DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.02.007

新型链式车钩铸造工艺设计与应用研究

刘跃辉,杜志强,王虎明,樊　超,韩　宝,前里舸尔,李卫国,刘　江,王　瑞
(内蒙古第一机械集团股份有限公司 第一分公司,内蒙古 包头 014032)

摘　要:新型链环连接方式车钩是一种新型差异化车钩,具有曲线横向灵活摆动的优势特征。主要应用于北美机车车辆,是机车车辆零部件系统重要组成部分。针对新型链式车钩的产品结构、设计要求、技术难点、功能需求,使用铸造CAE模拟仿真技术,优化铸造工艺设计。成功试制了新型链式车钩,通过产品检测,实现了批量供货。

关键词:新型链式车钩;模拟仿真;优化工艺
中图分类号:TG269　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)02-0101-04

Casting Process Design and Application of a New Type of Chain Coupler

LIU Yuehui, DU Zhiqiang, WANG Huming, FAN Chao, HAN Bao, QIAN Ligeer, LI Weiguo, LIU Jiang, WANG Rui
(Inner Mongolia First Machinery Group Co., Ltd., First Branch, Baotou 014032, China)

Abstract: The new type coupler with chain link connection was a new type of differential coupler, which had the ad vantage of curve lateral flexible swing. It was mainly used in North American rolling stock. It was an important part of rolling stock parts system. According to the product structure, design requirements, technical difficulties and functional requirements of the new chain coupler, casting CAE simulation technology was used to optimize the casting process design. The new chain coupler has been successfully trial-produced. through product testing, the mass supply has been realized.

Key words: new type chain coupler; simulation; optimize the process

车钩是连接铁路机车与车辆之间的关键部件,它直接关系到列车的运行安全和可靠性。随着铁路运输不断向高速和重载方向发展,列车的纵向冲击力急剧增加,车钩接触面摩擦磨损严重,原有 车钩的性能已越来越难以满足现代的要求,因此,有必要对车钩进行优化设计,提高其结构强度。

1　链式车钩简介

链式车钩应用于机车车辆上,是机车车辆重要的组成部分,该链式车钩作为一种有别于国产车钩的差异化车钩,其运用链环连接方式,与国产车钩连挂方式相比,具有曲线横向灵活摆动的优势特征。采用左、右螺旋装置紧固链环,牵引定数为3 000~ 3 500 t,是销往全球符合AAR标准市场的铁路车辆产品。主要技术参数见表1。

收稿日期:2020-09-01
作者简介:刘跃辉(1988-),内蒙古包头人,学士,工程师.主要从事铸造成型工艺及计算机模拟.电话:15847272752,E-mail:815413846@qq.com
通讯作者:樊　超(1984-),内蒙古包头人,学士,工程师.主要从事铸造成型工艺及计算机模拟.电话:15904728886,E-mail:fc15904728886@163.com

表1　机车车钩主要技术参数
Tab.1 Main technical parameters of locomotive couplings

1	轮廓 /mm	860×419×375
2	材料	E级钢
3	上、下耳孔距离 /mm	$205.6^{+2.9}_{-0.6}$、84
4	尾销孔尺寸 /mm	67±3.2、$200^{+0}_{-3.6}$
5	尾部高度尺寸 /mm	$66.5^{+0}_{-3.6}$

新型链式车钩开锁方式为上、下作用多功能操作方式,该钩体尾部结构为蝶尾折叠式。钩身需焊接耐磨耗板。最突出特点为:钩体设有两对耳孔,见图1,耳孔内穿销对孔内光洁度和孔的偏心度,双耳间距都有严格要求。连接轮廓符合S-106标准10A轮廓。

2　钩体执行参数及依据标准

(1)化学成分要求依据M-201,见表2。

表2 化学成分 *w*(%)
Tab.2 Chemical composition requirements

	C	Mn	P	S	Si
C级,D级和E级钢	0.32	1.85	0.04	0.04	1.50

(2)材质性能要求依据ASTM A370,见表3[1]。

(3)动态撕裂试验和无延塑性转变试验的温度要求依据ASTM A370,见表4[1]。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

