

金工实习

(非机械类)

高等工科院校

工程材料及机械制造基础系列教材

主 编:赵小东

副主编:贺锡生

主 审:骆志斌



东南大学出版社

高等工科院校
工程材料及机械制造基础系列教材

金 工 实 习

(非机械类专业)

主 编 赵小东

副主编 贺锡生

主 审 骆志斌



东南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

金工实习/赵小东主编. —南京:东南大学出版社,1997.
12(1999.6 重印)

高等工科院校工程材料及机械制造基础系列教材 非机
械类

ISBN 7-81050-307-3

I. 金… II. 赵… III. 金属加工—实习—高等学校—教材
IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 24588 号

金 工 实 习

赵小东 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 13 字数 314 千

1997 年 12 月第 1 版 2000 年 3 月第 3 次印刷

印数 13001—16000

ISBN 7-81050-307-3/TH·22

定价:14.80 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

本书是根据国家教委高教司 1995 年 82 号通知颁布的“高等学校工科本科金工实习(非机械类专业)教学基本要求”,以 1994 年骆志斌主编的《金属工艺学(非机械类专业)》为基础,结合近年来高等学校工科金工实习实际,由江苏省高校金属工艺教学研究会组织编写的系列教材之一。东南大学出版社决定在本书出版后,骆志斌主编的《金属工艺学(非机械类专业)》不再修订出版。

本书的特点是:

1. 在内容上兼顾实习与课堂教学,既可用于指导学生实习,又可作为教师专题讲授的教材。对于先进行实习,然后进行少学时课堂教学的,本书也可作为教材使用。

2. 加强了各种工艺方法基本知识的介绍,这样可帮助学生更好地理解各种工艺方法的实质,从而有意识地通过自己动手操作培养实践能力。

3. 在介绍传统工艺的基础上,对于技术上比较成熟,在当前我国工业生产中应用较多的新材料、新技术、新工艺也作了重点介绍。

4. 在本书的最后设置了综合性作业,以便于学生在教师指导下综合运用所学过的知识,培养分析和解决实际问题的能力。

本课程以实践教学为主。为了培养学生分析和解决问题的能力,实习中各车间应尽可能安排 1~2 个工艺实习例题,由实习指导人员主持并有教师参加小组讨论。还应根据不同专业的需要安排 12~18 学时的专题讲授。实习结束时,最好组织一次由教师主持并有实习指导人员参加的课堂讨论,通过对综合性作业的讲评,对机械制造整个生产过程进行一次全面的总结,巩固学生在实习中获得的感性知识,并使之条理化。

本书由赵小东任主编,贺锡生任副主编,参加编写的人员还有:姜银方、何红媛、奚天鹏、刘俊义、赵茂程、张巨香、陆文周。主审骆志斌。

在编写过程中,得到江苏省高校金属工艺教学研究会会员单位和金工同行们的大力支持和热忱帮助,在此深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

1997 年 9 月

目 录

绪论

第一篇 工程材料

第一章 金属材料的基本知识	1
§ 1-1 铁碳合金的基本知识	1
一、铁碳合金的基本组织	1
二、铁碳合金状态图	3
三、碳钢	4
四、合金钢	6
五、铸铁	9
§ 1-2 钢的热处理的基本知识	11
一、钢的整体热处理方法	12
二、钢的表面热处理方法	13
§ 1-3 有色金属材料	16
一、铜及铜合金	16
二、铝及铝合金	17
三、滑动轴承合金	17
§ 1-4 粉末冶金材料与功能材料	18
一、粉末冶金材料	18
二、功能材料	18
§ 1-5 金属材料的选用	20
一、选材的基本原则	20
二、典型零件选材实例	21
复习思考题	22
第二章 非金属材料	24
§ 2-1 高分子材料	24
一、塑料	24
二、合成橡胶	25
§ 2-2 陶瓷材料	26
§ 2-3 复合材料	26
一、纤维增强复合材料	26
二、层合复合材料	27
三、颗粒复合材料	27
复习思考题	27

第二篇 毛坯成型

第三章 铸造	28
--------------	----

§ 3-1 铸造成形的基础知识	29
一、液态合金的充型能力	29
二、铸件的凝固	29
三、常用铸造合金的生产特点	30
§ 3-2 铸造工艺方法	31
一、砂型铸造	31
二、特种铸造	40
§ 3-3 铸件结构工艺性	43
一、铸造工艺对铸件结构的要求	44
二、合金铸造性能对铸件结构的要求	44
三、铸造方法对铸件结构的要求	46
铸造实习安全技术	46
复习思考题	46
第四章 锻压	49
§ 4-1 锻压成型的基础知识	49
一、金属的塑性变形	49
二、塑性变形对金属组织和性能的影响	50
§ 4-2 锻压工艺方法	53
一、锻压基本工艺方法	53
二、特种锻压工艺	63
§ 4-3 锻压件结构工艺性	67
锻造实习安全技术	68
冲压实习安全技术	68
复习思考题	68
第五章 焊接	70
§ 5-1 焊接的基础知识	70
一、熔焊的冶金特点	70
二、焊接应力	71
三、材料的焊接性能	72
§ 5-2 焊接工艺方法	73
一、焊接的基本工艺方法	73
二、特种焊接工艺	82
§ 5-3 焊件结构工艺性	83
一、焊件结构应便于施焊	83
二、焊件结构应有利于保证焊接质量	83
电焊及气焊、气割实习安全技术	85

