

(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



PCT



(10) 国际公布号

WO 2011/127798 A1

(43) 国际公布日
2011 年 10 月 20 日 (20.10.2011)

- (51) 国际专利分类号:
B22F 3/105 (2006.01) *B22F 3/24* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2011/072524
- (22) 国际申请日: 2011 年 4 月 8 日 (08.04.2011)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201010147632.2 2010 年 4 月 15 日 (15.04.2010) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 张海鸥 (ZHANG, Haiou) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 王桂兰 (WANG, Guilan) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区珞喻路 1037 号, 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,

[见续页]

(54) Title: FUSED DEPOSITION FORMING COMPOSITE MANUFACTURING METHOD FOR PART AND MOLD AND AUXILIARY DEVICE THEREOF

(54) 发明名称: 零件与模具的熔积成形复合制造方法及其辅助装置

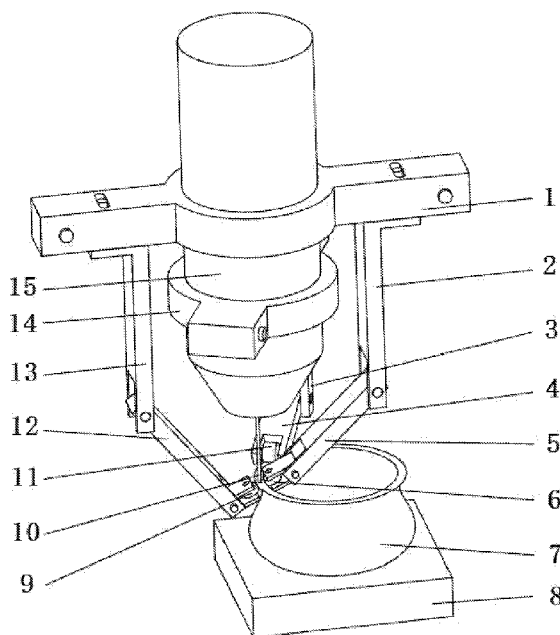


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: A fused deposition forming composite manufacturing method for a part and a mold includes a prototype slicing step, a numerical control code generating step and a fused deposition forming step. Micro-rollers or micro-extrusion units move synchronously with a fused deposition area to compress and process the fused deposition area in a melting and softening area while the fused deposition forming step is performed. Micro-rollers used in the fused deposition forming composite manufacturing method for a part and a mold include a left vertical roller (9), a right vertical roller (6) and a horizontal roller (11). The manufacturing method prevents the melting material from falling, flowing, collapsing, cracking and deforming, reduces or eliminates residual stress, improves structure property, effectively reduces the step effect and increases the forming precision and the surface quality.

[见续页]

WO 2011/127798 A1



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, 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:

零件与模具的熔积成形复合制造方法包括模型分层步骤、数控代码生成步骤和熔积成形步骤。在进行熔积成形步骤的同时,在熔融软化区域内,微型轧辊或微型挤压装置随着熔积区域同步移动,对熔积区域作压缩与加工。零件与模具的熔积成形复合制造方法采用的微型轧辊,包括左右侧立辊(9,6)和水平辊(11)。这种制造方法可防止熔融材料下落、流淌、坍塌、开裂、和变形,减轻或消除残余应力,改善组织性能,有效减少阶梯效应,提高成型精度和表面质量。

