

汽车排气歧管浇注系统各结构尺寸的研究应用

■ 靳宝, 袁彬, 王姗姗, 吕归化

摘要: 结合实际生产经验, 详细描述了汽车排气歧管(球墨铸铁薄壁小件)浇注系统设计的基本原理, 以及运用均衡凝固技术解决生产中一些实际问题的办法。

关键词: 排气歧管; 浇注系统; 均衡凝固; 补缩

汽车用球墨铸铁排气歧管是发动机上的重要零部件, 由于工作环境恶劣(常受极冷极热冲击), 对铸件的质量要求特别严格, 加之排气歧管的自身结构特点(属薄壁小件), 管身壁厚为3~5mm, 冷却速度快, 在生产中极易出现冷隔及浇不足现象。法兰处壁厚为15~25mm, 管身分布着许多孤立的搭子, 每个搭子都是一处孤立热节, 如图1所示。

生产中在每个孤立热节以及管壁与法兰的连接过渡处经常出现缩松及吸凹缺陷。另外, 铁液经镁铈球化剂处理后呈糊状凝固, 收缩倾向更大, 因此排气歧管的铸造难度较大。笔者根据多年生产经验, 总结了排气歧管浇注工艺的设计方法, 以供参考。

一、确定浇注系统各单元截面积

1. 阻流截面的确定

用阻流截面设计法计算浇注系统中最小的阻流截面, 再利用浇注

系统各截面与阻流截面的比值来确定各截面面积^[1]。根据我公司的实际情况(生产薄壁小件多), 实际阻流截面与理论阻流截面有一定的差距; 必须作一修正。

如我公司生产的一种四缸小件(见图2), 铸件重为3.7kg, 每箱一件, 浇注总重量为8.9kg, 中间分型, 根据公式计算的阻流截面积为 1.59cm^2 , 我们按照此计算结果来进行工艺设计(见图3), 阻流截面设在下箱往上箱“翻火”处, 浇注后铸件全部冷隔报废, 原因是阻流截面太小。从图4中可以看出铸件满身发亮, 且有明显的冷隔纹。

2. 整改措施

把阻流截面加大到 3cm^2 , 图3中上下箱翻火的搭接位置加大。浇注后有效地解决了冷隔问题, 如图5所示。用公式计算的理论数据与实际生产中所用数据有一定差距, 见表1。

表1中, A_1 为实际阻流截面, A_2 为理论阻流截面。



图1 常见排气歧管的形状



图2



图3



图4



图5

另外还有以下两种情况：

(1) 相同的浇注重量和浇注方式下，四缸排气歧管和六缸排气歧管的阻流截面是不一样的，六缸排气歧管由于铁液流长， $A_1 = (1.4 \sim 1.6) A_2$ ，四缸排气歧管由于流线短， $A_1 = (1.2 \sim 1.4) A_2$ 。

(2) 在相同的浇注重量和浇注方式下，使用“L”形和“T”形浇注系统，阻流截面积是不同的，“L”形浇注系统阻流截面积应大一些（流线较长），“T”形浇注系统的阻流截面积应小一些，但都要遵循表1中关系。

当阻流截面确定以后，应根据铸件结构，每模件数及模具种类等因素来确定使用几单元浇注系统。根据笔者经验，排气歧管铸件一般使用四单元浇注系统比较稳妥。如图6所示。

也即： $A_{直} \xrightarrow{封闭} A_{搭接} \xrightarrow{开放} A_{横} \xrightarrow{封闭} A_{阻}$
 $\xrightarrow{开放} A_{冒口颈}$

$A_{直} \xrightarrow{封闭} A_{搭接}$ ：通过上下箱横浇道搭接处的封闭，可以使直浇道在浇注过程中始终处于充满状态，有利于铁液中的杂质和夹渣上浮到浇口杯中，另外还可以在直浇道窝处放置过滤网，称为第一次挡渣。

$A_{搭接} \xrightarrow{开放} A_{横}$ ：由于横浇道截面积加大，铁液经搭接处流到横浇道后，在横浇道中趋于层流，流速降低，防止了高速铁液的卷气以及产生二次夹渣现象，保证了铁液质量（此处要明白 $A_{搭接} > A_{阻}$ ，以便使横浇道能够快速充满，横浇道要做成高且窄的梯形，一般高宽比为2~3即可，且在上面挖挡渣凹槽）。

$A_{横} \xrightarrow{封闭} A_{阻}$ ：铁液经阻流截面的阻挡，流速降低，有利于夹杂物的上浮，使横浇道成为集渣、浆的主要场所。

$A_{阻} \xrightarrow{开放} A_{冒口颈}$ ：由于阻流截面面积小，铁液从横浇道流出时能够快速充满冒口，以保证冒口中铁液温度。冒口颈的截面积要大于阻流截面，形状要根据所对铸件的位置以及整个铸件的凝固顺序来决定。若整个铸件的温度场是顺序凝固，且冒口颈直对在热节位置，则冒口颈要做成厚而高的梯形，以便于冒口颈晚于铸件的热节部位凝固，起到很好的补缩作用，若铸件的温度场是呈均衡凝固^[2]的状态，则冒口颈要放在避开热节又要靠近热节的位置，且形状要做成短、薄、宽的长方形，以便冒口颈能够在铸件石墨化膨胀开始时及时凝固，铸件可