复习思考题	85	第八章 机械加工	119
第三篇 切削加工		§ 8-1 车削加工	119
第六章 切削加工基础知识	87	一、车床	119
§ 6-1 切削运动与切削用量三要素	87	二、车削工序	132
一、切削运动	87	三、车削加工的特点	146
二、切削用量三要素	87	§ 8-2 铣削、刨削、插削、拉削、镗削、磨削加工	147
§ 6-2 常用刀具	89	一、铣削加工	147
一、刀具材料	89	二、刨削、插削、拉削加工	151
二、刀具的几何形状	89	三、镗削加工	154
§ 6-3 零件的加工质量	91	四、磨削加工	156
一、加工精度	91	§ 8-3 常见表面的加工方法	159
二、表面粗糙度	91	一、外圆面加工	160
§ 6-4 切削过程	92	二、孔加工	160
一、切屑的种类	92	三、平面加工	161
二、切削力	92	四、成形面加工	162
三、切削热与切削液	93	五、典型零件加工工艺过程	162
四、刀具磨损及耐用度	93	§ 8-4 机械加工零件的结构工艺性	170
五、常用材料的可切削性	94	一、便于装夹	170
§ 6-5 机械加工工艺过程的基本知识	94	二、便于加工	171
一、机械加工工艺过程	94	三、便于提高切削生产率	173
二、装夹与定位	94	四、便于采用标准刀具加工	174
三、基准种类与选择	95	机械加工实习安全技术	175
四、安排工艺顺序的原则	96	复习思考题	175
§ 6-6 机床传动机构	96	第九章 数控加工与特种加工	182
复习思考题	97	§ 9-1 数控加工	182
第七章 钳工	99	一、数控机床	182
§ 7-1 钳工的基本工序	99	二、数控编程	184
一、划线	99	三、编程举例	186
二、锯削、锉削、刮削、研磨	102	§ 9-2 特种加工	187
三、钻孔、扩孔、铰孔	106	一、电火花加工	187
四、攻螺纹和套螺纹	109	二、数控线切割加工	188
§ 7-2 装配	112	三、电解加工	189
一、装配的基本概念	112	四、激光加工	190
二、装配步骤	112	五、超声波加工	191
三、装配方法	112	数控加工与特种加工实习安全技术	193
四、装配举例	114	复习思考题	193
钳工实习安全技术	116	综合练习题	194
复习思考题	117	参考文献	197

第一篇 工程材料

材料是人类一切生产活动和生活活动的物质基础。历史学家根据制造生产工具的材料将人类的历史划分为石器时代、青铜器时代和铁器时代,这表明材料是人类发展和进步的标志。在当今社会,能源、信息和材料已成为现代技术的三大支柱,而能源和信息的发展又离不开材料。因此,世界各国都把材料的研究、开发放在突出的地位。我国 1986 年制定的“863”计划,把新材料列为七个优先发展的领域之一。

工程材料是指制造工程结构和机器零件使用的材料。按化学成分、结合键的特点,工程材料可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。

金属材料包括钢铁材料、有色金属及其合金。由于金属材料具有良好的力学性能、物理性能、化学性能及工艺性能,能采用比较简便和经济的工艺方法来做成零件,因此金属材料是目前应用最广泛的材料。

非金属材料包括有机高分子材料(如塑料、橡胶等)和陶瓷材料。有机高分子材料因其原料丰富、成本低、加工方便等优点,发展极其迅速,目前已在工业上得到广泛应用,并将越来越多地被采用。

复合材料既保持了组成材料各自的最佳特性,又具有组成后的新特性,因此复合材料越来越引起人们的重视。

第一章 金属材料的基本知识

§ 1-1 铁碳合金的基本知识

碳钢和铸铁是工农业生产和国防建设应用最广、用量最大的金属材料。它们都是由铁和碳两种主要元素组成的合金,故统称为铁碳合金。

一、铁碳合金的基本组织

研究结果表明,金属是由许多外形不规则的颗粒组成的,这些微小颗粒称为晶粒,晶粒和晶粒之间的交界称为晶界。在晶粒内部原子是按一定规律排列的。描述晶体中原子排列形式的空间格子称为晶格(图 1-1-1)。常见的有体心立方晶格(图 1-1-2)和面心立方晶格(图 1-1-3)。

1. 纯铁的同素异构转变

纯铁在固态时,晶格类型可以随着温度的变化而发生改变,即可以由一种晶格转变为另

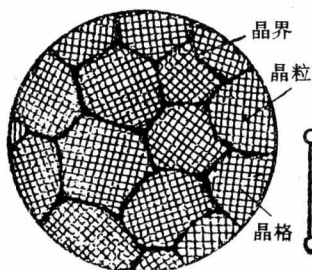


图 1-1-1 晶粒、晶界、晶格

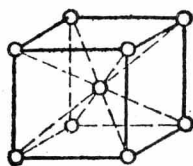


图 1-1-2 体心立方晶胞

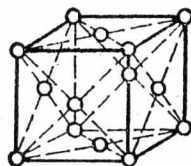
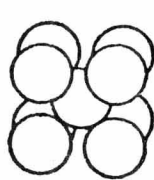
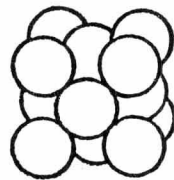


