

磨床生产中常见液压件的铸造技术

崔希文

河南工业大学工程训练中心 河南郑州 450001

摘要: 在磨床生产中最常见的盘盖类、平板类、方块及短圆柱类液压件外形结构简单,但其截面厚度大、技术要求高,铸造废品率偏高(30%~40%)。在盘盖类液压件生产中应用离心式集渣包,解决了除渣、补缩问题;在平板类液压件生产中采用“平做立浇”工艺满足了铸件两大平面的高质量要求;在方块及短圆柱类液压件生产中采用一坯多件连铸、“平做立浇”工艺,并通过适当的成分选择与控制,保证了厚大截面液压件铸造的成品率及工艺出品率。引入模数的概念,通过计算、比较各几何体的模数,为准确控制铸件的冷却速度提供了依据。

关键词: 机床液压件;离心式集渣包;平做立浇;连铸;模数

The foundry technology of common hydraulic parts in grinder production

CUI Xiwen

Henan University of Technology Engineering Training Centre, Zhengzhou 450001, Henan, China

Abstract: The most common hydraulic parts in the production of grinder, such as disc cover, flat plate, square and short cylinder, have simple shape and structure, but they have large section thickness, high technical requirements and high foundry reject rate (30%~40%). The centrifugal slag-collecting ladle is used in the production of plate-cover hydraulic parts to solve the problems of slag removal and feeding; In the production of plate hydraulic parts, the process of “Horizontal casting and vertical casting” is adopted to meet the high quality requirements of the two major planes of the castings; In the production of square and short cylindrical hydraulic parts, the technology of “One billet and many pieces continuous casting” and “Horizontal casting and vertical casting” are adopted, and through proper composition selection and control, it ensures the yield and process yield of thick and large section hydraulic casting. The concept of modulus is introduced, and the modulus of each geometry is calculated and compared, which provides a basis for accurately controlling the cooling rate of castings.

Keywords: hydraulic parts of machine tool; centrifugal slag collecting ladle; horizontal vertical casting; continuous casting; module

1 序言

郑州第二机床厂的主要产品是各种型号、规格的内圆磨床。内圆磨床工作时机床的许多动作如:工作台的往复运动、砂轮的横向进给运动(快进、工进、快退)、工件的自动夹紧,以及修整器的倒

下、抬起动作等都是通过液压实现的,自然要用到很多液压件(这里统称为机床液压件)。其中,以盘盖类、平板类、方块及短圆柱类最为常见。这些液压件虽然外形结构简单,但截面厚大,主要需控制内在质量,要求高强度、高致密度和一定的硬

度,同时加工面多,不允许有气孔、渣眼等任何铸造缺陷。以往按常规的工艺组织生产,废品率高达30%~40%(包括内外废),给企业造成的损失很大。在长期的铸造生产实践中,根据铸件的几何特征、技术要求,不断地进行探索、尝试,进一步优化工艺方案,成效显著。

2 盘盖类液压件

此类铸件包括各液压缸体的端盖、各类阀体的端盖及盖板等,零件设计上机械加工表面较多或全部为机械加工面,零件上设计有过油孔、安装孔等。此类铸件外形尺寸一般较小,但厚度较大,工艺设计时要考虑补缩问题,同时为提高工艺出品率,多选用一型多件铸造、共用一浇注系统的方案。因为零件小,金属液浇注后冷却快,渣子进入型腔漂浮至顶面遭遇的阻力较大,往往会夹杂在铸件中,因此使铸件产生“渣眼”而报废。对于此类铸件,避免渣眼缺陷的最有效的办法就是不让渣子进入型腔,一方面在浇注时要做好挡渣,另一方面就是增强浇注系统的除渣性能。因常规的浇注系统除渣性能有限^[1],所以生产中铸件多因出现渣眼而报废,废品率高达30%~35%,造成较大的经济损失。在浇注系统设计中应用了离心式集渣包,起到除渣、补缩的双重效果,既保证了工艺出品率,又使铸件的成品率大幅度提升。

