

普通高等教育“十三五”规划教材



汽车机械制造基础

● 李运杰 主编

QICHE JIXIE
ZHIZAO JICHU



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

汽车机械制造基础

李运杰 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要讲述了三方面内容：一是汽车零件材料基础；二是汽车机构基础；三是汽车零件制造基础。第1、2章系统介绍了汽车零件材料的基本知识；第3章介绍了汽车机构的基本知识；第4~6章系统介绍了汽车零部件金属加工的基本知识；第7章介绍了汽车液压液力传动的基础知识；第8章介绍了汽车零件装配工艺基础知识；第9章简单介绍了汽车维修钳工的基础知识。本书的目的在于训练学生的实际操作能力，突出了人才培养目标与岗位工作目标的对接。

本书可作为高等院校汽车各类专业的教材，也可作为职业院校相关专业的教材，还可作为汽车类专业相关人员的参考用书。

汽车机械制造基础

李运杰 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车机械制造基础/李运杰主编. —北京：化学工业出版社，2017.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29809-6

I. ①汽… II. ①李… III. ①汽车-零部件-制造工艺-高等学校-教材 IV. ①U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 120808 号

责任编辑：高 钰

责任校对：宋 夏

文字编辑：陈 喆

装帧设计：刘丽华

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：北京永鑫印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14 字数354千字 2017年8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：32.00 元

版权所有 违者必究

前言

汽车机械制造业的发展不仅直接关系到国民经济的发展,也关系到人民生活水平的提高,是一个国家经济实力和科学技术发展水平的重要标志。科学技术的发展为汽车机械制造技术的发展提供了机遇和条件,常规机械制造技术与精密检测技术、数控技术、传感技术相结合,给汽车机械制造领域带来许多新技术,使汽车产品质量和生产效率大大提高。

汽车机械制造基础是汽车制造、汽车运用与维修等专业技能型紧缺人才培养培训核心课程之一,是传统课程“工程材料与热成形工艺”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”、“机械制造工艺学”、“机械原理及机械零件”和“液压与传动”内容整合后形成的一门新课程,内容包括:汽车零件机械制造基础、汽车常用机构(汽车四杆机构、汽车配气机构、汽车轮系),汽车典型零件(钢材类零件、铸铁类零件、有色金属类零件、其他材料类零件),汽车典型液力元件(液压泵、液压缸、液压控制阀、液力元件、汽车典型液压系统),汽车机修基础知识与技能(维修工具、量具和钳工、焊接、钣金等基本知识和技能)等。本课程具有实践性强、综合性强的特点,学习时要重视在实践教学环节中学习,注意理论与实践相结合,特别注意灵活运用所学知识,根据具体情况处理问题。

本书在内容的选择上,注重汽车制造及职业岗位对人才的知识及能力要求,较多地反映新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料等内容。

通过本书学习和实训,可以使具备:看懂汽车零件图和简单装配图的能力;会汽车(机器)常用机构的工作原理、运动特性、静力学分析及简单计算;能进行汽车典型零件、通用零件的受力、失效形式、材料及热处理、工艺、规范或标准等的分析和应用;能正确描述汽车典型液压、液力元件的工作原理、结构组成及典型液压系统工作过程;学会必要的运动参数计算和工作能力计算;学会汽车机修基础知识与技能(常用汽车维修手工工具、量具和钳工、焊接、钣金等基本知识和技能)等。

本书的内容已制作成用于多媒体教学的 PPT 课件,并将免费提供给采用本书作为教材的院校使用。如有需要,请发电子邮件至 cipedu@163.com 获取,或登录 www.cipedu.com.cn 免费下载。

本书可作为高等院校、职业院校汽车类各专业的教材,还可作为汽车类专业相关人员的参考书。

本书由李运杰主编,并编写了第 1~5、7~9 章;张涛编写了第 6 章。

由于编者经历和水平有限,教材内容难免有不足之处,希望读者及时提出修改意见,以便再版时改正。

编者

2017 年 3 月

目录

第1章 汽车工程材料基础

1

1.1 金属材料的力学性能	1
1.2 金属材料及热处理	3
1.2.1 金属材料	3
1.2.2 材料的强化与热处理	5
1.3 汽车典型零件的热处理	7
1.3.1 连杆	7
1.3.2 活塞销	9
1.3.3 凸轮轴	11
习题	13

