

中央与地方重点实验室共建项目
高等学校教材

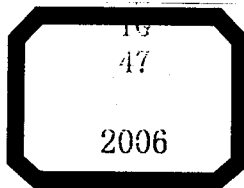


工程实习与训练

GONG CHENG SHI XI YU XUN LIAN

主 编 / 吴小竹 朱 震

上海科学技术文献出版社



高等学校教材

工程实习与训练

主编 吴小竹 朱 震

参编 (按章节顺序)

朱建军 姚 勤 赵玲英

上海科学技术文献出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程实习与训练/吴小竹等主编. —上海: 上海科学技术文献出版社, 2006.9

ISBN 7-5439-2988-0

I. 工... II. 吴... III. 金属加工—工艺—高等学校—教学参考资料 IV. TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第096963号

责任编辑: 祝静怡

工程实习与训练

主编 吴小竹 朱霞

*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号 邮政编码 200031)

全国新华书店经销

上海巴士印务有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 626000

2006年8月第1版 2006年9月第2次印刷

印数: 5001—7000

ISBN 7-5439-2988-0/T·825

定价: 25.00元

<http://www.sstlp.com>

前 言

根据教育部工程材料及机械制造基础课程指导小组 2003 年 10 月修订的“工程训练教育基本要求”,我们在编写本书时强调传统制造工艺和先进制造工艺相结合,注重培养学生的工艺实践能力和动手操作能力。真正让学生在工程实训中了解机械制造的一般过程、对零件加工进行初步的工艺分析和选择适当的加工方法,启动和操作相应加工设备,使用普通测量器具和计量仪,最终能独立完成简单零件的加工。

为了让学生达到上述的实训要求,本书在章节设计上增加了各工种典型零件的操作实训案例,力求使学生通过典型案例的分析和操作实训掌握各工种的基本操作过程和操作要领。

本书在内容取材上注意了与机械制造基础课堂理论教学教材的分工与衔接,调整了理论教学与实践教学内容的侧重比。为体现工程实训以培养学生实践能力和动手能力为主的原则,书中对零件的加工工艺以过程操作为主,对设备的介绍以其基本结构和使用为主;在内容编排上,贯彻由浅入深、循序渐进的原则,结合我国机械工业的生产实际,尽量反映工业生产中采用新材料、新工艺、新设备、新技术的成就。书中的名词、术语及计量单位均采用最新国家标准。

本书在编写时力求言简意赅、突出重点、体现实用、便于自学。本书可作为高等工科院校本科机械类及近机械类各专业工程实训用教材,也可供高职高专或中专、技校的教学人员作为实训教材,并可供有关工程技术人员参考。

本书由吴小竹、朱震主编,陈道炯主审。参加编写的有(根据章节排序)上海理工大学吴小竹(第一章、第三章、第四章、第五章、第六章、第十二章、第十三章),上海工程技术大学朱建军(第二章),上海理工大学朱震(第七章、第九章、第十章),上海大学姚勤(第八章),上海师范大学赵玲英(第十一章)。全书由吴小竹统稿。

本书是中央与地方重点实验室共建项目。

本书在编写过程中,得到了许多高校同行的大力支持,以及贝塔斯曼亚洲出版公司的帮助。同时,对部分参与编写的上海理工大学工程实训中心的指导教师表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请同行和读者指正。

《工程实习与训练》编委会

2006. 4. 18

内 容 提 要

本书根据教育部工程材料及机械制造基础课程小组 2003 年 10 月修订的“工程训练教学基本要求”编写而成。全书包括常用钢铁材料及热处理、铸造、锻压、焊接、切削加工基础知识；车工、铣工、磨工、数控机床切削加工、特种加工、钳工、零件表面处理、现代企业管理与产品质量控制等十三章。全书内容从生产实际出发，侧重对学生工艺实践能力和动手操作能力的培养。

本书是高等工科院校本科机械类及近机械类专业工程实习与训练用教材，也可供高职高专或中专、技校的教学人员作为实训教材，并可供有关工程技术人员参考。

目 录

第一章 金属材料及热处理	1
第一节 概述	1
第二节 碳钢	2
第三节 合金钢	3
第四节 铸铁	5
第五节 铝及其合金	7
第六节 钢的热处理	9
第七节 铸铁的热处理	15
第八节 铝合金的热处理	16
第九节 热处理设备	18
第十节 显微组织了解	22
第十一节 常用钢材的火花鉴别	26
第十二节 典型零件的热处理操作	27
第十三节 热处理安全规程	28
复习思考题	29
第二章 铸 造	30
第一节 概述	30
第二节 型砂和芯砂	30
第三节 模样和芯盒	31
第四节 手工造型和造芯	32
第五节 机器造型和造芯	36
第六节 浇注系统、冒口和冷铁	37
第七节 合箱	38
第八节 合金的熔炼及设备	39
第九节 浇注、落砂、清理	40
第十节 铸件的缺陷分析	40
第十一节 特种铸造	43
第十二节 典型铸造的造型过程	45
第十三节 铸造安全操作规程	47
复习思考题	48

