

汽车用钢的要求 性能和选择

汽车金属材料应用手册

(上)

姚贵升 主编



北京理工大学出版社

汽车金属材料应用手册(上)

——汽车用钢的要求、性能和选择

姚贵升 主 编

姚贵升 冯美斌
顾海澄 毛志强 编 著
谭善锬

张英才 审

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了钢材的基本力学性能和汽车零件的力学性能及其试验方法,还介绍了钢材的主要工艺性能。对汽车生产所需要的主要钢材如渗碳钢、调质钢、非调质钢、弹簧钢、冷锻和冷挤压用钢、易切削钢、气门钢和冷冲压用钢板等钢种的要求、性能和影响性能的因素以及如何选用作了详尽的论述。同时介绍了中国、美国、德国、俄罗斯和日本等国的用钢情况和钢材的主要性能数据,为我国汽车和汽车零部件生产厂家选用钢材、钢厂生产汽车钢材提供参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

汽车金属材料应用手册(上):汽车用钢的要求、性能和选择/姚贵升主编. —北京:北京理工大学出版社,2000.5

ISBN 7-81045-538-9

I. 汽… II. 姚… III. 汽车-工程材料-钢-手册 IV. U465.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 07701 号

责任印制:母长新 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话(010)68912824

各地新华书店经售

北京房山先锋印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 48.25 印张 1166 千字

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—1500 册 定价:98.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

出 版 说 明

为贯彻汽车工业产业政策,推动和加强汽车工程图书的出版工作,中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成,其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括:学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材;学术思想新颖、内容具体、实用,对汽车工程技术有较大推动作用,密切结合汽车工业技术现代化,有高新技术内容的工程技术类图书;有重要发展前景,有重大使用价值,密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书;反映国外汽车工程先进技术的译著;使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中,实行专业学会、企业、学校、研究所等相互结合,专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验,委员会推荐出版的图书难免存在不足之处,敬请广大同行和读者批评指正。

本书由姚贵升主编,张英才审,经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

前 言

我国汽车工业从 1953 年第一汽车制造厂奠基开始,经过 40 多年的历程,已经有了很大的发展,特别是从 1991 年开始的 6 年间发展得更快,到 1997 年,年产量已经达到 157.8 万辆,居世界第 11 位。

目前,世界各国汽车工业的发展都向着减轻自重、节约能耗、降低排放和提高驾驶安全性的方向发展。为了减重节能,各汽车制造厂家都扩大了铝、镁轻金属和塑料的应用范围,使这些材料在汽车用材料中的比重逐年增加。尽管如此,钢铁材料仍是汽车工业用材的主体,它们的用量仍占汽车用材的 70% 左右。

为了与其它材料竞争,钢铁材料在生产工艺和材料性能方面也在作不断的改进。在结构钢材方面通过炉外精炼、真空处理、成分微调和连续浇铸等先进冶金技术生产出纯度高、性能稳定的钢材,不仅大大地降低了零件的重量,节约了材料的消耗,还延长了零件的使用寿命;在热轧钢板方面,生产出各种类型的低合金高强度钢板,用于车架和车轮的制造,提高了汽车的承载能力;在冷轧钢板方面,由于生产出超低碳超深冲的无间隙原子(Interstitial free——IF)钢板、含磷高强度深冲钢板、有烘烤硬化性能的(Bake-hardening——BH)钢板、防腐蚀能力强的镀层钢板以及采用激光拼焊毛坯等先进工艺,不仅满足了复杂车身零件的生产需要,还延长了车身的使用年限;在铸铁方面开发出新型的球墨铸铁、蠕墨铸铁、合金铸铁,满足了曲轴、凸轮轴、进排气管、缸套、活塞环等铸件的使用要求,提高了生产效率,降低了生产成本。

由于钢材和铸铁生产工艺不断提高,材料性能不断改善,增强了钢铁材料与其它材料的竞争能力,在今后相当长的时间内,钢铁作为汽车生产材料的主体地位不会改变。因此对上述先进的钢铁材料加以介绍,对我国的汽车行业和冶金行业有一定的参考价值。