第2章 金属材料成形基础

14

2.1 汽车零件成形铸造工艺基础	14
2.1.1 砂型铸造	15
2.1.2 特种铸造	16
2.2 汽车零件成形锻压工艺基础	18
2.2.1 自由锻造	19
2.2.2 模型锻造	21
2.2.3 胎模锻	21
2.3 汽车零件成形焊接工艺基础	22
习题	25

第3章 汽车机构基础

26

3.1 机构基础	26
3.1.1 机器的组成	26
3.1.2 机器与机构	26
3.1.3 零件、构件和部件	27
3.1.4 运动副及运动简图	28
3.2 汽车常见四杆机构	30
3.2.1 曲柄连杆机构	30
3.2.2 机构的运动分析	31
3.2.3 汽车发动机的动力学分析	35
3.2.4 汽车的四杆机构	36

3.3 汽车凸轮机构基础	39
3.3.1 凸轮机构工作过程	39
3.3.2 从动件常用运动规律	40
3.3.3 压力角与传动角	41
3.3.4 汽车凸轮机构	42
3.4 汽车齿轮基础	43
3.4.1 轮系概述	43
3.4.2 汽车轮系类型	43
3.4.3 汽车齿轮传动基础	44
3.5 链传动	49
3.5.1 概述	49
3.5.2 滚子链的链轮	51
3.5.3 链传动的张紧和润滑	52
3.6 带传动	54
3.6.1 带传动的类型	54
3.6.2 摩擦型传动带的结构与类型	54
3.6.3 V 带的安装与张紧	56
3.7 回转件的平衡	57
3.7.1 回转件的静平衡	57
3.7.2 回转件的动平衡	58
3.7.3 车轮与轮胎的平衡	59
习题	59

第4章 变速器与分动器

62

4.1 变速器	62
4.1.1 普通齿轮变速器的变速传动机构	64
4.1.2 车型 EQ1090E 的变速器	64
4.2 变速器的操纵机构	66
4.3 同步器	67
4.4 分动器	68
习题	70

第5章 汽车零件加工工艺与设备

71

5.1 金属切削加工机床的基本知识	71
5.2 汽车零件的车削加工	73
5.3 汽车零件的铣削加工	81
5.4 汽车零件的钻削与镗削加工	87
5.4.1 钻削加工	87
5.4.2 镗削加工	92
5.5 汽车零件的磨削加工	94

5.5.1 磨削加工的特点与工艺范围	94
5.5.2 磨削方法	95
5.6 汽车零件的定位	98
5.6.1 工件定位的基本原理	98
5.6.2 定位方式及定位元件	102
5.7 汽车零件的定位与夹紧	110
5.7.1 定位基准的选择	110
5.7.2 工件的夹紧	117
习题	120

第6章 汽车典型零件加工工艺基础

123

6.1 基本概念	123
6.1.1 生产过程和工艺过程	123
6.1.2 工艺过程的组成	124
6.1.3 生产纲领与生产类型	125
6.1.4 工艺规程	126
6.2 拟定工艺路线	129
6.2.1 加工方法和加工方案的选择	130
6.2.2 加工顺序的安排	131
6.3 加工余量的确定	133
6.3.1 加工余量的基本概念	134
6.3.2 确定加工余量大小的方法	134
6.4 确定工序尺寸及公差	134
习题	139

第7章 汽车液压液力传动基础

140

7.1 液压传动的工作原理	140
7.2 液压传动的组成及特点	141
7.3 液压泵	142
7.3.1 齿轮泵	142
7.3.2 柱塞泵	145
7.3.3 叶片泵	145
7.3.4 液压缸	146
7.4 液压辅助元件	148
7.4.1 蓄能器	149
7.4.2 滤油器	150
7.5 液压控制阀	150
7.5.1 方向阀	150
7.5.2 压力阀	154
7.5.3 流量阀	158

习题	160
----------	-----

第8章 汽车零件装配工艺基础

162

8.1 概述	162
8.2 保证装配精度的工艺方法	164
8.3 装配尺寸链	169
8.3.1 装配尺寸链的基本概念及其特征	169
8.3.2 装配尺寸链的建立	170
8.3.3 装配尺寸链的计算方法	171
8.4 装配工艺的制定	175
习题	178