第三章 锻 压	49
第一节 概述	49
第二节 锻件加热与冷却	49
第三节 锻件加热设备	51
第四节 锻造设备与工具	53
第五节 自由锻造	55
第六节 胎模锻与模锻	61
第七节 金属的锻造性能及锻造流线	62
第八节 锻件热处理	63
第九节 板料加工	64
第十节 锻造实训	70
第十一节 锻压安全规程	71
复习思考题	72
第四章 焊 接	73
第一节 概述	73
第二节 焊条电弧焊	73
第三节 气体保护电弧焊	81
第四节 电阻焊	85
第五节 气焊与气割	88
第六节 焊接与切割新技术简介	94
第七节 焊接缺陷分析与检验	96
第八节 焊接实训	100
第九节 焊接安全规程	101
复习思考题	101
第五章 切削加工基础知识	103
第一节 概述	103
第二节 切削运动和切削用量	103
第三节 零件加工质量	105
第四节 常用量具	108
第五节 机床的传动系统	114
第六节 刀具材料	116
第七节 切削液	118
复习思考题	119
第六章 车 工	121
第一节 概述	121
第二节 车床	121

第三节	车刀	125
第四节	车床附件及工件装夹	131
第五节	车床操作	135
第六节	车削基本工艺	136
第七节	车削实训	146
第八节	车工安全规程	149
	复习思考题	150
第七章	铣 工	151
第一节	概述	151
第二节	铣床和附件	152
第三节	铣刀和安装	155
第四节	铣削加工	156
	复习思考题	166
第八章	磨 工	167
第一节	概述	167
第二节	砂轮	168
第三节	外圆磨床及操作	173
第四节	内圆磨床及操作	178
第五节	平面磨床及操作	181
第六节	光整加工	183
第七节	先进磨削技术	185
第八节	典型零件磨削操作实例	188
第九节	磨工安全操作规程	192
	复习思考题	193
第九章	数控机床切削加工	194
第一节	概述	194
第二节	数控车床加工	206
第三节	数控铣床加工	232
第四节	数控加工中心简述	248
第五节	数控机床安全操作规程	251
	复习思考题	251
第十章	特种加工	253
第一节	概述	253
第二节	电火花线切割加工	255
第三节	电火花成形加工	266

第四节 激光加工	270
第五节 其他特种加工方法简介	276
复习思考题	280
第十一章 钳工	281
第一节 概述	281
第二节 划线	281
第三节 锉削	284
第四节 锯削	286
第五节 钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹与套螺纹	287
第六节 刮削	294
第七节 研磨	296
第八节 装配与拆卸	298
第九节 典型零件的钳工操作	302
第十节 钳工安全操作规程	303
复习思考题	304
第十二章 零件表面处理	305
第一节 概述	305
第二节 金属的腐蚀	305
第三节 防止金属腐蚀的方法	306
第四节 零件表面氧化处理	307
第五节 零件表面磷化处理	309
第六节 零件表面镀覆处理	311
第七节 热喷涂技术	315
第八节 气相沉积(真空镀膜技术)	319
第九节 表面处理安全操作规程	322
复习思考题	322
第十三章 全面质量管理	323
第一节 概述	323
第二节 ISO 质量保证体系	323
第三节 质量管理原则	326
第四节 质量体系的文件与结构	330
复习思考题	335
参考文献	336

第一章 金属材料及热处理

第一节 概 述

金属材料是机械工程中应用最广泛的材料。它具有良好的力学性能、物理性能、化学性能和工艺性能，主要用于机械设备、港口建设、交通运输、建筑和军事工业等方面。

金属材料的机械性能又称力学性能，是金属材料在外力作用下表现出的能力，是我们机械产品设计与零部件选材的重要依据。常用的机械性能指标有：强度、塑性、硬度、冲击韧性和疲劳强度等。

