

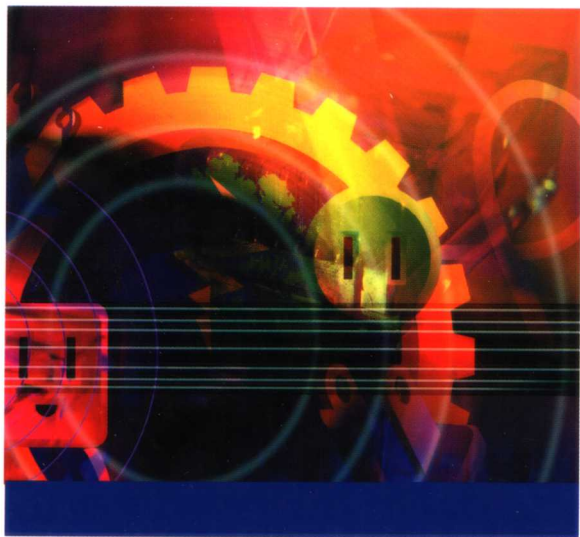
职业技能鉴定培训读本

高级工

气 焊 工

吉化集团公司 组织编写

孙景荣 刘 宏 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训读本（高级工）

气 焊 工

吉化集团公司 组织编写

孙景荣 刘 宏 主编



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

气焊工/孙景荣, 刘宏主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 9

职业技能鉴定培训读本(高级工)

ISBN 7-5025-6127-7

I. 气… II. ①孙…②刘… III. 气焊-职业技能鉴定-教材 IV. TG446

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 094514 号

职业技能鉴定培训读本 (高级工)

气 焊 工

吉化集团公司 组织编写

孙景荣 刘 宏 主编

责任编辑: 周国庆 刘 哲 周 红

责任校对: 顾淑云 边 涛

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话 (010) 64982530

http://www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京红光印刷厂印刷

北京红光印刷厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 286 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6127-7/TH·236

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实际经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家规定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业登记标准相适应，实行学历文凭、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，它是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势，化学工业出版社组织吉化集团公司、河北科技

大学、天津大学、天津军事交通学院等单位有关人员，根据2000年3月2日国家劳动和社会保障部部长令（第6号）发布的就业准入的相关职业（工种），组织编写了《职业技能鉴定培训读本（高级工）》（以下简称《读本》），包括《工具钳工》、《检修钳工》、《装配钳工》、《管工》、《铆工》、《电焊工》、《气焊工》、《维修电工》、《仪表维修工》、《电机修理工》、《汽车维修工》、《汽车维修电工》、《汽车维修材料工》、《摩托车维修工》、《车工》、《铣工》、《刨插工》、《磨工》、《镗工》、《铸造工》、《锻造工》、《钣金工》、《加工中心操作工》、《热处理工》、《制冷工》、《气体深冷分离工》、《防腐蚀工》、《起重工》、《锅炉工》等29种，以满足高级工培训市场的需要。本套《读本》的编写人员为生产一线的工程技术人员、高级技工，以及长期指导生产实习的专家等，具有丰富的实践和培训经验。

这套《读本》是针对高级技术工人和操作工而编写的，以《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》为依据，在内容上以中级作为起点，但重点为高级，注重实践性、启发性、科学性，做到基本概念清晰，重点突出，简明扼要，对基本理论部分以必须和够用为原则，突出技能、技巧，注重能力培养。并从当前高级技工队伍素质的实际出发，努力做到理论与实际相结合，深入浅出，通俗易懂；面向生产实际，强调实践，书中大量实例来自生产实际和教学实践；在强调应用、注重实际操作技能的同时，反映新知识、新技术、新工艺、新方法的应用和发展。

本书是《气焊工》。依据《国家职业标准》的要求，系统地介绍了气焊、气割的基础知识及原理，着重阐述了气焊、气割的操作技术及设备的应用，并结合实际讲述了各种常用材料及特种材料的气焊工艺及操作技术。理论联系实际，注重实用性，具有很强的针对性和可操作性。

