

(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
2021 年 9 月 30 日 (30.09.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/189824 A1

(51) 国际专利分类号:
B21D 22/16 (2006.01) *B21D 51/02* (2009.01)
B21D 37/16 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/121361

(22) 国际申请日: 2020 年 10 月 16 日 (16.10.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010211625.8 2020 年 3 月 24 日 (24.03.2020) CN

(71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

(72) 发明人: 夏琴香 (XIA, Qinxiang); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。 陈灿 (CHEN, Can); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。 程秀全 (CHENG, Xiuquan); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。 肖刚

锋 (XIAO, Gangfeng); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

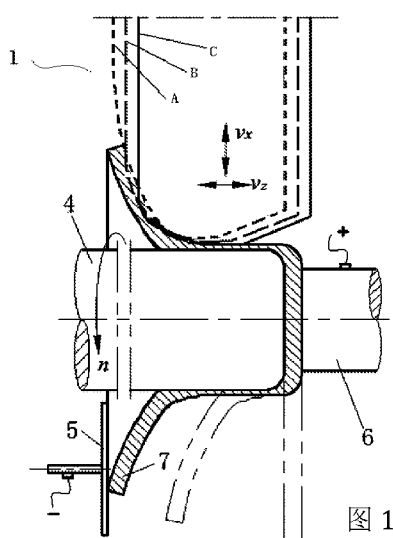
(74) 代理人: 广州市华学知识产权代理有限公司 (GUANGZHOU HUAXUE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省广州市天河区黄埔大道西 100 号之一富力盈泰广场 A 栋 16 楼 1601-1605、1609-1611 房, Guangdong 510627 (CN)。

(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, 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,

(54) Title: DEEP-CUP-SHAPED THIN-WALL PART CURRENT AUXILIARY COMPOSITE SPINNING FORMING DEVICE AND METHOD

(54) 发明名称: 一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置及方法



(57) Abstract: A deep-cup-shaped thin-wall part current auxiliary composite spinning forming device, comprising a spinning core mold (4), a tailstock (6), and a plurality of spinning rollers (3) distributed on the circumference of the spinning core mold at equal intervals. The spinning rollers are arranged in a staggered manner in the axial direction and the radial direction of the spinning core mold. Spinning surfaces of each spinning roller comprise a deep drawing spinning surface (1), a flowing spinning segment, and a shaping spinning surface (2). The staggered arrangement means that the deep drawing spinning surfaces, the flowing spinning segments, and the shaping spinning surfaces of all the spinning rollers are distributed in a staggered manner in the axial direction and the radial direction of the spinning core mold. A spinning forming method using the spinning forming device. Because arc-shaped surface shapes and structures of the spinning rollers for deep drawing spinning are different, the spinning rollers focus on exerting pressure to different portions of a blank within each period of rotating the spinning core mold in a circle, thereby facilitating increasing the pass reduction, and reducing the spinning pass, so that the production efficiency can be improved, and the defects that finally workpieces are hardened and materials are broken and cannot be used and the like due to the discontinuous material processing process are reduced.



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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置, 包括旋压芯模(4)和尾顶(6), 以及均等分布在旋压芯模圆周的多个旋轮(3); 每个旋轮在旋压芯模的轴向和径向上均错距布置; 每个旋轮的旋压面包括拉深旋压面(1)、流动旋压段、整形旋压面(2); 错距布置是每个旋轮的拉深旋压面、流动旋压段和整形旋压面在旋压芯模的轴向和径向上均错距分布。以及一种采用该旋压成形装置的旋压成形方法。由于各个旋轮用于拉深旋压的弧形型面形状结构的不同, 在旋压芯模每旋转一圈的周期内, 各旋轮侧重对坯料的不同部位施加压力, 有利于增加道次压下量, 减少旋压道次, 不仅能提高生产效率, 还有利于减小由于材料加工过程不连续, 最终导致工件硬化导致材料破裂和无法使用等缺陷。

一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置及方法

技术领域

本发明涉及机械工程的塑性加工成形领域，尤其涉及一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置及方法。

背景技术

深杯形薄壁零件是一种带底且长径比较大的薄壁复杂构件。由于长径比较大，可以采用旋压工艺成形，一般需要先采用多道次拉深旋压成形得到浅杯形件，再进行多道次流动旋压成形使壁厚减薄得到深杯形薄壁零件。

