



经验交流

汽车发动机缸体的铸造工艺

黄 政

(重庆大江工业集团铸锻公司, 重庆 401321)

摘要: 根据1.5 L发动机缸体铸件的结构特点, 结合生产实际条件, 采用中注式浇注系统、卧浇、一箱两件的工艺方案, 利用大孔出流理论对浇注系统进行优化设计, 设计出了1.5 L缸体完整的铸造工艺。该工艺设计方案在提高生产效率的同时, 还保证了产品质量, 生产出的铸件合格率达到98.5%以上。

关键词: 缸体; 铸件; 工艺设计

中图分类号: TG24 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4977 (2008) 10-1078-03

Casting Process of Auto Engine Cylinder

HUANG Zheng

(Casting-Forging Co., Ltd., Dajiang Industrial Group, Chongqing 401321, China)

Abstract: According to the structure features of the 1.5 L engine cylinder casting and our company condition, the processes of paning-line gating system, horizontal casting and two pieces per mould were applied, the gating system was optimized by using of the large orifice discharge method, and the complete foundry technique of 1.5 L engine cylinder was designed. The casting technique not only increases the production efficiency, but also insures the quality of the castings and the percent of pass over 98.5%.

Key words: cylinder; casting; process design

随着现在社会对环境越来越重视, 对汽车尾气的排放标准提出了更高要求。为了满足这种要求, 各主机厂加大了对发动机的研发力度, 现在大多数厂家都采用了多气门电喷发动机。缸体是发动机的重要部件之一, 随着汽车发动机技术的发展, 对发动机缸体的尺寸精度和力学性能要求越来越高, 因此对缸体铸件的产品质量提出了更高的要求。

我公司为某主机厂新开发一种1.5 L汽车发动机缸体, 产品内腔形状复杂, 铸件最大轮廓尺寸为400 mm×320 mm×253 mm, 重量38 kg, 材质为HT 250。加工后缸筒壁厚5 mm, 最小壁厚3 mm, 并要进行水压、气压渗漏检查, 所以要求铸件的力学性能好, 组织致密, 尺寸精度高, 属于典型的复杂薄壁铸件。

1 工艺条件概述

我公司铸铁分厂是专业生产汽车发动机缸体的单位, 设计生产能力为每年30万台。拥有从西班牙进口的气冲造型线和砂处理系统, 造型线为水平分型, 砂箱内尺寸1 200 mm×800 mm×(350/350) mm; 另配套有各种型号的热芯盒射芯机30余台, 所有的砂芯都用热芯盒制芯; 熔炼设备为德国容克公司5 t变频感应炉; 并有铸件清理生产线、烤漆生产线、热处理炉等配套设备。

2 工艺设计

2.1 制芯工艺

所有砂芯均采用覆膜砂制芯, 除水套芯、油道芯为高强度覆膜砂外, 其余为低强度覆膜砂, 具体覆膜砂性能见表1。

表1 覆膜砂性能

Table 1 Properties of precoated sand

类别	热抗拉强度 /MPa	热抗弯强度 /MPa	常温抗拉强度 /MPa	发气量 /(ml·g ⁻¹)	灼烧减量 (%)
低强度砂	≥1.0	≥3.0	≥2.0	≤15	≤3.0
高强度砂	≥1.8	≥4.5	≥3.0	≤18	≤3.8

采用Z8025射芯机热芯盒法制作缸筒芯, 将射砂口设置在缸筒方向, 为了减轻缸筒芯的重量, 减少砂芯发气量, 便于砂芯排气, 利用下顶芯机构, 设置了减重模, 从曲轴室方向对砂芯进行抽空, 尽可能地减少砂芯的重量, 这样既减少了砂芯的发气量, 又方便设置砂芯的排气通道; 用Z8040射芯机热芯盒法制作水套芯, 用Z8612射芯机热芯盒法制作油道芯; 用2ZZ8625射芯机热芯盒法制作端芯、浇道芯和定位芯, 利用其上下分模的结构, 将砂芯的背部减空, 这样既减少了覆膜砂的用量, 又减少了砂芯的发气量, 同时增大了

收稿日期: 2007-09-27收到初稿, 2008-09-05收到修订稿。

作者简介: 黄政 (1967-), 男, 重庆人, 工程师, 主要从事铸造工艺设计工作。E-mail: huangzheng1967@163.com

砂芯的排气通道。

砂芯制出、修整好后，先浸（刷）水基石墨涂料，然后再经红外线烘干炉烘干（烘干温度170~180℃，烘干时间50~60 min）。出炉后，等待浇注时间原则上不超过8 h，避免水基石墨涂料吸潮而增大砂芯的发气量。

