



# 汽车零部件

## 热处理技术

QICHE LINGBUJIAN RECHULI JISHU

王忠诚 孙向东 编著



化学工业出版社



# 汽车零部件 热处理技术

QICHE LINGBUJIAN RECHULI JISHU

王忠诚 孙向东 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

汽车零部件热处理技术/王忠诚, 孙向东编著. —北京:  
化学工业出版社, 2007. 6  
ISBN 978-7-122-00121-4

I. 汽… II. ①王…②孙… III. 汽车-零部件-热处理-  
技术 IV. U463. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 036480 号

---

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 张绪瑞 张燕文

责任校对: 徐贞珍

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市延风装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 18 字数 491 千字

2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究



## 前言

随着国民经济的飞速发展，作为我国支柱产业的交通运输业也蓬勃发展，交通工具已经成为人们日常生活中不可缺少的组成部分，汽车在交通运输中是主要的交通手段，无论客运还是货运都以便捷、迅速、经济和舒适等赢得了人们的青睐。我国的汽车制造业是从1956年开始的，经过50年的发展，目前国内各类汽车厂遍布全国各地，从轿车到大、中、小型客车再到载重货车均已形成了规模生产，并且拥有了自己的系列汽车，为我国的经济发展作出了重大贡献。

我国汽车制造水平与世界发达国家汽车制造企业的差距正逐渐缩小，许多规模较大的国内汽车专业厂家与著名的国外汽车制造商强强联合，致力于打造中国的民族品牌，在技术引进和零部件的消化吸收方面，已经迈出了可喜的一步，因此我国迎来了汽车工业的飞速发展时期。汽车上有成千上万个零部件，其中钢铁零部件占67%以上，它们组成了汽车的主要结构和框架，因此了解和认识汽车用钢铁材料的特性和主要零部件的制造流程，熟练掌握其要求的组织和热处理方法，明确常见零件的失效方式和预防措施，这对从事汽车制造业的工程技术人员、技术工人和管理人员是十分必要的。

本书立足于我国汽车制造行业的主要现状，以汽车关键零部件为全书的主线，从工作条件、材料的选用、热处理的具体要求、设备选择等方面分类作了详细的介绍。第1章系统介绍了钢铁热处理的原理和主要的热处理方法。第2~6章重点讲解了汽车关键零部件的技术要求、热处理方法和常见缺陷，同时加上部分失效分析实例，将理论与实践相结合，列出了热处理过程中常见注意事项；另外介绍了提高汽车零部件使用寿命的表面处理方法，化学热处理和表面强化处理贯穿于全书。第7章阐述了汽车主要零部件用锻模的热处理工艺，为提高

其使用寿命采用了化学热处理技术。第8章着重介绍了汽车零部件采用的主要热处理设备特点和工艺规范，指出零部件的热处理方向是向无氧化脱碳发展。

本书在编写过程中得到山东大学齐宝森教授的指导与帮助，中国重汽集团公司张福增，济南沃德汽车零部件有限公司夏治业、吝立永等提供了部分资料，在此谨向他们表示衷心的感谢！

本书是目前比较详细介绍汽车零部件的专业图书，是汽车制造厂和零部件生产企业的技术人员、技术工人和管理人员重要的参考资料，也可作为大专院校汽车制造专业师生的参考书。由于编者专业水平有限，加之时间仓促，书中可能有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

**王忠诚**  
**2007.2**



# 目 录

■ 绪论	1
■ 第 1 章 钢铁热处理基础	3
1.1 钢铁零件的分类、表示方法与应用	3
1.1.1 钢的分类	3
1.1.2 钢号的表示方法及应用	5
1.1.3 铸铁的分类、表示方法及应用	11
1.2 钢的热处理原理	24
1.2.1 钢在加热过程中的转变	24
1.2.2 奥氏体在冷却过程中的转变	30
1.3 钢的整体热处理工艺	36
1.3.1 概述	36
1.3.2 钢的退火和正火	36
1.3.3 钢的淬火和回火	42
1.4 钢铁表面热处理工艺	64
1.4.1 表面淬火技术	64
1.4.2 化学热处理技术	94
1.5 工件热处理变形的机理和校直方法	181
1.5.1 工件热处理变形的机理	181
1.5.2 工件热处理变形的校直方法	186
1.6 工件热处理后的表面清理	192
参考文献	195

