DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2022.01.012

浇注温度和碳当量对挂钩铸件缩孔的影响

钱冬冬,程兆虎,周绍雷,胡　平,张金雨
(安徽合力股份有限公司 合肥铸锻厂,安徽 合肥 230601)

摘　要:运用 MAGMA 模拟了挂钩铸件在不同碳当量和不同浇注温度对产生缩孔的倾向,分析了碳当量和浇注温度变化引起孔隙率变化的原因,并根据浇注温度和碳当量最佳工艺参数进行实际生产验证。结果表明,随浇注温度上升孔隙率先减小后增大再减小,1 380~1 400 ℃孔隙率较低;随着碳当量的提高,孔隙率呈减小趋势,碳当量 CE4.5%~4.7%较合适,挂钩铸件无缩孔缺陷。

关键词:缩孔;浇注温度;碳当量;孔隙率

中图分类号: TG255; TG245　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2022)01-0059-03

Effect of Pouring Temperature and Carbon Equivalent on Shrinkage Defects of Hook Casting

QIAN Dongdong, CHENG Zhaohu, ZHOU Shaolei, HU Ping, ZHANG Jinyu
(Hefei Casting and Forging Factory, Anhui Heli Co., Ltd., Hefei 230601, China)

Abstract: MAGMA was used to simulate the tendency of shrinkage cavity of hooks castings under different carbon equivalent and different pouring temperature, and the reason of porosity change caused by the change of carbon equivalent and pouring temperature was analyzed. The actual production was verified according to the best pouring temperature and carbon equivalent process parameters. The results show that with the increase of pouring temperature, the porosity firstly decreases, then increases and then decreases, and the porosity is lower at 1 380 ℃ to 1 400 ℃. With the increase of carbon equivalent, the porosity tends to decrease, and the carbon equivalent CE4.5%~4.7% is suitable, and there is no shrinkage defects in hook casting.

Key words: shrinkage; pouring temperature; carbon equivalent; porosity

右挂钩铸件是我厂重要的出口铸件,铸件用于工程机械上,其质量优劣对物料安全搬运具有重要的影响。工作时受到较大的载荷,因此铸件不允许存在大面积缩松、缩孔等缺陷存在。缩孔将减小挂钩的有效承载面积,还会使挂钩的连续性遭到破坏,气密性和抗侵蚀能力也会显著降低。尤其是在靠近法兰面的内浇道处更为明显,此位置需要加工螺纹孔,缩孔直接导致铸件报废。熔浇方面影响缩孔缺陷产生的因素有炉料配比、铁液成分、浇注温度等[1],炉料从减少生铁使用量、降低炉料遗传性影响、正确使用废钢增碳工艺等方面改善,并且力求原料来源稳定、炉料清洁、稳定炉料配比。

为有效地控制缩孔缺陷,降低生产成本,本文作者运用数值模拟软件 MAGMA[2-4]对现有工艺条件下挂钩的充型和凝固过程进行模拟,对碳当量和浇注温度对挂钩缩孔缺陷产生的倾向进行模拟,分析缩孔缺陷产生的原因,得到最佳工艺参数,并进行实际生产验证。

1　挂钩制备工艺及模拟结果

1.1　制备工艺

挂钩铸件材质为 QT550-6,其力学性能要求为:抗拉强度≥550 MPa,屈服强度≥345 MPa,伸长率≥6%,杨氏模量 166 MPa,泊松比 0.28,布氏硬度 187~229 HB。轮廓尺寸为 363 mm×305 mm×195 mm,最大壁厚 75 mm,最小壁厚 21 mm。铸件结构复杂,壁厚尺寸差异过大,热节分散,球墨铸铁以糊状方式进行凝固,易产生缩孔等缺陷。

铸件单重 34 kg,一箱两件,浇注重 117 kg,工艺出品率 58%,采用 KW 静压造型生产,控制湿型砂水分 3.6%~3.7%,型砂表面硬度 90 以上。采取开放式浇注系统(铸造工艺见图 1),其中直浇道:横浇道:内浇道比为 1:1.85:3.66,有利于金属液顺利地流过型腔,避免浇不足和冷隔缺陷的产生,还能防止因浇注截面减小卷气和压力过大导致气孔和冲砂缺

收稿日期:2021-11-10
作者简介:钱冬冬(1993—),硕士.主要从事铸铁材料研究与质量管理方面的工作.电话:18119691881,Email:1418397115@qq.com

