DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.09.015

系列柴油发动机缸体共线生产技术研究

黄　鹏[1],邱　代[2],杨　刚[2],鲁晨光[1],陈光金[1]
(1.四川省宜宾普什铸造有限公司,四川 宜宾 644000;2.四川大学 机械工程学院,四川 成都 610065)

摘　要:通过对不同系列的柴油发动机缸体结构和材质特性的共性分析,结合整铸工艺设计原理和共线生产技术难点,对3个系列的3种典型缸体进行共性化设计和个性优化设计,最终完成3个系列8种缸体的共线规模化生产。

关键词:系列柴油发动机缸体;共线生产技术;规模化生产

中图分类号:TG248　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)09-0805-04

Research on Collinear Production Technology of Series Diesel Engine Cylinder Blocks

HUANG Peng[1], QIU Dai[2], YANG Gang[2], LU Chenguang[1], CHEN Guangjin[1]
(1. Sichuan Yibin Push Casting Co., Ltd., Yibin 644000, China; 2. School of Mechanical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Based on the common analysis of the structure and material characteristics of different series of diesel engine cylinder blocks, combined with the principle of integral casting process design and the technical difficulties of collinear production, the common design and individual optimization design of three kinds of typical cylinder blocks in three series were carried out, and finally the collinear large-scale production of eight kinds of cylinder blocks in three series was completed.

Key words: series diesel engine cylinder block; collinear production technology; large-scale production

作为大型运输工具的主要动力设备,柴油发动机具备经济性好、污染物排放种类少、动力性能优异等特点[1-3]。而柴油发动机缸体是柴油发动机的核心部件之一,其生产质量直接影响柴油发动机的使用寿命和性能。

对于不同系列柴油发动机缸体的铸造生产,通常都采用一个产品一条生产线的形式。但这种生产模式不仅对生产技术的升级和生产设备的管理造成困难,而且不符合企业追求经济效益最大化的发展需求。对于系列间柴油发动机缸体的整铸生产技术,存在为数不多的研究[4-6],但对于不同系列间柴油发动机缸体的共线生产技术,基本没有报道。

收稿日期:2021-05-16
基金项目:宜宾市科技计划项目(21KJJH0039)
作者简介:黄　鹏(1987—),四川泸州人,硕士,工程师.主要从事铸造工艺方面的工作.电话:15196964924,Email:huangtiefei@126.com
通讯作者:邱　代(1993—),四川南充人,硕士研究生.研究方向:先进设备制造技术.电话:15729601036,Email:1107702294@qq.com

1　典型缸体及其特征分析

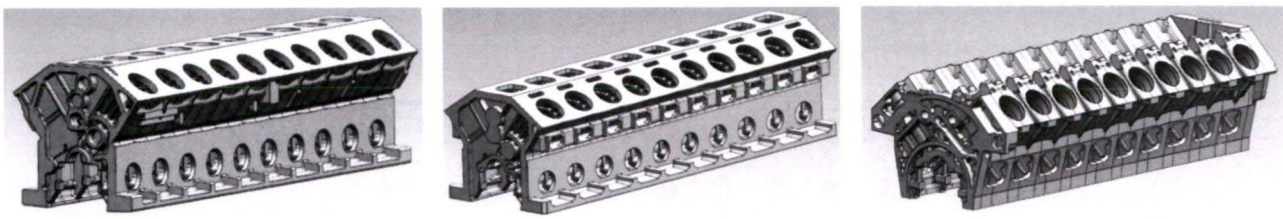
1.1　3种典型缸体

3个系列的V型柴油发动机缸体,主要包括:GE3系(GE312缸体、GE316缸体、GE320缸体)、GE4系(GE412缸体、GE416缸体、GE420缸体)和M系(M3016缸体、M3020缸体)共计8种缸体。

基于各系列缸体的铸造难点主要以缸筒数量变化而产生的体积、重量变化而不同,分别取各系列中气缸筒数量最多、缸体体积和重量最大,也即铸造难度最大的典型缸体进行分析和研究。如图1所示,具体选取GE3系320缸体、GE4系420缸体和M系3020缸体共3种缸体作为3个系列柴油发动机缸体进行分析研究。