## ■ 第 2 章 曲轴、连杆机构零部件的热处理

2.1 活塞环、活塞销和活塞杆	197
2.1.1 活塞环的热处理	198
2.1.2 活塞销的热处理	203
2.1.3 活塞杆的热处理	210
2.2 曲轴	212
2.2.1 工作条件和性能要求	212
2.2.2 材料的选用	213
2.2.3 制造工艺路线	215
2.2.4 热处理工艺	216
2.2.5 质量检验	228
2.2.6 常见感应淬火缺陷和防止措施	229
2.2.7 表面滚压和喷丸强化工艺	232
2.3 连杆	234
2.3.1 工作条件和失效形式	234
2.3.2 材料的选用	235
2.3.3 热处理工艺	236
2.3.4 质量检验	239
2.3.5 常见热处理缺陷和补救措施	239
参考文献	240

## ■ 第 3 章 配气系统零部件的热处理

3.1 气门组零件	241
3.1.1 气门、气门导管和气门座	243
3.1.2 气门弹簧	282
3.2 气门传动组零件	292
3.2.1 凸轮轴	292
3.2.2 挺杆	300
3.2.3 推杆、摇臂和摇臂轴	318
3.3 曲轴链轮和链条	321

3.3.1	工作条件和性能要求	321
3.3.2	材料的选用	322
3.3.3	链条零件的热处理	322
3.4	柴油机针阀体	324
3.4.1	工作条件和技术要求	324
3.4.2	材料的选用	324
3.4.3	柴油机针阀体热处理	325
	参考文献	332

## ■ 第4章 传动系统零部件的热处理 334

4.1	变速箱等齿轮的热处理	334
4.1.1	汽车齿轮的工作条件和性能要求	334
4.1.2	材料的选用	337
4.1.3	齿轮的机械加工工艺流程	339
4.1.4	齿轮的渗氮、低温氮碳共渗和渗碳等热处理工艺	341
4.1.5	齿轮渗碳及碳氮共渗后热处理的畸变因素	359
4.1.6	球墨铸铁齿轮的热处理	360
4.1.7	渗碳和碳氮共渗齿轮常见热处理缺陷及防止措施	361
4.1.8	齿面的表面强化处理	363
4.1.9	汽车齿轮制造过程中常见缺陷及其原因	363
4.1.10	汽车齿轮在使用过程中的损坏形式和特征	364
4.2	汽车万向节、十字轴等零件	368
4.2.1	十字轴	368
4.2.2	汽车传动轴(或中间轴)和伸缩套	370
4.3	汽车半轴	371
4.3.1	工作条件和失效形式	371
4.3.2	材料的选用	372
4.3.3	机械加工工艺流程	372
4.3.4	半轴的热处理工艺	373
4.4	汽车稳定杆	383
4.4.1	技术要求	383



4.4.2	工艺流程	383
4.4.3	热处理工艺规范	383
	参考文献	384

## ■ 第 5 章 行驶系统零部件的热处理 385

5.1	转向节、转向节主销和前轴等	385
5.1.1	汽车转向节	385
5.1.2	汽车转向节用球头支承	388
5.1.3	汽车转向节的主销	389
5.1.4	40Cr 球头销	390
5.1.5	转向拉杆球头销或上下臂控制球头销	390
5.1.6	拉销	391
5.1.7	汽车前轴	393
5.2	转向横拉杆和纵拉杆	393
5.2.1	转向横拉杆	394
5.2.2	转向纵拉杆	395
5.3	钢板弹簧	396
5.3.1	工作条件和特点	396
5.3.2	结构和选用的材质	397
5.3.3	机械加工工艺流程	398
5.3.4	热处理工艺	399
5.3.5	工艺探讨	401
5.3.6	失效分析	405
5.3.7	其他弹簧的热处理	407
5.3.8	后钢板弹簧销的热处理	409
5.4	钢圈和轮毂	411
5.4.1	钢圈	412
5.4.2	轮毂	412
	参考文献	413