图 1 新型链式车钩
Fig.1 New chain coupler

表 3 材质性能要求
Tab.3 Material performance requirements

	抗拉强度 /MPa	屈服点 /MPa	伸长率(%)	断面收缩率(%)
E 级	872	689.5	14	30

表4 动态撕裂试验和无延塑性转变试验的温度
Tab.4 Temperature of dynamic tear test and plastic transition test without extension

铸钢	试验温度度 /℃
E 级	−51

(4)冲击试验　铸钢应通过试验标准的夏比 V 型缺口“A”型试样测得冲击性能。试样应如 ASTM A370 标准中的一致。一次冲击试验药测定从同一熔炼炉次制取的 3 根冲击试样的吸收功的平均值。试验结果应符合下列规定温度的最低要求,见表 5[1]。

表 5 冲击试验规定温度
Tab.5 Specified temperatures for impact tests

铸钢	温度 /℃	功 /J
E 级	−40	27

(5)硬度　铸钢件的硬度必须处在如下的布氏硬度范围内,见表 6[1]。

表 6 硬度要求
Tab.6 Hardness requirements

材料等级鉴定	BHW(布氏硬度)范围
E 级	241~311

(6)表面质量确定,依据 SCRATA 表面对比样块,进行表面质量确定。

(7)焊接程序依据 AWS D15.1 汽车与机车铁路焊接规范。

(8)探伤依据 ASTM E709 磁粉检测指导标准执行。

(9)静态拉伸验证试验依据 M-211 要求,见表 7[1]。

(10)铸件密实度评价区域应依据表 8[1,2]和图 2 解剖区域进行重要等级评判。

(11)依据制造商机械协会(MCSCM)100%进行样板检查。

(12)装配好的车钩应进行 3 态(全开、闭锁、开锁)作用的检查,保证 3 态灵活。

表 7 钩体和钩舌静态拉伸验证试验
Tab.7 Requirements for static tensile verification test of coupler and knuckle