2.2 组芯工艺

由于覆膜砂芯表面致密，内部较疏松，为了确保水套芯排气通畅，采取组芯前，先在工艺水孔处芯头上钻出Φ6 mm通气孔的方法来排气。

为了保证铸件缸筒和水套的壁厚均匀，首先将水套芯、油道芯和定位芯在专用夹具上组合在一起，采用热熔胶粘接，然后再与缸筒芯和端芯进行组合，二次组合不用粘接，而靠砂芯芯头相互定位，这样易于更换，避免因个别砂芯损坏而造成砂芯整套报废，详见图1、图2。

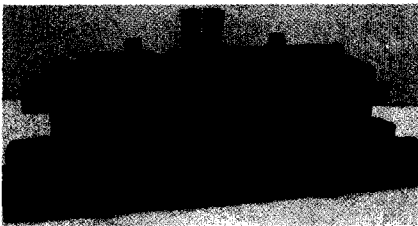


图1 一次砂芯组合图

Fig. 1 The sand core after the first time assembly

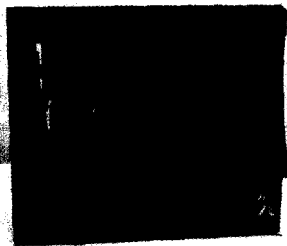


图2 二次砂芯组合图

Fig. 2 The sand core after second time assembly

2.3 造型工艺

采用气冲生产线造型，生产节拍设置为40箱/h，气冲压力设定为0.5 MPa，确保砂型的紧实度，避免浇注时冲砂。为了提高生产效率，结合砂箱尺寸，采用了一箱两件的工艺。另外，气冲造型线的分型方式为水平分型，因此要求工艺必须设置为卧浇工艺，而使用的型砂为湿型砂，型砂配比及性能见表2。

表2 型砂配比及性能

Table 2 Proportion and properties of molding sand			
配比 (%)		性能	
新砂	1~3	湿压强度/MPa	0.1~0.2
旧砂	97~99	水分 (%)	3.6~4.0
膨润土	0.5~1.5	透气性	100~170
FS粉	0.2~0.5	紧实率 (%)	32~45
水	<4.0	含泥量 (%)	<13

为了保证砂型的排气性能，造型后将所有的排气

孔全部引穿。砂型必须经吹扫干净、检查合格后方可进入下芯工序。

2.4 下芯工艺

为了保证铸件的整体精度，将组合好的砂芯放在下芯胎具上，利用下芯胎具对砂芯的组合质量进行检查，然后用专用下芯吊具将砂芯下入砂型中。

为了确保下芯过程的平稳性，对下芯吊具进行了专门设计，设计为三层框架结构，保证下芯吊具与下芯胎具定位准确后，吊具才能抓取砂芯，下芯吊具与砂箱定位准确后，砂芯再下入砂型内，确保了砂芯在砂型内的位置准确无误，从而保证了铸件整体的尺寸精度。

2.5 熔炼、浇注工艺

我公司采用变频感应炉熔炼，在熔炼过程中电磁搅拌能力强，避免了铁液成分不均匀，通过高温过热后镇静，将熔渣可以全部清除，所以铁液质量稳定。同时变频感应炉熔炼铁液的温度也可以得到有效的保证。

由于产品材质属于合金铸铁，又属于薄壁件，为了保证铁液的顺利充型，采取较高的出炉温度（1 470~1 480℃）；孕育方式采用包内冲入法，一包铁液浇注四箱，浇注温度控制在1 430~1 450℃的范围内。同时为了避免在浇注过程中带入熔渣、浮砂等杂物，在横浇道和分支直浇道搭接处安放了纤维过滤网。

根据用户要求，铸件材质为铜-铝合金，具体化学成分见表3，力学性能、金相组织见表4。

表3 缸体的化学成分

Table 3 Chemical composition of cylinder							w_B (%)
C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	
3.2~3.5	1.8~2.2	0.8~1.0	<0.09	<0.12	0.3~0.5	0.1~0.2	

表4 缸体的力学性能、金相组织

Table 4 Mechanical properties and metallographic structure of cylinder						
力学性能			金相组织			
抗拉强度/MPa	硬度HB	石墨形态	石墨等级	珠光体含量	共晶团数量	
>250	201~255	A+C<5%	4~5	>90%	3~5	

2.6 浇注系统设计

2.6.1 浇注系统类型的选定

由于中注式浇注系统具有冲型平稳，铁液对砂芯的浮力较小，抗气孔、夹渣能力强，抗缩松（孔）、渗漏能力强的特点，且内浇道在轴承座处，该处全部是砂芯形成，强度较好，浇注时不会发生冲砂现象，且采用卧浇工艺时水套芯在浇注过程中所受的浮力较立浇工艺大^[1]。而发动机缸体要求水压、气压渗漏检查，要求水套、缸筒壁厚均匀，内部无铸造缺陷，组织均匀。根据以上原因分析，结合我公司的生产经验和产品结构，我们决定选用中注式浇注系统。

