

现代高技能人才最新实用技术手册丛书

丛书主编 黄存友 彭瑜

职校生学习教材

技校生实习工具

高技能人才上岗随身口袋书

焊工手册

HANGONG SHOUCHE

龚荣伟 丁梦野 主编



湖北长江出版集团
湖北科学技术出版社



焊工
手册

主编 龚荣伟 丁梦野

HANGONG
SHOUCE

湖北长江出版集团
湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊工手册/龚荣伟,丁梦野主编:—武汉:湖北科学技术出版社,2006.4

(现代高技能人才最新实用技术手册丛书)

ISBN 7-5352-3561-1

I. 焊... II. 龚... III. 焊接-技术手册
IV. TG4-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第015617号

现代高技能人才最新实用技术手册丛书

焊工手册

© 龚荣伟 丁梦野 主编

策 划: 刘玲
责任编辑: 刘玲

封面设计: 王 梅

出版发行: 湖北长江出版集团
湖北科学技术出版社

电话: 87679468

地 址: 武汉市雄楚大街268号
湖北出版文化城B座12-13层

邮编: 430070

印 刷: 武汉中远印务有限公司
督 刷: 刘春尧

邮编: 430034

787毫米×960毫米 32开 16.5印张 396千字
2006年4月第1版 2006年4月第1次印刷

印 数: 0 001-4 000

ISBN 7-5352-3561-1/TB·40

定价: 29.00元

本书如有印装质量问题 可找承印厂更换

前 言

焊接作为一种重要的金属加工工艺,在现代工业中占有十分重要的地位,广泛应用于国民经济的各个行业。随着科学技术的发展,越来越多的新材料、新工艺、新设备和新方法应用在焊接生产中,同时,我国加入世贸后,经济处于高速发展的时期,企业对技能型人才的要求越来越迫切,这将极大地激发广大技能型人才学习技术、提高技术的热情,以满足这部分领域的就业需求。由此这本《现代高技能人才最新实用技术手册丛书——焊工手册》应运而生。

这本手册按以下几条要求编写:一是全面贯彻了有关焊工的最新国家标准,为了保证与旧习惯的衔接,部分焊接材料的牌号,型号采取了新旧对照的形式;二是涵盖的内容以《焊工国家职业标准》界定的初、中、高级焊工的活动内容为主,且内容新,覆盖全,数据准。三是较多地引入了新材料、新设备的内容。

本书适合于从事焊接工作的技术工人和技术人员使用,也可供职业学校老师和学生查询资料和继续学习使用。

本书由龚荣伟高级讲师和丁梦野讲师主编。在编写过程中得到了郑承胜、王碧聪高级讲师的大力支持。陈忠兵高级工程师对本书进行了审定并提出了许多宝贵的意见。在这里表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编者

2006年4月

目 录

第一章 焊接基础知识	1
一、焊接常用金属材料知识	1
1. 常用金属材料的主要物理性能指标	1
2. 碳素钢的分类、牌号、成分、性能	1
3. 合金钢的分类、牌号、成分、性能	12
4. 铸铁的分类、牌号、性能和用途	41
5. 有色金属的分类、牌号、成分、性能和用途	50
二、焊缝符号及装配图	64
1. 焊缝符号和焊接方法代号	64
2. 焊接装配图	72
三、焊接接头和焊接坡口	72
1. 焊接接头的种类	72
2. 焊接坡口	73
第二章 焊条	84
一、焊条的分类、性能及用途	84
1. 焊条型号的分类及编制方法	84
2. 焊条牌号的分类及表示方法	98
3. 焊条型号与牌号的对照	102
4. 结构钢焊条的主要性能及用途	107
5. 钼及铬钼耐热钢焊条的主要性能及用途	112
6. 低温钢焊条的性能及用途	118
7. 不锈钢焊条的主要性能和用途	120
8. 堆焊焊条的主要性能及用途	136
9. 铸铁焊条的性能及用途	154
10. 铜及铜合金焊条的性能及用途	158
11. 铝及铝合金焊条的主要性能及用途	160
12. 特殊用途焊条的主要性能及用途	162

