● 生产技术 Production Technology ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.05.008

重型卡车横梁的铸造工艺

张俊涛,侯东亮,胡海燕,王小强
(长葛市富兴汽配有限公司,河南 许昌 461500)

摘　要:介绍了一种重型汽车用铸造横梁的铸造生产工艺,采用粘土砂静压造型线造型,覆膜砂热芯制芯;铸件结构为薄壁壳体类铸件,在车架安装部位、V 型推力杆装配连接部位存在局部多处孤立热节,气孔、缩孔的风险较高;应用 MAGMA 软件对铸造的充型、补缩工艺设计进行模拟分析计算,通过对充型温度场、粒子追踪模拟来判断现有气孔、冷隔、夹渣等缺陷的风险概率,通过残余液相和缩松判据分析现有工艺产生收缩缺陷的风险概率,综合充型、凝固过程的模拟结果,对原有工艺进行优化并试制,最终获得了合格铸件。

关键词:铸造横梁;充型;凝固;MAGMA
中图分类号:TG255　　文献标识码:A　　文章编号:1000-8365(2021)05-0361-03

Casing Process of Heavy Duty Truck Beam Casting

ZHANG Juntao, HOU Dongliang, HU Haiyan, WANG Xiaoqiang
(Chang Ge Fuxing Casting Co., Ltd., Xuchang 461500, China)

Abstract: For This paper introduces a kind of casting process for heavy duty truck casting beam, which is made of green sand by high pressure molding line , making core with coated sand.The casting is thin-walled shell castings. There are several local isolated hot spots in the mounting part of the frame and the assembly connection part of the V-shaped stinger, and the risk of porosity and shrinkage cavity is high. Using MAGMA software for filling and feeding of casting process, based on the filling temperature field, the particle tracking simulation to determine the existing risk of defects such as porosity, cold shut, slag inclusion, through the analysis of the fraction liquid and shrinkage criterion to judge the risk probability of causing shrinkage defects , integrated simulation result of filling and solidification process, optimize the original design and trial-manufacture model, finally obtained the qualified castings.

Key words: casting beam; filling; solidification; MAGMA

平衡悬架是重型卡车底盘系统中重要的承载零部件,主要由平衡轴支架、横梁、中后桥、板簧组件和上下推力杆等组成[1];卡车在行驶过程中,平衡悬架通过连接在横梁的推力杆传递驱动力、制动力及相应的反作用力矩,从而保证汽车的正常行驶。铸造横梁作为内部连接车架纵梁和传递上推力杆作用力的重要部件,对铸件关键部位的质量要求较高。

根据铸件的结构特点和公司的实际生产条件,选择合适的生产线和制芯工艺,采用 MAGMA 铸造模拟分析软件完成铸造充型、补缩工艺的模拟和优化,有效地避免了铸造缺陷的产生,缩短了产品的试制周期。

1　铸造横梁的结构及工艺分析

铸造横梁结构呈“X”形,结构复杂,内部中空,铸件体积大,铸件轮廓尺寸 750 mm×550 mm×242 mm,上下存在大平面;主体壁厚为 10~15 mm,在车架安装部位和 V 形推力杆装配部位存在厚大孤立热节;产品结构如图 1,铸造横梁铸件单重约为 92.3 kg。

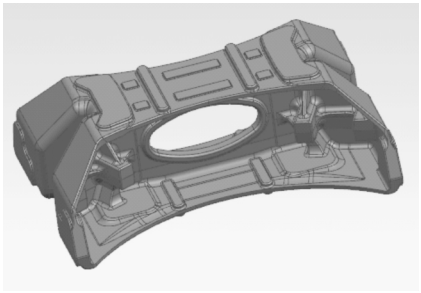


图 1 铸造横梁三维结构示意图
Fig.1 3D structure of truck beam casting

材质性能要求为 QT400-18,V 形推力杆连接部位不允许有缩松缺陷,铸件不允许存在冷隔、裂纹和夹渣等影响使用性能的铸造缺陷。

铸造横梁的轮廓尺寸大,截面壁厚变化大,局部孤立热节多,铸件产生收缩缺陷的风险高;中空存在大平面,砂芯尺寸和重量大,发气量大,铸件充型过

收稿日期:2021-03-07
作者简介:张俊涛(1985—),河南许昌人,学士,中级工程师.主要从事铸造工艺设计方面的工作.
电话:18790388930,Email:18790388930@126.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

程中产生冷隔、气孔缺陷的风险高。

2 生产线和制芯工艺的选择

由于产品轮廓尺寸大，为了确保产品的外观质量和铸造尺寸精度，必须选择高密度的造型方式，确保获得足够的铸型刚度。有箱静压自动造型线，有效砂箱尺寸为 1 000 mm×850 mm×220/300 mm，砂型硬度平面可达 90~95（B 型硬度计），可满足该产品的造型生产。