零件与模具的熔积成形复合制造方法及其辅助装置

【技术领域】

本发明属于零件与模具的无模生长制造与再制造方法。

【背景技术】

高致密金属零件或模具的无模熔积成形方法主要有大功率激光熔积成形、电子束自由成形以及等离子熔积成形的方法。大功率激光熔积成形方法是采用大功率激光，逐层将送到基板上的金属粉末熔化，并快速凝固熔积成形，最终得到近终成形件；该方法成形精度较高，工件的密度远高于选择性激光烧结件，但成形效率、能量和材料的利用率不高、不易达到满密度、设备投资和运行成本高，见 A. J. Pinkerton, L. Li, Effects of Geometry and Composition in Coaxial Laser Deposition of 316L Steel for Rapid Prototyping, Annals of the CIRP, Vol.52,1(2003),p181-184。电子束自由成形方法采用大功率的电子束熔化粉末材料，根据计算机模型施加电磁场，控制电子束的运动，逐层扫描直至整个零件成形完成；该方法成形精度较高、成形质量较好，然而其工艺条件要求严格，整个成形过程需在真空中进行，致使成形尺寸受到限制，设备投资和运行成本很高；且因采用与选择性烧结相同的层层铺粉方式，难以用于梯度功能材料零件的成形，见 Matz J.E., Eagar T.W. Carbide formation in Alloy 718 during electron-beam solid freeform fabrication. Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science, 2002, v33(8): p2559-2567。等离子熔积成形方法是采用高度压缩、集束性好的等离子束熔化同步供给的金属粉末或丝材，在基板上逐层熔积形成金属零件或模具，该方法比前两种方法成形效率和材料利用率高，易于获得满密度，设备和运行成本低，但因弧柱直径较前两者大，成形的尺寸和表面精度不及前两者，故与大功率激光熔积成形方法相似，大都要在成形完后进行精整加工，见 Haiou Zhang, Jipeng Xu, Guilan Wang, Fundamental Study on Plasma Deposition Manufacturing, Surface and Coating Technology, v. 171 (1-3), 2003, pp. 112~118；以及张海鸥,吴红军,王桂兰,陈竞,等离子熔积直接成形高温合金件组织结构研究,华中科技大学学报(自然科学版), v 33,

n 11, 2005, p 54-56。然而，直接成形的难加工材料零件因急冷凝固使表面硬度增大，导致加工非常困难；形状复杂的零件还需多次装夹，致使加工时间长，有时甚至要占整个制造周期的 60%以上，成为高性能难加工零件低成本短流程生长制造的瓶颈。为此，出现了等离子熔积成形与铣削加工复合无模快速制造方法，即以等离子束为成形热源，在分层或分段熔积成形过程中，依次交叉进行熔积成形与数控铣削精加工，以实现短流程、低成本的直接精确制造，见 ZL00131288.X，直接快速制造模具与零件的方法及其装置；以及张海鸥,熊新红,王桂兰, 等离子熔积/铣削复合直接制造高温合金双螺旋整体叶轮，中国机械工程，2007，Vol18，No.14: P1723~1725。

上述三种方法中，大功率激光熔积成形法和等离子成形法皆为无支撑、无模熔积成形匀质或复合梯度功能材料零件的方法。与电子束成形、选择性激光烧结，以及采用熔点低的纸、树脂、塑料等的 LOM (Laminated Object Manufacturing 纸叠层成形)、SLA (Stereolithography Apparatus 光固化成形)，FDM (Fused Deposition Modeling 熔丝沉积制造)、SLS (Selective Laser Sintering 选择性激光烧结) 等有支撑的无模堆积成形的方法相比，避免了成形时因需要支撑而须添加和去除支撑材料导致的材料、工艺、设备上的诸多不利，减少了制造时间，降低了成本，并可成形梯度功能材料的零件，但同时也因无支撑而在有悬臂的复杂形状零件的成形过程中，熔融材料在重力作用下，可能产生下落、流淌等现象，导致难以熔积成形。等离子熔积铣削复合制造方法虽通过分层的成形和铣削精整，降低了加工复杂程度，但对于侧面带大倾角尤其是横向悬角部分的复杂形状零件，堆积成形时因重力产生的流淌甚至塌落仍不能避免，以至无法横向生长成形。

为此，美国 Michigan 大学、Southern Methodist 大学、新加坡国立大学等一些国外研究机构研究采用变方向切片技术，选择支撑条件最多的方向作为零件成形主方向，或将复杂形状零件分解成若干简单形状的部件依次成形的方法；或开发五轴无模成形加工设备和软件，使熔融成形材料尽可能处于有支撑的条件下，见 P. Singh, D. Dutta, Multi-direction slicing for layered manufacturing, Journal of Computing and Information Science and Engineering, 2001, 2, pp: 129-142; Jianzhong Ruan, Todd E. Sparks, Ajay Panackal et.al. Automated Slicing for a Multiaxis Metal Deposition System. Journal of Manufacturing Science and Engineering. APRIL 2007, Vol. 129. pp: 303-310; R.

