● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.11.014

随形金属托模覆膜砂壳型工艺生产汽车发动机缸盖的探索

朱爱军[1],王彩余[1],韩 非[2]
(1. 扬州广润机械有限公司,江苏 扬州 225000;2. 西安理工大学 材料科学与工程学院,陕西 西安 710048)

摘 要:针对湿型砂铸造工艺在生产高质量的汽车零部件上存在铸件稳定性差、尺寸精度低的弊端,提出了随形金属托模覆膜砂壳型铸造的工艺,该工艺不仅可满足生产高质量铸件的要求,还可降低成本、减少污染。同时,通过结合采用该工艺成功生产出高质量、高成品率(96%~98%)的德国曼汽车发动机缸盖的案例,进一步验证了该工艺在汽车零部件的制备领域上的潜在优势。

关键词:湿型砂铸造;随形金属托模覆膜砂壳型;水平分型;垂直分型
中图分类号:TG242 文献标识码:A 文章编号:1000-8365(2019)11-1191-03

Exploration of Production Automobile Engine Cylinder Head by Follow-shape Metal Die Coated Sand Shell Process

ZHU Aijun[1], WANG Caiyu[1], HAN Fei[2]
(1.Yangzhou Guangrun Machinery Co., Ltd., Yangzhou 225000, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: In view of the disadvantages of the low stability and dimension accuracy of the green sand casting process in the production of high-quality automobile parts, a casting process of plastic sand shell with shaped metal support was proposed. The process can not only meet the requirements of producing high quality castings, but also reduce the cost and pollution. At the same time, through the combination of this process successfully produced high quality, high yield (96%~98%) of German MAN automobile engine head case. The potential advantages of this process in the field of auto parts preparation are further verified.

Key words: wet sand casting; follow-shape metal die coated sand shell process; horizontal parting; vertical parting

湿型砂铸造因其具备生产周期短、型砂可重复利用以及生产批量不受限制等优点,而被广泛应用于铸造领域。但随着科技的进步和制造业的发展,湿型砂铸造工艺的弊端也日趋显现,铸件质量稳定性差、尺寸精度不高,不能达到高质量的汽车零部件的生产要求。为此,研发人员提出在湿型砂型腔中配置覆膜砂壳型芯的工艺,以稳定铸件的表面质量和提高铸件的尺寸精度。由于此改进方案仍然使用湿型砂作为载体,亦属湿型砂铸造工艺范围,因而还必须投入相配套的砂处理和造型设备,使得投资成本大大提高且工作环境未能得到改善。近年,扬州广润机械有限公司结合湿型砂铸造工艺,针对高精度汽车配件生产存在的系列问题,研发了随形金属托模覆膜砂壳型铸造工艺[1],其主体是设计一套铸件覆膜砂壳型,同时再设计一套与该覆膜砂壳型相配套的金属随形托模覆膜砂壳型模具组件[2],这不仅防止了覆膜砂壳浇注成形时产生的热高温变形,便捷了浇注成形时气体的排出,降低了铸件的气孔缺陷,同时还减少了造型及砂处理的设备投入成本。

1 发动机缸盖原铸造工艺存在的问题

目前,生产发动机缸盖采用最多的是水平分型覆膜砂壳型潮模砂载体工艺。但该工艺不管是侧注、顶注还是底注,都会存在缸盖水套砂芯受热变形、断裂以及难排气的问题。就原有的发动机缸盖铸造工艺存在的具体问题总结有:①由于该系列产品砂芯厚薄壁差距大,且水套复杂排气较难,无论是冷芯还是热芯的水套砂芯强度均不能过高,但低强度水套芯则又存在变形断裂隐患。实践证明,在生产发动机缸盖时常存在试压渗漏的问题,其原因之一便是由水套芯变形断裂漂移所致;②砂芯处理好组装到位,

收稿日期:2019-07-02
作者简介:朱爱军(1963-),江苏盐城大丰人,工程师.主要从事铸造工艺技术方面的研究.
E-mail:15950322266@163.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