图 1-1-3 面心立方晶胞



一种晶格,这种转变称为同素异构转变。

固态纯铁的同素异构转变过程如下:



2. 铁碳合金的基本组织

1) 铁素体

碳溶于 $\alpha\text{-Fe}$ 中形成的固溶体称为铁素体,用符号 F 表示。

由于 $\alpha\text{-Fe}$ 原子间的空隙很小,所以碳在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的溶解度很小,在室温时几乎为零。因此它的性能近似于纯铁,即强度、硬度低,塑性、韧性好。

2) 奥氏体

碳溶于 $\gamma\text{-Fe}$ 中形成的固溶体称为奥氏体,用符号 A 表示。

由于 $\gamma\text{-Fe}$ 原子间的空隙较大,所以碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度要比在 $\alpha\text{-Fe}$ 中大得多,在 $1148\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的溶解度最大,可达 2.11% 。随温度降低,溶解的碳量逐渐减小,在 $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时为 0.77% 。奥氏体的强度、硬度并不高,但塑性很好,所以钢材在锻造时必须加热到奥氏体状态下进行。

3) 渗碳体

铁和碳除了形成固溶体外,还可以互相结合成化合物,分子式为 Fe_3C 。渗碳体具有复杂晶格,含碳量为 6.69% ,熔点约为 $1227\text{ }^{\circ}\text{C}$,硬度很高,很耐磨,但又很脆,塑性、韧性几乎为零。渗碳体是钢中的主要强化相。 Fe_3C 在一定条件下会发生分解,形成自由状态的石墨,即 $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow 3\text{Fe} + \text{C}_{(\text{石墨})}$ 。

4) 珠光体

含碳量为 0.77% 的奥氏体在 $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时同时析出铁素体和渗碳体的机械混合物称为珠光体,用符号 P 表示。珠光体的金相组织特征是片状铁素体与渗碳体一层一层地交替分布。珠光体具有较好的综合力学性能。

5) 莱氏体

含碳量为 4.3% 的液态铁碳合金冷却到 $1148\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,将从液态合金中同时结晶出奥氏体和渗碳体的机械混合物,称为莱氏体或高温莱氏体,用 L_d 表示,这种转变称为共晶转变。在 $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,共晶转变的产物,由珠光体和渗碳体组成,称为低温莱氏体,用 L'_d 表示。因莱氏

体组织中含有大量硬而脆的渗碳体,所以硬度很高,但很脆。

碳钢和铸铁就是由以上这些基本组织组成的。由于它们的成分不同,其组织形式不同,因此,力学性能也不同。

二、铁碳合金状态图

铁碳合金状态图是表示在缓慢冷却(或加热)条件下,不同成分的钢和铸铁在不同温度下所具有的组织的一种图形,它是研究钢和铸铁的组织性能的基础,是选择钢铁材料的依据,对制定铸、锻、焊、热处理等热加工工艺有重要的指导意义。

由于含碳量大于 6.69%的铁碳合金脆性极大,没有实用价值,因此我们研究的铁碳合金状态图实际上是 Fe-Fe₃C 状态图。简化的 Fe-Fe₃C 状态图如图 1-1-4 所示。

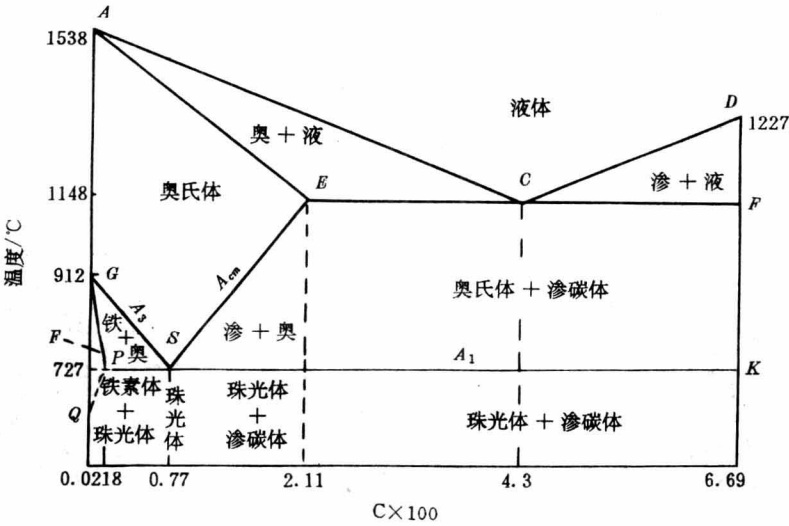


图 1-1-4 简化的铁碳合金状态图

铁碳合金状态图主要特性点的含义和特性线的含义分别见表 1-1-1 和表 1-1-2。

表 1-1-1 Fe-Fe₃C 状态图中的特性点

特性点	温度/℃	含碳量×100	含 义
A	1 538	0	纯铁的熔点
C	1 148	4.30	共晶点
D	~1 227	6.69	渗碳体的熔点
E	1 148	2.11	碳在奥氏体中的最大溶解度
G	912	0	$\alpha\text{-Fe}\rightleftharpoons\gamma\text{-Fe}$ 同素异构转变点
K	727	6.69	渗碳体的成分
P	727	0.021 8	碳在铁素体中最大溶解度
S	727	0.77	共析点
Q	600	~0.005 7	碳在铁素体中的溶解度