	永久变形试验		最小终止载荷 /kN
	载荷 /kN	最大变形 /mm	
钩舌	1 778	0.76	2 890
钩体	3 111	0.76	4 000

表 8 最大重要等级
Tab.8 Maximum importance rating

元件类型	解剖区域						
	A	B	C	D	E	F	G
E 型钩体头部	3	5	4	4	4	2	
E 型车钩钩身	4	4	—	—	—	—	—

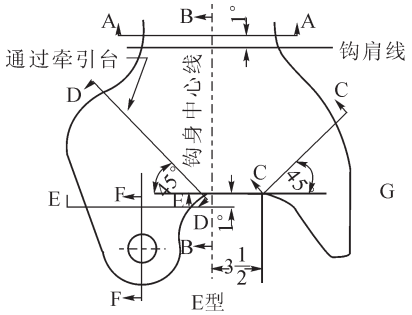

图 2 解剖位置示意图
Fig.2 Internal solidity section cut location

3 工艺难点

(1)车钩连挂方式由钩舌与钩舌连接设计为钩舌与链环连接方式，达到最小终止载荷 900 000 lb，最大永久变形小于 0.03in。

(2)车钩两对耳孔的横、纵向位置结构设计满足链式连接应用。

(3)机车车钩尾部水平轨道曲线横向摆动方式的设计研究。

(4)铸件壁厚不均,且壁厚小于以前生产的各类车钩,空间尺寸多,形状极不规则,铸造工艺性差。

4 试制情况

4.1 试制过程

(1)制定全流程工艺流程监控系统,保证产品全工序、各项工艺指标的有效执行,见图 3。

(2)采取搭接式中注浇注系统,见图 4。

(3)通过使用铸造 CAE 模拟仿真技术,精确校核减小系统求解热物性参数与钢种材质理论要求参数之间的误差，辅助提高钩体铸造工艺设计的科学性与可靠性。

(4)设计冒口 2 个,钩体头部和尾部各一个冒口, No.1 发热保温冒口、No.2 冒口为型砂普通腰形

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

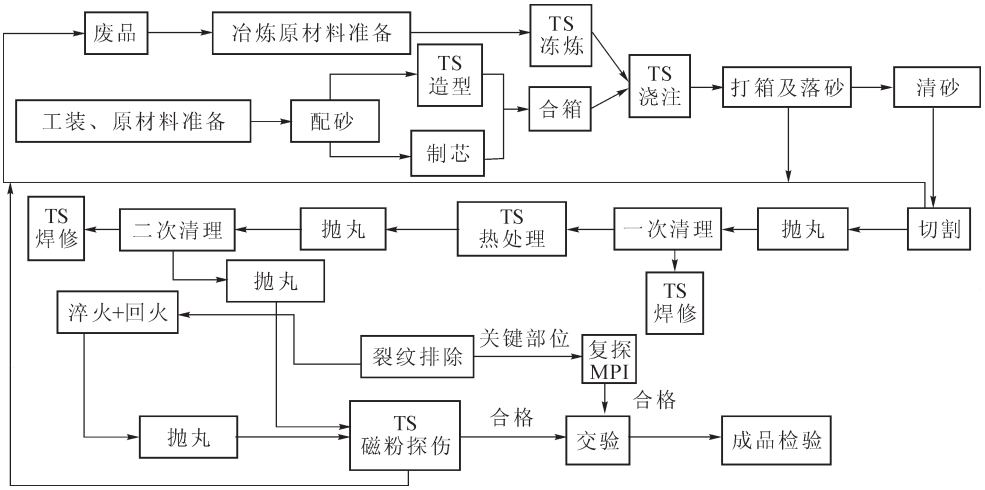

图 3 工艺流程图
Fig.3 Process flow chart

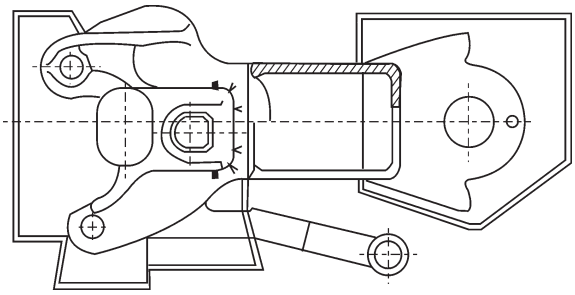

图 4 浇注系统设计
Fig.4 Design of pouring system

暗冒口,见图 5。

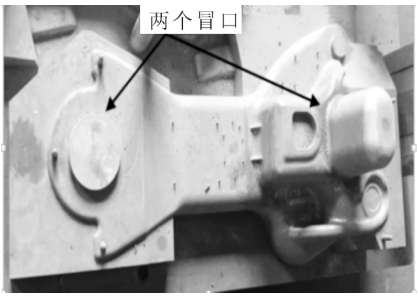

图 5 钩体金属型板显示构体头尾各一个冒口
Fig.5 Coupler metal pattern plate showing a riser at each ends

(5)为确保钩体耳距尺寸,将形成耳孔的型芯预埋在 No.3 整体芯上,有效控制精密装配尺寸,耳孔芯采用树脂砂打制,见图 6。

(6)为确保钩体尾部 67±3.2、$200^{+0}_{-3.6}$ 尺寸,设计 No.7 芯,将尾部蝶形由型芯带出,保证铸件尺寸的精确度和铸件形状的完整,见图 7。