1. **强度** 金属材料在静载荷作用下抵抗变形和断裂的能力称为强度。金属材料的强度指标可以通过拉伸试验来测定。机械工程中常用的强度指标有屈服强度和抗拉强度。屈服强度是指材料开始产生明显塑性变形时承受的应力值，用 σ_s 表示；抗拉强度是指材料在破坏前所能承受的最大应力值，用 σ_b 表示。它们是零件设计时的主要依据，也是评定材料性能的重要指标。

2. **塑性** 金属材料在静载荷作用下产生塑性变形而不被破坏的能力称为塑性。塑性指标也是通过金属材料拉伸试验来测定。机械工程中常用的塑性指标有断后伸长率和断面收缩率，分别用 δ 和 ψ 表示。断后伸长率和断面收缩率值越大，材料的塑性越好。良好的塑性是材料加工成形的必要条件，也是保证工件安全、可靠，防止突然脆断的必要条件。

3. **硬度** 材料表面抵抗硬物压入的能力。热处理车间常用有布氏硬度测定法和洛氏硬度测定法两种。布氏硬度常用于测定退火、正火、调质钢以及铸铁、有色金属和低合金钢等相对硬度不高的工件，一般用HBS表示；洛氏硬度常用于调质钢、淬火钢和中、高合金钢、磨具钢等相对硬度较高的工件，一般用HRC表示。

硬度测试操作方便，测试时不破坏工件，并可根据测得的硬度值估算出近似的强度值及其他性能指标，是生产中广泛应用的检测手段（工作原理可参见设备一章）。

4. **冲击韧性** 许多机械零件在工作中受到冲击载荷的作用，比如冲模、锻模、连杆、承重齿轮等，金属材料在冲击载荷作用下抵抗断裂破坏的能力称为韧性，用 a_k 表示。 a_k 值低的材料为脆性材料，反之为韧性材料。脆性材料断裂前无明显塑性变形，断口较平整，呈晶状或磁状，有金属光泽；韧性材料断裂前有明显的塑性变形，断口呈纤维状，无光泽。

5. **疲劳强度** 齿轮、曲轴、轴承、弹簧等零件在工作中承受交变应力的作用，此时如果零件在低于屈服强度下长时间工作而产生裂纹或突然断裂的过程称为疲劳破坏。疲劳强度是表示材料经无数次交变载荷作用下而不引起断裂的最大应力值。实际试验不可能进行无数次的应力循环。对于钢材一般取循环次数 $N = 10^7$ ，对于有色金属取 $N = 10^8$ 。

金属的疲劳强度除受到交变应力外，还受到诸如环境、材质、残余应力、表面状态等因素的影响。改善零件结构状态，降低零件表面粗糙度及采用各种表面强化措施，都能提高零件的疲劳强度。

金属材料经过热处理，能改变它的机械性能和加工工艺性能。在现代工业中，热处理已成为保证产

品质量、改善加工条件、提高零件使用寿命、充分发挥材料潜力的重要手段。

金属材料的热处理是指金属材料在固态下加热到一定温度，保温一定时间，然后以设定的冷却速度冷却下来，以改变其内部组织，从而获得所需性能的一种工艺方法。根据热处理所获得的内部组织和机械性能的不同，可以分为退火、正火、淬火、调质（淬火+高温回火）、回火和表面热处理。

热处理可以是机械零件制造过程中的一个中间工序，也可以是最终工序。热处理的工艺过程可以用热处理工艺曲线（加热温度和时间的关系曲线）来表示，见图 1-1 所示热处理工艺曲线图。

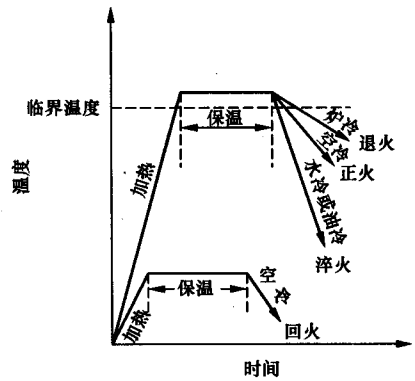


图 1-1 热处理工艺曲线图

第二节 碳 钢

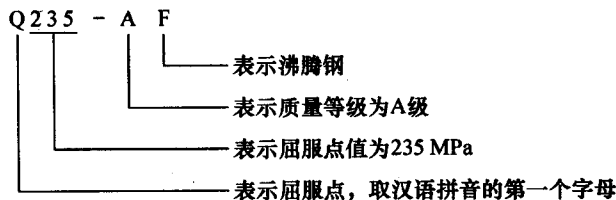
碳钢是指含碳量小于 2% 的碳素钢。其力学性能可满足许多零件与工具的要求，并且价格低廉、产量大（约占钢材总产量的 90%）、工艺性能好，被广泛用于机械制造领域。