1.2　结构特征

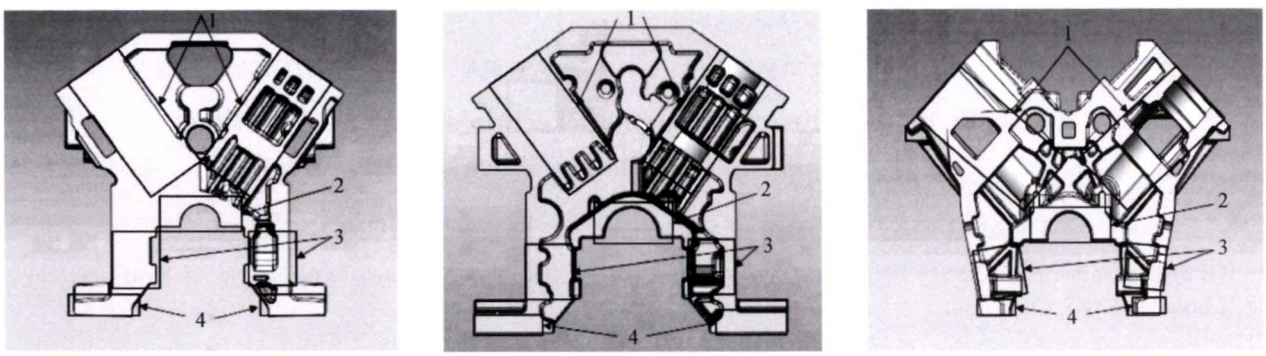
根据柴油发动机缸体各部位的功能不同,将缸体分为若干功能单元,即与活塞配合的缸筒单元、与曲轴配合的轴瓦单元、与飞轮配合进行功率输出的飞轮端单元、为气缸筒活塞燃烧提供氧气和废气排出的空气腔单元、负责调控发动机缸体使用时为缸体降温的水道单元和负责各部分配合润滑油供给主油道和副油道单元、缸体主体安装定位的地脚板单元和轴向定位的自由端单元。其中,以图2中序号1(缸



(a)GE320缸体　(b)GE420缸体　(c)M3020缸体

图 1 3 种典型缸体的三维建模图

Fig.1 Schematic diagram of three-dimensional modeling of three typical cylinders blocks



(a)GE320缸体主体截面　(b)GE420缸体主体截面　(c)M3020缸体主体截面

图 2 3 个典型缸体的主体结构示意图

Fig.2 Schematic main structure diagram of the three typical cylinder blocks

筒单元)、序号 2(轴瓦单元)、序号 3(龙门壁单元)和序号 4(地脚板单元)在整个缸体中体积占比最大。

由于铸造中的温度场、热节形成条件以及凝固顺序等均与铸件壁厚有直接关系[7],因此采用模数法对铸件壁厚进行量化分析。通过对 3 种典型缸体的结构单元及其临近单元交接处的模数计算,得出表 1 的模数计算结果。

表1 3种缸体典型单元及其临近交接处模数 /cm

Tab.1 Typical units and their modulus of adjacent junctions for the three cylinder blocks

单元名称	GE320 缸体	GE420 缸体	M3020 缸体
气缸筒单元	0.8	0.8	1.0
气缸筒与空气腔交接	1.5	1.5	1.8
气缸筒与自由端交接	1.2	1.2	1.4
空气腔单元	0.6	0.6	0.9
空气腔与自由端端面交接	1.6	1.6	2.1
地脚板单元	0.7	0.7	0.4
地脚板与龙门壁交接	1.4	1.4	0.9
轴瓦单元	0.9	0.9	1.1
龙门梁与龙门壁交接	1.9	1.9	2.3

3 种典型缸筒在各结构单元与其临近单元交接处的模数差距均较大,且大多都在 2 倍左右,且在 3 种柴油发动机缸体上均呈现出该种规律。从数值上看,M3020 缸体的各关键部位与其临近壁的模数均比其他两种缸体稍大,因此在铸造工艺设计中应注意其温度场,并进行的补缩设计。

1.3 材质特征

3 种缸体的材质要求分别为:GE320 缸体采用灰铸铁(牌号为 HT250),GE420 缸体采用球墨铸铁(牌号为 QT400-18),M3020 缸体采用球墨铸铁 (牌号为 QT500-7)。

灰铸铁与球墨铸铁均存在共晶转变,即均有奥氏体与石墨形成的共晶体。虽然由于其形成顺序(或凝固顺序)不同,导致形成方式有所不同。但在良好的孕育和球化处理下,均具备一定的“自补缩能力”[8]。

3 种典型缸体的主要尺寸参数和重量如表 2 所示。可见 3 种典型缸体体积、重量和壁厚差均较大,具备大体积、大质量的复杂铸件的共性特征。

表 2 3 种典型缸体的主要尺寸参数和重量

Tab.2 Main dimensional parameters and weight of the three typical cylinder blocks

