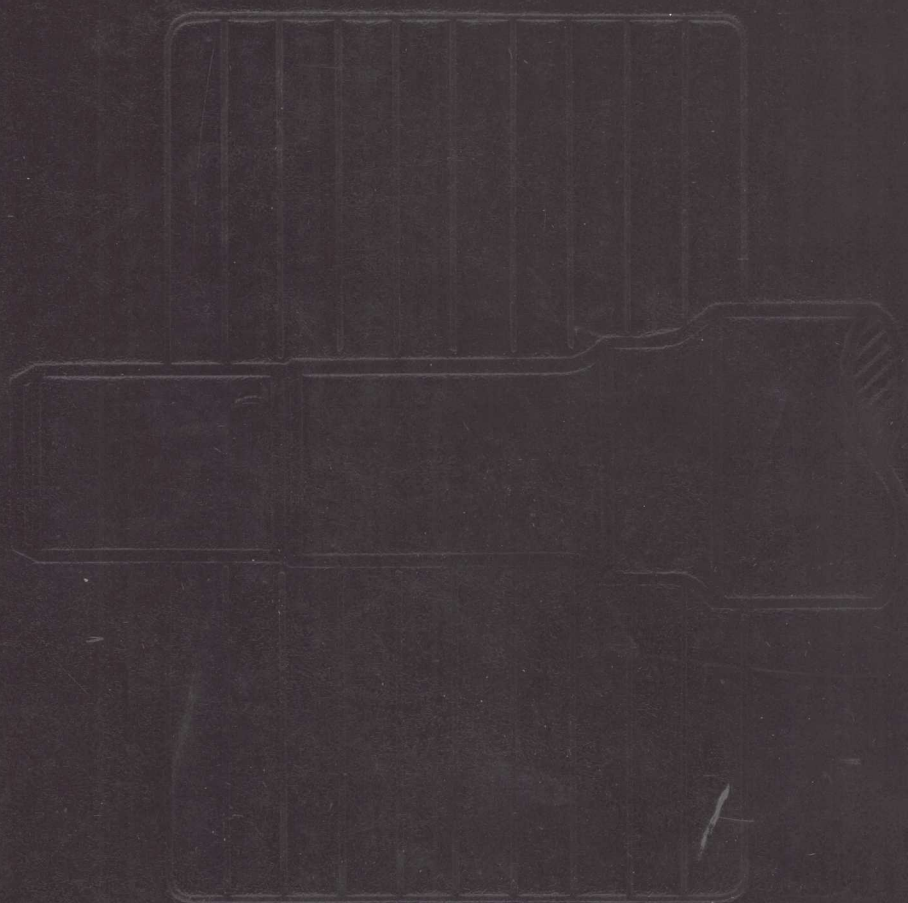


车轴断裂失效 分析图谱

宋子濂 史建平 主编



中国铁道出版社

U27-64
1001

U27-64
1001-1

车轴断裂失效分析图谱

宋子濂 史建平 邹定强 项彬 郭灵彦 刘淑华 林吉忠编著
吴玉树 赵菊静 审



一九九六年四月廿二日



30747967

中国铁道出版社

1995年·北京

747967

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书在介绍车轴断裂失效分析的基础上,采用大量宏、微观照片展示了 8 种表面状态、4 种加载方式和高、低两种应力水平等典型条件组合下,模拟试样从裂纹萌生至断裂各阶段的情况,并从全国各铁路局发生过的车轴断裂事故中精选了 26 个案例,从失效分析的思路对实物断轴的各组照片进行了排列、分析,按断裂原因进行了归纳、分类。

本书可供从事机车车辆轮轴设计、制造、运用、管理的各级人员学习,也可供从事机械、金属材料以及失效分析专业的科研、教学人员参考。



车轴断裂失效分析图谱

宋子濂 史建平 主编

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 薛淳 封面设计 赵敬宇

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:19.5 字数:380 千

1995 年 8 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN7-113-01987-0/TM·47 定价:30.00 元

序

车轴是铁路机车车辆中涉及运输安全的重要部件之一。做好车轴防断工作,对于确保铁路运输能力和广大旅客的生命安全,具有重要意义。

开展车轴断裂失效分析是研究车轴断裂原因和防止车轴断裂的重要方法。《车轴断裂失效分析图谱》内容丰富、针对性强、很有实用价值。该书从失效分析的角度,通过不同条件下模拟试样断口和历年来实物车轴典型断口的宏、微观图片,运用失效分析的思路和方法,全面、系统地总结了车轴断裂的原因和断口特征的相关关系。