我国汽车工业从 1956 年生产出第一辆解放牌汽车开始,汽车用钢、铸铁和有色金属的研制开发工作一直没有间断。结合我国资源情况,先后研制开发出:锰硼调质钢和渗碳钢、锰钒硫非调质钢,用于制造汽车的轴类和齿轮零件;锰钢、钛钢、铌钢等系列的低合金高强度钢板,用于制造车架、车轮等零件;含磷冷轧高强度钢板、无间隙原子(IF)钢板和镀层钢板,用于车身驾驶室零件。据初步统计,解放牌汽车原苏联设计的钢号已经有 50% 左右都改变成适合我国资源情况的钢号,可以说已经建成了适合我国国情的汽车用钢体系。

在铸铁方面开发出:含锡铸铁代替镍、铬铸铁制造缸体,球墨铸铁制造曲轴,蠕墨铸铁生产排气管,新型合金铸铁制造缸套和活塞环等等,扩大了铸铁的应用范围,降低了生产成本。

对上述成果进行技术总结,为中国汽车工业的大发展,为全国的汽车和汽车配件的生产厂家提供参考资料很有必要。

近 10 多年来,我国先后从德国、法国、美国、日本和奥地利等国引进了桑塔纳、奥迪、捷达、雪铁龙、夏利、切诺基轿车,斯泰尔和奔驰重型载货车,庆铃和江铃等轻型载货车等等。这些车型所用的钢铁材料都是国外的牌号,从车型引进开始,我国各汽车厂的技术人员就与有关钢厂合作,进行引进车型用钢铁材料的国产化工作,取得了显著的成果,有的钢材已经在国内试制成功并用于生产,有的正在进行试制和试验,对这方面的工作进行技术总结并介绍给国内的汽

车行业和冶金行业,也是很有意义的。

基于上述情况,在中国汽车工程学会的倡导下,在北京理工大学出版社的支持下,我们这些在汽车行业从事钢铁材料研究和材料技术工作四十多年的老同志,将几十年来积累的经验加以总结,提供给从事这方面工作的同志参考,也许会有所帮助。

本书分上、下两册。上册内容为汽车用钢的要求、性能和选择;下册内容为汽车用铸铁与有色金属的要求、性能和选择。

上册共二篇。第一篇有三章,第一章材料的力学性能由西安交通大学顾海澄教授编写,第二章汽车零件的力学性能和试验方法由东风汽车集团公司冯美斌高级工程师编写,第三章钢材的工艺性能由第一汽车集团公司姚贵升研究员级高工编写。第二篇共十章,第一章汽车工业的发展对钢材提出的共同要求、第二章渗碳钢、第三章调质钢、第四章硼钢、第五章非调质钢、第十一章钢管均由姚贵升编写。第六章弹簧钢、第七章冷镦和冷挤压用钢、第八章易切削钢、第九章气门用钢由跃进汽车集团公司毛志强研究员级高工编写。第十章汽车冷冲压用钢板由第一汽车集团公司谭善铨研究员级高工编写。