## ■ 第 6 章 其他零件的热处理 414

6.1	轴承、轴瓦零件	415
-----	---------	-----

6.1.1	工作条件和特点	415
6.1.2	材料的选用	416
6.1.3	轴承的制造和热处理	419
6.1.4	轴承的最终热处理	425
6.2	螺栓、螺母等紧固件	438
6.2.1	工作条件和技术要求	438
6.2.2	材料的选择和加工流程	439
6.2.3	紧固件的质量要求	440
6.2.4	紧固件的热处理工艺	440
6.3	刹车(摩擦)片和制动凸轮	455
6.3.1	工作特点和技术要求	455
6.3.2	材料的选用	457
6.3.3	机械加工工艺流程	457
6.3.4	刹车片和刹车凸轮的热处理工艺规范	457
	参考文献	462

## ■ 第7章 关键工装、模具的热处理 463

7.1	概述	463
7.2	气门锻模	470
7.2.1	工作特点和使用要求	470
7.2.2	气门锻模材料的选择依据	471
7.2.3	气门热锻模的机械加工工艺流程	471
7.2.4	气门热锻模最终热处理工艺	472
7.2.5	气门热锻模的失效形式	477
7.3	连杆锻模	478
7.3.1	工作条件	478
7.3.2	材料的选用	478
7.3.3	机械加工工艺流程	479
7.3.4	热处理工艺	479
7.4	曲轴锻模	481
7.5	凸轮轴锻模	481

7.5.1	工作特点和技术要求	481
7.5.2	热处理工艺	482
7.6	密封阀座	483
7.6.1	工作条件	483
7.6.2	材料的选用	483
7.6.3	机械加工工艺流程	483
7.6.4	热处理工艺	483
7.7	挺杆挤压凹模	484
7.7.1	工作特点	484
7.7.2	材料的选用	484
7.7.3	机械加工工艺流程	484
7.7.4	热处理工艺	484
7.8	汽车转向节锻模	485
7.8.1	工作特点和技术要求	485
7.8.2	材料的选用	485
7.8.3	热处理工艺	485
7.9	弹簧卡头	488
7.9.1	工作条件和技术要求	488
7.9.2	材料的选用	489
7.9.3	机械加工工艺流程	489
7.9.4	热处理工艺	490
7.9.5	失效的形式	491
7.10	气门锁夹槽卡规	491
7.10.1	工作条件和应用情况	491
7.10.2	材料的选择依据和具体要求	492
7.10.3	机械加工工艺流程	492
7.10.4	热处理工艺	493
7.11	弹簧钢板冲孔模	494
7.11.1	工作条件和材料	494
7.11.2	热处理工艺	495
	参考文献	497

## ■ 第 8 章 汽车零部件热处理技术的发展 498

8.1 热处理连续作业炉 .....	498
8.1.1 概述 .....	498
8.1.2 网带式可控气氛连续作业炉 .....	507
8.1.3 振底炉 .....	515
8.1.4 推杆炉 .....	520
8.2 真空炉 .....	524
8.2.1 真空炉的发展概况 .....	524
8.2.2 真空炉的种类、特点、应用及主要技术参数 .....	527
8.3 流动粒子炉 .....	546
8.3.1 流动粒子炉的发展和特点 .....	546
8.3.2 流动粒子炉的类型和结构 .....	548
8.3.3 流动粒子炉与其他热处理设备技术指标的比较 .....	553
8.4 燃料炉的发展和应用 .....	554
8.4.1 燃料炉的发展 .....	554
8.4.2 燃料炉的类型和结构特点 .....	555
8.4.3 燃气炉的燃料 .....	561
8.4.4 燃气炉的运行与流程 .....	561
参考文献 .....	562

