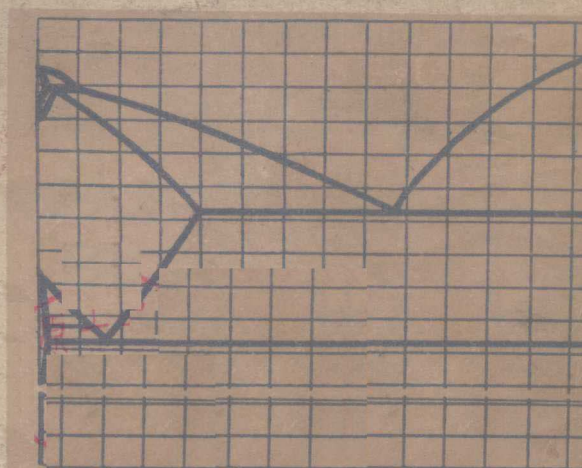
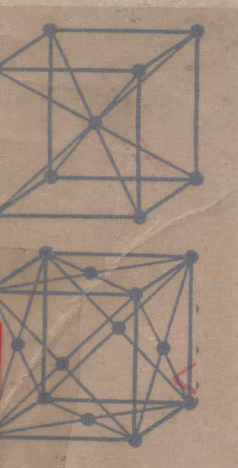


工人技术
教育读本

热处理

上海市第一机电工业局工会编



机械工业出版社

本书所介绍的内容是热处理工人必须懂得的基础知识，内容包括钢铁材料常识、机械性能试验、热处理理论基础、钢的热处理工艺、合金钢的热处理、表面热处理与发黑和热处理车间常用设备(包括温度测量仪表)等七个部分。编写时以讲清基本概念为主，内容上力求做到通俗易懂和联系实际。

本书可供机械制造工厂举办的业余技术教育和技工学校教学参考使用，也可作热处理工人自学用。

热 处 理

(试 用 本)

上海市第一机电工业局工会编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787×1092 1/32·印张 8·字数 179 千字

1973 年 9 月北京第一版·1973 年 9 月北京第一次印刷

印数 000,001—130,000·定价 0.53 元

*

统一书号: 15033·4186

06264

TG15

2

工人技术教育读本

热 处 理

(试 用 本)

上海市第一机电工业局工会编



机械工业出版社

说 明

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，广大职工为革命学习业务、文化和技术的要求日益迫切，为了适应这一形势，我们根据市总工会、局党委的指示，在有关工厂、学校支持下，组织了由工人、教师和技术人员三结合编写小组，编写了这套工人技术教育读本。

这套书初步定为 12 本，共分两类。一是基础课，共三本：机电数学、机械制图、机械基础；二是专业课，共九本：车工、钳工、刨工、铣工、磨工、铸工、锻工、电工、热处理。

这套书可供各机械制造工厂（或工种）举办的业余技术教育和技工学校教学参考使用。

由于我们水平较低，经验不够，这套书定会有不少缺点和问题，欢迎各单位提出批评和修改意见。

上海市第一机电工业局工会

一九七三年四月

目 次

第一章 钢铁材料常识	1
第一节 钢的分类	1
第二节 钢的牌号表示方法	4
第三节 碳钢的用途	11
第四节 铸铁及其用途	13
第二章 钢的机械性能试验	20
第一节 硬度试验	20
第二节 其它机械性能试验	30
第三章 热处理理论知识	38
第一节 钢的基本组织和性能	38
第二节 铁碳平衡图	45
第三节 钢在冷却时的组织转变	54
第四章 钢的热处理工艺	66
第一节 钢的加热	66
第二节 钢的退火和正火	74
第三节 钢的淬火	81
第四节 淬火钢的回火	106
第五节 铸铁热处理	116
第五章 合金钢的热处理	123
第一节 合金元素对钢热处理的影响	124
第二节 常用合金结构钢	131
第三节 常用合金工具钢	138
第四节 不锈钢	148
第五节 常用钢材的火花鉴别	152

