

高等学校应用型特色规划教材

●汽车工程系列

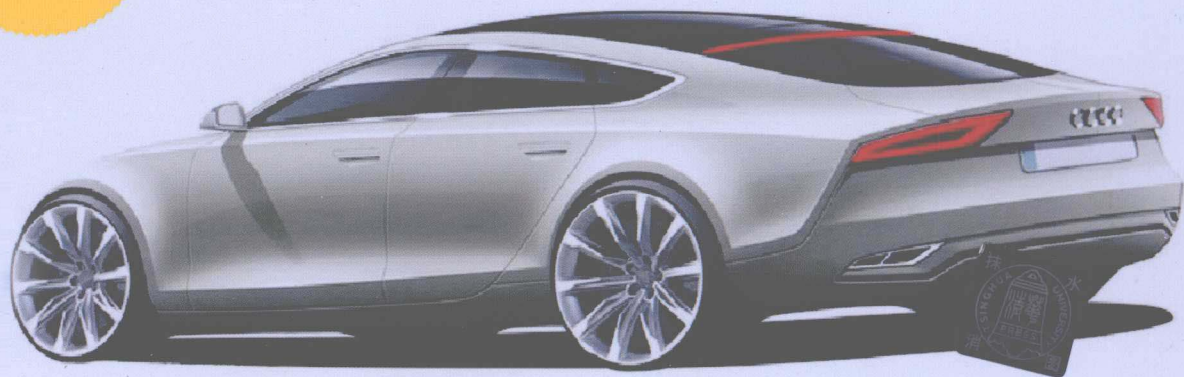
轿车车身维修技术



李清民 主 编
班孝东 于传刚 戴汝泉 杨淑贤 副主编

免费赠送

PPT电子课件
及习题答案



清华大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍钣金和喷漆修复两项内容。钣金修理主要内容包括汽车车身材料、液压传动、机械制图、汽车车身结构、承载件(大梁)测量与校正、板料修复和焊接技术等。其中,对高强度钢、铝合金的相关标准、性能、修理方法、特点等作了重点阐述;对车身结构作了更具体的讲述。喷漆修复主要内容包括涂料的组成与分类、喷漆材料性能及使用、调色流程、喷烤漆设备及工艺、涂料和涂层检验等。其中,喷漆新方法和涂层干磨工艺等内容是重点。另外,结合相关标准,对涂层检验方法和技术要求作了详细讲解。

该书主要作为高等院校或职业技术学院在校学生的使用教材,同时也可作为汽车维修行业专业技术人员参考书籍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

轿车车身维修技术/李清民主编;班孝东,于传刚,戴汝泉,杨淑贤副主编. —北京:清华大学出版社, 2013
(高等学校应用型特色规划教材 汽车工程系列)
ISBN 978-7-302-30651-1

I. ①轿… II. ①李… ②班… ③于… ④戴… ⑤杨… III. ①轿车—车体—车辆修理—高等学校—教材 IV. ①U469.110.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 272613 号

责任编辑:曹 坤 桑任松
封面设计:杨玉兰
责任校对:周剑云
责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>
地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544
投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.75 字 数:380 千字

版 次:2013 年 1 月第 1 版 印 次:2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:30.00 元

产品编号:046592-01

前 言

汽车技术在迅速发展,汽车车身的结构发生了巨大变化,整体式车身结构得到了广泛的应用,多种新型材料在汽车车身上得到了采用。因此,对汽车车身维修人员的要求越来越高,不仅要求从业人员掌握基本的车身钣金技术,而且还应了解汽车的基本结构、材料性能、绘图基础知识等。钣金修理中新材料的使用,如高强度钢、超高强度钢和铝合金等在中高档轿车中的比例越来越高,对钣金修理提出的修理技术和质量要求非常高,要求维修人员具有较全面的维修知识和较高的维修水平。新型车身涂料和面漆技术的应用,使车身表面修复成为一项复杂的技术工作。这就要求车身维修人员必须经过系统的理论和实践培训。面对越来越复杂的车身结构,同样也要求机动车保险人员具有完整的理论和实践知识,才能对车辆维修费用进行正确评估。

本书按照中华人民共和国交通行业标准《机动车维修技术人员从业资格培训技术要求》(JT/T 698—2007)编写。目前国内汽车维修企业,维修人员技术水平有待提高,操作工艺有待规范,质量控制有待加强。本书内容符合《机动车维修技术人员从业资格培训技术要求》中车身修复培训技术要求,通过大量图片和文字阐述,详细讲解了钣金和喷漆修复的方法和技术要求,既包含车身维修基础知识,如材料性能、钣金绘图、液压传动等,又包含具体的专业维修操作,如板料校正、承载件测量与拉伸、油漆喷涂新工艺和新方法等。该书对综合提高维修人员的技术水平和操作技能将有很大帮助,对高等院校或职业院校的在校学生也是理想的选用教材。

本书钣金修理部分由李清民、戴汝泉、于传刚编写;喷漆修复部分由班孝东、杨淑贤、张宁编写。

在编写过程中出现的一些汽车零部件名称和专业名词可能表达不准确,这是因为相关标准中没有提到或表达不明确,因而其他书籍中表达不一致。作者水平有限,无法解决此类问题。另外本书还可能存在其他问题,恳切希望专家和读者给予批评指正。