本书可作为高级气焊工的培训教材，也可供企业技术工人提高专业知识和工作技能参考。

本书主编孙景荣、刘宏。参加编写的人员还有姜秀芹、黄晓

丽、王艳霞。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免有缺点、错误，
敬请读者指正。

编 者

2004 年 5 月

目 录

第1章 金属学基础知识及焊接冶金	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	3
1.1.3 铁碳平衡状态图	5
1.1.4 钢的热处理	7
1.1.5 金属材料的力学性能	10
1.2 焊接冶金	13
1.2.1 气焊的冶金过程	13
1.2.2 焊缝金属的结晶	16
1.3 焊接的热量分布与热影响区组织	18
1.3.1 气焊时的热量分布	18
1.3.2 焊接热循环	18
1.3.3 焊接热影响区的组织及性能	19
第2章 气焊、气割原理及熔池	26
2.1 气焊的发展及应用	26
2.2 气焊、气割原理	26
2.2.1 气焊基本原理概述	26
2.2.2 气焊用燃气的特性	27
2.2.3 气割原理	34
2.3 气焊熔池	35
2.3.1 填充金属(焊丝)进入熔池的状态	36
2.3.2 熔池温度变化	37
第3章 气焊设备、工具及气焊用材料	38
3.1 氧气瓶	38
3.1.1 氧气瓶的构造与规格	38

3.1.2 氧气瓶的正确使用及注意事项	39
3.1.3 氧气瓶阀常见故障及排除	40
3.2 乙炔瓶	40
3.2.1 乙炔瓶的构造	40
3.2.2 乙炔瓶的正确使用及注意事项	42
3.3 减压器	42
3.3.1 减压器的分类	43
3.3.2 常用减压器的构造及基本原理	43
3.3.3 减压器的正确使用及注意事项	46
3.3.4 减压器常见故障及排除	47
3.4 焊、割炬	48
3.4.1 焊炬的作用与分类	48
3.4.2 常用焊炬的构造和工作原理	50
3.4.3 焊炬的使用及故障排除	51
3.4.4 割炬	51
3.5 气焊辅助工具	52
3.6 气焊用焊接材料	53
3.6.1 氧气	53
3.6.2 乙炔	54
3.6.3 液化石油气	55
3.6.4 气焊丝	57
3.6.5 气焊熔剂	63
第4章 气焊工操作技术	68
4.1 焊接符号表示方法及名称	68
4.1.1 焊缝代号	68
4.1.2 焊缝符号	68
4.1.3 引出线	71
4.1.4 焊缝尺寸符号及数据标注原则	72
4.2 气焊工艺规范	73
4.2.1 焊丝直径的选择	74
4.2.2 火焰性质的选择	74
4.2.3 火焰能率的选择	79
4.2.4 焊嘴的倾斜角度	80

4.2.5 焊接速度	81
4.3 气焊操作技术	81
4.3.1 焊接过程中焊炬和焊丝的运动	81
4.3.2 接头与收尾	83
4.3.3 左焊法和右焊法	83
4.3.4 不同位置对接接头的焊接	84
4.3.5 T形接头和搭接接头的焊接	88
4.4 常用气焊工艺示例	90
4.4.1 气焊工艺过程	90
4.4.2 薄钢板的气焊	91
4.4.3 管子的气焊	92
4.4.4 油箱的焊补	97
第5章 常用金属材料的气焊	98
5.1 金属材料化学成分对气焊质量的影响	98
5.1.1 钢材的主要化学成分及其对气焊质量的影响	98
5.1.2 碳当量	100
5.2 碳素钢的气焊	100
5.2.1 碳素钢的种类、性能及用途	100
5.2.2 低碳钢的焊接	104
5.2.3 中碳钢的焊接	107
5.2.4 高碳钢的焊接	108
5.2.5 碳素铸钢的补焊	109
5.2.6 碳素钢气焊实例	110
5.3 普通低合金钢的气焊	112
5.3.1 普通低合金钢的分类及性能	112
5.3.2 普通低合金钢的焊接性	115
5.3.3 普通低合金钢气焊实例	116
5.4 低合金珠光体耐热钢的气焊	117
5.4.1 低合金珠光体耐热钢的焊接性能	117
5.4.2 低合金珠光体耐热钢的气焊工艺	119
5.4.3 低合金珠光体耐热钢气焊实例	121
5.5 铬镍奥氏体不锈钢的气焊	124
5.5.1 铬镍奥氏体不锈钢及其焊接性能	124

