



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113094951 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 25

(21) 申请号 202110360600.9

CN 107052212 A, 2017.08.18

(22) 申请日 2021.04.02

CN 103678772 A, 2014.03.26

(65) 同一申请的已公布的文献号

WO 0189738 A1, 2001.11.29

申请公布号 CN 113094951 A

AU 2014200252 A1, 2014.07.31

(43) 申请公布日 2021.07.09

CN 114054656 A, 2022.02.18

(73) 专利权人 中北大学

王德林等. 镁合金筒形件挤压成形金属流动规律研究.《锻压装备与制造技术》.2005, (第1期), 第91-93页.

地址 030051 山西省太原市学院路3号

(72) 发明人 徐健 张治民 王强 季金晟

邹琳. 混合多目标遗传算法及其在热挤压模具型腔形状优化设计中的应用.《中国机械工程》.2006, (第21期), 第2261-2265页.

刘芸芳

(74) 专利代理机构 厦门市天富勤知识产权代理

事务所(普通合伙) 35244

专利代理师 唐绍烈

K. Hans Raj等.Optimization of hot extrusion using single objective neuro stochastic search technique.《Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology 2000 (IEEE Cat. No.00TH8482)》.2002, 第666-671页.

(51) Int. Cl.

G06F 30/23 (2020.01)

B21D 37/10 (2006.01)

B21D 22/02 (2006.01)

G06F 113/22 (2020.01)

feng\*\*\*ing. 箱体的成形工艺制定及模具设计.《<https://www.renrendoc.com/paper/211931278.html>》.2022, 第1页. (续)

(56) 对比文件

CN 108228925 A, 2018.06.29

CN 111672925 A, 2020.09.18

审查员 周琼

权利要求书1页 说明书5页 附图13页

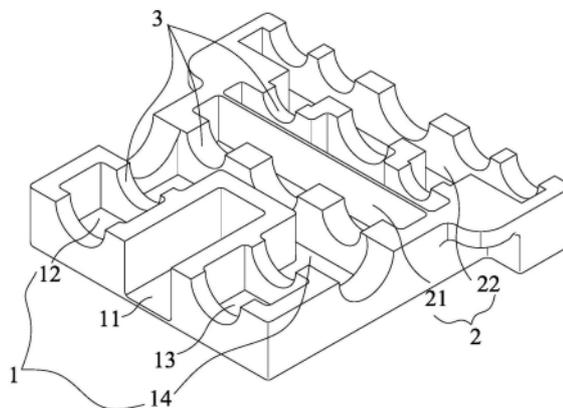
(54) 发明名称

一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法

(57) 摘要

本发明公开一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,包括以下步骤:一、分析箱体的挤压特征和尺寸,挤压特征包括内部型腔的形状位置、挤压工艺和挤压工序,首先对整体内部型腔的形状进行初步拆分,拆分成若干个不同位置的型腔形状;二、通过UG建模同时预设最大挤压载荷,通过模拟试验的挤压载荷数据与最大挤压载荷作判断,判断每个型腔的初步拆分方式是否合适,将超值的型腔的挤压成形特征进一步拆分开来,重新合理安排和修改;三、确定分步挤压的拆分方式;四、重复步骤二、三,直至确定最优的挤压设计方案。本案解决箱体挤压成形过

程中载荷过大的问题,通过数值模拟的方式合理设计分步挤压工序,达到降低载荷、有效成形的目的。



CN 113094951 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

高锦张等.多腔壁板铝型材分流组合模具挤压过程模拟.《锻压技术》.2006,(第4期),第93-96页.

崔亚等.超薄尾翼径向挤压和多步挤压成形

的数值模拟.《热加工工艺》.2011,第41卷(第13期),第85-87+92页.

邹琳等.挤压模具型腔轮廓形状的多目标优化设计.《锻压机械》.2002,(第4期),第41-43页.

1. 一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一、分析并初步确定箱体的挤压特征和尺寸,所述挤压特征包括内部型腔的形状位置、挤压工艺和挤压工序,首先对整体内部型腔的形状进行初步拆分,拆分成若干个不同位置的型腔形状,所述挤压工艺根据各个型腔的形状来初步确定,所述挤压工序根据各个型腔的位置顺序来初步确定;

步骤二、建模进行模拟实验,结合所述挤压特征和尺寸,通过UG建模设计凹模和凸模尺寸,同时预设满足成形要求的最大挤压载荷,然后进行挤压模拟试验,通过模拟试验的挤压载荷数据与最大挤压载荷作判断,判断每个型腔的初步拆分方式是否合适,不超过预设最大挤压载荷为合适,超过预设最大挤压载荷为不合适;若为合适,实行下一步骤,若为不合适,将超过预设最大挤压载荷的型腔的挤压成形特征进一步拆分开来,重新进行合理安排和修改,修改完成后重新建模进行模拟实验、判断修改后的拆分方式是否合适,直到判断结果为合适;

步骤三、确定分步挤压的拆分方式;

步骤四、重复步骤二、步骤三操作,直至确定最优的挤压设计方案。

2. 如权利要求1所述一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,其特征在于:在步骤二中,模拟参数设定为:坯料温度为450℃,坯料的材料为稀土镁合金、塑性体,网格数为50000;镶块为刚体,温度为450℃,挤压速度为0.6mm/sec;凹模以及垫板为刚体,温度为450℃。

3. 如权利要求1所述一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,其特征在于:在步骤三中,挤压成形条件是最大挤压载荷不超过3000T。

## 一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于模具挤压成形技术领域,具体涉及一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法。

### 背景技术

[0002] 随着节能减排的要求,镁合金系列的轻质合金在生产生活中得到广泛应用,尤其在汽车制造、交通运输等行业已经获得明显的成效。随着生产技术的发展,小型零部件的轻量化替换已经不能满足人们实际的生产活动需要,越来越多的大尺寸零部件开始轻量化的探索。对于大尺寸成形目标来说,轻量化的实现及应用在节能减排方面具有重要的经济价值,但由于坯料尺寸过大导致的成形载荷过大一直是挤压成形过程中的难题。

[0003] 箱体,这种构件具有结构复杂、尺寸较大等特征,在有限的技术条件下无法一次完善成形,其中以成形载荷太大最为主要。此外,箱体多次成形需耗费大量的人力物力,给实际生产加工带来了不必要的麻烦。结合箱体的结构特点和降载成形、快速生产的实际需求,一种有效可行的降低大型箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法被急需提出。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,解决箱体挤压成形过程中载荷过大的问题,并通过数值模拟的方式合理设计分步挤压工序,达到降低载荷、有效成形的目的。

[0005] 为达成上述目的,本发明的解决方案为:一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤一、分析并初步确定箱体的挤压特征和尺寸,所述挤压特征包括内部型腔的形状位置、挤压工艺和挤压工序,首先对整体内部型腔的形状进行初步拆分,拆分成若干个不同位置的型腔形状,所述挤压工艺根据各个型腔的形状来初步确定,所述挤压工序根据各个型腔的位置顺序来初步确定;