一、碳钢的分类

1. 按含碳量多少可分为低碳钢（含碳量 $\leq 0.25\%$ ）；中碳钢（含碳量 $> 0.25\%$ ）；高碳钢（含碳量 $> 0.6\% \sim 1.3\%$ ）。
2. 按冶炼质量可分为普通钢（含磷、硫量均 $\leq 0.05\%$ ）；优质钢（含磷、硫量均 $\leq 0.04\%$ ）；高级优质钢（含磷、硫量均 $\leq 0.03\%$ ）。
3. 按用途可分为碳素结构钢（主要用于桥梁、船舶、建筑等工程结构和机器零部件）；碳素工具钢（主要用于刀具、模具、量具等各类工具）。

二、碳素结构钢的牌号、性能和用途

碳素结构钢牌号是根据 GB700 - 88 规定，由屈服点字母、屈服点数值、质量等级代号及脱氧方法四部分按照顺序组成。例如：



这类钢的含碳量 $< 0.3\%$ ，强度、硬度较低，刚性较差，但塑性、韧性较高。此类钢主要用于制造各类型钢（如钢板、钢筋、钢管、角钢、槽钢、工字钢等）和不重要的零部件（如紧固件、轴类零件、焊接件等）。此类钢一般不再进行热处理，炼钢厂出厂后就可以直接投入使用。

三、优质碳素结构钢的牌号、性能和用途

优质碳素结构钢的牌号是根据 GB699 - 88 规定,由两位数字表示钢中的平均含碳量,以 0.01% 为单位。如 45 钢,表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。这类钢的牌号从 10 钢开始,逢 5 进位,直至 85 钢为止,表示其平均含碳量为 0.01%~0.85%。其中 10 钢、15 钢、20 钢、25 钢属低碳钢,含碳量分别为 0.01%、0.15%、0.2%、0.25%。此类钢的强度、硬度都较低,但塑性较高,具有较好的冷变形性能和焊接性能,常用于钣金加工和冲压件以及受力不大的零部件;其中 30 钢、35 钢、40 钢、45 钢、50 钢属中碳钢,经热处理后,特别是调质处理(淬火+高温回火)可获得较好的综合机械性能,常用于制造齿轮、丝杆、轴类零件等;其中 55 钢、60 钢、65 钢因其含碳量较高,经热处理后(如淬火+中温回火),可获得较高的强度和弹性,可用于制造弹簧等弹性零件,故也称弹簧钢。

四、碳素工具钢牌号、性能和用途

碳素工具钢牌号根据 GB1298 - 86 规定,用“T”(碳的汉语拼音第一个字母)表示,后面数字表示钢中的平均含碳量,以 0.10% 为单位。如 T8(或 T8A)钢表示平均含碳量为 0.8% 的碳素工具钢。T8A 中的“A”表示高级优质钢。这类钢牌号由 T7 钢开始,逢 1 进位,直至 T13 钢止。这类钢因其含碳量较高,其强度、硬度相对中碳钢要高,而塑性、韧性相对中碳钢要低,经过热处理后(如淬火+低温回火),可获得较高的硬度和刚性,可用于制造各类工具、刀具和量具。

第三节 合金钢

随着科学技术与现代化工业的发展,对钢材的性能要求日益提高。例如要求钢材的耐腐蚀抗氧化;要求刀具切削速度高且在高温下仍能保持相当硬度(即钢的红硬性);要求钢材具有良好的综合力学性能和淬透性。碳素钢已无法满足上述要求。为此,在碳素钢的基础上有目的地加入一些其他合金元素,如:Si、Mn、Cr、Al、Mo、Ti、W、V 等,经熔炼后可以改善钢材材料的某些性能或使其具有某些特殊性能。这种加了合金元素的钢,称为合金钢。

一、合金钢的分类

按主要用途可分:

1. 合金结构钢 主要用于制作重要的机械零件和工程结构件。
2. 合金工具钢 用于制作重要的工具、模具或量具等。
3. 特殊合金钢 主要制作有特殊要求的零件。如不锈钢、耐热钢等。