参数名称	GE320 缸体	GE420 缸体	M3020 缸体
外观尺寸/mm (长×宽×高)	2 374×692×675	2 374×713×685	3 644×1 023×749
铸件重量/kg	1 672	1 957	2 582
浇注重量/kg	2 550	2 700	3 200
平均壁厚/mm	14.72	14.52	17.08
最小壁厚/mm	8	10	10
最大壁厚/mm	78	77	82

2 铸造工艺设计与模拟分析

2.1 铸造技术难点

(1)铸造技术难点　发动机缸体铸造技术可归纳为两次物态转变的控制技术,即金属原料熔化成铁液的第一次物态转变控制和铁液充型后的凝固成坯件的第二次物态转变控制[9]。要获取良好的铸

件质量，不仅需要对第一次物态转变中的熔炼过程重要参数进行控制，而且需要对第二次物态转变中的充型过程和凝固过程进行控制，即需要对两次物态转变中的三个过程进行控制。

(2)共线生产技术难点　共线生产技术难点主要包括以下两点：一是各工序中涉及到各个缸体具体的工艺工序的兼容性，如造型和芯型划分、熔炼工艺设计、浇注和补缩工艺设计等；二是在共线生产的生产线建设和生产过程中要充分考虑企业现有场地和设备的使用。

(3)设计思路　以3种V型系列典型发动机缸体的结构特征为基础、性能和微观组织要求为核心，进行共性设计和个性优化的铸造工艺设计，结合实际生产的质量检测结果和缺陷控制方法，指导3个V型系列缸体共线生产关键技术的研究与设计。铸造工艺共线设计依据与理念，具体如表3所示。

2.2　铸造工艺设计

基于3种典型缸体的特征分析，结合铸造工艺设计原理与本文设计思路，最终设计出3种典型缸体的浇注系统、补缩系统。3种典型缸体的铸造工艺设计三维图，如图3所示。

3　不同系列缸体的共线规模化生产

3.1　造型制芯、组芯合箱的共线生产

造型制芯、组芯合箱的共线生产主要包含以下几个方面：

(1)型砂原料及参数调控的共线生产。型砂均采用呋喃树脂砂，且在型砂强度、酸度等参数设置与控制方面保持一致。

(2)生产设备的共线使用。型砂制备和造型制芯过程中所采用的设备，均为混砂机和制芯机。

(3)组芯合箱工艺的共性化。基于本文中对3个系列V型柴油发动机典型缸体结构的单元划分，而进行共性特性下的型芯划分，具有型芯类别相近、组合结构相近、组装配合方法相近的特点，并都采用由主到次、由里及外的顺序进行组芯合箱。

(4)涂刷工艺的共线化。3个系列V型柴油发动机缸体砂型涂料均采用福士科800醇基涂料，且分两次涂刷，波美度要求分别在60°Bé、40°Bé左右。在涂刷之后，均对砂型(砂芯)进行烘干处理，且均采用三段式烘干(即第一段130 ℃，第二段170 ℃，第三段130 ℃)。

3.2　熔炼浇注过程和落砂处理的共线生产

(1)熔炼浇注线共线　基于企业现具备的两台中频感应电炉，分别为10 T和20 T熔炼量。在实际共线生产中，可依据3个系列缸体的不同生产批量进行熔炼，可以满足要求。

(2)落砂处理共线　基于企业现具备的落砂设备，本文中涉及的3个系列柴油发动机缸体均可采用该落砂机进行落砂清理。

3.3　规模化生产

实际生产的GE320缸体、GE420缸体、M3020缸体、GE312缸体和GE416缸体见图4。此外，3个系列的柴油机发动机缸体在实际生产中的工艺出品率均超过80%，加工后成品率均达到95%以上。