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

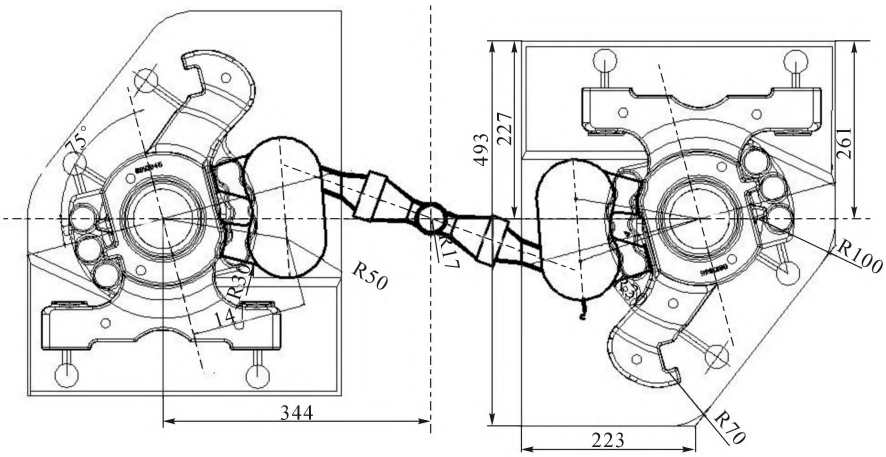

图 1 挂钩铸件铸造工艺图
Fig.1 Gating and risering system of hook casting

陷。由于球墨铸铁糊状凝固的特点,采用腰圆型冒口进行补缩,兼顾石墨化膨胀的自补缩效应[5],将冒口的位置设置在横浇道和内浇道之间,冒口与铸件模数之比为 1:1.12。

现工艺中,内浇道在浇注期间被加热而成为热型壁,内浇道中铁液凝固时间长,最后与铸件在此处形成工艺热节(如图 2),热节处在液态收缩和凝固收缩得不到铁液补偿,便会产生缩孔。

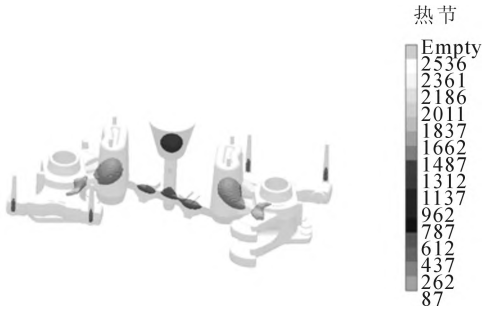

图 2 凝固过程中挂钩铸件热节分布示意图
Fig.2 Schematic of simulated hot spots distribution of hook casting during solidification

2 浇注温度对缩孔倾向的影响

控制铁液的化学成分和其余条件一致,模拟不同浇注温度对挂钩产生缩孔倾向的影响,实际生产中受到浇包保温能力和浇包剩水量等因素影响会产生一定幅度的温度损失。以 20 ℃为间隔,分别模拟浇注温度在 1 300 ℃到 1 400 ℃内缩孔缺陷产生的倾向,并分析孔隙率(是指 MAGMA 中凝固结果中单个网络因收缩造成的空置体积分数, 下同)变化趋势及原因。

浇注温度从 1 300 ℃开始, 孔隙率呈现先减小后增大再减小的趋势,孔隙率为 1 300 ℃为 81%, 1 320 ℃减小到 57%, 当浇注温度提到到 1 340 ℃时,孔隙率为 91%,当浇注温度继续升高到 1 380 ℃时,孔隙率下降到 69%(如图 3),当浇注温度达到 1 400 ℃时,孔隙率仅有 58%。分析认为:浇注温度过低,内浇道提前凝固,冒口补缩通道不畅,失去补缩作用如 1 300 ℃;其他条件不变,合适的浇注温度,有利于减小缩孔产生的倾向如 1 320 ℃; 随着浇注温度的提高, 铸件内部形成缩孔有所上升如 1 340 ℃和 1360 ℃;浇注温度继续升高,虽然铸件的液态收缩时间增加, 但内浇道保持通畅的时间也有所增加, 浇注系统对铸件的补缩作用增强如 1 380 ℃和 1 400 ℃。考虑到铸件壁厚,浇包温降影响,球墨铸铁结膜温度, 在不产生气孔和冷隔等缺陷的前提下,最佳温度为 1 380~1 400 ℃。

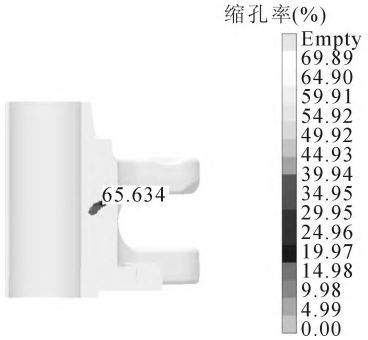

图 3 基于 MAGMA 模拟浇注温度为 1 380 ℃挂钩缩孔缺陷
Fig.3 MAGMA simulation for hook shrinkage defects with 1 380 ℃ pouring temperatures

3 碳当量变化对缩孔倾向的影响

适当提高碳当量,有利于增加石墨化膨胀能力,减少产生缩孔的倾向。先规定 2.4% Si,0.02% P,0.046% Mg,0.02% Ce,以 0.1%为间隔,C 含量为 3.6%~4.1%, 即模拟碳当量 CE 在 4.4%~4.9%对缩孔产生倾向的影响,并对孔隙率进行对比与分析。