在本书的编写工程中,得到了中国汽车工程学会常务理事、材料分会理事长敖炳秋同志和支德瑜同志的大力支持。张英才同志对全书进行了审阅,在此致以衷心的感谢。

由于工作的局限性,搜集到的资料不均衡,而且由几位同志分章编写,写法也不尽相同,再加上水平所限,错误和不当之处难免,敬请各界同行和朋友们指正。

作 者

1998 年 12 月

常用符号表

A	奥氏体
M	马氏体
RA	残余奥氏体
B	贝氏体(贝茵体)
F	铁素体
A_{c1}	加热下临界点(℃)
A_{c3}	亚共析钢加热上临界点
A_{cm}	过共析钢加热上临界点
A_{r1}	冷却下临界点(℃)
A_{r3}	亚共析钢冷却下临界点
M_s	马氏体点,即马氏体转变开始温度
M_f	马氏体转变终了温度
D_l	理想临界直径(mm)
σ_p	比例极限(MPa)
σ_e	弹性极限(MPa)
σ_s	屈服强度(点)(MPa)
σ_{sU}	上屈服点(MPa)
σ_{sL}	下屈服点(MPa)
σ_b	抗拉强度(MPa)
σ_k	断裂强度(MPa)
$\sigma_{0.2}$	条件屈服强度(MPa),0.2%塑性变形量时的应力值
δ	伸长率(%),其数值与原始标距长度(l_0)有关。当 $l_0 = 5d_0$ (图形试样)或 $l_0 = 5.65\sqrt{F_0}$ (板形试样)时伸长率用 δ_5 表示;当 $l_0 = 10d_0$ (图形试样)或 $l_0 = 11.3\sqrt{F}$ (板形试样)时伸长率用 δ_{10} 表示;当标距长度 $l_0 = 80\text{mm}$ 时,用 $\delta(l_0 = 80\text{mm})$ 表示
ψ	断面收缩率(%)
E	弹性模量(Pa)
A_K	冲击功(J)
a_K	冲击韧度(值)(J/cm ²)
T_K	韧-脆转化温度(冷脆转变温度)(℃)
FATT	断口形貌转化温度(℃)
CVN	V形缺口夏比样品冲击功(J)
K_{Id}	动态断裂韧度(J/cm ²)
K	裂纹尖端的应力强度因子(MPa·m ^{$\frac{1}{2}$})
K_{Ic}	平面应变断裂韧度(MPa·m ^{$\frac{1}{2}$})
J_{Ic}	延性断裂韧度(MPa·m ^{$\frac{1}{2}$})

COD	裂纹张开位移(mm)
σ_{-1}	对称弯曲应力疲劳极限(MPa)
τ_{-1}	扭转应力疲劳极限(MPa)
ΔK_{th}	疲劳裂纹扩展门槛值($\text{MPa} \cdot \text{m}^{\frac{1}{2}}$)
q	疲劳缺口敏感度, $q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$
K_f	有效应力集中系数
K_t	理论应力集中系数
$\sigma_{\delta/t}^T$	蠕变极限(MPa)。T, 试验温度; δ , 蠕变总变形量; t, 试验持续时间。如 $\sigma_{1/10}^{500}$ 表示在 500℃ 经过 10 ⁵ h 产生 1% 蠕变总变形
σ_t^T	持久强度(MPa)。T, 给定温度; t, 规定时间。如 $\sigma_{10^5}^{500}$ 表示在 500℃ 经过 10 ⁵ h 产生断裂的应力值
HB	布氏硬度
HRA	洛氏硬度 A 标尺
HRB	洛氏硬度 B 标尺
HRC	洛氏硬度 C 标尺
HV	维氏硬度
HRN	表面洛氏硬度 N 标尺
n	应变硬化指数
r	塑性应变比
AI	时效指数(MPa)
Y.P.E	屈服点伸长(%)
IE	顶压值(深度)、杯突值(深度)(mm), 用 Erichsen 试验方法测量
λ	扩孔率(%)
LDR	极限拉深比
CCV 值	用锥杯试验法测得薄板的锥杯值(mm)
YBT	吉田起皱试验(Yoshida Buckling Test), 也称方板对角拉伸试验
FLD	成形极限曲线(图)(Forming Limit Diagram)
HSLA 钢	低合金高强度钢
IF 钢	无间隙原子钢
BH 钢	烘烤硬化钢
TRIP 钢	诱导相变钢
ELC 钢板	超低碳钢板(Extra Low-Carbon Steel)
EG	电镀锌钢板
GI	热镀锌钢板
GA	合金化热镀锌钢板
WH	加工硬化
BH	烘烤硬化
H_{cp}	表面粗糙度
v_{60}	可切削加工性能的指标, 即刀具寿命为 60min 的切削速度($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