第六章 钢的表面热处理与发黑	165
第一节 表面淬火	165
第二节 化学热处理	174
第三节 钢的发黑处理	196
第七章 热处理车间常用设备	202
第一节 加热炉的分类	202
第二节 盐浴加热炉	204
第三节 电阻加热炉	209
第四节 控制气氛加热炉	214
第五节 冷却设备	216
第六节 辅助设备	219
第七节 主要设备安全操作须知	222
第八节 温度测量仪表	224

第一章 钢铁材料常识

钢铁是使用最广、用量最大的金属材料。在工业上：造机器、架桥梁、盖厂房；在国防上：造军舰、飞机、枪炮；在农业上：造拖拉机、收割机和各种农具，样样都少不了它。

钢铁材料应用如此广泛，其原因就在于它的资源丰富，冶炼比较容易并具有许多优良的性能，又易于加工制造。此外，通过各种热处理方法还可以使其机械性能得到改善和提高，从而更进一步扩大了钢铁材料的使用范围。

作为热处理工人，在生产中几乎每天要和各种钢铁材料打交道。因此，有关钢铁材料的常识便成为热处理工人所必需学习和掌握的一项知识。它不仅可以帮助我们理解常用钢铁材料的成分、组织、性能及热处理工艺之间的相互关系，而且有利于培养我们在正确选择和合理使用材料方面，以及在制订和掌握热处理工艺规范方面的能力。因而，对改进和提高产品质量有着极为密切的关系。

第一节 钢 的 分 类

钢和生铁都是由铁(Fe)和碳(C)两种主要元素所组成的合金。

除了碳以外，合金中还含有极少量的锰(Mn)、硅(Si)及磷(P)、硫(S)等元素。其中 Mn、Si 是作为炼钢时的脱氧剂而带入的，称为“常存元素”；P、S 是由炼钢原料中带入的，称为“杂质元素”。杂质元素的存在会给材料造成脆性，故被严

格控制。

由此可见，对钢铁材料的性能起主要影响的元素是碳。因此，钢和生铁就是以含碳量的不同加以区分的。

碳钢：含碳量低于2%的铁碳合金，称碳素钢。简称“碳钢”。

合金钢：在碳钢中特意加入一种或几种其它合金元素所组成的钢。合金元素的加入，可以使合金钢具有更好的性能或某种特殊性能。如加入铬、钨、钼、钒、硼、锰($>0.8\%$)、硅($>0.4\%$)、钛等。

碳钢和合金钢不仅具有良好的机械性能，还可以承受各种形式的压力加工(如锻造、轧制、冲压等)来制造零件与工具，所以用途极为广泛。目前，合金钢主要被应用在受力大、形状复杂和截面较大的重要零件与工具方面。

生铁：含碳量高于2%的铁碳合金。生铁中不仅含碳多，而且杂质元素的含量也比钢多，所以引起性能发生了很大的变化，是一种脆性材料。它不能承受各种形式的压力加工，而只能通过铸造方法来制造零件。因此，习惯上又称它为“铸铁”。

解放以来，我国钢铁工业正以高速度向前发展，取得了巨大的成就。不仅年产量从解放初期的十几万吨跃进到两千多万吨，而且生产出了数以千计的规格、品种来满足国民经济各个部门的需要。为了便于人们选择、使用、加工和热处理等，需要对这些钢材进行合理的分类和编号。下面就常用的几种分类方法予以介绍。

一、按化学成分分类

1. 碳钢：根据钢中含碳量的不同可分为：

低碳钢——含碳量 $<0.25\%$ ；

中碳钢——含碳量为 $0.25 \sim 0.55\%$;

高碳钢——含碳量 $>0.55\%$ 。

含碳量超过 1.3% 的钢, 因其性能变差, 一般很少应用。

2. 合金钢: 根据钢中合金元素含量的不同可分为:

低合金钢——合金元素总含量 $<3.5\%$;