该书将为不断提高车轴制造质量、防止车轴断裂,提出研究和改进方向,为断轴事故仲裁提供借鉴,为科研和高等院校的断裂理论研究提供参考。

傅小日

1994. 11. 25

致 读 者

本书由铁路科技图书出版基金资助出版。

这项基金是 1992 年由铁道部出资设立的,意在资助一些对铁路现代化建设很有价值但印数较少的铁路科技图书,能够顺利出版。

中国铁路现今成了制约国民经济发展的“瓶颈”,不仅路网建设规模远远不能满足需要,而且技术装备陈旧落后。为了确保国民经济真正走上持续、快速、健康发展的轨道,中国铁路必须有一个历史性的新发展,铁路的科技水平必须有一个全面的大提高,这已成为国人的共识。铁道部制定了科技兴路的宏伟规划,铁路广大科技人员正团结协作,奋力攻关,记载种种科技成果的铁路科技图书也更多地产生出来。在这种情况下,铁道部设立这项出版基金,将不仅促进铁路科技出版事业的繁荣,而且对铁路科技事业的发展也会产生深远影响。

关于铁路科技图书出版基金的使用,铁道部在下达的有关文件中作了如下规定:由出版基金资助的科技图书应为印数少且出版社难以负担的亏损图书,并必须具备下列条件之一:

1. 发展高速铁路、准高速铁路方面的应用技术图书;在提高列车速度、密度、重量及行车安全方面有价值的应用技术图书;以及在铁路现代化经营管理方面有创新的图书。
2. 学术思想新,内容具体实用,对铁路科技发展具有较大推动作用的应用基础理论专著;密切结合铁路现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和重大开拓使用价值、密切结合铁路现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补铁路专业领域空白且读者面较窄的应用技术图书,以及铁路工程技术人员急需的水平高印量小的工具书。
5. 对发展我国铁路事业有价值的译著,及有特殊价值的科技论文集。

我们这个“铁路科技图书出版基金评审委员会”,也是根据文件精神组成的。评审委员会在铁道部领导下开展工作,由铁道部各部门负责人和有关专家组成,负责掌握出版基金的使用方向;严格按照资助条件评审所受理的图书选题;决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。

鉴于评审委员会成立的时间尚短,对于怎样用好这笔有限的因而更显得珍贵的基金,使其发挥出最大效能,还需要在实践中进一步探索,不断总结改进。我们热切地希望全路广大科技工作者、专家学者对基金的评审工作给予更多的关心和支持。

铁路科技图书出版基金评审委员会

1994 年 11 月

前 言

车轴是机车车辆中最重要的部件之一。目前,我国约有百万根以上的车轴在线路上运营着,任何一根车轴的断裂,往往都会造成列车颠覆、运输中断、甚至车毁人亡的恶性事故。这些事故给国家财产造成的损失是极其严重的。仅中断铁路运输、车辆和线路损坏、抢修和恢复运营三项直接损失,少则几十万,多则几百万,甚至达千万元人民币。因此防止车轴断裂事故的发生,对铁路运输安全至关重要。

做好车轴的防断工作,重要的方法是:通过失效分析,查明车轴断裂的真正原因,有针对性地提出应急补救措施、技术改进方案和深入研究的方向,并把上述信息及时反馈给有关管理、冶金、制造、运用、保养等部门,采取相应的措施,及时有效地防止类似事故再次发生;进而深入地研究消除引发车轴裂纹或造成断裂的各种因素,从根本上做好车轴断裂的预防;同时,查明车轴断裂的真正原因,客观、公正地仲裁事故,使事故的责任者真正吸取教训,增强责任心,确保铁路运输安全。

