

Failure Analysis and the Optimization for the Static Pull Test of Steering Knuckle

Derong Zhang, Hong Zhou

College of Automobile, Tongji University, Shanghai
Email: zhangderong199011@163.com

Received: Mar. 13th, 2019; accepted: Apr. 1st, 2019; published: Apr. 8th, 2019

Abstract

The suspension parts that support the wheel bearings are called knuckle [1]. When the wheel knuckle is used on the steering bridge, it is also called the "steering knuckle". Due to the special safety of the steering knuckle, most of the OEM needs to complete a series of tests such as bench test, among which static pull test is the key one. In this article, combined with the actual case, aiming at the steering arm static tension test failure reason of knuckle, we analyze the influenced factors, including the number and the shape of the graphite ball on the casting of mechanical properties. Then aiming at the relative defects, a new foundry process was designed, and then the optimized process was analyzed by finite element method. After confirming the feasibility of the scheme, we trial-produce the new sample, and then test and verify it. After analysis and experimental verification, it can be concluded that: 1) the number of graphite balls and the shape of graphite have a great influence on the mechanical properties of the parts; 2) on the premise of not changing the chemical composition, the number, shape and size of graphite balls can be effectively improved by improving the riser position.

Keywords

Steering Knuckle, Optimization for the Static Pull Test for the Steering Knuckle

转向节静拉强度失效的原因分析和优化

张德荣, 周 鋈

同济大学汽车学院, 上海
Email: zhangderong199011@163.com

收稿日期: 2019年3月13日; 录用日期: 2019年4月1日; 发布日期: 2019年4月8日

摘要

支撑车轮轴承的悬架零件被称为车轮支架。当车轮支架用在转向桥上时, 也可称为“转向节” [1]。因为转向节的特殊的安全性, 主机厂/配套厂需要完成台架等一系列试验, 静拉试验就是其中关键的一项。本文主要结合实际案例, 针对转向节的转向臂静拉试验失效原因, 从石墨球数以及石墨形状对铸造的机械性能的影响的角度, 做详细的分析。针对相关缺陷, 设计新的铸造工艺冒口, 然后通过有限元计算, 对优化后的工艺进行模流分析。确认方案可行之后, 试制新的样件, 然后对其进行试验验证。经过分析和试验验证, 可以得出: 1) 石墨球数、石墨形状对零件的机械性能影响很大; 2) 在不改变化学成分的前提下, 通过改善冒口位置, 可以有效改善零件的石墨球数、形态和大小。

关键词

转向节, 转向节静拉强度分析

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 转向节静拉试验及结果

转向节在开发过程中, 需要完成转向臂静拉试验。

试验示意图如下所示, 将转向节固定在一个夹具上, 然后, 通过 MTS 液压缸, 在转向臂处加载一个力 F_{Zug} 。直至转向臂被拉断, 然后记录该最大的力 F_{Zug} 。见下图 1 示意图所示。

