● 生产技术 Production Technology ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.11.011

4H 缸体水套内腔烧结粘砂缺陷分析及对策

刘军晖[1],温洪洪[1],陈世斌[2],张世伟[2]

(1. 一拖(洛阳)铸锻有限公司,河南 洛阳 471000;2. 河南伟业新材料有限公司,河南 平顶山 467000)

摘 要:公司生产的 4H 干式缸套缸体,水套内腔烧结粘砂问题一直得不到很好的解决。采用局部预浸涂加整体浸涂、烘干后局部人工补刷涂料的 3 次施涂工艺,改进效果依然不理想。采用 M590A 涂料对水套芯进行一次浸涂,取消了预浸涂及烘干后人工补刷涂料的复杂工序,成功解决了 4H 缸体水套内腔烧结缺陷,提高了生产效率、降低了生产成本、降低了铸件废品率。

关键词:干式缸套缸体;水套芯;烧结;预浸涂;补刷涂;M590A 涂料

中图分类号:TG245 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2020)11-1050-04

Analysis and Countermeasures of Sand Sintering Defects in Water Jacket Cavity of 4H Cylinder Block

LIU Junhui[1], WEN Honghong[1], CHEN Shibin[2], ZHANG Shiwei[2]

(1. YTo (Luoyang) Casting & Forging Co., Ltd., Luoyang 471000, China; 2. Henan Weiye New Materials Co., Ltd., Pingdingshan 467000, China)

Abstract: The problem of sintering the inner cavity of the 4H dry cylinder liner produced by the company had not been well solved. The improvement effect was still not ideal after three times application of partial pre-dip-coating plus integral dip-coating and partial manual rebrush coating after drying. The results show that M590A coating is used to presoak the water jacket core, and the complicated process of pre-dip-coating and manual paint brushing after drying is eliminated, and the defect of sintering of 4H cylinder block inner cavity is successfully solved, which improves the production efficiency, reduces the production cost and reduces the casting rejection rate.

Key words: Dry sand block; water jacket core; sintering sand defect; pre-dipping; repairing brushing; M590A coating

随着汽车发动机综合性能不断提升的要求,对影响发动机缸体、缸盖内腔油水气通畅性的清洁度也提出了较高的要求[1]。作为主体框架的汽缸体,采用干式缸套技术逐步取代了镶缸套的湿式汽缸体。这无疑加大了汽缸体的铸造难度,对工艺技术水平提出了更高的要求。由于冷却活塞缸体的水腔结构复杂,腔体狭窄,与之对应的水套砂芯就结构复杂,壁厚薄且变化大,水套内腔烧结粘砂(以下简称烧结)问题就是首要解决的难点之一。

本文主要针对 4H 缸体水套内腔烧结问题 (另在水套中间缸根部存在一定比例的粘砂缺陷),简要回顾常见的工艺改进措施及存在问题,重点介绍 M590A 涂料对水套内腔烧结缺陷的改进方案及改进效果。

1 问题描述

干式缸套 4H 缸体(图 1)适配于四缸柴油发动机,水套芯采用覆膜砂制芯,其形状结构复杂、壁厚悬殊大(图 2),最大壁厚 30 mm,最小壁厚仅 3.2 mm。水套内腔烧结粘砂(堵实)缺陷是 4H 缸体自量产以来最为突出的质量问题, 烧结缺陷位于水套内腔第一缸最狭窄部位,呈深灰色硬块状,与水套内腔壁粘附牢固(图 3)。由于烧结块严重堵实水套内腔通道,无法清铲导致铸件报废,废品比例 2.0%~5.0%(烧结废品率平均 3.6%)。烧结缺陷长期得不