Dwivedi, R. Kovacevic, An expert system for generation of machine inputs for laser-based multi-directional metal deposition, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46 (2006), pp: 1811-1822。采用五轴加工技术, 虽然改善了生长成形的支撑条件, 避免了材料的下落, 但将导致空间干涉检验和成形路径规划复杂, 软件编程与加工时间长、难度大, 有效工作空间受限, 设备投资和运行成本增加, 而且对于复杂形状零件仍难以从根本上解决因重力造成的流淌等问题, 致使零件成形精度不高, 尺寸规格和形状复杂程度受到限制。

此外, 航空航天、能源动力等行业对零部件的组织性能及其稳定性的要求很高, 现有无模快速制造方法因其急速加热快速凝固和自由生长成形的特点, 成形过程中的开裂难以避免, 组织性能的稳定性的尚不能满足要求。以上诸问题已成为制约高能束直接成形技术能否进一步发展和实现工业化应用所急需解决的关键技术难点和瓶颈问题。因此, 制造业急需开发在复杂形状零件的无支撑、无模熔积成形过程中, 可有效防止熔融层积材料下落、流淌、开裂并提高制造精度和改善组织性能的新方法。

值得注意的是, 连铸直接轧制技术是钢铁工业革命性的新技术, 它变革了连铸与轧制分离的传统钢铁工业流程, 实现了制坯与成形加工一体化的短流程制造, 其中采用的液芯压下技术, 不仅大幅度降低了能耗, 而且细化了组织。见徐匡迪、刘清友, 薄板坯流程连铸连轧过程中的细晶化现象分析, 薄板坯连铸连轧技术交流与开发协会第三次技术交流会论文集[C], 2005 ; 以及 Gunter Flemming, Karl-Ernst Hensger. Extension of product range and perspectives of CSP technology , MPT International, 2000, (1) :54 。

【发明内容】

本发明提供一种零件与模具的熔积成形复合制造方法, 同时提供一种用于该方法的辅助装置, 解决现有零件与模具的无模生长制造方法中, 熔融材料因重力作用而产生流淌、下落、坍塌, 以及无模多层熔积生长成形过程中因反复急热急冷导致的成形件易开裂、变形和残余应力大、组织性能不稳定的问题。

本发明的一种零件与模具的熔积成形复合制造方法, 包括:

一. 模型分层步骤: 根据零件或模具的三维 CAD 模型的尺寸精度要求, 对零件

或模具的三维 CAD 模型进行分层切片处理;

二. 生成数控代码步骤: 根据零件或模具的三维 CAD 模型分层切片数据和各层尺寸和形状的特点进行成形路径规划, 生成成形加工所需的各层数控代码;

三. 熔积成形步骤: 采用数控的气体保护焊束或激光束, 按照各层数控代码指定的轨迹, 使用熔积成形焊枪, 在基板上将金属、金属间化合物、陶瓷及复合梯度功能材料的粉末或丝材逐层熔积成形;

其特征在于:

在与气体保护焊束和激光束作用下熔融软化的区域相接触处, 安装微型轧辊或微型挤压装置; 在进行熔积成形步骤的同时, 微型轧辊或微型挤压装置随着熔积区域同步移动, 对熔积区域作压缩成形与加工;

逐层同步进行熔积成形与加工, 直至达到零件或模具的尺寸和表面精度的要求。

所述的熔积成形复合制造方法, 其特征在于:

所述熔积成形步骤中, 若成形体达不到零件或模具的尺寸和表面精度的要求, 则在成形过程中逐层或多层分段采用研磨、抛光, 对成形体进行精整加工, 直至达到零件或模具的尺寸和表面精度要求。

所述的熔积成形复合制造方法, 其特征在于:

所述熔积成形步骤中, 所述熔积成形焊枪为等离子焊枪、气体保护焊枪或者激光焊头;

所述金属为可用于气体保护焊或激光焊接的金属或合金材料;

所述金属间化合物为可用于表面熔覆的金属间化合物材料;

所述陶瓷为可用于表面熔覆的陶瓷材料;

所述复合或梯度功能材料为由上述金属、金属间化合物、陶瓷复合的材料, 或复合之后材料成分可梯度变化的材料。

所述微型轧辊或微型挤压装置可以固定于所述熔积成形焊枪头上, 在逐层熔积成形过程中, 微型轧辊或微型挤压装置随熔积成形焊枪同步运动, 微型轧辊的侧立辊或微型挤压装置的夹板跟随在熔融软化区侧面, 起类似连铸结晶器和导辊作用, 并能根据制件壁厚和轮廓形状, 调整间距和角度, 从而约束熔池中熔融材料的流动, 防止无支撑情况下熔融材料因重力产生的流淌、滴落/坍塌、从而保证复杂形状零件的可成形性, 并改善

