



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104874626 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201510201700. 1

(22) 申请日 2015. 04. 24

(71) 申请人 中北大学

地址 030051 山西省太原市学院路 3 号

(72) 发明人 王强 张治民 薛勇 张佳磊
张慧芳

(74) 专利代理机构 山西五维专利事务所(有限
公司) 14105

代理人 李印贵

(51) Int. Cl.

B21C 23/02(2006. 01)

B21C 25/02(2006. 01)

B23P 15/00(2006. 01)

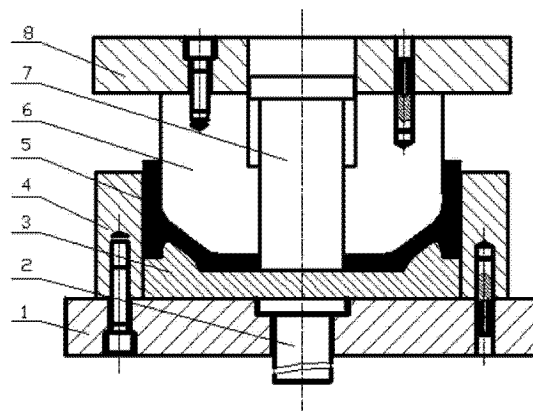
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘
工艺及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺及装置, 结合了负重轮盘性能要求和结构特点, 以及镁合金变形特性, 该装置主要特点是为径向-反向复合挤压模具, 该工艺特点是所述的径向反向复合挤压工序: 采用套装有随动凸模的固定凸模径向反向复合挤压制成的环形坯料, 金属材料在固定凸模作用下同时向垂直于和平行于凸模运动的方向流动, 金属径向流动形成负重轮盘辐板, 随动凸模限制金属流动至所需底孔尺寸, 金属正、反向流动形成负重轮盘辋部, 反向流动为开放式充填至所需高度; 它们提高产品性能, 降低成形力, 以实现镁合金负重轮盘在履带车辆上的应用。



1. 一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺,包括:下料—制坯—径向反向复合挤压—热处理—后续加工;其特征是:

所述的下料工序:

若选用棒料时主要确定其直径,对于铸造态棒料,应保证后续镦粗不失稳情况下达到大于 50% 以上的相对压下量;对于挤压态棒料,后续镦粗变形量不做要求;

若选用管料时主要确定其内、外直径,对于铸造态棒料,应保证后续镦粗不失稳情况下达到大于 50% 以上的相对压下量;对于挤压态棒料,后续镦粗变形量不做要求;

所述的制坯工序:

对于铸造态棒料,在自由状态下镦粗变形后通过冲孔变形制备所需的环形坯料;对于挤压态棒料,根据下料直径确定是否采用镦粗制坯,后进行冲孔;

对于铸造态管料,根据设定的变形量进行镦粗变形;

对于挤压态管料,根据选定的规格确定是否需要镦粗变形;

所述的径向反向复合挤压工序:

采用套装有随动凸模的固定凸模径向反向复合挤压制成的环形坯料,金属材料在固定凸模作用下同时向垂直于和平行于凸模运动的方向流动,金属径向流动形成负重轮盘辐板,随动凸模限制金属流动至所需底孔尺寸,金属正、反向流动形成负重轮盘辋部,反向流动为开放式充填至所需高度。

2. 根据权利要求 1 所述的一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺,其特征是:所述的制坯工序中,模具预热到与坯料相同或接近的温度,并采取保温措施,以实现等温成形;多次成形时,加热温度随成形道次逐次递减;成形时采用相应的润滑剂及润滑工艺;其中:

若采用铸造棒料,或采用挤压棒料且需要镦粗变形,镁合金负重轮盘成形经加热 2 次 3 道次工序完成;

若采用铸造管料,或采用挤压管料但需要镦粗变形,镁合金负重轮盘成形经加热 2 次 2 道次工序完成;

