基于 ProCAST 的 V 型辊铸造过程模拟及工艺优化*

薛晓娟

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 针对铸造 V 型辊在加工过程中经常出现缩孔缺陷这一现象,采用铸造工艺模拟软件 ProCAST 对 V 型辊铸造模样的凝固过程进行模拟,预测了铸造缺陷产生的区域并分析了原因,得出改善 V 型辊的浇注方式、冒口等铸造工艺,可以有效解决缩孔问题,优化了铸造工艺,对生产提供了有效的指导方法。

关键词: ProCast; V 型辊; 铸造模拟; 工艺优化

中图分类号: TG245 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2021)03 - 0086 - 03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.024

Simulation and Optimization of Casting Process for V - type Roll Based on ProCAST

Xue Xiao - juan

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In view of the shrinkage defect often appears in the process of casting V - type roll, the solidification process of casting shape for V - type roll is simulated with the casting process simulation software ProCAST. The area of casting defects is predicted and their causes are analyzed. As a result, the casting processes such as improving the pouring modes and riser of V - type roll are obtained so that the problem of shrinkage could be effectively solved and the casting process is optimized, which provide the effective guideline for production.

Key words: ProCast; V - type roll; casting simulation; process optimization

辊道是利用辊子转动来输送轧件的运输设备。常用的辊子有 V 型辊、平辊道,抱辊等。辊子的制作工艺一般分为坯料直接加工成型和铸造成型,但受材质的限制,一般的坯料难以满足辊子既耐磨又耐热的性能,故常通过铸造的办法来实现。因此,铸件的质量好坏直接决定辊子的使用寿命。某车间铸造生产的 V 型辊,在加工过程中常发现集中缩孔和微小缩松缺陷,导致铸件报废或补焊后辊子的使用寿命减短的现象。如何快速有效消除铸造缺陷,改善辊子质量是本文研究的主要内容。

计算机技术的高速发展促进了铸造模拟仿真技术的广泛应用,提升了铸造水平,造福了整个铸造行业。ProCAST 软件是由美国 UES 公司开发的铸造过程的模拟软件,采用基于有限元的数值计算和综合求解的方法,对铸件充型、凝固和冷却过程中的流场、温度场、应力场、电磁场进行模拟分析。它适用

* 收稿日期: 2021 - 05 - 06

作者简介: 薛晓娟(1987 -),女,内蒙古包头市人,工程师,现从事铸造工艺技术管理工作。

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

于多种铸造，如：砂型铸造、消失模铸造、高压铸造等等。它可以用来研究设计结果，例如浇注系统、通气孔和溢流孔的位置、冒口的位置和大小等。总之，它就是为了优化铸造产品和工艺而开发的专业系统，它不仅可以帮助铸造工程师在铸造工艺编制前对铸件的形成过程进行仿真模拟，预测所研究方案的可行性，还可以解决铸造实际生产过程中出现的铸造缺陷，并优化铸造工艺方案。

本文利用 ProCast 软件，对 V 型辊砂型重力铸造的凝固过程进行了模拟和分析，实现了铸造工艺方案的优化设计。

1　V 型辊结构特征

本文所研究 V 型辊三维实体图如图 1 所示。零件外形最大直径为 Φ370 mm，长 460 mm，质量为 195 kg；辊内有 2 个 Φ214 mm、深 95 mm 减重孔，整个内孔呈阶梯状，材质要求为 ZG310－570。

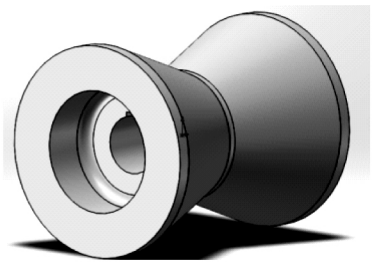


图 1　V 型辊三维实体图

2　初始铸造工艺设计及模拟分析

2.1　初始铸造工艺设计

根据辊子的结构特点和铸造工艺设计原则，我们选择立式整体造型，初始铸造工艺参数设计图如图 2 所示。初始铸造工艺参数如下：工艺余量[1]（辊外径方向单侧 6 mm，长度方向单侧 8 mm；内孔单侧 10 mm，长度方向单侧 8 mm），缩尺选取 2.5%，浇注系统（直浇道 Φ60 mm×700 mm；横浇道 50 mm×50 mm，内浇道 30 mm×30 mm），冒口[1]（246 mm×75 mm×200 mm，2 个明冒口），采用泡沫制作整体模样，表面涂刷耐火涂料烘干，涂料层厚度为 2～5 mm，内孔用树脂砂填实，整体造型采用水玻璃自硬砂造型。