表 1-1-2 Fe-Fe₃C 状态图中的特性线

特 性 线	含 义 ^①
AC	铁碳合金的液相线,液态合金开始结晶出奥氏体
CD	铁碳合金的液相线,液态合金开始结晶出渗碳体
AE	铁碳合金的固相线,即奥氏体的结晶终了线
ECF	铁碳合金的固相线,也是 $L_c \rightarrow A_E + Fe_3C$ 共晶转变线
GS	奥氏体转变为铁素体的开始线
GP	奥氏体转变为铁素体的终了线
ES	碳在奥氏体中溶解度线
PQ	碳在铁素体中溶解度线
PSK	$A_s \rightarrow F_p + Fe_3C$ 共析转变线

① 表中各特性线的含义,均是指合金在缓慢冷却过程中的情况,如果是加热过程,则相反。

铁碳合金状态图上的各种合金,按其含碳量的不同,常分为以下三类。

(1) 工业纯铁(含碳量 $<0.0218\%$),其显微组织为铁素体。

(2) 钢(含碳量为 $0.0218\% \sim 2.11\%$),其特点是高温固态组织为具有良好塑性的奥氏体,因而宜于锻造。根据室温组织的不同,分为三种:

亚共析钢(含碳量 $<0.77\%$),组织是铁素体和珠光体(图 1-1-5 a))。

共析钢(含碳量为 0.77%),组织是珠光体(图 1-1-5 b))。

过共析钢(含碳量 $>0.77\%$),组织是珠光体和网状二次渗碳体(图 1-1-5 c))。

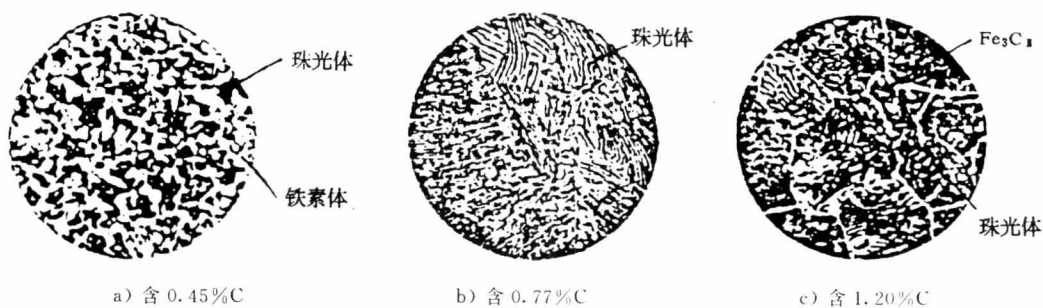


图 1-1-5 铁碳合金(钢)的组织

(3) 白口铸铁(含碳量 $2.11\% \sim 6.69\%$),其特点是液态结晶时都有共晶转变,因而比钢有较好的铸造性能。在高温组织中存在较多的硬脆渗碳体,因此不能进行锻造。根据含碳量的不同,白口铸铁又可分为三种,即亚共晶白口铸铁(含碳量 $<4.30\%$)、共晶白口铸铁(含碳量为 4.30%)和过共晶白口铸铁(含碳量 $>4.30\%$)。

三、碳钢

1. 钢的分类

(1) 按含碳量可分为低碳钢(含碳量 $\leq 0.25\%$)、中碳钢(含碳量 $>0.25\% \sim 0.60\%$)和高碳钢(含碳量 $>0.60\%$)。

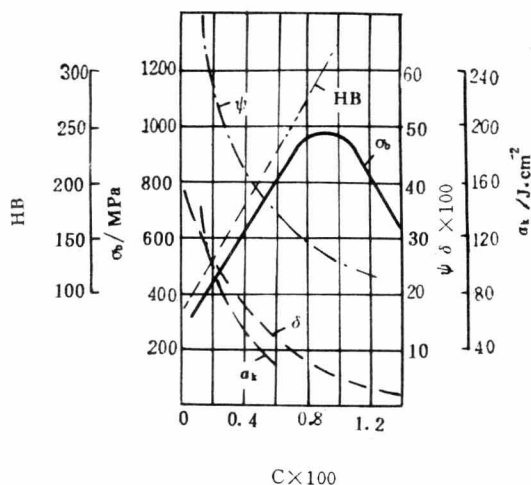


图 1-1-6 钢的含碳量对力学性能的影响

钢的含碳量对钢的力学性能有显著影响,如图 1-1-6 所示。

(2) 按质量,即按钢中所含有害杂质 S、P 的多少来分,通常分为普通钢、优质钢、高级优质钢和特级优质钢四类,钢中 S、P 含量越少,质量越高。

(3) 按用途可分为,结构钢(用于制造各种工程构件如桥梁、船舶、建筑用钢和机器零件如齿轮、轴、螺栓、弹簧等)、工具钢(用于制造刀具、量具、模具等)和特殊性能钢(主要有不锈钢、耐热钢、耐磨钢、磁钢等)。

2. 碳钢的编号方法(表 1-1-3)