目 录

第一篇 钢材的基本性能与汽车零件的力学性能

第一章 材料的力学性能	(2)
第一节 拉伸性能	(2)
一、拉伸曲线	(2)
二、强度指标	(2)
三、塑性指标	(5)
四、弹性性能	(9)
五、其它性能	(10)
第二节 冲击性能	(11)
一、冲击韧度	(12)
二、韧 - 脆转化温度	(12)
三、动态断裂韧度	(15)
四、多冲抗力	(15)
第三节 断裂韧度	(16)
一、平面应变断裂韧度 K_{Ic}	(16)
二、延性断裂韧度 J_{Ic}	(17)
三、裂纹张开位移 COD	(18)
四、断裂韧度指标在汽车工业中的应用	(19)
第四节 疲劳性能	(22)
一、疲劳极限	(22)
二、疲劳缺口敏感度	(23)
三、疲劳门槛	(23)
四、低周疲劳	(25)
第五节 高温性能	(26)
一、高温强度	(27)
二、高温疲劳	(28)
三、热疲劳	(28)
第六节 磨损性能	(28)
一、磨损试验	(29)
二、磨损分类	(29)
三、金属材料的耐磨性	(30)
四、表面工程	(34)
第七节 成形性能	(34)
一、线材、棒材、管材的成形性能	(35)
二、板材、带材的成形性能	(37)
第八节 失效分析和材料选用	(41)

主要参考文献	(42)
第二章 汽车零件的力学性能和试验方法	(43)
第一节 概 述	(43)
一、零件强度与材料强度	(43)
二、零件强度试验评估的地位与作用	(44)
三、汽车零件强度试验类型	(44)
第二节 汽车零部件静强度试验简介	(45)
一、硬度试验	(45)
二、刚度试验	(47)
三、破坏性试验	(48)
四、弹簧松弛试验	(51)
第三节 汽车零部件疲劳强度的试验评估方法	(51)
一、概述	(51)
二、试验装置	(52)
三、汽车零件的疲劳性能测定方法	(55)
四、汽车零件疲劳强度和可靠性的评估方法	(61)
第四节 典型汽车零件疲劳强度试验评估	(64)
一、曲轴	(64)
二、连杆	(71)
三、齿轮	(74)
四、螺栓	(77)
五、转向节	(81)
六、前轴	(83)
主要参考文献	(84)
第三章 钢材的工艺性能	(86)
第一节 概 述	(86)
第二节 钢材的锻造性能	(86)
第三节 钢材的可切削加工性能	(88)
一、根据刀具寿命评定被加工材料的可切削加工性能	(89)
二、根据表面粗糙度评定被加工材料的可切削加工性能	(90)
三、根据切削力(或切削时动能消耗)的大小判断钢材的可切削加工性能	(91)
四、通过生产试验评价钢材的可切削加工性能	(91)
第四节 结构钢的热处理工艺性能	(93)
一、热处理加热时奥氏体晶粒长大倾向	(93)
二、热处理的变形	(95)
三、热处理时的淬火裂纹	(98)
主要参考文献	(101)

第二篇 钢

第一章 汽车工业的发展对钢材提出的共同要求	(102)
主要参考文献	(109)
第二章 渗碳钢	(110)
第一节 渗碳钢的特点	(110)