编 者

目 录

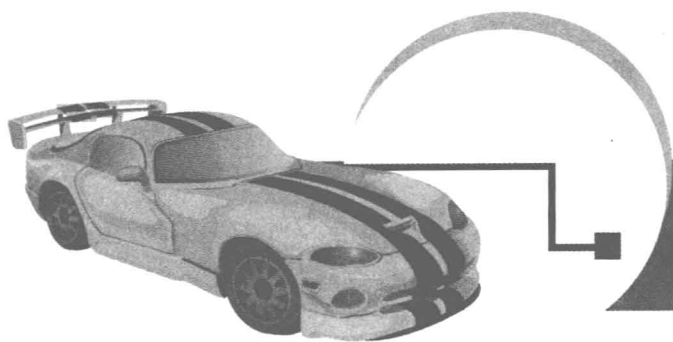
第1章 汽车车身材料.....1	3.5.2 圆锥体制件的展开..... 50
1.1 金属材料的基本性能.....2	3.5.3 长方棱台展开图..... 51
1.1.1 概述.....2	复习思考题..... 52
1.1.2 材料静态力学性能.....2	第4章 安全生产及安全防护..... 53
1.2 钢及其热处理.....6	4.1 安全生产基本知识..... 54
1.2.1 钢的分类.....6	4.2 个人安全知识..... 55
1.2.2 常用钢材型号及含义.....7	4.3 工具的正确使用..... 56
1.2.3 钢的热处理.....8	复习思考题..... 57
1.2.4 钢在车身上的应用.....11	第5章 汽车车身结构..... 59
1.3 铝合金.....12	5.1 车身类型..... 60
1.4 汽车非金属材料.....14	5.1.1 车架式车身..... 60
1.4.1 汽车用玻璃.....14	5.1.2 整体式车身..... 61
1.4.2 汽车用塑料.....16	5.2 车身各总成结构..... 62
1.4.3 汽车用橡胶.....19	5.2.1 车身前部结构..... 62
复习思考题.....19	5.2.2 中部侧面车身..... 63
第2章 液压传动.....21	5.2.3 底部车身..... 64
2.1 液压传动的原理.....22	5.2.4 后车身..... 66
2.2 液压传动系统的组成及图形符号.....22	5.2.5 车门..... 66
2.3 液压油.....24	5.2.6 发动机罩..... 67
2.4 液压系统结构及工作原理.....24	5.2.7 行李箱盖..... 67
2.4.1 液压泵.....24	5.3 车身外饰件结构..... 68
2.4.2 液压缸.....27	复习思考题..... 73
2.4.3 液压控制元件.....28	第6章 钣金修复常用工具设备
2.4.4 液压辅助元件.....30	及使用..... 75
复习思考题.....31	6.1 钣金修复常用工具..... 76
第3章 机械制图、车身制图和	6.2 钣金修复设备..... 85
绘制展开图.....33	6.3 量具的使用..... 89
3.1 机械制图基本概念.....34	复习思考题..... 91
3.2 三视图基本概念.....42	第7章 车身维修设备及基本操作..... 93
3.3 组合体的识图.....43	7.1 车身校正钣金工具的使用..... 94
3.4 汽车车身制图一般规定.....45	7.2 拉伸校正操作..... 95
3.5 钣金展开图.....46	7.3 车身各部位校正实例..... 97
3.5.1 圆管制件展开图.....46	



7.4 轿车车身测量.....100	12.2 汽车底漆涂料的性能及分类.....156
7.4.1 目测确定损伤的程度.....100	12.3 汽车中间层涂料的性能及分类.....157
7.4.2 常用工具测量.....100	12.4 面漆涂料的性能及分类.....158
7.4.3 车身三维测量.....101	12.5 常用汽车修补涂料用辅料及使用...161
复习思考题.....106	12.6 涂装涂料与被修补漆面 (漆种和颜色)的配套性.....162
第8章 车身修复工艺.....107	12.7 常用漆后处理材料.....164
8.1 车身板件的应力消除.....108	复习思考题.....165
8.1.1 金属内部的应力.....108	第13章 油漆颜色及调色程序.....167
8.1.2 应力对车身部件的影响.....109	13.1 油漆涂层颜色及评价指标.....168
8.1.3 应力消除.....110	13.2 调色材料及工具.....169
8.2 板料损伤与校正.....110	13.3 色漆调色流程.....173
8.2.1 车身板件损坏的类型.....110	复习思考题.....175
8.2.2 板料挤压变形.....111	第14章 常用喷漆设备工具的 使用及维护.....177
8.2.3 板料修理方法.....113	14.1 常用刮腻子工具.....178
8.2.4 铝合金板料整形.....117	14.2 喷枪的分类、结构、使用及维护...178
复习思考题.....118	14.2.1 汽车涂装用喷枪的分类.....178
第9章 焊接技术.....119	14.2.2 喷枪常见规格及特点.....180
9.1 焊接种类及特点.....120	14.2.3 汽车涂装用喷枪的 基本结构.....180
9.2 惰性气体保护焊.....121	14.2.4 喷枪的维护项目.....181
9.3 电阻点焊.....128	14.3 气动工具设备维护注意事项.....182
9.4 铝合金焊接修复工艺.....133	14.4 喷漆室布置、使用及维护.....184
9.5 钎焊.....137	复习思考题.....190
9.6 塑料焊.....137	第15章 车身涂装工艺.....191
复习思考题.....138	15.1 车身涂装的基本方法.....192
第10章 汽车腐蚀与防腐技术.....139	15.2 空气喷涂方法.....193
10.1 汽车腐蚀概况.....140	15.3 静电喷涂.....195
10.2 汽车防腐技术概述.....140	15.3.1 静电涂装原理.....195
复习思考题.....143	15.3.2 静电涂装机的种类.....196
第11章 涂料的组成与分类.....145	15.3.3 静电涂装的优点.....198
11.1 涂料的组成.....146	15.3.4 静电涂装机的涂装方法.....199
11.2 涂料的分类.....149	15.3.5 静电涂装注意事项.....200
11.3 涂料命名及型号.....149	15.4 抛光打磨.....202
复习思考题.....151	15.4.1 抛光机的作用及种类.....202
第12章 喷漆材料性能及使用.....153	15.4.2 抛光垫选择的注意事项.....202
12.1 漆前处理材料及其使用.....154	



