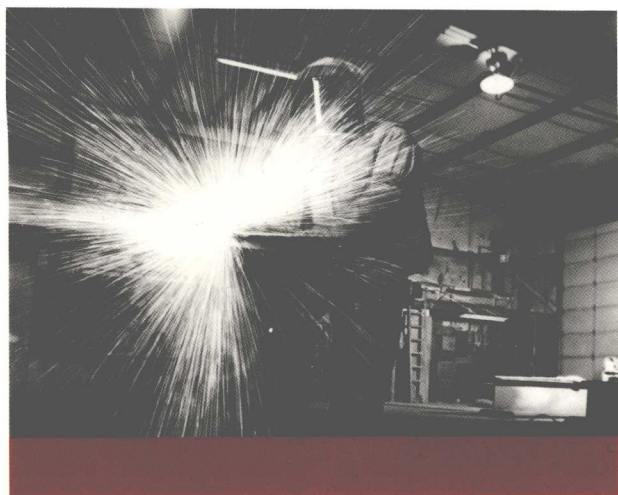


高等职业技能操作与实训教材

电 焊 工

孙景荣 欧述生 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等职业技能操作与实训教材

电 焊 工

孙景荣 欧述生 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电焊工/孙景荣, 欧述生主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

高等职业技能操作与实训教材
ISBN 7-5025-6883-2

I. 电… II. ①孙…②欧… III. 电焊-焊接工艺-技术培训-教材 IV. TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 029234 号

高等职业技能操作与实训教材

电 焊 工

孙景荣 欧述生 主编

责任编辑: 高 钰 陈 丽

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 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

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 177 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6883-2

定 价: 14.00 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

为了满足高等职业院校学生实训的需要,提高技术工人实际操作技能水平,增强技术工人在科技飞速发展形式下的技术素质以及在市场经济体制下的竞争能力,我们编写了这套《高等职业技能操作与实训教材》丛书。

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实际技术水平现状编写的。

本书可作为高等职业实训焊工的教材,也适用于从事焊接的工人自学。既能指导有一定基础的焊工提高技能,又可作为初学者的入门读物。书中内容通俗易懂,由浅入深,针对性强,特别注重实际操作技能训练;对操作技能相关的知识,也作了简要说明。全书以介绍实践经验为主,突出讲解了手工电弧焊的操作技能训练技巧,旨在努力提高焊工的操作技能水平。

本书由孙景荣、欧述生主编。第六章由李响、王巍编写;第七章由刘文贤、李诗文编写;其余由孙景荣、欧述生编写。全书由孙景荣、刘勃安统稿并审校。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。

孙景荣

2005年2月

目 录

第一章 弧焊电源、常用工具和用具及电焊条	1
第一节 弧焊电源	1
一、弧焊电源的基本条件	1
二、弧焊电源的调节特性	2
三、弧焊电源的负载持续率	3
四、弧焊电源的额定电流	3
五、弧焊电源主要用途及数据	3
第二节 手工电弧焊常用工具和用具	6
一、焊钳	6
二、焊接用电线	6
三、橡胶气管	7
四、面罩和护目镜片	7
五、焊条保温筒	7
六、角向磨光机	8
第三节 电焊条	9
一、电焊条的组成	9
二、焊条的分类及型号编制	15
三、焊条的选用	19
四、常用焊条型号与牌号对照	23
五、焊条烘干	23
六、焊条消耗量	23
七、焊条的储存及保管	23
思考题	32
第二章 电焊工操作技能训练	33
第一节 手工电弧焊	33
一、焊接接头和坡口	33

二、技能训练	38
三、各种位置焊接操作手法	48
四、实习案例	70
第二节 埋弧自动焊	73
一、埋弧自动焊的特点及应用	73
二、埋弧焊工艺参数及选择	74
三、焊前准备	76
四、平对接直缝焊操作练习	78
五、实习案例	82
第三节 CO ₂ 气体保护焊	84
一、CO ₂ 气体保护焊设备	84
二、CO ₂ 半自动焊操作	87
三、CO ₂ 气体保护焊材料	88
四、CO ₂ 气体保护焊焊接工艺参数	89
五、常见缺陷及产生原因	91
六、实习案例	92
第四节 手工钨极氩弧焊	94
一、钨极氩弧焊电极材料	94
二、焊接工艺参数	95
三、实习案例	97
思考题	100
第三章 焊接结构生产	101
第一节 焊接构件的备料	101
一、原材料复验	101
二、钢材的矫正	101
三、放样划线	101
四、切割加工	102
五、成形加工	103
第二节 焊接构件的装配与焊接	106
一、焊接结构的装配与焊接特点	106
二、各种焊接构件的装配与焊接	107
第三节 典型结构的焊接案例	108
一、容器的焊接	108