主要存在如下几方面问题：

1、拉深旋压和流动旋压两个旋压工序彼此独立完全分开作业，使工件加工流程及作业时间过长；而且在拉深旋压作业后，还需要重新更换和调校工装，才能进行流动旋压作业，不仅耽误加工时间，而且零件精度也会受到一定影响。

2、拉深旋压成形时，采用单旋轮多道次，又或者采用相同几何参数的双（或者多个）旋轮，进行反复多道次成形，因为每个旋轮的几何参数相同，所以道次压下量受到限制，此时不得不增加道次数；这也会导致作业时间的增加；更重要的甚至因工件加工时间以及更换工装及调校时间的延长，使的工件生产工艺不连续，导致工件硬化导致材料破裂。

3、有些情况下采用了电流辅助旋压成形，但均将其中一个电极施加在工件即坯料的表面，因旋转时动态接触产生的电火花，使坯料表面烧蚀，导致成型后的零件表面受损严重，影响产品质量。

发明内容

本发明提供一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置及方法。解决了现有技术中由于工件生产工艺中拉深旋压、流动旋压（或整形旋压）作业过程不连续，而使工件硬化导致材料破裂、更换工序时需要重新调校工装以及生产周期长等问题。

本发明通过下述技术方案实现：

一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，包括旋压芯模 4 和尾顶 6，以及均等分布在旋压芯模 4 圆周的多个旋轮 3；每个旋轮 3 在旋压芯模 4 的轴向和径向上均错距布置；每个旋轮 3 的旋压面包括拉深旋压面 1、流动旋压段、整形旋压面 2；所述错距布置是指每个旋轮 3 的拉深旋压面 1、流动旋压段和整形旋压面 2 在旋压芯模 4 的轴向和径向上均错距分布。

所述旋轮 3 的数量为至少三个，所述错距分布体现如下：

各旋轮 3 的拉深旋压面 1 的剖面线为圆弧线，且各拉深旋压面 1 的圆弧半径依次逐渐减小；

各旋轮 3 的整形旋压面 2 的剖面形状为直线；根据旋转顺序，其中前两个相邻的旋轮 3 的整形旋压面 2 相对于旋压芯模 4 轴线的倾斜角度相同或者依次减小，而第三个旋轮 3 的整形旋压面 2 相对于旋压芯模 4 轴线的倾斜角度均小于前两个旋轮 3 的倾斜角度；

各流动旋压段为锥形结构，是指拉深旋压面 1 的圆弧线与整形旋压面 2 直线衔接处的尖端圆角部分，且各流动旋压段的尖端圆角依次逐渐错开。

所述前两个相邻的旋轮 3 的倾斜角度相同是指在 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 范围内相同，依次减小是指在 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 范围内依次减小；所述第三个旋轮 3 的倾斜角度为 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 。

所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，还包括一抵触在坯料 7 边缘的反推板 5；在反推板 5 和尾顶 6 上分别设有电极，其中尾顶 6 上为正电极，反推板 5 为负电极；在旋压过程中，通过尾顶 6 和反推板 5 将脉冲电流

由坯料 7 的中心区域流向边缘，作为电流辅助旋压。

所述旋轮 3 的数量为三个时，呈 120° 均布在旋压芯模 4 的圆周。

一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，其包括如下步骤：

用尾顶 6 将圆板形的坯料 7 对中顶紧在旋压芯模 4 上；

给反推板 5 施加一个沿旋压芯模 4 轴向方向的推力，即向毛坯 7 方向，以使反推板 5 顶紧在坯料 7 的边缘；在尾顶 6 和反推板 5 上施加一个脉冲电流，脉冲电流由坯料 7 的中心区域流向边缘，作为电流辅助旋压；

旋轮 3 的拉深旋压面 1 处于工作工位；当旋轮 3 为三个时，每个拉深旋压面 1 的圆弧半径以及整形旋压面 2 的倾斜角度依次逐渐减小；相应地，流动旋压段锥形结构的尖端圆角与旋压芯模 4 之间的间隙也逐渐减小；