《车轴断裂失效分析图谱》(以下简称《图谱》)的编辑目的是为车轴的管理、制造、使用、保养等单位从根本上采取措施防止车轴断裂提供思路和研究方向;为铁路各部门在车轴断裂原因分析和事故仲裁时提供参考;同时由于轴类零件在机械装备中使用的广泛性和载荷的典型性,也为科研单位、高等院校在疲劳断裂理论的研究和教学方面提供一定的参考资料。《图谱》分为三篇:第一篇是车轴断裂失效分析的基础。主要介绍有关车轴的基本技术参数和质量要求,断裂车轴的失效分析思路和研究方法,断口特征和防止车轴疲劳断裂的对策;第二篇是模拟试样的断口特征照片。试样是由铁道部科学研究院金属及化学研究所车轴专题组多年来对车轴钢材质、断裂机理、断裂性能等方面系统研究中所获得的。这里挑选了八种表面状态,四种加载方式和高、低两种应力水平等典型条件组合下的模拟试样断口 46 个,每一个试样都用一组宏、微观照片对应,展示上述条件对裂纹萌生和断裂过程各阶段断口特征的影响;第三篇是实物断轴的失效分析案例。其来源为:1. 从全国 12 个铁路局收集到的迄今为止保护较好的断轴断口并挑选有代表意义的进行了失效分析;2. 作者历年来为铁道部事故仲裁所做的技术分析报告;3. 各铁路局和工厂提供的宝贵资料。案例共 26 个,按断裂原因分为九大类,每一个断轴都用一组失效分析照片来说明引起断裂的原因。

全书力求突出失效分析的观点、思路和方法。除在第一篇简要介绍了有关车轴断裂失效分析的一些基础知识外,第二部分模拟试样断口特征则强调它和典型组

合条件的关系和系统性,使断口特征成为失效分析的有力判据,而第三篇是极为珍贵的实物断轴有关照片。《图谱》中用失效分析的思路对照片进行了编排,并按断裂原因进行了分类。

《图谱》的编辑历时三年,得到铁道部科技司、车辆局、安监司、机务局、机车车辆工业总公司、全国12个铁路局的有关处、室、厂、段,及部分铁路机车车辆工厂的大力支持和帮助。在编辑过程中,得到了田缙谟、傅小日、张进德、毛庆祥、王书安、马文斌等同志的具体指导和帮助。为支持本书的出版,田文广、陈丕源、蒋盟辅、费学尧、邹荫禄、吕婵等同志,以及王宝奎、李冰瀚、赵文良、刘长海、张季扬、施玉根、夏嗣都、韩万成、周余贵、梁建华等同志提供了宝贵的资料。此外,北京航空航天大学钟群鹏教授、田永江教授,清华大学黄惠松教授,北方交通大学袁祖贻教授、缪龙秀教授,冶金部钢铁研究总院李文成高级工程师对书稿进行了审阅并提出了许多宝贵意见。对上述单位和个人在此表示衷心地感谢!

由于失效分析及预防是近代发展起来的一门边缘科学,涉及的专业领域很广,需要研究的问题很多,不少内容正在深入地探索之中;而实物断口往往受到损伤或严重腐蚀,分析和拍照的困难较多;加之,编者的水平和时间所限,难免存在一些缺点和错误,敬请批评、指正。

编 者

1994年4月

目 录

第一篇 车轴断裂失效分析基础.....	1
概 述	3
1.1 铁路用车轴的基本技术条件和有关数据	3
1.1.1 轴型	4
1.1.2 车轴的结构形式和成品的表面粗糙度要求	5
1.1.3 化学成份	5
1.1.4 机械性能	5
1.1.5 酸浸低倍组织和金相组织	5
1.1.6 车轴的加工工艺流程	6
1.1.7 车轴与车轮、轴承的组装	7
1.1.8 车轴的检修	7
1.1.9 车轴承受的载荷和应力分布	7
1.2 车轴断裂事故调查	9
1.2.1 有关事故调查的文件	9
1.2.2 事故现场的保护	9
1.2.3 车轴断裂事故的调查内容和调查方法	9
1.2.4 车轴断口的保护	10
1.2.5 现场断口大样的切取	10
1.2.6 收集有关资料	11
1.3 车轴断裂失效分析程序	11
1.3.1 专家组“会诊”	11
1.3.2 检验分析计划的制定	12
1.3.3 检验分析计划的实施	12
1.3.4 综合分析、结论和建议	13
1.3.5 失效分析报告	13
1.3.6 专家组最后审定	13
1.4 车轴断裂失效分析中涉及的检测项目	14
1.4.1 无损检测	14
1.4.2 化学成份分析	14
1.4.3 力学性能测试	15
1.4.4 低倍组织检验	15
1.4.5 金相分析	16
1.4.6 裂纹分析	16
1.4.7 断口分析	16

