



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107520409 B

(45)授权公告日 2019.01.08

(21)申请号 201710640961.2

B33Y 40/00(2015.01)

(22)申请日 2017.07.31

审查员 田科

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107520409 A

(43)申请公布日 2017.12.29

(73)专利权人 共享智能装备有限公司

地址 750000 宁夏回族自治区银川市经济技术  
开发区宁朔南街298号

(72)发明人 彭凡 王洪涛

(74)专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任  
公司 32102

代理人 徐素柏

(51)Int.Cl.

B22C 9/10(2006.01)

B22C 9/12(2006.01)

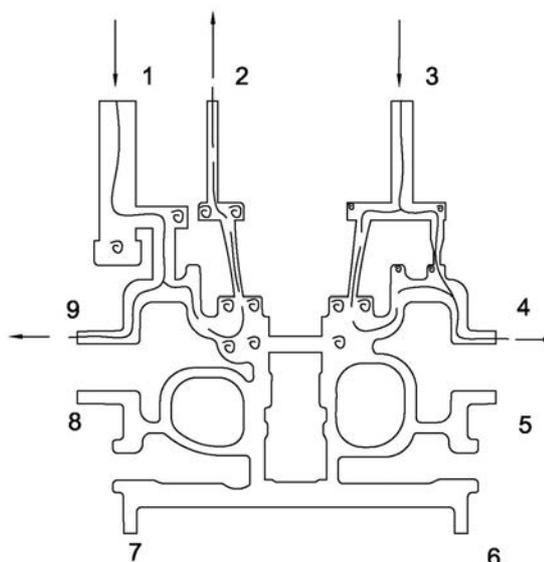
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的  
清理方法

(57)摘要

本发明涉及一种3D打印的整体式砂芯内腔  
多余砂料的清理方法,所述砂芯为整体式的3D打  
印砂芯,砂芯内设有若干腔道,腔道内堆叠未粘  
结的散砂,所述砂芯的各个表面开设若干与内部  
的腔道连通的排砂孔,清除砂芯内腔的散砂时,  
首先进行初步振动清砂:通过振动的方式将内腔  
的散砂分别从各排砂孔振动排出进行初步清砂;  
然后进行流体冲刷清砂:向砂芯内腔以一定流  
速注入流体,并不断改变进流和出流方向以改变  
流体在腔道内的流向,使流体流经并冲刷砂芯  
的内腔通道,通过流体的冲刷剥离作用冲击腔  
道内壁低硬度过渡砂层,冲落的砂料随流体排  
出。本发明的方法增设与内腔连接的若干排砂  
孔,通过振动和流体冲刷排砂实现整体式3D打  
印砂芯内腔通道的清砂。



1. 一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,所述砂芯为整体式的3D打印砂芯,砂芯内设有若干腔道,腔道内堆叠未粘结的散砂,其特征在于,所述砂芯的各个表面开设若干与内部的腔道连通的排砂孔,清除砂芯内腔的散砂时,首先进行初步振动清砂:通过振动的方式将内腔的散砂分别从各排砂孔振动排出进行初步清砂;然后进行流体冲刷清砂:向砂芯内腔以一定流速注入流体,并不断改变进流和出流方向以改变流体在腔道内的流向,使流体流经并冲刷砂芯的内腔通道,通过流体的冲刷剥离作用冲击腔道内壁低硬度过渡砂层,冲落的砂料随流体排出。

2. 根据权利要求1所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,所述砂芯内腔结构突变的部位至少开设一个与最近表面连接的排砂孔,所述结构突变指砂芯腔道内通径尺寸突变的部位或砂芯腔道轮廓曲率有突变的部位。

3. 根据权利要求1所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,所述排砂孔为与邻近的内部腔道连通的直孔,所述排砂孔直径为4—50mm。

4. 根据权利要求1所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,初步振动清砂过程具体包括如下步骤:第一步,将3D打印砂芯固定在振动台上,使有排砂孔的其中一个砂芯表面向下,并使排砂孔保持排砂畅通;第二步,对振动台施加变交振动一定时间,使与向下排砂孔连通的腔道内的散砂逐步排出;第三步,翻转砂芯使其它有排砂孔或有开口的砂芯表面向下,重复第一步和第二步的排砂过程;继续翻转砂芯重复第一步和第二步的排砂过程,直至所有的有排砂孔及有开口的表面均经向下放置并振动后均无散砂排出为止。

5. 根据权利要求4所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,砂芯随振台振动时,向下的排砂孔外部设有负压抽吸管路用于辅助排砂。