旋压芯模 4 旋转；根据旋轮圆弧半径由大至小的排列顺序，拉深旋压面 1 依次逐渐对坯料 7 进行拉深旋压，当坯料经过流动旋压段的尖端圆角时完成对坯料 7 流动旋压，以完成坯料 7 的拉深、减薄；接着进入整形旋压面 2，再对减薄的坯料 7 的表面逐渐进行光整整形；直至完成坯料 7 的拉深旋压、流动旋压和整形旋压过程，进而实现旋压芯模 4 旋转和旋轮 3 一次轴向进给即可完成拉深、流动和整形旋压三个工序，直至得到整个深杯形零件的所需壁厚。

流动旋压段的尖端圆角与旋压芯模 4 轴面之间的间隙最小的那个旋轮 3，决定了深杯形零件成形后的最终壁厚。

所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，还包括用于切除深杯形零件的口部余量的步骤。

本发明相对于现有技术，具有如下的优点及效果：

(1) 本发明将拉深旋压和流动旋压（或整形旋压）功能，以错距布置的方式，巧妙的集成复合到一个旋轮上，省去了拉深旋压、流动旋压（或整形旋压）多个旋压工艺之间的工装更换、工序切换以及调校的时间。并有效克服了每次更换工装时都要重新调校工装的繁琐过程。

(2) 现有技术拉深旋压成形时，采用单旋轮多道次，也或者采用相同几何参数的双（或者多个）旋轮，进行反复多道次成形，因为每个旋轮的几何参数相同，所以道次压下量受到限制，此时不得不增加道次数；这也会导致作业时间的增加；更重要的甚至因工件加工时间以及更换工装及调校时间的延长，使的工件生产工艺不连续，从而使工件硬化导致材料破裂。

本发明将各个旋轮采用错距分布，即旋轮的拉深旋压面 1 的弧面半径上的差异或者不同，整形旋压面 2 的倾斜角度的差异或者不同，以及流动旋压段为锥形结构的尖端圆角位置的差异或者不同。因此，由于各个旋轮用于拉深旋压的弧形型面形状结构的不同，在旋压芯模每旋转一圈的周期内，各旋轮侧重对坯料的不同部位施加压力，有利于增加道次压下量，减少旋压道次，不仅能提高生产效率，还有利于减小由于材料加工过程不连续，最终导致工件硬化导致材料破裂，无法使用等缺陷。

(3) 本发明采用错距旋压，并使每道次旋压均能够完成部分拉深旋压、流动旋压及整形旋压工序，不仅作业过程连续，有效防止了材料硬化，而且能最大限度提高生产效率。

(4) 通过利用尾顶和反推盘在坯料的中心区域和边缘部位施加脉冲电流，可以避免坯料有用表面与电极之间的动态接触产生电火花烧蚀，从而可以保护零件表面的光整度及精度要求。最终的修边工序将被烧蚀的无用边缘切除，即得到高质量的旋压零件。

采用电流辅助成形也进一步提高了材料的塑性。

设置反推板除了上述目的之外，还可以提高拉深旋压成形的稳定性以避免材料失稳起皱。

附图说明

图 1 为本发明整体结构示意图；其中为对比错距布置原理，故将三个旋轮叠置。

图 2 为本发明三个旋轮实际布局结构示意图。

图 3 为本发明旋轮的局部剖面结构示意图。

图 4 为本发明三个旋轮叠置在一起时的轮廓结构对比示意图。

具体实施方式

下面结合具体实施例对本发明作进一步具体详细描述。

实施例

如图 1-4 所述。本发明公开了一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，包括旋压芯模 4 和尾顶 6，以及均等分布在旋压芯模 4 圆周的多个旋轮 3；每个旋轮 3 在旋压芯模 4 的轴向和径向上均错距布置；每个旋轮 3 的旋压面包括拉深旋压面 1、流动旋压段、整形旋压面 2；所述错距布置是指每个旋轮 3 的拉深旋压面 1、流动旋压段和整形旋压面 2 在旋压芯模 4 的轴向和径向上均错距分布。