1.4.8	晶体结构分析	17
1.4.9	应力分析	17
1.4.10	环境分析	17
1.5	车轴疲劳断裂和它的断口特征	17
1.6	车轴疲劳断裂的失效分析思路	19
1.7	防止车轴疲劳断裂的对策	19
第二篇 模拟试样断口特征		21
概 述		23
2.1	显微动态观测试片	23
2.1.1	显微动态观测试片·单调拉伸载荷	24
2.1.2	显微动态观测试片·低频周期载荷	27
2.2	光滑试样	33
2.2.1	光滑试样·旋转弯曲载荷·高应力	33
2.2.2	光滑试样·旋转弯曲载荷·较低应力	37
2.2.3	光滑试样·扭转载荷·高应力	40
2.2.4	光滑试样·扭转载荷·较低应力	44
2.2.5	光滑试样·拉压载荷·高应力	48
2.2.6	光滑试样·拉压载荷·较低应力	52
2.2.7	光滑试样·拉压—扭转载荷·高应力	56
2.2.8	光滑试样·拉压—扭转载荷·较低应力	61
2.3	环形刻槽试样	65
2.3.1	环形刻槽试样·旋转弯曲载荷·高应力	65
2.3.2	环形刻槽试样·旋转弯曲载荷·较低应力	69
2.3.3	环形刻槽试样·扭转载荷·高应力	73
2.3.4	环形刻槽试样·扭转载荷·较低应力	78
2.3.5	环形刻槽试样·拉压载荷·高应力	82
2.3.6	环形刻槽试样·拉压载荷·较低应力	86
2.3.7	环形刻槽试样·拉压—扭转载荷·高应力	90
2.3.8	环形刻槽试样·拉压—扭转载荷·较低应力	94
2.4	螺旋刻槽试样	97
2.4.1	螺旋刻槽试样·旋转弯曲载荷·高应力	97
2.4.2	螺旋刻槽试样·旋转弯曲载荷·较低应力	101
2.4.3	螺旋刻槽试样·扭转载荷·高应力	105
2.4.4	螺旋刻槽试样·扭转载荷·较低应力	109
2.4.5	螺旋刻槽试样·拉压载荷·高应力	113
2.4.6	螺旋刻槽试样·拉压载荷·较低应力	117
2.4.7	螺旋刻槽试样·拉压—扭转载荷·高应力	122

2.4.8 螺旋刻槽试样·拉压—扭转载荷·较低应力	125
2.5 轴向刻槽试样	129
2.5.1 轴向刻槽试样·旋转弯曲载荷·高应力	129
2.5.2 轴向刻槽试样·旋转弯曲载荷·较低应力	132
2.5.3 轴向刻槽试样·扭转载荷·高应力	135
2.5.4 轴向刻槽试样·扭转载荷·较低应力	139
2.5.5 轴向刻槽试样·拉压载荷·高应力	142
2.5.6 轴向刻槽试样·拉压载荷·较低应力	145
2.5.7 轴向刻槽试样·拉压—扭转载荷·高应力	148
2.5.8 轴向刻槽试样·拉压—扭转载荷·较低应力	152
2.6 蚀坑试样	156
2.6.1 蚀坑试样·旋转弯曲载荷·高应力	156
2.6.2 蚀坑试样·旋转弯曲载荷·较低应力	160
2.6.3 蚀坑试样·扭转载荷·高应力	163
2.6.4 蚀坑试样·扭转载荷·较低应力	168
2.6.5 蚀坑试样·拉压载荷·高应力	171
2.6.6 蚀坑试样·拉压载荷·较低应力	176
2.6.7 蚀坑试样·拉压—扭转载荷·高应力	180
2.6.8 蚀坑试样·拉压—扭转载荷·较低应力	183
2.7 压坑试样	187
2.7.1 四棱锥状压坑·旋转弯曲载荷	187
2.7.2 圆锥状压坑·旋转弯曲载荷	190
2.7.3 球冠状压坑·旋转弯曲载荷	194
2.8 电火花坑状缺陷试样·旋转弯曲载荷	197
第三篇 实物断轴失效分析	199
概 述	201
3.1 材质不良引起车轴疲劳断裂	201
3.1.1 材料成份偏差、组织异常导致车轴疲劳断裂(案例一)	201
3.1.2 夹杂级别高、存在粗大塑性夹杂物引起车轴疲劳断裂(案例二)	209
3.1.3 空洞引起车轴疲劳断裂(案例三)	212
3.1.4 成份偏析引起的车轴疲劳断裂(案例四)	217
3.1.5 内部夹渣引起的轴颈疲劳断裂(案例五)	220
3.1.6 残余缩孔引起的车轴疲劳断裂(案例六)	222
3.2 设计不当导致车轴疲劳断裂	224
3.2.1 变截面圆弧曲率半径过小造成实验轴疲劳断裂(案例七)	224
3.2.2 减载槽根部曲率半径设计过小导致机车轴疲劳断裂(案例八)	228
3.3 表面加工不当引起车轴疲劳断裂	230