6. 根据权利要求1所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,初步振动清砂过程中,砂芯的振动为频率为1—31Hz,振幅应小于1mm的交变振动。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,流体冲刷清砂过程中,将与砂芯的内腔通道连通的表面开口中设置至少一个进流口和至少一个出流口,进流口与进流供流管路连接,出流口与出流管路连接,同时封堵其它开口,向进流口以一定的流量注入冲刷流体,对进流口与出流口之间的内腔通道进行流体冲刷,以冲刷腔道表面的过渡砂层,冲刷3—5分钟后,切换出流口,以改变流体流向,或同时切换进流口和出流口,继续冲刷3—5分钟,再次改变流体流向,直至砂芯内腔的各通道内壁均经流体冲刷清砂后,完成内腔过渡砂层的冲刷清理。

8. 根据权利要求7所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,所述进流口选择时,优先选择口径较大的浇口、冒口、排气口或排砂孔作为进流口。

9. 根据权利要求7所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,所述流体内混有流体体积量10—15%的颗粒介质,所述颗粒介质的粒径为2—4mm。

10. 根据权利要求7所述的3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,其特征在于,所述流体为压缩气流或与砂芯的砂料和粘结剂不互溶和不反应的液体。

## 一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及3D打印砂型的辅助清砂工艺技术领域,特别涉及一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法。

### 背景技术

[0002] 3D打印通过增材制造方法给传统制造领域带来了革命性影响,在多个领域体现了强大的优势。比如直接打印具有复杂结构的零件,模具等,可以缩短周期,降低研发成本,将制造业带进柔性化生产的新天地。但是目前3D打印技术主要还停留在小批量研发试制,或小批量定制阶段,还远没有走向批量柔性化制造。究其原因,除了成本和效率方面的影响外,还有一个主要的影响因素就是3D整体打印零件多余材料的去除困难。

[0003] 主流的3D打印技术可以分为两种,一种是层状堆叠方法,另一种是粉体选择性硬化,包括激光烧结,喷射粘接等。利用层状堆叠方法打印结构复杂的零件时通常需要繁多的支撑,外表面支撑比较容易去除,但是内部腔体结构的支撑往往难以去除。相比较而言,使用粉体选择性硬化方案进行零部件打印时不需要支撑,具有更大优势。铸造3D打印砂芯即采用此种技术方案。

[0004] 铸造3D打印技术是对砂粒逐层选择性喷射粘结剂进行打印的,砂粒的选择从直径 $\phi 0.1\text{mm}$ (140目)到直径 $\phi 0.4\text{mm}$ (40目砂粒直径为 $0.38\text{mm}$ )不等。在铸造3D打印机工作时,每铺一层砂粒,随之选择性喷射一次粘结剂,砂粒之间本身就有一定摩擦力,在铺砂操作时又给予了一定的压力,使砂粒铺设的紧实度较好。另外目前单液料的打印机,砂粒会预混入催化剂,砂粒流动性差,在复杂砂芯打印完成后,内部腔道里的多余砂粒无法通过简单倾倒去除。另一方面,粘结剂在砂粒空隙间的扩散,使砂芯表面粘附一层低硬化度的砂粒,引入了砂芯表面清理的问题,使复杂砂芯内部腔道的清理更加困难。针对这一问题,当前多采用的方式是将砂芯拆分成多块砂芯,使内部腔道也裸露,使用压缩空气清理,这种方法带来了后续的组装操作,也引入了装配偏差和缝隙问题,使3D打印丧失了直接生产复杂零件的优势。本文将就整体打印复杂砂芯的内部清理问题提出一种解决方案。

### 发明内容

[0005] 本发明的针对现有技术中复杂内腔的砂芯结构整体3D打印后不便于内腔清砂的问题,提供一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,以解决复杂内腔砂芯的清砂问题。

[0006] 本发明的目的是这样实现的,一种3D打印的整体式砂芯内腔多余砂料的清理方法,所述砂芯为整体式的3D打印砂芯,砂芯内设有若干腔道,腔道内堆叠未粘结的散砂,其特征在于,所述砂芯的各个表面开设若干与内部的腔道连通的排砂孔,清除砂芯内腔的散砂时,首先进行初步振动清砂:通过振动的方式将内腔的散砂分别从各排砂孔振动排出进行初步清砂;然后进行流体冲刷清砂:向砂芯内腔以一定流速注入流体,并不断改变进流和出流方向以改变流体在腔道内的流向,使流体流经并冲刷砂芯的内腔通道,通过流体的