若采用挤压管料,镁合金负重轮盘成形经加热 1 次 1 道次工序完成。

3. 根据权利要求 1 所述的一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺,其特征是:所述的径向反向复合挤压工序中环形坯料尺寸确定为:

环形坯料外径: $D = D_1 - (3 \sim 5) \text{mm}$;

环形坯料内径: $d = rD$, 其中 $r_2 \leq r < r_1$ 且 $r \leq r_3$;

环形坯料高度:根据环形坯料体积与负重轮盘毛坯体积相等原则计算确定,但相对高度: $\frac{h}{D-d} \leq 2.5$;

环形坯料内外径比: $r = \frac{d}{D}$ 、相对高度: $\frac{h}{D-d}$;

负重轮盘内外径比: $r_1 = \frac{d_1}{D_1}$ 、辐板中心孔直径与负重轮盘外径比: $r_2 = \frac{d_2}{D_1}$ 、负重轮盘辐板与辋部体积比: $r_3 = \frac{V_{\text{辐板}}}{V_{\text{辋部}}}$;

其中: d 为环形坯料内径, D 为环形坯料外径, h 为环形坯料高度; D_1 为负重轮盘外径, d_1

为负重轮盘内径, d_2 为负重轮盘辐板中心孔直径, $V_{\text{辐板}}$ 为负重轮盘辐板部位体积, $V_{\text{辋部}}$ 为负重轮盘辋部体积。

4. 一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘装置, 为径向反向复合挤压模具, 包括下模板 (1)、顶杆 (2)、顶块 (3)、凹模 (4)、工件 (5)、固定凸模 (6)、随动凸模 (7)、上模板 (8); 所述的凹模通过螺钉、销钉与下模板连接, 顶杆置于下模板内, 顶块置于凹模内、下模板上, 固定凸模通过螺钉、销钉与上模板连接, 随动凸模置于固定凸模内; 其特征是: 所述的固定凸模内套装有随动凸模, 环形坯料在固定凸模作用下变形, 随动凸模限制金属的径向流动; 所述的凹模内径由工件外径 D_1 确定; 固定凸模直径等于工件内径 d_1 ; 随动凸模直径等于工件底部中心孔直径 d_2 。

一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺及装置

技术领域

[0001] 本发明一种履带车辆镁合金负重轮盘成形方法及装置,属金属材料先进制造技术范畴。主要用于镁合金负重轮盘的成形,同时可广泛应用于各种底部带孔的厚壁、低筒镁或铝合金筒形或盘形零件的成形制造。

背景技术

[0002] 轻量化是武器装备发展的主要方向之一。作为履带车辆行动装置重要组成部分的负重轮,用于支持车体并保持车体在履带上滚动,其在整车中数量多,占车重比例大。因此,研究负重轮新型材料及其加工方式,从而减轻其重量,对减轻车辆重量并提升机动性具有重要的意义。

[0003] 采用轻金属是车辆轻量化主要手段之一。对于履带车辆负重轮,传统采用钢制轮盘;而目前大多应用铝合金,主要采用挤压铸造、液态模锻、锻造等加工方式,如提出局部增强铝基复合材料挤压铸造一体化成形负重轮盘技术(《特种铸造及有色合金》、2010年第3期、P231),以及采用LD5合金铸锭直接锻造负重轮盘方法(《铝加工》、2004年第3期、p46)等。同时为减重对其结构进行了优化设计,在负重轮受力状况得到改善的基础上,其重量比优化前减轻10%。(《中国制造业信息化》、2003年第2期、p94)。减重效果都十分有限。

[0004] 镁合金是目前实际应用中最轻的金属结构材料,具有密度小、比强度及比刚度高、抗冲击性和抗震性能优越等良好性能,是负重轮的优良用材。作为行动构件,镁合金车轮已在轿车、赛车上获得应用,但在履带车辆的应用尚未见相关资料。

[0005] 目前,镁合金构件主要采用铸造和锻造加工方式。但镁合金铸造产品抗拉强度低,韧性差,难以满足负重轮盘高强度、高冲击使用要求;因此,锻造镁合金负重轮盘就成为理想的解决方案。