[0007] 步骤二、建模进行模拟实验,结合所述挤压特征和尺寸,通过UG建模设计凹模和凸模尺寸,同时预设满足成形要求的最大挤压载荷,然后进行挤压模拟试验,通过模拟试验的挤压载荷数据与最大挤压载荷作判断,判断每个型腔的初步拆分方式是否合适,若为合适,实行下一步骤,若为不合适,将超过预设最大挤压载荷的型腔的挤压成形特征进一步拆分开来,重新进行合理安排和修改,修改完成后重新建模进行模拟实验、判断修改后的拆分方式是否合适,直到判断结果为合适;

[0008] 步骤三、确定分步挤压的拆分方式;

[0009] 步骤四、重复步骤二、步骤三操作,直至确定最优的挤压设计方案。

[0010] 优选的,在步骤二中,模拟参数可以设定为:坯料温度为450℃,坯料的材料为稀土镁合金、塑性体,网格数为50000;镶块为刚体,温度为450℃,挤压速度为0.6mm/sec;凹模以及垫板为刚体,温度为450℃。

[0011] 优选的,在步骤三中,挤压成形条件是最大挤压载荷不超过3000T。

[0012] 本发明通过分步挤压的方式,有效实现降低箱体挤压成形载荷的目的。通过对复杂的箱体特征进行分析,对成形部位进行有效拆分达到降低载荷的目的。结合有限元模拟分析技术实现分步挤压方式的优化,根据模拟结果判断分步挤压方式是否合理。不满足挤压条件则进行挤压部位的拆分,以此来降低载荷,重复上述过程直至设计出合适的挤压方式。结合分步挤压降低成形载荷方法的特点,模具设计采用可拆卸销结构进行镶块和上模板固定。完成挤压后将镶块拆卸并放入成形型腔内,再进行下一步挤压工作。本发明适用于解决大尺寸坯料挤压成形中的载荷过大问题。本发明的有益效果在于:

[0013] (1) 有效降低载荷:本发明的分步挤压设计考虑到箱体挤压成形特征以及方式特点,将预成形的多个型腔进行合理拆分,有效地降低成形载荷。用多步挤压来代替一步挤压方式,实现受力均衡和成形完善的挤压要求。

[0014] (2) 经济性:本发明通过有限元模拟技术,将实际生产状况通过建模和模拟的方式,进行成形方案可行性的验证以及不断的优化,避免实际生产过程中的成形难题以及有效地减少不必要的浪费。

[0015] (3) 高效率:本发明将分步挤压方式和垫板安放相结合,模具以可拆卸的结构实现每步型腔挤压完成后,将镶块作为垫块放入型腔中。这种理念在实际的加工生产中,节省了生产过程中的复杂拆卸安装步骤实现快速生产。

[0016] (4) 完善成形:分步挤压成形以相邻连续的划分方式进行设计,相邻型腔的成形都是连续的,这样的分步方式减少后续型腔成形对前面已成形型腔的影响。

## 附图说明

[0017] 图1是本发明实施例一的目标箱体的结构示意图;

[0018] 图2是本发明实施例一的模具结构正视图;

[0019] 图3是图2沿A-A的剖视图;

[0020] 图4是本发明实施例一的模具俯视图;

[0021] 图5是本发明实施例一下模板的结构示意图;

[0022] 图6是本发明实施例一垂直型腔的镶块正视图;

[0023] 图7是本发明实施例一垂直型腔的镶块俯视图;

[0024] 图8是图6沿B-B的剖视图;

[0025] 图9是本发明实施例一左、右U形型腔的镶块正视图;

[0026] 图10是本发明实施例一左、右U形型腔的镶块俯视图;

[0027] 图11是图9沿C-C的剖视图;

[0028] 图12是本发明实施例一哑铃状型腔的镶块正视图;

[0029] 图13是本发明实施例一哑铃状型腔的镶块俯视图;

[0030] 图14是本发明实施例一宽型腔的镶块正视图;

[0031] 图15是本发明实施例一宽型腔的镶块俯视图;

[0032] 图16是本发明实施例一长条形型腔的镶块正视图;

[0033] 图17是本发明实施例一长条形型腔的镶块俯视图;

[0034] 图18是本发明实施例一垫板正视图;

- [0035] 图19是本发明实施例一垫板俯视图；
- [0036] 图20是图18沿D-D的剖视图；
- [0037] 图21是本发明实施例一销的正视图；
- [0038] 图22是本发明实施例一销的俯视图；
- [0039] 图23是本发明实施例一分步挤压成形的顺序图；
- [0040] 图24是本发明实施例一分步挤压方法在大型箱体挤压过程中的设计流程图。
- [0041] 标号说明：
- [0042] 前部型腔1、垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13、哑铃状型腔14、后部型腔2、宽型腔21、长条型腔22、半圆槽3、上模板4、凸模组件5、镶块51、垫板52、T形槽螺栓53、下模板6、凹模7、顶杆8。

### 具体实施方式

- [0043] 以下结合附图及具体实施例对本发明做详细的说明。
- [0044] 本发明提供一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具设计方法，包括如下步骤：
- [0045] 步骤一、分析并初步确定箱体的挤压特征和尺寸，所述挤压特征包括内部型腔的形状位置、挤压工艺和挤压工序，首先对整体内部型腔的形状进行初步拆分，拆分成若干个不同位置的型腔形状，所述挤压工艺根据各个型腔的形状来初步确定，所述挤压工序根据各个型腔的位置顺序来初步确定；
- [0046] 步骤二、建模进行模拟实验，结合所述挤压特征和尺寸，通过UG建模设计凹模7和凸模尺寸，同时预设满足成形要求的最大挤压载荷，然后进行挤压模拟试验，通过模拟试验的挤压载荷数据与最大挤压载荷作判断，判断每个型腔的初步拆分方式是否合适，若为合适，实行下一步骤，若为不合适，将超过预设最大挤压载荷的型腔的挤压成形特征进一步拆分开来，重新进行合理安排和修改，修改完成后重新建模进行模拟实验、判断修改后的拆分方式是否合适，直到判断结果为合适；
- [0047] 步骤三、确定分步挤压的拆分方式；
- [0048] 步骤四、重复步骤二、步骤三操作，直至确定最优的挤压设计方案，可参考图23。
- [0049] 在本实施例中，根据上述提供的模具设计方法来对一种内部型腔结构较为复杂的箱体结构为例进行设计，目标箱体结构如图1所示，该箱体结构分为前部型腔1和后部型腔2，
- [0050] 所述前部型腔1包括垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13、哑铃状型腔14，所述垂直型腔11的前端在正面开口，所述左U形型腔12、右U形型腔13分别位于垂直型腔11前端的左右两侧，所述哑铃状型腔14同轴位于左U形型腔12和右U形型腔13的后侧；
- [0051] 所述后部型腔2包括宽型腔21和长条型腔22，所述宽型腔21横跨于哑铃状型腔14的后侧，所述长条型腔22横跨于宽型腔21的后侧并超出宽型腔21的左右两端；
- [0052] 各个型腔与相邻型腔之间的型腔壁上以及箱体的前后端面上均同轴开设半圆槽3。
- [0053] 为实现该箱体的成形模具设计，其模具设计方法具体步骤如下：
- [0054] 步骤一、分析并初步确定箱体的挤压特征和尺寸，可以初步拆分成以下型腔部位：

