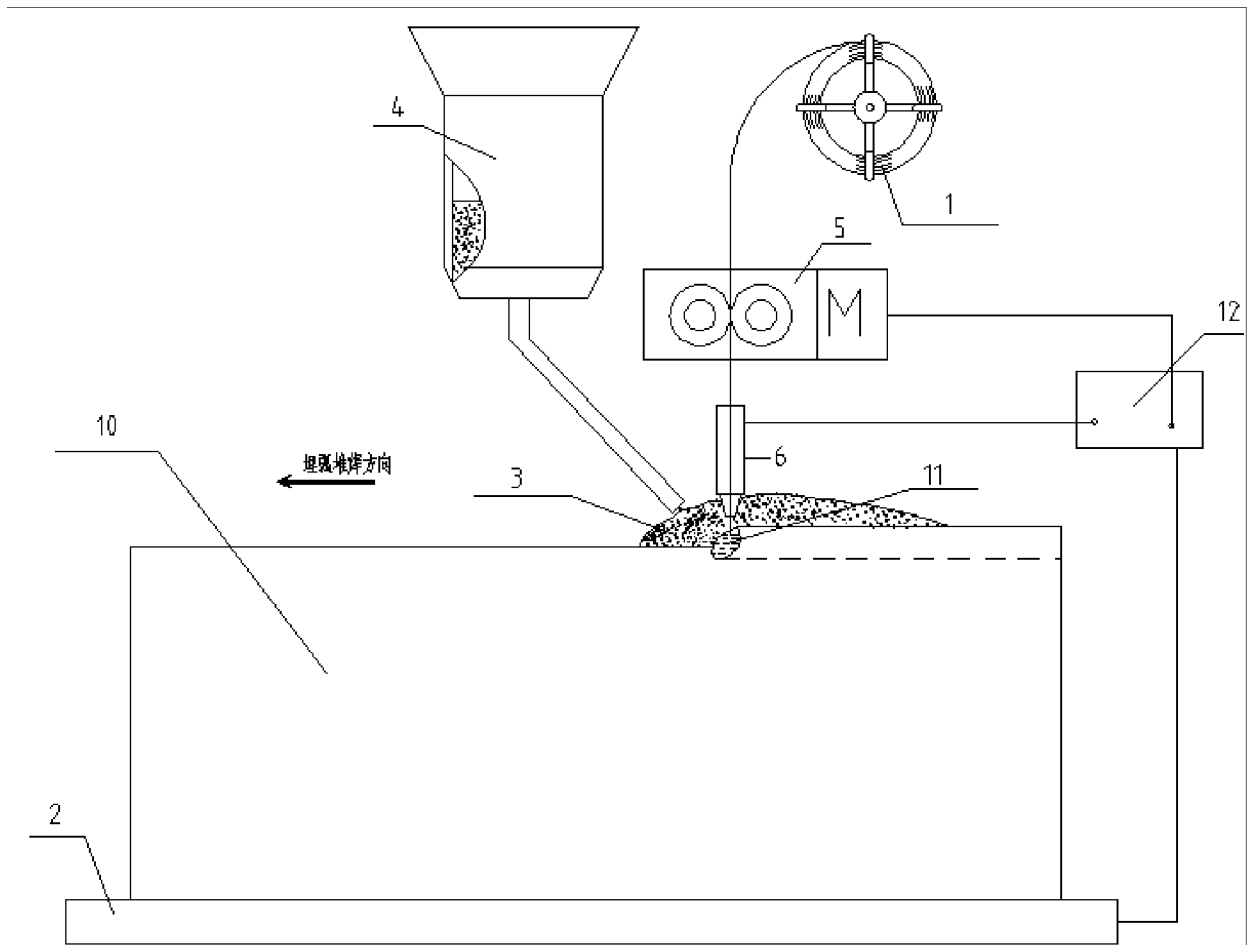


图1

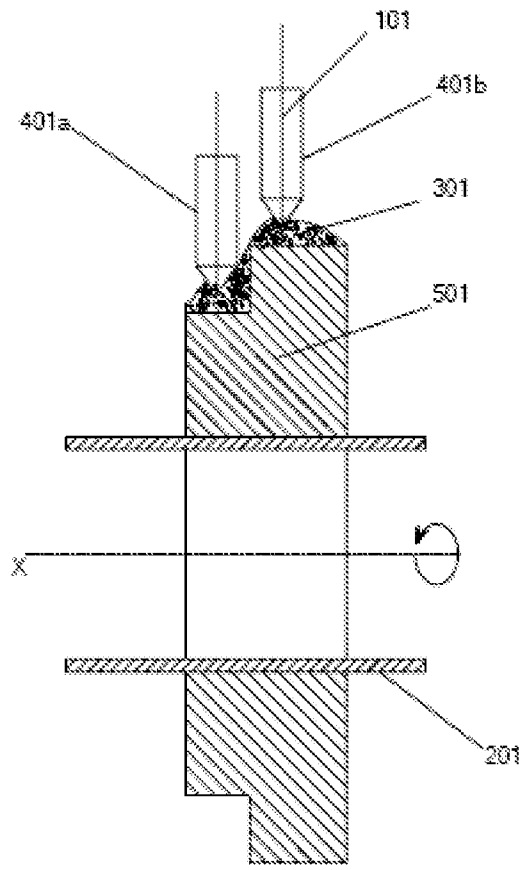


图2

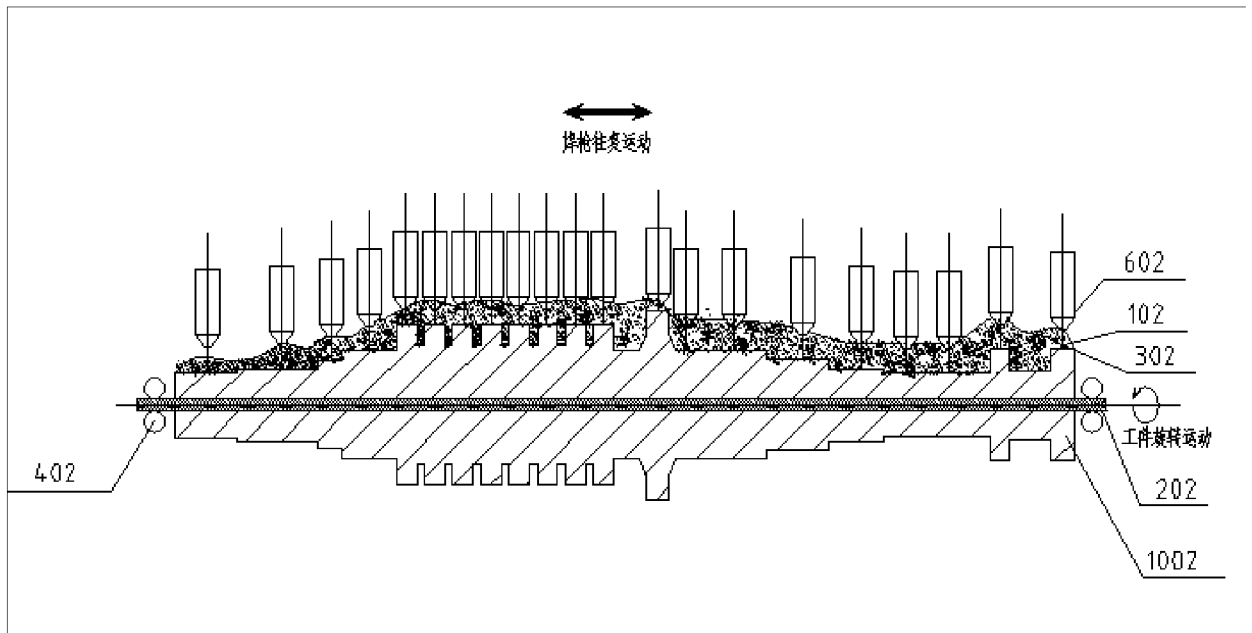


图3

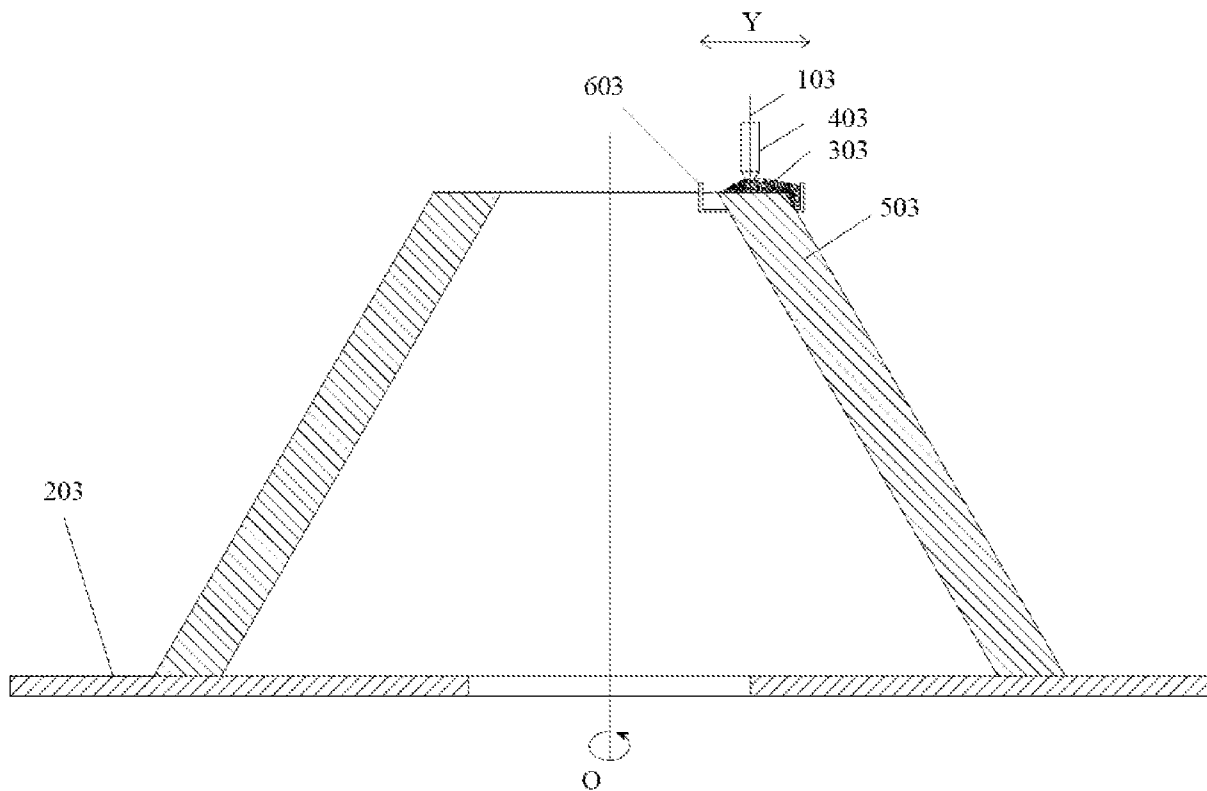


图4

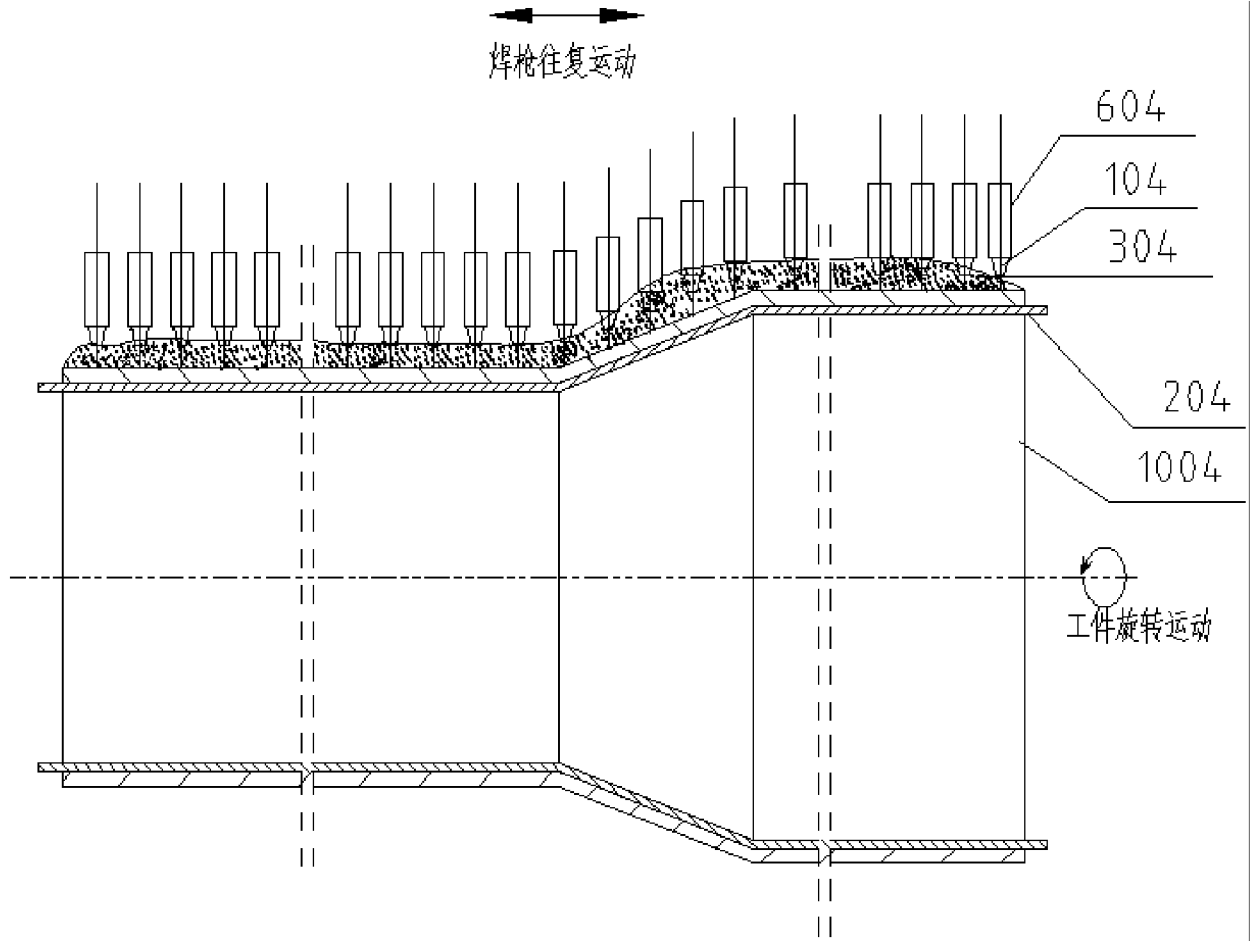


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/093638

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 9/04 (2006.01) i; B23K 9/18 (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)

