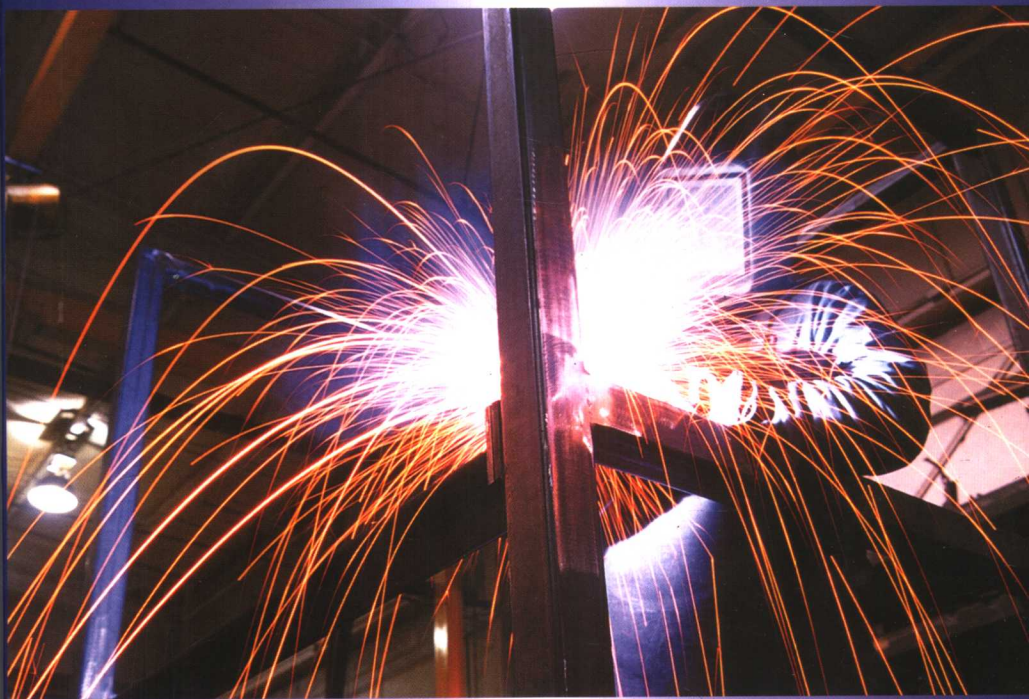


孙景荣 编

SHIYONG HANGONG DUBEN

实用焊工读本

第二版



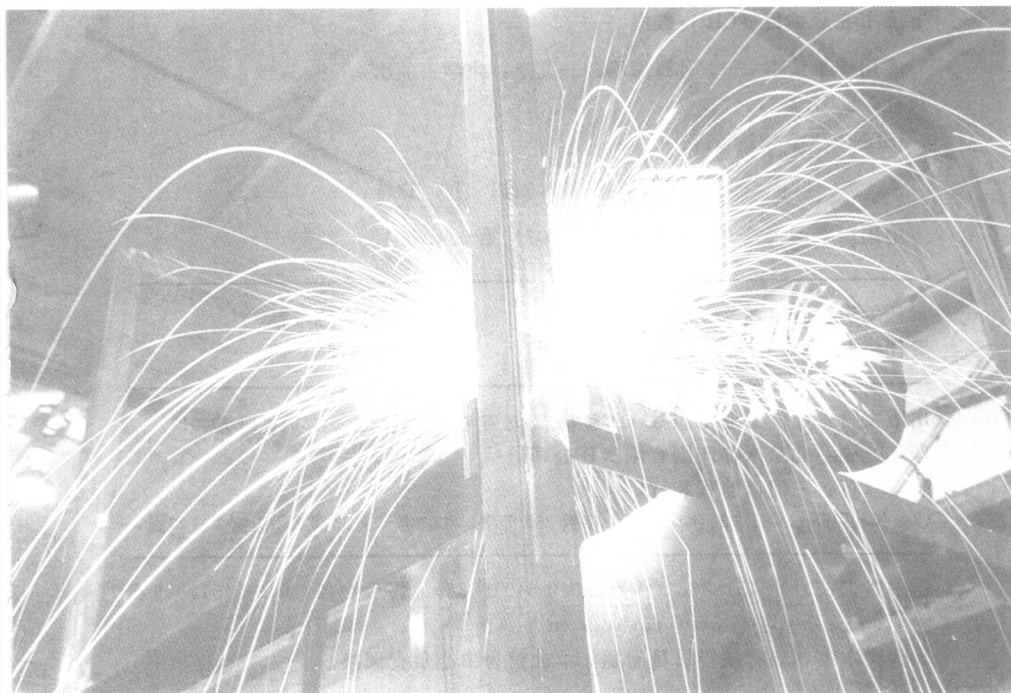
化学工业出版社

孙景荣 编

SHIYONG HANGONG DUBEN

实用焊工读本

第二版



化学工业出版社

·北京·

本书是为配合劳动和社会保障部颁发的《国家职业技能鉴定》，针对提高广大初、中级焊工操作技能素质的需要而编写的。内容包括焊工基础知识、焊接识图知识、常用焊接设备、焊接材料、常用金属材料的焊接特点、金属热喷涂技术、焊接工艺评定及焊工考试规则、焊接缺陷及质量检验、焊工安全技术等。

本书适合初级和中级技术工人阅读，是焊工入门的理想读本，也可作为企业焊工自学和培训的参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用焊工读本. —2/孙景荣编. —北京: 化学工业出版社, 2007.4

ISBN 978-7-122-00113-9

I. 实… II. 孙… III. 焊接-基本知识 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 034299 号

责任编辑: 陈 丽

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 潘 峰

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 1/4 字数 257 千字 2007 年 5 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

《实用焊工读本》一书出版以来深受广大读者厚爱，在生产与教学中得到了广泛的应用。编者经常收到全国各地的焊接工作者不远千里的来信、来电咨询，共同探讨、切磋有关焊接技术问题，在此深表感谢。

本书为了扩大读者对象，适应广大初、中级焊工对基本知识和操作技能的需求，借第二版之机，对书中的内容做了适当的修改和调整。从第一版的读本中删掉了一些理论性较强的叙述部分，增加了一些易看易懂的图表形式的技能内容以及初、中级焊工在日常工作中应用的常识类知识，以适应各行业生产实践的需要。