(1) 接盘铸件 接盘是M224型半自动内圆磨床进给液压缸的关键部件之一,如图1所示。该铸件重量7.9kg,轮廓尺寸为 $\phi 180\text{mm} \times 45\text{mm}$,材质HT200,厚度最大尺寸42mm,要求组织致密,不允许有气孔、渣眼及缩孔等铸造缺陷。原工艺采用粘土砂湿型铸造,工艺要点为“以浇代冒”、一型两件、共用一直浇道(兼冒口)。直浇道尺寸为 $\phi 70\text{mm} \times 150\text{mm}$,内浇道(兼冒口颈)截面积 $F_{\text{内}} = 2.24\text{cm}^2$,长度约20mm。该工艺所生产铸件,往往因出现渣眼缺陷而大量报废,废品率达35%。铸造工艺改进方案如图2所示。改进工艺方案是两铸件共用一浇注系统,将原工艺中直浇道替换为离心式集渣包,根据铸件的热节圆直径,按暗冒口设计集渣包参数,集渣包尺寸为 $\phi 72\text{mm} \times 85\text{mm}$;在上型适当位置增设一直浇道,通过横浇道与集渣包切向连接,直浇道与集渣包中心距为90mm;内浇道兼

有冒口颈作用,最小截面尺寸要能保证补缩通道不被过早掐断,以防铸件产生缩孔。内浇道与集渣包也近似于切向连接,但应控制使其与集渣包内金属液旋向相反^[2]。内浇道长度为20mm。选用大比例浇口,使集渣包尽快充满,减少渣子被吸入型腔的风险。 $F_{\text{直}} : F_{\text{横}} : F_{\text{内}} = 1.85 : 1.5 : 1$, $F_{\text{内}} = 2.24\text{cm}^2$, $F_{\text{横}} = 6.72\text{cm}^2$, $F_{\text{直}} = 8.33\text{cm}^2$ ($\phi 32\text{mm}$)。生产验证表明,改进工艺应用情况良好,废品率<4%。

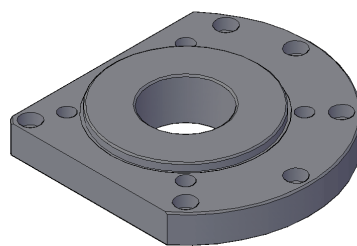


图1 接盘铸件

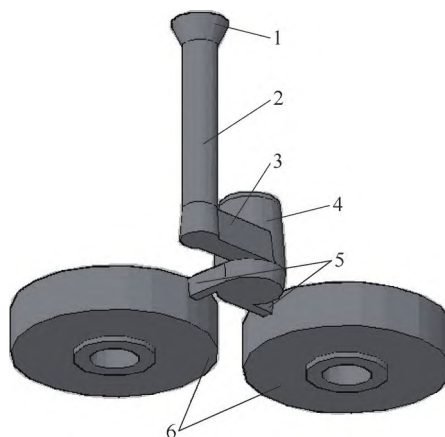


图2 接盘铸造工艺

1—外浇口 2—直浇道 3—横浇道 4—集渣包(兼冒口)
5—内浇道(兼冒口颈) 6—铸件

(2) 夹紧液压缸铸件 图3所示为M224内圆磨床的夹紧油缸铸件,是一个兼有皮带轮、液压缸功能的复合型铸件。外形为塔轮结构,设计有2个回转直径大小不一的皮带槽,内部为夹紧液压缸缸体。轮廓尺寸为 $\phi 186\text{mm} \times 120\text{mm}$,重量为11.5kg,材质HT200,最大热节直径为50mm。原工艺方案:采用粘土砂干型铸造,压边浇口,“以浇代冒”,一型两件,两铸件共用一直浇道(兼冒口)工艺。直浇道尺寸为 $\phi 80\text{mm} \times 150\text{mm}$,压边浇口宽5~6mm。此工艺应用中直浇道内金属液流动紊乱,渣子易卷入型腔使铸件产生“渣眼”,而且金属液也

容易飞溅形成“铁豆”^[3]，综合废品率很高（30%左右）。依据均衡凝固理论并结合离心式集渣包设计进一步优化工艺方案，如图4所示。铸件位于下型，一型两件，两铸件中间位置设置集渣包（兼保险冒口）^[4]，尺寸为 $\phi 65\text{mm} \times 90\text{mm}$ ；增设一直浇道，通过横浇道与集渣包切向连接；采用飞边浇口引入铸件，飞边浇口尺寸为 $65\text{mm} \times 6\text{mm}$ ，长度约 10mm ^[5]。 $F_{\text{内}}=3.9\text{cm}^2$ ， $F_{\text{横}}=11.7\text{cm}^2$ ， $F_{\text{直}}=14.4\text{cm}^2$ 。优化工艺应用后，浇注时金属液流动平稳，集渣包除渣性能良好，综合废品率降至3%。

