● 生产技术 Production Technology ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.018

温硬化组芯工艺生产铁路缓冲器箱体的方法

熊六一,胡美华,孔祥翔,马先民
(宁波金汇精密铸造有限公司,浙江 宁波 315135)

摘　要:对铁路缓冲器箱体铸件的技术要求、工艺设计方案、质量控制和生产过程的管理等进行了探讨,并结合邦尼树脂温硬化组芯工艺的成功应用,为替代水玻璃熔模工艺中的中大精密铸钢件的生产找到了新的方向。

关键词:树脂;温硬化;缓冲器;组芯工艺
中图分类号:TG269　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)09-0957-04

Solution to Produce Draft Gear Housing by Bonnie Resin Heating and Hardening Core Process

XIONG Liuyi, HU Meihua, KONG Xiangxiang, MA Xianmin
(Ningbo Jinghui Precision Casting Co., Ltd., Ningbo 315135, China)

Abstract: The technical requirements, process design, quality control and production process management of railway buffer box castings were discussed in detail. Combined with the successful application of the warm hardening core technology of Bonny resin, a new direction has been found for replacing the production of medium and large precision steel castings in the molten glass process.

Key words: resin; heating and hardening; buffer gear box; set of core process

缓冲器是铁路机车车辆的重要部件,其主要作用是吸收列车运行或编组调车作业时机车与车辆、车辆与车辆间的纵向冲动能量,缓和车辆的冲击,降低车钩纵向力,减轻车辆及所运货物的损坏,改善列车纵向动力学性能;同时还可以降低由纵向冲击力引起的车钩横向分力和车辆脱轨系数,从而提高列车运行的稳定性和平稳性,确保铁路运输安全[1]。

缓冲器的性能直接影响着列车牵引吨位,运行速度、车辆总重、列车编组作业效率、货物完好率等涉及铁路运输效率的经济指标和技术水平,评定缓冲器性能的主要技术参数是冲击速度、最大阻抗力、容量、行程及吸收能量率等,缓冲器箱体承载着以上的各项要求,箱体通常情况下采用铸钢件,箱体的质量决定了整个缓冲器的质量水平,整个缓冲器箱体从化学成分、尺寸精度、外观质量、无损检测等方面有明确的规范和要求。

收稿日期:2018-06-11
作者简介:熊六一(1977-),青海海东人,总经理.研究方向:铸造.
电话:13895482392,E-mail:379692014@qq.com

1　铸件概况

1.1　铸件的形状

缓冲器箱体,铸钢体,通常情况下是一个六面体箱体,一个面开口,这个铸件的壁厚比较均匀且薄,平均壁厚在 12~18 mm,热节分散,轮廓尺寸为 450 mm×320 mm×225 mm,铸件重约 90 kg。

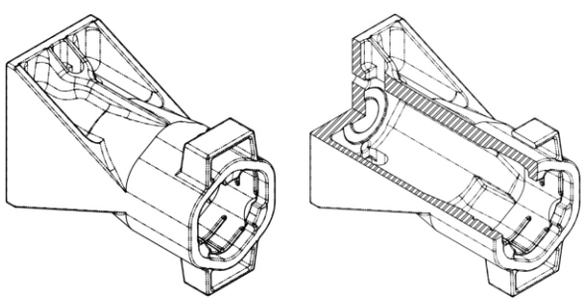


图 1 铸件形状
Fig.1 Casting shape

1.2　铸件的成分及性能要求

材料按照 ASTM A-148 和 A-370 标准执行,其化学成分及力学性能见表 1,表 2。

表1 铸件化学成分要求 *w*(%)
Tab.1 Chemical composition requirements of the casting

元素	C	Si	Mn	P	S	CE
含量	≤0.32	≤1.50	≤1.85	≤0.04	≤0.04	≤0.88

表 2 铸件的力学性能指标
Tab.2 Mechanical properties of casting

抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	断面收缩率(%)	-40℃冲击功 试棒 /J	-40℃冲击功 本体 /J	本体硬度 (BHN)
795	655	14	30	27	20	241-302

1.3 物件的外观及其无损检测要求

铸件外观棱角清晰，铸字清楚，表面光滑、完整，无多肉、凹坑、浇铸不足、粘砂、气孔、裂纹缩松、冷隔等缺陷。铸件按图 2 所示，分为 3 个检验区域，关键区域不允许有缺陷存在，铸件按照图 3 规定的进行解剖，对剖面进行 100%检查，解剖面上不允许有气孔、缩松、裂纹、夹杂等缺陷。磁粉检测按照标准 ASTM E709 检测，要求表面无裂纹类缺陷，超声波按照 ASTM A609 规范进行检测，其他方面的要求按照 AAR M-201 和 AAR M-211 规范执行，外观检查按照顾客提供的外观对比样块的等级进行评级。

