DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.03.019

铸钢工程车桥壳消失模铸造

张复文,童容英,栾新华
(分宜九一机械制造有限公司,江西 新余 336600)

摘　要:基于消失模铸造工艺特点,结合铸钢重载工程车桥壳的特殊技术要求,采用消失模铸造工艺生产了重载工程车桥壳。结果表明,采用改进铸造工艺、STMMA 珠粒白模+烧空浇注、防裂环、底漏钢包+吹氩气浇注、框架支撑+精细操作等一系列有效措施,成功生产了重载工程车桥壳,解决了增碳,开裂,夹杂渗漏,变形等缺陷。同时,浇注过程中的高频振动细化了铸件晶粒。

关键词:STMMA;消失模铸造;桥壳;底漏钢包

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)03-0283-04

EPC Cast Steel Engineering Axle Shell

ZHANG Fuwen, TONG Rongying, LUAN Xinhua
(Fenyi Jiuyi Machinery Manufacturing Co., Ltd., Fenyi County, Xinyu 336600, China)

Abstract: Based on the characteristics of EPC process, combined with the special technical requirements of heavy duty cast-steel engineering axle shell, the heavy duty engineering axle shell was produced by EPC process. The results show that a series of effective measures, such as improved casting process, STMMA bead molding+empty casting, anti-crack ring, bottom leakage ladle + blowing argon casting, frame support+fine operation, the heavy-load engineering axle shell have been successfully produced, and the defects such as carbonization, cracking, inclusion leakage and deformation are solved. At the same time, the high frequency vibration during the casting process refined the casting grains.

Key words: STMMA; EPC casting; bridge shell; bottom leakage of ladle

1　现状和技术要点

桥壳是工程车辆的主要部件之一,承载了传动和负载强大作用力。桥壳结构较复杂,且壁厚不均相差较大。鉴于用户对重载工程车舒适性和安全性的要求不断提高,只有高强度,高韧性,高抗疲劳性,良好焊接性的桥壳才能满足在矿山恶劣路况下重载车辆的要求。

桥壳铸件的生产工艺以砂型铸造和 V 法铸造为主,近几年来由于消失模铸造工艺发展迅速,有不少铸造公司尝试用消失模工艺生产。但大部分消失模铸钢桥壳都达不到用户标准,部分铸件即使在车辆上安装,服役期间桥壳也会有裂纹,渗油现象发生。究其原因有以下关键几点。

(1)增碳　桥壳壁厚相差较大,导致泡沫的燃烧空间狭小,即使实施空壳工艺也不易烧净,所以无法控制表面增碳量。不均匀增碳恶化了桥壳的力学性能。

(2)夹杂渗漏　桥壳内腔是个相对封闭的空间,内部充满润滑油,服役期间不得有渗漏,加工前都要进行高压渗漏试验。由于桥壳中部的蜗壳壁较薄,一般在 12 mm~16 mm,在高负压下易使夹杂物在钢液凝固时沉淀其中,增加渗漏的几率。

(3)裂纹　后桥中部蜗壳壁薄,而蜗壳半圆敞口的法兰处有 35 mm~60 mm 的厚度,并且与两端较薄的筒体轴管相连,在冷却收缩过程中产生较大的内应力,连接的过渡处、法兰处易产生裂纹。

(4)变形　重型工程车桥壳长度大部分在 1 300 mm 以上,桥壳是细长整体中间开口的筒体,且壁厚相差较大,在以下 3 个工序过程中易产生变形:①自白模发出后自然干燥就开始有变形;②上涂料,烘干支撑不当,在烘干过程中变形;③铸件浇注后温度不均匀所产生的收缩应力引起的变形。铸件热处理后需要压力机整形,才能达到合格尺寸公差。

基于以上 4 点,至今很少有铸造公司用消失模工艺大批量生产重载车辆铸钢桥壳。

工程车辆桥壳的化学成分见表 1,力学性能见表 2。其致密性要求:整体铸件在 0.3~0.5 MPa 压力试漏的时间大于 10 min。热处理后整体磁粉探伤,

收稿日期:2020-02-18

作者简介:张复文(1965-),河南周口人,铸造技师.主要从事中频炉熔炼、消失模铸造工艺方面的工作.
电话:15333105227,QQ:1574791412

表1 工程车辆桥壳化学成分 w(%)
Tab. 1 chemical composition of engineering vehicle bridge shell

C	Si	Mn	Cr	Mo	S,P	Al	V, Ni, Cu
0.20~0.25	0.3~0.5	1.1~1.4	0.20~0.35	0.15~0.25	≤0.025	0.4~0.8	≤0.03

