



机械工人

JIXIEGONGREN
GONGZUO SHOUCE XILIE

工作手册系列

内容权威 针对一线

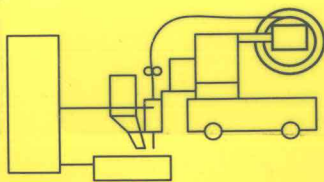
一册在手 工作无忧

HANGONG
GONGZUO SHOUCE

焊工

[工作手册]

■ 孙景荣 主编



化学工业出版社



机械工人
JIXIEGONGREN
GONGZUO SHOUCE XILIE

工作手册系列

内容权威 针对一线
一册在手 工作无忧

HANGONG
GONGZUO SHOUCE

焊工

〔工作手册〕

■ 孙景荣 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

焊工工作手册/孙景荣主编. —北京: 化学工业出版社,
2012. 4

ISBN 978-7-122-12688-7

I. 焊… II. 孙… III. 焊接-技术手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 217881 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 项 激

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 韩 飞

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: 三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 17½ 字数 505 千字

2012 年 4 月北京第 1 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

前言

当前,正是我国经济建设迅猛发展时期,焊接技术已经广泛应用于国民经济的各个领域,成为不可缺少的先进技术之一。随着现代科学的发展,焊接新工艺、新材料、新装备不断涌现,机械化、自动化水平不断提高。人们对“焊接过程”有了新的认识,焊接工人队伍成为我国工业发展的重要技术力量。焊接工人的素质、生产效率、技能熟练程度等,都必须适应这一新形式的需要。这些,已经成为当前一项重要课题。

本手册是为适应新形式发展需要而编写的。在编写过程中,力求做到科学性、适用性、先进性、可靠性,并大量选用了国家最新标准、规范、法规、名词和术语。在内容上,除了着重满足焊工在实际工作中,经常遇到的有关技术问题外,也考虑到指导现场施工的技术人员工作需要,列入了大量参数。特别是对新材料、新工艺、新的焊接设备等方面的有关数据和经验也收集了很多,以便于生产中应用。

本手册在层次上,以精、短为主,尽量不作纵向深入;章节中,也尽可能地以示图、表格等速查、易看的形式编写,有利于读者随时、随地查阅、参考。书中内容针对性强,特别注重实用性,知识面广,资料全,可以覆盖焊接结构生产的全过程。适用于从事结构、锅炉、容器等各行业焊接生产的需要。

本手册包括基础知识、焊接材料、焊接工艺和方法、焊接设备、各种金属材料的焊接、焊接质量检验及试验以及焊接安全生产技术等方面,共分9篇,外加附录。

全书由孙景荣主编,第1章由崔彦鹏编写、第4章由刘文贤编写,其余各章由孙景荣编写。吉化集团公司重型机械有限公司技术处的杜雪松(高工)负责校审。在编写过程中,得到吉林化学学

院、吉化集团机械有限公司工艺处等单位大力支持，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，编者水平所限，加之篇幅也不宜过大，书中难免有不妥之处，衷心希望广大读者批评指正，以便在修订时加以改正。

编者

目录

第 1 章 焊接一般知识

1

1.1 金属学基础	1
1.1.1 铁碳平衡图	1
1.1.2 金属材料的力学性能	4
1.1.3 金属的焊接性	5
1.2 焊接热源及焊接电弧	8
1.2.1 焊接热源的种类及其主要特性	8
1.2.2 焊接热效率	9
1.2.3 焊件上的热量分布	9
1.2.4 焊接电弧	10
1.2.5 焊接电弧的产生	12
1.2.6 焊接电弧的特性	13
1.3 焊缝结晶及接头组织	14
1.3.1 焊接冶金特点	15
1.3.2 熔池结晶的特点	16
1.3.3 焊缝中的偏析现象	17
1.3.4 焊缝中的夹杂	18
1.3.5 热影响区的组织和性能	18
1.3.6 焊缝金属组织的调整和改善	20
1.4 焊接熔渣	21
1.4.1 熔渣的作用	21
1.4.2 对熔渣的要求	22
1.4.3 熔渣的分类及用途	22
1.4.4 熔渣性质的判断	23