3.3.1	表面局部加工粗糙引起的车轴轮座疲劳断裂之一(案例九)	230
3.3.2	表面局部加工粗糙引起的车轴轮座疲劳断裂之二(案例十)	235
3.3.3	表面刀痕过深导致车轴疲劳断裂(案例十一)	239
3.3.4	局部过深刀痕引起车轴疲劳断裂(案例十二)	244
3.4	轴身横向铲痕导致车轴疲劳断裂(案例十三)	248
3.5	采用补焊工艺造成车轴疲劳断裂(案例十四)	251
3.6	轴承组装不当导致轴颈疲劳断裂	257
3.6.1	轴承与车轴组装不当导致轴颈疲劳断裂之一(案例十五)	257
3.6.2	轴承与车轴组装不当导致轴颈疲劳断裂之二(案例十六)	267
3.7	应力过高造成车轴疲劳断裂	270
3.7.1	应力过高造成车轴疲劳断裂之一(案例十七)	270
3.7.2	应力过高造成轴身疲劳断裂之二(案例十八)	274
3.7.3	应力过高造成轴身疲劳断裂之三(案例十九)	276
3.7.4	应力过高造成轴身疲劳断裂之四(案例二十)	278
3.7.5	应力过高造成轴身疲劳断裂之五(案例二十一)	280
3.7.6	应力过高造成轴身疲劳断裂之六(案例二十二)	282
3.8	轴身意外损伤导致车轴疲劳断裂	284
3.8.1	横向过深碰痕引起轴身疲劳断裂(案例二十三)	284
3.8.2	表面横向凹痕引起轴身疲劳断裂(案例二十四)	287
3.9	微动氧化蚀坑引起车轴轮座疲劳断裂	291
3.9.1	轮座表面微动氧化蚀坑造成疲劳断裂之一(案例二十五)	291
3.9.2	轮座表面微动氧化蚀坑造成疲劳断裂之二(案例二十六)	295

第 一 篇

车轴断裂失效分析基础

概 述

车轴的早期断裂失效形式主要有两种:热切和冷切。热切本质上是由于轴承的工作失效、发热,导致车轴强度下降、变形、缩颈、拉长、拧成锥形麻花状而断裂,所以,热切的原因与车轴内在质量无关。防止热切的重点应放在轴承质量的提高、轴承的失效原因分析、轴承故障的诊断以及轴承发热过程的探测与报警上。而冷切发生的原因以及整个裂断过程都和车轴本身密切相关,它本质上是车轴某些质量指标未达到规定的要求或外部的条件超过了额定的允许值而引发裂纹,导致断裂。这种裂断的机理是车轴薄弱区域在交变载荷的作用下,疲劳累积损伤达到一定程度后,诱发疲劳裂纹,进而裂纹扩展,最后导致断裂。车轴的冷切可以说几乎都是疲劳断裂。如果车轴的某个区域有缺陷或损伤,那末车轴就更容易萌生裂纹,疲劳寿命可能很短,因而车轴的使用寿命极大地被缩短,这是极端危险的。这种断裂的特点是:1. 发生在常温下;2. 断裂部位没有明显的塑性变形;3. 往往承受的载荷不太大;4. 断裂时比较突然。所以,车轴的冷切对铁路运输安全威胁极大。防止冷切的重点应放在车轴本身质量的提高、车轴失效原因分析和失效的预防,以及车轴裂纹扩展过程的探测上。

为了对断轴进行全面的失效分析,首先必需了解有关车轴的技术条件、加工工艺和运用条件;掌握车轴疲劳断裂的机理和特点,各种宏、微观断口特征与各种条件的对应关系。这样,对任何一个车轴断口,根据宏、微观断口和有关的分析检验,就可查清裂纹萌生的原因,推断裂纹扩展的过程,提出防止车轴断裂的应急措施和改进方案。