从广大从事焊接的读者需求出发，第二版的读本中，包括了焊工基础知识、焊接识图知识、常用焊接设备、焊接材料、常用金属材料的焊接特点、金属热喷涂技术、焊接工艺评定及焊工考试规则、焊接缺陷及质量检验、焊工安全技术等内容。

第二版的读本仍然依据国家职业标准（焊工）中的规定，结合国内各行业生产领域的技术水平现状，以及我国入世以来焊接技术的发展状况编写。书中内容深入浅出，既适合中级焊工在生产中应用，又可作为初级焊工的自学读本，提高个人的技能操作水平。

书中全部采用国家最新标准、法定计量单位和最新名词术语。编写的程序是将“现代焊接技术”与“焊接操作技能”有机地融为一体。

本书由孙景荣主编，刘文贤校审。由于编者水平所限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者
2007.3

第一版前言

在科学技术飞速发展的今天，焊接技术理论的概念在不断更新，人们对“焊接过程”有了新的认识。这就需要我们焊接工人重新学习现代焊接新技术，提高自身技术素质。

焊接工人队伍是我国工业发展重要技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业界必须有一支高素质的技术队伍，才能保证产品质量，提高生产效率，降低消耗，使企业获取经济效益，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

本书介绍了金属学及焊接冶金知识、焊接电弧、电焊条、异种钢的焊接、焊接接头试验、焊接接头应力与强度、焊缝质量保证、焊接自动化技术、焊接结构生产等内容。

本书是依据原机械部、劳动部联合颁发的《职业技能鉴定规范》和《工人技术等级标准》的要求，结合国内各行业生产领域技术水平现状，以及我国入世以来焊接新技术的发展方向编写的，适合于焊接工人对当代焊接技术的认识，提高理论知识水平，掌握运用焊接新技术。同时也适宜于工程技术人员，大、中院校师生参考。书中内容针对性强，注重实用性，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；将“现代焊接新技术”和“操作技能”有机地融为一体，形成一种新的特色。