1.5	焊缝中的气孔及裂纹	24
1.5.1	焊缝中的气孔	24
1.5.2	影响气孔产生的原因	25
1.5.3	防止产生气孔的措施	26
1.5.4	焊接裂纹	27
1.6	焊接应力与变形	29
1.6.1	焊接应力及变形种类	30
1.6.2	焊接变形的基本形式及其产生原因	30
1.6.3	消除焊接应力的方法	32
1.6.4	防止焊接变形的办法	32
1.7	焊缝代号及焊接坡口基本形式	36
1.7.1	焊缝代号	36
1.7.2	引出线及焊缝尺寸标注	39
1.7.3	坡口形式及名称	40
1.7.4	接头形式	42
1.8	焊件的热处理	45
1.8.1	焊件热处理方法的选择	45
1.8.2	常用的热处理方法	46

第2章 焊接设备

47

2.1	弧焊变压器	47
2.1.1	动铁芯式弧焊变压器	48
2.1.2	动圈式弧焊变压器	48
2.1.3	抽头式弧焊变压器	49
2.2	焊接整流器	51
2.2.1	抽头式整流器	51
2.2.2	磁放大器式弧焊整流器	51
2.2.3	晶闸管相控式弧焊整流器	52
2.3	逆变弧焊电源	53
2.3.1	逆变电源的特点	53
2.3.2	逆变电源的电路结构	54
2.3.3	几种逆变弧焊机型号及主要技术数据	55

2.4 直流弧焊发电机	58
2.4.1 AXC-320、AXC1-400 型柴油机驱动直流弧焊机技术数据	58
2.4.2 常用的直流弧焊发电机产品的型号、技术数据	59
2.5 钨极氩弧焊机	60
2.5.1 钨极氩弧焊机的分类及特点	60
2.5.2 典型钨极氩弧焊机产品主要技术数据	60
2.5.3 钨极氩弧焊焊炬	62
2.6 熔化极气体保护焊机	63
2.6.1 熔化极气体保护焊机的分类	64
2.6.2 熔化极气体保护焊机的用途	64
2.6.3 焊枪及送丝装置	64
2.6.4 典型熔化极气体保护焊机主要技术指标	66
2.7 埋弧焊机	67
2.7.1 埋弧焊机概述	67
2.7.2 埋弧焊专用设备	70
2.8 气焊设备及工具	74
2.8.1 氧气瓶	74
2.8.2 减压器	74
2.8.3 乙炔瓶	75
2.8.4 焊炬	77
2.8.5 气焊辅助工具及防护用品	79
2.9 等离子弧焊机	79
2.10 电阻焊机	83
2.10.1 电阻焊机的组成及分类	83
2.10.2 几种电阻焊机的主要技术数据	84
2.10.3 螺柱焊机	90
2.11 特种焊接设备	93
2.11.1 电子束焊机	93
2.11.2 激光焊机	95
2.11.3 摩擦焊机	95
2.12 热切割设备	99
2.12.1 常用火焰切割设备	99

2.12.2	光电跟踪切割机	100
2.12.3	数控火焰切割机	101
2.12.4	等离子弧切割设备	102
2.12.5	激光切割设备	103

第3章 焊接材料

106

3.1	焊条	106
3.1.1	焊条的组成	106
3.1.2	焊条的分类、型号及牌号	107
3.1.3	焊条的保管及使用	144
3.1.4	常用国产焊条的特点及用途	146
3.2	焊丝	153
3.2.1	实芯焊丝	153
3.2.2	药芯焊丝	164
3.3	焊剂	172
3.3.1	埋弧焊用焊剂	172
3.3.2	气焊熔剂	181
3.4	钎料	182
3.4.1	硬钎料	184
3.4.2	软钎料	196
3.5	钎剂	205
3.5.1	软钎剂	206
3.5.2	硬钎剂	209
3.6	焊接用气体及电极	211
3.6.1	焊接用保护气体	211
3.6.2	焊接用电极	218
3.7	焊接材料消耗量的估算	222
3.7.1	焊接材料消耗定额的有关计算	222
3.7.2	焊接材料消耗定额和气体消耗量的参数	224
3.8	国外焊条标准	230
3.8.1	国内外电焊条标准对照	230
3.8.2	国外标准中低碳钢与低合金钢焊条型号分类方法	231