B23K

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: submerge arc, build up welding, welding wire, flux, forming, rapid, welding gun, preheat, cooling, container, shaft

VEN: submerge, deposit, build, flux, wire, shape, form, gun, torch, shaft, vessel, container, chamber, weld,

CNKI: SOUTH ZENGCAI, submerge arc, build up welding

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104526114 A (SOUTH ZENGCAI TECHNOLOGY CO., LTD.), 22 April 2015 (22.04.2015), see claims 1-10	1-10
X	US 3985995 A (THYSSEN HUETTE AG), 12 October 1976 (12.10.1976), see description, column 1, lines 6-10, and column 2, line 60 to column 7, line 33, and figures 1-3	1-10
A	CN 102990195 A (CHANGZHOU LANYI AIRCRAFT EQUIPMENT MANUFACTURE LIMITED COMPANY), 27 March 2013 (27.03.2013), see the whole document	1-10
A	CN 102430839 A (CHANGZHOU BAOLING HEAVY & INDUSTRIAL MACHINERY CO., LTD.), 02 May 2012 (02.05.2012), see the whole document	1-10
A	CA 1238090 A (VYZK USTAV ZVARACSKY), 14 June 1988 (14.06.1988), see the whole document	1-10
A	US 4322596 A (BLOHM VOSS AG), 30 March 1982 (30.03.1982), see the whole document	1-10
A	GB 2076560 A (BLOHM VOSS AG), 02 December 1981 (02.12.1981), see the whole document	1-10