二、焊条的选用	163
1. 焊条选用的基本原则	164
2. 焊接碳钢的焊条选用	166
3. 焊接低合金高强钢的焊条选用	171
4. 焊接低合金耐腐蚀钢的焊条选用	182
5. 焊接低温用钢焊条的选用	186
6. 焊接耐热钢的焊条选用	187
7. 焊接不锈钢的焊条选用	200
8. 堆焊焊条的选用	201
9. 焊接铸铁时焊条的选用	212
10. 焊接铜及铜合金时的焊条选用	228
11. 焊接铝及铝合金时的焊条选用	232
12. 焊接异种钢时焊条的选用	232
13. 特殊用途及特殊性能钢焊接时焊条的 选用	254
第三章 焊丝与焊剂	259
一、焊丝	259
1. 焊丝的分类	259
2. 实芯焊丝的型号、牌号及成分	259
3. 药芯焊丝的型号、牌号及性能	277
二、焊剂	296
1. 焊剂的分类	296
2. 焊剂的型号	297
3. 焊剂的牌号	301
4. 常见焊剂的组成成分及用途	303
三、埋弧焊焊剂与焊丝的选用	308
1. 焊剂与焊丝的选配原则	308
2. 低碳钢埋弧焊焊剂与焊丝的选用	310
3. 低合金高强钢埋弧焊焊剂与焊丝的选用	313
4. 低温钢、耐候钢埋弧焊焊剂与焊丝的选用	318
5. 耐热钢埋弧焊焊剂与焊丝的选用	319

6. 不锈钢埋弧焊焊剂与焊丝的选用	319
7. 铜及铜合金埋弧焊焊剂及焊丝的选用	323
四、电渣焊时焊剂与焊丝的选用	323
五、气体保护焊焊接材料的选用	325
1. 碳钢和低合金结构钢气体保护焊焊接 材料的选用	325
2. 耐热钢气体保护焊焊接材料的选用	325
3. 不锈钢气体保护焊焊接材料的选用	325
4. 铜及铜合金气体保护焊焊接材料的选用	334
5. 铝及铝合金气体保护焊焊丝的选用	335
6. 异种金属气体保护焊焊接材料的选用	345
第四章 焊接用气体	358
一、焊接用气体的基本性质及技术要求	358
1. 氩气(Ar)	358
2. 氦气(He)	359
3. 二氧化碳(CO ₂)	359
4. 氧气(O ₂)	361
5. 可燃气体(C ₂ H ₂ 、C ₃ H ₈ 、C ₃ H ₆ 、CH ₄ 、H ₄)	361
6. 氮气(N ₂)	364
二、焊接用气体的选用	365
第五章 焊接设备	375
一、手工焊条电弧焊电源	375
1. 对弧焊电源的基本要求	375
2. 焊条电弧焊电源的分类和型号	376
3. 弧焊变压器	378
4. 弧焊发电机	384
5. 弧焊整流器	386
6. 焊条电弧焊电源的选择	390
7. 弧焊电源的使用	391
8. 常用工具及其他辅具	393