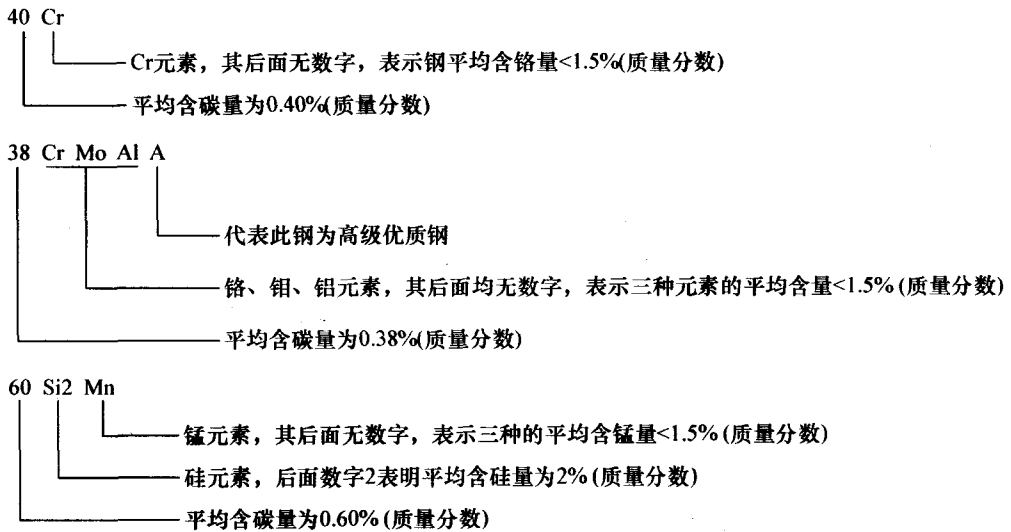
合金元素含量可分为:

1. 低合金钢 合金元素 $\leq 5\%$ 。
2. 中合金钢 合金元素 $\leq 5\% \sim 10\%$ 。
3. 高合金钢 合金元素 $> 15\%$ 。

二、合金结构钢的牌号表示方法

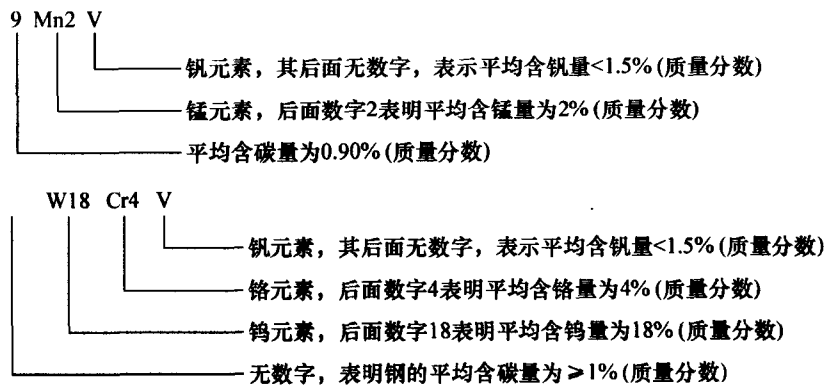
合金结构钢牌号前的两位数字,表示钢中的平均含碳量,以 0.01% 为单位,中间为所加化学元素的符号,

后面的数字表示所加元素平均含量的百分数,当其含量小于1.5%时,一般不再表明含量。含量在1.5%~2.5%时标2,含量在2.5%~3.5%时标3,依次类推。例如:



三、合金工具钢的牌号表示方法

合金工具钢牌号前是以一位数字表示钢平均含碳量,以0.01%为单位。如不标出数字,表示钢中平均含碳量 $\geq 1\%$ 。其余和合金结构钢类同。例如:

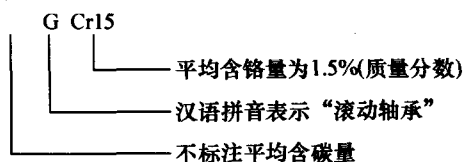


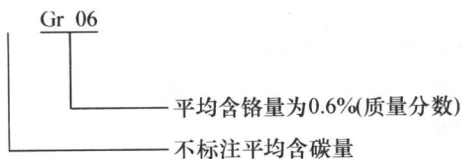
其他情况:

1. 铬轴承钢

牌号中不标注平均含碳量,铬元素以千分数表示,并冠以用途名称。低铬合金工具钢也不标注平均含碳量,铬元素以千分数表示,但前面加“0”。

例如:





2. 易切削钢

易切削钢在其牌号前冠以“Y”或“易”，例如 Y35(或易 35)。

3. 特殊性能钢

特殊性能钢的牌号表示基本上与合金工具钢相同，但当钢中平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 时，钢号前以“00”表示，当钢中平均含碳量 $\leq 0.08\%$ 时，钢号前以“0”表示，例如 0Cr18Ni9Ti(不锈钢)。