[0006] 然而,由于镁合金材料的难成形性、负重轮盘结构的复杂性以及产品性能要求的特殊性,给镁合金负重轮盘的成形制造增加了难度,主要存在以下问题:(1) 镁合金典型密排六方晶体结构,塑性差,成形过程中易开裂,且产品性能受成形工艺参数影响强烈,难以实现变形和强韧化的统一;(2) 负重轮盘结构复杂,幅板形状多样,外形尺寸大,外径均在500mm以上,传统锻造或挤压需要大吨位设备;(3) 负重轮盘作为高转速抗疲劳构件,力学性能要求高,尤其主承力部位的幅板,要求高的疲劳性能。

[0007] 国内外已开展了镁合金车轮的相关研究,如专利“一种汽车轮毂省力挤压成形方法及装置”(ZL200610012829.9),提出一种空心坯料反挤压后镦挤的成形方法,解决了车轮传统成形性能差、成形力大等问题,但成形工序多,工艺复杂,适用于壁薄、高筒类零件成形。专利“一种采用旋压工艺成形的装甲车辆专用负重轮盘”(申请号CN201220583199),提出一种铝合金负重轮盘旋压成形工艺,具有重量轻、加工量小、能耗低等特点,但制坯仍需大吨位设备,生产效率低。

发明内容

[0008] 本发明针对装甲车辆轻量化发展需求,综合现有技术及存在的不足,结合负重轮盘性能要求、结构特点以及镁合金变形特性,提出一种镁合金负重轮盘成形方法及装置,提高产品性能,降低成形力,以实现镁合金负重轮盘在履带车辆上的应用。

[0009] 一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘工艺,包括:下料—制坯—径向反向复合挤压—热处理—后续加工;其特征是:

[0010] 所述的下料工序:

[0011] 若选用棒料时主要确定其直径,对于铸造态棒料,应保证后续镦粗不失稳情况下达到大于 50% 以上的相对压下量;对于挤压态棒料,后续镦粗变形量不做要求;

[0012] 若选用管料时主要确定其内、外直径,对于铸造态棒料,应保证后续镦粗不失稳情况下达到大于 50% 以上的相对压下量;对于挤压态棒料,后续镦粗变形量不做要求;

[0013] 所述的制坯工序:

[0014] 将切割好的坯料通过相应的成形工序制备成所需的环形坯料;

[0015] 对于铸造态棒料,在自由状态下镦粗变形后通过冲孔变形制备所需的环形坯料;对于挤压态棒料,根据下料直径确定是否采用镦粗制坯,后进行冲孔;

[0016] 对于铸造态管料,根据设定的变形量进行镦粗变形;

[0017] 对于挤压态管料,根据选定的规格确定是否需要镦粗变形;

[0018] 所述的径向反向复合挤压工序:

[0019] 采用套装有随动凸模的固定凸模径向反向复合挤压制成的环形坯料,金属材料在固定凸模作用下同时向垂直于和平行于凸模运动的方向流动,金属径向流动形成负重轮盘辐板,随动凸模限制金属流动至所需底孔尺寸,金属正、反向流动形成负重轮盘辋部,反向流动为开放式充填至所需高度。

[0020] 所述的制坯工序中,模具预热到与坯料相同或接近的温度,并采取保温措施,以实现等温成形;多次成形时,加热温度随成形道次逐次递减;成形时采用相应的润滑剂及润滑工艺;其中:

[0021] 若采用铸造棒料,或采用挤压棒料且需要镦粗变形,镁合金负重轮盘成形经加热 2 次 3 道次工序完成;

[0022] 若采用铸造管料,或采用挤压管料但需要镦粗变形,镁合金负重轮盘成形经加热 2 次 2 道次工序完成;

[0023] 若采用挤压管料,镁合金负重轮盘成形经加热 1 次 1 道次工序完成。

[0024] 所述的径向反向复合挤压工序中环形坯料尺寸确定为:

[0025] 环形坯料外径: $D = D_1 - (3 \sim 5) \text{ mm}$;

[0026] 环形坯料内径: $d = rD$, 其中 $r_2 \leq r < r_1$ 且 $r \leq r_2$;

[0027] 环形坯料高度:根据环形坯料体积与负重轮盘毛坯体积相等原则计算确定,但相对高度: $\frac{h}{D-d} \leq 2.5$;

[0028] 环形坯料内外径比: $r = \frac{d}{D}$ 、相对高度: $\frac{h}{D-d}$;

[0029] 负重轮盘内外径比: $r_1 = \frac{d_1}{D_1}$ 、辐板中心孔直径与负重轮盘外径比: $r_2 = \frac{d_2}{D_1}$ 、负重轮

盘辐板与轱部体积比： $r_2 = \frac{V_{\text{辐板}}}{V_{\text{轱部}}}$ ；

[0030] 其中： d 为环形坯料内径， D 为环形坯料外径， h 为环形坯料高度； D_1 为负重轮盘外径， d_1 为负重轮盘内径， d_2 为负重轮盘辐板中心孔直径， $V_{\text{辐板}}$ 为负重轮盘辐板部位体积， $V_{\text{轱部}}$ 为负重轮盘轱部体积。

[0031] 一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘装置，为径向－反向复合挤压模具，包括下模板 1、顶杆 2、顶块 3、凹模 4、工件 5、固定凸模 6、随动凸模 7、上模板 8；所述的凹模通过螺钉、销钉与下模板连接，顶杆置于下模板内，顶块置于凹模内、下模板上，固定凸模通过螺钉、销钉与上模板连接，随动凸模置于固定凸模内；其特征是：所述的固定凸模内套装有随动凸模，环形坯料在固定凸模作用下变形，随动凸模限制金属的径向流动；所述的凹模内径由工件外径 D_1 确定；固定凸模直径等于工件内径 d_1 ；随动凸模直径等于工件底部中心孔直径 d_2 。

[0032] 本发明与现有技术比较，其实质性技术特点和显著技术效果是：

[0033] (1) 采用合适尺寸的环形坯料，径向－反向复合挤压一次成形负重轮盘，简化了工艺过程，模具结构简单，降低了生产成本；

[0034] (2) 复合挤压过程中的金属径向流动，增大了辐板的变形量，改变了辐板的流线分布，提高了产品的性能和可靠性；

[0035] (3) 挤压过程中金属径向、反向同时流动开放式充填，显著降低了成形力，解决了大规格镁合金负重轮盘成形力大的问题。

附图说明

[0036] 图 1 是负重轮盘毛坯示意图；

[0037] 图 2 是负重轮盘成形工艺流程图；

[0038] 图 3 是负重轮盘径向－反向复合挤压模具示意图。

具体实施方式

[0039] 以下结合附图就具体实施例进行详细说明（本实施例是对本发明的进一步说明，而不是对本发明作出的任何限定）。

[0040] 图 1 所示，是负重轮盘毛坯示意图。

[0041] 外径 $\Phi 563\text{mm}$ 、内径 $\Phi 503\text{mm}$ 、高度 170mm 、底孔直径 $\Phi 150\text{mm}$ ，计算得

$$r_1 = \frac{503}{563} = 0.893、r_2 = \frac{150}{563} = 0.266、r_3 = 0.712。$$

[0042] 图 2 所示，是一种负重轮盘成形工艺流程图。包括下料—镟粗、冲孔制坯—径向反向复合挤压—热处理，以及机械加工、表面处理等工序。

[0043] 图 3 所示，一种径向反向复合挤压成形镁合金负重轮盘装置，为径向－反向复合挤压模具，包括下模板 1、顶杆 2、顶块 3、凹模 4、工件 5、固定凸模 6、随动凸模 7、上模板 8；所述的凹模通过螺钉、销钉与下模板连接，顶杆置于下模板内，顶块置于凹模内、下模板上，固定凸模通过螺钉、销钉与上模板连接，随动凸模置于固定凸模内；其特征是：所述的固定凸模内套装有随动凸模，环形坯料在固定凸模作用下变形，随动凸模限制金属的径向流动；所