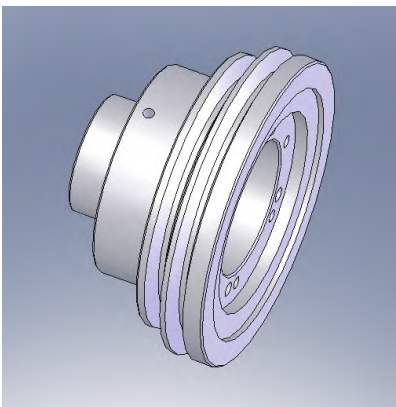


图3 夹紧液压缸铸件

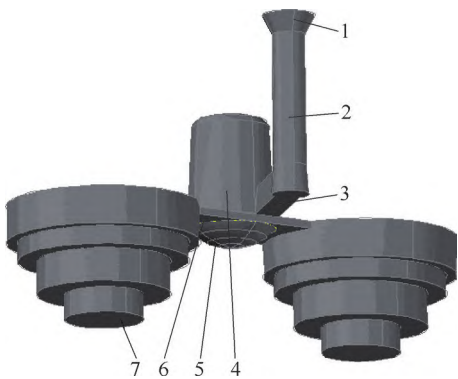


图4 夹紧液压缸工艺

1—外浇口 2—直浇道 3—横浇道 4—集渣包（兼冒口）
5—浇口窝 6—飞边浇口 7—铸件

3 板类液压件

此类铸件包括各型号内圆磨床供配油系统的配流板、盖板等，零件上所有表面均为机械加工面，2个大平面是最关键部位，上面往往要加工出许多油槽、过油孔及安装孔等，要求组织致密，不得出现气孔、渣眼等任何铸造缺陷。以往采用大平面水平或倾斜浇注，废品率高达30%~40%，多是因

出现气孔、渣眼或夹砂缺陷而报废。采用“平做立浇”干型工艺生产，使2个大平面处于浇注位置的侧面，其质量更容易得到保证。

图5所示为M224型半自动内圆磨床的配流板零件，是内圆磨床供配油系统的关键零件之一。6个表面均为机械加工面，2个大平面要求最高，表面粗糙度要求 $Ra=0.8\mu\text{m}$ ，其上面设计有许多油槽、过油孔及安装孔等，若任意两油槽之间、油孔之间或油槽与油孔之间存在组织疏松、气孔、渣眼等铸造缺陷，就会造成2条油路串通，使机床动作失常。铸件材质为HT200，毛坯重量为48kg，轮廓尺寸为 $596\text{mm} \times 312\text{mm} \times 34\text{mm}$ ，要求组织致密，不允许有气孔、渣眼及缩孔等任何铸造缺陷。配流板铸造工艺如图6所示。采用粘土砂、干型铸造，一型两件、平做立浇工艺；加工余量：侧面、底面均为6mm，顶面10mm（浇注位置）；两铸件中间位置

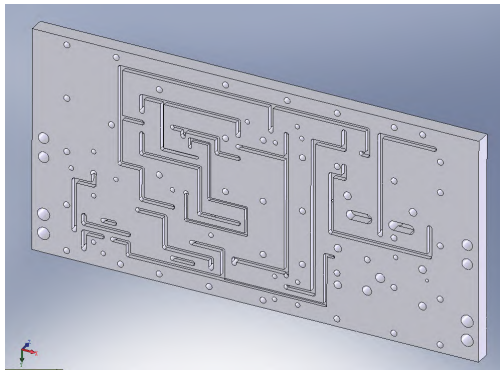


图5 配流板零件

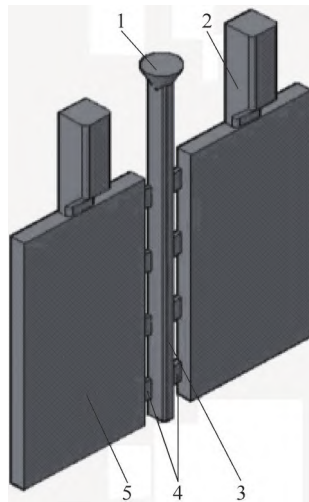


图6 配流板铸造工艺

1—外浇口 2—冒口 3—直浇道 4—内浇道 5—铸件

设置浇注系统, 阶梯浇口形式, 两铸件共用, $F_{内}=3.6\text{cm}^2$, $F_{直}=8.6\text{cm}^2$; 在型腔顶面中间位置各设置明冒口1个, 尺寸 $200\text{mm}\times 70\text{mm}\times 70\text{mm}$, 利于补缩、排气、集渣; 化学成分为: $w_C=3.35\%$, $w_{Si}=1.7\%$, $w_{Mn}=0.85\%$, $w_S=0.1\%$, $w_P=0.1\%$ 。该工艺投入应用以来, 效果显著, 废品率基本控制在3%以内。