利用石墨化膨胀实现自补缩。

二 合理的补缩

由于排气歧管的自身结构特点，补缩就显得特别重要，目前我们主要从以下两个方面来做。

1. 采用底注式浇注系统

利用均衡凝固原理基本实现无冒口铸造，如图7所示。

此工艺的控制要点如下：

(1) 底注式，可以使铁液平稳上升，铸件的温度场趋于均匀，铸件充分利用自补缩，管身孤立热节处并没有出现缩松缺



图6 四单元浇注系统示意



图7 管身各处均没有加冒口补缩

表1 实际阻流截面与理论阻流截面的关系

浇注方式	浇注总重量	每模件数	A_1 与 A_2	备注
底注式	—	—	$A_1 = (1.3 \sim 1.5) A_2$	由于铁液进入铸型后就开始爬升，阻力较大，极易出现冷隔及浇不足缺陷
	10 kg以下	1件	$A_1 = (1.6 \sim 2) A_2$	由于重量小，冷却速度快，需加大铁液充型速度
	15 kg以下	—	$A_1 = (1.1 \sim 1.3) A_2$	
	20 kg以下	2~4件，且每件重量在3~5kg	每个铸件的阻流截面积为150~180mm ²	由于铸件小且壁厚，此时 $A_{理论}$ 偏小，应根据铸件的数量来确定截面积
中注/顶注	30~50kg	—	$A_1 = A_2$	此种情况在小件生产中较为少见

陷，如图8所示。另外，底注阻力大，可以有效解决夹渣、进浆问题。

(2) 冒口颈要“宽、薄、短”，薄到既能顺利地充型又要浇注完后迅速凝固，这样既能防止大量凝固时石墨析出膨胀引起的铁液回流，又便于清除浇口，如图9所示。

(3) 砂型硬度必须满足 ≥ 85 ，浇注温度控制在 $1400 \sim 1470^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 要求较高的碳当量，以满足石墨化膨胀产生的自补缩作用。一般选 $4.55\% \sim 4.70\%$ ，一般球墨铸铁的化学成分见表2。

2. 对于孤立热节的补缩

以前对于孤立热节我们采用冒口直对热节的方法来解决缩松问题，这就要求冒口晚于铸件凝固，体积巨大，铸件出品率很低。浇注温度稍低时就在冒口颈处出现缩松，且冒口颈直对铸件位置的石墨形态特别差。后我们改变工艺，把冒口颈从热节处移开，放在靠近热节又避开热节的部位，如图10所示。

冒口的体积减少了 $1/3$ ，同时提高了铸件出品率。由于冒口颈又薄又宽，能够及时凝固。特别要强调，冒口颈必须短，才能在液态收缩时起到补缩作用，这样冒口颈所对铸件位置的石墨形态也比以前好了许多，热节部位组织致密，球化良好，又消除了显微缩松，如图11、图12所示。

表2 一般球铁的化学成分（质量分数） (%)

C	Si	Mn	P	S	Mg	Fe
3.55~3.65	2.75~2.9	0.15~0.18	0.035~0.05	<0.02	0.03~0.05	余量



图 8

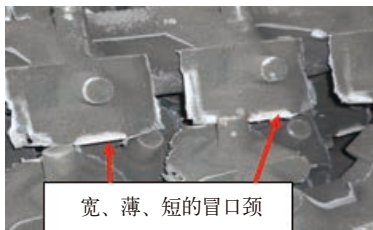


图 9



图 10

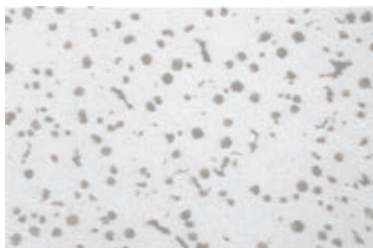


图11 冒口直对热节（球化4级 ×100）

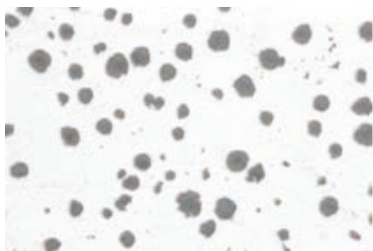


图12 冒口避开热节（球化2级 ×100）

三、总结

根据生产经验，在排气歧管类球墨铸铁薄壁小件铸造工艺设计时要遵循以下几点：

(1) 在模具型板位置允许的情况下，尽量采用四单元浇注系统。

(2) 多采用底注及中注式浇注系统，一般不采用顶注式浇注系统。

(3) 浇注系统必须能够大流量输送铁液，且具有较好的挡渣避浆作用。

(4) 浇注系统具有较好的补缩能力，多采用均衡凝固技术来解决孤立热节的缩松问题。

(5) 铁液要有高的碳当量，一般在 $4.55\% \sim 4.70\%$ 。

参考文献

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册，第5卷，铸造工艺[M]. 2版.北京：机械工业出版社，2003：212-216.
- [2] 魏兵，袁森，张卫华. 铸件均衡凝固技术及其应用[M]. 北京：机械工业出版社，1998.

作者简介：靳宝、袁彬、王姗姗、吕归化，西峡县内燃机进排气管有限责任公司。

MW 20170618