二、埋弧焊设备	396
1. 埋弧焊设备的分类及其结构特点	396
2. 埋弧焊电源	396
3. 埋弧焊控制系统	396
4. 埋弧焊机的型号及技术数据	397
5. 埋弧焊用辅助设备	397
三、氩弧焊设备	402
1. 钨极氩弧焊设备	402
2. 熔化极氩弧焊设备	413
四、CO ₂ 气体保护焊设备	419
1. 概述	419
2. CO ₂ 气体保护焊接设备组成	420
3. 典型半自动 CO ₂ 气保护焊机的安装及 使用	423
五、等离子弧焊设备	426
1. 焊接电源	427
2. 焊枪	432
3. 电极	433
4. 控制电路	433
5. 引弧装置	434
6. 气路系统和冷却水路系统	434
7. 等离子弧焊设备使用方法	434
第六章 材料的焊接	435
一、碳钢的焊接	435
1. 低碳钢的焊接	435
2. 中碳钢的焊接	437
3. 高碳钢的焊接	438
4. 碳钢焊接实例	439
二、合金钢的焊接	440
1. 热轧, 正火钢(低合金高强度)的焊接	441
2. 低碳低合金调质钢的焊接	443

3. 中碳低合金调质钢的焊接	448
4. 低温用钢的焊接	452
5. 耐候钢及耐海水腐蚀用钢的焊接	453
三、耐热钢的焊接	458
1. 低合金耐热钢的焊接	458
2. 中合金耐热钢的焊接	459
3. 举例:SA335P91 钢的焊接	461
4. 高合金耐热钢的焊接	463
5. 奥氏体耐热钢的焊接	466
四、不锈钢的焊接	467
1. 奥氏体不锈钢的焊接	468
2. 铁素体型不锈钢的焊接	474
3. 马氏体型不锈钢的焊接	476
五、铸铁的焊接	477
1. 灰铸铁的焊接	478
2. 灰铸铁的补焊实例	481
3. 球墨铸铁的焊接	482
六、铝和铝合金的焊接	485
1. 铝及铝合金的焊接性分析	485
2. 各种焊接方法焊接铝及铝合金时的比较	487
七、铜及铜合金的焊接	496
1. 铜及铜合金的焊接性分析	496
2. 纯铜的焊接工艺	498
3. 黄铜的焊接工艺	507
4. 青铜的焊接工艺	509

第一章 焊接基础知识

一、焊接常用金属材料知识

1. 常用金属材料的主要物理性能指标

焊接时,金属的物理性能对焊接性有一定的影响,因此,在制定焊接工艺和施焊时要考虑到金属材料的物理性能指标。见表 1-1。

2. 碳素钢的分类、牌号、成分、性能

碳素钢是含碳量在 0.02% ~ 2.11% 的铁碳合金,简称为碳钢。在碳钢中除了有铁和碳这两种元素之外,还有少量的硅、锰、硫、磷等杂质元素。实际使用的碳钢含碳量一般不超过 1.4%,钢中的碳对钢的性能起着决定性的影响。

(1) 碳素钢的分类

1) 按钢的含碳量分类

- ① 低碳钢:含碳量小于 0.25%。
- ② 中碳钢:含碳量为 0.25% ~ 0.60%。
- ③ 高碳钢:含碳量大于 0.60%。

2) 按钢的质量分类 根据钢中有害杂质硫、磷含量多少可分为:

- ① 普通质量钢: $S \leq 0.05\%$, $P \leq 0.045\%$ 。
- ② 优质钢: $S \leq 0.035\%$, $P \leq 0.035\%$ 。
- ③ 高级优质钢: $S \leq 0.025\%$, $P \leq 0.025\%$ 。

3) 按钢的用途分类

① 结构钢:主要用于制造各种机械零件和工程结构件,其含碳量一般都小于 0.70%。

② 工具钢:主要用于制造各种刀具、模具和量具。其含碳量一般都大于 0.70%。

表 1-1 常用金属材料的主要物理性能

特性参数 金属名称	密度/ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	电阻率(0°C) $\times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$	热导率/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}$
铝	2 700	2.655	222
铜	8 925	1.68	394
65/35 黄铜	8 430	6.2	117
低碳钢	7 800	-15	46
304 不锈钢	7 880	73	21
镁	1 740	4.47	159
钛	4 508	42.1 ~ 47.8	15.1
银	10 490	1.5	418.6
钨	19 300	5.1	166.2
镍	4 500	6.84	92.1
锡	7 300	11.5	62.8
铬	7 190	12.9	67
锰	7 430	185(20°C)	4.98