2.6.2 浇注系统和溢流冒口的结构设计

虽然大多数生产汽车发动机缸体铸件的厂家都采

用一箱一件的生产工艺,但由于我公司铸铁生产线的砂箱较大,若采用一箱一件的生产工艺,既降低了生产效率,又造成了原材料和人工的浪费,增加了生产成本,因此我们决定采取一箱两件、卧浇的工艺方案。

为避免两个铸件在浇注、凝固过程中相互影响、相互干涉,影响产品质量,我们设置了浇道芯,在第一次横浇道和第二次横浇道之间设置扁平浇道来平分铁液;将第二次横浇道、分支直浇道和内浇道看成一个独立的浇注系统,将阻流截面设计在分支直浇道根部,每个铸件在1、2、4、5轴座上设置内浇道。为了防止铁液在充型过程中冲刷外型,我们将内浇道设计成向上倾斜一定的角度,为避免内浇道过长,我们将分支直浇道向铸件方向倾斜一定的角度;由于内浇道和分支直浇道形成的角度较大,为减少浇注过程中的动压力,在内浇道和分支直浇道结合处设置了一个缓冲窝,避免浇注时冲砂。

由于砂芯均采用覆膜砂,整体发气量大,因此外型排气系统必须以大排气为原则^[2]。首先在缸筒的顶面设置了4个独立的溢流冒口,同时在冒口顶端设置出气棒,这样既可以使型内的气体顺利排出,又避免了浇注过程中在缸筒壁处产生汇流、卷气,确保铸件缸筒部位无缺陷。同时为了减少铸件本体上的出气针数量,减少清理工作量,在曲轴室法兰边处设置了明冒口,由于该部位是铸件较高处,又是铁液最后充填的地方,因此有利于浇注时气体顺利地排出。

为了保证水套芯产生的气体顺利排出,在外型工艺孔处设置了出气针与水套芯内设置的排气通道相通,为防止铁液从芯头配合处钻入砂芯内的排气通道,在关键部位安放了封火垫。为了便于缸筒芯、端芯、定位芯产生的气体顺利排出,我们在外型的四角设置了较大的出气棒直接通出砂型外。浇注系统、溢流冒口的具体结构见图3。

2.7 工艺参数的选定

我们根据大孔出流理论^[3],结合我公司生产同类产品的成功经验,采用封闭—开放式浇注系统。为了保证砂芯产生的气体能够及时、顺利地排出,同时保证充型

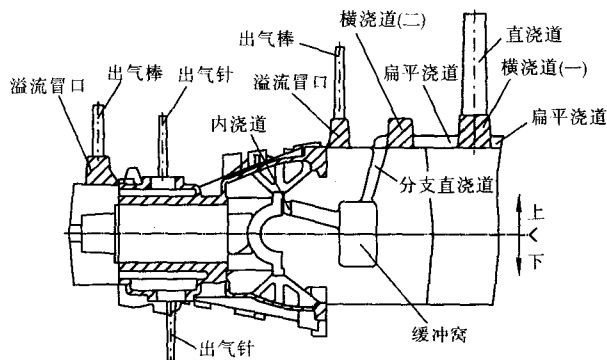


图3 浇注系统、溢流冒口结构图

Fig. 3 Structure of the gating system and overflow riser

平稳,避免卷气,又考虑该产品为合金铸铁,为确保铁液的充填能力,同时减短水套芯受高温烘烤的时间,避免水套芯变形,保证铸件壁厚均匀,防止产品渗漏,我们选定了中速充型的工艺方案。经过详细地计算,确定相应各单元的截面积为 $F_{直} > F_{阻} < F_{内} < F_{扁平} < F_{横(二)} < F_{横(一)}$,其截面比为: $\Sigma F_{直} : \Sigma F_{阻} : \Sigma F_{内} : \Sigma F_{扁平} : \Sigma F_{横(二)} : \Sigma F_{横(一)} = 1.5 : 1 : 1.3 : 1.8 : 2 : 2.2$,浇注时间设定为16~18 s。

3 结语

在1.5 L汽车发动机缸体的工艺设计中,采用卧浇、中注式浇注系统的工艺方案,只要采用合理的浇注系统,选定合适的工艺参数,采取有效的措施,一箱两件是可行的。通过实际生产验证,该工艺生产出的铸件铸造缺陷很少,铸造、机加合格率均达到了98.5%以上。同时,由于采用了一箱两件的工艺方案,使生产效率有了很大的提高。

参考文献:

- [1] 刘文川, 马全. 车用发动机气缸体类铸件的浇注工艺 [J]. 铸造技术, 2001 (6): 25-27.
- [2] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造工艺手册 (第二版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 魏兵, 等. 铸件均衡凝固技术及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

(编辑: 刘冬梅, ldm@foundryworld.com)