第四节 铸 铁

铸铁是以 Fe、C、Si 为主要成分的，在结晶过程中具有共晶转变的多元素铁基合金。铸铁的含碳量 $> 2\%$ ，一般含碳量为 $2.06\% \sim 6.67\%$ (质量分数)，含硅量 $1.0\% \sim 3.5\%$ (质量分数)、含锰量 $0.5\% \sim 1.5\%$ (质量分数)，含磷量 $< 0.2\%$ (质量分数)，含硫量 $< 0.5\%$ (质量分数)。

由于铸铁中石墨的存在使铸铁的抗拉强度和延伸率都较低，而其性能较脆。但石墨又能使铸铁具有耐磨性，石墨形成的空穴能使铸铁吸振性能提高，特别是球状石墨和团絮柱状石墨的存在能有效降低铸铁件的缺口敏感性和残余应力造成的机械稳定性影响。

铸铁的铸造性能优良，通常铸造成铸件使用，故称之为铸铁。在各类机械中，铸铁件的占有量占机器总重量的 45% 以上。铸铁除有以上所讲的优点外，还具有良好的切削性能。

根据碳在铸铁中的存在方式和形态，可分为灰口铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、白口铸铁四类。

一、灰口铸铁

石墨呈粗大片状形态出现的铸铁称灰口铸铁，其中断口呈暗灰色。图 1-2 为灰口铸铁的显微组织。

灰口铸铁的牌号根据 GB9439-88 规定，用“灰铁”两字汉语拼音字符“HT”加一组数字组成，该数字表示铸铁的最低抗拉强度值 σ_b (MPa)。例如 HT150、HT200、HT250、HT300 等。

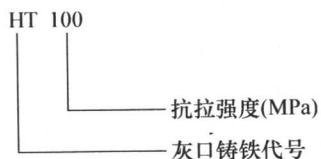


图 1-2 灰口铸铁的显微组织

灰口铸铁性能随着 HT 后面数值的增加，其抗拉强度 σ_b 也相应增加。灰口铸铁的铸造性能良好；由于片状石墨存在，有很好的切削加工性能；但由于焊接过程中马氏体和渗碳体的影响，焊接性能差。

灰口铸铁的应用，灰口铸铁如 HT100 主要用于负荷极低，变形很小，对耐磨性无特殊要求的盖、手轮、支架、强度要求不高的机械零部件；HT150 用于承受中等工作应力(弯曲应力小于 9.8 MPa)，摩擦面之间

压强小于 0.49 MPa 的齿轮箱、普通机床床身、机床滑板、壁厚较薄的零件等；HT250 用于工作应力较大(弯曲应力小于 29.40 MPa)，摩擦面之间的压强小于 0.49 MPa 的较重要的铸件，如气缸、机座、活塞环、水平仪框架、泵体等；HT350 主要用于承受弯曲应力(小于 49 MPa)和拉应力，摩擦面之间的压强不小于 1.96 MPa 的重要铸件，如床身、冲床、高压油泵、泵体、热锻模、冷冲模。

二、可锻铸铁

石墨呈团絮形态出现的铸铁称为可锻铸铁(也称马铁)。其断口心部呈黑色与白色，故有黑心可锻铸铁和白心可锻铸铁之分。可锻铸铁的碳、硅元素总含量较低。由含碳量为 2.1%~2.8%(质量分数)、含硅为 1.2%~1.8%(质量分数)的铁水铸成的白口铸铁件，再通过长时间的高温退火使渗碳体(Fe_3C)分解，析出团絮状石墨制成。因絮状石墨对铸件基本的分割及应力集中作用比灰口铸铁大大减少，故强度和韧性有很大改善。称这类铸铁“可锻铸铁”，是指其韧性比普通铸铁件优良，其实并不可锻。

可锻铸铁的牌号根据 GB9440-88 规定，用“可铁”两字汉语拼音字首“KT”加两组数字组成。这两组数字分别表示该铸铁的最低抗拉强度值 σ_b (MPa) 和最低伸长率 δ (%)。例如：



图 1-3 为铁素体可锻铸铁(白心可锻铸铁)；图 1-4 为珠光体可锻铸铁(黑心可锻铸铁)。

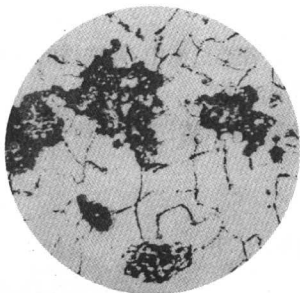


图 1-3 铁素体可锻铸铁(白心可锻铸铁)