15.4.3 打磨机的功用及种类.....	204	17.8 龟裂的原因及防治	231
复习思考题.....	206	17.9 灰尘的原因及防治	232
第 16 章 车身涂装质量检验	209	17.10 表面无光的原因及防治	232
16.1 涂料的质量检验.....	210	17.11 剥落的原因及防治	234
16.2 涂层厚度检验.....	216	17.12 遮盖力差的原因及防治	235
16.3 涂层力学性能检测.....	217	17.13 起皱的原因及防治	235
16.3.1 涂层附着力的测试.....	217	17.14 橘皮的原因及防治	236
16.3.2 涂层柔韧性的测试.....	219	17.15 漆雾的原因及防治	237
16.3.3 涂膜硬度的测试.....	221	17.16 咬底的原因及防治	238
复习思考题.....	222	17.17 针孔的原因及防治	238
第 17 章 漆膜缺陷及防治	225	17.18 抛光痕迹的原因及防治	239
17.1 发白的原因及防治.....	226	17.19 砂纸痕的原因及防治	240
17.2 褪色的原因及防治.....	226	17.20 银粉不均匀的原因及防治	240
17.3 渗色的原因及防治.....	227	17.21 腻子印、羽状边(坡口)开裂的 原因及防治	241
17.4 起泡的原因及防治.....	227	17.22 银粉泛色的原因及防治	242
17.5 粉化的原因及防治.....	229	复习思考题	243
17.6 缩水/鱼眼的原因及防治.....	229	参考文献	244
17.7 起云的原因及防治.....	230		



汽车车身材料

学习目标:

- 掌握金属材料的静态力学性能。
- 了解碳钢材料分类、热处理方法和碳钢在车身上的应用。
- 了解铝合金材料的特性及在车身上的使用。
- 了解非金属材料(玻璃、塑料和橡胶等)的特性及在车身上的使用。

学习重点:

碳钢材料分类、热处理方法和碳钢在车身上的应用。

1.1 金属材料的基本性能

1.1.1 概述

金属材料的性能是指用来表征材料在给定外界条件下的行为参量。当外界条件发生变化时,同一种材料的某些性能也随之变化。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能。

- 使用性能:是指金属材料在使用过程中所表现出来的性能,包括力学性能、物理性能(电导性、热导性等)和化学性能(耐蚀性、抗氧化性等)。
- 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,包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、热处理性能和切削加工性能等。

金属在加工和使用过程中都要承受不同形式的外力作用,当外力达到或超过某一限度时,材料就会发生变形,以致断裂。材料在外力作用下所表现出的一些性能(如强度、硬度、塑性、韧性等),称为材料的力学性能。材料的力学性能,不仅是设计零(构)件、选择材料的重要依据,而且也是验收、鉴定材料性能的重要依据之一。

零件所承受的外力(或称载荷)分为静载荷、冲击载荷、交变载荷。

- 静载荷:是指大小不变或变动很慢的载荷。
- 冲击载荷:是指突然增加的载荷,如汽车颠簸时车轴所受的载荷。
- 交变载荷:是指大小、方向或大小和方向均随时间发生周期性变化的载荷,又称变动载荷,如齿轮所受载荷。

1.1.2 材料静态力学性能

1. 强度

强度是指金属材料在静载荷的作用下,抵抗永久变形和破坏的能力。抵抗能力越大,强度越高;反之,则越低。根据载荷作用的形式和性质特点,载荷可分为抗拉强度(σ_b)、抗压强度(σ_{bc})、抗弯强度(σ_{bb})、抗剪强度(τ_s)和抗扭强度(τ_t)等几种。

金属材料在受到不同类型的载荷作用时表现出来的强度性能也是不相同的。实际应用最为广泛的是抗拉强度。抗拉强度与其他强度有一定的关系,知道抗拉强度就可以近似地预测其他强度指标,测量金属材料强度指标最普遍、最简单的方法是拉伸试验法。

按《金属材料室温拉伸试验方法》(GB 228—2002)制作拉伸试样,将一截面为圆形的低碳钢拉伸试样在拉伸试验机上缓慢地拉伸,使试样承受轴向拉力,并引起试样沿轴向伸长,直至试样断裂,并测得应力-应变曲线,如图 1-1 所示。图中, σ 为应力; ε 为应变,则有

$$\sigma = F / A_0 \quad (\text{MPa})$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \times 100\%$$