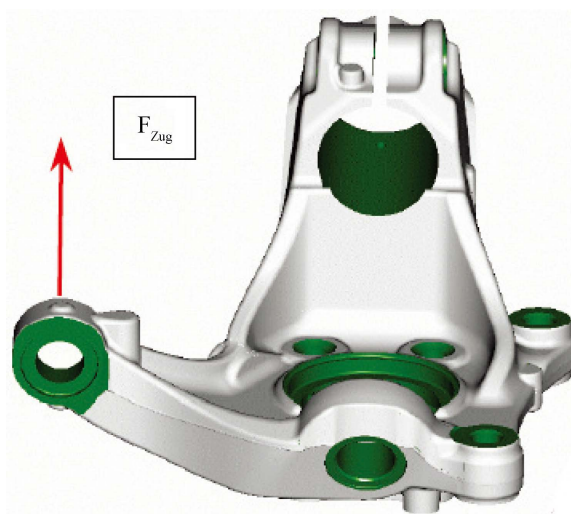


Figure 1. Principle's picture for the test

图 1. 试验示意图

台架搭建完成后, 如下图 2 所示。

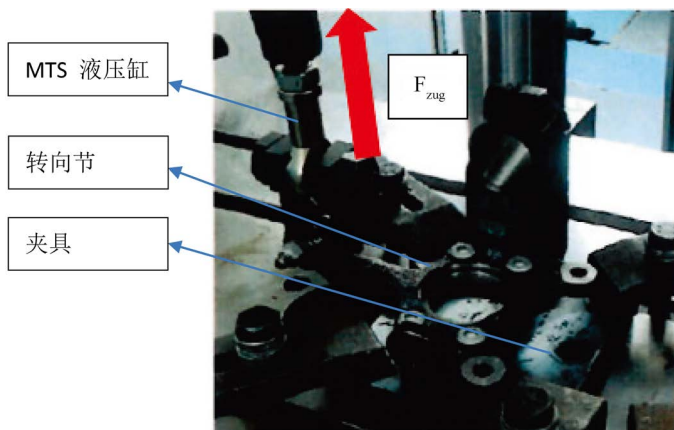


Figure 2. Bench test's picture for this test
图 2. 试验台架图

根据试验结果, 在对该转向节完成了 8 个零件的试验后, 只有其中的 3 个零件的 F_{zug} 达到要求值 30 KN。试验数据和曲线如下表 1 和图 3 所示。

Table 1. The result of the test
表 1. 转向节静拉试验结果

Curve	Fmax (KN)	Fmax (KN)
R1	29.41	
R2	28.15	
R3	29.84	
R4	30.12	
L1	32.39	20.15~32.39
L2	31.00	均值: 29.90
L3	28.79	
L4	29.46	

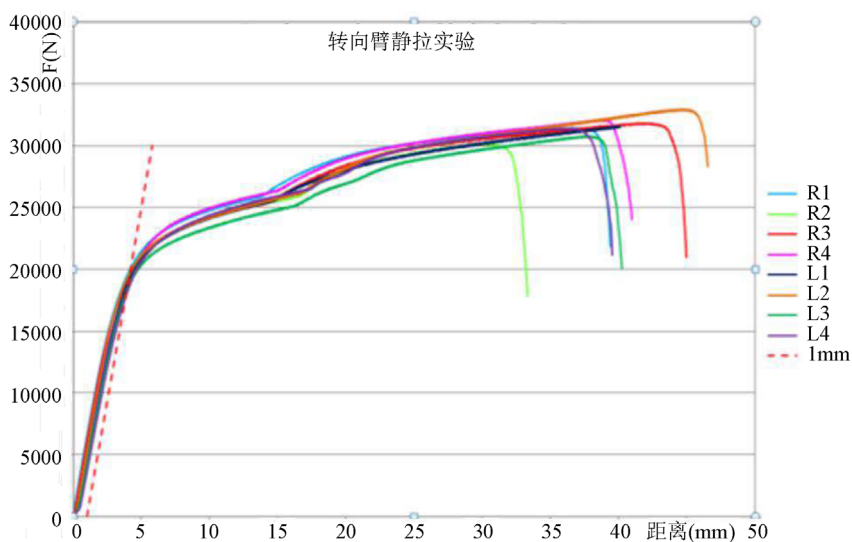


Figure 3. The curves for the test's result
图 3. 转向节静拉试验结果曲线

2. 试验结果分析

针对失效件进行了分析, 发现失效件的失效位置均为转向节的 ABS 孔周围区域。

在确认试验台架搭建合格后, 对失效件的 ABS 孔周围区域进行金相分析, 对比下图 4 所示正常位置处的金相, 发现失效零件断裂位置处的石墨球较大, 球数量少, 且圆整度差, 见下图 5 所示。