# 绪 论

在国外工业发达国家，汽车制造业占有十分重要的地位，成为其国民经济的支柱产业，汽车作为一种综合性的精密机械产品，需要有众多的配套企业提供部件，中国自 20 世纪 50 年代起，逐步发展并建立了系统和比较完整的汽车工业体系，制造重型、中型、轻型载重货车和高级、中级、普及型客车和轿车等。

## (1) 汽车材料组成

通常汽车共有三万多个零件，其中 86% 为金属材料，而钢铁材料占 80%，主要由以下几部分组成：钢板 50%；新型弹簧钢（悬挂系统用硅钢）；低合金微调质钢（含有 V、Ti、Nb）；高性能钢板；镀覆钢板；齿轮用钢。

有色金属主要有铝合金、铝基复合材料、镁合金和钛合金材料等，可制造车轮、气门座垫、排气系统部件等。

另外，铁基粉末冶金用于制造轴承、凸轮、齿轮和支架及进、排气门等。

## (2) 汽车零部件组成

汽车主要由发动机、传动系统、行驶系统等组成，汽车零部件是依据其功能进行分类的，具体为曲轴连杆机构、配气系统、传动系统、行驶系统以及轴承、标准件、刹车装置等，因此了解各部分零部件工作条件和具体要求，通过选择理想的材料、采用合理的热处理工艺手段和方法，获得需要的技术指标是零部件热处理的主要目的，这对汽车零部件的制造及其热处理具有指导性的作用。



### (3) 热处理的作用

汽车零部件经过热处理后获得了要求的组织和力学性能，满足了工作需要，因此系统认识钢铁材料的分类和性能特点，了解材料的热处理原理、普通热处理工艺、表面改性热处理技术，分析一般常见的热处理质量缺陷和预防措施，将有助于指导设计人员和热处理技术人员根据零部件的具体工作条件和要求，正确选择和制订零部件的机械加工手段、热处理制度以及其他工艺方法，同时拓宽和规范了汽车零部件的热处理思路和视野，了解板类、轴类、盘类、筒类等零件在热处理过程中的变形机理和具体的校直方法，对于指导实际的热处理生产和提高产品质量具有重要的作用和意义。汽车零部件热处理后的表面清理既便于机械加工，又是提高零部件疲劳寿命和使用寿命的重要举措。

钢铁的热处理知识一章是本书的重要组成部分，是进行汽车零部件热处理的基础和关键内容，它着眼于材料的性能、重视热处理工艺和方法，更好地为后续章节零件的热处理提供了理论依据和技术保证，充分说明汽车零件的热处理源于基础而又服务于具体的生产过程，二者相辅相成。

# 第 1 章

## 钢铁热处理基础

### 1.1 钢铁零件的分类、表示方法与应用

在工农业生产中，由钢铁制作的各种零件应用于人们生活的各个方面，已经成为人类社会进步和发展必不可少的材料，因此钢铁材料在国民经济中占有极其重要的地位。了解钢铁材料的分类方法，认识并分析钢铁材料中化学成分对产品质量和性能的影响，将有助于全面掌握和正确运用各种钢铁材料。下面对其作简要的介绍。

#### 1.1.1 钢的分类

按照国际上钢铁的分类原则，我国制订了自己的钢铁分类标准，目前国内常见的钢铁零件的分类方法有化学分类法、钢的质量级别分类法和钢的用途分类法等三种，其分类比较系统和客观地评价了钢铁的具体特点，这有助于对采用的材料进行合理选用和正确分析。

##### (1) 按化学成分分类

钢是指在铁碳相图上含碳量小于 2.11% 的铁碳合金，根据钢中碳和合金元素含量的差异可分为两类钢，即碳素钢和合金钢。一般把含有铁、碳两主要元素及少量硅、锰、硫、磷等杂质的钢称为碳素钢（简称碳钢），它们是应用于现实生活中最广泛的材料之一，约占整个钢铁产量的 50% 以上。该类钢依据钢中含碳量的不同，又可分为低碳钢（指  $w_c < 0.25\%$  的钢）、中碳钢（ $0.25\% \leq w_c \leq 0.60\%$