4.1 气焊	257
4.1.1 概述	257
4.1.2 气体火焰	259
4.1.3 气焊工艺及操作	262
4.2 焊条电弧焊	266
4.2.1 焊条电弧焊的特点	266
4.2.2 焊条电弧焊的应用范围	267
4.2.3 焊条电弧焊工艺	267
4.2.4 操作技术	269
4.3 埋弧焊	276
4.3.1 埋弧焊的特点	276
4.3.2 埋弧焊过程的物理现象	276
4.3.3 埋弧焊工艺参数对焊缝的影响	277
4.3.4 埋弧焊坡口及接头形式	280
4.3.5 埋弧焊工艺参数的配合	289
4.3.6 不同接头形式的埋弧焊接	289
4.4 二氧化碳气体保护焊	291
4.4.1 二氧化碳气体保护焊的特点	291
4.4.2 二氧化碳气体保护焊的分类及应用范围	292
4.4.3 二氧化碳气体保护焊基本操作技术	293
4.4.4 二氧化碳半自动焊操作技术	294
4.5 氩弧焊	296
4.5.1 氩弧焊的特点	296
4.5.2 氩气的保护效果	297
4.5.3 熔化极氩弧焊	299
4.5.4 氩弧焊的分类及应用范围	299
4.5.5 氩弧焊工艺	300
4.6 等离子弧焊接	303
4.6.1 等离子弧焊接的特点	303
4.6.2 焊接过程	304

4.6.3	应用范围	304
4.6.4	焊接技术	306
4.6.5	“双弧”及其产生原因	306
4.7	电渣焊	307
4.7.1	电渣焊概述	307
4.7.2	电渣焊的特点	308
4.7.3	应用范围	308
4.7.4	焊接技术	309
4.8	点焊	314
4.8.1	点焊的特点	314
4.8.2	应用范围	315
4.8.3	点焊技术	315
4.9	缝焊	320
4.9.1	缝焊的特点	320
4.9.2	缝焊种类及应用范围	320
4.9.3	缝焊工艺参数	321
4.10	凸焊	322
4.10.1	凸焊的特点及应用范围	322
4.10.2	凸焊工艺	324
4.11	对焊	325
4.11.1	对焊的特点	325
4.11.2	对焊的种类及应用范围	326
4.11.3	对焊工艺参数	326
4.12	摩擦焊	329
4.12.1	摩擦焊的特点及应用	329
4.12.2	摩擦焊工艺参数	330
4.12.3	焊接工艺	331
4.13	钎焊	332
4.13.1	钎焊的特点	332
4.13.2	硬钎焊和软钎焊	333
4.13.3	钎焊质量	333
4.13.4	应用范围	333

4.13.5	钎焊工艺	333
4.13.6	钎料和钎剂的应用	336
4.13.7	钎焊方法及主要特点	337

第5章 常用金属材料的焊接

341

5.1	低碳钢的焊接	341
5.1.1	常用低碳钢的化学成分和力学性能	341
5.1.2	焊接工艺特点	342
5.1.3	焊条电弧焊	342
5.1.4	气焊	349
5.1.5	埋弧焊	351
5.1.6	电渣焊	355
5.1.7	二氧化碳气体保护焊	357
5.1.8	等离子弧焊	359
5.1.9	点焊和缝焊	359
5.2	普通低合金钢的焊接	360
5.2.1	普通低合金结构钢的分类	360
5.2.2	焊材的选用	360
5.2.3	常用普通低合金钢的焊接工艺特点	361
5.2.4	焊接工艺规范	362
5.3	不锈钢的焊接	365
5.3.1	不锈钢的分类	365
5.3.2	常用不锈钢的化学成分及力学性能	365
5.3.3	不锈钢的焊接特点	365
5.3.4	奥氏体不锈钢焊接工艺参数	369
5.3.5	马氏体不锈钢的焊接	371
5.3.6	铁素体不锈钢的焊接	372
5.4	耐热钢及低温钢的焊接	373
5.4.1	耐热钢的分类及基本性能	373
5.4.2	耐热钢的焊接	373
5.4.3	低温钢的焊接	376
5.5	铸铁的焊接	378