图1是本发明为了便于比较三个旋轮（依次为A旋轮、B旋轮、C旋轮）在径向和轴向的相对位置，将三个旋轮放置在圆周方向的同一位置。实际三个旋轮的圆周位置如图2所示的均匀布置在旋压芯模4的周围。每个旋轮的型面形状如图3所示，其图中I段主要用于拉深旋压，II段主要用于流动旋压和/或整形旋压，图1中从左到右A、B、C三个旋轮中，A、B旋轮主要用于拉深旋压和流动旋压，C旋轮主要用于拉深旋压和整形旋压。

所述旋轮 3 的数量为至少三个，所述错距分布体现如下：

各旋轮 3 的拉深旋压面 1 的剖面线为圆弧线，且各拉深旋压面 1 的圆弧半径依次逐渐减小；

各旋轮 3 的整形旋压面 2 的剖面形状为直线；根据旋转顺序，其中前两个相邻的旋轮 3 的整形旋压面 2 相对于旋压芯模 4 轴线的倾斜角度相同或者依次减小，而第三个旋轮 3 的整形旋压面 2 相对于旋压芯模 4 轴线的倾斜角度均小于前两个旋轮 3 的倾斜角度；

在图 3 中，每个旋轮的整形旋压面 2，按其功能不同设计其不同的倾斜角 α ，A 和 B 旋轮用于流动旋压，可以按常规参数设计 $\alpha_A = \alpha_B = 3^\circ$ 。因为每道次旋压时都存在拉深旋压、流动旋压，为避免产生明显的旋轮螺旋痕迹，将三个旋轮 3 均设计成具有拉深旋压和整形旋压功能，并设计 $\alpha_C = 0.5^\circ$ 以提高对零件表面的整形效果。当然，根据具体应用要求，角度可是灵活变动。

各流动旋压段为锥形结构，是指拉深旋压面 1 的圆弧线与整形旋压面 2 直线衔接处的尖端圆角，且各流动旋压段的尖端圆角依次逐渐错开。

从上述技术特征可以看出，本发明错距分布是旋轮的拉深旋压面 1 的弧面半径上的差异或者不同，整形旋压面 2 的倾斜角度的差异或者不同，以及流动旋压段为锥形结构的尖端圆角位置的差异或者不同。这种不同及差异，巧妙的将拉深旋压和流动旋压（或整形旋压）功能，以错距布置的方式复合集成到一个旋轮上，省去了拉深旋压、流动旋压（或整形旋压）多个旋压工艺之间的工装更换、工序切换以及调校的时间。

现有技术拉深旋压成形时，采用单旋轮多道次，也或者采用相同几何参数的双（或者多个）旋轮，进行反复多道次成形，因为每个旋轮的几何参数相同，所以道次压下量受到限制，此时不得不增加道次数；这也会导致作业时间的增加；更重要的甚至因工件加工时间以及更换工装及调校时间的延长，使的工件生产工艺不连续，从而使工件硬化导致材料破裂。

如上所述，本发明由于各个旋轮用于拉深旋压的弧形型面形状结构的不同，在旋压芯模每旋转一圈的周期内，各旋轮侧重对坯料的不同部位施加压力，有利于增加道次压下量，减少旋压道次，不仅能提高生产效率，还有利于减小由于材料加工过程不连续，最终导致工件硬化导致材料破裂，无法使用等缺陷。

本发明前两个相邻的旋轮 3（拉深旋压面 1 的圆弧半径最大的作为第一个，即 A 旋轮）的倾斜角度相同是指 $2^\circ \sim 3^\circ$ 范围内相同，依次减小是指 $2^\circ \sim 3^\circ$ 范围内依次减小；所述第三个旋轮 3（拉深旋压面 1 的圆弧半径最小，

即 C 旋轮) 的倾斜角度为 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 。然而, 根据工件实际情况, 也可以是其他角度。

如上所述, 为了能在每道次拉深旋压过程中增加道次压下量, 采用三个旋轮同时进行拉深旋压, 并将三个旋轮的弧形型面设计成不同圆弧半径 R , 参见图 4。

图 4 中, 为了能让每一个旋轮均对拉深旋压的压下量有所贡献, 应从前到后 (即从 A 旋轮到 C 旋轮) 逐渐减小圆弧半径 R , 即 $R_1 > R_2 > R_3$, 并让最后一旋轮拉深旋压段的圆弧轮廓向前超出前一旋轮拉深旋压段的圆弧轮廓, 对前一旋轮拉深旋压后的局部工件表面再次施压, 从而起到增加道次压下量的效果。