表 1-1-3 碳钢的编号方法

分 类	编 号 方 法	
	举 例	说 明
碳素结构钢	Q235-A·F	“Q”为“屈”字的汉语拼音字首,后面的数字为屈服点(MPa);A、B、C、D 表示质量等级,从左至右,质量依次提高;F、b、Z、TZ 依次表示沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢。Q235-A·F 表示屈服点数值为 235MPa、质量为 A 级的沸腾钢
优质碳素结构钢	45 40Mn	两位数字表示钢的平均含碳量的万分之几。如 45 钢,表示平均含碳量为 0.45%的优质碳素结构钢
碳素工具钢	T8 T8A	“T”为碳字的汉语拼音字首,后面的数字表示钢的平均含碳量的千分之几。如 T8 表示平均含碳量为 0.08%的碳素工具钢,“A”表示高级优质
一般工程用铸造碳钢	ZG200-400	“ZG”代表铸钢。其后面第一组数字为屈服强度(MPa);第二组数字为抗拉强度(MPa)。如 ZG200-400 表示屈服强度为 200MPa、抗拉强度为 400MPa 的碳素铸钢

3. 碳素结构钢的牌号、成分和性能(表 1-1-4)

表 1-1-4 碳素结构钢的牌号、成分和性能(GB700-88)

牌 号	等 级	化 学 成 分 ×100					脱氧方法	抗拉强度 σ_b /MPa	伸 长 率 $\delta_5 \times 100$	
		C	Mn	Si	S	P				
				不 大 于						
Q195	—	0.06 ~0.12	0.25 ~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	315 ~390	32~33	
Q215	A	0.09	0.25	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	335	26~31	
	B	~0.15	~0.55		0.045			~410		
Q235	A	0.14 ~0.22	0.30 ~0.65	0.30	0.050	0.045	F、b、Z	375 ~400	21~26	
	B	0.12 ~0.20	0.30 ~0.70		0.045					
	C	≤0.18	0.35		0.040	0.040				Z
	D	0.17	~0.80		0.035	0.035				TZ
	Q255	A B	0.18 ~0.28		0.40 ~0.70	0.30				0.050 0.045
Q275	—	0.28 ~0.38	0.50 ~0.80	0.35	0.050	0.045	Z	490 ~610	15~20	

4. 优质碳素结构钢的牌号、成分和性能(表 1-1-5)

表 1-1-5 优质碳素结构钢的牌号、成分和性能(摘自 GB699-88)

牌号	化学成分×100			抗拉强度 屈服点		伸长率	断面收缩率	冲击吸收功	钢材交货状态硬度 HBS	
	C	Si	Mn	σ_b /MPa	σ_s /MPa	$\delta_5 \times 100$	$\psi \times 100$	A_k /J	未热处理	退火后
				不 小 于					不 大 于	
08F	0.05~0.11	≤0.03	0.25~0.50	295	175	35	60		131	
10F	0.07~0.14	≤0.07	0.25~0.50	315	185	33	55		137	
15F	0.12~0.19	≤0.07	0.25~0.50	355	205	29	55		143	
08	0.05~0.12	0.17~0.37	0.36~0.65	325	195	33	60		131	
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	335	205	31	55		137	
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	375	225	27	55		143	
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	410	245	25	55		156	
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	450	275	23	50	71	170	
30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	490	295	21	50	63	179	
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	530	315	20	45	55	197	
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	570	335	19	45	47	217	187
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	600	335	16	40	39	229	197
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	630	375	14	40	31	241	207
55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	645	380	13	35		255	217
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	675	400	12	35		255	229
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	695	410	10	30		255	229
70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	715	420	9	30		269	229
75	0.72~0.80	0.17~0.37	0.50~0.80	1 030	830	7	30		285	241
80	0.77~0.85	0.17~0.37	0.50~0.80	1 030	930	6	30		285	241
85	0.82~0.90	0.17~0.37	0.50~0.80	1 130	980	6	30		302	255

5. 碳素工具钢的牌号、成分和性能(表 1-1-6)

表 1-1-6 碳素工具钢的牌号、成分、硬度和用途(参照 GB1298-86)

牌号	化 学 成 分 ×100			硬 度		用 途
	C	Mn	Si	退火后 HBS 不大于	淬火后 HRC 不小于	
T7	0.65~0.74	0.20~0.40	0.15~0.35	187	62	用作受冲击工具如凿子、锤、螺丝刀、镰刀等
T8	0.75~0.84	0.20~0.40	0.15~0.35	187	62	
T8Mn	0.80~0.90	0.40~0.60	0.15~0.35	187	62	用作低速刀具如锉刀、锯条、剪刀、木工刀具等
T9	0.85~0.94	0.15~0.35	0.15~0.35	192	62	
T10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	197	62	用作冷冲模、丝锥、板牙、铰刀及形状简单的量具,也适宜做凿石工具
T11	1.05~1.40	0.15~0.35	0.15~0.35	207	62	
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	207	62	用作不受冲击工具如刮刀、剃刀、锉刀、量规等
T13	1.25~1.35	0.15~0.35	0.15~0.35	217	62	

四、合金钢

合金钢是指在碳钢的基础上有意识地加入各种合金元素所得到的钢种。

常用的合金元素有 Si、Mn、Cr、Ni、Mo、W、V、Ti 等，它们加入到钢中，可提高钢的力学性能，改善钢的工艺性能或者使钢具备耐腐蚀、耐热、耐磨、高磁性等特殊性能。