本书由孙景荣主编，其中第三章由杜雪松、刘文贤编，第七章、第八章由孙国君、伟男编著，其余由孙景荣编写。全书由刘勃安、孙景荣校审。在编写过程中得到吉林化工学院、吉化集团公司机械厂工艺处等单位的大力支持，在此一并表示感谢。由于编者水平所限，漏误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2003年6月

目 录

第 1 章 焊工基础知识	1
1.1 金属学基础知识	1
1.1.1 纯金属的构造	1
1.1.2 合金晶体的构造	1
1.1.3 铁碳平衡图	3
1.1.4 钢的热处理	5
1.2 金属材料知识	6
1.2.1 金属材料的力学性能	6
1.2.2 常用金属材料的物理性能	8
第 2 章 焊工识图知识	9
2.1 焊接接头形式和坡口	9
2.1.1 对接接头	9
2.1.2 角接接头	9
2.1.3 T 形接头	10
2.1.4 搭接接头	10
2.1.5 卷边接头	10
2.2 焊缝类型	10
2.3 焊缝各部位名称	11
2.4 坡口	12
2.4.1 坡口类型	12
2.4.2 坡口各部位名称	13
2.4.3 坡口的加工	13
2.4.4 坡口形式及尺寸选择	13
2.5 焊缝符号在工作图上的标注	30
第 3 章 常用焊接设备特点及选用	33

3.1 电弧焊电源	33
3.1.1 电弧焊电源基本知识	33
3.1.2 弧焊电源的输出及使用特点	35
3.1.3 弧焊电源的选用及安装	36
3.2 弧焊变压器	37
3.2.1 动铁芯式弧焊变压器	37
3.2.2 动圈式弧焊变压器	39
3.2.3 抽头式弧焊变压器	40
3.3 弧焊整流器	41
3.3.1 抽头式弧焊整流器	41
3.3.2 磁放大器式弧焊整流器	41
3.3.3 晶闸管相控式弧焊整流器	42
3.3.4 逆变弧焊电源	43
3.4 直流弧焊发电机	48
3.4.1 AXC-320、AXC1-400 型柴油机驱动直流弧焊机	48
3.4.2 常用的直流弧焊发电机产品的型号及技术数据	48
3.5 埋弧焊机	49
3.5.1 埋弧焊机种类及应用	49
3.5.2 埋弧焊机的使用	52
3.6 钨极氩弧焊机	55
3.6.1 钨极氩弧焊机的分类及特点	55
3.6.2 典型钨极氩弧焊机产品主要技术数据	56
3.6.3 钨极氩弧焊焊炬	57
3.7 熔化极气体保护焊机	59
3.7.1 熔化极气体保护焊机的分类	59
3.7.2 熔化极气体保护焊机的用途	59
3.7.3 焊枪及送丝装置	60
3.7.4 典型熔化极气体保护焊机主要技术指标	61
第4章 常用焊接材料及选用	63
4.1 电焊条	63
4.1.1 焊芯	63

4.1.2	药皮	63
4.1.3	焊条的分类	64
4.1.4	碳钢焊条	64
4.1.5	低合金钢焊条	69
4.1.6	不锈钢焊条	73
4.1.7	堆焊焊条	79
4.1.8	铸铁焊条	86
4.1.9	有色金属焊条	89
4.2	焊丝	95
4.2.1	实芯焊丝	95
4.2.2	药芯焊丝	104
4.3	焊剂	114
4.3.1	埋弧焊用焊剂	114
4.3.2	埋弧焊剂型号分类及表示方法	115
4.4	气焊熔剂	121
4.4.1	气焊熔剂牌号表示方法	121
4.4.2	气焊熔剂的牌号、组成、性能和用途	121
第5章	常用金属材料的焊接特点	123
5.1	同种金属的焊接	123
5.1.1	碳钢的焊接	123
5.1.2	低合金高强度钢焊接	127
5.1.3	不锈钢焊接	133
5.1.4	耐热钢焊接	140
5.1.5	低温钢焊接	144
5.1.6	铸铁焊接	146
5.1.7	铜及铜合金焊接	147
5.1.8	铝及铝合金焊接	150
5.1.9	钛及钛合金焊接	152
5.1.10	镍及镍合金焊接	152
5.2	异种钢的焊接	156
5.2.1	金相组织相同的异种钢焊接	157