侧表面精度；若要进一步改善熔积层的层高精度、表面质量、成形性和组织性能，让微型轧辊带孔型的水平辊（可以为辊组）或微型挤压装置的压板始终保持与熔池后方附近的半凝固软化区域相接触，对该区域施加塑性变形，从而达到提高熔积层的精度、表面光洁度，降低焊道及附近区域附加拉应力，避免变形与开裂，并改善组织性能的目的。

所述微型轧辊或微型挤压装置也可固定于数控加工头上或机器人手腕上，所述数控加工头或机器人手腕与熔积成形制造中使用的熔积成形焊枪保持同步，在逐层熔积成形过程中，微型轧辊或微型挤压装置随熔积成形焊枪运动，微型轧辊的侧立辊或微型挤压装置的夹板跟随在熔融软化区侧面，并能根据制件壁厚和轮廓形状，调整间距和角度，防止复杂形状零件无支撑直接成形情况熔融材料的流淌、滴落/坍塌，从而保证任意复杂形状零件的成形性，并改善侧表面精度；若要进一步改善熔积层的高度的精度、表面质量、成形性和组织性能，微型轧辊的带孔型的水平辊（可以为辊组）或微型挤压装置的压板柔性跟踪熔池后方附近的半凝固软化区域，对该区域施加塑性变形，以降低焊道及附近区域附加拉应力，避免变形与开裂，提高形状尺寸精度，并改善组织性能。

对于有些只需单侧面受迫成形的情况，如在模具的熔融成形过程中，有些凹陷的型面部分，可采用单面微型轧辊或微型挤压装置的辅助成形；此外，还可采用上述方法和辅助的微型受迫成形装置，进行零件或模具的修复。

本发明的一种用于所述零件与模具的熔积成形复合制造方法的微型轧辊，包括左、右侧立辊和水平辊，其特征在于：

所述左、右侧立辊分别通过轴销与左、右旋转臂连接，左、右旋转臂分别通过轴销与左、右垂直臂连接，左、右垂直臂固联在第一固定架上；

所述水平辊通过轴销与后旋转臂连接，后旋转臂通过轴销与后垂直臂连接，后垂直臂固联在第二固定架上。

微型轧辊的第一、第二固定架可以固定于熔积成形焊枪头上，也可以固定于数控加工头上或机器人手腕上，数控加工头或机器人手腕与熔积成形焊枪保持同步。

在逐层熔积成形过程中，微型轧辊随熔积成形焊枪同步运动，立辊跟随在熔融软化区侧面，起类似连铸结晶器和导辊作用，并能根据制件壁厚和轮廓形状，调整间距和角度，从而约束熔池中熔融材料的流动，防止无支撑情况下熔融材料因重力产生的流淌、滴落/坍塌、从而保证复杂形状零件的可成形性，并改善侧表面精度；若要进一步改善熔积层的

层高精度、表面质量、成形性和组织性能，让微型带孔型的水平辊始终保持与熔池后方附近的半凝固软化区域相接触，对该区域施加塑性变形，从而达到提高熔积层的精度、表面光洁度，降低焊道及附近区域附加拉应力，避免变形与开裂，并改善组织性能的目的。

本发明采用气体保护焊（非熔化极的钨极惰性气体保护焊、等离子弧焊；熔化极的活性气体保护焊和惰性气体保护焊）或大功率激光成形，在将粉末或丝材熔化的无支撑、无模熔积成形过程中，通过安装在熔池后方的微型轧辊或挤压工具，对该半熔融/软化区及其附近区域的材料进行和轧制受迫变形或挤压受迫变形，产生压缩应变和压缩应力状态，避免开裂、减轻或消除残余应力、改善组织性能；同时通过安装在熔池两侧的微型立辊或导板约束熔池中熔融材料的流动，即进行约束流变成形，防止无支撑情况下熔融材料因重力产生的下落、流淌、坍塌等，从而保证复杂形状零件的成形稳定性，实现复杂形状（如侧壁带悬角等）零件或模具的直接成形；该约束还可有效地减少成形体表面的阶梯效应，提高成形精度和表面质量，从而仅需少量或省去熔积成形体的铣削加工，而仅采用研磨或抛光加工即可达到零件的尺寸和表面精度的要求。