1. 合金钢的分类和编号方法

1) 分类

合金钢按合金元素含量的多少，可分为低合金钢(含合金元素总量 $\leq 5\%$)、中合金钢(含合金元素总量为 $5\% \sim 10\%$)和高合金钢(含合金元素总量 $\geq 10\%$)。

按用途可分为如下三类：合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢。

合金结构钢包括低合金结构钢、渗碳钢、调质钢、弹簧钢、滚动轴承钢等。

合金工具钢包括刀具钢、模具钢和量具钢。

特殊性能钢包括不锈钢、耐热钢和耐磨钢等。

2) 编号方法(表 1-1-7)

表 1-1-7 合金钢的编号方法

分类	编 号 方 法	举 例
低合金 高强度 结构钢	钢号由代表屈服点的汉语拼音字母(Q)、屈服点数值、质量等级符号(A、B、C、D、E)三个部分按顺序排列	Q390A └─屈服点 390MPa
合 金 结构钢	前面的数字表示钢的平均含碳量的万分之几，后面的数字表示合金元素平均含量的百分之几，含量少于 1.5% 时，一般不标明含量。若为高级优质钢，则在钢号的最后加“A”。滚动轴承钢号前面加“G”，铬含量用千分之几表示	60Si2Mn └─平均含锰量 $\leq 1.5\%$ └─平均含硅量 2% └─平均含碳量 0.6% GCr15 └─平均含铬量 1.5%
合 金 工具钢	平均含碳量 $\geq 1.0\%$ 时不标出， $< 1.0\%$ 时以千分之几表示。高速钢例外，其平均含碳量 $< 1.0\%$ 时也不标出。合金元素含量的表示法同合金结构钢	5CrMnMo └─平均含碳量 0.5% Cr12 └─平均含铬量 12% └─平均含碳量 $\geq 1.0\%$
特 殊 性能钢	平均含碳量以千分之几表示。当平均含碳量 $\leq 0.03\%$ 时，钢号前以“00”表示，当平均含碳量 $\leq 0.08\%$ 时，钢号前以“0”表示。合金元素含量表示方法与合金结构钢相同	2Cr13 └─平均含碳量 0.2%

2. 合金结构钢

1) 低合金高强度结构钢

这类钢属低碳、低合金钢，Mn 是强化的基本元素。它的强度显著高于相同碳量的碳钢，同时具有良好的塑性和韧性以及良好的焊接性、冷成形性和耐蚀性。这类钢主要用于制造桥梁、车辆、船舶、锅炉等。

常用的钢号有 Q345、Q390 等。

2) 渗碳钢

含碳量为 0.10%~0.25%，常加入的合金元素有 Cr、Mn、Ti、B 等。这类钢经表面渗碳、淬火和低温回火后，可获得表硬内韧的优良性能，主要用来制造要求表面硬而耐磨，同时承受一定冲击的重要零件，如汽车、拖拉机齿轮、凸轮轴、活塞销等。

常用的钢号有 20Cr、20CrMnTi 等。

3) 调质钢

这类钢为中碳钢，常加入 Cr、Ni、Mn、Si、B、Mo 等合金元素。调质钢经淬火+高温回火即调质处理后具有良好的综合力学性能，即强度高、塑性、韧性好，故它广泛用来制造各种重要的机器零件，如机床主轴、齿轮、连杆等。

常用的钢号有 40Cr、35CrMo 等。

4) 弹簧钢

这类钢含碳量为 0.45%~0.70%，常加入 Si、Mn、Cr、V 等合金元素。弹簧钢经淬火和中温回火后，具有高的抗拉强度、高的屈强比(σ_s/σ_b)、高的疲劳强度及一定的塑性和韧性。主要用于制造各种弹簧和弹性零件。

常用的钢号有 65Mn、60Si2Mn 等。

5) 滚动轴承钢

这类钢为高碳铬钢，Cr 是强化的基本元素，目的是使钢具有高硬度和耐磨性、高的接触疲劳强度以及足够的韧性。主要用来制造滚动轴承元件，如内套圈、外套圈、滚珠、滚柱等。

常用的钢号有 GCr15、GCr15SiMn 等。

3. 合金工具钢

1) 刀具钢

主要有以下两种。

低合金刀具钢：加入的合金元素主要有 Si、Cr、Mn 等，由于含量比较少，热硬性(高温下保持高硬度 $\geq 60\text{HRC}$ 的能力)比较低，刀具刃部受热温度不能超过 300℃。主要用来制造低速切削的薄刃刀具，如丝锥、板牙、铰刀等。

常用的钢号有 9SiCr、CrWMn 等。

高速钢：这类钢是高碳高合金钢，因含有大量的碳化物形成元素如 W、Mo、Cr、V 等，热硬性高，可达 600℃。主要用于制造高速切削及形状复杂的刀具，如铣刀、车刀、钻头、滚齿刀等。