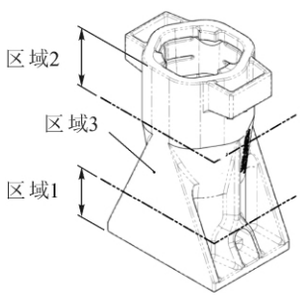


图 2 检验分区图
Fig.2 Inspection drawing

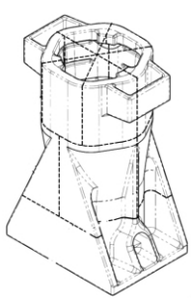


图 3 解剖图
Fig.3 Anatomic drawing

2 生产条件

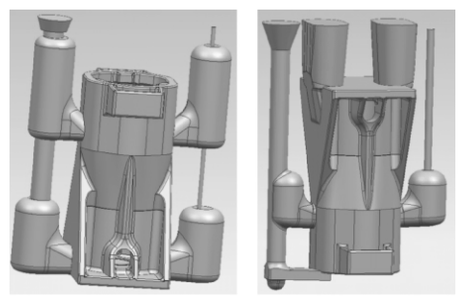
采用水玻璃熔模铸造生产类似的产品，在用水玻璃熔模铸造工艺生产铁路缓冲器方面有独到的生产经验，且每年生产超过几万只类似的箱体铸件，但是该产品的口部有工字槽，水玻璃熔模铸造工艺无法满足尺寸精度，所以不考虑用此工艺。

从 2014 年开始，本公司一直在温硬化树脂砂组芯造型工艺方面投入了大量的研究，且在多个产品上得到成功的运用，开发该产品直接选用邦尼树脂温硬化工艺，通过射芯机射壳射芯，机械手和流水线配合，保证铸件的尺寸精度和持续生产的稳定性。浇注方案，选用中频电炉进行熔炼，用稀土精炼剂进行钢液净化除渣除杂，选用底漏包进行浇注。

3 工艺设计

3.1 工艺方案

该产品底部和口部也就是检验一区、二区，是关键区域，不允许有缺陷，按照工艺设计的原则，重要部位放到下面的原则，有底平面朝下、底平面朝上两个工艺方案(见图 4)。底面朝下符合重要面放到下面的原则，但是中间的芯子固定和补缩有问题，地面和侧壁的连接部位没有办法补缩，上面口部的冒口也没办法放置；口部朝下底平面朝上，增加补贴的形式将冒口放到地平面上面，中间芯子也好固定，补缩通道畅通，中间有筋的厚大部位布置冷铁，通过顶冒口让夹杂物上浮，同时提供足够的钢液补缩，确保铸件品质，最后通过工艺分析、考虑现场的工人操作，确定选择底平面朝上的工艺方案。



(a)底平面朝下　　(b)底平面朝上

图 4 工艺方案
Fig.4 Process program

3.2 造型工艺选择

该产品的生产选用环保温硬化邦尼树脂砂组芯工艺生产，模具用 QT450-10 材料布上加热管，制壳用射芯机射砂，机械手流涂，合模装夹后浇注。

3.3 工艺参数确定

由于环保温硬化邦尼树脂砂组芯工艺的特点，浇注过程中型壳强度会上升，确保铸件的尺寸精度，浇注完成后钢液凝固强度上升，型壳强度会下降，对铸件的收缩不产生阻力，铸件相当于自由收缩，浇注完成后一小时内砂子全部溃散，通过后面的大量生产也验证了这一点，铸件的裂纹倾向非常小。基于上面的工艺特点，工艺收缩率都按照 2%设计，由于是射芯机射壳，整体尺寸非常稳定，唯一对尺寸影响较大的就是分型负数。

3.4 浇注系统、冒口及其冷铁设计

浇注系统：如图 4(b)所示的浇注系统方案，考虑到平做立浇，浇注静压头较高，选用阶梯浇注方式，用完全开放的浇注系统，快速大流量低流速的浇注

模式，液面上升速度不小于 20 mm/s。

冒口设计：根据模数及补缩距离计算确定冒口数量和尺寸，铸件的浇注重量在 152 kg，浇冒口重 62 kg，工艺出品率为 59.2%。

冷铁设计：在内部加强筋交接处放上冷铁，厚大部位放冷铁，减少壁厚差防止裂纹和缩松的产生，也通过冷铁形成冷却末端，提高冒口的补缩效率[2]。

3.5　凝固模拟分析

口部朝上的工艺方案，冒口布置比较困难，热节部位补缩不到位，第一轮凝固模拟的时候，效果不好，不能满足顾客的无损检测等级要求，所以就放弃了。选用了口部朝下的底平面朝上的工艺，通过阶梯冒口布置，确保关键区域没有缺陷，符合无损检测的等级要求，如图 5 是整个浇注后温度场的分布图，图 6 是模拟的缺陷分析图，根据模拟的结果，铸件本身没有什么缺陷，就按此开模具，安排组织生产。