中合金钢——合金元素总含量为 $3.5 \sim 10\%$;

高合金钢——合金元素总含量 $>10\%$ 。

此外, 根据钢中所含主要合金元素的种类, 合金钢又可称为锰钢、铬钢、铬钼钢、硅锰钢和锰钒硼钢等等。

二、按用途分类

根据用途的不同, 通常把钢分为以下三种。

1. 结构钢

用以制造各种建筑结构和机械零件。如: 桥梁、船舶、传动齿轮、轴类零件等。这类钢的含碳量一般均不超过 0.7% 。

结构钢中有碳素结构钢和合金结构钢之分。在合金结构钢中具体又有渗碳钢、调质钢、弹簧钢和滚珠轴承钢等钢种。

2. 工具钢

用以制造各种加工工具。如: 切削刀具(车刀、钻头、铣刀)、量具和模具等。这类钢的含碳量一般均大于 0.7% 。

工具钢中有碳素工具钢和合金工具钢之分。在合金工具钢中具体又有刃具钢(低合金刃具钢和高速钢)、量具钢和模具钢等钢种。

3. 特殊钢

这类钢具有特殊的物理、化学或机械性能。如: 不锈钢、耐热钢、耐磨钢等。此类钢大都属于高合金钢。

三、按质量分类

钢材质量的高低并不一定取决于钢中合金元素含量的多

少，而主要取决于钢材中杂质元素含量多少、整个钢材的成分、组织是否均匀一致以及内部与表面是否有缺陷等。

根据钢材中杂质元素的含量来分，钢可分为：

1. 普通钢

这类钢含杂质元素较多，其中磷与硫[⊖]均被限制在 0.07% 以内。主要用作建筑结构和要求不太高的零件。

2. 优质钢

这类钢含杂质元素较少，其中磷与硫均被限制在 0.04% 以内。大量用作机械零件和工具方面。

3. 高级优质钢

这类钢含杂质元素极少，其中磷与硫均被限制在 0.03% 以内。主要用作重要的零件和工具。

随着磷硫含量的减少，钢的性能也就愈好，但其价格也要相应提高。

第二节 钢的牌号表示方法

由于钢材的品种很多，为了便于选择和使用，必须制定出一个统一的牌号表示方法，这种表示方法应该简单明了，容易记忆。

目前我国钢铁牌号最新的命名方法，如表 1-1 所列。

关于钢材牌号的具体表示方法，有如下规定：

- (1) 所含元素用国际化学符号表示(表 1-2)。
- (2) 含碳量及其它合金元素含量用数字表示，碳量写在

⊖ 磷在钢中能全部溶于铁素体内，使铁素体在室温下的强度升高，塑性下降，这就产生了冷脆性。硫在钢中以 FeS 的形式存在，并分布在晶粒的周围晶界上。当钢材在 800~1200°C 温度下进行轧压或锻造时，由于 FeS 的塑性差或熔化，而造成晶界的开裂，这就产生了热脆性。

表 1-1 钢铁产品名称、用途、冶炼方法和浇注方法命名表

中 文 名 称	采用的汉字及其汉语拼音		采用符号	字 体
	汉 字	汉语拼音		
平炉	平	Ping	P	大写
酸性侧吹转炉	酸	Suan	S	大写
碱性侧吹转炉	碱	Jian	J	大写
顶吹转炉	顶	Ding	D	大写
沸腾钢	沸	Fei	F	大写
半镇静钢	半	Ban	b	小写
铸造生铁	铸	Zhu	Z	大写
冷铸车轮生铁	冷	Leng	L	大写
电器工业用硅钢	电	Dian	D	大写
电器工业用纯铁	电铁	Dian Tie	DT	大写
易切削钢	易	Yi	Y	大写
磁钢	磁	Ci	C	大写
碳素工具钢	碳	Tan	T	大写
焊条用钢	焊	Han	H	大写
滚珠轴承用钢	滚	Gun	G	大写
高级优质钢	高	Gao	A	大写
特级	特	Te	E	大写
船用钢	船	Chuan	C	大写
桥梁钢	桥	Qiao	q	小写
锅炉钢	锅	Guo	g	小写
钢轨钢	轨	Gui	U	大写
甲类钢	甲	—	A	大写
乙类钢	乙	—	B	大写
特类钢	特	—	C	大写
铆螺钢	铆螺	Mao Luo	ML	大写
高频率(电工硅钢用)	高	Gao	G	大写
弱磁场(电工硅钢用)	弱	Ruo	R	大写
中磁场(电工硅钢用)	中	Zhong	H	大写
地质钻探钢管用钢	地质	Dizhi	DZ	大写