式中: F ——所加载荷;

A_0 ——试样原始截面积;



L_0 ——试样原始标距长度；

ΔL ——伸长量。

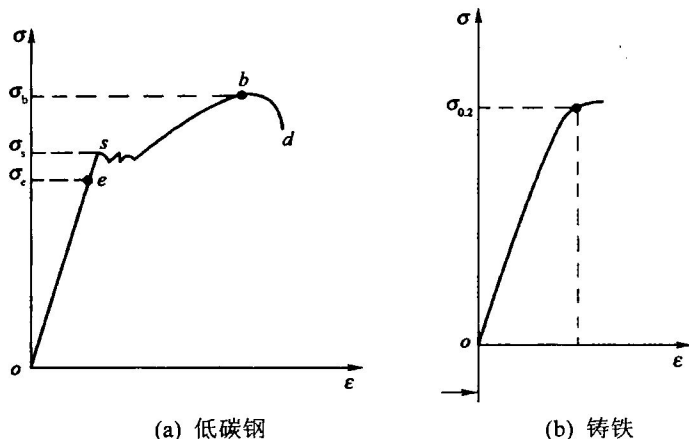


图 1-1 低碳钢和铸铁的应力-应变曲线

1) 金属材料的几个变形阶段

图 1-1 中曲线明显地表现出几个变形阶段。

(1) oe : 弹性变形阶段。试样的变形量与外加载荷成正比，载荷卸掉后，试样恢复到原来的尺寸。

(2) es : 屈服阶段。此时不仅有弹性变形，还发生了塑性变形。即载荷卸掉后，一部分变形恢复，还有一部分变形不能恢复，形变不能恢复的变形称为塑性变形。

(3) sb : 强化阶段。为使试样继续变形，载荷必须不断增加，随着塑性变形的增大，材料变形抗力也逐渐增加。

(4) bd : 缩颈阶段。当载荷达到最大值时，试样的直径发生局部收缩，称为“缩颈”。此时变形所需的载荷逐渐降低。

(5) d 点：试样发生断裂。

2) 金属材料的强度指标

金属材料的强度指标根据其变形特点分为以下几个。

(1) 弹性极限 σ_e ：表示材料保持弹性变形，不产生永久变形的最大应力，是弹性零件的设计依据。设计车用弹性零件(如弹簧)时，必须考虑弹性极限。

(2) 屈服极限(屈服强度) σ_s ：表示金属开始发生明显塑性变形的抗力，有些材料(如铸铁)没有明显的屈服现象，如图 1-1(b)所示，则用条件屈服极限来表示：产生 0.2%残余应变时的应力值，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

(3) 强度极限(抗拉强度) σ_b ：表示金属受拉时所能承受的最大应力。

由应力-应变曲线可知，抗拉强度 σ_b 表征材料在拉伸条件下所能承受最大载荷的应力值，它是设计和选材的主要依据之一，是工程技术上的主要强度指标。

2. 塑性

塑性指金属材料在外力作用下, 发生不能恢复原状的变形(产生永久变形)。产生塑性变形而不断裂的性能称为塑性。塑性大小用延伸率 δ 和断面收缩率 φ 表示。

1) 延伸率

在拉伸试验中, 试样拉断后, 标距的伸长与原始标距的百分比, 称为延伸率, 即

$$\delta = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

式中: L_0 ——试样的原始标距;

ΔL ——试样的最大伸长量。

2) 断面收缩率

试样拉断后, 缩颈处截面积的最大缩减量与原横断面积的百分比, 称为断面收缩率, 即

$$\varphi = \frac{\Delta S}{S_0} \times 100\%$$

式中: S_0 ——试样的原始横断面积;

ΔS ——试样缩颈处截面积的最大缩减量。

金属材料的延伸率 δ 和断面收缩率 φ 数值越大, 表示材料的塑性越好。塑性好的金属可以发生大量塑性变形而不破坏, 便于通过各种压力加工获得复杂形状的零件。铜、铝、铁的塑性很好。如工业纯铁的 δ 可达 50%, φ 可达 80%, 可以拉成细丝, 轧成薄板, 进行深冲成型。铸铁塑性很差, δ 和 φ 几乎为零, 不能进行塑性变形加工。塑性好的材料, 在受力过大时, 由于首先产生塑性变形而不致发生突然断裂, 因此比较安全。

3. 硬度

硬度是指材料抵抗局部变形, 特别是塑性变形、压痕或划痕的能力。它反映金属材料抵抗比它更硬物体压入其表面的能力。

在金属材料的力学性能中, 硬度是应用最广泛的指标之一。对于各种切削刀具、量具和要求耐磨的零件, 硬度是衡量其质量和使用寿命的依据。

测定硬度的方法很多, 主要有压入法、刻画法、回跳法等。在机械制造中主要采用压入法。常用的硬度测试方法有布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HR)和维氏硬度(HV)等, 均属压入法, 即用一定的压力将压头压入材料表层, 然后根据压力的大小、压痕面积或深度确定其硬度值的大小。