图 5　温度场分布
Fig.5　Terrperature field distribution

4　生产过程

图 7 中的照片真实反映每个生产过程，从射壳、流涂、合箱、清理落砂到气割等工序。图 7(a)是射好的外壳顶芯顶出，图 7(b)是芯壳搬运到生产线上，图 7(c)是流涂完成，图 7(d)是下芯完成，图 7(e)合模装夹过程，图 7(f)合模完成等待浇注，图 7(g)是浇注完成型砂自动溃散，图 7(h)是铸件落砂等待气割。

图 6　缺陷分析
Fig.6　Defect analysis

5　铸件质量及其检查

5.1　浇注的化学成分及其力学性能的检测结果

通过自己公司的检测和第三方 SGS 的检测，铸件的试棒、本体都完全符合顾客标准，尤其是铸件本体的冲击值，大幅高于标准，顾客也给予了高度评价。铸件的化学成分及力学性能见表 3，表 4。

5.2　铸件尺寸扫描检测

用 Creaform 3D 对整个铸件进行扫描，用铸件的实际轮廓和设计的三维图进行重合，通过颜色判断铸件尺寸是否超差，红色为多肉区域，蓝色为缺肉区域，正常的显示为绿色，尺寸拟合检测图和铸件成品如图 8。

5.3　铸件无损检测和顾客装配验证

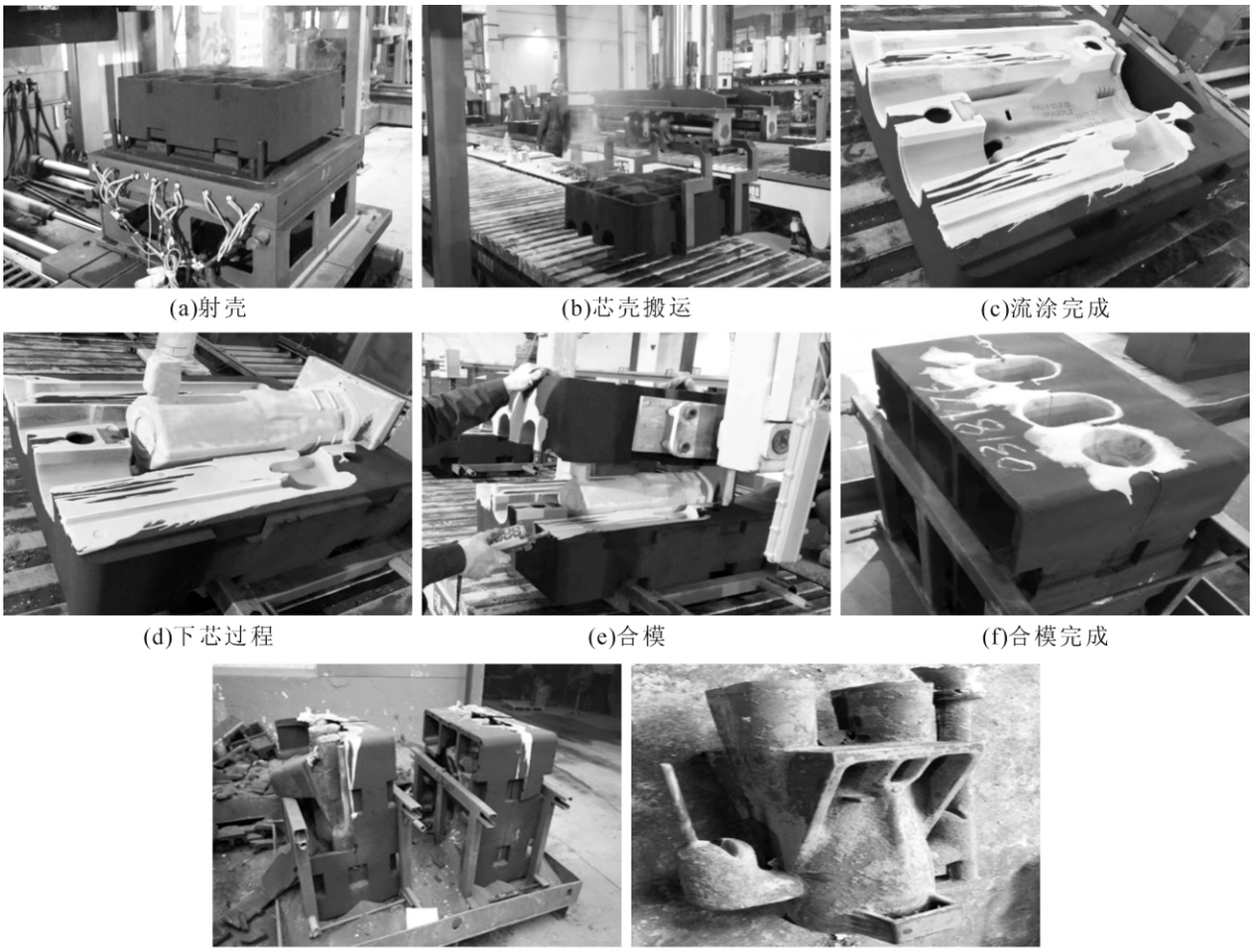
后续铸件在做磁粉检测的过程中没有发现裂纹，超声波检查也没有发现缺陷，解剖断面也没有发