该产品的内腔结构复杂，砂芯轮廓尺寸大，砂芯轮廓充填表面积大，在制芯工艺选择时除了要考虑砂芯自身外观成型、砂芯强度和生产效率外，还需要考虑砂芯减重，便于下芯操作并与铸造成型工艺设计相配合。覆膜砂热芯生产方式以砂芯强度高、生产效率高、芯砂流动性好、砂芯表面致密等特点被铸造厂广泛应用。因此，铸造横梁的制芯方式选择了覆膜砂热芯方式，砂芯采用分体成型、粘接组芯的方式来完成。

3 浇冒系统及砂芯设计

3.1 浇冒系统设计

铸造横梁的静压线模具铸造工艺如下图 2，工艺布局一型 1 件，产品分模面设计选择车架安装侧面，铸件大部分置于下箱。由于该产品轮廓尺寸较大，薄壁相对丰富，浇注系统设计要考量充型过程中的温度损失尽可能小，因此采取多点同时引入的方式，结合具体铸件结构特点，引入点分别设置在铸造横梁的 4 个车架安装面，采用“T”型横浇道，直浇道布置在横浇道中间，铁水自直浇道引入后向两侧分流；该产品外观质量要求高，充型过程要平稳，避免形成涡卷造成气孔夹渣，浇注系统类型选择封闭–开放式设计。在两端芯头顶部对称设置 4 个 ϕ40 mm 排气针，确保浇注充型过程中排气顺畅，避免浇注呛火，铸件形成侵入性气孔缺陷。

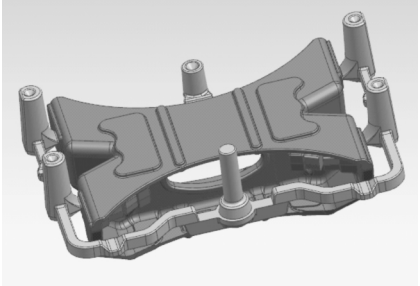


图 2 浇冒系统工艺布局 3D 图
Fig.2 3D diagram of pouring and feeding system

为了确保铸造横梁关键部位的致密度，补缩系统设计时，在铁液 4 个引入点位置，即车架安装侧面凸台位置设计 4 个 ϕ90 mm×160 mm 热冒口，4 个热冒口不仅主要担当铸造横梁 4 个安装侧面的补缩源，对 4 个 V 形推力杆凸台起到一定的补缩作用，同时还能起到一定的集渣作用。由于 V 形推力杆的 8 个凸台两两之间隔断不便于做冒口补缩，因此在 8 个推力杆凸台设置 8 个外冷铁进行激冷，提高该位置的冷却速度，避免产生收缩缺陷。

3.2 砂芯设计

为了确保铸件内腔位置和尺寸的精确性，砂芯主芯采用上下两半分别整体成型；铸件内腔中心的窗口采用 4 个小芯与上下两个主芯组合在一起成型，再将上下芯粘接扣合在一起形成完整砂芯。由于推力杆位置在砂芯中成型，因此砂芯内部需设计冷铁安放定位槽口，便于外冷铁的安放和定位。主芯的两个整体砂芯轮廓尺寸大，砂芯减重后模腔复杂，因此采用水平顶部射砂，利于获得轮廓完整致密的砂芯。同时从利于取芯和操作安全性方面考虑，要求制芯设备带有滑出功能。

砂芯减重设计：在保证砂芯整体结构强度的基础上，砂芯主要壁厚为 14~18 mm，同时设置多处加强筋，防止砂芯制芯存放和浇注过程中产生变形和开裂。

下芯扣手设计：考虑到产品铸造生产过程中，砂芯质量较大（组合后约为 61.25 kg），下芯方式不论是人工下芯还是采用专用吊具，砂芯都需要考虑设计下芯扣手。在铸造横梁芯头位置对称设计 4 个方形凸台结构，便于下芯操作。砂芯、冷铁装配图见图 3。

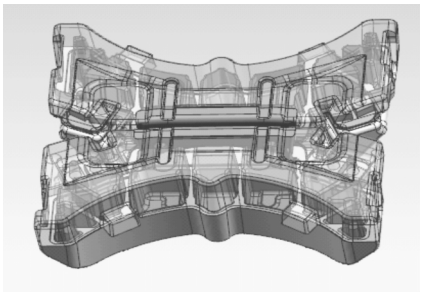


图 3 砂芯、冷铁装配图
Fig.3 Core assembly and chills

4 工艺仿真模拟及优化

采用 MAGMA 凝固模拟分析软件对铸造横梁的充型和凝固过程进行了模拟分析计算，结果如图 4、图 5。

图 4 和图 5 是对铸造横梁充型刚刚完成时的温度场分布和粒子追踪的模拟结果，从图 4 充型温度场分布看出，现有设计采用多点同时入水，铸件温度场整体分布比较均匀，温度低的铁液集中分布在直浇道对侧的溢流冒口中和直浇道一侧的上箱部分，