前部型腔1和后部型腔2,然后初步确定挤压工艺为反挤压,所述挤压工序初步按照前部型腔1和后部型腔2依次成形;

[0055] 步骤二、建模进行模拟实验,结合所述挤压特征和尺寸,通过UG建模设计模具尺寸,同时预设满足成形要求的最大挤压载荷,建模一种有效降低箱体成形载荷的分步挤压模具,结合图1至图5,包括与上压力机连接的上模板4、与下压力机连接的下模板6、可拆卸于上模板4的凸模组件5、安装在下模板6上的凹模7和顶杆8;

[0056] 图1、图2结合图6至图22,凸模组件5包括与前部型腔1和后部型腔2的各个型腔相对应的镶块51、连接在上模板4下方的垫板52以及T形槽螺栓53;垫板52侧边开设“T形”槽用以放置T形槽螺栓53,T形槽螺栓53末端和镶块51以螺纹配合方式连接,便于拆卸;上模板4和垫板52以内六角螺栓固定;所述凹模7在凸模组件下方开设供坯料置入的内腔,内腔底部中间开有顶出孔,顶出孔尺寸与顶杆8相配合;下模板6和凹模7底部以顶出孔为圆心向外发散均布安装孔,安装孔供螺栓安装以连接下模板6和凹模7。

[0057] 镶块51四周带有一定的拔模角度,方便挤压完成后的脱模。

[0058] 镶块51与垫板52的连接结构设计为可拆卸结构进行合理安排,完成挤压之后镶块51可拆卸下来放在成形的型腔内充当垫块,防止后续的挤压行为对已经成形的型腔进行破坏,避免下一步挤压工作带来的干涉反应,有效保证成形效果。

[0059] 通过T形槽螺栓53连接的镶块51滑进垫板52的“T形”槽后,以可拆分为三份的圆柱销限制镶块51在“T形”槽内的滑动,如图20和22所示,通过相互配合实现连接功能,将配合好的圆柱销旋转90°以达到镶块51与垫板52的固定目的。

[0060] 垫板52侧面以及正面开出用于连接T形槽螺栓53的“T形”槽,考虑到挤压机器的结构特点:挤压侧边存在升降杆,不便于操作,在完成箱体前部型腔1挤压工作后,抽出T形槽螺栓53并将卸下的镶块51放入已成形型腔内,将模具整体逆时针旋转90°,使得垫板52侧面的“T形”槽朝向机器正面,使得接下来的挤压步骤顺利进行;

[0061] 挤压模拟参数设置:坯料温度为450℃,坯料的材料以及属性为稀土镁合金、塑性体,网格数为50000;凸模组件5为刚体,温度为450℃,挤压速度为0.6mm/sec,下压深度为145mm;凹模7以及垫板52为刚体,温度为450℃。挤压成形条件是最大挤压载荷不超过3000T,预留后续加工余量为3mm,考虑到坯料表面找平以及加工余量,镶块51的有效工作高度为155mm。随后导出STL格式,再导入软件Deform中设置参数,进行挤压模拟试验,通过模拟试验的挤压载荷数据与最大挤压载荷作判断,判断每个型腔的初步拆分方式是否合适,若为合适,实行下一步骤,若为不合适,将超过预设最大挤压载荷的型腔的挤压成形特征进一步拆分开来,重新进行合理安排和修改,修改完成后重新建模进行模拟实验、判断修改后的拆分方式是否合适,直到判断结果为合适;

[0062] 步骤三、确定分步挤压的拆分方式,将整体型腔挤压成形,进行第一步尝试,结合挤压条件以及成形要求:在最大挤压载荷为3000T的要求内较完善地成形箱体。在设定的挤压条件和下压深度要求下,虽然坯料表面已经受到挤压力作用,但凸模和坯料的接触面积过大导致挤压载荷迅速增加,在较短时间内达到额定载荷,从而造成型腔成形深度不能够达到预期的要求。

[0063] 步骤四、重复步骤二、步骤三操作,直至确定最优的挤压设计方案。在设定的下压深度要求下,对半分开为前部型腔1和后部型腔2挤压成形虽然一定程度降低下压载荷但不

能够满足实际生产条件。由于哑铃状型腔14和左右U形型腔之间间隙过小,金属流动较其他位置较快导致其间金属过早接触垫板52使得载荷快速上升,结果镶块51未下压到既定的位置时载荷已经达到生产要求,因此还得进一步优化;

[0064] 再次重复步骤二、三操作,对初步划分的前部型腔1和后部型腔2再次划分,前部型腔1划分为垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13、哑铃状型腔14,后部型腔2划分为宽型腔21、长条型腔22,最后再加工半圆槽3。此外,为确保成形效果限制坯料流动,确定挤压顺序:垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13、哑铃状型腔14、宽型腔21、长条型腔22、半圆槽3,为直观反映本发明的设计思路以及方便理解,具体流程如图24所示。这样的分步挤压方式,在3000T的压力条件下可以完成挤压工作。但在成形要求上仍存在些许不足,通过镶块51的形状修改来优化金属流动取向,实现进一步的成形优化。但对于宽型腔21而言,接触面积较大使得下压载荷过大而且难以通过修改镶块51形状来降低载荷。对于宽型腔21难以通过修改镶块51形状来达到降低载荷的这种问题,分步挤压的方法在这种情况下就显得格外重要;

[0065] 再次重复步骤二、步骤三操作,考虑到成形效果,避免型腔成形上互相干涉,在型腔之间留有加工余量。最后进行半圆槽3的挤压,载荷过大的情况同样发生。由于半圆槽3在箱体型腔壁上,在下压的过程中垫板52的下表面与已经成形的坯料接触导致载荷过大;

[0066] 再次重复步骤二、步骤三操作,将半圆槽3分为前部型腔和后部型腔两部分进行挤压成形,此外,在进行半圆槽3的挤压之前,将已成形的镶块51对应放入已成形的型腔内,避免破坏已完成型腔的完整性。

[0067] 综合所述,本发明采用一种分步挤压方法来有效降低挤压成形载荷。将要挤压成形的特征进行划分,通过建模和模拟手段来验证划分方式是否满足生产要求来判定划分方式的合理性,若是不合理则再次进行划分来降低载荷满足成形要求,最终确定最完备的成形方式。

[0068] 需要说明的是,前部型腔1挤压过程中具有成形不完整性,将坯料难成形部位留有成形余量,并结合垫板52限制金属流动,达到完善成形的目的。箱体宽型腔21两侧存在的耳板结构,对于反挤压方式而言属于难成形区域,通过在凹模长条型腔22最两侧位置放置限位块的方式来引导金属流动实现耳板成型。

