Material Sciences 材料科学, 2022, 12(7), 709-713
Published Online July 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ms
https://doi.org/10.12677/ms.2022.127078

Hans汉斯

铁路材料的磨损损伤与失效及防护措施和未来展望

吴　岩，张　宇

河套学院，内蒙古 巴彦淖尔

收稿日期：2022年6月27日；录用日期：2022年7月20日；发布日期：2022年7月29日

摘　要

随着社会经济的不断发展，我国交通运输迎来了发展的黄金时期，结合铁路运输中钢轨材料磨损对运输效果的影响以及磨损失效的影响，不仅会提高铁路部门在维修方面的成本支出，钢轨材料损伤带来的危害也容易埋下较大的安全隐患，交通部门做好钢轨材料的选择，如何有效认识钢轨材料的滚动磨损情况并进行改进工作以及铁路部门如何正确把握钢轨材料的磨损失效及其防护措施，便成为当前交通部门需要考虑的问题。本文列举了三种钢轨材料和一种车轮材料通过参考实验了解其磨损与损伤，以及列举一些钢轨材料的失效损伤形式和防护措施，为铁路钢轨、铁路实用材料的选材及预防伤损失效提供经验。

关键词

铁路运输材料，磨损损伤，材料失效及防护

Wear Damage and Failure of Railway Materials and Their Protective Measures and Future Prospects

Yan Wu, Yu Zhang

Hetao College, Bayan Nur Inner Mongolia

Received: Jun. 27th, 2022; accepted: Jul. 20th, 2022; published: Jul. 29th, 2022

Abstract

With the continuous development of social economy, China's transportation has ushered in a golden period of development. Combined with the impact of rail material wear on the transportation

文章引用: 吴岩, 张宇. 铁路材料的磨损损伤与失效及防护措施和未来展望[J]. 材料科学, 2022, 12(7): 709-713.
DOI: 10.12677/ms.2022.127078

effect and the impact of wear failure in railway transportation, it will not only increase the cost of railway departments in terms of maintenance, but also the harm caused by rail material damage is likely to bury large potential safety hazards. The transportation department should make a good choice of rail materials. How to effectively understand and improve the rolling wear of rail materials, as well as how to correctly grasp the wear failure of rail materials and its protective measures, has become a problem to be considered by the current transportation department. This paper lists three kinds of rail materials and one kind of wheel material to understand their wear and damage through reference experiments, and lists some failure damage forms and protective measures of rail materials, providing experience for the selection of materials and prevention of damage and failure of railway rails and railway practical materials.

Keywords

Railway Transportation Materials, Wear Damage, Material Failure and Protection

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

在社会飞速发展和人民生活水平不断提高下，无论对于铁路运输的需求还是其他材料的服役需求，材料的磨损和疲劳损伤是不可避免的。同时，结合目前轮轨材料在选材上的不充分和缺乏完善的方案下，也容易加速磨损，为铁路运行埋下了一定的安全隐患，因此有必要对铁路材料的磨损及损伤失效行为进行分析后提出防护措施。

2. 磨损实验

具体试验通过 WR-1 轮轨滚动磨损试验机开展，会用两个轮形试样的对滚，完成轨轮的模拟接触状态，一般将下试样视为钢轨、上试样视为车轮，且两个试样的直径控制在 40 mm。需要注意的是，试验中需要利用赫兹模拟准则[1]，可以提高实验室条件和现场工况的类似性，可以包括椭圆形接触斑的长短轴之比和轮轨试样间的平均接触应力，具体的轮轨试样结构、尺寸可以参考图 1 [2]。

一般试验工作要在干燥、常规温度的环境中进行，需要借助电子分析天平对试样试验前后的质量进行较为精准测量，进而对轮轨试样的磨损率进行计算，同时还需要借助硬度仪对试样的硬度值进行测量。

3. 三种钢轨材料的磨损分析

3.1. 钢轨材料的摩擦行为

结合试验前的轮轨硬度而言，U71Mn 热轧钢轨、PD3 热轧钢轨和 PG4 钢轨的硬度逐渐提高，而 AAR-B 车轮的硬度较小，主要因素源于轮轨材料的含碳量不同导致，原理上含碳量越高的钢材，硬度就越高[2]。根据摩擦阶段曲线钢轨材料摩擦大致可分为三个阶段，磨合阶段，稳定磨损阶段，急剧磨损阶段如图 2。