表 1-2 常用元素名称及其化学符号
(附注音字母及俄文字母符号对照)

元素中文名称	国际化学符号	注 音 字 母①	俄 文 字 母②
锰	Mn	ㄥ (恩)	Г (格)
硅	Si	ㄒ (希)	С (斯)
铬	Cr	ㄌ (肋)	Х (黑)
钨	W	ㄨ (乌)	В (物)
钼	Mo	□ (模)	М (姆)
钛	Ti	ㄣ (哀)	Т (特)
铝	Al	ㄣ (迁)	Ю (由)
钴	Co	ㄍ (哥)	К (客)
镍	Ni	ㄣ (佛)	Ф (服)
铌	Nb	ㄝ (谖)	Н (恩)
硼	B	ㄅ (科)	В (拔)
钒	V		Р (得日)
稀土	RE		

注：① 是我国 1957 年前用的部颁标准中的注音字母表示方法。

② 苏联国家标准中的俄文字母表示方法。仅供参考。

举例说明：新牌号 40Cr、18CrMnTi、9SiCr、Cr12Mo；注音字母牌号分别为 40ㄌ、18ㄌㄥㄣ、9ㄒㄌ、ㄌ12□；苏联牌号分别为 40Х、18ХЛТ、9СХ、Х12М。

牌号的最前面，合金元素含量写在相应元素符号的后面。

(3) 元素含量表示法是：

结构钢 含碳量以 0.01% 为单位，合金元素含量以 1% 为单位。当合金元素含量小于 1.5% 时，不以数字标出。

工具钢 含碳量以 0.1% 为单位。合金钢中含碳量大于 1% 时，不予标出。

(4) 若是高级优质钢，则在牌号最末尾加一字母“A”或“高”字予以标明。

一、普通碳素结构钢

这类钢通常均轧压成各种棒材、板材及各种型钢，供建

筑、桥梁、船舶、车辆及农机等方面使用。按其供应条件,有甲类钢、乙类钢和特类钢三种。其中甲类钢是按机械性能供应的,即保证机械性能指标在一定的范围内。来料大多可直接使用,除了用于建筑结构材料外,也可用作某些机械性能要求不太高的零件。

在甲类钢的牌号中,随着代号 A 后面的数字越大,表示材料的强度越高而塑性较低。表 1-3 为甲类钢的牌号、性能及大致用途。

表 1-3

牌 号	抗拉强度 σ_b (公斤/毫米 ²)	伸长率 δ (%)	用 途 举 例
A ₀	≥ 32	—	用作受力不大的零件。如钢
A ₁	32~40	28	筋、地脚螺钉、螺帽、钩子、垫
A ₂	34~42	26	片、轴承垫、拉杆、铆钉、油盘、
A ₃	38~47	21~23	罩盖、焊接件及冲压件等
A ₄	42~52	19~21	用作承受中等外力的零件。
A ₅	50~62	15~17	如螺钉、螺杆、螺帽、小轴、链
A ₆	60~72	11~13	轮、连杆、销子、农机零件等
A ₇	70 以上	7~9	