常用的钢号有 W18Cr4V、W6Mo5Cr4V2 等。

2) 模具钢

按工作条件不同分为以下两种。

冷作模具钢：主要用来制造冷冲模、冷挤压模、拉丝模等。这类钢是高碳铬钢如 Cr12、Cr12MoV 等。

热作模具钢：主要用来制造热锻模、压铸模等。常用的钢号有 5CrMnMo、3Cr2W8V 等。

3) 量具钢

量具钢是用来制造各种测量工具的，如千分尺、塞规、块规等。量具钢并没有专用钢。低合金刀具钢 CrMn、CrWMn，滚动轴承钢 GCr15 等都可以用来制造量具。

4. 特殊性能钢

1) 不锈钢

按组织可分为铁素体不锈钢、马氏体不锈钢和奥氏体不锈钢三类。

典型的铁素体不锈钢是 1Cr17 钢,为单相铁素体组织,耐腐蚀性能好、塑性好、强度低。主要制造化工设备的容器、管道等。

典型的马氏体不锈钢是 1Cr13、2Cr13、3Cr13 钢等,主要用来制造汽轮机叶片、阀体、手术刀等。

典型的奥氏体不锈钢是 18-8 型铬镍不锈钢,如 1Cr18Ni9 等,室温下具有单相奥氏体组织,故强度、硬度低,塑性、韧性好,具有良好的冷变形性能,广泛用于耐酸、碱、盐腐蚀的零件。

2) 耐热钢

耐热钢既具有高温抗氧化性,同时又具有较高的高温强度。常用的耐热钢有珠光体耐热钢,典型钢号有 15CrMo、12CrMoV 等,用作锅炉材料如锅炉管等;马氏体耐热钢,典型钢号有 1Cr12MoV、4Cr9Si2 等,多用来制造汽轮机叶片、发动机排气阀等;奥氏体耐热钢,典型钢号有 0Cr18Ni9 等,工作温度可高于 650℃,可用于锅炉和汽轮机过热管道、内燃机重负荷排气阀等。

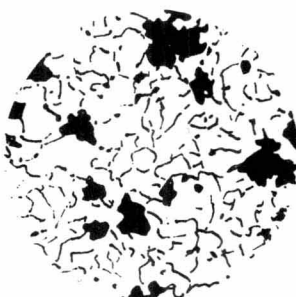
五、铸铁

工业上广泛应用的铸铁,其碳不是以化合状态的 Fe_3C 形式存在的,而是以游离状的石墨形式存在的。由于铸铁中的石墨强度、塑性、韧性极低,接近于零,相当于许多微裂纹分布在金属的基体上,因此铸铁的强度、塑性和韧性比钢低,不能进行锻造。但铸铁的铸造性能好,且生产方法简便,价格低廉,因而目前铸铁仍是最重要的机器结构材料之一。

根据铸铁中石墨形态的不同,铸铁可分为灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁(图 1-1-7)。



a) 珠光体灰铸铁 ×500



b) 铁素体可锻铸铁 ×100



c) (铁素体+珠光体)球墨铸铁 ×200

图 1-1-7 铸铁的金相组织

1. 灰铸铁

灰铸铁是碳主要以片状石墨形式存在的铸铁(如图 1-1-7 a))。铸铁的熔化温度低,流动性好,凝固时收缩率小。铸铁中石墨片的存在,使切屑易于脆断,便于切削加工。同时也有利于润滑,耐磨性好。石墨片组织松软,能吸收振动,因而又具有良好的消振性。由于石墨片尖端处产生应力集中,严重地削弱了铸铁的抗拉强度,但对抗压强度影响不大。灰铸铁广泛用来制造各种承受压力和要求消振性好的床身、箱体和经受摩擦的导轨、缸体等。

灰铸铁的牌号、性能和用途见表 1-1-8。牌号中“HT”为“灰铁”汉语拼音字首，其后数字代表最低抗拉强度值。

表 1-1-8 灰铸铁的牌号、性能和用途

牌 号	抗拉强度	抗弯强度	抗压强度	硬 度 HBS	用 途
	σ_b /MPa	σ_{bb} /MPa	σ_{bc} /MPa		
	不 小 于				
HT100	100	260	500	143~229	低压力零件,如轴承盖、手轮、支架等
HT150	150	330	650	163~229	汽轮机冷凝器端盖、汽轮泵体、锅炉省煤器、发电机轴承座、进出水支座等
HT200	200	400	750	170~240	阀壳、低压汽缸、机座联轴器、齿轮箱等受较大应力的零件,低速轴瓦等
HT250	250	470	1000	170~241	
HT300	300	540	1100	187~255	
HT350	350	610	1200	197~259	汽缸、隔板、飞轮、齿轮等重要零件

2. 可锻铸铁

可锻铸铁是碳主要以团絮状石墨形式存在的铸铁(图 1-1-7 b))。可锻铸铁是将白口铸铁经高温石墨化退火处理后得到的。由于团絮状石墨比片状石墨大大减轻了对金属基体的割裂作用,故可锻铸铁比灰口铸铁具有较高的抗拉强度,较好的塑性和韧性。常用来制造形状复杂且受振动的薄壁小形铸件。

常用可锻铸铁的牌号、性能和用途见表 1-1-9。牌号中“KT”为“可铁”汉语拼音字首,“H”表示黑心,“Z”表示珠光体,后续的第一组数字表示最低抗拉强度值,后续的第二组数字表示最低伸长率值。

表 1-1-9 常用可锻铸铁的牌号、性能与用途(参照 GB9440-88)