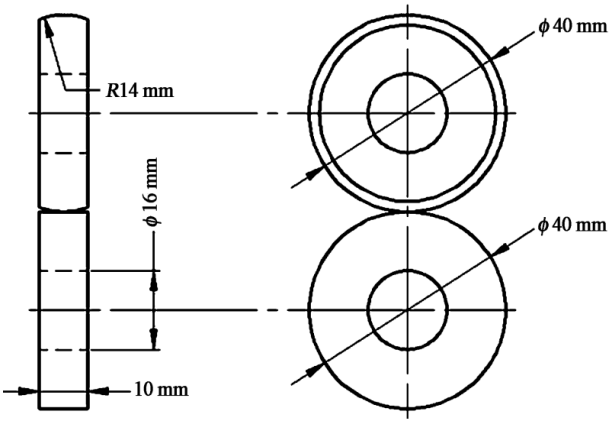

Figure 1. Schematic diagram of wheel rail sample size
图 1. 轮轨式样尺寸示意图

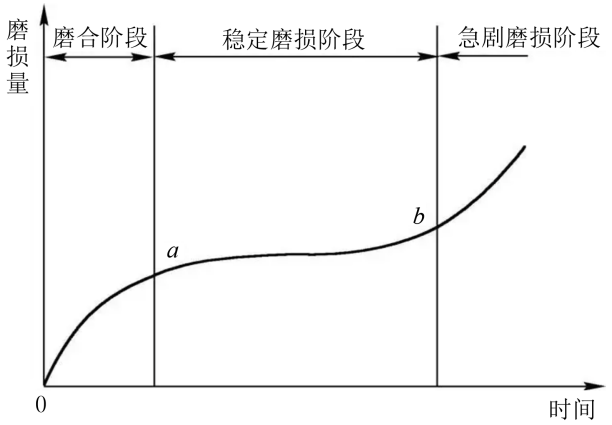

Figure 2. Friction stage curve
图 2. 摩擦阶段曲线

3.2. 钢轨材料磨损行为

试验中钢轨磨损率低于车轮的磨损率，最主要因素为钢轨的硬度高于车轮硬度，随着时间的推移，车轮的磨损率变化不大，相比之下钢轨有着一定的变化差异。具体来说，U71Mn 钢轨试样的磨损率有着随时间推移逐渐增大的趋势，PD3 钢轨试样和 PG4 钢轨试样的磨损率随着时间推移保持相对稳定，在对最终的磨损率进行比较后，发现 U71Mn 热轧钢轨材料、PD3 热轧钢轨材料、PG4 钢轨材料的磨损率逐渐降低，代表钢轨材料能在含碳量、硬度的增加下，会提高其耐磨性能[2]。同时钢轨材料的硬度增加，也会影响 AAR-B 车轮的磨损率，最终呈上升的趋势，车轮磨损率一旦上升车轮的寿命会随之下降所以在钢轨含碳量、硬度的增加下，不仅无法提高车轮的磨损寿命，反而会降低磨损寿命[3]。

4. 钢轨损伤行为

钢轨伤损大致可分为四大类：钢轨核伤，钢轨接头部位伤损，波浪形磨耗，钢轨轨底裂纹等。

1) 钢轨核伤

轨头横向疲劳裂纹俗称轨头核伤，简称核伤，是指在列车荷载的反复作用下，在轨头内部出现极为复杂的应力分布和应力状态，使细小裂纹横向扩展成核伤，直至核伤周围的钢材强度不足以抵抗轮载作用下的应力，钢轨发生突然脆断。轨头核伤是对行车威胁最大的一种钢伤损，是最危险的钢轨伤损。

2) 钢轨接头伤损

钢轨接头是线路上最薄弱的环节如图 3，车轮作用在钢轨接头上的最大惯性冲击力比其他部位大 60% 左右，钢轨接头的主要伤损是螺孔裂纹，其次是下颚裂纹等。螺孔裂纹产生的主要原因有：轨道结构不合理，接头冲击过大，养护状态不佳等。下颚裂纹形成主要原因是：轨头长期受到过大的偏载，水平推力以及轨头挠曲应力的复合作用等[4]。