二、管道的焊接	111
思考题	112
第四章 金属结构的焊接	113
第一节 焊前的准备工作	113
一、材料的准备	113
二、焊接夹具的选用	114
三、装配质量的检查	114
四、清理工作	115
五、定位焊	116
第二节 各种长度焊缝的焊接方法	117
第三节 梁、柱及桁架的焊接	118
一、梁的焊接	118
二、柱的焊接	120
三、桁架的焊接	120
第四节 管子的手工电弧焊	121
一、管子接头和坡口	121
二、水平位置管子的转动焊接	122
三、水平固定管子的焊接	123
四、垂直固定管子的焊接	128
五、倾斜固定管子的焊接	130
第五节 堆焊	131
一、手工电弧焊堆焊操作技术	133
二、阀门密封面的手工电弧堆焊	135
第六节 碳弧气刨	138
一、碳弧气刨的原理及应用	138
二、碳弧气刨的设备及工具	139
三、碳弧气刨的工艺参数	141
四、碳弧气刨的操作技术	143
五、碳弧气刨常见缺陷及其预防措施	144
六、常用金属材料的碳弧气刨	145
思考题	146
第五章 焊工技能考核与管理	147
第一节 焊工考试的重要性	147

第二节	锅炉压力容器焊工考试的内容及方法	148
第三节	焊工考试的具体要求	158
第四节	考试结果与评定	159
第五节	持证焊工管理	167
思考题		172
第六章	焊工安全知识	173
第一节	电弧焊接安全用电	173
第二节	特殊环境焊接安全技术	177
第三节	电弧焊接的有害因素	179
第四节	电弧焊接劳动保护措施	182
思考题		184
第七章	焊缝质量检验	185
第一节	焊接缺陷	185
一、	焊接缺陷的分类	185
二、	常见焊接缺陷产生原因及消除方法	186
第二节	焊缝质量检验	188
一、	钢熔化焊焊接接头缺陷的分级	188
二、	无损探伤	190
思考题		198
附录		199
参考文献		203

第一章 弧焊电源、常用工具和用具及电焊条

第一节 弧焊电源

一、弧焊电源的基本条件

1. 弧焊电源的外特性

弧焊电源输出电压与输出电流之间的关系称为弧焊电源的外特性。外特性可用曲线来表示，称为外特性曲线。

普通电力变压器具有水平的外特性曲线，即当输出电流增加时，输出电压不变，这种电源不能作为弧焊电源。因为电弧焊时，会不断地发生频繁的短路。对于水平特性的电源，当发生短路时，短路电流太大，将会把电源烧坏。所以弧焊电源应具有下降的外特性，即随着输出电流的增大，输出电压下降。如图 1-1 所示。

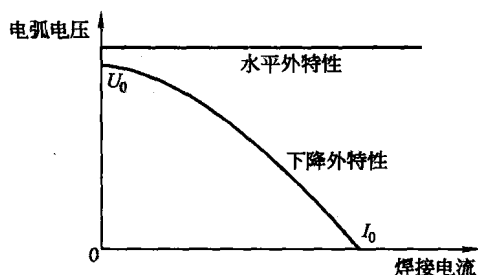


图 1-1 外特性曲线

从图 1-1 可以清楚看出下降特性的特征：当焊接电流从零开始增加时，电压从空载电压 U_0 逐步下降，直至电压降为零，出现短

路电流 I_0 。根据下降外特性的下降程度，可分为缓降外特性和陡降外特性两种。

焊接时，电弧的静特性曲线与电源外特性曲线的交点，就是电弧燃烧的工作点。手工电弧焊、埋弧焊和钨极氩弧焊的电弧静特性曲线呈下降或水平状。当弧长发生变化时，具有较陡降外特性曲线的焊接电流变化量 ΔI_1 ，比较缓降外特性曲线的焊接电流变化量 ΔI_2 小（见图 1-2）。即陡降外特性曲线当弧长发生变化时，有利于保持焊接电流的稳定。所以，对于手工电弧焊、埋弧焊等和钨极氩弧焊，应该采用具有陡降外特性曲线的电源。