1) 布氏硬度

图 1-2 所示为布氏硬度测试原理。一定直径的球体(钢球或硬质合金球)在一定载荷作用下压入试样表面, 保持一定时间后卸除载荷, 测量其压痕直径, 计算硬度值。布氏硬度值用球面压痕单位面积上所承受的平均压力来表示。用符号 HBS(当用钢球压头时)或 HBW(当用硬质合金球时)来表示, 即

$$\text{HBS(HBW)} = 0.102 \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

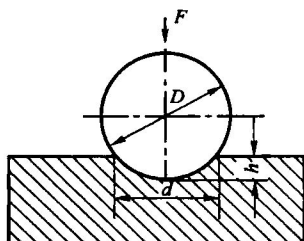


图 1-2 布氏硬度测试原理

式中： F ——荷载，N；

D ——球体直径，mm；

d ——压痕平均直径，mm。

实际测量时，可查相应的压痕直径与布氏硬度对照表查得硬度值。布氏硬度记为 200HBS10/1000/30，表示用直径为 10mm 的钢球，在 9800N(1000kgf)的载荷下保持 30s 时，测得布氏硬度值为 200。如果钢球直径为 10mm，载荷为 29400N，保持 10s，硬度值为 200，可简单表示为 200HBS。布氏硬度主要用于各种退火状态下的钢材、铸铁、有色金属等，也用于调质处理的机械零件。

2) 洛氏硬度

图 1-3 所示为洛氏硬度测试原理。将金刚石压头(或钢球压头)，在先后施加两个载荷(预载荷 F_0 和总载荷 F)的作用下压入金属表面。总载荷 F 为预载荷 F_0 和主载荷 F_1 之和。卸去主载荷 F_1 后，测量其残余压入深度 h 来计算洛氏硬度值。残余压入深度 h 越大，表示材料硬度越低，实际测量时硬度可直接从洛氏硬度计表盘上读得。根据压头的种类和总载荷的大小，洛氏硬度常用的表示方式有 HRA、HRB、HRC 三种(见表 1-1)。如洛氏硬度表示为 62HRC，表示用金刚石圆锥压头，总载荷为 1470N 测得的洛氏硬度值。

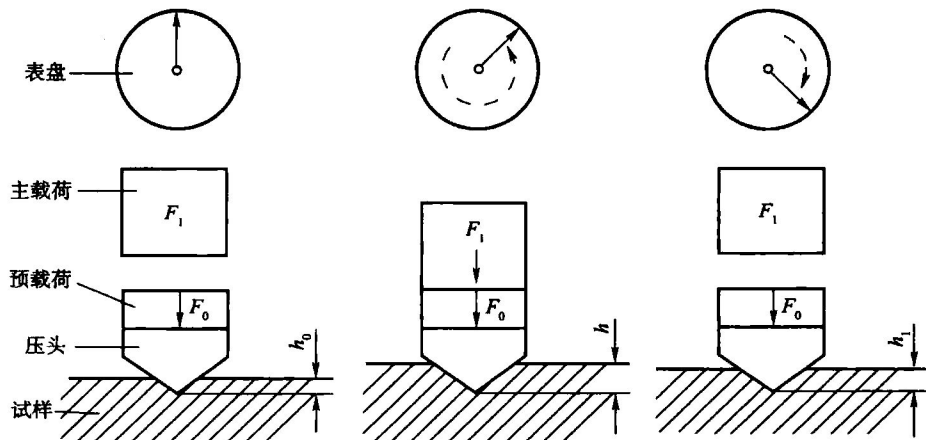


图 1-3 洛氏硬度测试原理

洛氏硬度试验压痕小，直接读数，操作方便，可测低硬度、高硬度材料，应用最广泛。用于试验各种钢铁原材料、有色金属、经淬火后工件、表面热处理工件及硬质合金等。



表 1-1 常用的 3 种洛氏硬度的试验条件及应用范围

硬度符号	压头类型	总试验力 $F(\text{kN})$	硬度值有效范围	应用举例
HRA	120° 金刚石圆锥体	0.5884	70~85HRA	硬质合金, 表面淬硬层, 渗碳层
HRB	$\phi 1.588\text{mm}$ 钢球	0.9807	25~100HRB	有色金属, 退火钢, 正火钢等
HRC	120° 金刚石圆锥体	1.4711	20~67HRC	淬火钢, 调质钢等

1.2 钢及其热处理

随着汽车的发展和环保的要求, 车身的质量越来越轻, 安全性能越来越高, 普通的钢材已不能适应汽车发展的需要。在车身上开始大量应用不同种类的新材料, 如高强度钢、超高强度钢、铝合金、塑料件等。新材料的大量应用使车身板件的性能发生了非常大的改变, 传统的修理方法已经不能很好修复已损坏的车身板件。所以要了解车身上主要材料的种类和性能, 才能有针对性地对新型车身进行高质量的修复。

钢铁材料通常是指铁碳合金, 按含碳量的大小分类, 含碳量(质量分数)大于 2%的为生铁, 小于 2%的为钢, 含碳量(质量分数)小于 0.04%的为工业纯铁。

1.2.1 钢的分类

1. 按化学成分分类

按化学成分分类, 钢分为碳素钢和合金钢。

1) 碳素钢

碳素钢是指钢中除铁、碳外, 还含有少量锰、硅、硫、磷等元素的铁碳合金, 按其含碳量的不同, 可分为以下几种。

- (1) 低碳钢: 含碳量 $w_C \leq 0.25\%$ 。
- (2) 中碳钢: 含碳量 $w_C = 0.25\% \sim 0.60\%$ 。
- (3) 高碳钢: 含碳量 $w_C > 0.60\%$ 。