冲刷剥离作用冲击腔道内壁低硬度过渡砂层,冲落的砂料随流体排出。

[0007] 本发明的砂芯内腔通道散砂的清除方法中,将原本封闭的内部腔道开通若干与表面连通的排砂孔,打印内部腔道与外界的连接,然后通过振动方式使腔道内的未粘接硬化的散砂分别从各排砂孔排出进行初步的清砂,经初步清砂后的内部腔道由于粘结剂的作用表面还有一层一定硬化强度的表面过渡层需要去除。此表面过渡层型砂强度低,又具有一定厚度,从而会影响铸件的表面质量,尺寸精度和内部夹杂缺陷,所以必须去除。经初步清砂,内部通道已经打通,本发明的方法中,使用运动的流体对内部腔道表面进行清理,流体具有不定形的特点,可以无孔不入,在通道内流动时对壁面形成摩擦作用,将表面粘附的过渡层剥离并输运。运动的流体可以剥离粘附的壁面上的砂粒原因在于打通的通道内壁表面的砂粒为单边粘附,高速定向运动的流体分子将对砂粒形成冲击作用,从而逐步清除过渡砂层,并随流动的流体从出口排出。

[0008] 然后向初步清砂的腔道内灌入适量的钢珠,将并钢珠封闭在腔道内,通过振动使钢珠撞击腔道壁低硬化的过滤砂层,逐步将过渡砂层的砂击落,最后经排砂孔排出钢珠和散砂,完成整体式砂芯内道腔道的清砂过程。

[0009] 为进一步便于实现砂芯内部通道与外表面的连通,所述砂芯内腔结构突变的部位至少开设一个与最近表面连接的排砂孔,所述结构突变指砂芯腔道内通径尺寸突变的部位或砂芯腔道轮廓曲率有突变的部位。本发明的结构中,在砂芯结构突变的部位开设与最近表面连接的排砂孔,可以将复杂的内腔结构通过排砂孔与外部连通,以便于腔道内散砂的排出。

[0010] 为便于排砂内排砂孔部位的封堵,所述排砂孔为与邻近的内部腔道连通的直孔,所述排砂孔直径为4—50mm。因砂芯开排砂孔的部位原属于封闭的部位,清砂处理后需将排砂孔封堵还原砂芯原结构状态,本结构中,直孔结构的排砂孔,封堵方便,并且封堵后的密闭性好。

[0011] 为便于初步清除腔道内的散砂,振动清砂初步振动清砂过程具体包括如下步骤:第一步,将3D打印砂芯固定在振动台上,使有排砂孔的其中一个砂芯表面向下,并使排砂孔保持排砂畅通;第二步,对振动台施加变交振动一定时间,使与向下排砂孔连通的腔道内的散砂逐步排出;第三步,翻转砂芯使其它有排砂孔或有开口的砂芯表面向下,重复第一步和第二步的排砂过程;继续翻转砂芯重复第一步和第二步的排砂过程,直至所有的有排砂孔及有开口的表面均经向下放置并振动后均无散砂排出为止。

[0012] 本方法的初步清砂方法,实现一种振动倾倒排砂腔道内散砂的过程,具体为:砂芯振动排砂过程中,未硬化的多余砂粒,由于本身的表面摩擦和设备的压实操作而建立了较为稳定的堆积体,从而无法发挥砂粒本身的流动性。给砂芯施加一个整体振动可以打破这种稳定堆积体。振动对砂粒的实际作用是使砂粒瞬间获得高速运动,即获得较大的加速度,根据牛顿第二定律,砂粒在自身重量作用下产生惯性力,从而脱离其他砂粒的摩擦作用,而运动到新的位置。这种振动作用下的脱离效应离排砂孔最近砂粒表现最为突出,从而在惯性力作用下极易逃脱摩擦作用,并在自身重力下获得流动性,并从就近的向下的排砂孔流出,离排砂孔最近的表面砂粒逐渐被清理,同时砂粒表面逐渐向内推移,通道逐渐打通。同时在振动的作用下,砂粒无法在表面摩擦的作用下建立锥形堆积,砂粒将发生水平输运行,将同高度的砂粒输运至流砂口,从而达到去除内腔通道绝大多数多余砂粒的效果。