然后用潮模砂自动化水平线生产型腔，最后将组装好的成型砂芯放置于湿型砂型腔内进行浇注。生产发现，烘干处理好的砂芯内置于湿型砂型腔内，会出现不同程度的吸湿，这使得铸件极易产生气孔；③水平分型覆膜砂壳型潮模砂载体工艺可分为半壳工艺和全壳工艺两种。这两种工艺的水套排气均以侧排为主，但有部分水套砂芯的水平位置高于侧面芯头，形成排气死点，同时水套芯因局部结构太薄的问题而又无法预留排气通道，使得缸盖铸件形成排气死结。

2 发动机缸盖铸造新工艺的探索

发动机缸盖铸造水平分型的水套砂芯结构如图1。

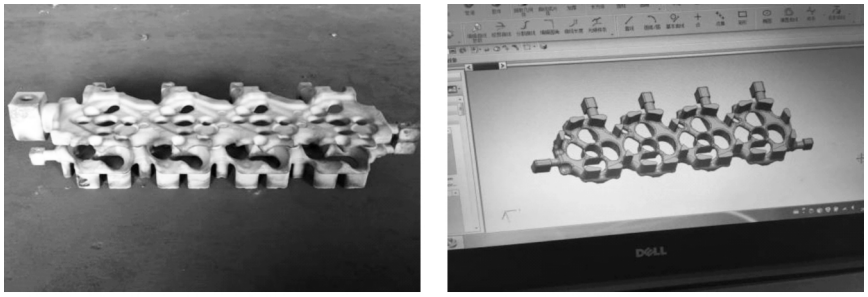
由图1看出，采用水平分型工艺时，在铁液进入型腔后，水套砂芯在铁液的高温作用下，树脂燃烧使其强度下降，且水套砂芯被铁液包裹时会产生较大的垂直于水平面向上的浮力（浮力等于砂芯体积乘以金属液密度），由于水套砂芯大平面垂直方向受力较大，而支撑砂芯的横向芯头直径较小，致使水套芯极易变形断裂。同时，由于水套芯整体被铁液包裹，浇注成形时砂芯主要依靠侧面芯头向外排气，而水套有部分砂芯的水平位置高于侧面芯头位置，导致存在排气死点。

针对原工艺存在的种种问题，研发人员利用随形托模覆膜砂壳型铸造工艺对发动机缸盖的分型面的设计提出了垂直分型的思路，其具体设计如图2。由图2看出，在铁液充型时水套砂芯所受的浮力平行于水套芯大平面向上，克服了缸盖水套砂芯大平面受力的现象，浮力对砂芯的破坏力很小，且型腔内气体和砂芯高温燃烧产生的气体均可从砂芯上芯头排出，大大降低了因排气不畅而导致的铸件气孔缺陷。其中，生产发动机缸盖用随形金属托模覆膜砂壳型铸造的模具组件包括铝质随形金属托模、覆膜砂壳型芯外皮模、水套芯模、进排气芯模及补砂块模。先将设有浇注系统的外皮芯内组入水套芯、进排气芯、补砂块芯中，尔后将覆膜砂壳型置于铝质随形金属托模中进行锁紧，以保证覆膜砂壳型在浇注的过程中不会因为高温铁液的冲击而变形开裂破碎。同时，为了提升壳型内的气体在浇注过程中的外排效率，铝质随形金属托模上也相应的预留了较多的排气孔，如图3。

综上理论分析可得，发动机缸盖的铸造工艺设计更宜选择垂直分型工艺。

3 应用实例

德国曼汽车发动机作为国内最先进发动机之一，其功率均大于其它同等级的发动机，因而该系列发动机的制备必须满足高精度、高质量的要求。扬州广润机械有限公司于2018年4月承接了中国重汽