1.1 铁路用车轴的基本技术条件和有关数据

有关车轴的标准是对车轴质量要求的高度概括和必须遵循的最高技术法规,是车轴设计、制造、检验、失效分析依据的准则,直接涉及车轴部件的标准有7个,间接标准有10个。

- 直接标准:(1)GB12814-91 铁道车辆用车轴型式与基本尺寸
(2)GB5068-85 铁路机车、车辆用车轴钢坯
(3)TB/T1027-91 机车车轴技术条件
(4)TB451-86 车辆煤水车用车轴技术条件
(5)TB1619-85 机车车辆车轴磁粉探伤
(6)TB1618-85 机车车辆车轴超声波探伤
(7)TB2044-89 TYC-3000 型客货车轮轴荧光磁粉探伤技术条件
- 间接标准:(1)GB222-84 钢的化学分析用试样采取法

- (2)GB223-1~5 钢铁及合金中碳量、硅量、磷量、锰量、硫量的测定
- (3)GB231-84 金属布氏硬度试验法
- (4)GB228-87 金属拉力试验法
- (5)GB229-84 金属常温冲击韧性试验法
- (6)GB226-77 钢的低倍组织及缺陷酸蚀试验法
- (7)GB1979-80 结构钢低倍组织缺陷评级图
- (8)GB4236-84 钢的硫印检验方法
- (9)GB10561-89 钢中非金属夹杂物显微评定方法
- (10)GB6394-86 金属平均晶粒度测定方法

下面介绍的有关车轴的基本技术条件和数据,主要摘自上述标准。

1.1.1 轴型

铁路用轴主要有车辆轴和机车轴两大类。其受载情况基本相似,其中车辆轴的数量远大于机车轴的数量,所以这里重点介绍车辆轴,它的轴型和形式尺寸见表1。

表 1

车辆轴轴型

轴 型	精加工轴的主要尺寸 $d_1 \times l_1 \times L_2(\text{mm})$	使用的 轴 承 种 类	最 大 轴 重(t)				材 料
			用于货车 $V \leq 120\text{km/h}$	用 于 客 车			
				$V \leq 120\text{km/h}$	$120\text{km/h} < V \leq 140\text{km/h}$	$140\text{km/h} < V \leq 160\text{km/h}$	
B	108×203×1905	滑 动 轴 承	12.0				LZ (YB355)
C	127×229×1930		16.0	14.8			
D	145×254×1956		21.0	18.0			
E	155×279×1981		25.0				
RB ₂	100×187×1905	滚 动 轴 承	12.0				
RC ₂	120×210×1930		16.0				
RD ₂	130×220×1956		21.0				
RE ₂	150×240×1956		25.0				
RC ₃	120×191×1930		16.0	15.5	14.5	13.5	
RD ₃	130×195×1956		21.0	18.0	17.0	16.5	
RC ₄	120×191×1930			15.5	14.5	13.5	
RD ₄	130×195×1956			18.0	17.0	16.5	

注:① 轴重系指在钢轨上每轮对分摊到的车辆总重量。车轴负重系指车轴轴颈上的载重,仅在设计车轴时使用。其值为表1中最大轴重减去轮对质量;

② RC₄、RD₄型车轴系电机传动车轴。

1.1.2 车轴的结构形式和成品的表面粗糙度要求

铁路目前用轴主要为实心轴,在车辆轴中,用量最大的为 RD₂ 轴,其结构形式和精加工后的表面粗糙度要求如图 1—1 所示。

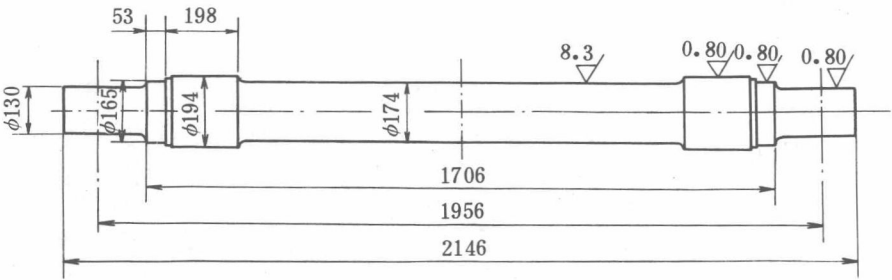


图 1—1 RD₂ 轴

1.1.3 化学成份

车轴钢主要为优质中碳碳素结构钢,目前我国的主型车轴钢为 40 号优质碳素钢,其化学成份见表 2。

表 2 40 号车轴钢的化学成份(%)