[0013] 为进一步加快排砂速度,砂芯随振台振动时,向下的排砂孔外部设有负压抽吸管路用于辅助排砂。

[0014] 进一步的,初步振动清砂过程中,砂芯的振动为频率为1—31Hz,振幅应小于1mm的交变振动。

[0015] 为便于排砂孔孔径过小而不易与内部腔道连通,初步振动清砂前,对靠近各砂芯表面的排砂孔及开口部位的散砂进行机械疏通。

[0016] 流体冲刷清砂过程中,将与砂芯的内腔通道连通的表面开口中设置至少一个进流口和至少一个出流口,进流口与进流供流管路连接,出流口与出流管路连接用于收集出流流体和排出的砂料,同时封堵其它开口,向进流口以一定的流量注入冲刷流体,对进流口与出流口之间的内腔通道进行流体冲刷,以冲刷腔道表面的过渡砂层,冲刷3—5分钟后,切换出流口,或同时切换进流口和出流口,以改变流体流向,继续冲刷3—5分钟,再次改变流体流向,直至砂芯内腔的各通道内壁均经流体冲刷清砂后,完成内腔过渡砂层的冲刷清理。通过本发明的上述流体冲刷过程,砂芯内部腔道上的过渡砂层完全冲刷掉并随流体排出。上述流体冲刷过程,对于内部通道结构非常复杂的砂芯,存在大量弯折管道和分岔,流体在此类管道内的流动状态无法通过经验进行判断。通过计算仿真发现,流体在复杂通道内的流动有如下几个特点:首先,从进流口至出流口的最短路径将建立主泄洪通道,是路径积分长度最短的通道,速度也最高,为最佳清理效果范围;其次,流体在分岔节点将发生流量分配,压力降低,压力降低大小与分岔点前后截面积比有关,各分岔流量分配与路径长度有关。因此可以在与主泄洪通道长度接近的区域建立二级流动影响区,称次泄洪通道,形成对壁面足够的摩擦作用;第三,在主次泄洪通道近场凸起结构内常形成涡流区,这些涡流区虽然没有对流体的径向流动形成直接贡献,但是涡流区的大离心半径处流体运动速度较大,即近壁面处的流体流速高,所以也可以形成有效的冲刷作用,以上主泄洪通道、次泄洪通道和涡流区均为有效的清理影响区。不同的进流口和出流口设置、流向的改变及启动时间的变化将建立不同的清理影响区,所以本发明的流体冲刷过程通过组合不同的通流方案,可以使清理影响区覆盖所有内腔通道区域,实现对内部所有腔道的清理。

[0017] 为保证流体的流量的流速,所述进流口选择时,优先择口径较大的浇口、冒口、排气口或排砂孔作为进流口。

[0018] 为进一步提高冲刷效率,所述流体内混有流体体积量10—15%的颗粒介质,所述颗粒介质的粒径为2—4mm。

[0019] 进一步地,所述流体为压缩气流或与砂芯的砂料和粘结剂不互溶和不反应的液体,如砂型流涂用的涂料。

## 附图说明

[0020] 图1为整体式的3D打印的铸铁缸头的砂芯结构(已开排砂孔)示意图。

[0021] 图2至 4为不同进流和出流方向的流体流向影响区示意图。

[0022] 其中,1浇口;2排气孔;3冒口;4、5、6、7、8、9排砂孔。

## 具体实施方式

[0023] 下面以铸铁缸头铸件的整体3D打印砂芯为例详细说明本发明的整体式砂芯内腔

多余砂料的清理方法。

[0024] 如图1所示为打印3D打印的铸铁缸头的砂芯结构,该砂芯本身带有用于浇注的浇口1,排气孔2和冒口3。为便于实现整体打印后的砂芯的排砂,整体式砂芯结构设计时还需在其它侧面还分别设置排砂孔4、排砂孔5、排砂孔6、排砂孔7、排砂孔8、排砂孔9,各排砂孔均为直孔并分别与内部邻近的内部腔道连通,本实施例的铸铁缸头铸件砂芯内部腔道比较窄小,并且腔道多处有结构突变的部位,其它结构突变主要指腔道的最小通径尺寸的突变和腔道内轮廓面曲率的突变,上述结构突变部位均需要设置与邻近表面直通的排砂孔,排砂孔设置时根据内腔通道的尺寸孔径为4—50mm,排砂孔内部末端与邻近连接的内腔通道平滑过渡连接,结构复杂的内腔可以进一步结合流体仿真软件,预先模拟流动砂体在腔道内的流动状态以确定适当开排砂孔部位和合适数量、合适孔径的排砂孔。