2) 合金钢

合金钢是为了改善钢的性能, 在冶炼碳素钢的基础上, 加入一些合金元素而炼成的钢, 如铬钢、锰钢、铬锰钢、铬镍钢等。按其合金元素的总含量, 可分为以下几种。

- (1) 低合金钢: 合金元素的总含量不大于 5%。
- (2) 中合金钢: 合金元素的总含量为 5%~10%。
- (3) 高合金钢: 合金元素的总含量大于 10%。

2. 按钢的品质分类

按钢的品质分类, 钢分为普通钢、优质钢和高级优质钢。

- (1) 普通钢: 钢中含杂质元素较少, 含硫量 w_S 一般不大于 0.05%, 含磷量 $w_P \leq$



0.045%，如碳素结构钢、低合金结构钢等。

(2) 优质钢：钢中含杂质元素较少，含硫及磷量 w_S 、 w_P 一般均不大于 0.040%，如优质碳素结构钢、合金结构钢、碳素工具钢和合金工具钢、弹簧钢、轴承钢等。

(3) 高级优质钢：钢中含杂质元素极少，含硫量 w_S 一般不大于 0.03%，含磷量 $w_P \leq 0.035\%$ ，如合金结构钢和工具钢等。高级优质钢在钢号后面，通常加符号“A”或汉字“高”，以便识别。

3. 按加工形式分类

按加工形式分类，钢分为铸钢、锻钢、热轧钢、冷轧钢、冷拔钢等。

4. 按钢的用途分类

按钢的用途分类，钢分为结构钢、工具钢、特殊钢和专业用钢。

5. 按浇注前脱氧程度分类

按浇注前脱氧程度分类，钢分为沸腾钢、镇静钢、半镇静钢。

1.2.2 常用钢材型号及含义

1. 碳素结构钢

碳素结构钢如型号 Q195F、Q235Bb、Q1275 等。其型号含义如图 1-4 所示。

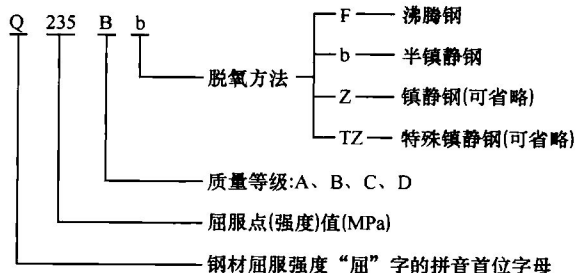


图 1-4 碳素结构钢的型号含义

2. 优质碳素钢

优质碳素钢如型号 08F、45、20A、40M 等。其型号含义如图 1-5 所示。

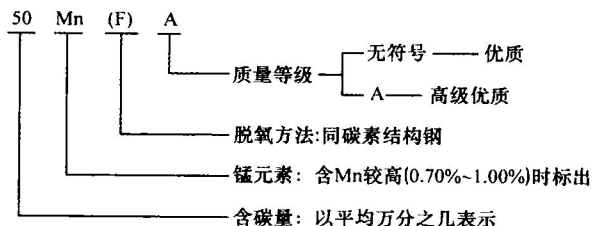


图 1-5 优质碳素钢的型号含义

3. 合金结构钢

合金结构钢如型号 25Cr2MoVA、30CrMnSi 等。其型号含义如图 1-6 所示。

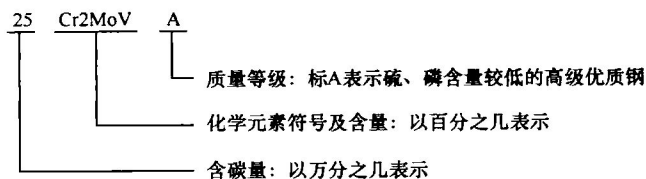


图 1-6 合金结构钢的型号含义

1.2.3 钢的热处理

1. Fe-Fe₃C 相图分析

钢热处理的目的是获得材料所需要的使用性能。

简化的 Fe-Fe₃C 相图如图 1-7 所示。

1) 铁碳合金的基本组织及性能

(1) 固溶体。固溶体包括铁素体(F)和奥氏体(A)。

碳溶入体心立方晶格的 α -Fe中所形成的间隙固溶体,称为铁素体,用符号F表示。铁素体强度、硬度低,塑性、韧度好。

碳溶入体心立方晶格的 γ -Fe中所形成的间隙固溶体,称为奥氏体,用符号A表示。奥氏体强度、硬度低,塑性较高,其延伸率可高达50%,故生产中常常把钢加热到奥氏体状态进行轧制或锻造(塑性变形加工)。