的钢)和高碳钢( $w_c > 0.60\%$ 的钢)三种。含碳量的高低直接影响到零件的硬度和耐磨性,因此在实际应用中要合理选用材料。

为了满足零件一定的技术要求,在碳钢中加入一定量的合金元素就构成了合金钢。合金元素赋予合金钢独有的性能,大多数合金元素增加奥氏体的稳定性,使钢的等温转变曲线(C曲线)右移,因此合金钢具有良好的淬透性、高的力学性能等,是碳素钢无法比拟的。通常加入的合金元素有镍、铬、钼、钒、钛、铝等合金元素。合金钢按钢中合金元素总含量的多少,分为三种,即低合金钢(指合金元素总量小于5%)、中合金钢(指合金元素总量在5%~10%之间)和高合金钢(指合金元素总量大于10%)。考虑到合金元素的作用的不同,在实际分类中也可进行细分。根据合金钢中所含合金元素种类的不同,又分为锰钢、铬钢、锰硅钢、铬硅钢、铬锰钢、铬锰硅钢、铬钒钢、铬钼钢等,其力学性能也会存在很大的差异,因此其使用的范围和用途不同。

#### (2) 按钢的质量级别分类

在钢的冶炼过程中,由于矿石等物质不可避免的会产生各种杂质,它们存在于钢中,影响钢的质量。通常根据钢中杂质含量的多少,依据钢中硫、磷含量的高低,一般将钢分为普通钢、优质钢、高级优质钢和特殊质量钢四类。

① 普通钢:该类钢中硫、磷的含量均不大于0.045%。

② 优质钢:钢中硫、磷的含量均不大于0.035%,该类钢中硫、磷的含量较低。

③ 高级优质钢:钢中硫、磷的含量均不大于0.025%,该类钢中硫、磷的含量更低。

④ 特殊质量钢:钢中硫的含量小于0.015%,磷的含量小于0.025%。

#### (3) 按钢的用途分类

钢的化学成分决定了其具有不同的性能,在生产实践中可根据钢的用途不同进行分类,一般将钢分为结构钢、工具钢和特殊性能



钢三类。

① 结构钢 指钢的含碳量小于 0.60% 的低、中碳碳素结构钢和合金结构钢，多用于制造一般的机器零件（机器上的齿轮、轴、凸轮、键、标准件等）、机器构件（汽轮机机架、起重机上的横梁等）和各项工程上的金属构件（工业与农业建筑钢筋、钢结构架、桥梁上的金属结构、铁路道轨、机车构件）以及弹簧等，它是用途十分广泛的一类钢。结构钢具有足够的强度和塑性，良好的冲击韧性，焊接性能好，同时也易于进行切削加工，因此含碳量小于 0.60% 的钢即可满足上述零件的要求。

② 工具钢 指该钢经热处理后可获得高的硬度、高的耐磨性。按照钢中元素的含量和性能的差异，工具钢分为碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢三类。含碳量的增加提高了钢的硬度，合金元素的加入使钢中形成了更多的金属化合物，既提高了钢的淬透性和回火稳定性，又使钢的耐磨性和使用寿命成倍增加，因此多用于制作刀具、量具和模具等，它是工业生产中必不可少的材料，随着科学技术的进步，该类钢必将起到更大的作用。

③ 特殊性能钢 指加入较多的合金元素而具有特殊物理和化学性能的钢的总称。如不锈钢、耐热钢（如奥氏体耐热钢、马氏体耐热钢等）和耐磨钢等。它们使用的场合特殊、工作条件比较恶劣，要具备耐酸、耐碱、耐高温、耐腐蚀等特性，因此在化学工业中占有重要的地位。

### 1.1.2 钢号的表示方法及应用

尽管钢的分类可以提供选择钢材的功能，但为了便于选择、了解使用某种钢，查找需要各种具体成分的钢，必须对钢进行规范表示，我国钢号表示方法按照以下两点要求进行。

① 钢牌号采用汉语拼音字母、化学元素符号和阿拉伯数字三部分相结合表示方法。

② 产品名称、用途、特性和工艺方法采用汉字或汉语拼音字母的表示方法（GB 221—79）。