5.2.2	金相组织不相同的异种钢焊接	161
5.2.3	复合钢板的焊接	165
第6章 金属热喷涂技术		167
6.1	热喷涂技术概述	167
6.1.1	等离子喷涂	167
6.1.2	高速电弧喷涂	169
6.1.3	超音速火焰喷涂	169
6.1.4	CP-1000 型高速火焰喷涂	169
6.1.5	DZ-5000 型高能火焰喷涂	170
6.1.6	大功率燃气火焰重熔喷涂	170
6.1.7	棒材及软线喷涂	170
6.2	热喷焊、喷涂技术的基本工艺方法	170
6.2.1	氧-乙炔火焰喷焊	171
6.2.2	氧-乙炔火焰喷涂	179
6.2.3	等离子弧喷涂	188
6.3	喷涂涂层性能测定	199
6.3.1	涂层拉伸附着强度测定	199
6.3.2	涂层剪切附着强度测定	200
6.3.3	涂层弯曲附着强度测定	201
6.3.4	涂层凹坑附着强度测定	201
6.3.5	涂层自身强度测定	201
6.3.6	涂层气孔率测定	202
6.4	我国热喷涂技术的发展趋势及特点	202
6.4.1	几种新工艺的应用	202
6.4.2	热喷涂材料的新发展	204
6.4.3	国内热喷涂技术发展特点	207
第7章 焊接结构生产		209
7.1	焊接结构备料	209
7.1.1	原材料复验	209
7.1.2	钢材的矫正	209
7.1.3	放样划线	210

7.1.4	切割加工	210
7.1.5	成形加工	212
7.2	焊件的装配与焊接	215
7.2.1	焊接结构的装配与焊接特点	216
7.2.2	典型构件的装配焊接	216
7.3	焊接结构生产的机械化与自动化	218
7.3.1	焊接中心	218
7.3.2	焊接自动机	224
第8章	焊接工艺评定与焊工考试	227
8.1	焊接工艺评定	227
8.1.1	焊接工艺评定的目的	227
8.1.2	焊接工艺评定的程序	228
8.1.3	焊接工艺评定的规则	231
8.1.4	试验要求和评定结果	245
8.1.5	焊接工艺规程的编制	255
8.2	焊工技能培训及考核	257
8.2.1	焊工考试的重要性	258
8.2.2	锅炉压力容器焊工考试内容及方法	258
8.2.3	焊工考试的具体要求	268
8.2.4	考试结果与评定	269
8.2.5	持证焊工的管理	276
第9章	焊接缺陷及质量检验	283
9.1	焊接缺陷	283
9.1.1	焊接缺欠与焊接缺陷	283
9.1.2	焊接缺陷的分类	284
9.2	焊接接头的外部缺陷	286
9.2.1	结构缺陷	286
9.2.2	焊缝形状不符合要求	286
9.2.3	尺寸不符合要求	287
9.2.4	其他缺陷	287
9.2.5	表面缺陷的检验方法	288

9.3 焊接接头的内部缺陷	288
9.3.1 结构缺陷	288
9.3.2 组织和性能缺陷	288
9.3.3 内部缺陷的检验	289
第10章 焊工安全技术	291
10.1 手工电弧焊安全技术	291
10.1.1 电焊机使用安全技术	291
10.1.2 焊接操作安全技术	292
10.2 埋弧焊安全技术	293
10.3 钨极氩弧焊安全技术	293
10.4 熔化极气体保护电弧焊安全技术	294
参考文献	295