述的凹模内径由工件外径 D_1 确定 ; 固定凸模直径等于工件内径 d_1 ; 随动凸模直径等于工件底部中心孔直径 d_2 。

[0044] 本实施例径向反向复合挤压模具凹模内径 $\Phi 563\text{mm}$, 固定凸模直径 $\Phi 503\text{mm}$, 随动凸模直径 $\Phi 150\text{mm}$ 。

[0045] 对如图 1 所示为某履带车辆负重轮盘, 材料选择 AZ80+RE 镁合金, 应用示例如下 :

[0046] 1、下料

[0047] 采用半连续铸造成形的镁合金棒料, 经机械切削加工去除外表皮后直径 $\Phi 340\text{mm}$, 在全自动带锯床上锯切长度 215mm 的棒料, 即 $\Phi 340 \times 215\text{mm}$ 的圆棒料为负重轮盘挤压成形坯料。挤压前对坯料进行了表面清理, 将坯料上所有毛刺、油污、镁屑及其它脏物去除。

[0048] 2、镦粗、冲孔制坯

[0049] 所述的径向反向复合挤压工序中环形坯料尺寸确定为 :

[0050] 环形坯料外径 : $D = D_1 - (3 \sim 5)\text{mm}$;

[0051] 环形坯料内径 : $d = rD$, 其中 $r_2 \leq r < r_1$ 且 $r \leq r_2$;

[0052] 环形坯料高度 : 根据环形坯料体积与负重轮盘毛坯体积相等原则计算确定, 但相对高度 : $\frac{h}{D-d} \leq 2.5$;

[0053] 环形坯料内外径比 : $r = \frac{d}{D}$ 、相对高度 : $\frac{h}{D-d}$;

[0054] 负重轮盘内外径比 : $r_1 = \frac{d_1}{D_1}$ 、辐板中心孔直径与负重轮盘外径比 : $r_2 = \frac{d_2}{D_1}$ 、负重轮盘辐板与辋部体积比 : $r_3 = \frac{V_{\text{辐板}}}{V_{\text{辋部}}}$;

[0055] 其中 : d 为环形坯料内径, D 为环形坯料外径, h 为环形坯料高度 ; D_1 为负重轮盘外径, d_1 为负重轮盘内径, d_2 为负重轮盘辐板中心孔直径, $V_{\text{辐板}}$ 为负重轮盘辐板部位体积, $V_{\text{辋部}}$ 为负重轮盘辋部体积。

[0056] 根据以上所述, 本实施例的环形坯料尺寸确定为 : 外径 $D = D_1 - 3 = 560\text{mm}$, 坯料内外径比取 $r = 0.7$ 、则坯料内径 $d = rD = 0.7 \times 560 = 392\text{mm}$ 、取为 390mm , 高度 $h = 115\text{mm}$, 计算 $\frac{h}{D-d} = 0.676 \leq 2.5$ 。

[0057] $\Phi 340 \times 215\text{mm}$ 的棒料, 加热到 $390 \pm 10^\circ\text{C}$ 经保温 12h 均匀化处理后, 在均匀化温度下直接进行镦粗压缩, 镦粗垫板预热至与坯料相同的温度, 垫板上喷涂油基石墨润滑剂, 镦粗后坯料外径控制在 $\Phi 560\text{mm}$; 后镦粗坯料移至经预热的冲孔模中, 冲 $\Phi 390\text{mm}$ 的孔并去掉连皮, 冲孔模预热温度为 $380 \pm 20^\circ\text{C}$, 冲孔模预先喷涂油基石墨润滑剂, 制成 $\Phi 560 \times 390 \times 115\text{mm}$ 的坯料。