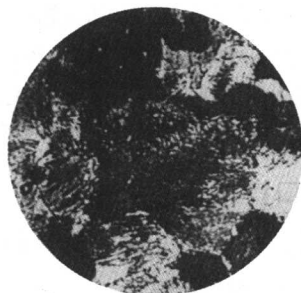


图 1-4 珠光体可锻铸铁(黑心可锻铸铁)

可锻铸铁的性能

可锻铸铁的强度与韧性均比灰口铸铁高，尤其是珠光体可锻铸铁，强度可与钢媲美，且切削加工性能优良，可进行高精度切削加工。珠光体可锻铸铁通过表面热处理能提高耐磨性。

可锻铸铁的应用

铁素体可锻铸铁如 KTH350-10 具有较高韧性和强度，用于制造承受较高冲击、振动及扭转负荷的零件，如汽车、拖拉机的轮廓、差速器壳等；珠光体可锻铸铁如 KTZ350-04 虽韧性较差，但强度高、硬度高、耐磨性好、加工性能好，可代替低碳钢、中碳钢、低合金钢以及有色金属制作承受较高动、静载荷，在磨损零件下工作并要求有一定韧性的重要零件，如曲轴、齿轮、连杆、凸轮轴、活塞环等。

三、球墨铸铁

石墨呈球状形态出现的铸铁称球墨铸铁。而前面提到的灰口铸铁由于石墨的片状形态显著降低了铸

铁的抗拉强度,为有效提高铸铁的力学性能,需对石墨形态进行改变,即通过所谓的球化处理生产出球墨铸铁。球化处理是指铁水出炉后浇铸前加入一定量的球化剂,使石墨以球状析出。常用的球化剂为稀土-Mg合金及适量硅铁。

与灰口铸铁不同,球墨铸铁经过热处理可以改变其组织,从而提高其机械性能。球墨铸铁的牌号根据GB1348-88规定,用“球铁”两字汉语拼音字首“QT”加两组数字组成,这两组数字的含义同可锻铸铁。例如:

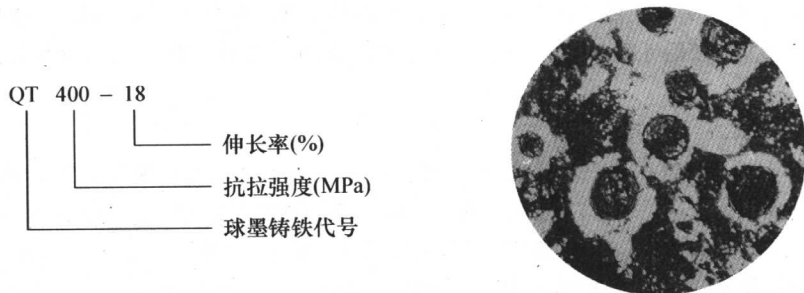


图 1-5 球墨铸铁的显微组织

球墨铸铁的性能

球墨铸铁的强度超过灰口铸铁,与钢相近;球墨铸铁的屈服比($R_{p0.2}/R_M$)与钢相似,约为 0.7~0.8。由于石墨存在,球墨铸铁的耐磨性优于钢,这是因为石墨起着润滑剂的作用。图 1-5 为球墨铸铁的显微组织。

球墨铸铁的应用

球墨铸铁 QT400-18、QT400-15 具有良好的焊接性能,韧性较高,主要用于汽车、拖拉机的离合器壳、驱动桥壳体、地盘旋挂件和通用机械的阀体、指甲、齿轮箱、电机机壳等;QT500-7 具有中等强度和韧性,切削加工性能较好,主要用于铁路机车车辆轴瓦、飞轮、千金顶座、油泵齿轮等;QT700-2、QT800-2 具有较高轻度和耐磨性;QT900-2 具有高强度、高耐磨性、较高弯曲疲劳极限、接触疲劳极限及一定的韧性,主要用于低速农用轴承套圈、汽车转向节、传动轴、拖拉机减速齿轮、内燃机凸轮轴、曲轴等。

第五节 铝及其合金

与黑色金属相比(钢、铁称为黑色金属),有色金属具有许多优良特性。其中铝合金在国民经济建设的方方面面被广泛应用。

由于组织强度较低,抗拉强度仅为 50 MPa,一般不能直接用作结构件或加工件,只有经过合金化和时效(铝合金的一种热处理工艺)处理,其强度才会得到显著提高,为 400 MPa~700 MPa。