二、优质碳素结构钢

在碳钢中,这类钢因含杂质元素较少,故被广泛用作各种类型的机器零件。其牌号及化学成分如表 1-4 所列。

由表可知,优质碳素结构钢的牌号是用两位数字(即十位数字)来表示的,这两位数字表示钢中平均含碳量的百分数。

如 45 钢 表示钢中平均含碳量为 0.45%;

65 钢 表示钢中平均含碳量为 0.65%。

表 1-4 优质碳素结构钢及其化学成分

牌 号	元 素 含 量 (%)				
	碳	硅	锰	磷(不大于)	硫(不大于)
10	0.07~0.14	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.045
15	0.12~0.19	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.045
20	0.17~0.24	0.17~0.37	0.35~0.65	0.040	0.045
25	0.22~0.30	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
30	0.27~0.35	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
35	0.32~0.40	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
40	0.37~0.45	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
45	0.42~0.50	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
50	0.47~0.55	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
55	0.52~0.60	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
60	0.57~0.65	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
65	0.62~0.70	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045
70	0.67~0.75	0.17~0.37	0.50~0.80	0.040	0.045

三、合金结构钢

这类钢的常见牌号如表 1-5 所列。

表 1-5 常见合金结构钢及其化学成分

牌 号	元 素 含 量 (%)								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ti	Al	B
20Cr	0.17~ 0.24	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.70~ 1.00	—	—	—	—	—
18CrMnTi	0.16~ 0.24	0.17~ 0.37	0.80~ 1.10	1.00~ 1.30	—	—	0.06~ 0.12	—	—
40Cr	0.37~ 0.45	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	—	—	—	—	—
40MnB	0.37~ 0.44	0.17~ 0.37	1.10~ 1.40	—	—	—	—	—	0.001~ 0.005
38CrMoAlA	0.35~ 0.42	0.17~ 0.37	0.30~ 0.60	1.35~ 1.65	0.15~ 0.25	—	—	0.70~ 1.10	—
65Mn	0.62~ 0.70	0.17~ 0.37	0.90~ 1.20	—	—	—	—	—	—
60Si2Mn	0.57~ 0.65	1.50~ 2.00	0.60~ 0.90	—	—	—	—	—	—
50CrVA	0.47~ 0.54	0.17~ 0.37	0.50~ 0.80	0.80~ 1.10	—	0.10~ 0.20	—	—	—

牌号表示说明:

40Cr 表示钢中平均含碳量为 0.40%, 含铬量 $<1.5\%$ 不以数字标出;

60Si2Mn 表示钢中平均含碳量为 0.60%, 平均含硅量为 2%, 平均含锰量 $<1.5\%$ 。

四、碳素工具钢

在碳钢中, 这类钢的含碳量较高, 故其性能比较坚硬而耐磨, 被大量用作各种类型的加工工具。其牌号及化学成分如表 1-6 所列。

表 1-6 碳素工具钢及其化学成分

牌 号	元 素 含 量 (%)				
	碳	硅	锰	磷(不大于)	硫(不大于)
T7	0.65~0.74	0.15~0.35	0.20~0.40	0.035	0.030
T8	0.75~0.84	0.15~0.35	0.20~0.40	0.035	0.030
T9	0.85~0.94	0.15~0.35	0.15~0.35	0.035	0.030
T10	0.95~1.04	0.15~0.35	0.15~0.35	0.035	0.030
T11	1.05~1.14	0.15~0.35	0.15~0.35	0.035	0.030
T12	1.15~1.24	0.15~0.35	0.15~0.35	0.035	0.030
T13	1.25~1.35	0.15~0.35	0.15~0.35	0.035	0.030
T7A	0.65~0.74	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T8A	0.75~0.84	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T9A	0.85~0.94	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T10A	0.95~1.04	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T11A	1.05~1.14	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T12A	1.15~1.24	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020
T13A	1.25~1.35	0.15~0.30	0.15~0.30	0.030	0.020