一、表面硬化工艺的概述	(110)
二、渗碳钢的一般特点	(110)
第二节 渗碳钢的加工工艺及其对钢材的要求	(111)
一、锻 造	(111)
二、锻坯热处理	(111)
三、渗碳热处理	(113)
第三节 渗碳钢的力学性能	(115)
一、渗碳钢的静弯曲强度	(115)
二、渗碳钢的冲击性能	(119)
三、渗碳钢的疲劳性能	(122)
四、渗碳层的力学性能	(146)
第四节 渗碳钢主要零件——齿轮的性能、寿命和损坏形式	(149)
一、齿轮损坏形式的类型	(149)
二、齿轮使用时的磨损与磨损失效	(150)
三、齿轮的表面疲劳(接触疲劳、点蚀)损坏	(153)
四、齿轮轮齿断裂	(156)
五、齿轮工作面塑性变形失效	(159)
六、齿轮轮齿的端末损坏	(159)
第五节 各国渗碳钢的应用情况和性能数据	(160)
一、中国渗碳钢的应用情况和性能数据	(160)
二、美国渗碳钢的应用情况和性能数据	(164)
三、德国渗碳钢的应用情况和性能数据	(166)
四、日本渗碳钢的应用情况和性能数据	(169)
五、俄罗斯(原苏联)渗碳钢的应用情况和性能数据	(172)
主要参考文献	(228)
第三章 调质钢(淬火回火钢)	(230)
第一节 调质钢的特点	(230)
第二节 影响调质钢性能的重要因素——淬透性能	(230)
第三节 淬透性能表示方法与试验方法	(231)
一、用淬硬区域的深度表示钢材的淬透性能	(231)
二、用临界直径表示钢材的淬透性能	(232)
三、用理想临界直径(D_1)表示钢材的淬透性能	(232)
四、用末端淬透曲线(亦称淬透性能曲线)来表示钢材的淬透性能	(232)
第四节 影响淬透性能的因素	(235)
一、化学成分对淬透性能的影响	(235)
二、根据化学成分计算钢材的淬透性能	(239)
三、奥氏体晶粒大小对淬透性能的影响	(241)
四、冶炼时脱氧方法对钢材淬透性能的影响	(242)
第五节 淬透性能数据的应用	(243)
第六节 调质零件淬透深度和硬度的确定	(246)
一、零件淬透深度的确定	(246)
二、调质零件硬度的确定	(246)
第七节 调质钢的力学性能	(248)

一、力学性能	(248)
二、合金元素对力学性能的影响	(248)
第八节 调质钢的实际选用	(252)
第九节 各国调质钢的应用情况和性能数据	(255)
一、中国调质钢的应用情况和性能数据	(255)
二、美国调质钢的应用情况和性能数据	(257)
三、德国调质钢的应用情况和性能数据	(260)
四、日本调质钢的应用情况和性能数据	(260)
五、俄罗斯(原苏联)调质钢的性能数据	(262)
主要参考文献	(353)
第四章 硼 钢	(355)
第一节 硼钢的特点	(355)
第二节 硼钢的冶炼	(355)
一、电弧炉冶炼硼钢的工艺要点	(356)
二、平炉冶炼硼钢的工艺要点	(357)
三、转炉冶炼硼钢的工艺要点	(358)
第三节 硼钢的淬透性能	(358)
一、冶炼时脱氧和脱氮情况对硼钢淬透性能的影响	(358)
二、钢中含硼量对硼钢淬透性能的影响	(360)
三、钢中含碳量对硼钢淬透性能的影响	(361)
四、奥氏体化温度(淬火温度)对硼钢淬透性能的影响	(363)
五、硼提高钢材淬透性能的机理	(364)
第四节 硼钢的力学性能	(367)
一、硼钢和它所代用的淬透性能相同的钢材的力学性能	(367)
二、加硼对于钢材力学性能的影响	(374)
第五节 硼钢的应用	(379)
主要参考文献	(381)
第五章 非调质结构钢	(382)
第一节 非调质结构钢的特点	(382)
第二节 非调质钢的力学性能	(383)
一、非调质钢的强度性能	(383)
二、非调质钢的冲击韧度	(385)
三、非调质钢的疲劳性能	(389)
第三节 非调质钢的工艺性能	(391)
一、锻造性能	(391)
二、可切削加工性能	(391)
三、热处理后的变形	(391)
第四节 非调质钢的选用及应用实例	(392)
第五节 国内外非调质钢的牌号与性能	(400)
一、中国的非调质结构钢	(400)
二、非调质钢的国际标准	(401)
三、日本的非调质钢	(401)
四、美国的非调质钢	(402)