[0058] 3、径向反向复合挤压

[0059] 制成的环形坯料加热到 $370 \pm 10^\circ\text{C}$, 复合挤压模具预热到 $360 \pm 20^\circ\text{C}$, 凸、凹模喷涂油基石墨润滑剂后, 将热坯料置于模具中进行径向反向复合挤压, 金属径向流动形成负重轮盘盘辐板, 金属正、反向流动形成负重轮盘盘辋部, 达到设定尺寸后取出成形工件, 结束挤压成形。

[0060] 4、热处理

[0061] 对挤压成形的 AZ80+RE 合金负重轮盘,采用带有热循环的专用镁合金处理炉进行了人工时效处理,时效规范为 $170^{\circ}\text{C} + 16\text{h}$,可获得较高的综合机械性能。

[0062] 5、后续机加及表面处理

[0063] 热处理后根据负重轮盘产品图纸进行相应的机械加工、检验等工序,而后完成表面处理等工序。

[0064] 6、实施效果

[0065] 经热处理后的镁合金负重轮盘力学性能:辐板径向 $R_m \geq 320\text{MPa}$ 、 $R_{p0.2} \geq 180\text{MPa}$ 、 $A \geq 6\%$,辋部高向 $R_m \geq 340\text{MPa}$ 、 $R_{p0.2} \geq 240\text{MPa}$ 、 $A \geq 6\%$ 。并经实车考核,达到了与锻造或挤压铸造铝合金负重轮盘相同的寿命,满足了设计指标要求。与铝合金负重轮盘相比,减轻重量达 30%,为车辆轻量化提供了支撑。