本发明深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置, 还包括一抵触在坯料 7 边缘的反推板 5; 在反推板 5 和尾顶 6 上分别设有电极, 其中尾顶 6 上为正电极, 反推板 5 为负电极; 在旋压过程中, 通过尾顶 6 和反推板 5 将脉冲电流由坯料 7 的中心区域流向边缘, 作为电流辅助旋压。可以避免坯料有用表面与电极之间的动态接触产生电火花烧蚀, 从而可以保护零件表面的光整度及精度要求, 最终的修边工序将会切除被烧蚀的边缘, 得到高质量的旋压零件。当坯料 7 采用合金结构钢材料, 电流辅助旋压时脉冲电流为 1100A ~ 1400A。其他材料所需电流根据实际应用而定。

采用电流辅助成形还可以提高材料塑性, 特别是深杯形薄壁零件旋压成形时更需要较好的材料塑性。电流辅助旋压成形时, 常规电极接线方式均是将两个电极中的一个接在构件表面, 但这种动态接触产生电火花并烧蚀构件表面的现象目前尚难以克服。为此本发明提出了上述通过尾顶 6 和反推板 5 将脉冲电流由坯料 7 的中心区域流向边缘, 作为电流辅助旋压方法。

为此, 本发明提出在反推盘 5 和尾顶 6 上施加电流的方法, 原理结构如

图 1。设置反推板除了上述目的之外，还可以提高拉深旋压成形的稳定性以避免材料失稳起皱。

本发明实施例选用旋轮 3 的数量为三个，可呈 120° 均布在旋压芯模 4 的圆周。根据实际需要，数量可以是 2 个以上。

本发明深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，可通过如下步骤实现：

步骤一：用尾顶 6 将圆板形的坯料 7 对中顶紧在旋压芯模 4 上；

步骤二：给反推板 5 施加一个沿旋压芯模 4 轴向方向的推力，即向毛坯 7 方向，以使反推板 5 顶紧在坯料 7 的边缘；在尾顶 6 和反推板 5 上施加一个脉冲电流，脉冲电流由坯料 7 的中心区域流向边缘，作为电流辅助旋压；

步骤三：旋轮 3 的拉深旋压面 1 处于工作工位；当旋轮 3 为三个时，每个拉深旋压面 1 的圆弧半径以及整形旋压面 2 的倾斜角度依次逐渐减小；相应地，流动旋压段锥形结构的尖端圆角与旋压芯模 4 之间的间隙也逐渐减小；

步骤四：旋压芯模 4 旋转；根据旋轮圆弧半径由大至小的排列顺序，拉深旋压面 1 依次逐渐对坯料 7 进行拉深旋压，当拉深旋压至流动旋压段的尖端时完成对坯料 7 流动旋压，以完成坯料 7 的拉深、减薄；接着进入整形旋压面 2，再对减薄的坯料 7 的表面逐渐进行光整整形；直至完成坯料 7 的拉深旋压、流动旋压和整形旋压过程，进而实现旋压芯模 4 旋转和旋轮 3 一次轴向进给即可完成拉深、流动和整形旋压三个工序，直至得到整个深杯形零件的所需壁厚，最后将深杯形零件的口部多余边缘切除。

流动旋压段的尖端圆角与旋压芯模 4 轴面之间的间隙最小的那个旋轮 3，决定了深杯形零件成形后的最终的壁厚。

如上所述，便可较好地实现本发明。上述工艺中采用三个旋轮，实际应用中根据具体情况及应用要求，结构形状可以依次类推，数量可以是一个，两个，三个，四个或者更多。

本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他任何未背离本发明的

精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，包括旋压芯模（4）和尾顶（6），以及均等分布在旋压芯模（4）圆周的多个旋轮（3）；其特征在于：每个旋轮（3）在旋压芯模（4）的轴向和径向上均错距布置；每个旋轮（3）的旋压面包括拉深旋压面（1）、流动旋压段、整形旋压面（2）；所述错距布置是指每个旋轮（3）的拉深旋压面（1）、流动旋压段和整形旋压面（2）在旋压芯模（4）的轴向和径向上均错距分布。