根据铝合金组成成分及其加工成形方式不同,分为变形铝合金和铸造铝合金二类。

一、变形铝合金

变形铝合金的牌号根据 GB/T16474-1996 规定,分防锈铝合金(如 3A21);硬铝合金(如 2A11);锻铝合金(如 2B50)等四种。

1. 防锈铝合金的性能及应用

防锈铝合金有 Al-Mn 系和 Al-Mg 系两大类,均不能通过热处理进行强化,通常采用冷加工方法强化。Al-Mn 系防锈铝合金中的锰元素可以提高铝合金的耐蚀性、焊接性及塑性,故这类铝合金用于制造重要的冷拉、弯曲或冲压的零件。如仪器仪表外壳、支架、铆钉、油箱及轻载荷零件。

2. 硬铝的性能及应用

硬铝合金是 Al-Cu-Mg 系合金的总称。这类合金能够通过淬火和时效处理来提高强度。但硬铝合金的耐蚀性远不如纯铝。另外硬铝的热处理工艺性较差,在热处理过程中要严格控制淬火加热温度,一般加热温度不超过 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。硬铝可用于有一定强度要求的结构件,如无线电机机架、飞机梁和肋、低温下工作的零部件等。

3. 超硬铝合金的性能及应用

在 Al-Cu-Mg 系合金中加入一定量的 Zn 元素形成 Al-Zu-Mg 系超高硬度铝合金,由于硬度高于硬铝合金,故称为超硬铝合金。比如 7A04 是一种广泛应用的超硬铝合金,经淬火和人工时效后的抗拉强度可达 510 MPa~580 MPa;此外,7A04 还具有良好的切削加工性能。这种材料的缺口敏感性高,抗应力腐蚀能力低,且焊接性能差。7A04 主要用于制造飞机的受力结构件,如起落架等。

4. 锻造铝合金的性能及应用

锻造铝合金分为 Al-Mg-Si-Cu 系及 Al-Mg-Ni 系两大类,性能与硬铝相近。由于热塑性较好,适用于锻造,故称其为锻造铝合金。2B50 是一种常用的锻造铝合金,2B50 的强度与 2A11 相近,但热塑性更好,因此被广泛用于航空工业中制造形状复杂的锻造零件。

二、锻造铝合金

锻造铝合金的牌号根据 GB1173-86 规定,用符号及其百分含量的数字组成。例如 ZA1Si12 表示含硅量为 12% 的铸造铝合金。铸造铝合金的合金元素含量比变形铝合金多,目的是提高铸造性能、确保足够强度。此类材料的合金元素含量约为 8%~25% (质量分数)。

GB1173-86 中把铸造铝合金分成四种系列,它们分别是 Al-Si 系列、Al-Cu 系列、Al-Mg 系列和 Al-Zn 系列。其中 Al-Si 系铸造铝合金适用最广泛。

1. 铝硅基铸造铝合金的性能及应用

这类铝合金的特点是铸造性能好,收缩小,流动性好,热裂倾向小,具有一定的机械强度和耐蚀性。比如 ZL101、ZL102、ZL105,它们主要用于形状复杂的砂型、金属型、压力铸造零件,如仪表壳体、电机机架和工作温度在 200°C 以下的仪器仪表零件等。

2. 铝铜基体铸造铝合金的性能及应用

这类铝合金的含铜量 $> 4\%$ (质量分数)。通过淬火和时效处理可进行强化,如 ZL201。铝铜基铸造铝合金的强度好,但铸造性能、耐蚀性能比铝硅基铸造铝合金差,密度也较大。这类合金主要用于制造强度高或工作温度高的零件,如砂型铸造、工作温度在 300°C 以下的零部件。

3. 铝镁基铸造铝合金的性能及应用

这类铝合金密度小,机械强度较高,较其他铸造铝合金耐蚀性好,但流动性差,收缩大,铸造性能不好,若强度低,易产生疏松和热裂现象。通常用于制作在海水中承受较大负荷的零件,也可以代替某些耐酸钢及不锈钢。

4. 铝锌基铸造合金的性能及应用

这类铝合金铸造性能良好,铸造的同时可自然时效,故机械强度较高,可以不经热处理而直接适用。除此之外,其焊接性能和切削加工性能良好,价格低廉,但耐蚀性差,密度大,常用来制造仪表,工作温度不超