本发明保持气体保护焊熔积成形比大功率激光熔积成形和电子束成形技术成形效率高、成本低、成形体易于达到满密度的优点；同时鉴于大功率激光熔积成形与等离子熔积成形类似，同属无支撑、无模熔积成形技术，在复杂形状成形、开裂、组织性能等方面也存在与等离子成形类似的问题，故也可用于大功率激光熔积成形，以解决与等离子熔积成形类似的上述问题。因此，采用本发明可以高质量、快速、低成本地获得金属、金属间化合物、金属陶瓷、陶瓷及其复合梯度功能材料的零件或模具。

本发明还可用于零件或模具的表面修复或强化，克服现有方法在修复或强化完后对急冷硬化的修复和强化层进行后续精加工非常困难的技术瓶颈问题。

【附图说明】

图 1 为固定在焊枪上的微型轧辊示意图。

【具体实施方式】

实施例 1:

采用非熔化极气体保护焊的等离子熔积枪,固定在等离子熔积枪上的微型轧辊随等离子熔积枪同步运动,侧立辊跟随在熔融软化区侧面。非熔化极气体保护焊的焊接电流为 **60A**,并根据待熔积制造的模具型腔的使用性能要求,采用铁-镍-铬合金粉末,在基板上按照由模具三维 **CAD** 模型得到的数字化成形加工路径,逐层同步进行熔积成形与微型受迫成形加工;若模具型腔形状复杂,则需在上述同步成形加工过程中进行表面精整加工,因此,按照与同步成形加工路径复合的研磨、抛光路径规划,在同步成形加工过程中逐层或数层分段复合进行研磨、抛光精整加工。该精整加工过程与同步成形加工过程交替进行,直到模具型腔成形加工结束,尺寸和表面精度达到要求。对于模具凸模部分,可按与上述过程相同的步骤同步成形加工,并依次交替进行精整加工,直到模具凸模成形加工结束,尺寸和表面精度达到要求。此外,根据凸模形状的复杂程度,精整加工亦可在同步成形加工完成后进行。

实施例 2:

采用熔化极气体保护焊枪,固定在该焊枪上的微型挤压装置随之同步运动,夹板跟随在熔融软化区侧面,熔化极气体保护焊枪的焊接电流为 **50A**,对于铝合金零件,采用铝合金丝材,在基板上按照由零件三维 **CAD** 模型得到的数字化成形加工路径,逐层同步进行熔积成形与微型受迫成形加工。从细化晶粒和提高组织性能的要求出发,可使该复合场成形加工在振动状态下进行;对于零件复杂形状部分,按照与上述成形加工路径复合的研磨、抛光路径规划,在该同步成形加工过程中逐层或数层分段交替进行研磨、抛光精整加工,直到零件成形加工结束,尺寸和表面精度达到零件的要求。

实施例 3:

采用功率为 **1000w** 的固体激光器、固定在激光头上的微型轧辊随激光头同步运动,侧立辊跟随在熔融软化区侧面,带孔型的水平辊柔性跟踪熔池后方附近的半凝固软化区域,在基板上按照由零件三维 **CAD** 模型得到的数字化成形加工路径,逐层同步进行激光熔积成形与微型受迫成形加工高温合金零件。若零件形状复杂,则需在成形过程中进行精整加工,因此,按照与成形路径复合的研磨、抛光路径规划,在成形过程中逐层或数层分段复合研磨、抛光精整加工。该精整加工过程与同步成形加工过程

交替进行，直到模具成形结束，尺寸和表面精度达到要求。

实施例 4:

采用梯度功能材料送粉器、转移弧电流为 **70A** 的等离子熔积枪，微型轧辊固定在工业机器人手腕上，工业机器人手腕与熔积成形制造中使用的数控等离子熔积枪保持同步，侧立辊跟随在熔融软化区侧面，带孔型的水平辊柔性跟踪熔池后方附近的半凝固软化区域。将镍铝金属间化合物粉末与镍基高温合金粉末，按照由带有梯度功能材料成分分布信息的三维 **CAD** 模型得到的数字化熔积成形路径，逐层同步进行等离子熔积成形与微型挤压成形加工该梯度功能材料零件。根据零件的成形加工精度和表面质量的要求，可在同步成形加工过程中交替复合进行表面研磨或抛光精整加工，直至达到零件所需的尺寸和表面质量的要求。