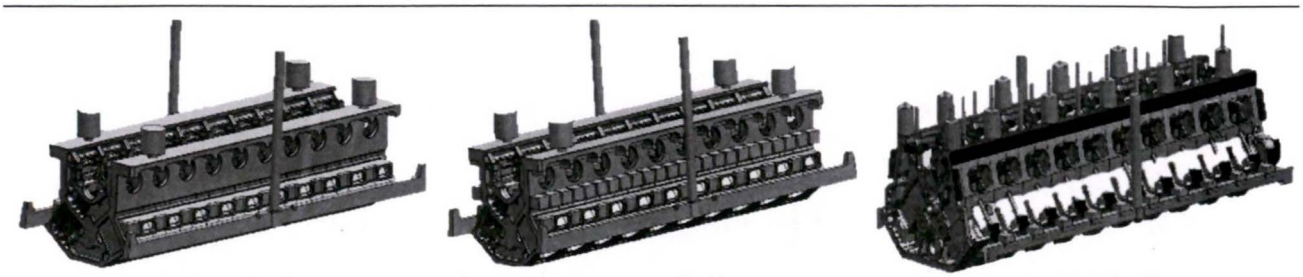
4　结论

(1)基于系列柴油发动机缸体自身结构、材质等特征的分析和研究，对于铸造工艺进行共性设计和个性优化设计具有提高设计效率，并缩短产品工艺开发周期的益处。

表3 铸造工艺共线设计依据与理念

Tab.3 The basis and concept of collinear design of casting process

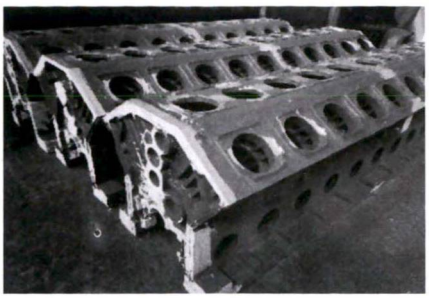
关键点	理论依据	工艺原则	设计理念
熔炼过程控制	原料的熔炼条件	纯净、成分合理	铸造工艺设计合理共性设计个性优化相结合
充型过程控制	铸件材质的液态流动特性	充型平稳饱满	
凝固过程控制	铸件的材质凝固特性、结构特征和补缩机制	顺序凝固和均衡凝固	



(a)GE320缸体　(b)GE420缸体　(c)M3020缸体

图3 3种典型缸体的铸造工艺三维图

Fig.3 Three-dimensional diagram of the casting process of three typical cylinder blocks


(a)GE320缸体

(b)GE420缸体

(c)M3020缸体

(d)GE312缸体

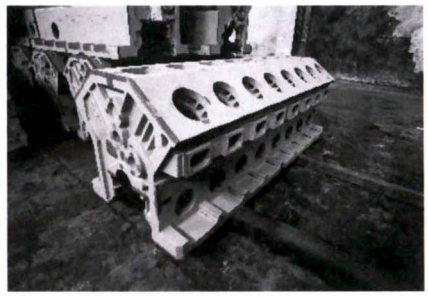

(e)GE416缸体

图 4 规模化共线生产的部分三系列缸体

Fig.4 Some of three series of cylinder blocks produced by scale collinear production

(2)基于共性设计和个性优化设计的设计思路,在铸造模拟中可减少模拟周期、降低成本、提高设备使用效率等益处。

(3)通过对铸造工艺的共性设计和个性优化设计,结合企业设备、生产空间等的合理利用,实现了3个系列柴油发动机缸体的共线规模化生产。

参考文献:

[1] 帅石金,唐韬,赵彦光,等. 柴油车排放法规及后处理技术的现状与展望[J]. 汽车安全与节能学报,2012,3(3):200-217.

[2] 刘洋铭. 船舶柴油机技术发展现状与趋势探索 [J]. 内燃机与配件,2021(3):158-159.

[3] 伍赛特. 清洁柴油车的应用现状及前景展望 [J]. 能源与环境,2019(5):60-61.

[4] 鲁晨光,任良敏,高超,等. 大型复杂V型系列柴油机机体的共性特征研究[J]. 铸造,2020,69(7):692-697.

[5] 刘爱军,姜周. ZJH整铸机体工艺设计及其铸孔弯曲问题改进措施[J]. 铸造技术,2019,40(6):577-578.

[6] 翟琳阳. 论V型柴油机整铸机体的生产工艺 [J]. 中国铸造装备与技术,2014(2):16-19.

[7] 于宁,陈志,杜德喜,等. 金属型壁厚对铸件品质的影响[J]. 特种铸造及有色合金,2015,35(10):1080-1082.

[8] 魏兵,张翼鹏,胡天登,等. 灰铸铁件自补缩凝固与补缩[J]. 铸造,1983(5):19-21.

[9] 杨屹,穆飞,杨刚,等. 基于二次物态转变的大型复杂V型系列柴油机机体的整体铸造关键技术研究 // 中国机械工程学会、铸造行业生产力促进中心. 第十三届全国铸造年会暨2016中国铸造活动周论文集[C]. 中国机械工程学会、铸造行业生产力促进中心:中国机械工程学会铸造分会,2016:9.

技术资料邮购

《铸造实用生产技术集锦》

《铸造实用生产技术集锦》本书由李德臣教授级高工编著。共七章:1 重大铸件生产技术;2 耐热耐磨产品生产技术;3 耐蚀耐磨产品生产技术;4 耐磨产品生产技术;5 铸造工艺设计;6 铸造用辅助产品生产技术;7 铸造与哲学。特快专递邮购价:97元。

邮购咨询:李巧凤　　电话/传真:029-83222071