Figure 3. Rail joint damage
图 3. 钢轨接头伤损

3) 波浪形磨耗

钢轨波浪磨耗简称钢轨波磨，是钢轨损伤的一种主要类型，其引起很高的轮轨动力作用，加速机车车辆部件及轨道部件的损坏，还会增加养护维修费用[5]；同样也会引起机车零部件修换率增高，由于列车通过波磨区段振动加剧，机车车辆零部件受损，造成松动、断裂增加了机车检修的工作量，带来不必要的经济损失。

4) 钢轨轨底裂纹

轨底裂纹的出现形式有：轨底坑洼发展形成的轨底横向裂纹，轨腰纵向裂向下发展形成的轨底裂纹，焊接工艺不良造成的轨底横向裂纹，在轨底热影响区极容易产生轨底横向裂纹[5]。

5. 钢轨材料失效及防护措施

1) 材料失效

失效的形式有很多，最常见有：静态失效、疲劳，静态失效是指，材料随载荷超过了“极限强度”，疲劳失效是一种材料在远低于正常强度情况下的往复交替和周期循环应力下，产生逐渐扩展的脆性裂纹，导致最终断裂的倾向。

2) 防护措施

1、对材料进行保养，金属材料在使用过程中避免不了摩擦接触，金属材料的损耗是正常现象，而我们要做的就是对金属材料进行定期、合适的保养，尽可能的将材料磨损降到最小化，延长金属材料的使用寿命。在保障相关设备安全性的同时，实现生产、工程正常运转[6]。

2、强化金属材料的表面和结构，在金属材料产生损耗时，金属材料的尺寸、光滑程度、大小发生改变，因此，我们可以从这些方面下手，选择合适的、摩擦力相对较小的尺寸、质量、表面光滑程度，尽可能的减少材料损耗，减少成本支出，提高生产效率[6]。

6. 钢轨材料未来展望

交通运输的发展离不开铁路的新型材料，交通运输材料的发展是伴随着铁路，轮船的出现才从社会大生产中逐渐脱离出来，随着材料向着精细化的方向发展，同时受现代科技的影响，大幅度提高了我国的交通运输效率。未来将会有更多的铁路新型材料朝着降低能量损耗、环保、提高的行走性能、和材料轻量化发展

7. 总结

经过以上分析和总结，可以得出以下几点：第一，由于含碳量不同而导致几种钢轨材料的硬度不同，具体为 PG4 > PD3 > U71MN > AAR-B；第二，在钢轨硬度提高下，钢轨的磨损率降低，具体磨损率：U71Mn < PD3 < PG4，不过车轮的磨损率会升高，总体磨损有着先降低后提高的趋势。第三，钢轨的表面损伤行为还可大致分为六类，其表面损伤产生原因大致为：1) 制造过程中工艺不良；2) 轨道结构不合理；3) 钢轨本身存在白点、气泡和非金属夹杂物或严重偏析。第四，材料最常见的失效形式是静态失效和疲劳失效，对钢轨材料进行定期保养，强化钢轨材料的表面和结构，都是延长其服役时间的防护措施。

8. 结语

综上所述，结合以上实验和资料的分析和总结，在考虑钢轨的材料时，不仅要充分考虑车轮与钢轨材料的磨损，也要考虑钢轨的损伤和失效情况，进而确保两种材料可以合理运用，在不断提高车轮、钢轨的使用寿命后，满足交通行业的发展需要。

参考文献

[1] 张辉. 关于钢轨伤损特性试验的研究[J]. 科技创新与应用, 2016(4): 10.

[2] 丁昊昊, 付志凯, 郭火明, 周琰, 王文健, 刘启跃. 三种钢轨材料与车轮匹配时滚动磨损与损伤行为[J]. 摩擦学学报, 2014, 34(3): 233-239. https://doi.org/10.16078/j.tribology.2014.03.015

[3] 王文健, 汪洪, 刘启跃. 车轮材料对轮轨滚动摩擦磨损行为的影响[J]. 西南交通大学学报, 2013, 48(5): 909-914.

[4] 广州铁路(集团)公司工务处, 广州铁路(集团)公司劳卫处, 编. 钢轨探伤工[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2012.

[5] 铁路职工岗位培训教材编审委员会, 编. 铁路探伤工(钢轨探伤) [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2014.

[6] 张伟. 浅谈金属材料磨损失效及防护措施[J]. 科学技术新, 2020(18): 23-24.