DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.10.027

动车组底板铸造弹簧销裂纹分析及优化

李树海
(中车青岛四方机车车辆股份有限公司 技术中心,山东 青岛 266000)

摘　要:针对动车组底板铸造弹簧销裂纹故障,从结构、工艺、仿真、断口等方面进行了分析,故障原因是由于弹簧销壳体底部尺寸过小,且质量过程控制不严,导致铸件本身存在冷隔、缺肉等缺陷,在装车使用过程中扩展而产生裂纹。优化措施为加大壳体底部高度及厚度尺寸,以增大此处金属熔液通行截面积,改善其充型能力,降低铸造缺陷;细化产品检验要求,对产品外观状态进行全检筛选,杜绝缺陷产品装车。

关键词:动车组底板;弹簧销;裂纹;铸造缺陷;冷隔

中图分类号:TG245　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)10-1127-03

Crack Analysis and Optimization of Casting Spring Pin on Bottom Plate of EMU

LI Shuhai
(R&D Center, CRRC Qingdao Sifang Co., Ltd., Qingdao 266000, China)

Abstract: The crack fault of cast spring pin on the bottom plate of EMU was analyzed from the aspects of structure, technology, simulation and fracture. The reason for the failure is that the bottom size of the spring pin shell is too small, and the quality process is not strictly controlled, which leads to the defects of the casting itself, such as cold insulation, misrun, etc., and cracks occur during the process of loading and using. The optimization measures are to increase the height and thickness of the bottom of the shell to increase the cross section area of molten metal, improve its mold filling capacity and reduce casting defects. Refine product inspection requirements, conduct full inspection and screening of the appearance of products, and eliminate the loading of defective products.

Key words: EMU bottom plate; spring pin; crack; casting defects; cold insulation

高铁带给人们“快捷、高效、舒适”乘车感受的同时,其安全性越来越受到大众的关注。对于设计师而言,全寿命周期内动车组的安全性需着重考虑,其中,防脱是一项重要指标。底板作为车辆的重要部件之一,一般采用多重防脱措施,以确保结构的高安全可靠性能。

以下为某型号动车组下部底板上的铸造弹簧销,在运用过程中曾出现裂纹故障,裂纹位置如图 1 所示。通过对弹簧销裂纹故障进行深入分析,并提出有效的优化措施,确保了动车组的运用安全。

1　底板及弹簧销结构介绍

底板采用滑道式抽拉结构,置于横梁 3 上方,两侧通过螺栓 5 进行固定,弹簧销 2 安装于底板 1 侧面,通过销柱与下边梁 4 预留眼孔配合实现防脱功能。底板正常安装状态下,弹簧销不承载,主要起到二次防脱作用,防止在安装螺栓失效的情况下,底板脱出。其结构示意如图 2 所示。

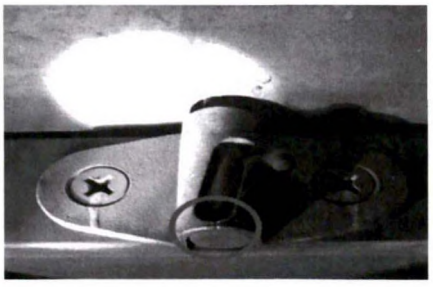


图 1 底板弹簧销裂纹位置
Fig.1 Crack location of bottom plate spring pin

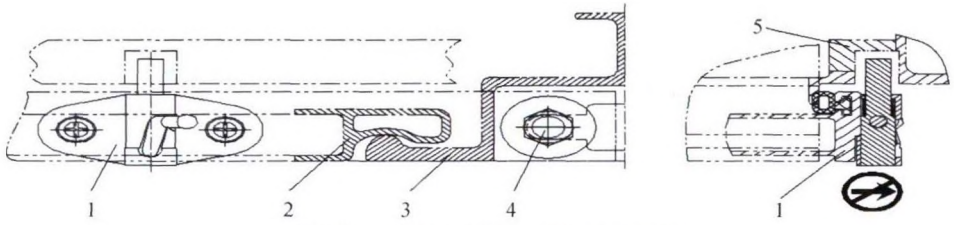
弹簧销为不锈钢铸造结构,由壳体 1 (铸造结构)、销柱 2、弹簧 3 等组成,销柱在弹簧作用下,可分别处于上、下位置的关、开状态。其中螺旋槽最底部距离外边缘尺寸为 1.8 mm,壁厚为 1.6 mm,尺寸较小,结构及尺寸如图 3 所示。