(a)上下芯组合图　　(b)下芯结构图

图1 缸盖水套砂芯结构图

Fig.1 Structure diagram of water jacket sand core of cylinder head

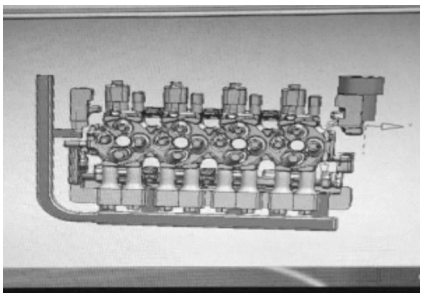


图2 缸盖垂直分型工艺设计模拟图

Fig.2 Simulation result of vertical parting process design for cylinder head

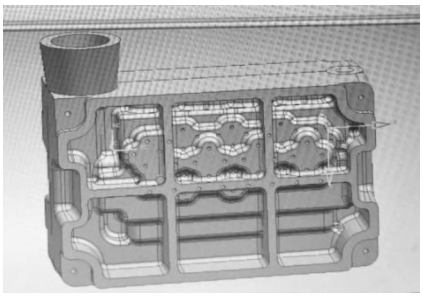


图3 铝质随形金属托模及排气通道

Fig.3 Aluminum follow-shape metal die coated sand shell process and exhaust channel

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

一款德国曼汽车发动机缸盖的项目，该公司采用随形金属托模覆膜砂壳型铸造工艺和随形金属托模技术，专制了铝质随形托模，并将组装好的覆膜砂壳型安置于专用铝质随形金属托模内进行锁紧，同时利用垂直分型工艺铸造出了德国曼发动机缸盖。其中，德国曼缸盖容量为 2.8 L，单重 43 kg，材质为加有铬钼铜锡的灰铸铁，由于覆膜砂壳型过冷度较大，故将出炉温度控制在 1 550 ℃，单箱浇注时间控制在 23~26 s，这样有利于气体的排除。且在浇注过程中，在随形金属托模排气系统处采用明火引气以形成腔内负压，为铸件消除气孔创造更好的条件。同时，为保证切削加工性能，采取两次孕育处理，即包内孕育处理和随流孕育处理。浇注结束后，等待 60 min 以上即可出箱。结合工艺验证和小批量试产，现将利用随形金属托模覆膜砂壳型工艺生产汽车发动机缸盖的优势总结如下：

(1)组芯方便，不存在造型砂污染。

(2)直接组芯浇注，不需要造型工序。

(3)节省了潮模砂砂处理设备和造型设备的投入。

(4)因没有受潮模砂污染，覆膜砂可由供应商直接回收，重复利用，降低成本，污染小。

(5)浇注充型底注顶排，排气顺畅，充型平稳。

(6)铸件成品率百只可达 98%以上。

(7) 材质为 HTCrMoCuSn-280 的合金铸件，在未采用壳型随形托模工艺时，该产品内部常存在缩松缺陷。现利用壳型随形托模冷却好的特点，同时结合浇注系统底注侧补工艺方案，效果显著，铸件多次解剖检查无隐性缩孔缩松缺陷，试压也并没有发现渗漏现象。铸件解剖图如图 4。

图 4 缸盖铸件解剖照片

Fig.4 Anatomical photo of cylinder head castings

4 结束语

采取自主发明的随形金属托模覆膜砂壳型铸造工艺，设计生产出的德国曼 2.8 L 发动机缸盖铸造模具和随形托模，得到了很好的质量验证。产品尺寸精度高，铸造成品率可达 96%~98%，消除了发动机缸盖试压渗漏的顽疾，极大地保证了缸盖功能面的力学性能，本体缸盖关键功能面解剖的试棒抗拉强度为 320 MPa，且切削性能良好。同时，合理的分型工艺克服了常规工艺缸盖主功能面成型过热的问题，保证了发动机功率的稳定性，提高了发动机的使用寿命。随形金属托模覆膜砂壳型铸造工艺在发动机缸盖制造上的成功应用，更进一步地说明了该工艺设计的合理性，可被广泛应用于发动机缸盖的生产之中，以期实现我国在发动机设备的制造领域上取得更大的突破。

参考文献：

[1] 朱爱军，王彩余，周国平. 一种随形金属托模覆膜砂壳型铸造工艺：中国，ZL 2017 1 0238699.9 [P]. 2017-04-13.

[2] 朱爱军，王彩余，周国平. 一种随形金属托模覆膜砂壳型铸造模具组件：中国，ZL 2017 1 0238698.4 [P]. 2017-04-13.

技术资料邮购

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

本书由西安理工大学魏兵教授编著。共8章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书320页。

特快专递邮购价：226元。

邮购咨询：李巧凤　　电话/传真：029-83222071　　技术咨询：13609155628

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net