表 2 工程车辆桥壳力学性能
Tab.2 Mechanical properties of engineering vehicle bridge shell

抗拉强度 σ_S/MPa	屈服强度 σ_b/MPa	断后伸长率 δ(%)	断面收缩率 Ψ(%)	冲击吸收功 A_K/(J/cm²)
600~680	420~500	≥18	≥36	≥35

硬度要求 190~240 HB,抛丸去掉氧化层。

2 试验工艺设计

由于桥壳的结构特点,其蜗壳开口只有向上和横向两种摆放方式。其厚大地方在两端固定弹簧钢板位和中间蜗壳法兰 3 处,形成 3 个热节区,这正是需要补缩的部位,并且每个热节都是孤立的,不能用顺序凝固原理设计浇冒系统。

中间法兰易收缩拉裂,加防裂圆环 8 mm×25 mm 与内口对齐。依据消失模铸造经验设计两种实验工艺:①中间浇注,两端部冒口补缩,如图 1;②中间法兰面侧放,冒口与法兰平行面倾斜 20°,一端冒口浇注,中间法兰和另一端各设一个冒口,如图 2。

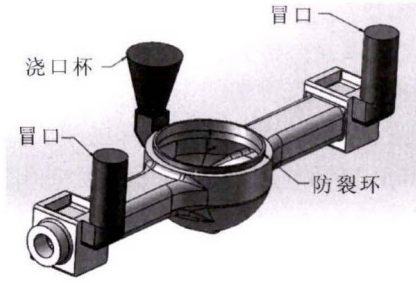

图 1 工艺(1)中间浇注
Fig.1 Process (1) intermediate pouring

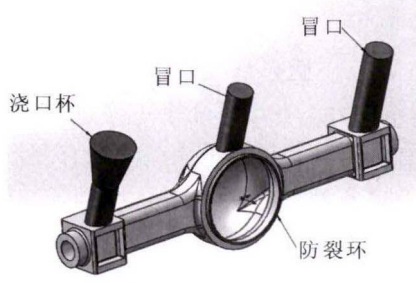

图 2 工艺(2)一端浇注
Fig.2 Pouring at one end of process (2)

3 泡沫珠粒及涂料的选择

泡沫珠粒材料有 EPS 和 STMMA 两种比较常用,EPS 和 STMMA 分子碳含量分别为 92%和 69.6%,STMMA 在高温下易于燃烧,而残渣较少。但生产高端铸钢件最理想泡沫珠粒是 EPMMA,分子碳含量 60%,不仅对铸钢件增碳量低,而残渣极少,可该珠粒市场价太高,没有实际生产意义。STMMA 为最佳选择。

模具使用整体开模工艺或三段开模。两端方筒轴管内部纵向缝隙粘合后不易处理光滑,所以避免纵向两开模。浇冒系统一起开模,由 STMMA 一次发泡成形。

为增加白模结构强度,减小变形量,白模密度控制在 20~23 g。发泡整体白模应在自然干燥 4~6 h 后,放置在以法兰面为基准面的模板支架上,防止烘干过程中变形。

涂料是消失模铸钢桥壳的关键之一,低温强度,高温强度,耐火度,高涂挂性,低流淌性缺一不可。因市场上的消失模铸钢涂料不能满足桥壳的技术要求,在实际生产中研制了专用涂料,涂挂性和滴淌性俱佳。配方:钠基膨润土 3 份,CMC 3 份,木质纤维素 0.5 份,黄原胶 0.5 份,水溶性聚乙烯醇 0.5 份,85 铝矾土(粒度 200 目)80 份,99 石英粉(粒度 200 目)20 份。加入水量根据第 1 遍,第 2 遍,第 3 遍不同的浓度添加。

为防止白模在涂料烘干过程中变形,设计了专用桥壳烘干架。如图 3。

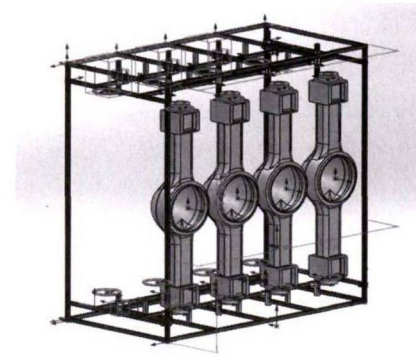

图 3 涂料烘干架
Fig.3 Painting drying framework

在涂挂最后两遍涂料时,由于整体涂料较厚重心偏移,白模变形量有超标现象,经过反复验证,把 8 件一组的涂料烘干架,改为 1 件一组,并进行两端和两侧 4 个方向支撑,涂料烘干结束测量无一变形。