II 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 2016 (18.01.2016)	Date of mailing of the international search report 16 February 2016 (16.02.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: 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 YANG, Peng Telephone No.: (86-10) 62085158

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/093638

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104526114 A	22 April 2015	None	
US 3985995 A	12 October 1976	FR 2226583 B I	27 July 1979
		JP S5035045 A	03 April 1975
		JP S5736066 B2	02 August 1982
		IT 1004255 B	10 July 1976
		FR 2226583 A I	15 November 1974
		SE 404308 B	02 October 1978
		GB 1466163 A	02 March 1977
CN 102990195 A	27 March 2013	None	
CN 102430839 A	02 May 2012	CN 102430839 B	09 April 2014
CA 123 8090 A	14 June 1988	SE 8503516 L	21 January 1986
		US 4707581 A	17 November 1987
		DE 3525697 A I	30 January 1986
		JP S6137388 A	22 February 1986
		CS 248071 B I	15 January 1987
		FR 2567782 A I	24 January 1986
		SE 8503516 D O	18 July 1985
		BE 902945 A 1	18 November 1985
US 4322596 A	30 March 1982	FR 2449503 B I	11 January 1985
		IT 1127691 B	21 May 1986
		DE 2854683 A I	19 June 1980
		IT 7928031 D O	17 December 1979
		CA 1134450 A	26 October 1982
		SE 436847 B	28 January 1985
		FR 2449503 A 1	19 September 1980
		JP S5594792 A	18 July 1980
		GB 2038684 B	24 November 1982
		SE 7910383 L	19 June 1980
		DE 2854683 C 3	25 June 1981
		GB 2038684 A	30 July 1980
		DE 2854683 B I	
		JP S6018268 B 2	09 May 1985
GB 2076560 A	02 December 1981	SE 8101011 L	16 August 1981
		DE 3005598 A I	20 August 1981
		FR 2475961 A I	21 August 1981
		IT 8119757 D O	13 February 1981
		IT 1169206 B	27 May 1987
		JP S56151172 A	24 November 1981