表3 铸件化学成分 *w*(%)
Tab.3 Chemical composition requirements of the casting

元素	C	Si	Mn	P	S	CE	Cr	Mo	Ni	V
标准	≤0.32	≤1.50	≤1.85	≤0.04	≤0.04	≤0.88	-	-	-	-
试棒 1	0.0281	0.39	0.88	0.021	0.009	0.7	0.61	0.15	0.01	0.01
试棒 2	0.278	0.45	0.95	0.025	0.012	0.72	0.55	0.16	0.01	0.01
试棒 3	0.282	0.41	0.92	0.025	0.013	0.74	0.58	0.15	0.01	0.01
试棒 4	0.286	0.43	0.90	0.024	0.010	0.73	0.62	0.14	0.01	0.01

表4 铸件的力学性能指标
Tab.4 Mechanical properties of casting

	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率(%)	断面收缩率(%)	-40℃冲击功		本体硬度(BHN)
					试棒 /J	本体 /J	
标准	795	655	14	30	27	20	241-302
试棒 1 自检	955	820	16	36	62/66/59	-	281
试棒 2 SGS	950	825	15.5	38	66/64/66	-	285
本体 1 自检	915	805	14.5	34	-	52/56/56	274
本体 2 SGS	905	810	14	37	-	56/54/55	271

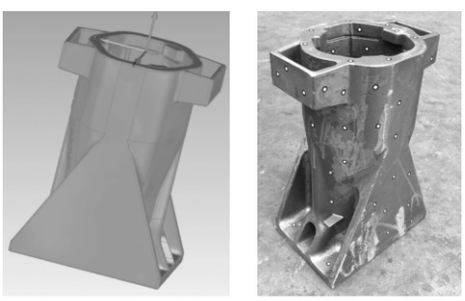


(a)射壳 (b)芯壳搬运 (c)流涂完成

(d)下芯过程 (e)合模 (f)合模完成

(g)浇注后溃散 (h)铸件落砂

图 7 生产过程照片
Fig.7 Production process photos



(a)尺寸拟合检测图 (b)铸件照片

图 8 检测图及铸件实物
Fig.8 Detection drawing and casting

现缺陷,样品一次性发 6 件给客户,客户的各项检测都是合格,装机验证合格,现在已经批量生产。

6 结束语

经过精心工艺方案论证,采用可靠的工艺技术措施和周密的生产过程安排，产品的化学成分、力学性能、外观尺寸、内在质量均达到并超过了顾客的技术标准，达到国际同类产品的先进制造水平,也得到了顾客的充分肯定。通过用邦尼树脂温硬化组芯工艺，为水玻璃熔模铸造工艺中的中大件生产找到了新的工艺方法,也为劳动密集、环境污染的传统水玻璃熔模铸造工艺找到了绿色环保转型升级的方向。

邦尼树脂温硬化组芯工艺，射砂成型尺寸精度好,芯壳强度高,可以通过机械手流水线实现大批量的生产,浇注完成后溃散性好,铸件表面光滑,型砂实现 95%以上的再生回用,环境友好,树脂本身不含苯酚和甲醛,有利于操作人员的身体健康,值得推广使用。

参考文献:

[1] 林结良，邓成尧，刘兵. 国内外货车缓冲器技术与标准对比[J]. 铁道技术监督,2014, 42(10): 26-33.

[2] 李传栻. 铸钢及其熔炼[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.