主要参考文献	(404)
第六章 弹簧钢	(405)
第一节 弹簧钢的特点	(405)
第二节 汽车用板簧	(406)
一、国内外汽车钢板弹簧材料的概况及发展趋势	(406)
二、钢板弹簧的形状	(407)
三、钢板弹簧的疲劳性能	(409)
四、钢板弹簧的制造工艺	(415)
五、五种常用的弹簧扁钢的主要性能数据	(416)
第三节 汽车用悬架螺旋弹簧	(421)
一、悬架螺旋弹簧的材料选用	(421)
二、螺旋弹簧的生产工艺	(423)
第四节 国内外钢板弹簧和悬架螺旋弹簧用钢钢号、化学成分和力学性能	(424)
第五节 汽车扭杆弹簧	(429)
一、扭杆弹簧的结构和工艺特点	(429)
二、扭杆弹簧的材料和热处理	(430)
第六节 发动机气门弹簧	(431)
一、气门弹簧材料的选择	(431)
二、气门弹簧材料的疲劳性能	(432)
三、气门弹簧的生产工艺	(432)
四、几种常用的气门弹簧钢丝	(433)
五、国内外常用气门弹簧钢丝的化学成分和力学性能	(434)
主要参考文献	(436)
第七章 冷锻和冷挤压用钢	(437)
第一节 冷锻和冷挤压工艺的特点	(437)
第二节 影响钢材冷锻和冷挤压性能的因素	(437)
一、表面质量的影响	(437)
二、化学成分的影响	(438)
三、金相组织的影响	(438)
四、冷拔量对退火后钢材质量的影响	(438)
第三节 冷锻和冷挤压用材情况	(439)
一、我国紧固件用材情况	(439)
二、国外紧固件用材情况	(441)
第四节 高强度螺栓的延迟断裂	(443)
一、延迟断裂现象及机理	(443)
二、应力集中情况和介质对螺栓延迟断裂的影响	(444)
第五节 高强度螺栓的生产工艺	(445)
第六节 高强度螺栓的疲劳性能	(446)
第七节 活塞销的冷挤压工艺	(448)
第八节 冷锻工艺和材料	(448)
第九节 国内外冷锻和冷挤压用钢的化学成分	(450)
主要参考文献	(457)
第八章 易切削钢	(458)

第一节 易切削钢的特点	(458)
第二节 影响易切削钢可切削加工性能的因素	(458)
一、化学成分的影响	(458)
二、金相组织的影响	(460)
第三节 各种易切削钢的介绍	(462)
一、国内主要易切削钢的应用情况	(462)
二、含硫易切削钢	(463)
三、含铅易切削钢	(464)
四、含钙易切削钢	(467)
五、含铋易切削钢	(470)
第四节 国内外易切削钢的牌号和性能	(470)
一、中国易切削结构钢(GB 8731—88)	(470)
二、美国易切削钢的化学成分(ASTM A29/A29M—91)	(471)
三、日本易切削钢的化学成分(JIS G4804—1983)	(472)
四、德国易切削钢(DIN 1651—1988)	(473)
五、原苏联易切削钢的化学成分(ГОСТ 1414—75)	(475)
主要参考文献	(476)
第九章 气门用钢(合金)	(477)
第一节 气门用钢的特点	(477)
第二节 气门材料的性能要求	(477)
一、进、排气门的工作温度	(477)
二、进、排气门的结构特点	(478)
三、排气门的腐蚀问题	(478)
第三节 国内外进、排气门材料的应用情况	(479)
第四节 马氏体气门钢	(481)
第五节 奥氏体气门钢	(483)
一、Cr-Ni、Cr-Ni-N、Cr-Ni-P 型奥氏体气门钢	(483)
二、Cr-Mn-Ni-N 奥氏体气门钢	(484)
第六节 镍基合金	(496)
第七节 气门用堆焊合金	(499)
第八节 国内外气门钢的牌号和性能	(502)
主要参考文献	(509)
第十章 汽车冷冲压用钢板	(510)
第一节 汽车冷冲压用钢板的特点	(510)
一、汽车钢板在汽车工业中的地位	(510)
二、薄板冲压成型的基本概念	(510)
三、钢板的生产工艺、特点和用途	(512)
四、选用冷冲压钢板应考虑的主要因素	(513)
第二节 冲压用冷轧钢板	(515)
一、影响冷轧钢板深冲性能的因素及典型事例	(515)
二、冷轧钢板的成形分类及选用	(526)
第三节 冷轧钢板的开发与应用	(533)
一、超深冲无间隙原子钢(IF)冷轧薄钢板	(533)