5.5.2	铬镍奥氏体不锈钢的气焊工艺	124
5.5.3	铬镍奥氏体不锈钢的气焊实例	127
5.6	有色金属的气焊	128
5.6.1	铜及铜合金的气焊	128
5.6.2	铝及铝合金的气焊	141
5.6.3	铅及铝合金的气焊	151
5.6.4	镁合金的气焊	159
5.6.5	银的气焊	163
5.7	异种金属的气焊	165
5.7.1	钢和铝的焊接性	165
5.7.2	钢和铝的气焊实例	165
5.8	铸铁的补焊	167
5.8.1	铸铁的分类及性能	167
5.8.2	铸铁的补焊方法	168
5.8.3	灰口铸铁的焊接性及补焊工艺	169
5.8.4	球墨铸铁的焊接	174
5.8.5	铸铁补焊实例	175
第6章	气体火焰钎焊	179
6.1	钎焊接头的性质	179
6.1.1	钎焊接头的形成过程	179
6.1.2	钎焊接头的金属学性质	182
6.1.3	钎焊接头的强度	183
6.2	钎料及钎剂	186
6.2.1	钎料的型号表示方法	187
6.2.2	钎剂	190
6.3	钎焊工艺	191
6.4	火焰钎焊实例	195
第7章	喷焊和喷涂	200
7.1	氧-乙炔火焰喷焊	200
7.1.1	喷焊的原理和特点	200
7.1.2	自熔性合金粉末	201
7.1.3	喷焊枪	202
7.1.4	喷焊工艺	204

7.1.5 影响喷焊质量的因素	205
7.2 氧-乙炔火焰喷涂	207
7.2.1 喷涂的原理和特点	207
7.2.2 合金粉末	208
7.2.3 喷涂枪	211
7.2.4 喷涂工艺	214
7.2.5 影响喷涂质量的因素	216
7.3 亚音速火焰喷涂	216
7.3.1 亚音速喷涂枪的特点及性能	217
7.3.2 亚音速喷涂的应用	218
7.4 火焰喷塑技术	219
7.4.1 火焰喷塑的原理及特点	219
7.4.2 火焰喷塑技术的应用	220
7.4.3 火焰喷塑的发展趋势	221
第8章 焊接应力与变形	223
8.1 焊接应力与变形的基本概念	223
8.1.1 内应力及其产生原因	223
8.1.2 简单的加热变形和应力	224
8.1.3 焊接引起的内应力及变形	226
8.2 焊接残余变形	226
8.2.1 焊接残余变形的分类及产生原因	226
8.2.2 控制焊接变形的措施	238
8.3 焊接残余应力	241
8.3.1 焊接残余应力的分布	241
8.3.2 减小焊接应力的措施	243
8.3.3 焊后消除残余应力的方法	245
8.4 焊后残余变形的矫正	247
8.4.1 机械矫正法(冷矫法)	248
8.4.2 火焰加热矫正法	248
8.4.3 火焰矫正的应用举例	251
8.5 火焰加热成形	254
8.5.1 火焰加热基本形式	255
8.5.2 火焰矫正的注意事项	256

第9章 气割	257
9.1 气割的基本原理	257
9.1.1 氧气切割过程	257
9.1.2 氧气切割条件	257
9.1.3 常用金属材料的气割性能	260
9.2 气割设备	261
9.2.1 手工气割设备	261
9.2.2 机械气割设备	266
9.3 气割工艺和操作技术	274
9.3.1 气割工艺参数	274
9.3.2 手工气割操作技术	277
9.4 常用工件的气割	279
9.4.1 钢板的气割	279
9.4.2 多层钢板的气割	281
9.4.3 钢管的气割	282
9.4.4 圆钢的气割	283
9.4.5 法兰的气割	283
9.4.6 坡口的气割	284
9.4.7 型钢的气割	285
9.4.8 铸件冒口的气割	285
9.5 特种气割方法简述	286
9.5.1 氧熔剂切割	286
9.5.2 振动气割	288
9.5.3 高速气割	289
9.5.4 氧矛切割	294
9.6 气割切口质量	295
9.6.1 气割切口的质量要求	295
9.6.2 常见切口缺陷的产生原因及防止方法	298
9.6.3 提高切口表面质量的途径	298
9.7 气割实例	299
9.7.1 低碳钢板厚度小于20mm的各种曲线的手工气割	299
9.7.2 低碳钢板厚度小于30mm的V形、X形坡口的手工气割	300
9.7.3 低碳钢板厚度大于100mm的直线手工气割	300