4) 按冶炼方法分类

①平炉钢:是在有拱形炉顶的平炉里,靠外来火焰加热熔化铸铁和废钢所炼出的钢。

②电炉钢:是在电炉里,利用电弧的高温来熔化铸铁和废钢所炼出的钢。

③转炉钢:是在可转动的炉里,靠空气吹液态铸铁从而烧掉碳、硅、锰等元素所冶炼出来的钢。

5) 按脱氧情况不同分类

①镇静钢:用锰铁、硅铁和铝进行完全脱氧的钢属于镇静钢,其组织致密。

②沸腾钢:在钢锭模中进行脱氧,脱氧不完全的钢,其组织疏松。

线膨胀系数 α 1/°C	比热容/ $J(\text{kg} \cdot \text{K})^{-1}$	熔点/°C
23.6×10^{-6}	940	660
16.5×10^{-6}	376	1 083
20.3×10^{-6}	368	930
12.6×10^{-6}	496	1 350
16.2×10^{-6}	490	1 426
25.8×10^{-6}	1 022	651
8.2×10^{-6}	519	1 677
19.7×10^{-6}	234	960.8
4.6×10^{-6}	142	3 380
13.4×10^{-6}	440	1 453
2.3×10^{-6}	226	231.9
6.2×10^{-6}	461	1 903
37×10^{-6}	481	1 244

③半镇静钢:介于镇静钢与沸腾钢之间。

(2) 碳素钢的牌号

1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢的牌号按国标 (GB700-88) 规定,有 Q195、Q215、Q235、Q255、Q275 五个牌号。牌号由代表屈服点的拼音字母“Q”,屈服点数值、质量等级符号和脱氧方法符号四个部分按顺序组成。其中 Q 表示钢材屈服强度“屈”字汉语拼音首位字母;3 位连在一起的数字表示屈服强度最低值;质量等级分 A、B、C、D 四个等级,D 级质量最好,A 级最差;脱氧方法分四种,用四种符号表示,F 表示沸腾钢,Z 表示镇静钢,B 表示半镇静钢,TZ 表示特殊镇静钢。其化学成分如表 1-2 所示。普通碳素结构钢的力学性能如表 1-3 所示。

表 1-2 普通碳素结构钢的化学成分(GB700-1988)

牌号	等级	化学成分(%)	
		C	Mn
Q195	-	0.06 ~ 0.12	0.25 ~ 0.50
Q215	A	0.09 ~ 0.15	0.25 ~ 0.55
	B		
Q235	A	0.14 ~ 0.22	0.30 ~ 0.65
	B	0.12 ~ 0.20	0.30 ~ 0.70
	C	≤0.18	0.35 ~ 0.80
	D	≤0.17	
Q255	AB	0.18 ~ 0.28	0.40 ~ 0.70
Q275	-	0.28 ~ 0.38	0.50 ~ 0.80

表 1-3 普通碳素结构钢的力学性能

牌号	等级	拉伸试验(不小于)		
		σ_b /MPa	σ_s /MPa	δ_5 (%)
Q195	-	315 ~ 390	195	33
Q215	A	355 ~ 410	215	31
	B			
Q235	A	375 ~ 460	235	26
	B			
	C			
	D			
Q255	A	410 ~ 510	255	24
	B			
Q275	-	490 ~ 610	275	20

化学成分(%)			脱氧方法
Si	S	P	
不大于			
0.30	0.050	0.045	F、b、Z
0.30	0.050 0.045	0.045	F、b、Z
0.30	0.050 0.045	0.045	F、b、Z
0.30	0.040	0.040	Z
	0.035	0.035	TZ
0.35	0.050	0.045	F、b、Z
	0.045		
0.35	0.050	0.045	b、Z