二、含磷深冲高强度冷轧钢板	(542)
三、烘烤硬化冷轧钢板	(554)
四、汽车车身用镀锌钢板	(564)
五、汽车排气系统用镀铝钢板	(576)
六、冷轧双相钢板	(583)
第四节 评价冷冲压用钢板的试验方法	(587)
一、金属薄板塑性应变比(r 值)试验方法	(587)
二、金属薄板拉伸应变硬化指数(n 值)试验方法	(589)
三、金属杯突试验方法	(591)
四、薄钢板拉深与拉深载荷试验方法	(593)
五、薄钢板扩孔试验方法	(596)
六、薄钢板锥杯试验方法	(598)
七、薄钢板成形极限图(FLD)试验方法	(599)
第五节 汽车用冷轧钢板标准	(601)
一、中国汽车用冷轧钢板标准	(601)
二、中国工厂企业标准	(623)
三、国外汽车用冷轧钢板和钢带标准	(639)
第六节 冲压用热轧钢板	(696)
第七节 热轧钢板的研究与应用	(709)
一、梁用热轧高强度钢板	(709)
二、滚型车轮用钢板	(715)
第八节 各国汽车用热轧钢板标准	(719)
一、中国汽车用热轧钢板和钢带标准	(719)
二、中国工厂企业标准	(725)
三、国外汽车用热轧钢板标准	(731)
主要参考文献	(748)
第十一章 钢 管	(749)
第一节 无缝钢管	(749)
第二节 电焊钢管	(750)
第三节 双层卷焊钢管	(752)

第一篇 钢材的基本性能 与汽车零件的力学性能

在选用钢材时必须考虑以下三个主要因素:

1. 满足使用性能和设计要求的力学性能

汽车零件的设计, 主要根据零件使用性能的要求。在设计时通过计算、测试、台架试验甚至行车试验确定零件所要求的各种力学性能指标, 并根据这些力学性能指标选定合适的材料。

绝大多数汽车零件在其服役过程中都不允许发生塑性变形, 因此以钢材的屈服强度作为选材和设计的基本依据。塑性指标在某种程度上被认为是安全的保证, 可以通过零件局部的塑性变形来消除应力集中引起的应力峰, 从而避免零件突然失效。冲击韧度试验可用来控制材料的冶炼和热加工质量, 控制冲击韧度可以防止零件尖锐缺口处和低温下的突然断裂, 确保零件的使用安全。钢材的疲劳性能是防止汽车零件在低于屈服强度的交变应力作用下发生突然疲劳断裂的保证……零件的受力情况不同, 工作环境不同, 选择钢材时所侧重的性能指标也有所不同。

用各种试样测得的钢材性能指标, 只能说明材料的基本性能, 它可以用来对各种材料的性能进行比较, 并用于零件设计时的计算。但是实际汽车零件由于尺寸效应、应力集中情况和受力情况复杂, 根据材料性能指标计算的结果往往与实际情况有很大的出入, 所以在本书中专门讲述了典型汽车零件的受力情况和试验方法。

2. 满足各种加工工艺的工艺性能

钢材的工艺性能决定汽车零件加工的难易程度和生产成本。当前, 汽车的生产向着大批量、高度自动化流水生产方式发展, 更要求钢材有良好的工艺性能来满足这种生产方式的需求。

考虑钢材的工艺性能时要结合零件的生产工艺, 如锻压、切削和热处理的发动机和底盘零件, 要考虑钢材的锻造、可加工性和热处理性能; 车身的钢板冲压零件, 要考虑钢材的冲压性能等。

3. 价格低, 有良好的经济性

在保证满足使用和设计要求的力学性能和加工需要的工艺性能的基础上, 力求降低钢材的价格。因为材料成本一般占总成本的 40% 左右, 所以降低钢材的价格对降低整车的成本, 增强产品的市场竞争能力有重要的作用。