9.7.4	直径大于 150mm 圆钢的手工气割	301
9.7.5	直径大于 150mm 铸钢件冒口的手工气割	302
9.7.6	采用自动气割机进行厚度小于 25mm 钢板的各种形状 零件的气割	303
9.7.7	自动或半自动气割钢板的直线坡口	303
第 10 章	气焊质量检验	307
10.1	气焊缺陷及产生原因	307
10.1.1	焊接缺陷的分类	307
10.1.2	气焊常见缺陷及产生原因	307
10.2	气焊质量检验	311
10.2.1	非破坏性检验	311
10.2.2	破坏性检验	316
第 11 章	气焊工安全技术	320
11.1	气瓶使用安全技术	320
11.2	气焊、气割时的有害因素及劳动保护措施	321
11.2.1	气焊、气割时产生的有害因素	321
11.2.2	气焊、气割时的劳动保护措施	321
11.3	气焊与气割安全技术	325
11.3.1	安全技术要点	325
11.3.2	高空作业安全技术	326
11.4	气焊、气割常见事故的紧急处理	327

第 1 章 金属学基础知识及焊接冶金

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，原子在空间是杂乱无序排列的，例如玻璃。

在晶体内部，原子(或分子)在空间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。

晶格是金属结晶构造的最小单元，许多有规则的晶格，可以组成形状不规则的晶柱。但是，这些是用肉眼所见不到的。只有借助显微镜，才能看到晶粒的形状和大小。

1.1.1.1 纯金属的晶体构造

纯金属的晶格，主要有三种类型：体心立方晶格、面心立方晶格和密集六方晶格。这三种晶格的形状如图 1-1 所示。

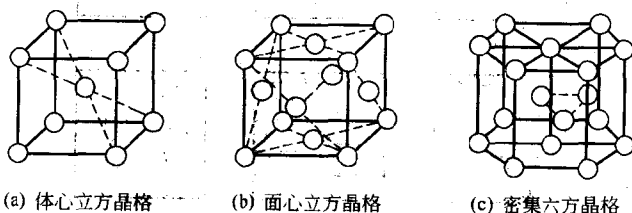


图 1-1 纯金属的晶格形状

(1) 体心立方晶格 [见图 1-1 中(a)] 从晶体中取出一个单位立方体，它由 9 个原子组成，8 个顶角各有一个原子，在立方体中

心，还有一个原子。常温下，纯铁（又换 α 铁）以及钼、钨、钒等，都具有体心立方晶格。

(2) 面心立方晶格 [见图 1-1 (b)] 从晶体中取出一个单位立方体，它拥有 14 个原子，8 个顶角各有一个原子，在立方体的六个平面中心，也各有一个原子。铜、镍、温度在 $910 \sim 1390^\circ\text{C}$ 的纯铁（又称 γ 铁）等，都具有面心立方晶格。

(3) 密集六方晶格 [见图 1-1 (c)] 从晶体中取出一个单位六方柱体，它由 17 个原子组成，12 个顶角各有一个原子，上下两个正六方面的中心各有一个原子，在六方体的中心还有三个原子。锌、镁等都有这种晶格。

1.1.1.2 液体金属的结晶过程

金属由液体凝固为固体的过程，叫做结晶（或称一次结晶）。当液体金属冷却到熔点以后，金属内部就有一些原子（难熔质点）开始稳定下来，成为结晶的核心（简称晶核）。温度继续下降，一方面在已经产生的晶核附近，原子按一定的几何规律凝聚排列起来，长大为晶粒；另一方面又出现了许多新的晶核，并陆续长大，直到全部液体金属完全凝聚为止。这就是金属的结晶过程。（见图 1-2）。