元 素 成 份	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
	0.37~0.45	0.50~0.80	0.15~0.35	≤0.004	≤0.045	≤0.30	≤0.30	≤0.30
允 许 偏 差	+0.03 -0.02	+0.10 -0.05	+0.05 -0.05	+0.005	+0.005			

1.1.4 机械性能

40 号车轴钢经热处理后,机械性能应符合表 3 的规定。

表 3 40 号车轴钢的机械性能

抗 拉 强 度 σ_b MPa(kgf/mm ²)	伸 长 率 $\delta_5\%$ 不 小 于	冲击值 a_k , kJ/m ² (kgf · m/cm ²)	
		4 个试样平均值	个别试样最小值
		不 小 于	
≥549~569(>56~58)	22	590(6.0)	390(4.0)
>569~598(>58~61)	21	490(5.0)	340(3.5)
>598(>61)	20	390(4.0)	290(3.0)

1.1.5 酸浸低倍组织和金相组织

低倍酸浸组织应符合表 4 的规定。

表 4

40 号车轴钢酸浸低倍组织

原钢坯尺寸 mm	一般疏松	中心疏松	锭型偏析	点状偏检	备 注
	级 别 不大于				
<250×250	2.5	2.5	2.5	2.0	车辆轴主要用此尺寸
>250×250	3.0	3.0	3.0	2.5	

金相组织为珠光体和铁素体的混合物(图 1—2)。晶粒度 5—8 级,夹杂物中的氧化物和硫化物均不得大于 3.0 级。

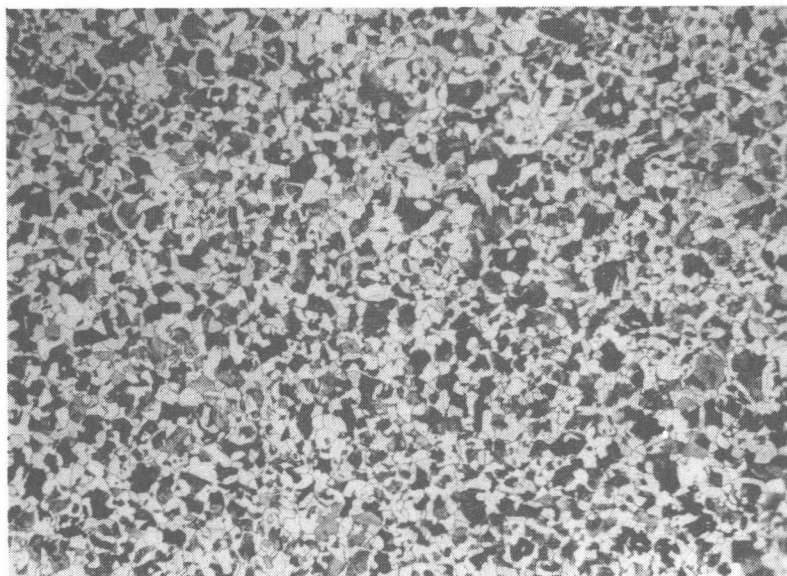


图 1—2 车轴的金相组织

1. 1. 6 车轴的加工工艺流程

车轴加工的工艺流程如下:

冶炼→铸、轧→锻造→粗加工→热处理→热校直→精加工→外观检查→探伤检查。

加工工艺要求的重点是:

1. 冶炼:应由电炉、平炉或氧气碱性转炉冶炼的镇静钢。
2. 铸造:钢锭头部的缩孔和疏松部分应充分切除。
3. 锻造:40 号车轴钢的始锻温度 1200℃,终锻温度 850℃,勿超出此范围。
4. 热处理:40 号车轴钢一般一次正火,加热温度 840~860℃。
5. 热校直:最高温度不超过 700℃,最后的温度不低于 510℃。
6. 轮座:轴承颈和变截面圆弧处不允许铲修、打磨。
7. 逐根检查几何形状、尺寸、表面粗糙度。

8. 用磁粉探伤检查表面及近表面缺陷,表面不允许有裂纹或横向发纹,纵向发纹允许存在的限度应符合 TB1619-85 的规定;用超声波检查车轴材质的透声综