<p>A. 主题的分类</p> <p>B23K 9/04 (2006. 01) i; B23K 9/18 (2006. 01) i</p> <p>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</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)</p> <p>B23K</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS: 埋弧, 堆焊, 焊丝, 焊剂, 成型, 成形, 快速, 焊枪, 预热, 冷却, 容器, 轴; VEN: submerge, deposit, build, flux, wire, shape, form, gun, torch, shaft, vessel, container, chamber, weld; CNKI: 南方增材, 埋弧, 堆焊</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <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 1045261 14 A (南方增材科技有限公司) 2015 年 4 月 22 日 (2015 - 04 - 22) 参见权利要求 1-10</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 3985995 A (THYSSEN HLETTE AG) 1976 年 10 月 12 日 (1976 - 10 - 12) 参见说明书第 1 栏第 6-10 行, 第 2 栏第 60 行至第 7 栏第 33 行, 图 1-3</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102990195 A (常州蓝翼飞机装备制造有限公司) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 参见全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102430839 A (常州宝菱重工机械有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CA 1238090 A (VYZK USTAV ZVARACSKY) 1988 年 6 月 14 日 (1988 - 06 - 14) 参见全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4322596 A (BLOHM VOSS AG) 1982 年 3 月 30 日 (1982 - 03 - 30) 参见全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>GB 2076560 A (BLOHM VOSS AG) 1981 年 12 月 2 日 (1981 - 12 - 02) 参见全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在 c 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 1045261 14 A (南方增材科技有限公司) 2015 年 4 月 22 日 (2015 - 04 - 22) 参见权利要求 1-10	1-10	X	US 3985995 A (THYSSEN HLETTE AG) 1976 年 10 月 12 日 (1976 - 10 - 12) 参见说明书第 1 栏第 6-10 行, 第 2 栏第 60 行至第 7 栏第 33 行, 图 1-3	1-10	A	CN 102990195 A (常州蓝翼飞机装备制造有限公司) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 参见全文	1-10	A	CN 102430839 A (常州宝菱重工机械有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见全文	1-10	A	CA 1238090 A (VYZK USTAV ZVARACSKY) 1988 年 6 月 14 日 (1988 - 06 - 14) 参见全文	1-10	A	US 4322596 A (BLOHM VOSS AG) 1982 年 3 月 30 日 (1982 - 03 - 30) 参见全文	1-10	A	GB 2076560 A (BLOHM VOSS AG) 1981 年 12 月 2 日 (1981 - 12 - 02) 参见全文	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 1045261 14 A (南方增材科技有限公司) 2015 年 4 月 22 日 (2015 - 04 - 22) 参见权利要求 1-10	1-10																								
X	US 3985995 A (THYSSEN HLETTE AG) 1976 年 10 月 12 日 (1976 - 10 - 12) 参见说明书第 1 栏第 6-10 行, 第 2 栏第 60 行至第 7 栏第 33 行, 图 1-3	1-10																								
A	CN 102990195 A (常州蓝翼飞机装备制造有限公司) 2013 年 3 月 27 日 (2013 - 03 - 27) 参见全文	1-10																								
A	CN 102430839 A (常州宝菱重工机械有限公司) 2012 年 5 月 2 日 (2012 - 05 - 02) 参见全文	1-10																								
A	CA 1238090 A (VYZK USTAV ZVARACSKY) 1988 年 6 月 14 日 (1988 - 06 - 14) 参见全文	1-10																								
A	US 4322596 A (BLOHM VOSS AG) 1982 年 3 月 30 日 (1982 - 03 - 30) 参见全文	1-10																								
A	GB 2076560 A (BLOHM VOSS AG) 1981 年 12 月 2 日 (1981 - 12 - 02) 参见全文	1-10																								
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																									
2016 年 1 月 18 日	2016 年 2 月 16 日																									
ISA/CN 的名称和邮寄地址	授权官员																									
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	杨鹏																									
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 62085158																									

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/093638

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	104526114	A	2015年4月22日	无			
US	3985995	A	1976年10月12日	FR	2226583	BI	1979年7月27日
				JP	S5035045	A	1975年4月3日
				JP	S5736066	B2	1982年8月2日
				IT	1004255	B	1976年7月10日
				FR	2226583	AI	1974年11月15日
				SE	404308	B	1978年10月20日
				GB	1466163	A	1977年3月2日
CN	102990195	A	2013年3月27日	无			
CN	102430839	A	2012年5月2日	CN	102430839	B	2014年4月9日
CA	1238090	A	1988年6月14日	SE	8503516	L	1986年1月21日
				US	4707581	A	1987年11月17日
				DE	3525697	AI	1986年1月30日
				JP	S6137388	A	1986年2月22日
				CS	248071	BI	1987年1月15日
				FR	2567782	AI	1986年1月24日
				SE	8503516	DO	1985年7月18日
				BE	902945	AI	1985年11月18日
US	4322596	A	1982年3月30日	FR	2449503	BI	1985年1月11日
				IT	1127691	B	1986年5月21日
				DE	2854683	AI	1980年6月19日
				IT	7928031	DO	1979年12月17日
				CA	1134450	A	1982年10月26日
				SE	436847	B	1985年1月28日
				FR	2449503	AI	1980年9月19日
				JP	S5594792	A	1980年7月18日
				GB	2038684	B	1982年11月24日
				SE	7910383	L	1980年6月19日
				DE	2854683	C3	1981年6月25日
				GB	2038684	A	1980年7月30日
				DE	2854683	BI	
				JP	S6018268	B2	1985年5月9日
GB	2076560	A	1981年12月2日	SE	8101011	L	1981年8月16日
				DE	3005598	AI	1981年8月20日
				FR	2475961	AI	1981年8月21日
				IT	8119757	DO	1981年2月13日
				IT	1169206	B	1987年5月27日
				JP	S56151172	A	1981年11月24日