由此看来，金属的结晶过程是由两个基本过程所组成的，即晶

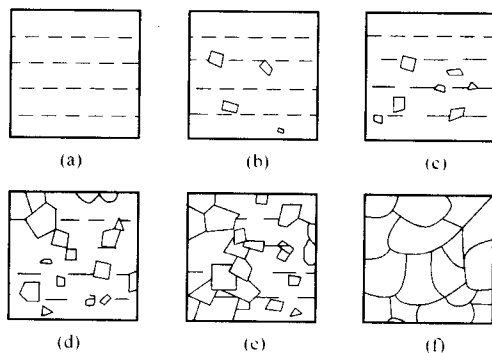


图 1-2 金属结晶过程示意

----- 液体 晶体

核的形成和晶粒的长大。下面从三个方面来说明焊接熔池的结晶特征。

(1) 晶核的形成 往往熔池液体金属中有难熔金属质点作为初始晶核，然后长大为晶粒。熔合线上局部熔化的母材晶粒（称为半熔化晶粒），成为熔池金属的结晶核心，形成焊缝金属与母材金属生长在一起的“联生结晶”。

(2) 晶粒长大 晶粒长大的方向是由边缘指向熔池中心（温度最高点）。由于熔池体积小，散热快，结晶速度快。结晶从母材金属的半熔化区晶粒上开始，柱状晶较发达，而且柱状晶的发展方向基本上与熔池界面相垂直，只有在熔池中心处或火口处，才可能出现等轴状晶。熔池金属是在运动中结晶，晶粒在成长过程中有停顿现象（称为继续结晶），容易产生层状组织，从焊缝表面成形上呈鱼鳞状。

(3) 晶粒边界 晶粒与晶粒的交界面叫做晶粒边界，简称晶界。熔池在结晶过程中凝固较快，焊件母件中有许多元素和少量杂质，熔池结晶时，高熔点的成分先析出，最后易熔的夹杂物被留在柱状晶之间。在一定条件下，结晶过程就有可能沿界面产生裂纹。

1.1.2 合金晶体的构造

1.1.2.1 合金晶体的构造

合金中的原子也和纯金属一样，在空间按一定的几何规则排列，但与纯金属相比，要复杂得多。根据两个元素相互作用关系，合金的晶体构造可分为三类。以铁碳合金为例，说明一下合金晶体的构造。

(1) 固溶体 一种物质均匀地溶解在另一种固体物质之中，所形成的熔合体叫固溶体。根据固溶体内原子排列情况，还可以分为置换固溶体和间隙固溶体，如图 1-3 所示。

某一元素晶格上的原子部分地被另一元素的原子所取代的固溶体，叫做置换固溶体。某一元素晶格上的原子没有减少，而另一元素原子挤入其原子的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

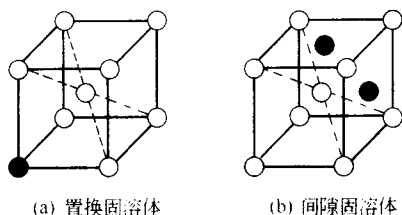


图 1-3 固溶体的构造示意

○ 溶剂原子；● 溶质原子

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力增大，这就是铁素体比纯铁强度和硬度稍高的缘故。

(2) 金属化合物 是合金中的两种元素，按一定的原子数量之比相化合，而形成的一种新的化合物。例如 Fe_3C ，称为渗碳体。它的分子由三个铁原子和一个碳原子组成，含碳量为 6.67%。渗碳体的晶格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（HRC70~75），塑性几乎等于零。在一定条件下（例如在钢中加热），它可分解为碳（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，但却降低了钢的塑性。

1.1.2.2 金属的同素异晶转变

如前所述，金属的结晶构造通常指金属由液体凝固为固体晶格类型。但有些金属（铁、锰、锌、镍等）在固态下，随着温度的变化，它的结晶构造还会由一种晶格变为另一种晶格。如纯铁在室温下是体心立方晶格（ α 铁）；当温度升高至 910°C 时，由体心立方晶格变为面心立方晶格（ γ 铁），并一直保持到 1390°C ；当温度再升