白模涂层厚度内腔 3~4 mm,外面 2.0~2.5 mm,

这样的涂层兼顾透气性和防止塌箱。桥壳内腔是个悬空的砂芯，涂层厚度不但增加强度，也减少透气性，在内腔形成局部高负压区，增强了砂芯的支撑力，以避免塌箱。同时也有利于氧气进入型腔后不会被负压立即抽走，增大泡沫燃烧的速度。

4　熔炼和浇注的控制

为保证砂箱内部负压没有死角，用5面抽气砂箱。为达到干砂向桥壳内腔各个方向全方位填充，必须由三维振实台和30~40目的宝珠砂配合。

桥壳单件浇注，装箱时注意两件之间的距离。

选择C<0.2%，P，S<0.025%的废钢，不得有油污和塑料及其他杂物。用快速中频炉熔炼到出钢温度时，炉内用硅铝钡脱氧，钢包内用纯铝脱氧，两者总铝加入量0.1%，以保证铸件铝含量0.04%~0.08%，每包钢液10 min内浇注结束。

因消失模型腔内的钢液是被负压牵引充型，钢液杂质不会上浮，浇注系统所有的挡渣措施都是无效的，包括过滤网。减少铸件夹杂的唯一有效方法就是底漏钢包浇注。

浇注过程吹氩气保护钢液减少氧化。浇注时在不返喷情况下以最快速度浇注。

消失模铸钢浇注工艺在铸造车间执行操作标准中，浇注时间，浇注速度这两个参数对消失模铸钢工艺操作没有实际意义。浇注时间，浇注速度对消失模铸钢是个模糊概念。消失模钢液自进入直浇道那一刻起，就受负压的牵引，其充型速度比正常砂型铸造快得多，而空气和钢液在负压下混合无序充型。进入型腔后钢液里面的气体，杂质等密度较轻的物质被负压抽走，大颗粒的杂质被涂层挡住，加之钢液的附壁效应，所以铸钢件的夹杂一般在铸件表面5 mm左右，而铸件内部密实度较高。

消失模铸钢冒口一般都是明冒口，因冒口的大小不等，型腔内部负压相差较大，钢液充型速度受负压影响较大。真实充型过程无法模拟，至今世界上少有铸造模拟软件对消失模铸钢工艺有实际参考价值。

消失模铸钢工艺另一个关键点是烧空。

STMMA虽然含碳量只有69.6%，但在没有烧空的状态下，对低碳钢铸件局部增碳可达到0.2%~0.4%，甚至更高。STMMA发气量是EPS的2~3倍，如果在未烧空的情况下，像桥壳这样的薄壁件快速浇注时，大量的气体无法被负压通过涂层全部抽走，会产生严重反喷。砂箱内的白模烧空后浇注是保证浇注不反喷和铸件质量的唯一工艺措施。

烧泡沫前负压控制在0.05~0.06 MPa，当3个冒口全部烧空后负压应在0.03~0.04 MPa，负压低于0.02 MPa易塌箱。烧泡沫用氧气割枪或特制专用枪，点燃泡沫后稳定送氧，火焰不能太大（喷到冒口外面）也不能太小（容易熄灭）。直到另外两个冒口全部烧净火焰熄灭为止，中间不能中断吹氧。也可以两端两个冒口同时烧，到中间的浇冒口冒烟后继续吹氧直至火焰全部熄灭为止。烧泡沫过程中禁止点燃中间浇冒口。这样无法判断型腔泡沫是否全部烧净，中间浇冒口能观察两边火焰燃烧情况。

完全烧空后浇注，型腔内负压偏低，在一定厚度涂层外的干砂内部负压偏高，这一平衡状态给中间砂芯提供足够的刚度。钢液进入平稳快速，冒口没有烟气。浇注温度控制在1 600~1 620 ℃。浇注后60~120 s去负压。

浇注过程中实施高频振动，实施振动的时机是钢液进入冒口开始，关负压前停止振动即可。注意把握高频振动时机不能提前，晚了振动无效果。高频振动的目的是避免热节处形成粗大晶粒，导致整体力学性能相差过大。

5　工艺验证

经过多次试制，总结了一套STMMA桥壳白模烧空壳的技巧，基本每个都能烧干净。在烧空过程中1号工艺塌箱几率占20%，因蜗壳开口向上，砂箱上部负压较低，中间内腔砂芯在烧空后整体悬空，支撑力不够。2号工艺塌箱几率5%，

改进工艺，在筒体内加入一根ϕ26 mm的钢管，以达到芯骨的支撑作用。改进后1号工艺时有塌箱，2号工艺再没有塌箱，如图4。

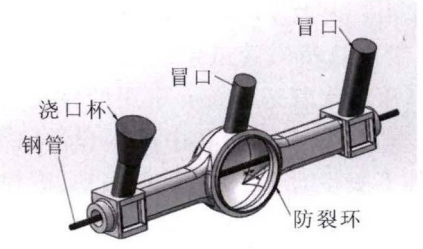

图4　工艺(2)改进
Fig.4　Process (2) improvement

用户加工后对桥壳进行试压，满载荷垂直弯曲刚性，满载荷垂直弯曲抗疲劳性能检测，均达到标准。对桥壳热节和重点检测部位进行切片，没有发现缩松现象。

热处理后切割本体进行力学性能检测，结果如

（下转第290页）

范措施[J]. 轻工科技,2012(11):118-141.