[0069] 此外,针对模具结构在生产加工过程中带来的操作问题进行补充说明。镶块51和垫板52通过T形槽螺栓53实现安装,垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13的“T形”槽开在垫板52正面,而其余型腔的“T形”槽开在垫板52侧面。完成垂直型腔11、左U形型腔12、右U形型腔13挤压之后,需将整体模具进行逆时针90°旋转再进行后续的挤压工作。与模拟过程相同,拆卸下来的镶块51放入已成型型腔内。可拆卸销结构如图21、22所示,分别插入拆分的圆柱销对镶块51以及垫板52进行固定,连接后旋转90°完成固定操作,完成挤压之后将可拆卸销旋转90°取出然后再将T形槽螺栓53抽出,进行拆卸。完成所有挤压工作后,底部的顶杆8将成形件顶出进行脱模,取出成型坯料。

[0070] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并非对本案设计的限制,凡依本案的设计关键所做的等同变化,均落入本案的保护范围。

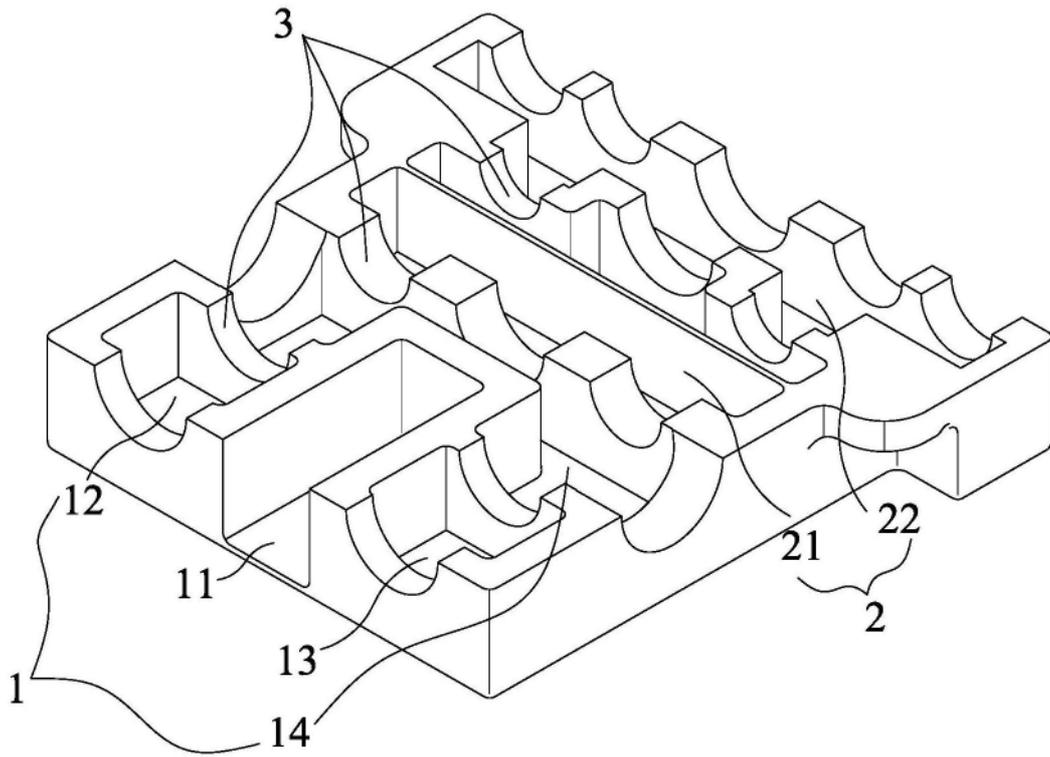


图1

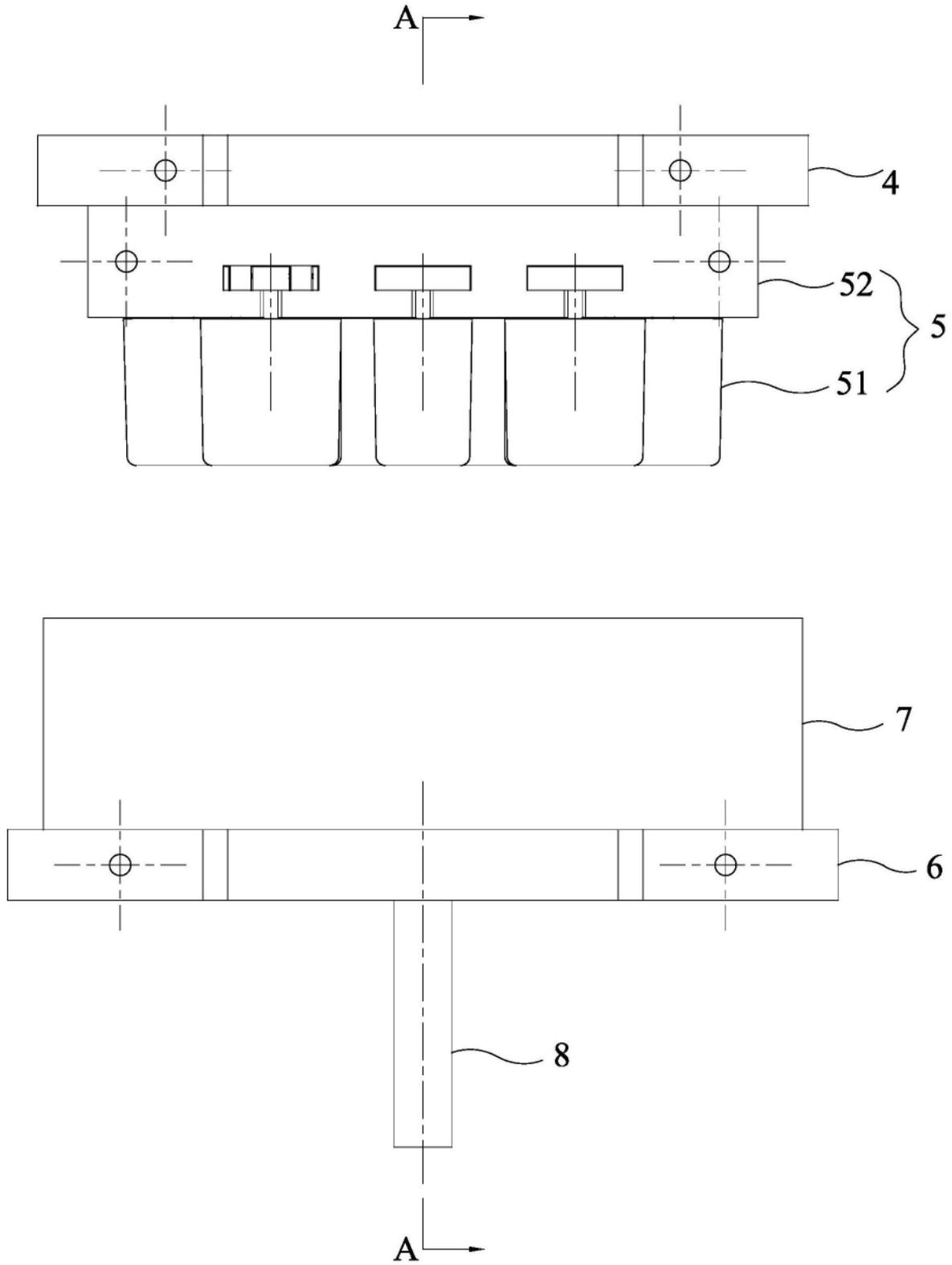


图2

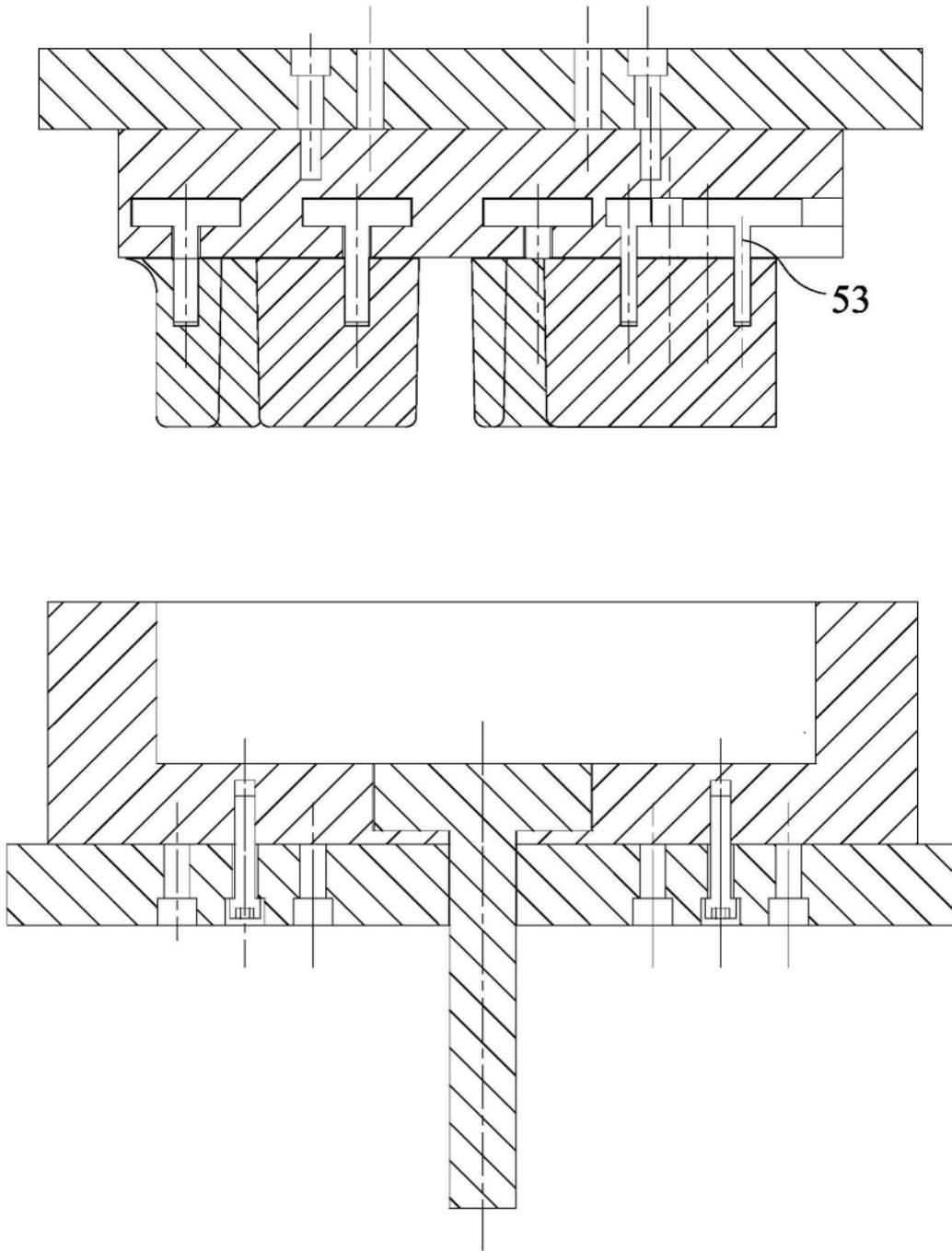


图3

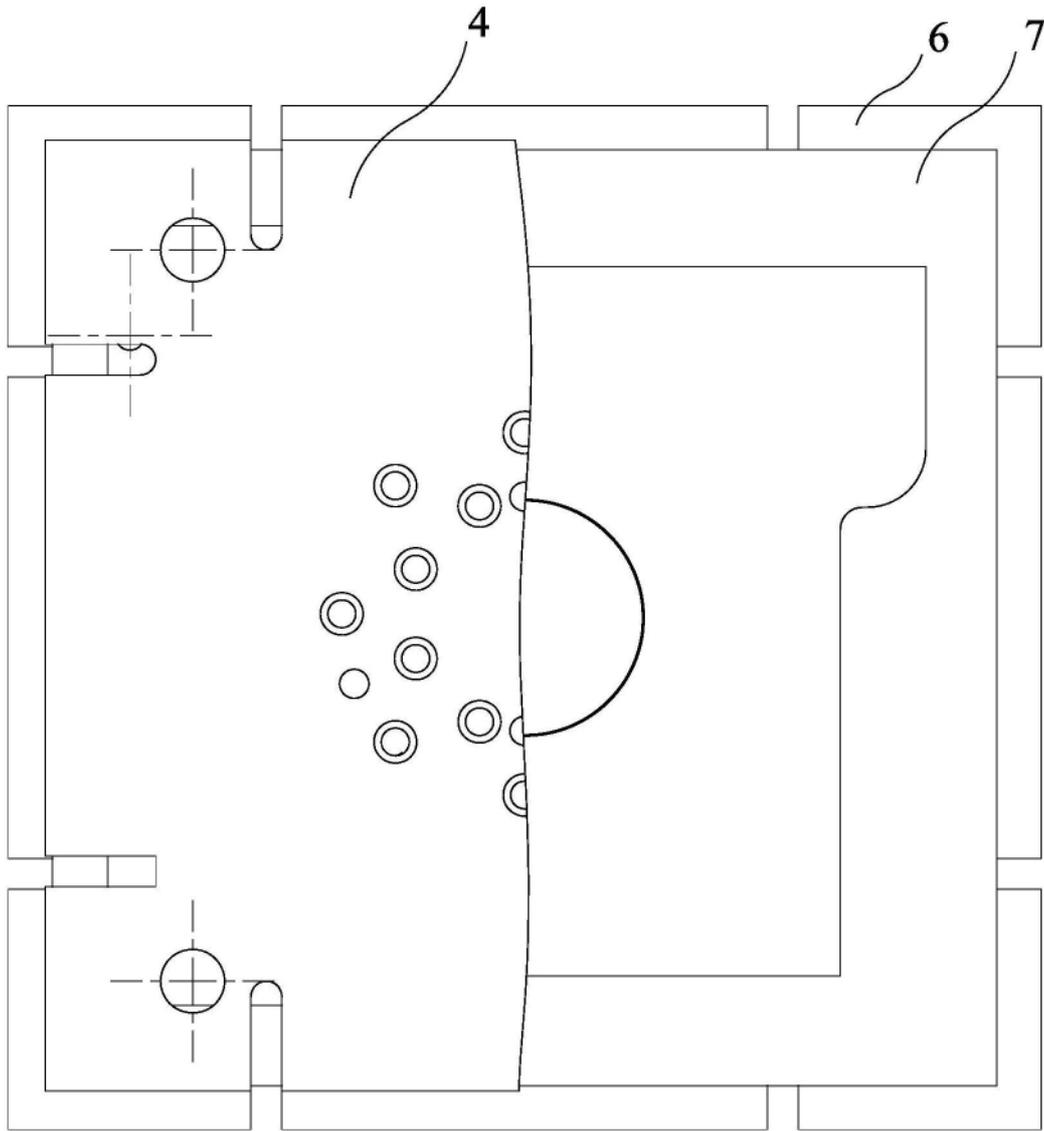


图4

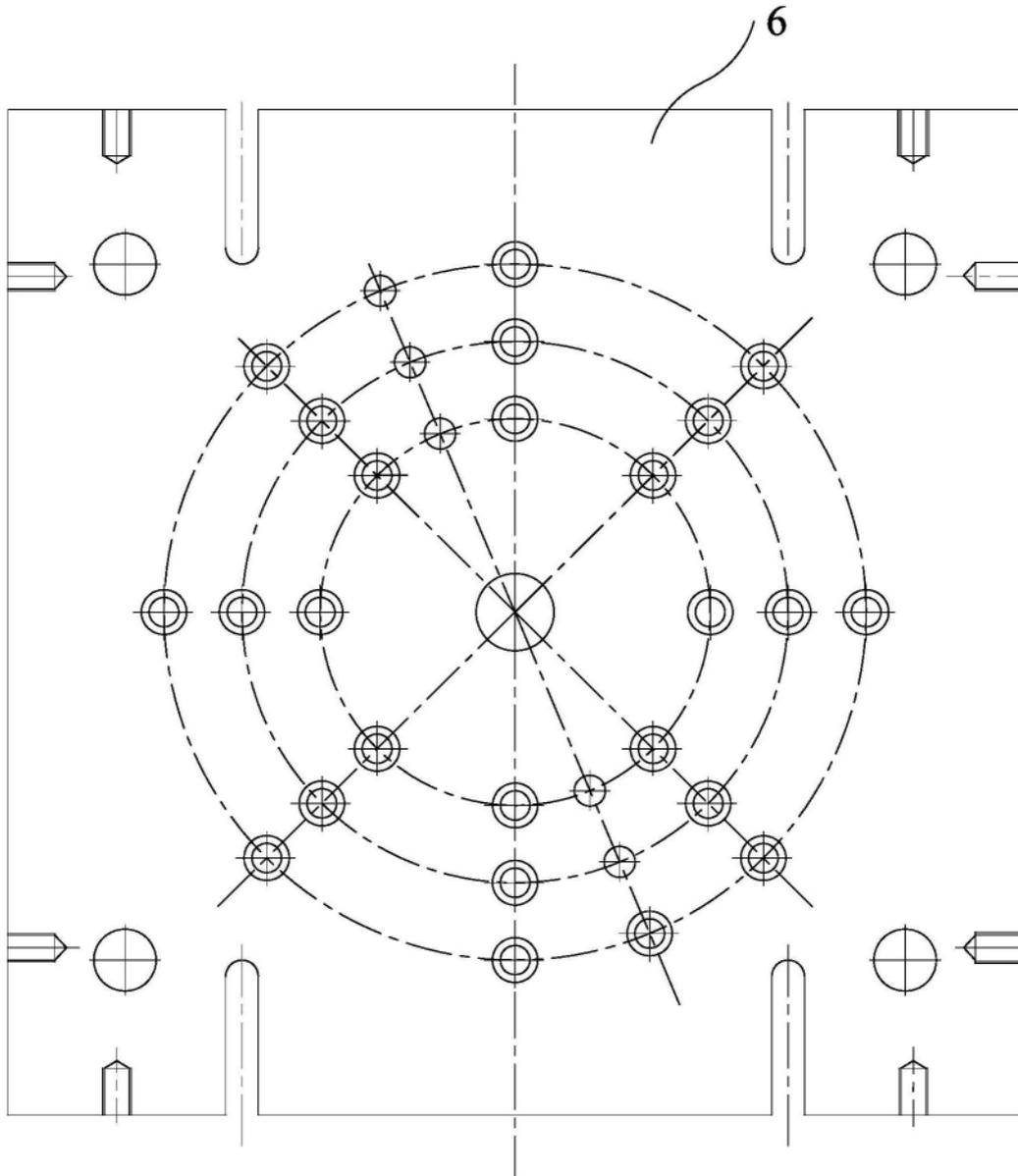


图5

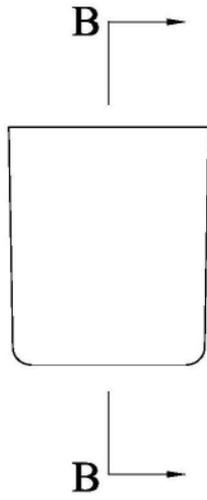


图6

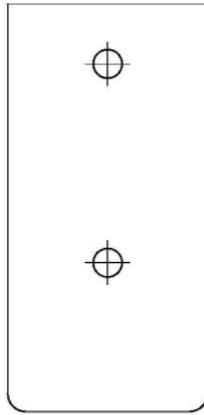


图7

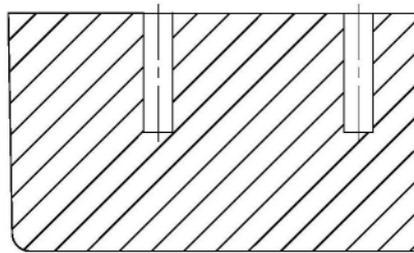


图8