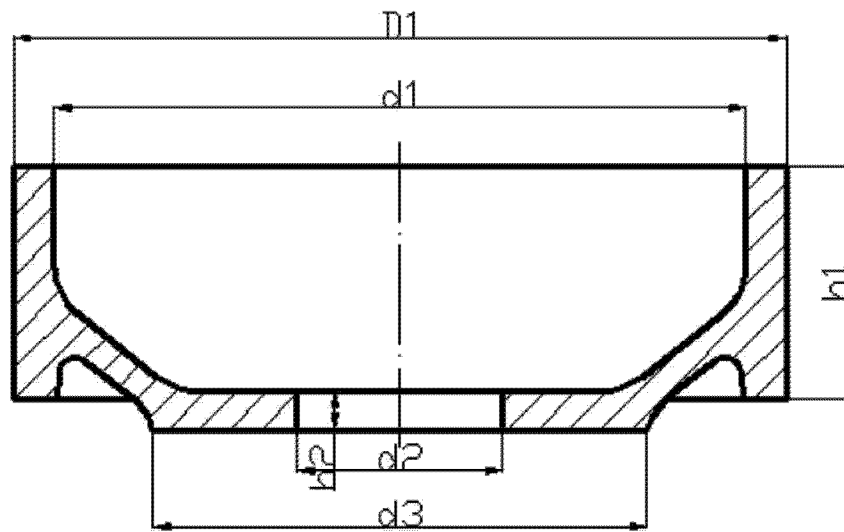


图 1

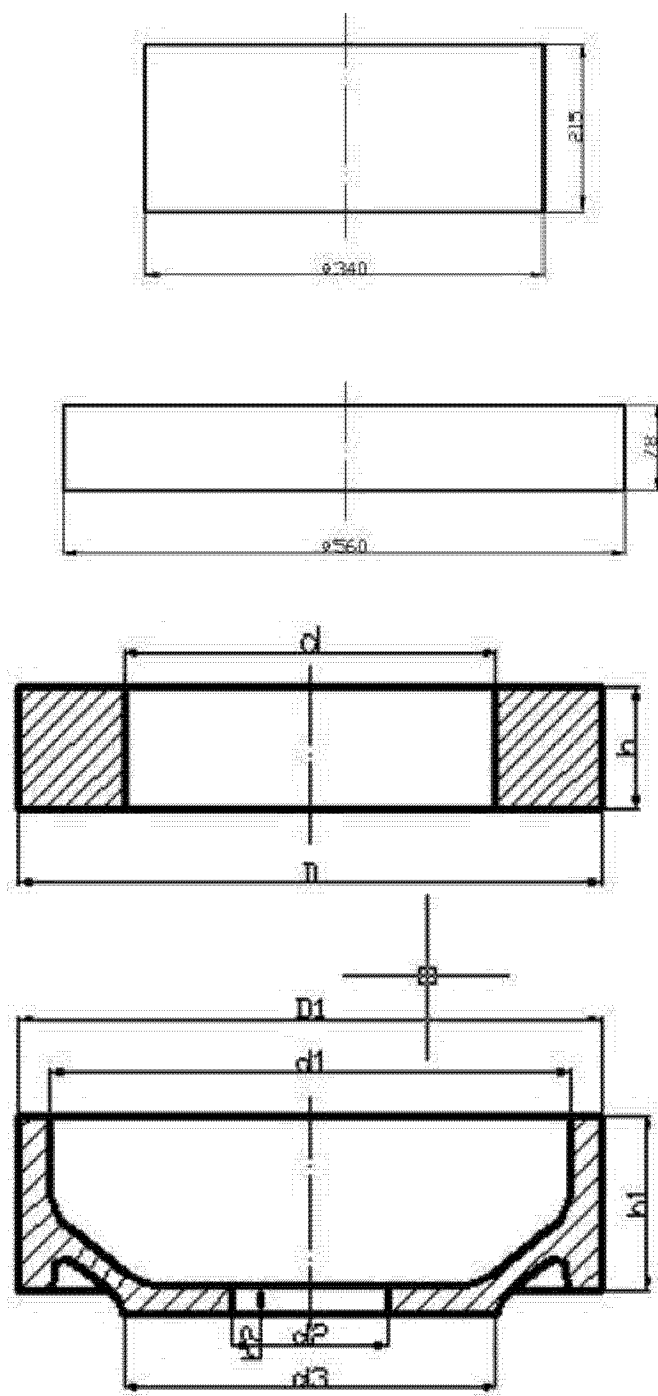


图 2

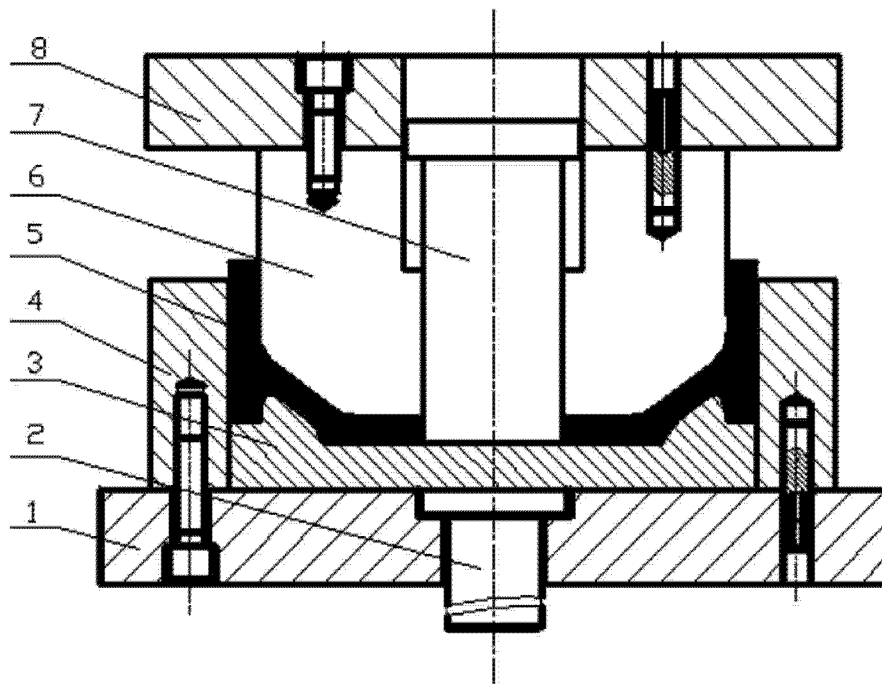


图 3