4 方块及短圆柱类液压件

磨床上各种控制阀阀体如往复操纵箱、进给操纵箱、双压溢流阀、行程阀及开关阀等, 外形上多呈方块形或短圆柱形。此类铸件外形简单, 外表面均需机械加工, 通常设计有阀孔、过油孔、油槽及安装孔等。其中的阀孔加工工序复杂, 要经过钻孔、扩孔、镗孔、研孔及配磨阀芯等工序, 有很高的技术要求, 具体体现在以下几个方面。

1) 阀体工作时阀芯要在阀孔内频繁移动, 为保证使用寿命, 需耐磨, 要保证一定的硬度要求 ($>170\text{HBW}$)。

2) 要求组织致密, 不得有组织疏松缺陷, 以防漏油或油路串通, 使机床动作失控。

3) 要求材料硬度均匀。若硬度不均匀, 镗孔时镗刀在硬点处会出现严重让刀现象, 造成阀孔不圆, 使下道工序研孔工作量加大。另外, 硬度不均时, 会造成加工时刀杆振动过大, 使加工表面粗糙度不理想, 对阀体的加工精度、加工质量造成严重影响。

4) 不允许出现气孔、渣眼等任何铸造缺陷。一坯一件铸造时, 浇注位置的上表面出现气孔、渣孔缺陷较多, 废品率达35%左右, 有时甚至高达40%, 况且, 由于截面厚大, 每件都要设置冒口补缩, 工艺出品率一直处在较低水平。另外, 由于截面厚大, 中心部位冷却缓慢, 因此如何通过配料保证其内部组织致密, 也是一大难题。此类铸件, 采用一坯多件连铸、平做立浇工艺, 效果显著。

往复操纵箱铸件如图7所示, 材质为HT300, 上有5个阀孔, 几十个过油孔和安装孔, 还加工有几道油槽等。其中, 要求最高的是阀孔, 表面粗糙度 $Ra=0.4\mu\text{m}$, 圆柱度误差 0.005mm , 硬度要求 $>170\text{HBW}$, 毛坯外形尺寸为 $148\text{mm}\times 150\text{mm}\times 108\text{mm}$, 重量19kg, 不得有渣眼、砂眼及气孔等铸造缺陷。

采用连铸立浇工艺, 如图8所示。一坯四件连铸, 毛坯尺寸为 $108\text{mm}\times 810\text{mm}\times 150\text{mm}$, 尺寸604mm部分为铸件, 上部高206mm部分为冒口 (铸件形成后在锯床上将尺寸604mm部分按长148mm切成4件, 剩余部分为冒口, 作为回炉料使用); 单坯重量99.7kg (含冒口部分); 一型两坯铸造、平做立浇, 造型、烘干、合箱、紧固后将砂型立起进行浇注; 两型腔中间设置浇口, 采用阶梯浇口形式, 既可保证金属液充型平稳, 又可使冒口部位的金属液温度最高, 具有良好的补缩效果; 同时, 采用平做立浇工艺, 浇注时金属液中的渣子、气孔等将会在浮力作用下漂浮至型腔顶部, 顶部为冒口部分, 待铸件成形后将其切去, 即可保证铸件质量完好。另外, 立浇时型腔内金属液的压力较大, 冷凝后形成的组织也更为致密; 材质HT300, 铁液成分为: w_C

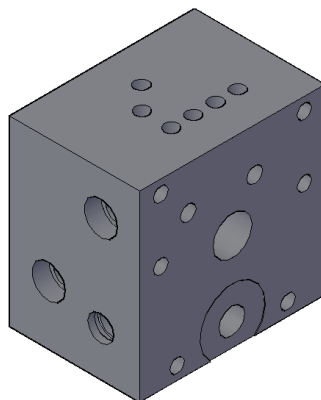


图7 往复操纵箱

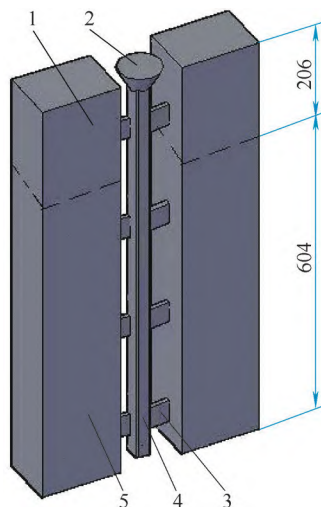


图8 往复操纵箱铸造工艺

1—冒口 2—外浇口 3—内浇道 4—直浇道 5—铸件 (切成4件)