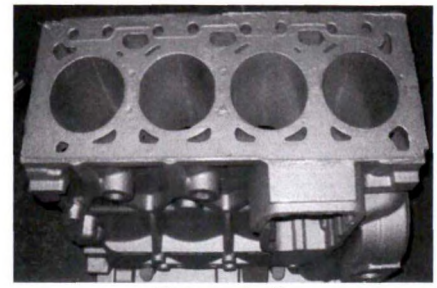


图 1 4H 缸体

Fig.1 4H Cylinder block

收稿日期:2020-09-18

作者简介:刘军晖(1984-),河南洛阳人,工程师.主要从事铸造工艺技术和铸造新型材料研究方面的工作,E-mail:liujunhui163.1@163.com

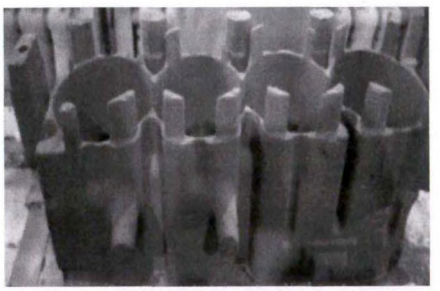


图 2 4H 缸体水套芯
Fig.2 Water jacket core of 4H cylinder block

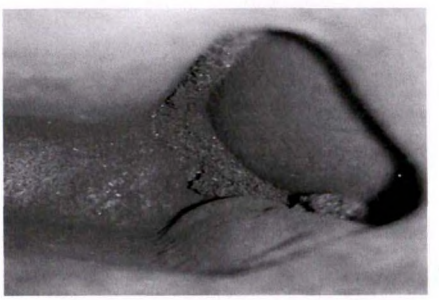


图 3 水套内腔第一缸烧结缺陷
Fig.3 Sintering defect of water jacket cavity in the first cylinder

到有效的解决，造成 4H 缸体废品率居高不下，先后采取了下措施：

(1)加大浇注系统的阻流截面积，提高充型速度，缩短铁液对砂芯的冲刷时间。

(2)降低浇注温度 20 ℃，减少充型过程中水套芯狭窄部位的受热程度。

(3)硅砂的散热性差，蓄热系数低，导致铸件凝固和冷却较慢，砂芯过热时间长，脉纹、粘砂、烧结倾向大，而特种砂具有较高的耐火度、良好的导热性、热膨胀小等优点。将水套芯覆膜砂调整为 100%的宝珠砂，提高水套砂芯表面的耐热性能。

(4)试验多款水基涂料，并提高涂料的波美度，以提高水套砂芯表面的致密性和耐火度。

采取以上措施后，缸体内腔第一缸烧结缺陷无根本的改善，其中降低浇注温度导致了气孔缺陷的产生，覆膜砂改用 100%宝珠砂后反而加剧了烧结倾向(试验件烧结比例达到 15%)。对施涂工艺进行调整：先对水套砂芯烧结部位(第一缸)进行预浸涂、烘干(图 4)；然后对水套砂芯进行整体浸涂、烘干；烘干后对水套砂芯烧结部位(第一缸)进行人工补刷醇基涂料(图 5)。采用 3 次施涂工艺后，水套内腔烧结缺陷得到了一定的改善（烧结废品率平均为 1.5%)，批次之间的波动有所降低，但铸件清理后，发现在人工补刷涂料部位存在浅黄色的涂料皮残余，增加了铸件的清理工作量。经综合分析，在水套内腔烧结缺陷彻底解决之前，采取三次施涂的工艺进行生产。

资料介绍[2,3]：影响砂芯烧结的因素很多，但最



图 4 第一缸砂芯预渗涂
Fig.4 Pre-dipping for the first cylinder water jacket core

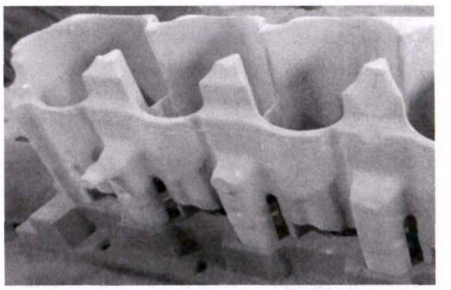


图 5 水套芯第二次整体浸涂
Fig.5 Second overall dip coating of water jacket core

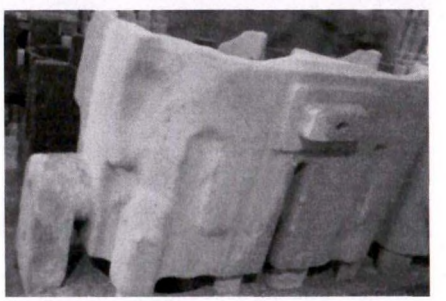


图 6 水套芯第一缸人工补刷涂料
Fig.6 Manual brush coating of water jacket core of first cylinder

终要减弱或消除铁液对砂芯的侵蚀能力，铸造涂料中耐火粉料是涂料的基础，它借助悬浮剂在涂料内悬浮，并被均匀地涂敷于铸型(芯)的工作表面上，载液挥发后，黏结剂使粉料干结成致密涂层，保护了砂芯表面。液态金属进入型腔后，正常情况下金属—铸型界面上的涂料层快速烧结形成致密的烧结隔离层，起到对砂芯的隔离保护作用。