第 1 章 焊工基础知识

1.1 金属学基础知识

1.1.1 纯金属的构造

固体物质可分为晶体和非晶体。在非晶体内，原子是杂乱无序排列的，例如玻璃是非晶体。在晶体内部，原子（或分子）按一定的几何规律排列，它所构成的空间格子，称为晶格，食盐就是晶体，所有固体金属都是晶体。

晶格是金属结晶构成的最小单元，许多有规则的晶格，可以组成形状不规则的晶粒，但是，这些是用肉眼看不到的，只有借助显微镜，才能看到晶粒的形状和大小。晶体和晶格排列示意图，如图 1-1 所示。

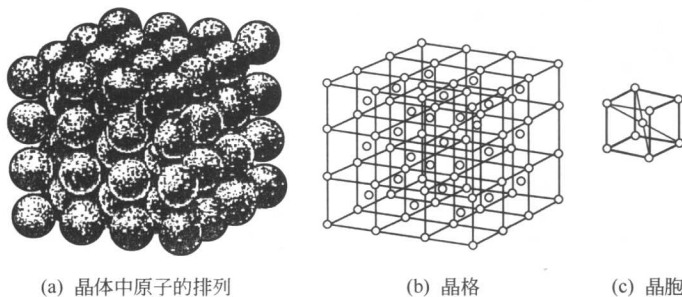


图 1-1 晶体和晶格排列示意图

1.1.2 合金晶体的构造

合金中的原子也和纯铁一样，在空间中按一定的几何规则排列。但与纯金属相比，要复杂得多。以铁碳合金为例，合金的晶体构造如下。

(1) 固溶体 一种固体物质均匀地溶解在另一种固体物质之中, 所形成的熔合体叫做固溶体。根据固溶体内原子排列情况, 可分为置换固溶体和间隙固溶体。如图 1-2 所示。

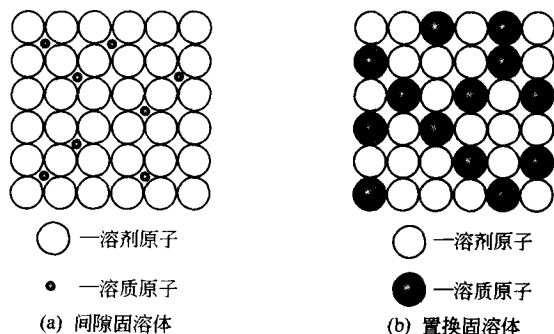


图 1-2 固溶体结构示意图

某一元素晶格上的原子, 部分地被另一元素晶格上的原子所取代的固溶体, 叫做置换固溶体。如果某一元素晶格上的原子没有减少, 而另一元素挤进其原子间隙中, 所形成的固溶体, 叫做间隙固溶体。例如, 碳原子挤进 α 铁的体心立方晶格间隙处, 形成的间隙固溶体, 称为铁素体。由于碳原子的挤入, 使 α 铁的晶体歪曲, 从而使铁素体的塑性变形阻止力增大。这就是铁素体比纯铁强度和硬度稍高的原因。

(2) 金属化合物 合金中的各种元素, 按一定的原子数量之比相化合, 形成一种新的化合物叫金属化合物。例如, Fe_3C 称为渗碳体, 它的分子是由三个铁原子和一个碳原子组成的, 含碳量为 6.67%。渗碳体的晶格是由复杂的八面体组成, 占据顶角或中心部位的是碳化铁分子, 而不是碳或铁原子。渗碳体的硬度很高 ($\text{HRC}=70\sim75$), 塑性几乎等于零。在一定条件下 (例如在钢中加热), 它们可分解为碳 (溶入铁素体) 和铁。

(3) 共析体 共析体是由两种或两种以上的晶体结构混合而成的, 在显微镜下是“非均一”组织结构, 它们在钢中形成一种共析体 (或称机械混合物), 称为珠光体。以机械混合物形式存在于钢

中的渗碳体，显著提高了钢的强度和硬度以及耐磨性能，但降低了钢的塑性。

1.1.3 铁碳平衡图

钢的含碳量不同，在不同温度下，碳的组织变化也各不相同。如果将各种成分的碳钢在平衡状态下（即经过很长时间，碳钢的组织成分仍然保持不变的状态）所具有的不同组织结合起来，即可得到平衡状态图。如图 1-3 所示。