2　弹簧销裂纹原因分析

2.1　现车调查分析

经现车调查,发现部分弹簧销底部表面存在裂

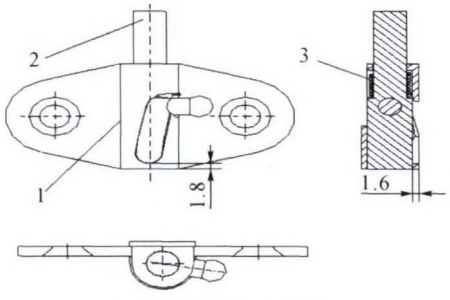
收稿日期:2019-06-21
作者简介:李树海(1978-),山东青岛人,高级工程师.研究方向:铁道车辆车体系统研发设计.电话:15066859706,E-mail:lishuhai.sf@crrcgc.cc



1- 弹簧销;2- 底板;3- 横梁;4- 螺栓;5- 下边梁

图 2 底板安装结构

Fig.2 Installation structure of bottom plate



1- 壳体;2- 销柱;3- 弹簧

图 3 弹簧销结构及尺寸

Fig.3 Structure and dimension of spring pin

纹、冷隔、缺肉等缺陷,如图 4 所示。

2.2 铸造工艺调查分析

弹簧销壳体采用传统的精密铸造(熔模铸造)工艺。对铸造工艺现场进行调查,发现部分弹簧销底部表面存在冷隔、缺肉等现象。由于精密铸造生产过程比较复杂,影响铸件质量的因素颇多,如合金流动性,浇注温度、速度及铸型温度,铸型排气能力等,另外,铸件壁厚对充型能力也有相当的影响,这些因素综合控制不当,则铸件容易出现冷隔(铸件虽有完整外形,但存在未完全熔合的垂直接缝)、浇不足、缩孔、缩松、夹渣、气孔、缺肉、变形、裂纹等缺陷,通常这些缺陷对铸件质量有着严重的影响,导致一定的废品率。产生冷隔及缺肉的原因分析如下:

(1)冷隔　弹簧销壳体底部厚度较薄、高度方向尺寸较小,若无相应工艺补偿措施,浇注时,金属熔液流经此处时冷却较快,流动性变差,在型腔被填满之前,形成的晶粒将充型的通道堵塞、金属液被迫停止流动,导致充型不足,产生冷隔或浇不足缺陷。

(2)缺肉　在蜡模修整过程中为纯手工刮刀修复,对操作人员的要求较高,修整质量有一定的离散性,当存在过修的情况时,最终成品则会出现缺肉缺陷。

2.3 结构仿真分析及试验验证

模拟弹簧销的开关情况对其进行仿真分析,弹簧销底部的应力为 70.9 MPa,低于材料的屈服强度 205 MPa,满足强度要求,仿真结果如图 5 所示。另外,根据全寿命周期内弹簧销开关次数,对其(无铸造缺陷)进行 5 000 次开关试验,均未发现裂纹。

2.4 断口分析

抽取 3 个故障件进行断口分析,分析断裂属于过载韧性断裂,在断口外侧可见韧性撕裂韧窝,断口形貌如图 6 所示。

2.5 分析结论

综上,弹簧销底部裂纹原因为:弹簧销壳体底部尺寸过小,其铸造充型能力差,且质量过程控制不严,导致铸件本身存在冷隔、缺肉等缺陷,在弹簧冲击载荷作用下产生过载韧性断裂。

3 优化措施

(1)结构优化　将壳体螺旋槽底部距外边缘尺寸由 1.8 mm 加大为 4.0 mm,厚度由 1.6 加大为 2.1,以增大金属熔液通行截面积,改善其充型能力,降低铸造缺陷。优化后结构如图 7 所示。