冲击试验		冷弯试验	
温度/℃	V形缺口 冲击吸收功 (纵向)/J	$b=2a$ 180°	
		弯曲直径	
		纵向试样	横向试样
-	-	0	0.5a
20	≥ 27	0.5a	a
20 0 -20	- ≥ 27	a	1.5a
20	≥ 27	2a	2a
-	-	3a	3a

2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢必须同时保证钢材的化学成分和力学性能。其牌号按 GB699-1988 规定,用两位数字表示,这两位数字表示其含碳量的万分之几;如 45 表示平均含碳量为 0.45% 的优质碳素结构钢。又可分为正常含锰量和较高含锰量两类,较高含锰量的钢含锰量为

表 1-4 优质碳素结构钢的化学成分及力学性能 (GB699-1988)

牌号	化学成分(%)		
	C	Si	Mn
08F	0.05 ~ 0.11	≤0.03	0.25 ~ 0.50
08	0.05 ~ 0.12	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65
10F	0.07 ~ 0.14	≤0.07	0.25 ~ 0.50
10	0.07 ~ 0.14	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65
15F	0.12 ~ 0.19	≤0.07	0.25 ~ 0.50
15	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65
20	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65
25	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
30	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
35	0.32 ~ 0.40	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
40	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
45	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
50	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
55	0.52 ~ 0.60	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
60	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
65	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
70	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80

0.7% ~ 1.2%, 其表示方法是在数字后面附以锰字或元素符号 Mn。

优质碳素结构钢的化学成分及力学性能, 如表 1-4 所示。

力 学 性 能						
σ_s	σ_b	δ_5	ψ	α_k	HBS	
N/mm ²		%		J/cm ²	热轧钢	退火钢
不小于				不大于		
175	295	35	60	—	131	—
195	325	33	60	—	131	—
185	315	33	55	—	137	—
205	335	31	55	—	137	—
205	355	29	55	—	143	—
225	375	27	55	—	143	—
245	410	25	55	—	156	—
275	450	23	50	88.3	170	—
295	490	21	50	78.5	179	—
315	530	20	45	68.7	197	—
335	570	19	45	58.8	217	187
355	600	6	40	49.0	229	197
375	630	14	40	39.2	241	207
380	645	13	35	—	255	217
400	675	12	35	—	255	229
410	695	10	30	—	255	229
420	715	9	30	—	269	229

牌号	化学成分(%)		
	C	Si	Mn
75	0.72 ~ 0.80	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
80	0.77 ~ 0.85	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
85	0.82 ~ 0.90	0.17 ~ 0.37	0.50 ~ 0.80
15Mn	0.12 ~ 0.19	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
20Mn	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
25Mn	0.22 ~ 0.30	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
30Mn	0.27 ~ 0.35	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
35Mn	0.32 ~ 0.40	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
40Mn	0.37 ~ 0.45	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
45Mn	0.42 ~ 0.50	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
50Mn	0.47 ~ 0.55	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
60Mn	0.57 ~ 0.65	0.17 ~ 0.37	0.70 ~ 1.00
65Mn	0.62 ~ 0.70	0.17 ~ 0.37	0.90 ~ 1.20
70Mn	0.67 ~ 0.75	0.17 ~ 0.37	0.90 ~ 1.20

3) 专门用途碳素结构钢 专门用途的碳素结构钢有如下几类, 可查阅相关标准。

- ① 船体用碳素结构钢: 见 GB712-1988。
- ② 焊接气瓶用碳素结构钢: 见 GB6653-1994。
- ③ 压力容器用碳素钢: 见 GB6654-1996。
- ④ 锅炉用碳素钢: 见 GB713-1997。
- ⑤ 桥梁用碳素结构钢: 见 YB(T)10-1981。
- ⑥ 管道用碳素钢: 见 GB9711-1988。
- ⑦ 铁道钢轨用碳素钢: 见 GB2585-1981。