实施例 5:

实施例 1、3、4 和本实施例所使用的微型轧辊如图 1 所示，包括左侧立辊 9、右侧立辊 6 和水平辊 11，所述左侧立辊 9、右侧立辊 6 分别通过轴销与左旋转臂 12、右旋转臂 5 连接，左、右旋转臂分别通过轴销与左垂直臂 13、右垂直臂 2 连接，左、右垂直臂固联在第一固定架 1 上；

所述水平辊 11 通过轴销与后旋转臂 4 连接，后旋转臂 4 通过轴销与后垂直臂 3 连接，后垂直臂 3 固联在第二固定架 14 上。

本实施例采用熔化极气体保护焊枪，固定在数控焊枪 15 上的微型轧辊随焊枪同步运动，加工成形件 7 置于基座 8 上，带孔型的水平辊 11 柔性跟踪熔池后方附近的半凝固软化区域，熔化极气体保护焊枪的焊接电流为 **60A**，根据待修复塑料模具的使用性能要求，采用不锈钢焊丝 10，在模具待修复部位的表面上按照由模具三维 **CAD** 模型得到的数字化熔积修复路径，同步进行熔积成形与微型轧制受迫成形加工；由于模具型腔的形状复杂，需在上述同步修复成形加工过程中进行表面精整加工，因此，按照与同步修复成形加工路径复合的研磨、抛光路径规划，在同步修复成形加工过程中交替复合进行研磨、抛光精整加工，直到模具修复成形加工结束，尺寸和表面精度达到要求。

权 利 要 求

1. 一种零件与模具的熔积成形复合制造方法，包括：

一．模型分层步骤：根据零件或模具的三维 CAD 模型的尺寸精度要求，对零件或模具的三维 CAD 模型进行分层切片处理；

二．生成数控代码步骤：根据零件或模具的三维 CAD 模型分层切片数据和各层尺寸和形状的特点进行成形路径规划，生成成形加工所需的各层数控代码；

三．熔积成形步骤：采用数控的气体保护焊束或激光束，按照各层数控代码指定的轨迹，使用熔积成形焊枪，在基板上将金属、金属间化合物、陶瓷及复合梯度功能材料的粉末或丝材逐层熔积成形；

其特征在于：

在与气体保护焊束和激光束作用下熔融软化的区域相接触处，安装微型轧辊或微型挤压装置；在进行熔积成形步骤的同时，微型轧辊或微型挤压装置随着熔积区域同步移动，对熔积区域作压缩成形与加工；

逐层同步进行熔积成形与加工，直至达到零件或模具的尺寸和表面精度的要求。

2. 如权利要求 1 所述的熔积成形复合制造方法，其特征在于：

所述熔积成形步骤中，若成型体达不到零件或模具的尺寸和表面精度的要求，则在成形过程中逐层或多层分段采用研磨、抛光，对成型体进行精整加工，直至达到零件或模具的尺寸和表面精度要求。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的熔积成形复合制造方法，其特征在于：

所述熔积成形步骤中，所述熔积成形焊枪为等离子焊枪、气体保护焊枪或者激光焊头；

所述金属为可用于气体保护焊或激光焊接的金属或合金材料；

所述金属间化合物为可用于表面熔覆的金属间化合物材料；

所述陶瓷为可用于表面熔覆的陶瓷材料；

所述复合或梯度功能材料为由上述金属、金属间化合物、陶瓷复合的材料，或复

合之后材料成分可梯度变化的材料。

4. 如权利要求 1 所述的熔积成形复合制造方法，其特征在于：

所述微型轧辊或微型挤压装置固定于所述熔积成形焊枪头上，在逐层熔积成形过程中，微型轧辊或微型挤压装置随熔积成形焊枪同步运动，微型轧辊的侧立辊或微型挤压装置的夹板跟随在熔融软化区侧面，微型轧辊的水平辊或微型挤压装置的压板始终保持与熔池后方附近的半凝固软化区域相接触，对该区域施加塑性变形。