第9章 汽车维修钳工基础

179

9.1 汽车维修常用手工工具	179
9.1.1 开口扳手	179
9.1.2 梅花扳手	180
9.1.3 成套套筒扳手	180
9.1.4 火花塞扳手	182
9.1.5 活动扳手	182
9.1.6 螺丝刀	183
9.1.7 钳子	184
9.1.8 锤子	184
9.1.9 垫片刮刀	184
9.1.10 部分专用工具	185
9.2 汽车维修常用量具	186
9.3 划线	191
9.3.1 常用划线工具	191
9.3.2 平面划线实例	192
9.4 锯削	194
9.4.1 常用工具、仪器和设备	194
9.4.2 手工锯	194
9.4.3 台虎钳	195
9.4.4 锯削的方法	196
9.5 铰削	198
9.5.1 铰削的基本知识	199
9.5.2 铰削操作	200
9.6 锉削	202
9.7 钣金基础	204
9.7.1 安全与环保	204
9.7.2 下料	205

9.7.3	连接	206
9.7.4	矫正	207
9.7.5	锤拱	210
9.7.6	卷边	211
9.7.7	咬缝	213
习题		215

参考文献

216

第1章

汽车工程材料基础

(1) 知识目标

了解工程材料的成分、性能及改变材料性能所需采用的工艺方法。

(2) 能力目标

具备选择采用工程材料以及正确选择汽车零件热处理方法的基本技能。

(3) 素养目标

能够安全文明生产，具备汽车零件制造的职业道德，具备团结协作的职业素养，具备不断学习新知识和新技能意识和能力。

1.1 金属材料的力学性能

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。使用性能是指在使用过程中所表现出来的性能（如力学性能、物理性能、化学性能等）。工艺性能是指金属材料在各种加工过程中所表现出来的性能（如铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能等）。

通常，以力学性能作为主要依据选用金属材料。金属材料的力学性能是指金属材料在载荷作用下抵抗变形或破坏的能力，常用的力学性能有：强度、塑性、硬度、韧性、疲劳强度等。

(1) 强度

金属材料在载荷作用下抵抗弹性变形、塑性变形和断裂的能力称为强度。由于载荷作用方式不同，强度分为屈服强度、抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和抗剪强度等。工程上应用最普遍的是屈服强度和抗拉强度，这种强度指标通常采用拉伸试验法来测定。

试样被拉断前所能承受的最大拉应力称为抗拉强度，用符号 σ_b （单位是 MPa）表示。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} \quad (1-1)$$

式中， F_b 为试样断裂前所承受的最大载荷，N； S_0 为试样的原始横截面面积， mm^2 。

抗拉强度是表示金属材料抵抗最大均匀塑性变形或断裂的能力。有些塑性较差的材料在拉伸试验中往往没有明显的屈服现象，而抗拉强度比较容易测定，因此，抗拉强度也作为衡量材料强度的一个重要指标。

(2) 塑性

金属材料在载荷作用下产生断裂前所能承受的最大塑性变形的能力称为塑性。在断裂之

前, 材料的塑性变形愈大, 塑性愈好。常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率, 通过对试样进行拉伸试验来测定。

① 断后伸长率。试样被拉断后标距的伸长量与原始标距的百分比称为断后伸长率, 用符号 δ 表示。

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中, l_1 为试样被拉断时的标距伸长量, mm; l_0 为试样的原始标距, mm。

② 断面收缩率。试样拉断后, 缩颈处横截面面积的最大缩减量与原始横截面面积的百分比称为断面收缩率, 用符号 ψ 表示。

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, S_1 为试样缩颈处的横截面面积, mm^2 ; S_0 为试样的原始横截面面积, mm^2 。

断后伸长率与断面收缩率都是材料的重要性能指标。它们的数值越大, 材料的塑性愈好。

(3) 硬度

硬度是指金属材料抵抗硬物压入或划伤的能力, 即抵抗局部塑性变形和破坏的能力。一般来说, 硬度越高, 耐磨性越好, 强度也越高。

在目前生产中, 最常用的测定硬度的方法是压入法硬度试验。是用一定几何形状的压头, 在一定载荷下, 压入被测试的金属材料表面, 根据被压入后变形程度的大小来测定硬度值。用同样的压头, 在相同载荷作用下, 压入金属材料表面时, 若压入后变形程度愈大, 则材料的硬度值愈低; 反之, 硬度值愈高。生产中应用最广泛的有布氏硬度和洛氏硬度测试法。