$=3.10\%$, $w_{Si}=1.4\%$, $w_{Mn}=1.2\%$, $w_S=0.1\%$, $w_P=0.1\%$ 。炉前控制：三角试片，白口10~12mm。工艺效果良好，工艺出品率达80.5%，废品率在4%之内。

5 材质性能保证

液压件生产的一个特点就是铸件材质性能要求高，如对强度、硬度及组织致密性要求等。要满足这些要求，应从以下几方面入手。

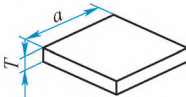
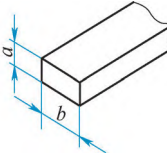
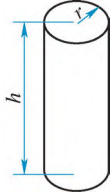
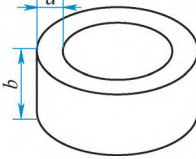
(1) 化学成分控制 根据铸件的性能要求及壁厚状况，选择合适的化学成分，正确计算炉料配比，严格控制原材料质量（成分稳定）^[6]。

(2) 冷却速度控制 在铸造生产过程中，对影响铸件冷却速度的关键因素、关键环节，要严格把控。例如，对于外形尺寸较小的液压件，在组织生产时，为提高铸件的工艺出品率，一个砂箱内往往要布置几种铸件，共用一浇冒口系统。或造型时，同牌号铸件的砂型要集中摆放到一起，以方便浇注操作。不管哪种情形，都要考虑铸件的冷却情况。过去，通常以“壁厚是否一致或相近”作为依据，但对不同的几何体来说，如平板类、矩形杆类、圆柱体类零件等，用壁厚值不宜直接进行比较，况且壁厚在某些情况下也无法准确地反映铸件的冷却情况。此时，适时引入模数的概念，通过计算、比较各种几何体的模数，当模数一致或相近的同牌号铸件造型时，可布置在同一砂箱内，也可将模数一致或相近的同牌号铸件的砂型集中摆放到处，既方便生产组织，同时又能保证铸件的材质性能要求。几种常见几何体的模数计算公式见表1。

6 结束语

盘盖类液压件选用带离心式集渣包的浇注系统，能起到除渣、补缩的双重作用，工艺出品率、成品率均较高。平板类液压件采用“平做立浇”工艺，可满足两大平面的高质量要求，效果理想。方块及短圆柱类液压件采用一坯多件连铸、“平做立浇”工艺，质量可控。在液压件铸造中引入模数的概念，通过计算、比较各几何体的模数，为准确控制铸件的冷却速度、保证铸件的性能要求提供了依据。

表1 常见几何体模数计算公式

序号	几何体名称	图形	模数计算公式
1	平板或圆板		$a \geq 5T$ 的平板或圆板 $M = T/2$
2	矩形杆		矩形截面杆状零件 $M = ab/[2(a+b)]$
3	实心圆柱体		$h \leq 2.5D$ 的短圆柱体 $M = rh/[2(r+h)]$ $h > 2.5D$ 的长圆柱体 $M = D/4$
4	空心圆柱体 (套筒类)		$b < 5a$ 的空心环 $M = ab/[2(a+b)]$ $b > 5a$ 的空心管子 $M = a/2$

参考文献：

[1] 崔希文. 铸件夹渣缺陷的防治[J]. 金属加工（热加工），2015（17）：30-31.
[2] 崔希文. 离心式集渣包在厚壁小型铸件生产中的应用[J]. 金属加工（热加工），2010（21）：81-82.
[3] 美国铸造师协会. 铸件缺陷分析[M]. 武达兼，陈嵩生，译. 北京：机械工业出版社，1982.
[4] 金仲信. 铸铁件的无冒口铸造技术[J]. 机械工人（热加工），2002（11）：63-65.
[5] 隋进. 湿型砂灰铁件冒口设计[J]. 铸造技术，1993（S1）：11-13.
[6] 施延藻. 铸造实用手册[M]. 沈阳：东北工学院出版社，1988.

MW 20240830