欲降低材料的采购成本, 必须恰如其分地确定材料的技术要求, 取消过高的要求, 因为对钢材的每种附加要求, 钢材都要加价; 简化材料的品种和规格, 便于材料的采购和管理, 品种规格少且采购的批量大, 在价格上也会得到优惠, 有利于降低材料成本; 确定合理库存, 在确保生产的情况下, 把材料库存降低到最低限度, 甚至于让材料生产厂直接送料到位或在用户厂建库为用户储存钢材, 减少资金占用, 从而降低材料成本。

除了上述三项基本要求外, 由于汽车工业正向着减重节能、减少排放和提高驾驶安全性方向发展, 因此, 汽车材料还须研究新品种, 开发新工艺, 以满足汽车工业发展的需要。

第一章 材料的力学性能

第一节 拉伸性能

拉伸试验是汽车金属材料最常用的试验方法,可参见中国国家标准:GB228《金属拉伸试验方法》,GB6397《金属拉伸试验试样》,GB3076《金属薄板(带)拉伸试验方法》。

一、拉伸曲线

一般试验机可将拉伸试验结果直接描绘成载荷-变形曲线。将载荷 P 除以试样原始截面积 F_0 得应力(强度) σ ,又将伸长量 Δl 除以试样原始标距 l_0 得应变(伸长率) δ ,便可绘得工程应力-应变曲线,即 $\sigma-\delta$ 曲线。低碳钢的工程应力-应变曲线,如图 1-1-1 所示,图中示出了各种力学性能指标。

由于在拉伸过程中试样不断拉长,其截面积逐渐变小,因此 σ 和 δ 并不代表真实的瞬间的应力和应变。如以瞬间的截面积 F 除相对应的载荷 P ,即得真实应力 S ,以瞬间的长度除相对应的伸长量,即得真实应变 ϵ ,由此可得真实应力-应变曲线,即 $S-\epsilon$ 曲线。

$$S = P/F = \frac{P}{F_0}(\delta + 1) = \sigma(\delta + 1)$$
$$\epsilon = dl/l = \ln \frac{l}{l_0} = 2\ln \frac{d_0}{d} = \ln(\delta + 1)$$

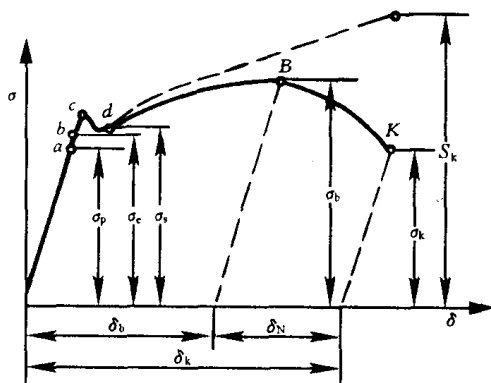


图 1-1-1 低碳钢的应力-应变曲线

图 1-1-2 示出了几种德国钢种的 $\sigma-\delta$ 曲线和 $S-\epsilon$ 曲线。

二、强度指标

强度代表材料的承载能力。图 1-1-1 罗列了比例极限 σ_p 、弹性极限 σ_e 、屈服强度 σ_s 、抗拉强度 σ_b 和断裂强度 σ_k 。这里着重讨论屈服强度和抗拉强度。

1. 屈服强度

退火、正火状态的碳钢和低合金结构钢存在着物理屈服现象。当应力达到上屈服点时,材料开始“屈服”,应力突然下降,应力-应变曲线上出现平台(相应于下屈服点),塑性变形持续进行,在试样表面相继出现 Lüders 带,如图 1-1-3 所示。在低碳钢板冲压件中,由于 Lüders 带出现,使工件表面皱折不平滑(称滑移线)。解决这个问题的办法是将退火的冷轧钢板施行一道平整轧,通常采用 1%~2% 压下量,使屈服平台消失。