① 布氏硬度。布氏硬度的测定原理是用一定直径 D 的硬质合金球作压头, 在规定试验力 F 的作用下, 压入被测金属表面 (图 1-1), 保持规定的时间后卸除试验力, 测量被测金属表面上所形成的压痕直径 d , 用载荷与压痕球形表面积的比值作为布氏硬度值, 用符号 HBW 表示。布氏硬度试验范围上限为 650HBW。

布氏硬度值由硬度数值、硬度符号和试验条件 (球体直径、试验力大小和保持时间) 表示。

例如, 350HBW5/750 表示用直径 5mm 的硬质合金球在 7.355kN 试验力下保持 10~15s 测定的布氏硬度值为 350。硬度值越大, 表示被测材料硬度越高。

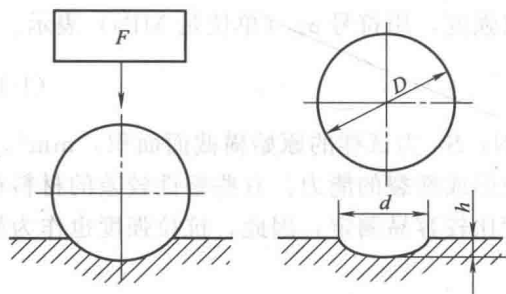


图 1-1 布氏硬度试验原理示意图

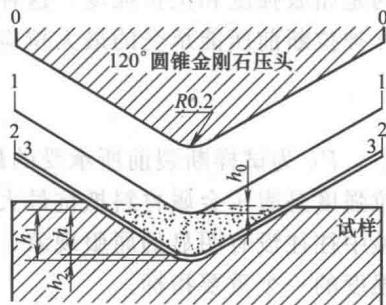


图 1-2 洛氏硬度试验原理示意图

② 洛氏硬度。洛氏硬度的测定原理是用顶角为 120° 的金刚石圆锥压头或直径为 1.588mm ($1/16\text{in}$) 的淬火钢球压头, 在初载荷与初、主载荷先后作用下压入被测金属表面, 如图 1-2 所示, 保持规定的时间后卸除主载荷, 然后, 根据残余压痕深度增量确定金属材料的硬度。

如图 1-2 中所示, 0—0 位置为圆锥压头的初始位置, 即压头没有与被测金属表面接触时的位置; 1—1 位置为在初载荷 98.07N (质量为 10kg) 作用下, 压头压入深度 h_0 的位置; 2—2 位置为加入主载荷后, 压头压入深度 h_1 的位置; 卸除主载荷后, 被测金属弹性变形恢复, 使得压头向上回升 h_2 , 压头处于 3—3 位置。因此, 可以用压头受主载荷作用实际压入被测金属表面产生塑性变形的压痕深度值 h 的大小来衡量被测金属的硬度。压痕深度值 h 愈大, 则被测金属的硬度愈低; 反之, 则愈高。为适应习惯上数值愈大, 硬度愈高的概念, 常用一常数 K 减去 $h/0.002$ 作为洛氏硬度值, 用符号 HR 表示。洛氏硬度值可直接从硬度计表盘上读出。

$$\text{HR} = K - \frac{h}{0.002} \quad (1-4)$$

式中, K 为常数, 当用金刚石做压头时 $K=100$, 当用淬火钢球做压头时 $K=130$ 。洛氏硬度表示的方法是在符号前写出硬度值, 如 60HRC 。

③ 硬度与抗拉强度的关系。由于硬度反映了金属材料在局部范围内对塑性变形的抗力, 因此, 材料的硬度与强度之间有一定内在联系, 强度越高, 塑性变形抗力越大, 硬度值也越高。因此可以根据材料的硬度值大致估计材料的抗拉强度。

(4) 冲击韧性

强度、塑性、硬度都是在静载荷作用下测量的力学性能指标。实际上, 许多机器零件和工具常常在冲击载荷作用下工作。有些零件, 除了需要满足静载荷作用下的强度、塑性和硬度要求外, 还必须具有足够的抗冲击载荷的能力。