由表可知, 碳素工具钢的牌号前面加一个“碳”字的拼音字母“T”, 以区别于结构钢。牌号中出现的一位或两位数字表示钢中平均含碳量的百分数。

如 T7 表示钢中平均含碳量为 0.70% 的碳素工具钢。

T12A 表示钢中平均含碳量为 1.20% 的高级优质钢。

五、合金工具钢

这类钢的常见牌号如表 1-7 所列。

表 1-7 常见合金工具钢及其化学成分

牌 号	元 素 含 量 (%)						
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
9SiCr	0.85~ 0.95	1.20~ 1.60	0.30~ 0.60	0.95~ 1.25	—	—	—
CrWMn	0.90~ 1.05	0.15~ 0.35	0.80~ 1.10	0.90~ 1.20	—	—	1.20~ 1.60
9Mn2V	0.85~ 0.95	≤0.35	1.70~ 2.00	—	—	0.10~ 0.25	—
Cr12MoV	1.45~ 1.70	≤0.40	≤0.35	11.00~ 12.50	0.40~ 0.60	0.15~ 0.30	—
5CrMnMo	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	0.60~ 0.90	0.15~ 0.30	—	—
W18Cr4V	0.70~ 0.80	≤0.40	≤0.40	3.80~ 4.40	—	1.00~ 1.40	17.5~ 19.0

牌号表示说明:

9Mn2V 表示钢中平均含碳量为 0.90%，平均含锰量为 2%，平均含钒量 <1.5%；

CrWMn 表示钢中平均含碳量 ≥1%，平均含铬量、含钨量、含锰量均 <1.5%。

此外，对高速钢、滚珠轴承钢、易切削钢、专用钢的牌号表示作如下说明：

(1) 高速钢中的含碳量在牌号中不予标出。如 W18Cr4V，表示钢中平均含碳量为 0.7 ~ 0.8%，平均含钨量为 18%，平均含铬量为 4%，平均含钒量 <1.5%。

(2) 滚珠轴承钢是一种轴承材料，在其牌号前面加一个“滚”字的拼音字母“G”，以示区别。钢中含铬量以 0.1% 单

位计。如 GCr9、GCr15, 表示钢中平均含碳量 $\geq 1\%$, 平均含铬量为 0.9% 和 1.5% 的滚珠轴承钢。

(3) 对某些机械性能要求不高、而表面光洁度要求高的零件, 可采用低碳、高磷、高硫的钢来做, 这就是易切削钢。其牌号前面加一个“易”字的拼音字母“Y”。如 Y12, 表示钢中平均含碳量为 0.12% , 含磷量为 $0.08\sim 0.15\%$, 含硫量为 $0.08\sim 0.20\%$ 的易切削钢。

(4) 对于专门用途的钢如锅炉钢、船用钢、焊条用钢等, 则在其牌号末尾加一个专用符号。如“20 锅”或“20g”, 则表示平均含碳量为 0.20% 的锅炉用钢。

六、不锈钢

不锈钢是一种在大气中具有优良抗蚀能力的高合金钢。不锈钢中的含碳量均很低, 一般在牌号中不予标出。如 Cr17, 表示钢中含碳量 $\leq 0.12\%$, 平均含铬量为 17% 。

只有当牌号中出现重复现象或含碳量较高时, 才以平均含碳量的 0.1% 单位计。如 1Cr13、2Cr13、3Cr13、4Cr13 与 9Cr18, 前者平均含碳量为 0.1% 、 0.2% 、 0.3% 、 0.4% , 平均含铬量各为 13% ; 后者平均含碳量为 0.9% , 平均含铬量为 18% 。

第三节 碳钢的用途

在碳钢中, 因优质钢的质量较普通钢好, 故优质钢除了具有较高的机械性能指标外, 热处理所占的地位和所起的作用也大为增加, 从而更进一步扩大了它的应用范围, 在当前的机械工业部门中用途很广, 用量也很大。

一、优质碳素结构钢

这类钢的机械性能及大致用途如表 1-8 所列。