分 类	牌 号	基体组织	抗拉强度	屈服强度	伸长率	硬度 HBS	用 途
			σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\delta_5 \times 100$		
			不小于				
黑心可锻铸铁	KTH300-06	F	300	—	6	不大于 150	管道的弯头、接头、三通;中压阀门
	KTH330-08		330	—	8		各种板手;犁刀、犁柱;粗纺机和印花机盘头等
	KTH350-10		350	200	10		汽车、拖拉机的前后轮壳,差速器壳、制动器支架;农机的犁刀、犁柱;瓷瓶铁帽、铁道扣板、船用电机壳
	KTH370-12		370	—	12		
珠光体可锻铸铁	KTZ450-06	P	450	270	6	150~200	曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、摇臂、活塞环、轴套、犁刀、耙片、万向接头、棘轮、扳手、传动链条、矿车轮等
	KTZ550-04		550	340	4	180~230	
	KTZ650-02		650	430	2	210~260	
	KTZ700-02		700	530	2	240~290	

3. 球墨铸铁

球墨铸铁是碳主要以球状石墨形式存在的铸铁(图 1-1-7 c))。球墨铸铁是向铁水中加入球化剂(如稀土镁等)进行球化处理得到的。由于石墨呈球状后对基体金属的割裂作用减到最小,所以球墨铸铁的强度、塑性和韧性不仅高于灰铸铁,甚至优于可锻铸铁,某些性能如疲劳强度与中碳钢相近。球墨铸铁还可以跟钢一样,通过各种热处理进一步提高力学性能。

因此球墨铸铁在生产上获得广泛应用,常用来制造汽车和拖拉机的曲轴、凸轮轴、齿轮等重要零件。

球墨铸铁的牌号、性能和用途见表 1-1-10。牌号中“QT”为“球铁”汉语拼音字首,后续的第一组数字表示最低抗拉强度值(MPa),后续的第二组数字表示最低伸长率值。

表 1-1-10 球墨铸铁的牌号、性能和用途(GB1348-88)

牌 号	抗拉强度	屈服强度	伸长率	硬度 HBS	用 途
	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	$\delta/\times 100$		
	不 小 于				
QT400-18	400	250	18	130~180	泵体、阀体、受压容器、受冲击零件
QT400-15	400	250	15	130~180	
QT450-10	450	310	10	160~210	壳体、箱体零件,要求韧性零件
QT500-7	500	320	7	170~230	机器底座、齿轮、支架等
QT600-3	600	370	3	190~270	连杆、曲轴、液压缸体等
QT700-2	700	420	2	225~305	曲轴、凸轮、齿轮等高强度零件
QT800-2	800	480	2	245~335	
QT900-2	900	600	2	280~360	高速、重负荷零件

§ 1-2 钢的热处理的基本知识

钢的热处理是指将钢在固态下通过加热、保温和冷却的方法,使钢的组织结构发生变化,从而获得所需性能的一种工艺方法。热处理是强化钢材的重要工艺,它在机械制造业中占有十分重要的地位。例如,现代机床工业中,有 60%~70%的工件要进行热处理,汽车、拖拉机工业中,有 70%~80%的工件要进行热处理,而滚动轴承和各种工模具几乎是百分之百地要进行热处理。

热处理可分为整体热处理和表面热处理两大类。整体热处理包括退火、正火、淬火和回火,表面热处理包括表面淬火、化学热处理和表面复层处理。热处理方法虽然很多,但任何一种热处理工艺都是由加热、保温和冷却三个阶段组成的,其热处理工艺曲线如图 1-2-1 所示。铁碳合金状态图是制定钢的热处理工艺的依据,如图 1-2-2 所示。图中 A_1 、 A_3 和 A_{cm} 线

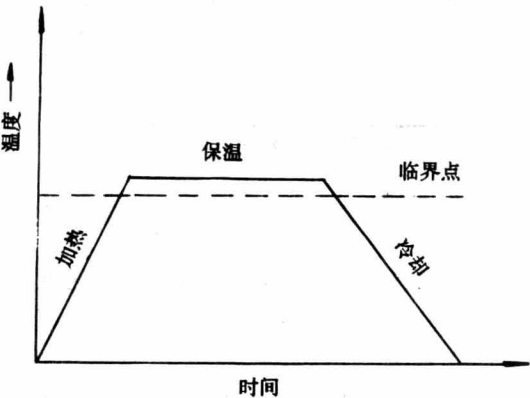


图 1-2-1 热处理工艺曲线示意图

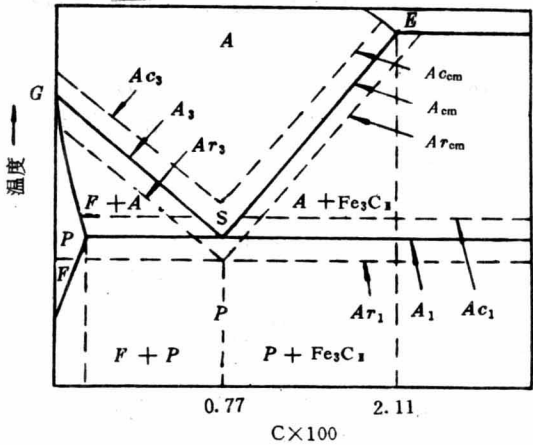


图 1-2-2 加热和冷却时铁碳合金状态图上各临界点的位置