金属抵抗冲击载荷作用而不被破坏的能力称为冲击韧性, 金属材料的冲击韧性可以通过冲击试验测定。冲击韧性愈大, 材料的韧性愈好; 反之, 韧性愈差, 即脆性愈大。

(5) 疲劳强度

许多机械零件如发动机曲轴、连杆、齿轮、弹簧等, 经常会受到大小和方向作周期性变化的载荷作用, 这种载荷称为交变载荷。在交变载荷的作用下, 零件所承受的最大应力值虽然远小于其屈服点, 但经过多次循环后, 零件在无显著的外观变形情况下却会发生断裂, 这种断裂称为疲劳断裂。断裂往往突然发生, 因此具有很大的危险性, 常常会造成严重事故。

金属材料经受无数次交变载荷作用而不引起断裂的最大应力值称为材料的疲劳强度。

实际试验时不可能进行无数次的应力循环, 因此规定, 对于钢材, 当应力循环次数达到 10^7 次时, 零件仍不断裂的最大应力值即是它的疲劳强度; 对于有色金属和某些超高强度钢, 当应力循环次数为 10^8 次时的最大应力值即是它的疲劳强度。且规定, 对称循环应力的疲劳强度用 σ^{-1} 表示。

1.2 金属材料及热处理

1.2.1 金属材料

纯金属虽有很多优点, 但提炼困难, 且强度、硬度较低, 所以在工业中使用的金属材料一般都是不同成分的合金, 如碳钢、合金钢、黄铜、硬质合金等。

(1) 基本概念

- ① 合金。由两种或两种以上的金属或金属与非金属组成的具有金属特性（如光泽、导电性、导热性等）的物质称为合金。
- ② 组元。组成合金最基本的独立单元（物质）称为组元，如铁碳合金的组元是铁和碳。
- ③ 合金系。由相同组元按不同比例配制的不同成分的合金系列称为合金系。

(2) 铁碳合金的概念

以铁和碳两种元素所组成的合金称为铁碳合金；另外，还有铜锌合金（黄铜）等。

(3) 碳钢、铸铁及合金钢的概念

对于铁碳合金，若含碳量小于 2.1%，则称为碳素钢，简称碳钢；若含碳量大于 2.1%，则称为铸铁。碳钢和铸铁中都不可避免的含有少量的锰和硅等杂质。

为改善碳钢的性能，炼钢时有目的地加入一些合金元素的钢称为合金钢。通常加入的合金元素有：Ti、Zr、V、Nb、W、Mo、Cr、Mn、Al、Cu、Co、稀土元素等，有时也加入非金属元素 Si、B 等。

由此可见，钢的品种很多，分类较细。

按化学成分，钢可分为碳素钢和合金钢。

按含碳量高低可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢，含碳量小于 0.25% 为低碳钢，含碳量在 0.25%~0.6% 之间为中碳钢，含碳量在 0.6%~1.3% 之间为高碳钢。

按用途分类，钢可以分为结构钢（用于制造机械零件和工程结构）、工具钢（制造工具、刀具和量具）和特殊性能钢（如不锈钢、耐热钢）等。以下只介绍几种最常用的钢。

(4) 普通碳素结构钢

这类钢材含硫、磷等有害杂质较多，一般制成各种棒材、板材和型钢。普通碳素结构钢的牌号由 4 部分构成：

Q——代表钢材屈服强度（Q 为“屈”字汉语拼音的首字母）。

数字——屈服强度的数值。

字母——钢材的品质等级（A、B、C、D 等级是指含硫和磷等有害元素的含量依次降低）。

字母——冶炼时脱氧方法（F 表示沸腾钢，Z 表示镇定钢；TZ 表示特殊镇定钢，Z 或 TZ 可以省略不写）。

例如：代号“Q215A F”中 Q 表示钢材屈服强度；215 表示钢材的屈服强度值为 $\sigma_s \leq 215\text{MPa}$ ；A 表示钢材的品质为 A 等级；F 表示沸腾钢（“沸”字的汉语拼音首字母）。