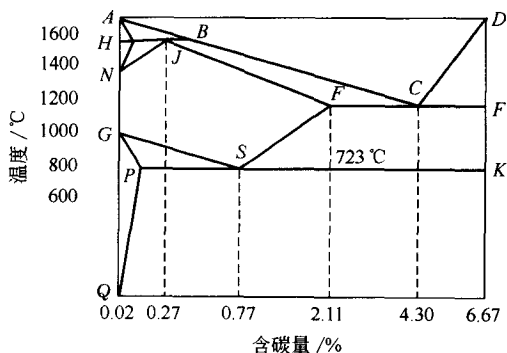


图 1-3 铁碳平衡状态图

铁碳平衡状态图各主要点的含义、温度以及含碳量见表 1-1。

表 1-1 铁碳平衡状态图各主要点的含义、温度以及含碳量

点的符号	温度/℃	含碳量/%	说 明
A	1353	0	纯铁熔点(凝固点)
B	1485	0.50	包晶反应时液态合金浓度
C	1130	4.30	共晶点, $L_0 \rightarrow A_E + FeC$
D	1600	6.67	渗碳体熔点(计算值)
E	1130	2.00	碳在 γ -Fe 中的最大溶解度
F	1130	6.67	渗碳体
G	910	0	α -Fe $\rightarrow$ γ -Fe 同素异晶转变点(A_3)
H	1485	0.10	碳在 δ -Fe 中的最大溶解度
J	1485	0.16	包晶点, $L_B + \delta_H \rightarrow A_J$
K	723	6.67	渗碳体
N	1390	0	γ -Fe $\rightarrow$ δ -Fe 同素异构转变点(A_3)
P	723	0.02	碳在 α -Fe 中的最大溶解度
S	723	0.80	共晶点 $A_S \rightarrow F_P + Fe_3C$
Q	0	0.006	碳在 α -Fe 中的溶解度

在图 1-3 中, $ABCD$ 为液相线, $AHJECF$ 为固相线。E 点是区分钢与铁的分界点; S 点左边的钢称为亚共析钢, 其组织结构是珠光体+铁素体; S 点右边的钢称为过共析钢, 其组织结构为珠光体+渗碳体。

平衡状态图上几条线所代表的意义如下。

PQ 线: 表示铁素体在 $0\sim 723^{\circ}\text{C}$ 之间时所能溶解碳的最大量, 或称为碳在铁素体中的固溶线。

PG 线: 表示铁素体在 $723\sim 910^{\circ}\text{C}$ 之间时所能溶解碳的最大量, 910°C 时, 铁素体开始转变为奥氏体。

PSK 线: 称为共析线, 相当于 723°C , 表示含碳量为 0.08% 的钢, 在缓慢冷却时, 奥氏体全部转变为珠光体的温度, 此线常用 A_1 表示。

GS 线: 即在缓慢加热时, 铁素体向奥氏体转变的温度, 此线常用 A_3 表示。

SE 线: 表示含碳量超过 0.08% 的钢, 在缓慢冷却时, 由奥氏体内析出二次渗碳体的温度, 常用 A_{cm} 表示。

JE 线: 叫做固相线, 表示钢在加热时, 开始熔化的临界温度, 或冷却时液体合金全部凝固为奥氏体的温度。

BC 线: 叫做液相线, 表示钢在加热时, 全部转变为液体合金的温度。由此可知, 含碳量越高的钢, 其凝固点 (或熔点) 越低。

NJ 线: 表示奥氏体开始转变为 δ 铁的温度。

NH 线: 表示奥氏体全部转变为 δ 铁的温度。

在铁碳平衡状态图中, 各种合金通常可按含碳量和组织的不同分为三类:

- ① 工业纯铁;
- ② 钢, 包括亚共析钢、共析钢、过共析钢;
- ③ 白口铸铁, 包括亚共析白口铸铁、共析白口铸铁、过共析白口铸铁。

铁碳合金的平衡组织见表 1-2。

表 1-2 铁碳合金的平衡组织

名 称		含碳量/%	平 衡 组 织
工业纯铁		<0.02	铁素体
钢	亚共析钢	0.02~0.08	铁素体+珠光体
	共析钢	0.80	珠光体
	过共析钢	0.80~2.00	珠光体+二次渗碳体
白口铸铁	亚共晶白口铸铁	2.00~4.30	树状珠光体+二次渗碳体+共晶体
	共晶白口铸铁	4.30	共晶体(珠光体+渗碳体)
	过共晶白口铸铁	>4.30~6.67	板状一次渗碳体+共晶体

1.1.4 钢的热处理

将钢加热到某一温度，保持一定时间，然后按一定的冷却速度冷却至室温，这一过程称为热处理。加热温度的高低、保温时间的长短、冷却速度的快慢，将会影响钢的组织变化。常用的热处理方法有以下几种。

(1) 退火 将钢加热到 A_1 或 A_3 线以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$ ，保温一段时间后，缓慢均匀地冷却到室温；或冷却至 A_1 线以下某一温度，并停留一段时间，再在空气中冷却，这一过程叫做退火。

退火可以降低硬度、细化晶粒和消除内应力。焊接结构常用退火的方法来消除焊接应力。其加热温度是在 A_1 线以下，一般为 $600\sim 650^\circ\text{C}$ ，保温时间按每毫米 1min 计算（但不少于 1h ），然后在炉中或空气中冷却。

(2) 正火 将钢加热到 A_3 或 A_{cm} 线以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$ ，保温一段时间，然后在空气中冷却，这一过程叫做正火。

正火能细化晶粒，提高钢的强度和硬度。由于在空气中冷却速度较快，正火后的钢，晶粒比退火时更细。

(3) 淬火 对亚共析钢淬火时，加热温度应高于 A_3 线以上 $30\sim 50^\circ\text{C}$ ，并保持一定时间，使钢组织全部转变为奥氏体，然后在油中或水中急冷，这一过程叫做淬火。

由于冷却速度太快，奥氏体来不及分解为铁素体+珠光体，而

产生淬火组织。含碳量高的钢，其淬火组织为马氏体。当焊接含碳量高的钢时，热影响区容易产生这种组织，促使产生裂纹。在焊接有淬火倾向的钢时，常采用预热和焊后保温缓冷等措施，其目的就是为了避免产生这种既硬又脆的马氏体组织。

(4) 回火 钢常采用回火来恢复一些塑性和韧性。回火加热温度低于 A_1 线。按温度回火还可分为低温回火和高温回火两种。低温回火的加热温度为 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ ；高温回火的加热温度为 $50 \sim 650^\circ\text{C}$ 。回火的保温时间为 $1 \sim 4\text{h}$ ，在油中或水中冷却。

此外，在实际生产中，常对一些淬火零件进行立即回火处理，这种连续的热处理过程叫做调质。调质可使钢获得良好的综合力学性能。

1.2 金属材料知识

1.2.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能主要是指受外力时反应出来的性能，它是衡量金属材料的极为重要的指标。金属材料的力学性能主要包括拉伸性能、弯曲性能、冲击值和硬度等。

1.2.1.1 拉伸性能

它是指金属材料在拉力作用下所反应出来的能力，可采用拉力试验来确定以下数据。

(1) 抗拉强度 将单位面积的金属拉断时所需要的最大拉力叫做抗拉强度，用符号 σ_b 表示。

(2) 屈服极限 材料受拉时，当拉力不再增加，仍存在变形的现象叫做屈服，即抵抗微量变形的能力，用符号 σ_s 表示。

(3) 伸长率 试样拉断后，伸长的长度值与原始长度的比值的百分数，称为伸长率，用符号 δ 表示。

(4) 断面收缩率 试样拉断后，断口处截面积的减缩值与原始截面积的比值的百分数，叫做断面收缩率，用符号 Ψ 表示。

伸长率和断面收缩率是评定金属塑性好坏的重要指标，良好的