2、根据权利要求1所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，其特征在于，所述旋轮（3）的数量为至少三个，所述错距分布体现如下：

各旋轮（3）的拉深旋压面（1）的剖面线为圆弧线，且各拉深旋压面（1）的圆弧半径依次逐渐减小；

各旋轮（3）的整形旋压面（2）的剖面形状为直线；根据旋转顺序，其中前两个相邻的旋轮（3）的整形旋压面（2）相对于旋压芯模（4）轴线的倾斜角度相同或者依次减小，而第三个旋轮（3）的整形旋压面（2）相对于旋压芯模（4）轴线的倾斜角度均小于前两个旋轮（3）的倾斜角度；

各流动旋压段为锥形结构，是指拉深旋压面（1）的圆弧线与整形旋压面（2）直线衔接处的尖端圆角，且各流动旋压段的尖端圆角依次逐渐错开。

3、根据权利要求2所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，其特征在于：所述前两个相邻的旋轮（3）的倾斜角度相同是指 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 范围内相同，依次减小是指 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 范围内依次减小；所述第三个旋轮（3）的倾斜角度为 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 。

4、根据权利要求3所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，其特征在于：所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，还包括一抵触

在坯料（7）边缘的反推板（5）；在反推板（5）和尾顶（6）上分别设有电极，其中尾顶（6）上为正电极，反推板（5）为负电极；在旋压过程中，通过尾顶（6）和反推板（5）将脉冲电流由坯料（7）的中心区域流向边缘，作为电流辅助旋压。

5、根据权利要求4所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，其特征在于：所述坯料（7）采用合金结构钢，电流辅助旋压时脉冲电流为1100A~1400A。

6、根据权利要求5所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形装置，其特征在于：当旋轮（3）的数量为三个时，呈120°均布在旋压芯模（4）的圆周。

7、一种深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，其特征在于采用权利要求1-6中任一项所述装置实现，其包括如下步骤：

用尾顶（6）将圆板形的坯料（7）对中顶紧在旋压芯模（4）上；

给反推板（5）施加一个沿旋压芯模（4）轴向方向的推力，即向毛坯7方向，以使反推板（5）顶紧在坯料（7）的边缘；在尾顶（6）和反推板（5）上施加一个脉冲电流，脉冲电流由坯料（7）的中心区域流向边缘，作为电流辅助旋压；

旋轮（3）的拉深旋压面（1）处于工作工位；当旋轮（3）为三个时，每个拉深旋压面（1）的圆弧半径以及整形旋压面（2）的倾斜角度依次逐渐减小；相应地，流动旋压段锥形结构的尖端圆角与旋压芯模（4）之间的间隙也逐渐减小；

旋压芯模（4）旋转；根据旋轮圆弧半径由大至小的排列顺序，拉深旋压面（1）依次逐渐对坯料（7）进行拉深旋压，当拉深旋压至流动旋压段的尖端

圆角时完成对坯料（7）流动旋压，以完成坯料（7）的拉深、减薄；接着进入整形旋压面（2），再对减薄的坯料（7）的表面逐渐进行光整整形；直至完成坯料（7）的拉深旋压、流动旋压和整形旋压过程，进而实现旋轮一次进给即可完成拉深、流动和整形旋压三个工序，直至得到整个深杯形零件的所需壁厚。

8、根据权利要求 7 所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，其特征在于：流动旋压段的尖端圆角与旋压芯模（4）轴面之间的间隙最小的那个旋轮（3），决定了深杯形零件成形后的最终的壁厚。