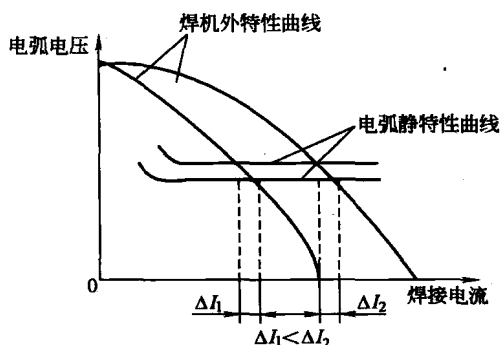


图 1-2 弧长变化时焊接电流的变化

2. 弧焊电源的动特性

电弧的引燃和燃烧是一个很复杂的过程，开始引弧时，电弧与焊件相碰，电源要迅速提供合适的短路电流；电极抬起时，电源要很快达到空载电压；焊接过程中，如果采用熔化电极（焊条、焊丝），会有熔滴从电极过渡到熔池的过程，此时也会产生频繁的短路和再引弧过程。如果电源输出的电流和电压不能很快适应弧焊过程中的这些变化，电弧就不能稳定燃烧，甚至熄灭。电源适应焊接电弧变化的特性称为弧焊电源的动特性。

二、弧焊电源的调节特性

焊接时，根据焊件材料、厚度、几何形状的不同，要选用不同直径的焊条或焊丝，因而要选用不同的焊接工艺参数。

当弧长一定时，每一条电源外特性曲线和电弧静特性曲线的交点中，只有一个稳定工作点，即只有一个对应的电流值和电压值。所以，选用不同的焊接工艺参数时，要求电源能够通过调节，得出不同的电源外特性曲线，即要求电源具有良好的调节特性。

总的来说，对手工电弧焊和埋弧自动焊电源的基本要求是，要有合适的空载电压和短路电流、下降的外特性、良好的动特性和灵活的调节特性。

三、弧焊电源的负载持续率

弧焊电源工作持续的时间与周期时间的比值，称为负载持续率。它用符号“DY”表示。全周期时间称为工作周期，包括负载持续时间与休息时间。在国家标准 GB 8118 中规定，周期为 5min、10min、20min 与连续。

负载持续率是在设计焊机时，用以表示某种工作类型的重要参数，它用百分数表示，在国家标准 GB 8118 中规定为 35%、60%、100% 三种。

四、弧焊电源的额定电流

额定电流就是弧焊电源在负载持续率条件下，允许输出的最大电流。实际工作时间与工作周期之比，称为实际负载持续率。在不同负载持续率条件下，允许使用的输出电流，可用下式计算，即

$$I = \frac{\sqrt{DY_y}}{DY} I_y$$

式中 DY_y ——额定负载持续率；

DY ——实际负载持续率；

I_y ——实际负载持续率时的允许使用电流。

例如，当 $DY_y = 60\%$ ， $I_y = 300\text{A}$ ， $DY = 100\%$ 时

$$I = \frac{\sqrt{60}}{100} \times 300 = 232\text{A}$$

五、弧焊电源主要用途及数据

弧焊电源的主要技术数据列于表 1-1~表 1-6。

表 1-1 常用焊接变压器主要技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
HX1-135	8.7	380	60~70	25~150	60	手工电弧焊
BX1-300	24	380	76	55~300	40	手工电弧焊
BX2-1000	76	380	69~78	400~1200	60	埋弧自动焊
BX3-120	7.9	380	70~75	20~160	60	手工电弧焊
BX3-400	28	380	80~90	60~500	60	交流氩弧焊
BX10-100	6.2	380	80	5~100	60	小电流氩弧焊
BP1-3X-1000	160	380	38~53	1000	60	电渣焊
BP3-500	122	380	70	35~210	60	多站手工电弧焊

表 1-2 常用绕组式硅整流器技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
ZXG1-160	11.2	380	71.5	40~190	60	手工电弧焊
ZXG1-250	17.8		71.5	50~300		
ZXG1-400	27.7		71.5	100~480		
ZXG1-500	40		70~80	100~600		
ZXG6-300	21.7		70	40~340		钨极氩弧焊