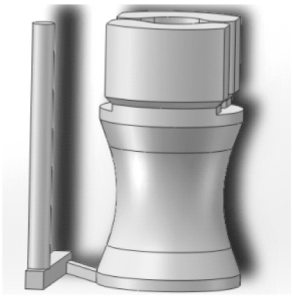


图 2　初始铸造工艺参数设计图

2.2　充型过程模拟结果与分析

首先将图 2 导入 ProCAST 中，然后划分面网格再生成体网格[3]，设定工艺参数等。其中：固相线温度为 1 415 ℃，液相线温度为 1 493 ℃，铸型初始温度为 25 ℃，浇注温度为 1 600 ℃，浇注时间为 70 s，砂型和铸件的换热系数为 500，冒口顶面设置为空冷。工艺参数设置完成后，运行 ProCAST 进行仿真模拟，铸件初始工艺凝固时间和收缩缺陷如图 3、图 4 所示。

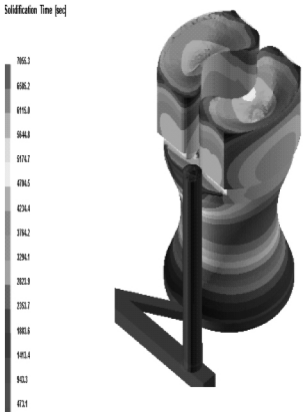


图 3　初始工艺凝固时间

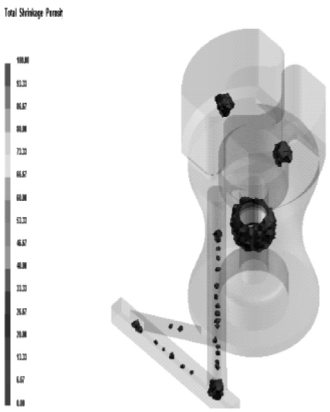


图 4　初始工艺收缩缺陷分布

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

2.3 凝固过程模拟结果与分析

图3为初始工艺方案的不同时刻的凝固结果，由图3可以看出，V型辊铸件的凝固顺序为直浇道和内浇道(图中紫色区域)先凝固，接着是辊子上、下部，冒口处及辊子中部最后凝固。整个凝固过程完成需要7 055.3 s。

图4为辊子收缩缺陷分布图，从图4可以看出，V型辊中部出现大块缩孔，是铸件最后凝固的部分，与图3的凝固时间一致，并不符合铸造凝固的顺序凝固(铸件从下到上先凝固，冒口后凝固的原则)，分析导致此情况的原因为：辊“腰”处壁较厚，补缩时补缩通道不畅通，冒口处的液体未及时顺利到达厚壁辊腰处，未能对其进行有效补缩，因此形成收缩缺陷。

3 铸造工艺方案的优化及模拟分析

铸件缩孔和缩松主要是由于凝固时补缩不充分造成的，如果让铸件定向凝固并得到充分补缩，避免在凝固过程中产生新的热节，是可以防止铸件产生缩孔的。具体防止方法如下：

方案一：调整铸件结构，原V型辊设计辊“腰”处壁厚较厚，为了避免这一情况，采取先铸通孔辊壳，再孔内焊接钢管的办法制作减重辊，加工余量、缩尺不变，冒口[2]根据$M_{冒}=1.2M_{件}$($M_{冒}$为冒口模数，$M_{件}$为铸件模数)计算，最终模拟如图5、图6所示。

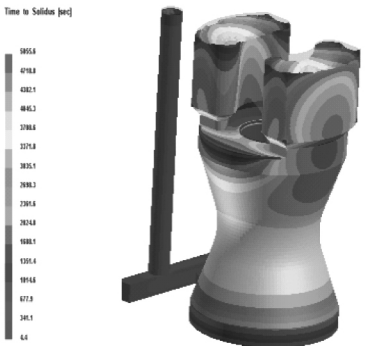


图5 方案一V型辊凝固时间

图5显示虽然符合定向凝固的原则，辊子上端后凝固，但是由图6看出辊子凝固后，下部反而出现一圈缩孔。分析其原因：此工艺“腰”部壁厚较薄，较下部先冷却，补缩通道较早闸死，下部厚大部位无法得到补缩，从而产生缩孔，故此方案也不符合顺序凝固原则，不通过。

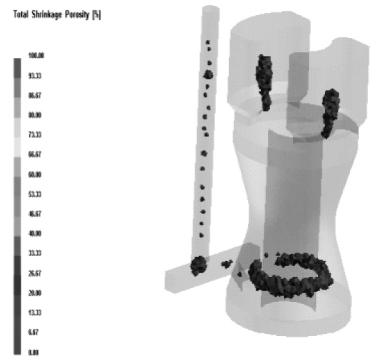


图6 方案一V型辊收缩缺陷分布

方案二：改进工艺设计方案，由前面两种方案得出立式浇注无法满足此形状辊子顺序凝固的原则，故辊子更换浇注方式采用卧式造型，改用圆柱型侧冒口进行两端补缩，冒口颈的大小和尺寸也必须满足补缩的畅通，这样就可以使两端较厚部位同时凝固。模拟如图7、图8所示。