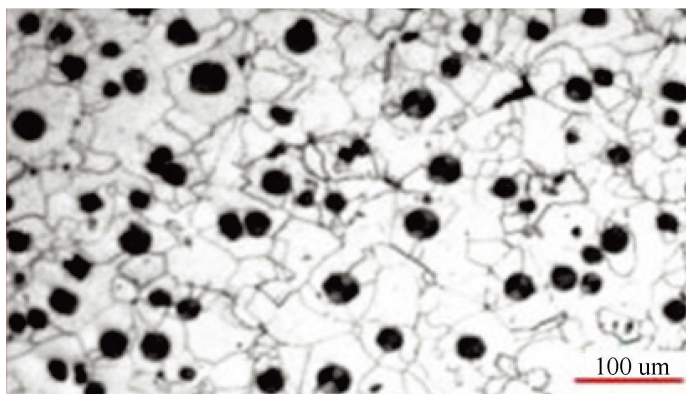


Figure 4. Metalloid for the good part

图 4. 合格件的金相

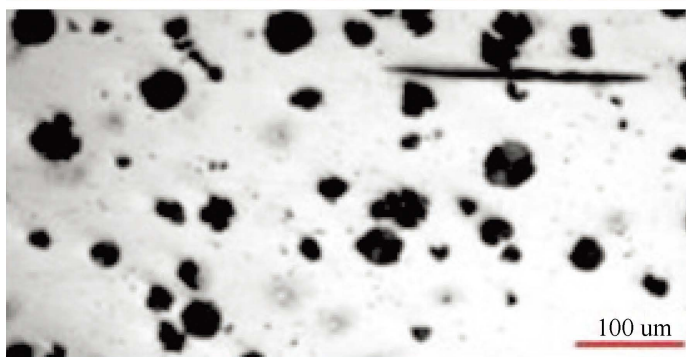


Figure 5. Metalloid for the crack's position

图 5. 失效位置处金相

3. 理论分析

3.1. 石墨球数对机械性能的影响

针对铸铁, 一般认为, 基体组织中的铁素体和珠光体含量决定着机械性能。当珠光体增加时, 其抗拉强度、屈服强度和硬度都会相应的增大, 而其延伸率反而会下降。

而影响基体组织的因素除了球铁共晶凝固的冷却速度之外, 石墨球数也对基体珠光体和铁素体的转变有重要影响。

针对珠光体基球铁, 石墨球数降低, 抗拉强度显著下降。石墨球数增加, 抗拉强度也随之提高[2]。

该转向节为珠光体基球铁, 所以, 为了增加该转向节的抗拉强度, 根据上述理论分析, 应增加石墨球数。

3.2. 石墨形状对机械性能的影响

球墨铸铁的高强度高韧性主要是由于球形石墨对机体的割裂作用最低, 应力集中作用最小, 可以将基体的性能充分发挥, 一旦石墨开花或产生蠕虫状石墨会使球墨铸铁的性能急剧恶化这也就是通常所说的球化不良。最终, 导致强度较低。

所以, 除了石墨球数对机械性能有一定的影响之外, 石墨的形态也对其机械性能有一定的影响。

对此, 张永振, 徐晓峰等在石墨数量基本相当的前提下, 系统地研究了石墨形态对铸铁机械性能及干摩擦磨损性能的影响。他们的研究结果证明: 球状石墨比例越高, 其机械性能越高。当石墨形态完成成为球状时, 它具有最高的机械性能[3]。

所以, 经上述分析, 需在增加石墨球数的同时, 对石墨形态进行优化, 使其尽量圆整。

3.3. 优化方案

针对上述, 当石墨球数减小且石墨形状不圆整时, 抗拉强度降低。所以需对其进行优化, 使该 ABS 孔处区域的石墨球数尽量多, 并且形状尽量为球状。

对于石墨球数, 其主要有两大影响因数: 工艺过程和合金元素。

第一、工艺过程的影响:

- 1) 孕育后铁液保持时间长, 石墨球数减少, 孕育后瞬间的铁水浇注可产生较高石墨球数;
- 2) 冷却速度越快, 石墨核心尺寸越小, 石墨球数越多。

第二、合金元素的影响:

在相关条件下, 各种合金元素, 比如 Mg, Al, Na 等都会影响石墨球数。

对于石墨的圆整度, 其主要受到孕育效果及冷却条件的影响。

在铸造过程中铁水孕育条件一致, 因此冷却条件就成为影响石墨形态的主要因素, 工艺设计中, 通常情况下设置冒口为了补缩需要必须有足够的热节并且要晚于铸件凝固, 这就导致了其与铸件连接的冒口颈的位置温度过高, 冷却速度过慢, 其石墨形态也相对较差, 上述实验过程中零件的应力集中位置与铸造工艺中的冒口颈位置重叠(即 ABS 孔处)其石墨状态加剧了零件的失效, 因此导致实验失败。

所以, 经过上述分析, 在不改变化学成分(即不改变合金元素成分及含量)的前提下, 对生产工艺进行适当的优化, 既可以有效解决石墨球数少的问题, 又可以解决石墨形状不圆整的问题。