[27] Long Y, Wu G, Fu A Q, et al. Failure analysis of the 13Cr valve cage of tubing pump used in an oil field [J]. Engineering Failure Analysis,2018,93:330-339.

[28] Panda B, Sujata M, Madan M, et al. Stress corrosion cracking in 316L stainless steel bellows of a pressure safety valve [J]. Engineering Failure Analysis,2014,36:379-389.

[29] 锻冶科, 段嘉光. 主汽阀壳裂纹的消除 [J]. 铸造,1983, 32(1):61-64.

[30] Miroshnik R, Jeager A, Haim H B. Probabilistic life assessment of chest valve under thermal stresses [J]. Int. J. Pressure Vessels and Piping,1998,75(1):1-5.

[31] 陈忠兵. 火电站中压主汽阀阀壳热疲劳损伤研究[D]. 武汉:华中科技大学,2009.

[32] 朱晏萱,张宏斌,韩彦灵. 汽轮机中压调节汽阀阀座开裂原因分析[J]. 广州化工,2014,42(17):168-170.

[33] Ipohorski M, Luppo M I. Failure analysis of a steam valve stem[J]. Materials Characterization,2003,50:23-30.

(上接第 278 页)

[6] 周细应,童建华,李曼萍. 压铸铝合金零件失效分析[J]. 轻合金加工技术,2005,33(10):16-18.

[7] 涂建国,周素珍,司亚春,等. ADC12 铸造铝合金齿轮箱开裂原因分析[J]. 金属热处理,2015,40(4):198-200.

[8] 卢从义,丁军锋,刘玉鑫,等. R14 铝合金拔叉铸件断裂分析[J]. 失效分析与预防,2016,11(3):176-181.

[9] 李世光. 铝合金压铸产品铸造缺陷产生原因及处理办法 [J]. 铸造技术,2007,128(S1):67-71.

[10] JIS-H5302-2006,铝合金压铸件[S].

[11] ASTM E8 / E8M-16a, Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials[S].

(上接第 285 页)

下:抗拉强度 605 MPa,屈服强度 436 MPa,断后伸长率 19%,断面收缩率 38%,冲击吸收功 41 J,平均硬度 215 HB。完全符合用户技术要求。

6 结语

经过反复实验针对消失模铸钢桥壳出现的问题逐一解决:使用 STMMA 珠粒发泡成形;白模烧空工艺;浇注过程后期高频振动;法兰处增加防裂环;底漏钢包浇注+吹氩气:变形虽然在白模烘干和涂料烘干采取框架支撑防变形,但在浇注后应力收缩变形无法控制,仍有 20%左右的产品的变形量超出用户标准,需压力机整形。但在材质,力学性能,夹杂缺陷,试漏,抗疲劳强度等满载实验方面达到用户重型工程车辆铸钢桥壳验收标准。

RX 榕霞®

福建省榕霞石英砂有限责任公司
漳浦县榕霞矿业开发有限公司

公司简介
Company

我公司创办于1976年，是国内较早从事石英砂系列产品生产、销售一体化经营的综合性企业。公司拥有丰富的优质石英砂矿产资源，矿区面积1000多亩，年开采量可达40万吨。公司生产的石英砂产品具有SiO2含量高，含泥量低、角形系数小等特点，是高品位的天然石英砂。

"榕霞"天然石英砂系列产品现广泛应用于国内铸造行业、机械制造行业、全国各水处理行业及玻璃制造、钢铁冶金行业等，质量达到国际先进水平。公司已通过ISO9001、ISO14001管理体系认证，先进的生产工艺及完善的品质保障体系确保了产品质量的长期稳定，专业的销售团队为客户提供优质完善的售后服务。

产品主要理化性能

Sio2 > 98%	角形系数 < 1.3
灼烧减量 < 0.5%	含泥量 < 0.3%
含水量(干砂) < 0.2%	耐温 > 1700℃

地址:福建省晋江市金井 电话:0595-85332410 85332410 传真:0595-85331410 www.rxsgy.com E-mail:rxsgy@163.com