5. 如权利要求 1 所述的熔积成形复合制造方法，其特征在于：

所述微型轧辊或微型挤压装置固定于数控加工头上或机器人手腕上，所述数控加工头或机器人手腕与熔积成形制造中使用的熔积成形焊枪保持同步，在逐层熔积成形过程中，微型轧辊或微型挤压装置随熔积成形焊枪运动，微型轧辊的侧立辊或微型挤压装置的夹板跟随在熔融软化区侧面，微型轧辊的水平辊或微型挤压装置的压板柔性跟踪熔池后方附近的半凝固软化区域，对该区域施加塑性变形。

6. 一种用于权利要求 1 所述熔积成形复合制造方法的微型轧辊，包括左、右侧立辊和水平辊，其特征在于：

所述左、右侧立辊分别通过轴销与左、右旋转臂连接，左、右旋转臂分别通过轴销与左、右垂直臂连接，左、右垂直臂固联在第一固定架上；

所述水平辊通过轴销与后旋转臂连接，后旋转臂通过轴销与后垂直臂连接，后垂直臂固联在第二固定架上。

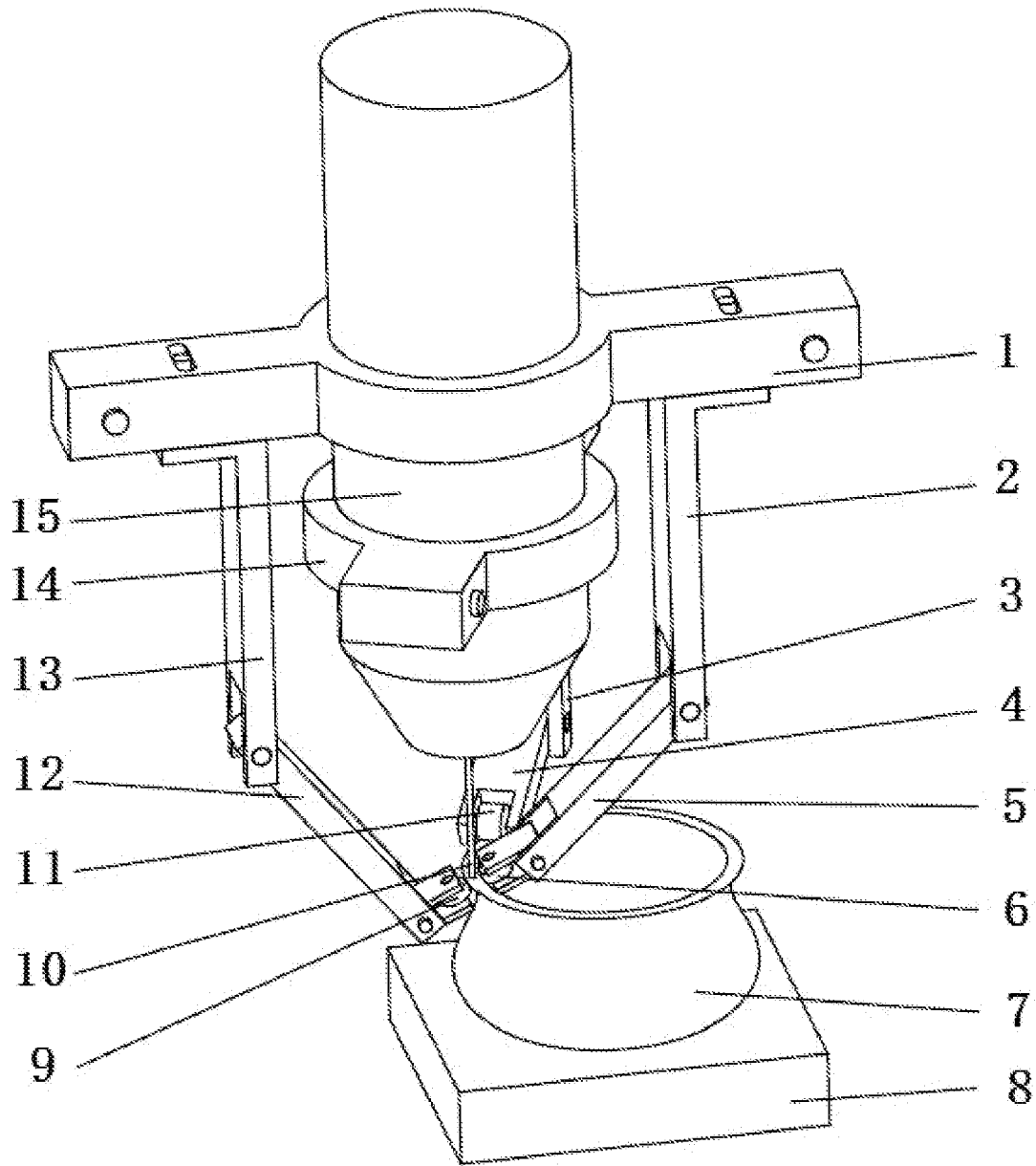


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/072524

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

IPC: B22F, B22D, B23K, B23P, B21B

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)