表 1-3 常用抽头式硅整流器技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
ZPG-200	7.5	380	14~30	30~250	100	CO ₂ 气体保护焊
ZPG-250	15		14~32	40~300	60	
JLX300	19		20~52	40~460	60	

表 1-4 常用磁放大器式整流器技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
ZXG-400	34.9	380	80	40~180	60	钨极氩弧焊/ CO ₂ 气体保护焊
ZPG1-500	37		75	35~500		钨极氩弧焊
ZXG7-300-1	22		72	20~300		
ZXG7-1000	100		70~90	100~1000		(粗丝) CO ₂ 气体保护焊
ZXG6-1000	70		60	15~300	100/60	6~300, 多头

表 1-5 常用晶闸管式整流器技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
ZDK-250	14.5	380	77	30~300	60	手工电弧焊、 CO ₂ 气体保护焊、 钨极氩弧焊
ZDK-500	36.4		—	50~600	80	钨极氩弧焊
ZX5-250	14		55	50~250	60	手工电弧焊、 CO ₂ 气体保护焊、 钨极氩弧焊
ZX5-400	21		63	80~400		手工电弧焊
ZX5-400-1	24		73	20~400		
ZXG7-300-1	21		72	20~300		手工电弧焊、 钨极氩弧焊
NZC5-400	23		65	60~450		手工电弧焊、 钨极氩弧焊
WSOOL-315	30		AC75/DC70	15~315		埋弧自动焊， 交、直两用

表 1-6 常用逆变式整流器技术数据及用途

型号	输入容量 /kV·A	初级电压 /V	次级电压 /V	电流调节 范围/A	负载持续 率/%	主要用途
ZX7-250	9	380	70	50~300	60	钨极氩弧焊
ZX7-400	21.3	380	80	80~400	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊
ZXC-6-160	—	380	50	30~160	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊
ZX7-315	12.4	380	70	30~315	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊
LIS-200	7	220	56	5~250	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊
ZIS-400	12	380	75	25~400	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊
ZXC-63	14	220	50	5~160	60	手工电弧焊/ 钨极氩弧焊

第二节 手工电弧焊常用工具和用具

手工电弧焊常用工具和用具包括焊钳、电缆、胶管、面罩、护目镜片、敲渣锤、角向磨光机、钢丝刷和焊条保温筒等多种。

一、焊钳

焊钳是用以夹持焊条，实现焊接的用具。对电焊钳的要求是：

- ① 在任何角度上都能牢固地夹持不同直径的焊条；
- ② 夹持焊条处应导电良好；
- ③ 手柄要有良好的绝缘和隔热作用；
- ④ 结构简单，轻便，安全，耐用。

常用的焊钳有 300A 和 500A 两种，其技术数据列于表 1-7。

表 1-7 焊钳技术数据

型号	额定电流 /A	选用焊条直径 /mm	电缆孔径 /mm	质量/kg	外形尺寸
G352	300	2~5	14	0.5	250mm×80mm×40mm
G582	500	4~6	18	0.7	290mm×100mm×45mm

二、焊接用电缆

焊接用电缆是多股细铜线电缆，一般有 YHH 型电焊用橡皮套电缆和 YHHR 型电焊用橡皮套电缆两种。选用电缆，应根据所使用的焊接电流值；电缆长度以 20~30m 为宜。焊接用电缆技术数据见表 1-8。

表 1-8 焊接用电缆技术数据

电缆型号	标称直径/mm	线芯直径/mm	电缆外径/mm	电缆质量/(kg/km)	额定电流/A
YHH 型 电焊用橡 皮套电缆	15	6.23	11.5	282	120
	25	7.50	12.6	397	150
	35	9.23	15.5	557	200
	50	10.50	17.0	737	300
	70	12.95	20.6	990	450
	95	14.70	22.8	1339	600
	120	17.15	25.6	—	—
	150	18.90	27.3	—	—

续表

电缆型号	标称直径/mm	线芯直径/mm	电缆外径/mm	电缆质量/(kg/km)	额定电流/A
YHHR 型 电焊用橡 皮套电缆	6	3.96	8.5	—	35
	10	4.90	9.0	—	60
	16	6.15	10.8	282	100
	25	8.00	13.0	397	150
	35	9.00	14.5	557	200
	50	10.60	16.5	737	300
	70	12.95	20.0	990	450
	95	14.70	22.0	1339	600