(2)细化产品检验要求　细化产品检验要求,

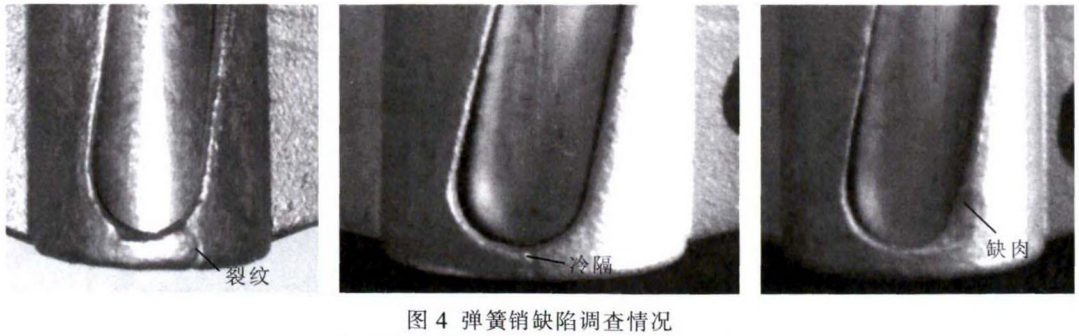


图 4 弹簧销缺陷调查情况

Fig.4 Investigation on defects of spring pins

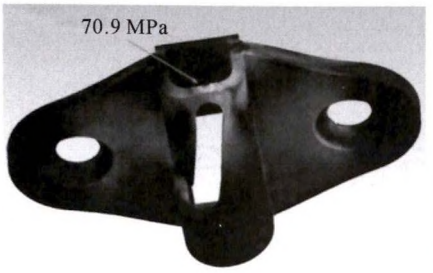


图 5 弹簧销应力云图
Fig.5 Stress nephogram of spring pin

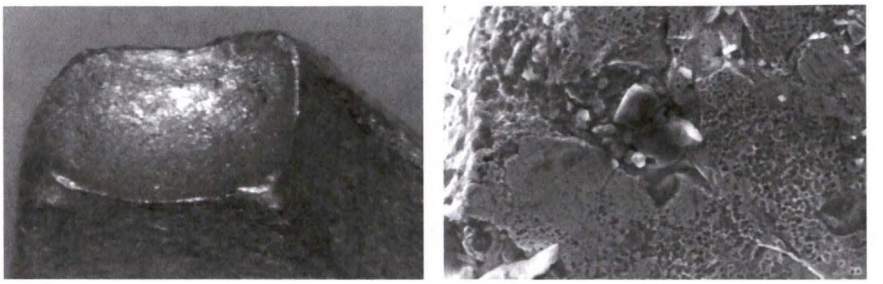


图 6 故障件断口分析
Fig.6 Fracture analysis of faulty parts

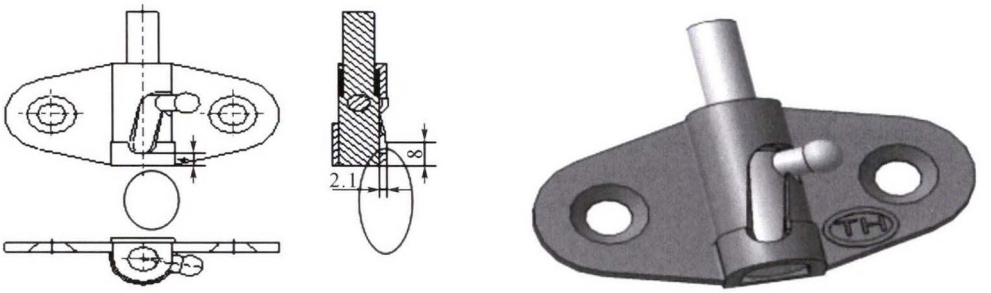


图 7 优化后结构
Fig.7 Optimized structure

加强产品质量过程控制。对每个铸件表面状态进行全检筛选，并增加检验记录，消除铸造缺陷产品，确保质量万无一失。

4 结语

底板铸造弹簧销结构经优化后，改善了铸造性能，降低了铸造缺陷发生率；并通过细化产品检验要求，杜绝了铸造缺陷产品的装车使用。底板弹簧销在运用过程中未再出现裂纹故障，保障了动车组的运用安全。

参考文献：

[1] 邓文英. 金属工艺学[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 1991.

（上接第 1126 页）

大，其位置愈接近表面硬化层。随着硬化层深度的增加，最大拉应力的峰值向中心移动，拉应力峰值逐渐减小；反之，随着硬化层深度的减小，拉应力峰值增大，其位置向表面移动[5]。当各种应力综合作用使拉应力峰值大于齿面该处材料的抗断强度时，就会造成齿面开裂。

5 结论

双联齿轮中的裂纹是典型的弧形裂纹，主要是高频感应淬火时，淬硬层深度分布不理想引起的。当感应器与工件间隙过小、感应器喷水孔分布不均匀、同时加热工件安装偏心时，都有可能引起工件局部淬硬层深度不均匀的现象发生。

参考文献：

[1] 李泉华. 热处理技术 400 问解析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
[2] 刘永铨. 钢的热处理[M]. 北京: 冶金出版社, 1987.
[3] 姜江, 彭其凤.表面淬火技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
[4] 孙盛玉, 戴雅康. 热处理分析图谱[M]. 大连: 大连出版社, 2002.
[5] 王广生. 金属热处理缺陷分析及案例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1983.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2020 年《铸造技术》杂志
国内邮发代号:52-64　国外发行号:M855　国内定价:25 元/本　海外定价:25 美元/本