根据涂料的作用机理，分析认为：合理选择砂芯涂料是解决铸件内腔烧结缺陷的关键。

2 M590A 涂料试验过程及结果

资料介绍[4]：M590A 涂料原产地为意大利，外观呈深红色(图 7)，在 1 400 ℃左右的高温铁液热作用下，涂料能够很好的熔融烧结，烧结层对砂芯起到很好的保温隔离作用，该涂料兼具良好的抗粘砂性能和防烧结性能，并在改善铸件内腔清洁度方面取得了成功的应用。

2.1 M590A 涂料性能检测

对 M590A 涂料的渗透性、发气量、常温强度及

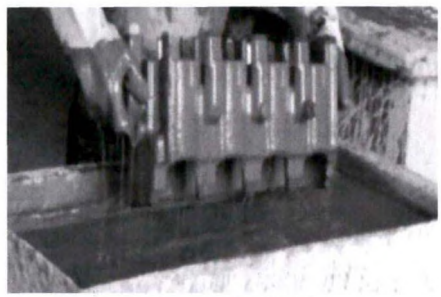


图 7 M590A 涂料
Fig.7 M590A coating

高温强度分别进行测试，测得涂料渗透深度为1.0~1.5 mm(图 8)；测得最大发气量小于 28.93 mL，最大发气时间在 35~45 s(图 9)；采用抓搔四级判定法测得常温强度为 1~2 级；采用抗热爆裂四级判定法测得高温强度为 1 级(图 10)。体现了 M590A 涂料具有良好的常温强度和高温强度，以及合理的发气量及涂层渗透深度。

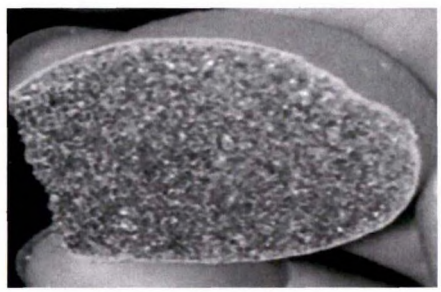


图 8 涂层渗透深度测试
Fig.8 Coating penetration depth test

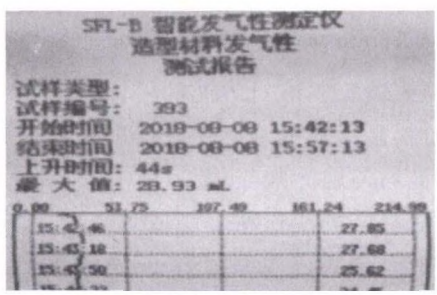


图 9 涂料发气量测试
Fig.9 Coating gas emission test

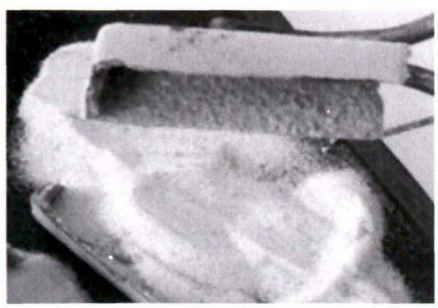


图 10 涂料高温强度测试
Fig.10 Coating high temperature strength test

2.2 M590A 涂料试验过程

(1)对原涂料预搅拌 15 min，加水调配波美度至 38±1°Bé，稀释搅拌后涂料液表面洁净、无泡沫及其它杂质(图 7)。

(2)取正常生产的 4H 水套砂芯，修芯后，直接整体浸涂 M590A 涂料（取消第一缸预浸涂工序），浸涂后湿态涂层厚度为 0.25~0.30 mm，未发现涂挂不良、涂料堆积及涂料破水等问题(图 11)。

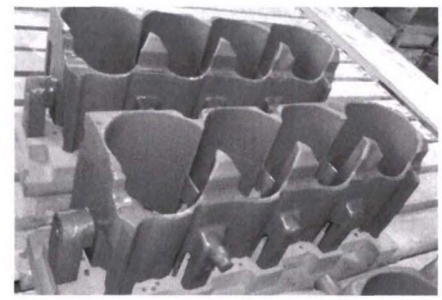


图 11 M590A 涂料浸涂后
Fig.11 M590A coating after dipping

(3)采用通过式烘干炉烘干，烘干温度150~180℃，烘干时间 55~75 min，烘干后砂芯表面光洁致密，无涂料气泡、涂料开裂及涂层脱落等不良问题(图 12)。