汽车常用普通碳素结构钢（ $\sigma_s \leq 215$ ）的牌号、性能和应用举例见表 1-1。

表 1-1 普通碳素结构钢在汽车上的应用

钢的牌号	应 用 举 例	
	车 型	汽车零件名称
Q235A	EQ1092	汽车百叶窗联动杠杆、传动轴中间轴承支架等
	2000GSI	汽车发动机前后支架、后视镜支杆、油底壳加强板等
Q235AF	奥迪 100	汽车机油滤清器凸缘、固定发电机用连接板、前钢板弹簧夹子等
Q235B	2000GSI	汽车 3、4、5 挡同步器锥盘、差速器螺栓锁片等
	CH7100	汽车车轮轮辐、轮辋、驻车制动操纵杆棘爪与齿轮等
Q235BF	CA7100	汽车放水龙头手柄夹持架、消音器、后支架、百叶窗叶片等

上海的应用

工上的应用

金结构钢牌号的规定为,以化学元素符号表示合金元素,合金元素含量的百分数以数

2.2 材料的强化与热处理

1) 钢铁材料的热处理

处理工艺按加热后冷却方式的不同分为退火、正火、淬火和回火；按热处理工序位置

热处理工艺按加热后冷却方式的不同分为退火、正火、淬火和回火；按热处理工序位置

的先后分为预备热处理和最终热处理。

预备热处理主要用于消除前道工序（如铸造、锻造、焊接、冷加工等）所造成的某些组织缺陷和内应力，为后道工序（如机械加工、冷拔等）作好组织和性能准备；最终热处理是使工件达到使用条件下的性能要求。

① 退火。退火是将钢加热到适当温度，保温一定的时间，然后缓慢冷却（随炉冷却或埋入保温介质中）以获得接近平衡组织的一种热处理工艺。退火的目的是：a. 细化晶粒、改善组织；b. 消除内应力，提高力学性能；c. 降低硬度，提高切削性能；d. 为下一道工序（淬火）做好准备。

② 正火。正火是将钢加热到适当温度，保温一定时间，然后在静止的空气中冷却的热处理工艺。

正火实质上是退火的一种特殊形式，不同之处仅在于正火是采用在空气中冷却的方法，其冷却速度比退火稍快。

正火的目的是提高低碳钢和低碳合金钢的硬度、改善切削加工性能及钢件的力学性能。对于某些大型或复杂形状的零件，当淬火有开裂危险时，可采用正火作为最终热处理。

③ 淬火。淬火是将零件加热到一定温度（一般在 850°C 以上，视钢的品种而异），经保温后放入介质中快速冷却的热处理工艺。淬火的目的是提高钢的强度、硬度和耐磨性。淬火时常用的介质有油、水和盐溶液等。不同的介质冷却速度不同，油中较慢，水中较快，盐溶液中更快。冷却速度快时淬硬层的深度大，但变形和开裂的倾向也大。含碳量高于 0.25% 的钢可以进行淬火。

④ 回火。回火是在钢件经过淬火以后，再将其加热到适当温度，保温一定时间，然后在静止的空气中冷却的热处理工艺。

钢经过淬火以后，强度和硬度虽然提高，但塑性和韧性降低、脆性增加，钢的含碳量较高时这种现象更严重。此外，淬火钢的内应力很大。重要的机械零件既要求有高的强度和硬度，又要求有一定塑性和韧性，仅靠淬火不能满足要求。因此，在淬火以后常需进行回火，以保持钢的强度和硬度，并提高材料的塑性和韧性，同时降低淬火引起的内应力，取得较好的综合力学性能。

回火可分为低温回火、中温回火和高温回火。

低温回火是将钢加热到 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，保温后在空气中冷却。它保持了淬火的高硬度（ $58\sim 64\text{HRC}$ ）和耐磨性，内应力有所降低，韧性有所提高。低温回火主要用于刀具、量具、模具、滚动轴承以及其他要求高硬度和耐磨性的零件（如渗碳零件）。

中温回火加热温度为 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。中温回火的目的是使钢有一定的韧性，硬度可达 $40\sim 50\text{HRC}$ ，并提高其弹性极限和屈服极限。中温回火常用于弹簧及热锻模等热处理。

高温回火加热温度为 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。淬火后进行高温回火的工艺称为调质处理。钢件经过调质处理后，能获得较好的综合力学性能。调质还可作为机械加工工序之间的热处理，以提高切削加工面的表面光洁度。

调质处理广泛地应用于各种重要结构零件，特别是在交变载荷下工作的连杆、螺栓、齿轮及轴类等。调质处理的钢与正火钢相比，不仅强度高，而且塑性、韧性也远高于正火钢，因此，重要的结构零件应进行调质处理。