5.5.1	铸铁的补焊方法和特点	378
5.5.2	铸铁补焊工艺要点及方法选择	379
5.6	异种金属及有色金属的焊接	383
5.6.1	异种钢的焊接	383
5.6.2	钢与铜的焊接	384
5.6.3	不锈钢与铜的焊接	388
5.6.4	钢与镍、钛、铝的焊接	389
5.6.5	铝及铝合金的焊接	390
5.6.6	铜及铜合金的焊接	395
5.6.7	钛及钛合金的焊接	400
5.6.8	镍及镍合金的焊接	403
5.6.9	铅及铅合金的焊接	404
5.6.10	钨、钼、镁、铌等稀有金属的焊接	406

第6章 焊接工艺评定及焊接工艺规程

408

6.1	熔化焊焊接工艺评定	408
6.1.1	焊接工艺评定的目的	408
6.1.2	焊接工艺评定的程序	409
6.1.3	焊接工艺评定规则	412
6.1.4	试验要求及评定结果	418
6.2	焊接工艺规程	425
6.2.1	焊接工艺规程的作用	425
6.2.2	编制焊接工艺规程的原则	426
6.2.3	编制焊接工艺规程的依据	426
6.2.4	焊接工艺规程编制的基本要求和内容	427

第7章 焊接结构生产

431

7.1	焊接结构基础知识	431
7.1.1	焊接结构的钢材选择原则	431
7.1.2	焊接接头的一般要求	432
7.2	工艺规程的编制	434
7.2.1	工艺方案的确定	434

7.2.2	工艺规程的编制	434
7.3	焊接结构的应力与变形	440
7.3.1	焊接残余应力	440
7.3.2	焊接变形	444
7.4	典型焊接结构的生产	450
7.4.1	容器筒节及复合板的装配焊接	450
7.4.2	管道的焊接	453
7.4.3	梁与柱结构的焊接	455
7.4.4	桁架结构的焊接	458

第 8 章 焊工技能考核及管理

461

8.1	焊工考试	461
8.1.1	焊工考试的重要性	461
8.1.2	锅炉压力容器焊工考试内容及方法	462
8.1.3	考试试件	466
8.1.4	试件适用范围	468
8.1.5	对焊工技能考试的要求	471
8.2	考试成绩评定及管理	472
8.2.1	考试成绩评定	472
8.2.2	持证焊工的管理	476

第 9 章 焊接质量检验与试验

482

9.1	焊接质量检验	482
9.1.1	各种焊接方法常见缺陷及防止措施	482
9.1.2	焊接接头的无损检验	498
9.2	焊接接头的力学性能试验	507
9.2.1	焊接接头的拉伸试验	507
9.2.2	焊接接头的弯曲试验 (GB 2653)	508
9.2.3	焊接接头冲击试验 (GB 2650)	512
9.2.4	焊接接头硬度试验 (GB 2654)	513
9.2.5	焊接接头的压扁试验 (GB 2654)	514
9.2.6	焊接接头耐晶间腐蚀试验	515

9.2.7	金相检验	518
9.2.8	化学分析	520
9.3	压力容器的致密性试验方法	520
9.3.1	水压试验	521
9.3.2	气压试验	521
9.3.3	气密性检验	522
9.3.4	焊接容器的密封性检验	522
9.4	焊接材料质量评定试验	522
9.4.1	电焊条的质量评定试验	523
9.4.2	焊接工艺性能试验	524
9.5	可焊性试验	529
9.5.1	可焊性的定义	529
9.5.2	可焊性的分类	530
9.5.3	各国焊接使用过的试验方法	530