从图 4 看出,随着碳当量的提高,孔隙率呈现逐渐减小的趋势,当碳当量为 4.4%时,孔隙率为 66%,

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

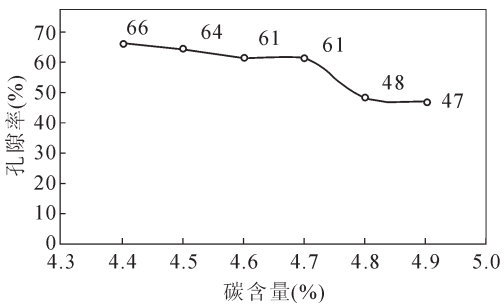

图 4 碳当量对挂钩铸件孔隙率的影响

Fig.4 Influence of carbon equivalent on porosity of hook casting

碳当量继续增加至 4.5%时，孔隙率减小到 64%，当碳当量提高到 4.6%孔隙率为 61%，当碳当量继续增加至 4.8%，孔隙率下降较明显，仅有 48%左右，碳当量达到 4.9%时，孔隙率继续下降到 47%。分析认为：其他条件不变，只改变碳含量的情况下，碳当量对石墨化膨胀能力影响较大。碳当量过低，会使铁液凝固时石墨化膨胀远不足以抵消液态收缩和二次收缩，从而加剧铸件缩孔产生的倾向；随着碳当量的提高，石墨化膨胀能力增强，铸件缩孔倾向减小；结合浇注温度 1 380~1 400 ℃，铸件壁厚，在不产生石墨漂浮等缺陷最佳 CE 定为 4.5%~4.7%。

4 生产验证

根据材质 QT550-6 要求，控制化学成分 w(%)为：3.70~3.85 C、2.3~2.5 Si、0.3~0.5 Mn、P<0.04%、S<0.025%、0.035~0.06 Mg、0.01~0.03 RE、0.3~0.5 Cu，以 20%生铁 +40%废钢 +40%回炉料进行配料，采用中频电炉进行熔炼，为消除炉料遗传性影响，降低铁液 N、H、O 气体含量，严格控制静置温度1 520~1 550 ℃，并高温静置 5~8 min。盖包球化采用 Mg5RE 球化剂，采用 0.2%~0.6%75FeSi 进行一次孕育，倒包孕育使用加入 0.1%Si-Ba-Ca，使用 PUMA 自动浇注机，精确控制单包浇注时间、单箱浇注重量以及随流孕育量等关键参数，其中随流孕育剂为 Inoculin900，加入量为 0.10%~0.15%。为保持铸件快速充型，避免靠近腰圆部分的内浇道长时间通过高温铁液成为热型壁，产生较大热节倾向，浇注温度控制 1 380~ 1 390 ℃。现进行生产 46 件，均未产生缩孔缺陷，可以看出 MAGMA 在帮助设计成分与温度方面具有一定可参考性，杜绝因成分温度不合理导致大量废品。

5 结论

(1)在其余工艺参数不变的条件下，获得了浇注温度对挂钩产生缩孔倾向的影响。从 1 300 ℃开始，随着浇注温度的提高，缩孔产生的倾向呈现先减小后增大再减小的趋势，其中 1 400 ℃得到的铸件缩孔倾向较低占 58%，最佳浇注温度范围为 1 380~1 400 ℃。

(2)在其余工艺参数不变的条件下，获得了碳当量对挂钩缩孔倾向的影响。从 4.4%开始，随着碳当量的提高，缩孔产生的倾向呈现减小的趋势，最佳 CE 为 4.5%~4.7%。

(3)利用浇注温度和 CE 最佳范围指导铸件实际批量生产，均未产生缩孔缺陷。

(4)利用 MAGMA 模拟软件得到合理工艺参数，指导实际生产，一定程度上具有较好的应用价值和经济效益。

参考文献：

[1] 冯淑花，孟庆丰，张燕明. 球墨铸铁缩孔、缩松形成机理的探讨与预防[J]. 铸造技术，2015，36(8): 2153-2155.

[2] 孙玉成，姜爱龙，田普昌. 基于 MAGMA 解决博杜安柴油机主轴承盖铸造缺陷[J]. 铸造设备与工艺，2017(4):30-33.

[3] 王晓明，王超. 基于 MAGMA 数值模拟的发动机缸盖铸造工艺优化设计[J]. 铸造设备与工艺，2019(1)：18-21.

[4] 李钦奉，周瑞，刘辉. 基于 Magma 的桥壳浇注系统分析与优化[J]. 热加工工艺，2016，45(9)：88-91.

[5] 牟行辉. 球墨铸铁铸件的补缩工艺 [J]. 铸造技术，2011，32(1)：15-18.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》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 280 元。

邮购咨询：李巧凤 13991824906，技术咨询：13609155628

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