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: RP, rapid, prototyping, direct, deposition, roll, press, melt, soften+, weld, laser

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN101362272 A (UNIV HUAZHONG SCI&TECHNOLOGY) 11 Feb. 2009 (11.02.2009) See description page 3, the last paragraph- page 5, the first paragraph	1-6
Y	CN101549404 A (YANG, Yunfeng) 07 Oct. 2009 (07.10.2009) See claims 1, 8, description page 12, the last paragraph- page 13, the first paragraph, figure 1	1-6
Y	CN1163807 A (UNIV QINGHUA) 05 Nov. 1997 (05.11.1997) See description page 1, the second paragraph- page 13, the second paragraph	1-6
P, X	CN101817121 A (UNIV HUAZHONG SCI&TECHNOLOGY) 01 Sep. 2010 (01.09.2010) See claims 1-6	1-6
Y	CN2421094 Y (ANSHAN COLLEGE OF IRON AND STE) 28 Feb. 2001 (28.02.2001) See description page 1, paragraph 4- page 2, paragraph 8, figures 1-4	6

☐ 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
11 May 2011 (11.05.2011)

Date of mailing of the international search report
09 Jun. 2011 (09.06.2011)

Name and mailing address of the ISA/CN
The State Intellectual Property Office, the P.R.China
6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China
100088
Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer
HOU, Yanpin
Telephone No. (86-10)62084500

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2011/072524

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN101362272 A	11.02.2009	CN101362272 B	15.09.2010
CN101549404 A	07.10.2009	None	
CN1163807 A	05.11.1997	CN1060698 C	17.01.2001
CN101817121 A	01.09.2010	None	
CN2421094 Y	28.02.2001	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2011/072524

Continuation of : second sheet A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22F 3/105 (2006.01) i

B22F 3/24 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2011/072524

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: B22F, B22D, B23K, B23P, B21B

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))

WPI, EPODOC, CNKI, CNPAT: 快速成形, 快速成型, 快速原型, 直接快速制造, 快速直接制造, 熔积, 层积, 轮, 辊, 滚, 挤压, 软化, 熔融, 焊, 激光, RP, rapid, prototyping, direct, deposition, roll, press, melt, softening+, weld, laser

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
Y	CN101362272 A (华中科技大学) 11.2 月 2009 (11.02.2009) 参见说明书第 3 页最后一段至第 5 页第一段	1-6
Y	CN101549404 A (杨云峰) 07.10 月 2009 (07.10.2009) 参见权利要求 1 和 8, 说明书第 12 页最后一段至 13 页第一段, 附图 1	1-6
Y	CN1163807 A (清华大学) 05.11 月 1997 (05.11.1997) 参见说明书第 1 页第 2 段至第 13 页第 2 段	1-6
P, X	CN101817121 A (华中科技大学) 01.9 月 2010 (01.09.2010) 参见权利要求 1-6	1-6
Y	CN2421094 Y (鞍山钢铁学院) 28.2 月 2001 (28.02.2001) 参见说明书第 1 页第 4 段至第 2 页第 8 段, 附图 1-4	6

☐ 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
11.5 月 2011 (11.05.2011)

国际检索报告邮寄日期
09.6 月 2011 (09.06.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

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

侯艳嫔

电话号码: (86-10) 62084500

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2011/072524

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101362272 A	11.02.2009	CN101362272 B	15.09.2010
CN101549404 A	07.10.2009	无	
CN1163807 A	05.11.1997	CN1060698 C	17.01.2001
CN101817121 A	01.09.2010	无	
CN2421094 Y	28.02.2001	无	

续：第 2 页 A. 主题的分类

B22F 3/105 (2006.01) i

B22F 3/24 (2006.01) i