附 录

536

附录 1	常用标准代号	536
附录 2	学用化学元素符号及名称	537
附录 3	部分国家焊条、焊丝型号近似对照	537
附录 4	低碳钢硬度及强度换算	543

参考文献

544

第 1 章

焊接一般知识

焊接是利用加热或加压，或加热又加压的方法，在使用或不使用填充金属的情况下，使两个金属零件连接在一起的一种加工工艺方法。

熔化焊是在焊接过程中，将零件连接处的金属加热到熔化状态，依靠熔化金属的冷却凝固而把零件连接在一起的焊接方法。它是最基本的焊接工艺方法，在焊接生产中占主导地位，如气焊、焊条电弧焊、埋弧自动焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、等离子弧焊等。

压力焊是在焊接过程中，不论是加热或不加热，都需要在焊接处施加一定的压力，使两个接合面紧密接触，以获得两个零件牢固连接的方法，如电阻点焊、缝焊、对焊、凸焊、摩擦焊等。

钎焊是零件连接处金属本身不熔化，依靠熔点低于母材的填充金属熔化及冷却凝固而进行连接的方法。

压力焊及钎焊具有成本低，易于实现机械化、自动化操作等特点。

1.1 金属学基础

1.1.1 铁碳平衡图

铁碳平衡图是研究铁碳合金的基础。由于含碳量高于 6.67% 的铁碳合金脆性极大，没有使用价值，因而在铁碳平衡图中，只研究 Fe-FeC 部分。铁碳平衡图如图 1-1 所示。

铁碳平衡图上各主要点的说明见表 1-1。

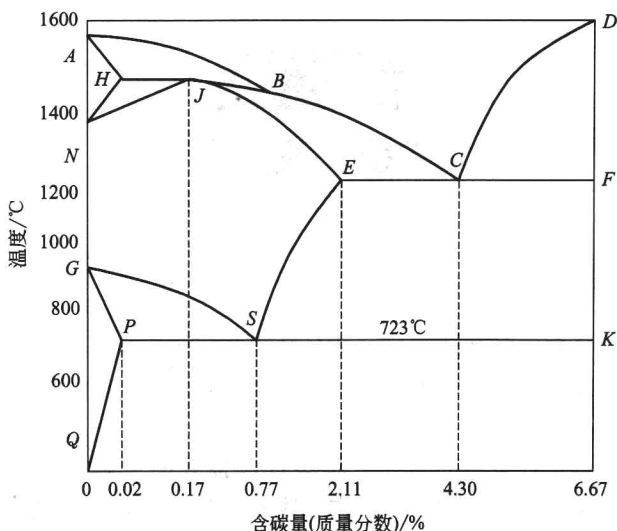


图 1-1 铁碳平衡图示意

铁碳平衡图上各条线的含义见表 1-2。

表 1-1 铁碳平衡图上各主要点的说明

点	温度/℃	含碳量/%	说 明
A	1535	0	纯铁熔点(凝固点)
B	1485	0.50	包晶反应时液态合金的浓度
C	1130	4.30	共晶点 $L_C \rightarrow A_E + Fe_3C$
D	1600	6.67	渗碳体熔点(计算值)
E	1130	2.00	碳在 γ -Fe 中最大溶解度
F	1130	6.67	渗碳体
G	910	0	α -Fe $\rightarrow$ γ -Fe 同素异构转变点(A_3)
H	1485	0.10	碳在 δ -Fe 中最大溶解度
J	1485	0.16	包晶点
K	723	6.67	渗碳体
N	1390	0	γ -Fe $\rightarrow$ δ -Fe 同素异构转变点(A_4)
P	723	0.02	碳在 α -Fe 中最大溶解度
S	723	0.80	共析点
Q	0	0.006	0℃时碳在 α -Fe 中的溶解度