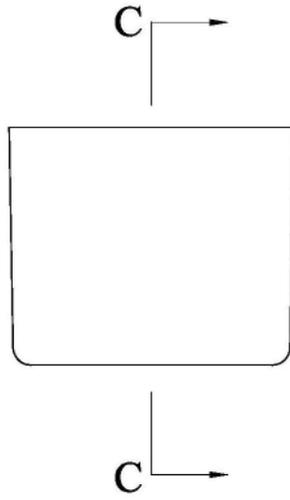


图9

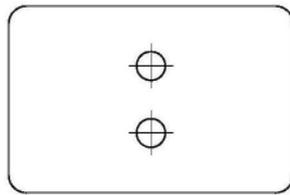


图10

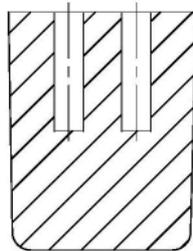


图11



图12

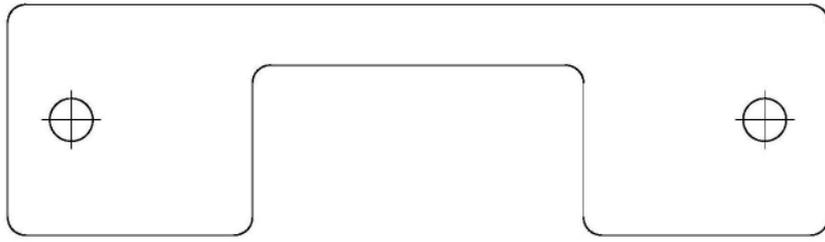


图13



图14

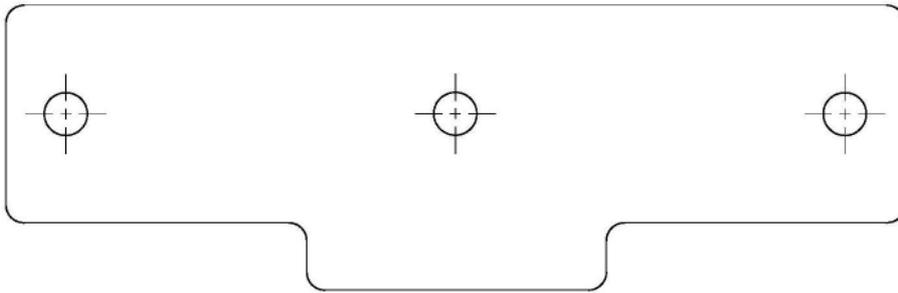


图15



图16

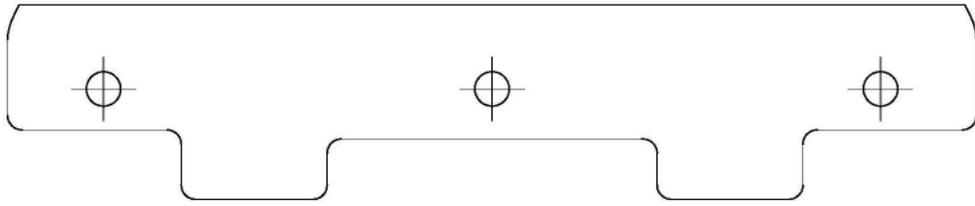


图17

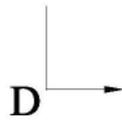
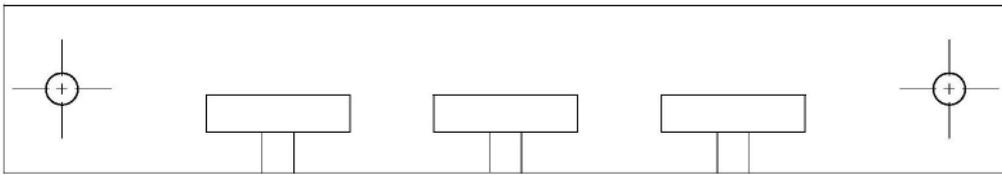
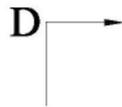