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

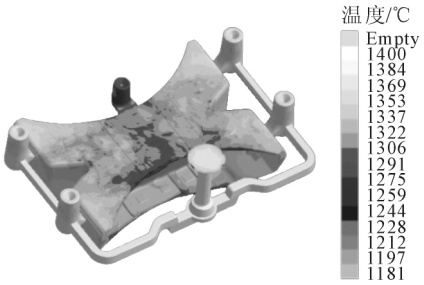


图 4 充型完成时的温度场

Fig.4 Temperature field after filling completed

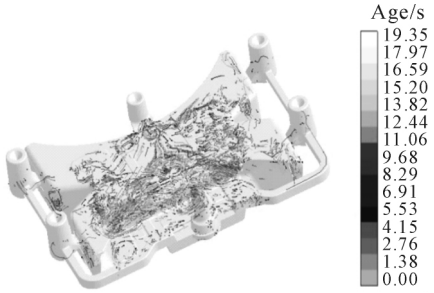


图 5 粒子追踪显示的铁液流动状态

Fig.5 Liquid iron flow behavior by particle tracking

可通过在直浇道一侧铸件上箱中间部分增设一渣气溢流冒口，将流头低温铁液收集在渣气冒口中，避免铸件顶面产生冷隔、气孔、夹渣等问题。

图 5 是充型过程粒子追踪的模拟结果，从图中看出，在铸造横梁车架安装顶面凸台位置形成了涡卷，在渣气溢流冒口和对称位置也形成了涡流，因此铸件在这些区域因涡流卷气形成气孔、夹渣的倾向较高，可通过在直浇道一侧铸件上箱中间位置增设一渣气溢流冒口 ϕ65 mm×80 mm，并在铸造横梁车架安装顶面凸台设置 ϕ10 mm×50 mm 出气冒口，消除产生气孔、夹渣缺陷的风险。

通过图 6、图 7 残余液相分布来看，V 型推力杆在冷铁激冷作用下，能够快速冷却，凝固过程中未形成孤立液相；4 个 ϕ90 mm×160 mm 热冒口对铸造横梁车架安装侧面凸台热节的补缩作用连续未中断，冒口中始终存在有可供热节补缩用的液态金属，冒口–冒口颈–热节补缩通道始终畅通；从最终的缩松判据（图 8）来看，铸造横梁现有补缩工艺和

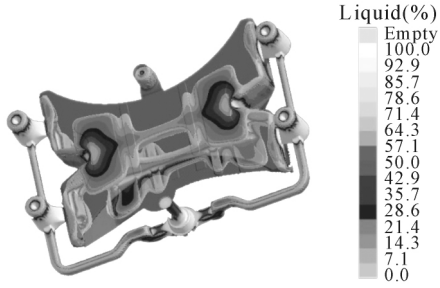


图 6 凝固过程中剩余 50%液体时液相的分布

Fig.6 Liquid phase distribution when 50% remaining liquid left during solidification

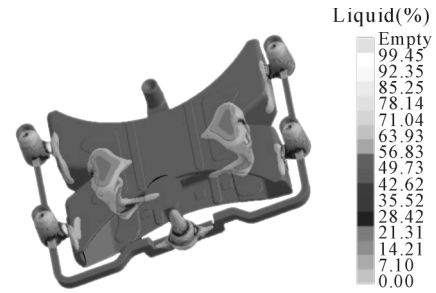


图 7 凝固过程中剩余 16%液体时液相的分布

Fig.7 Liquid phase distribution when 50% remaining liquid during solidification progress

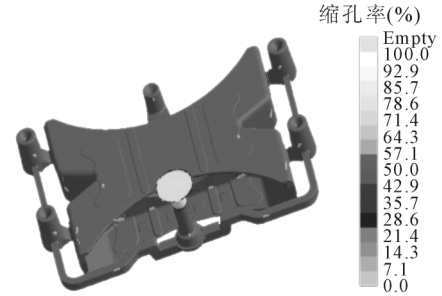


图 8 缩松判据显示横梁关键部位可以满足质量要求

Fig.8 Solidification porosity criteria shows that Critical locations of the truck beam meet the quality requirements

冷铁设计可以确保关键部位侧面安装凸台和 V 型推力杆的致密度。

5 试制验证

根据铸造横梁的充型、凝固模拟分析结果，对模拟工艺增设了 1 个渣气溢流冒口和 4 个出气冒口。制芯、冷铁装配、组芯、涂料等工序完成后，进行了 1 炉的样件试制；熔炼采用 1.2 t 中频感应电炉，喂丝球化，半自动浇注机浇注 8 箱。完成铸件清理、打砂后，铸件表面质量完好，轮廓完整，粗糙度在 Ra12.5~25.0，铸造尺寸的一致性、稳定性好，经加工后完成 7 件成品样件，过程无料废，客户验收试装全部合格。

6 小结

根据铸造横梁产品的结构特点有针对性地进行工艺性分析，结合公司的实际生产条件选择合适的生产线、制芯设备和制芯方式，采用冒口和冷铁相结合的方式来确保关键部位的质量要求，通过模拟软件的仿真分析计算，能够提前发现工艺设计的不足，给工艺优化指明了方向，缩短了产品开发的周期。

参考文献：

[1] 冯琦，王宗彦. 某型重卡平衡悬架结构综合优化设计[J]. 机械设计与制造，2016(1)：258-261.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net