[0025] 按上述方法设置的带有若干排砂孔的整体式砂芯结构通过3D铺砂,选择性打印喷粘结剂硬化的砂芯,3D打印出箱后,将砂芯外部占用空间的砂子通过吸砂管抽走或其他工具铲走,使砂芯整体露出,此时砂芯内部的腔道充满未粘结的散砂。初步振动清砂过程中,第一步,将3D打印砂芯固定在振动台上,使有排砂孔的其中一个砂芯表面向下,并使排砂孔保持排砂畅通,为保证排砂孔的畅通,砂芯固定在振动工作台上时,可以在砂芯底部非排砂部位设置支撑部件,防止排砂孔被堵住,对于窄小的排砂孔,振动前可以先机械疏通排砂孔使其在振动状态下正常流砂;第二步,对振动台施加频率为1—3Hz,振幅应小于1mm的交变振动,振动时间不少于10秒,使与向下排砂孔连通的腔道内的散砂逐步从排砂孔排出;第三步,翻转砂芯使其它有排砂孔或有开口的砂芯表面向下,重复第一步和第二步的排砂过程进行振动排砂;继续翻转砂芯重复第一步和第二步的排砂过程,直至所有的有排砂孔及有开口的表面均经向下放置并振动后均无散砂排出为止,完成初步清砂过程。

[0026] 完成初步清砂后,接着进行流体冲刷清砂过程中,本过程中,根据铸铁缸头铸件的内部通道结构,实施前通过计算机软件,模拟压缩空气在内部通道内仿真流动冲刷,分以下三个流体冲刷过程实施本实施例冲刷过程,首先如图2所示,将浇口3和冒口3作为进流口,排气口2、排砂孔9和排砂孔分别作为出流口,封堵好其它排砂孔和排气口,进行流体冲刷,将进流口通过进流管路与流体箱连接,并且进流管路上设有流量泵和流量阀,控制流体流速为10-30米/秒,为提高冲刷除砂效率,在进流管路上设置用于添加颗粒介质的分支管路,向进流管路中添加颗粒为2—4mm的颗粒介质,颗粒以具有一定弹性的橡胶球为宜,以免对砂芯造成严重损伤,加入量为10~50颗/秒,出流口通过出流管路连接流体收集箱,冲刷时间为5分钟,冲刷过程中的流体影响区如图2所示,其中实线表示主泄洪通道,虚线表示次泄洪通道,“e”代表涡流区;经过5分钟冲刷后,清理影响区内通道过渡砂层基本清除干净,然后切换出流口,如图3所示,将出流口切换至排砂孔5和排砂孔8,进流口不变,封堵其它排砂孔和排气口,继续冲刷5分钟;再次切换出流口至排砂孔6和排砂孔7,进流口不变,封堵其它排砂孔和排气口,继续冲刷5分钟。本实施例的砂芯结构,经过上述流体冲刷过程,砂芯内部腔道上的过渡砂层完全冲蚀掉并随流体排出,实现对内部所有腔道的清理。

[0027] 完成上述内腔清砂工作后,须还原砂芯结构未开设排砂孔前的结构,通过与砂芯材质相应的砂料堵头将各排砂孔封堵牢靠,然后进行后续的砂芯流涂、合箱等铸造工艺过程。

[0028] 本发明的上述整体式砂芯内腔通道清砂方法创新的采用了机械振动打破铸造3D

打印多余材料的堆积平衡,使砂粒重获流动性,并采用钢珠的输运作用对内腔通道表面进行清理,具有以下明显优势:

[0029] (1) 振动设备可以进行电气控制,实现自动化清理,有利于保证清理效果,和实现流水线式作业;

[0030] (2) 振动设备控制参数为可编程参数,包括振动频率、振幅等易于实现程序化控制,工艺标准化和柔性化生产;

[0031] (3) 流体介质可选择铸造车间常用流体如压缩空气,涂料等,不增加额外的材料管理;

[0032] (4) 清理过程仅适用流体与砂芯的摩擦作用,不产生污染物,清理出的砂粒可回收再利用,绿色环保;