最终确定优化方案为: 将铸造工艺由边冒口(老工艺)改为中心冒口(新工艺)。如下图 6 所示。

4. 优化方案验证

经过对这两种工艺的充型 - 凝固模流分析, 见图 7, 发现新工艺较老工艺相比有诸多优点:

- 1) 新工艺充型更加平稳;
- 2) 新工艺凝固过程中中心轴承孔处没有孤立液相;
- 3) 新工艺在轴承孔边未发现缺陷;
- 4) 新工艺在 ABS 孔处及主销孔处石墨球数多于老工艺。

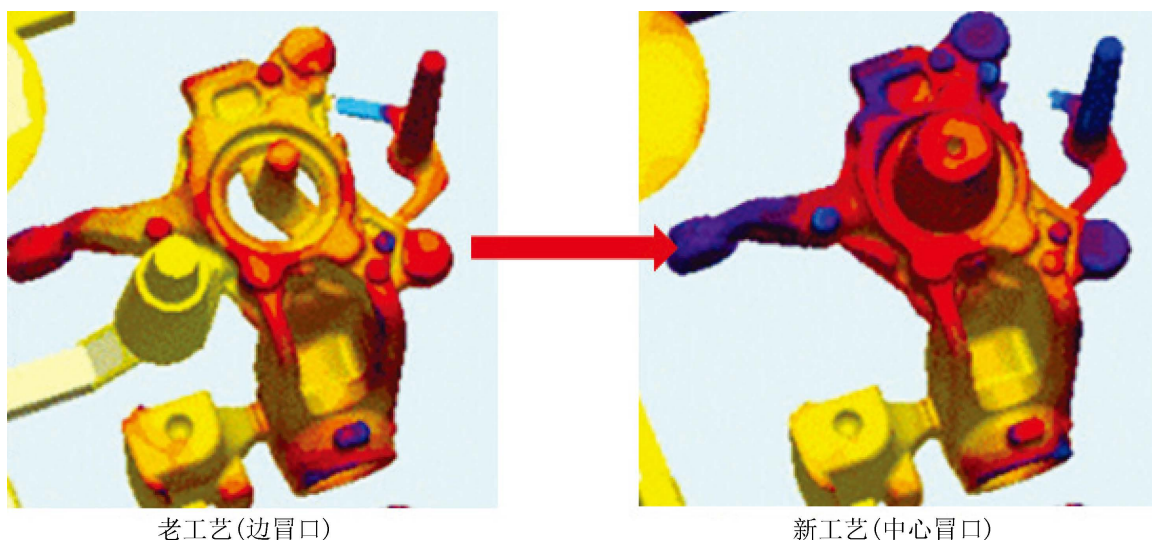


Figure 6. The process diagram for the old and the new status
图 6. 新老工艺冒口示意图

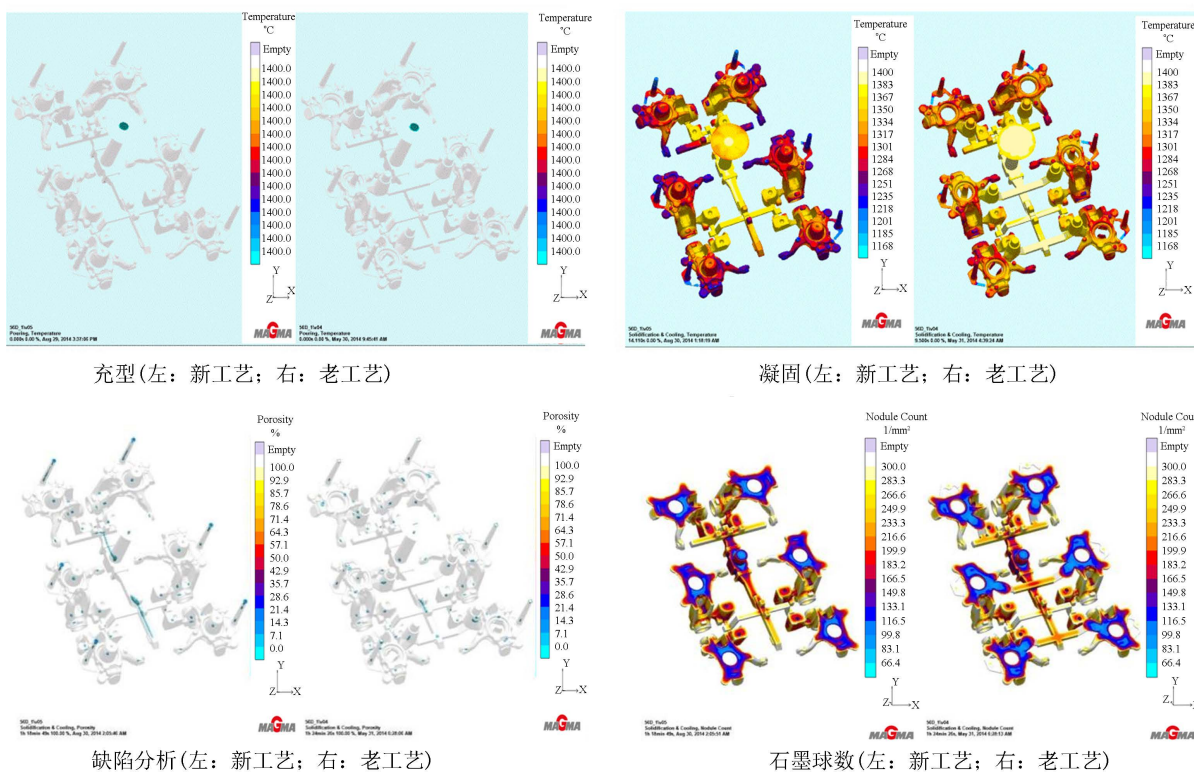


Figure 7. The simulation analysis for the founding
图 7. 新老工艺模流分析

使用新工艺的样件试制出来之后, 对其进行金相检测, 如下图 8。

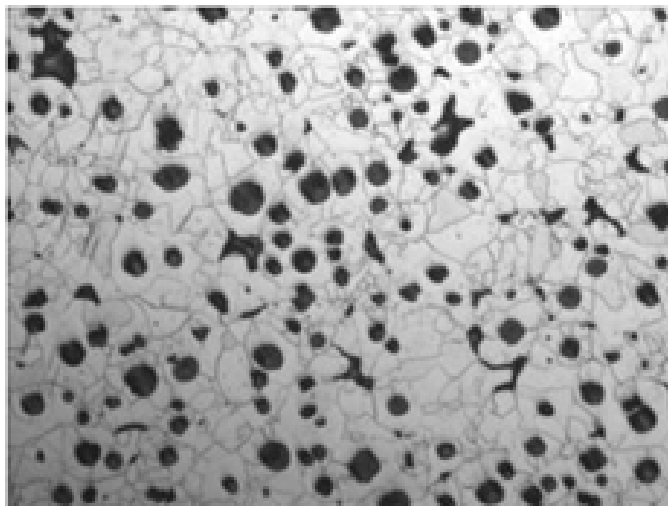


Figure 8. The Metalloid for the area of the ABS's hole
图 8. 新工艺样件 ABS 孔周围区域金相

与老工艺零件(见图 4)结果相比, 新工艺零件(见图 8)从实际测量结果来看:

- 1) 石墨球数较老工艺增加 25%;
- 2) 石墨形态和大小也有了很明显的改善。

最终, 按照新工艺生产的零件全部符合转向臂静拉试验要求。即转向臂的拉断力均大于 30 KN。

5. 结论

经过上述案例分析, 可以得出结论:

- 1) 在铸造中, 石墨球数、石墨形状对零件的机械性能影响很大:
 - a) 石墨数量越多, 零件的抗拉强度越大;
 - b) 石墨球状比例越高, 抗拉强度也越大。
- 2) 在不改变化学成分的前提下, 通过改善冒口位置, 可以有效改善零件的石墨球数、形态和大小。

参考文献

- [1] 陈家瑞, 主编. 汽车构造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 许峰, 赵红. 球墨铸铁的石墨球数及其影响因素[J]. 铸造, 1998(12): 20-24.
- [3] 张永振, 徐晓峰, 等. 石墨形态对铸铁性能影响规律的研究[J]. 兵器材料科学与工程, 1992(10): 41-4.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2167-6631，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：met@hanspub.org