9、根据权利要求 8 所述深杯形薄壁零件电流辅助复合旋压成形方法，其特征在于：深杯形零件达到需壁厚后，再切除深杯形零件的口部的余边。

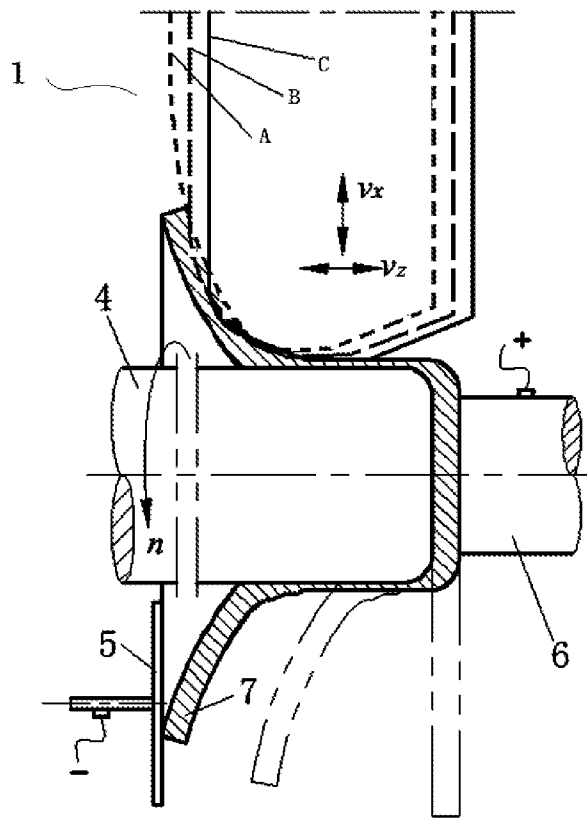


图 1

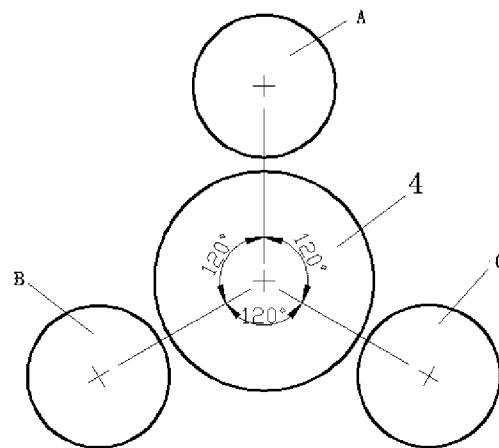


图 2

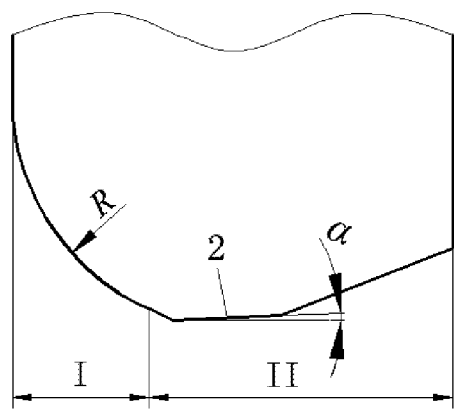


图 3

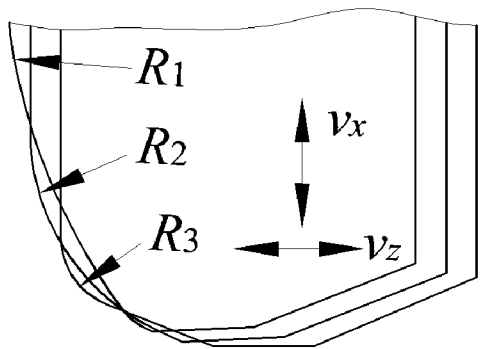


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/121361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21D 22/16(2006.01)i; B21D 37/16(2006.01)i; B21D 51/02(2009.01)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)

B21D

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, DWPI, SIPOABS, CNKI: 旋压, 芯模, 芯轴, 心轴, 拉深, 拉伸, 整型, 整形, 错距, 旋轮, 滚轮, 辊轮, 流动旋压, 轴向, 径向, spin+, mandrel, core, stretch+, draw+, shap+, roller, wheel, staggered, axial, radial

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111408650 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 14 July 2020 (2020-07-14) claims 1-9	1-9
A	CN 106903205 A (CAPITAL AEROSPACE MACHINERY COMPANY et al.) 30 June 2017 (2017-06-30) description, paragraphs [0024]-[0031], and figures 1-5	1-9
A	CN 108127014 A (XI'AN AEROSPACE POWER MACHINE CO., LTD.) 08 June 2018 (2018-06-08) entire document	1-9
A	CN 109772986 A (XI'AN AEROSPACE POWER MACHINE CO., LTD.) 21 May 2019 (2019-05-21) entire document	1-9
A	CN 104550393 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 29 April 2015 (2015-04-29) entire document	1-9



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

24 December 2020

Date of mailing of the international search report

21 January 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

International application No.