(7)钩体双耳同轴度有严格要求,试制采用水玻璃砂芯预埋耳孔芯形成整体的 NO.2 芯,保证上、下耳孔同轴度,见图 8。

(8)采用内、外冷铁与特种砂相结合的方式,利用特制内冷铁和外冷铁对热节较大部位进行激冷,确保钩体符合顺序凝固原则,保证钩体内部密实度

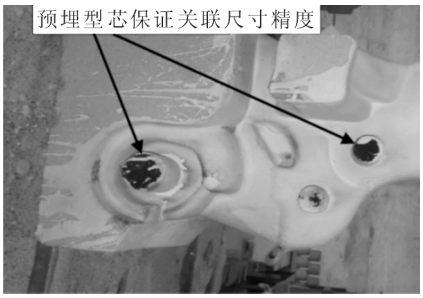

图 6 钩体整体芯
Fig.6 Integral core of coupler

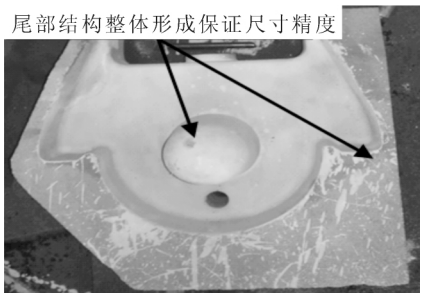

图 7 钩体尾部型芯
Fig.7 Coupler shank core

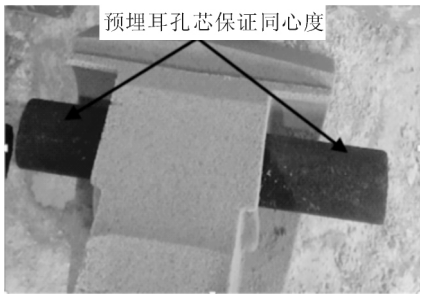

图 8 链式耳孔型芯
Fig.8 Chain pin hole core

符合标准要求。

(9)热处理工艺方案。本钩体采取淬火+回火热处理工艺。具体工艺要求见表 9。

4.2 试验结果及各指标符合性

(1)对试制钩体样件进行解剖并做密实度检查,

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 9 钩体热处理工艺

Tab.9 Coupler heat treatment process

状态	装炉温度/℃	升温时间/min	保温温度/℃	保温时间/min	冷却方式、时间
淬火	≤750	230~730	920±15	235~300	水冷≥15 min（水温 15~50 ℃）
回火	≤450	≥120	540~595	235~300	空冷≥150 min
补充回火	≤100	≥90	120~150	135~165	空冷≥150 min

符合 AAR 标准中 M-211 技术条件要求规定。

(2)试制新型链式车钩的化学成分、晶相组织、铸件表面硬度、静拉力试验、动态撕裂试验、力学性能、磁粉探伤、尺寸划线、装配检查均符合产品图样及各项相关技术条件的要求。后续批量生产 550 套新型链式车钩，现已交付铁路车辆客户手中，优质可靠的产品质量，得到了客户的一致认可和好评。

5 总结

(1)在新型链式机车车钩铸造工艺设计研究过程中，科学使用铸造 CAE 模拟仿真技术，辅助提升了选用铸造工艺设计参数的合理性和可靠性。

(2)针对新型链式机车车钩对工艺技术难点，采取有效措施，使批量化生产的车钩铸件质量综合合格率达到了 97.2%以上，显著降低了生产成本。

参考文献：

[1] 张昌骐. 关于美国 AARM-201《铸钢件》标准的讨论[J]. 机车车辆工艺，2007，(5)：26-27.

[2] 李新亚. 铸造手册[M]. 北京：机械工业出版社，2011.

诚聘英才

大风起兮“梦”飞扬，安得猛“士”兮守四方！

只要你有梦想，有才华，有担当，尊龙就能给你翱翔的广阔天空！

青岛尊龙耐火材料有限公司是专业服务于铸造业的知名生产厂商。是中国铸造协会授予的“中国铸造用耐火材料生产基地”和“全国铸造材料金鼎奖(酸性炉衬料)”荣誉称号的唯一获得者。根据业务发展需要，面向全国范围诚聘以下销售管理人材：

大区经理 5 名

岗位简述：

1.省际范围的业务开发、维护及本区域销售团队的建设和管理

2.对本区域销售指标和的完成和利润情况负总责

薪资：底薪＋提成＋区域总利润绩效(含职务补贴)

服务中心经理 4 名(男女不限)

岗位简述：

1.服务中心人、财、物全面管理和调配

2.负责开发、服务、维护中心所辖区域内的所有客户

3.对公司下达的销售和利润指标负总责

区域范围：以服务中心为圆心，半径 100 公里的圆形范围

薪资：准承包制(底薪＋提成＋中心利润分红)

任职资格

诚信正直、公正担当，事业心和责任心强。28-45 岁，本科以上学历；六年以上销售工作经验，三年以上销售团队管理经验；同时具备营销策划、渠道拓展、领导团队等能力；能够创建并培育一支向心力强、骁勇善战的销售、服务队伍。

联系方式

王女士：15165227137　吕　总：15215326137

公司地址：青岛胶州市北关工业园山东道 50 号

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net