图18

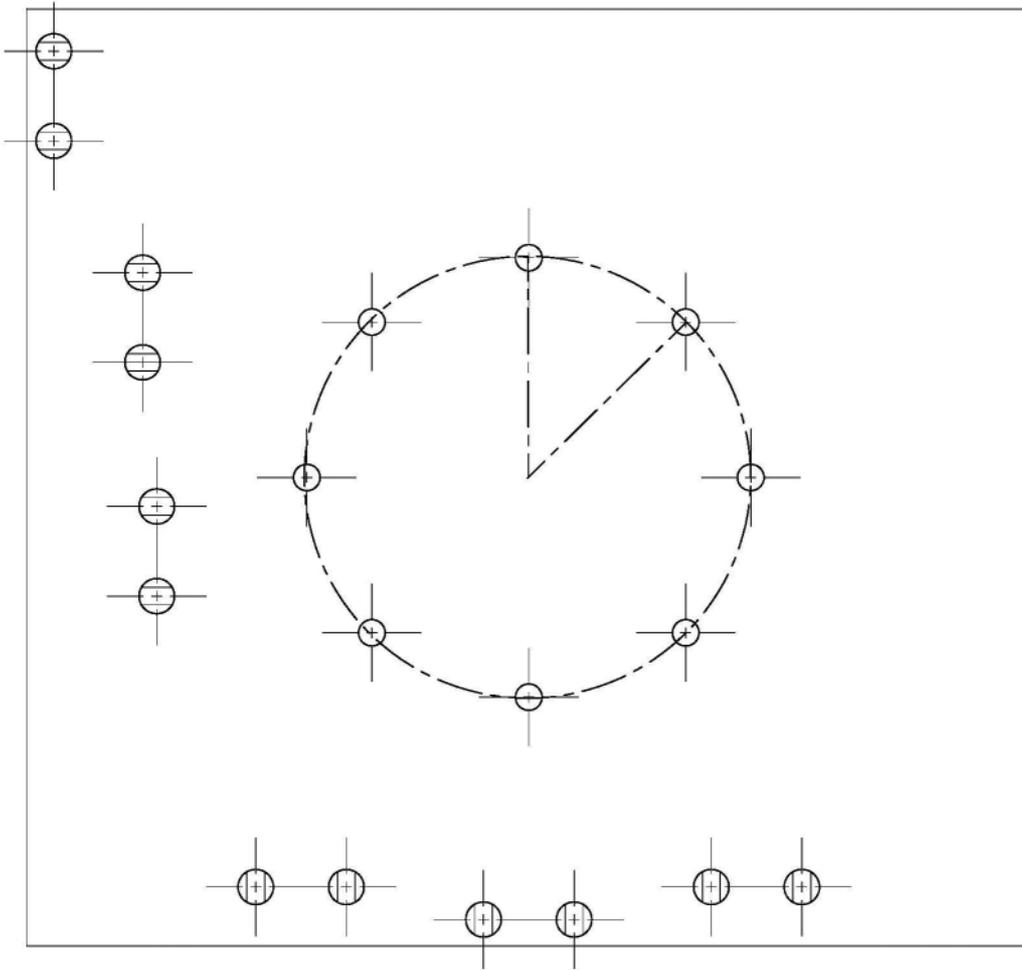


图19

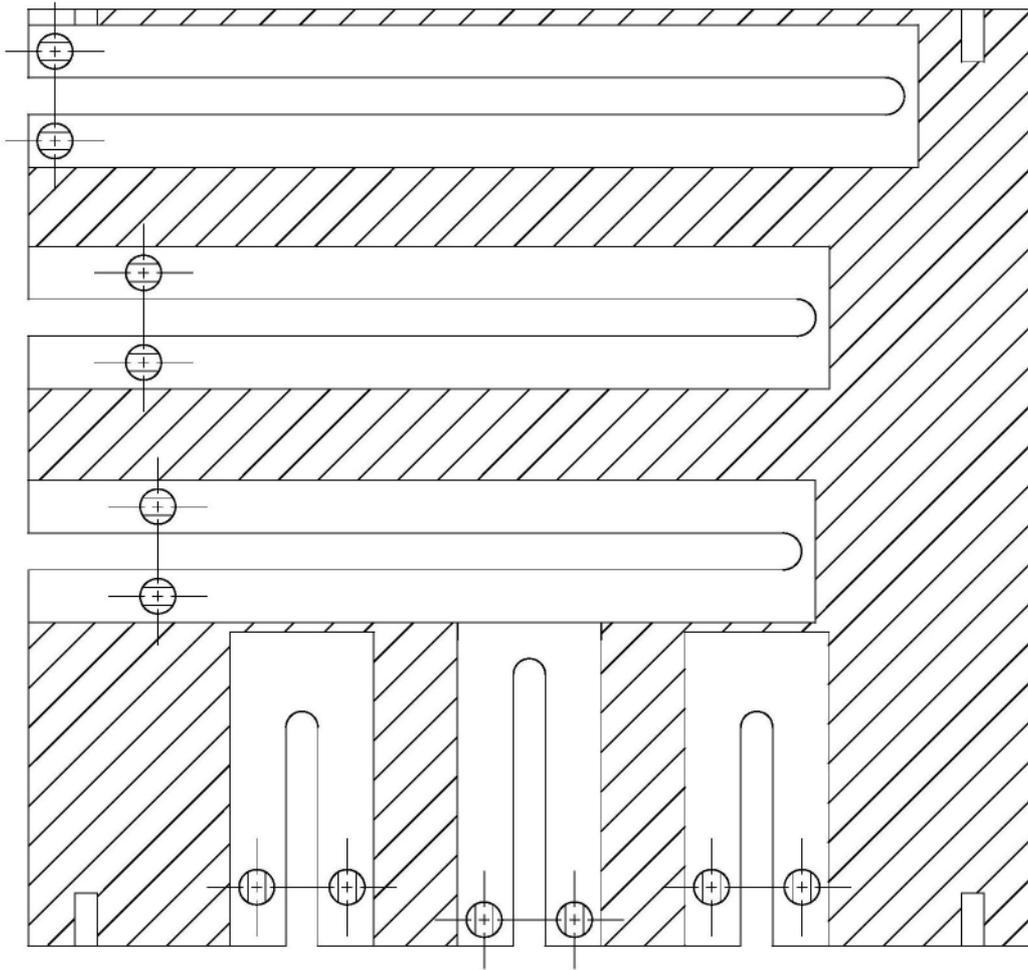


图20

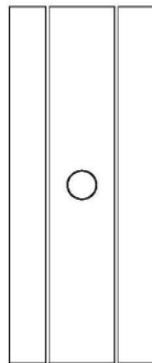