[0033] (5) 本方案解决了铸造3D打印复杂砂芯整芯工艺内部腔道多余材料的清理去除问题,使3D打印增材制造的优势得以最大发挥。

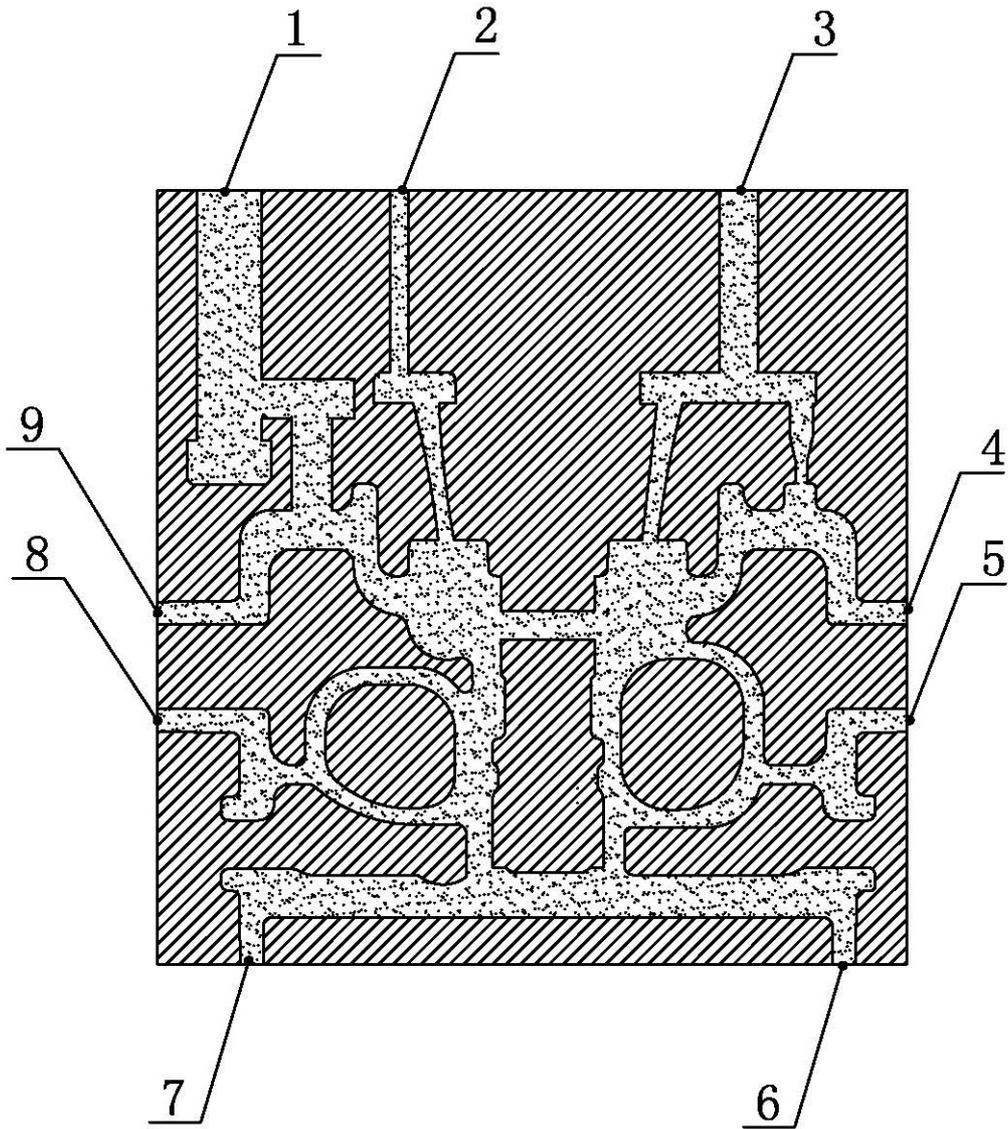


图1

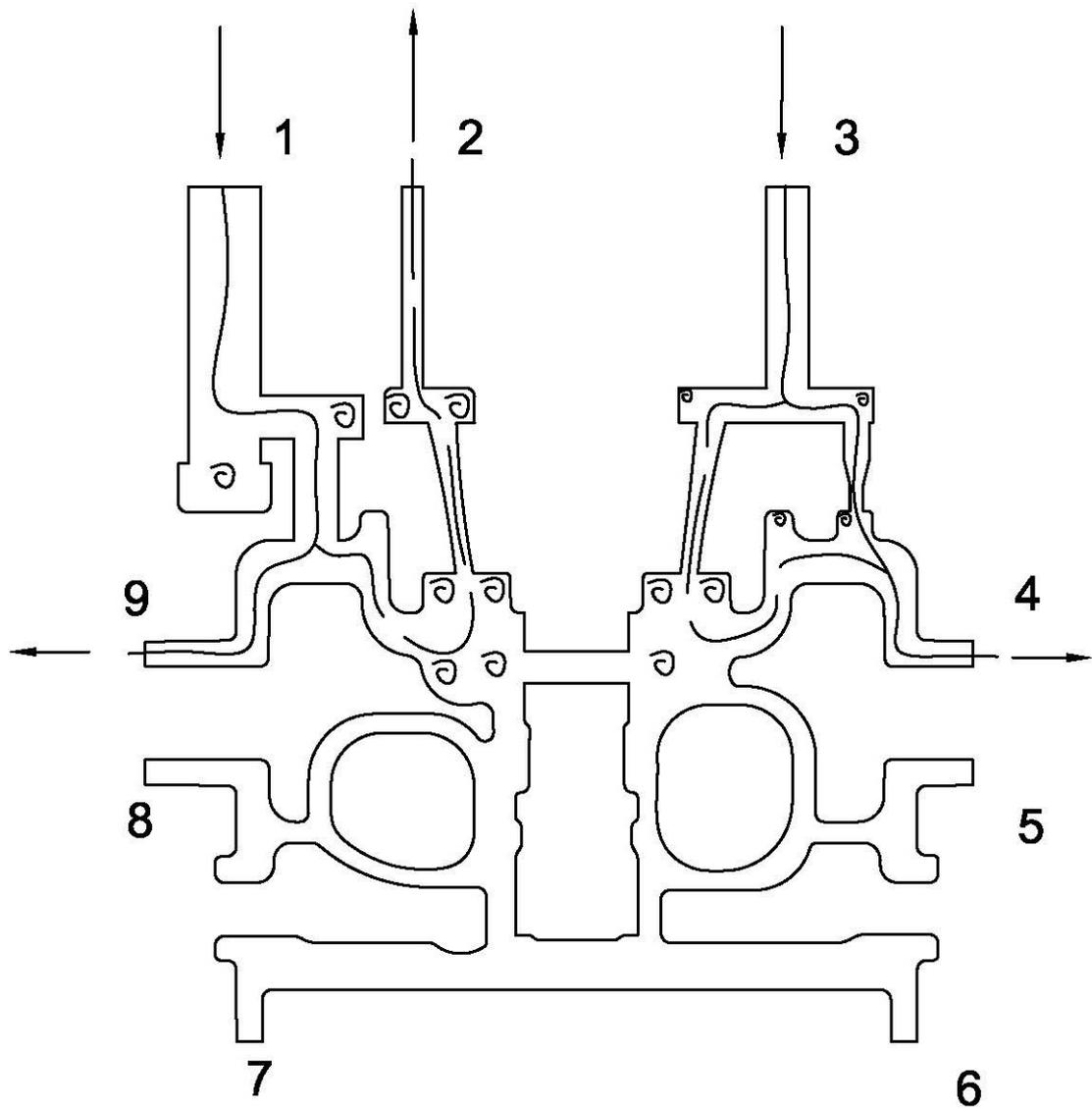


图2