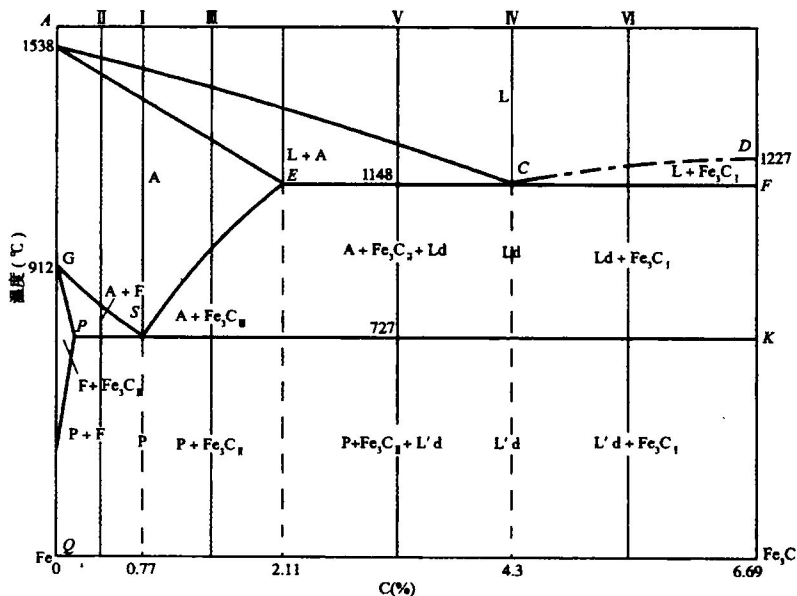


图 1-7 简化的 Fe-Fe₃C 相图

(2) 渗碳体。渗碳体是一种铁碳化合物,用符号 Fe₃C 表示。其含碳量为 6.69%, 硬度



很高, 塑性、韧度很差, $\delta=0$ 。渗碳体是钢中的主要强化相。

(3) 机械混合物。机械混合物通常指珠光体(P)和莱氏体(Ld)。

珠光体是铁素体与渗碳体的机械混合物。用符号 P 表示。其平均含碳量为 0.77%。珠光体的强度、硬度比铁素体高, 而塑性、韧度比铁素体低。

莱氏体(Ld)分为高温莱氏体(Ld)(由奥氏体和渗碳体组成)和低温莱氏体(L'd)(由珠光体和渗碳体组成), 其性能与渗碳体相似, 硬而脆。

2) 相图中重要的线

ACD 为液相线; AECF 为固相线。

水平线 ECF 为共晶反应线: 碳质量分数在 2.11%~6.69%的铁碳合金, 在平衡结晶过程中均发生共晶反应。

水平线 PSK 为共析反应线: 碳质量分数为 0.0218%~6.69%的铁碳合金, 在平衡结晶过程中均发生共析反应。PSK 线亦称 A_1 线。

相图中的 GS 线: 是合金冷却时自 A(奥氏体)中开始析出 F(铁素体)的临界温度线, 通常称 A_3 线。

ES 线是碳在 A 中的固溶线: 通常叫做 A_{cm} 线。由于在 1148℃时 A 中溶碳量最大, 碳质量分数可达 2.11%, 而在 727℃时仅为 0.77%, 因此碳质量分数大于 0.77%的铁碳合金自 1148℃冷却至 727℃的过程中, 将从 A 中析出 Fe_3C 。析出的渗碳体称为二次渗碳体(Fe_3C_{II})。

A_{cm} 线也是从 A 中开始析出 Fe_3C_{II} 的临界温度线。

2. 钢的热处理工艺

根据钢在加热和冷却过程中组织和性能的变化规律, 常规热处理工艺可以分为退火、正火、淬火和回火等。

1) 退火

退火是将钢加热到临界点 A_{c1} 以上或者在临界点以下某一既定温度保温一定时间, 然后缓慢冷却(一般是随炉冷却)的一种热处理工艺。依据不同的热处理目的和要求, 退火分为完全退火、等温退火、球化退火、扩散退火和去应力退火等, 如图 1-8 所示。

(1) 完全退火是将钢加热到 A_{c3} 以上 30℃左右, 保温一定时间后随炉(或埋入石灰、砂中)缓慢冷却, 目的是通过完全重结晶, 获得细化晶粒, 并降低硬度, 改善切削性能和消除内应力。主要用于中碳以上的亚共析成分碳钢和合金钢的铸件、锻件及热轧型材。完全退火花费的时间很长。

(2) 等温退火是将钢加热到 A_{c3} 以上的温度, 保温一定时间后, 很快地冷却到珠光体区的某一温度, 保持等温使奥氏体转变为珠光体, 随后缓慢冷却。等温退火的目的与完全退火相同, 但其转变容易控制, 退火时间也明显缩短。

(3) 球化退火是将钢加热到 A_{c1} 以上 30℃左右, 保温一定时间后随炉缓慢冷却到 600℃后出炉空冷, 使二次渗碳体和珠光体中的渗碳体球状化, 目的是降低钢的硬度、改善切削性能, 并为以后的淬火做准备。

(4) 去应力退火(低温退火)是将钢缓慢加热到 500~650℃(低于 A_{c1}), 保温一定时间, 然后随炉冷却。钢在去应力退火中不发生组织变化, 而是发生应力松弛, 部分弹性变形转



变为塑性变形,使内应力消除,目的是防止工件在使用或加工时发生变形、开裂。退火温度越高,应力消除越充分。主要用于消除铸造、锻造、焊接、冷加工和机加工等冷热加工在工件中造成的残留内应力。