图21

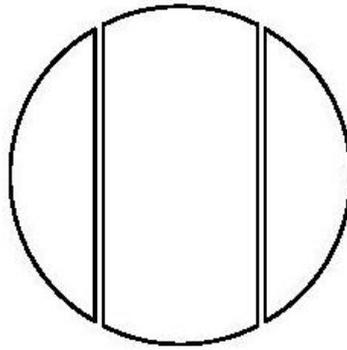


图22

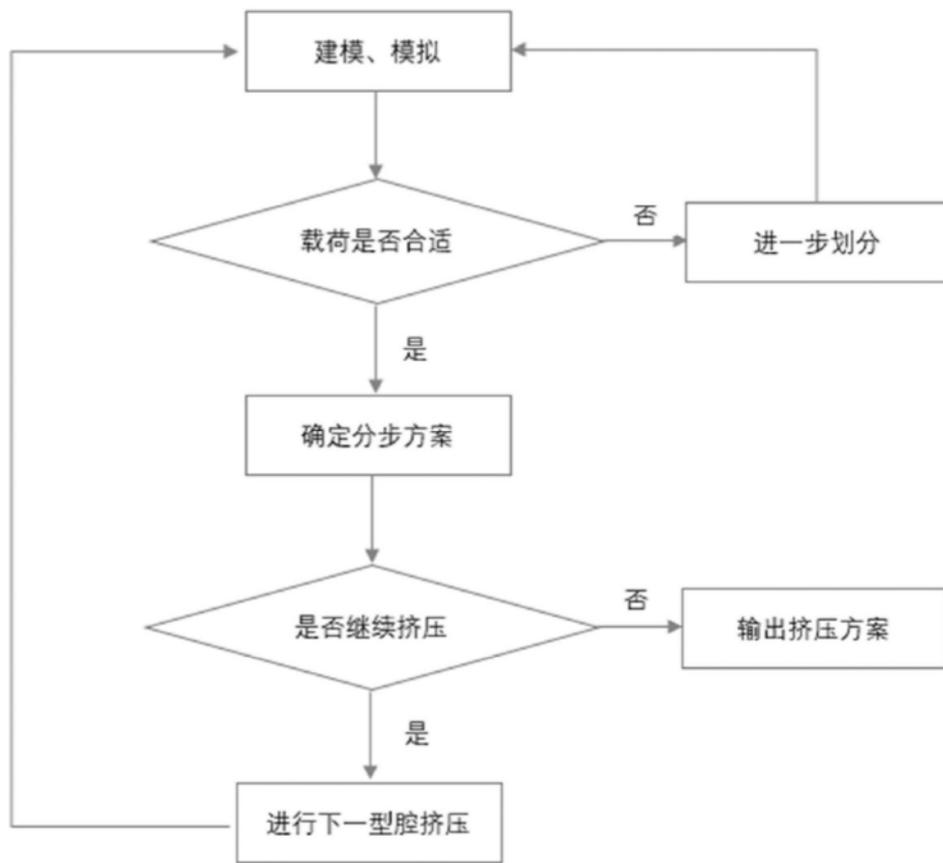


图23

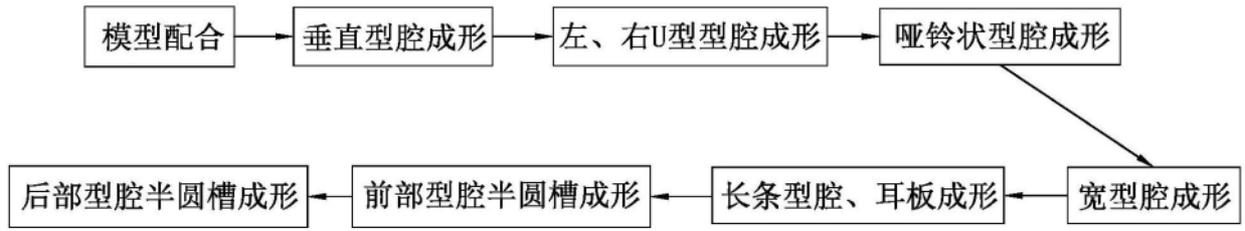


图24