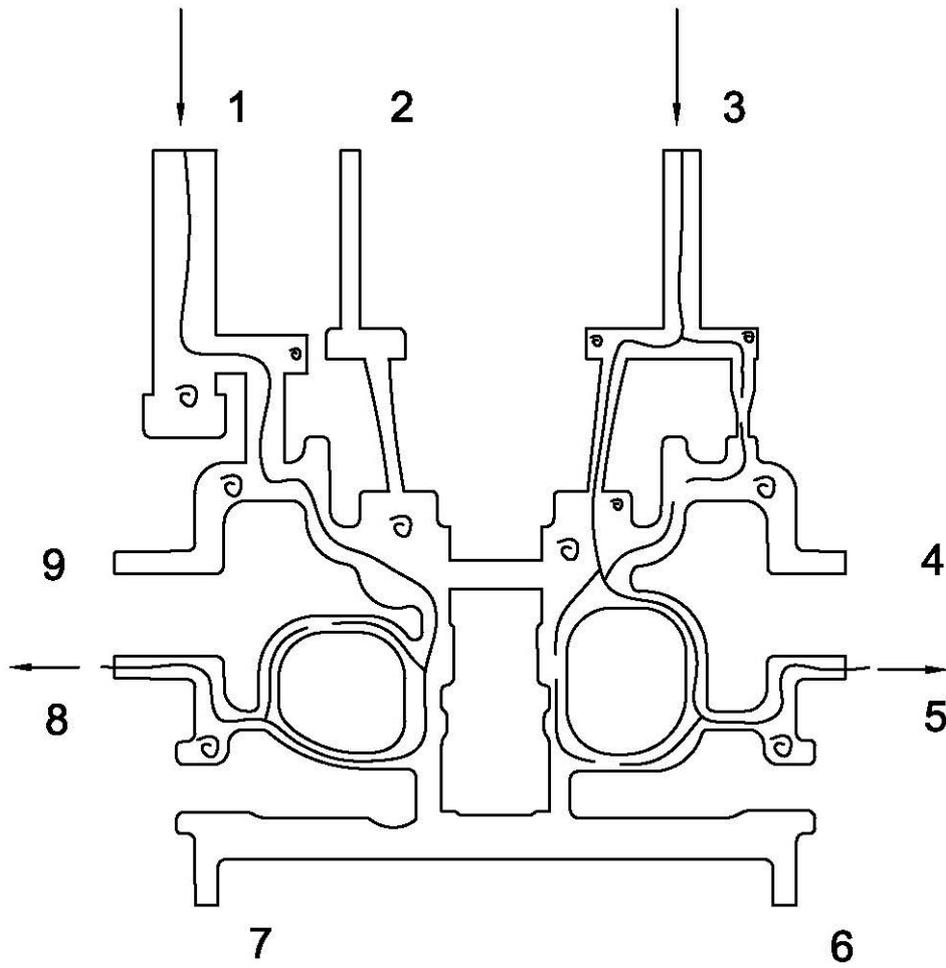


图3

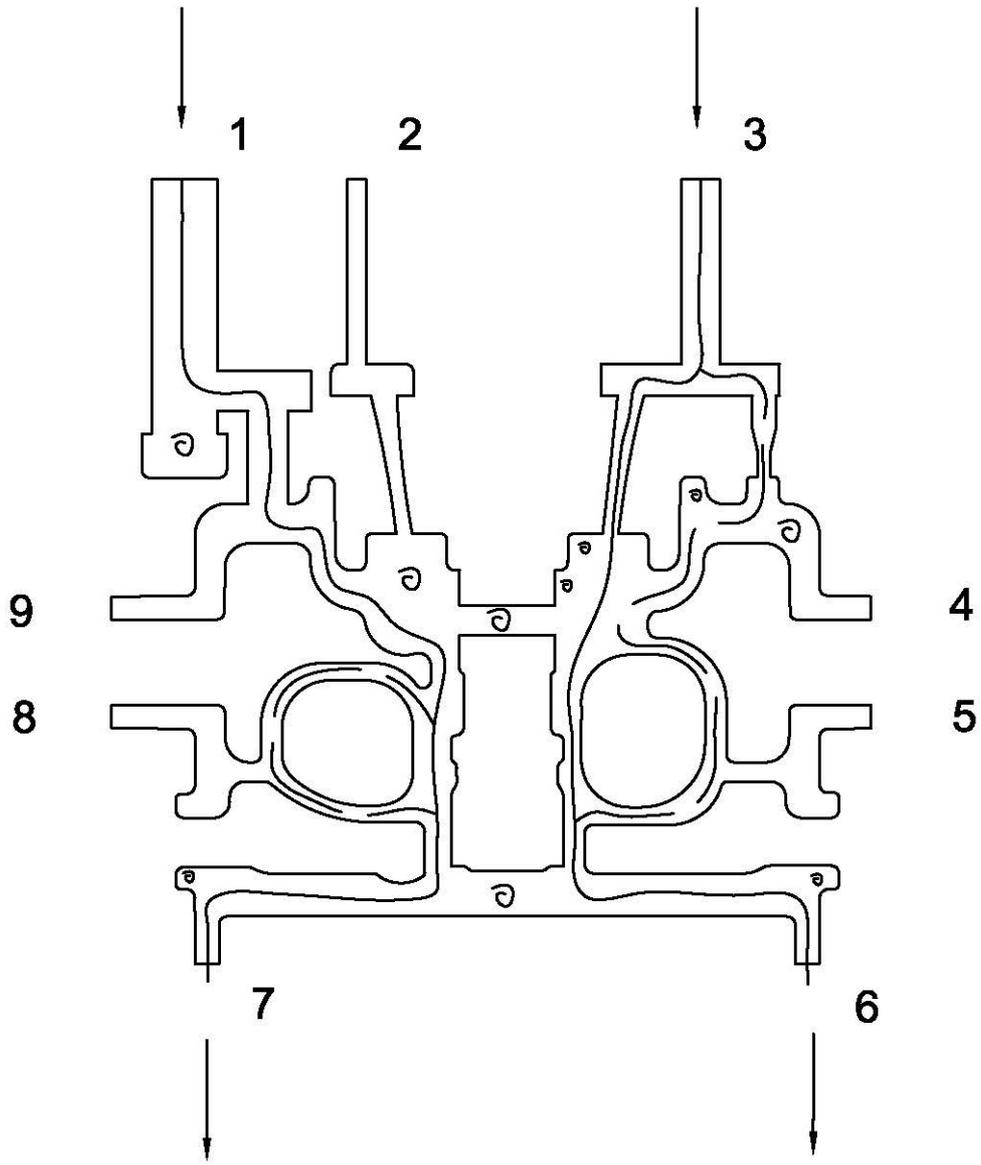


图4