（2）钢的表面热处理

有些机械零件，要求零件表面有较高的硬度和强度，还要求零件中心部分有足够的塑性和韧性，这时可进行表面热处理，如表面淬火和化学热处理。

① 表面淬火。表面淬火是利用氧乙炔火焰或高频感应加热等方法将零件表面加热到淬火温度,然后在介质中快速冷却,使零件表面淬硬(零件中心则仍有较好的塑性和韧性)。

表面淬火一般用于中碳钢或中碳合金钢零件。表面淬火前零件先经正火或调质处理,以使零件内部具有较好的综合力学性能;表面淬火后常用低温回火消除淬火应力并保持较高的硬度。

② 表面化学热处理。表面化学热处理是将某些化学元素渗入表层,改变钢的表层化学成分、组织和性能,从而获得高硬度及耐磨和抗疲劳等性能的热处理方法。有些表面剧烈磨损的零件,采用表面淬火还不能达到工作要求,这时可采用化学热处理。

按渗入零件表层元素的不同,表面化学热处理有渗碳、渗氮、氰化等。

渗碳是将碳原子渗入零件表层,使零件表面含碳量增加。需要渗碳的零件一般为低碳钢或低碳合金钢,渗碳后表层为高碳钢。渗碳厚度一般为 $0.5\sim 2\text{mm}$ 。渗碳后再进行淬火和低温回火,可使表面硬度、中心韧性很好,适用于要求既耐磨又能承受冲击载荷的零件。

常用的渗碳方法有固体渗碳和气体渗碳两种。固体渗碳是将零件放在装有木炭粒和碳酸盐的密封铁箱中,然后将铁箱在炉中加热,生产率较低。气体渗碳是将零件直接放在密封的炉中加热,并通入渗碳气体,生产率较高。

渗氮是将氮原子渗入零件表层。需渗氮的零件材料都是含有铬、钼、铝等元素的中碳合金钢。氮原子渗入零件表层后,与合金元素Cr、Mo、Al等化合成极硬的氮化物。溶氮零件的耐磨性比渗碳零件更好。

渗氮主要用于耐磨性和精度要求很高的精密零件或承受交变载荷的重要零件,以及要求耐热、耐蚀、耐磨的零件,如精密机床的主轴、蜗杆、发动机曲轴、高速精密齿轮及成形刀具、模具等。

渗氮和渗碳相比有如下特点:a. 氮化后的零件不用淬火就能得到高硬度和耐磨性,且在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 时仍能保持高硬度(即热硬性好);b. 氮化温度低,故变形小;c. 氮化零件具有很好的耐蚀性,可防止水、蒸汽、碱性溶液的腐蚀;d. 氮化后,显著地提高了钢的抗疲劳强度。

氰化是在钢的表面同时渗入碳和氮。它常用在汽车、拖拉机变速器齿轮表面的热处理工艺中。但所用的氰化剂(如氰化钠、氰化钾等氰盐)为剧毒品,操作时需要特别注意安全。

1.3 汽车典型零件的热处理

1.3.1 连杆

105系列高速柴油机的连杆如图1-3所示。通过对连杆图纸的工艺分析可知,连杆的几何结构比较复杂, $\phi 75^{+0.018}$ 与 $\phi 43^{+0.027}$ 孔的加工精度要求比较高,连杆图中所示两个比较大的孔的中心距 210 ± 0.05 精度也比较高。复杂的几何形状及较高的尺寸精度,增加了连杆的机械制造难度。

(1) 连杆的工作状态

连杆小头与活塞销相连接,与活塞一起作往复运动;连杆大头与曲柄销相连,和曲轴一起做旋转运动。连杆所作的这种运动称为平面运动。

连杆所承受的基本荷载是拉伸力和压缩力。显然,连杆的自重与其所受的外力相比很小,可忽略不计。所以从力学角度讲,连杆可以简化成只承受拉力或压力的杆件,简称为拉(压)杆。图1-4(a)为其力学简图。

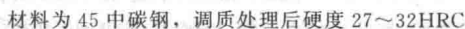


图 1-3 105 系列高速柴油机的连杆

(2) 连杆材料

为了保证连杆在结构轻巧的条件下有足够的强度和刚度，一般多用 45 优质中碳钢来制造，在特别的情况下，有时也用 40Cr 等合金钢。