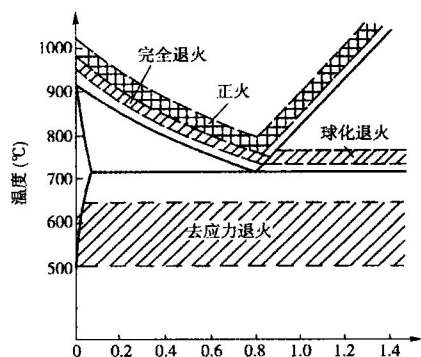


图 1-8 碳钢各种退火、正火加热温度范围

2) 正火

正火是将钢加热到 A_{c3} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ (亚共析钢)或 A_{cm} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ (过共析钢),保温一定时间后在空气中冷却,得到索氏体组织。与退火的最大区别在于正火的冷却速度快,生产周期短,操作简便,强度和硬度稍有提高,因此,应用中可以根据实际情况考虑用正火代替退火。

正火的目的有以下两个。

(1) 作为预备热处理,使组织粗大的铸件和锻件达到组织均匀、细化,为淬火和调质作准备。

(2) 作为最终热处理,提高钢的强度、韧度和硬度,对于力学性能要求不高的普通结构钢件,可在正火状态下使用。

3) 淬火

淬火是将钢加热到 A_{c3} 以上 $30\sim 500^{\circ}\text{C}$ (亚共析钢)或者 A_{c1} 以上 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ (共析钢、过共析钢),保温一定时间,然后快速冷却(油冷或水冷),使奥氏体转变为马氏体的热处理工艺。

淬火的目的是获得马氏体组织以提高钢的强度和硬度。

(1) 淬火时的组织转变。淬火的关键就是要获得马氏体。亚共析钢的铁素体和渗碳体在 A_{c3} 以上温度全部转变为细小的奥氏体,淬火时迅速冷却转变为细小的马氏体组织;共析钢和过共析钢在 A_{c1} 以上温度转变为细小奥氏体与渗碳体混合物,淬火后得到细小的马氏体加渗碳体,硬度高、耐磨性好。

(2) 淬火工艺及影响因素。淬火温度:亚共析钢仅仅加热在 A_{c3} 以下温度时,淬火组织中会残留少量铁素体,致使淬火钢的硬度降低。过共析钢加热在 A_{c1} 以上,目的是保留少量二次渗碳体,提高硬度和耐磨性并降低马氏体的脆性,如图 1-9 所示。此外,淬火温度过高会造成马氏体组织粗大,增大淬火应力和变形、开裂倾向,导致力学性能下降。

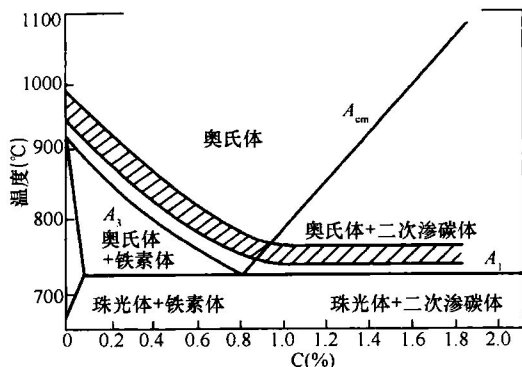


图 1-9 碳钢淬火温度范围

4) 回火

回火是将钢加热到 A_{c1} 以下的某一温度，保温一定时间，然后冷却至室温，改善组织并消除内应力的热处理工艺。

钢淬火得到的是脆性马氏体组织，并存在内应力，容易产生开裂和变形；另外，淬火马氏体和其中残余的奥氏体在室温下都是不稳定组织，趋向于分解回到铁素体和碳化物的稳定状态，从而导致工件的尺寸和性能发生变化。因此淬火钢不能直接应用，必须通过回火处理，达到工况要求的强度、硬度、塑性和韧性。

1.2.4 钢在车身上的应用

1. 热轧钢板和冷轧钢板

车身结构中有两种类型的钢板，即热轧钢板和冷轧钢板。

热轧钢板是在 800°C 以上的高温下轧制的，它的厚度一般在 $1.6\sim 8\text{mm}$ 之间，用于制造汽车上要求强度高的零部件，如车身、横梁、车架、车身内部钢板、底盘零件、底盘大梁等。

冷轧钢板是由热轧钢板经过酸洗后冷轧变薄，并经过退火处理得到的(因为滚轧的关系，内部结构变硬，要实施退火处理使它软化)。由于冷轧钢板是在较低的温度下轧制的，它的厚度精度高，一般厚度为 $0.4\sim 1.4\text{mm}$ 。冷轧钢板的表面质量好，具有良好的可压缩性和焊接性能。大多数整体式车身都采用冷轧钢板制成。在悬架周围、车身底部容易腐蚀的地方，采用经过表面处理的冷轧钢板作为防锈钢板。

2. 低碳钢

在 2000 年前的车身修理中遇到的钢板大多数是低碳钢制成的。低碳钢的含碳量低，比较软，便于加工，可以很安全地进行焊接、热收缩和冷加工等操作，它的强度不会受到严重影响。

由于低碳钢容易变形，所以要用较厚的板件才能达到足够的强度，导致汽车质量增加。为了达到环保和节能的要求，汽车车身的质量既要轻又要有足够强度，因此在整体式车身上越来越少采用低碳钢。但车身的外覆盖件从修理的角度考虑一般还会采用低碳钢来