PCT/CN2020/121361**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2615959 C1 (OTKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE OBEDINENIE SPLAV) 11 April 2017 (2017-04-11) entire document	1-9
A	JP 5489968 A (KRUPP GMBH) 17 July 1979 (1979-07-17) entire document	1-9
A	JP 5992123 A (TOSHIBA MACHINE CO., LTD.) 28 May 1984 (1984-05-28) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/121361

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111408650	A	14 July 2020	None			
CN	106903205	A	30 June 2017	CN	106903205	B	21 December 2018
CN	108127014	A	08 June 2018	CN	108127014	B	31 May 2019
CN	109772986	A	21 May 2019	CN	109772986	B	28 April 2020
CN	104550393	A	29 April 2015	CN	104550393	B	24 August 2016
RU	2615959	C1	11 April 2017	None			
JP	5489968	A	17 July 1979	DE	2758254	A1	05 July 1979
				IT	1101243	B	28 September 1985
				FR	2413147	A1	27 July 1979
				IT	7831123	D0	21 December 1978
				AU	4096378	A	01 May 1980
				GB	2010720	B	13 January 1982
				GB	2010720	A	04 July 1979
				DD	140847	A5	02 April 1980
JP	5992123	A	28 May 1984	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/121361

A. 主题的分类

B21D 22/16(2006.01)i; B21D 37/16(2006.01)i; B21D 51/02(2009.01)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)

B21D

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, DWPI, SIPOABS, CNKI:旋压, 芯模, 芯轴, 心轴, 拉深, 拉伸, 整型, 整形, 错距, 旋轮, 滚轮, 辊轮, 流动旋压, 轴向, 径向, spin+, mandrel, core, stretch+, draw+, shap+, roller, wheel, staggered, axial, radial

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
PX	CN 111408650 A (华南理工大学) 2020年 7月 14日 (2020 - 07 - 14) 权利要求1-9	1-9
A	CN 106903205 A (首都航天机械公司等) 2017年 6月 30日 (2017 - 06 - 30) 说明书第[0024]-[0031]段, 附图1-5	1-9
A	CN 108127014 A (西安航天动力机械有限公司) 2018年 6月 8日 (2018 - 06 - 08) 全文	1-9
A	CN 109772986 A (西安航天动力机械有限公司) 2019年 5月 21日 (2019 - 05 - 21) 全文	1-9
A	CN 104550393 A (华南理工大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1-9
A	RU 2615959 C1 (OTKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE OBEDINENIE SPLAV) 2017年 4月 11日 (2017 - 04 - 11) 全文	1-9
A	JP 5489968 A (KRUPP GMBH) 1979年 7月 17日 (1979 - 07 - 17) 全文	1-9

☒ 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

2020年 12月 24日

国际检索报告邮寄日期

2021年 1月 21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

高晓颖

电话号码 86-(010)-62085364

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	JP 5992123 A (TOSHIBA MACHINE CO LTD) 1984年 5月 28日 (1984 - 05 - 28) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/121361

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	111408650	A	2020年 7月 14日	无	
CN	106903205	A	2017年 6月 30日	CN	106903205 B 2018年 12月 21日
CN	108127014	A	2018年 6月 8日	CN	108127014 B 2019年 5月 31日
CN	109772986	A	2019年 5月 21日	CN	109772986 B 2020年 4月 28日
CN	104550393	A	2015年 4月 29日	CN	104550393 B 2016年 8月 24日
RU	2615959	C1	2017年 4月 11日	无	
JP	5489968	A	1979年 7月 17日	DE	2758254 A1 1979年 7月 5日
				IT	1101243 B 1985年 9月 28日
				FR	2413147 A1 1979年 7月 27日
				IT	7831123 D0 1978年 12月 21日
				AU	4096378 A 1980年 5月 1日
				GB	2010720 B 1982年 1月 13日
				GB	2010720 A 1979年 7月 4日
				DD	140847 A5 1980年 4月 2日
JP	5992123	A	1984年 5月 28日	无	