三、橡胶气管

橡胶气管用于气焊、气割、各种气体保护焊、等离子弧焊、氩弧焊等，作为气源的管道。这种橡胶气管一般分为两种，红色为氧气管，最大使用压力为 1.5MPa；绿色或黑色为乙炔管，允许使用压力为 0.5~1.0MPa。各种规格橡胶气管性能见表 1-9。

表 1-9 各种规格橡胶气管性能

内径/mm	胶层厚度/mm		工作压力/MPa
	内胶层	外胶层	
5	1.4	1.2	0.5
6			
8			1.0
10	1.6		2.0
16			

四、面罩和护目镜片

面罩是防止焊接过程中电弧飞溅、弧光和辐射光线对焊工面部损伤的遮蔽工具。它有手持式和头盔式两种，观察焊缝熔池的窗口处装有护目镜片。护目镜片的色号，可根据所焊接电流大小选择。一般不宜过亮，以能清楚分辨熔池的铁水和熔渣为宜。各种色号护目镜片的选用可参照表 1-10。

五、焊条保温筒

焊条保温筒是在焊工施焊过程中，对所使用的焊条保存并加热

表 1-10 各种色号护目镜片的选用

工作种类	护目镜片色号			镜片尺寸
	适用电流/A			
	30~75	80~200	≥200	
电焊工	6~8	8~10	11~12	2.5mm×50mm×107mm
碳弧气刨		10~12	12~14	
辅助焊工	3~4			

保温的工具。焊条保温筒使用方便，便于携带，对于低氢焊条更需配备保温筒来进行焊接作业。常用焊条保温筒型号及规格见表 1-11。

表 1-11 焊条保温筒型号及规格

型 号	形 式	容量/kg	温度/℃
TRG-5	立式	5	200
TRG-%W	卧式	5	
TRG-2.5	立式	2.5	
TRG-2.5B	背包式	2.5	
TRG-2.5C	顶出式	2.5	
W-3	立卧两用式	5	
PR-1	立式	5	300

六、角向磨光机

角向磨光机是一种用来修磨焊道、清除焊接缺陷和清理焊根等使用的电动（或风动）工具。磨光机具有转速高、清除缺陷速度快以及打磨焊缝表面美观清洁等优点。磨光机与老式砂轮、风铲、气刨等比较，具有效率高、劳动强度低的优点。因而，成为焊工在焊接过程中，不可缺少的辅助用具。磨光机所用的砂轮片分为直径 100mm、125mm、180mm、250mm 等多种规格。焊工可根据工件的大小和角度、焊件在空间位置和环境条件等来选择磨光机的规格。

第三节 电 焊 条

一、电焊条的组成

涂有药皮供手工电弧焊用的电极称为电焊条。它由焊芯和药皮两部分组成。

1. 对焊条的基本要求

焊条在焊接过程中，应具有良好的工艺性能，保证焊后焊缝金属具有所需的力学、化学和特殊性能。为此，对焊条应提出以下要求。

① 电弧容易引燃。在焊接过程中，电弧燃烧稳定，再引弧容易。

② 药皮应均匀熔化，无成块脱落现象。药皮的熔化速度应稍慢于焊芯的熔化速度，使焊条熔化端部能形成喇叭形套筒，有利于金属熔滴过渡和造成保护气氛。

③ 焊接过程中，不应有过多的烟雾或过大过多的飞溅。

④ 保证熔敷金属具有一定的抗裂性、所需的力学性能和化学成分。

⑤ 焊后焊缝成形正常，熔渣清除容易。

⑥ 焊缝射线探伤应不低于 GB 3323《钢熔化焊缝射线照片及底片等级分类法》所规定的二级标准。

2. 焊芯

焊条中被药皮包覆的金属丝称为焊芯。

(1) 焊芯中的合金元素和杂质 钢焊芯材料有碳素结构钢、合金结构钢和不锈钢三种。其中主要合金元素有碳、锰、硅、硫、磷，对于不锈钢还有铬和镍。

① 碳 (C) 碳是钢中必然存在的元素。当碳含量增加时，钢的强度和硬度明显提高，但塑性和韧性降低。随着碳含量的增加，钢的焊接性能大大恶化，容易在焊缝中形成裂纹和气孔，并且焊接时飞溅也增大。所以低碳钢用的焊芯碳含量，都控制在 0.10%