图 12 M590A 涂料烘干后
Fig.12 M590A coating after drying

(4)水套砂芯经过一次整体浸涂、烘干后，取消砂芯烧结部位(第一缸)人工补刷醇基涂料工序，砂芯转运至造型车间，等待组芯、下芯和浇注。

2.3 M590A 涂料试验结果

按上面工艺小批量和中批量各试验 20 台和 100 台，清理检查后未发现水套内腔第一缸存在烧结堵实情况(图 13)，试验件烧结废品率为 0%；大批量试验 800 件，以确认 M590A 涂料对水套内腔烧结缺陷改进效果的可靠性，铸件清理检查后水套内腔也未发现烧结缺陷(废品率为 0%)。试验件外观质量良好，水套内腔未发现粘砂缺陷、残留的涂料色及涂料皮等不良问题。

3 试验结果对比分析

对工序过程和铸件质量进行综合对比，使用 M590A 涂料与原正常生产工艺相比可以看出：使用 M590A 涂料可以有效的简化工艺过程(减少了第一缸的预浸涂工序和烘干后的人工补刷涂料工序)，提高了生产效率，降低了烧结废品率(表 1)。基于本次



图 13 改进后铸件质量(水套第一缸内腔无烧结)

Fig.13 Improved casting quality (no sintering defect in water jacket cavity of the first cylinder)

表 1 M590A 涂料与原生产工艺的工序过程及烧结废品率对比

Tab.1 Comparison of process technology and casting results between M590A coating and original normal production state

	预浸涂		整体浸涂		补刷涂		单件水套内腔	烧结废品率
	涂料种类	单件工时 /s	涂料种类	单件工时 /s	涂料种类	单件工时 /s	清理工时 /s	(%)
原工艺	水基涂料 A	35	水基涂料 B	45	醇基涂料 C	60	105	1.5
改进工艺	无	0	M590A 涂料	45	无	0	50	0

改进案例，结合公司生产的其它产品(缸体、缸盖)存在的内腔粘砂及涂料皮等清洁度问题，已拟定水平展开 M590A 涂料的试验方案。

4 结论

(1)通过降低浇注温度、调整覆膜砂配方及多次施涂的工艺方案，不能根本上解决缸体铸件水套内腔的烧结堵实缺陷，或存在其它伴生的质量风险(气孔增加、烧结恶化及涂料皮残余)。

(2)不同的涂料由于骨料、黏结剂、添加物的不同，其抗粘砂和防烧结的作用大相径庭，合理选择砂芯涂料是解决铸件内腔烧结缺陷的关键。

(3)M590A 涂料有效解决了 4H 干式缸套汽缸体水套内腔烧结问题，提高了生产效率、降低了人工成本、降低了铸件废品率。

参考文献：

[1] 谢同轮，赵宇光，李梦楠. 重载汽车蠕墨铸铁制动鼓的失效分析[J]. 现代铸铁，2017(2)：53-57.

[2] 胡仁根，万修根. 铸铁缸体水套油道用覆膜砂与涂料的匹配研究[J]. 现代铸铁，2019(2)：34-37.

[3] 中国机械工程学会铸造分会 .铸造手册造型材料 4[M]. 北京：机械工业出版社，2011.

[4] 陈世斌，张鑫，张世伟. 冷芯改性剂与 M590 涂料在缸体缸盖上的应用[J]. 现代铸铁，2019(1)：29-34.

新书邮购

《消失模铸造工艺学》

《消失模铸造工艺学》由化学工业出版社2019年5月20日出版发行。（书号：ISBN978-7-122-34175-4）

《消失模铸造工艺学》作者刘立中，历经三十多年现场实践经验的总结和理论的升华。全书总结136个案例，选用1718帧彩色照片，撰写583千字创造性的提出了消失模铸造“三场理论”，详细解读在“流场、热场、负压场”理论指导下的“消失模铸造浇注系统设计原则”，提出了“借用型腔做浇道，极致简化浇注系统”新的理念，在国内外均属首创。奠定了消失模铸造的理论基础，提出了消失模铸造研究与发展的方向。

定价：498元

邮购咨询：李巧凤　　电话/传真：029-83222071　　微信：13991824906