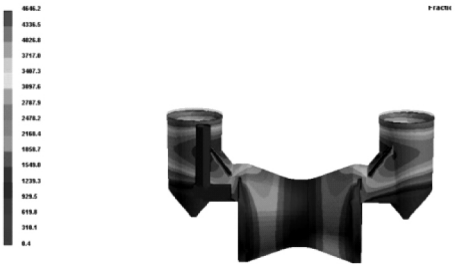


图7 方案二V型辊凝固时间

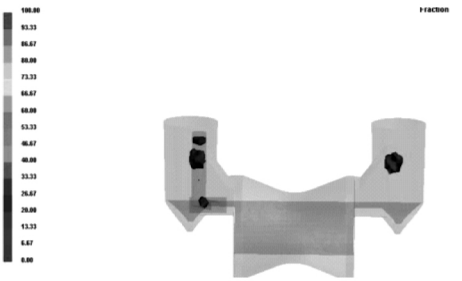


图8 方案二V型辊收缩缺陷分布

由图可见，一方面辊子的凝固顺序符合顺序凝固，冒口部位最后凝固，另外一方面铸件的缺陷出现在冒口里，故此工艺仿真模拟验证可行。

(下转第98页)

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

(2) 建立与油气开采更加贴合的模拟实验室进行预试验,根据实际井矿参数及技术指标,研究开发模拟实验室设备及技术,为现场油气开采安全保驾护航。

(3) 根据油气田工况数据信息分析结果,结合模拟实验室预试验制定各大油气田,甚至各井块的选材指导方案,解决材料制造与实际应用之间的对接错位问题。

(4) 基于多年的非标产品应用及选材,与各大钢管生产厂家及油套管应用企业,联合起草制定满足国内实际采油工况的非标油套管技术规范或标准,尤其是特殊螺纹接头,通过效果评估,保留优质高效螺纹接头形成统一标准,解决各家螺纹接头排他性的问题。

(5) 新型管材产品的研制与开发。近年来,各大院校及各钢管制造厂家研发部门也在尝试研究新型管材,如铝合金套管、钛合金套管及其他复合型套管等,新型管材如何在保证低成本易成型的前提条件下,满足非标油套管各项性能要求将成为科研工作者重点研究的方向。

3 结束语

非标油套管因工况环境复杂应运而生,如何应用好非标油套管,在保证安全生产的前提下经济耐用是行业近几年的热点话题。另外,非标油套管从研发到推广应用,在国内市场历经30余年,国内各大油气田或多或少均在应用非标油套管,因此,以具体实际工况为基础,制定合理的选材方案,起草行业认可的标准将成为近几年的重点研究方向。

参 考 文 献

[1] API spec 5CT,油管与套管规范[S].
[2] 蔡晓闻,高连新. 我国油套管特殊螺纹接头的发展现状[J]. 焊管,2008,31(4):41-44.
[3] 黄强. 油管螺纹损坏原因与对策[J]. 石油天然气学报,2005,27(4):708-717.

(上接第88页)

4 实际生产中的应用与生产结果

铸造实际生产过程中采用对分式的金属模样取代之前的泡沫模样,焊制芯盒手工制作砂芯,这样的优点在于金属模样可重复使用,大量节约模具成本,且造出的型腔表面更光滑,芯盒制芯更能保证砂芯的紧实度,造芯时采用质量非常好的铬铁矿砂造芯,并且表面涂刷耐火涂料,可以最大程度的保证产品表面质量。



图9 初始工艺V型辊成品缺陷

针对图9中出现的缺陷,采用方案二后辊子表面质量有了很大的提升,几乎没有缺陷。并进行探伤检测,内部没有发现裂纹。

5 结束语

通过此次使用ProCAST对V型辊铸造过程模拟发现原铸造工艺存在一定的问题,通过更换浇注方式、冒口等铸造参数后之前存在的缺陷得以解决,并以此进行工艺优化和改进,这证明ProCAST能较准确直观地预测铸造过程可能形成的缩松缩孔等缺陷,这样不仅提高了铸件合格率及产品质量,而且未来新产品开发也能够缩短开发周期、降低开发成本、减少试浇次数、减少模具修改次数从而降低综合开发成本,为铸造工艺优化设计提供强有力的指导。

参 考 文 献

[1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册·铸造工艺(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社,2003.
[2] 王文清,李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社,2002.
[3] 李日. 铸造工艺仿真ProCAST从入门到精通[M]. 北京: 中国水利水电出版社,2010.

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