



技术工人上岗必读



焊工

JISHUGONGREN
SHANGGANGBIDU
HANGONG

张能武 主编



辽宁科学技术出版社
LIAONINGKEXUEJISHUCHUBANSHE

技术工人上岗必读

焊工

常州大学图书馆
藏书

张能武

主编

辽宁科学技术出版社

沈阳

图书在版编目(CIP)数据

焊工 / 张能武编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社,
2012.6

(技术工人上岗必读)

ISBN 978-7-5381-7417-5

I. ①焊… II. ①张… III. ①焊接-技术培训-教材
IV. ①TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 063864 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市奇兴彩色广告印刷有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 16.75

字 数: 400 千字

印 数: 1~4000

出版时间: 2012 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-7417-5

定 价: 33.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj@126.com

http://www.lnkj.com.cn

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/7417

出版说明

机械制造业是技术密集型的行业，企业对技术工人的素质要求越来越高，企业有了技术过硬的操作技能人才，才能确保产品的加工质量，才能有较高的劳动生产率、较低的材料消耗，使企业获得较好的经济效益。因此，对广大技术工人进行比较系统的技术培训和学习，提高他们的理论知识和技能水平是当务之急，使他们不但能操作、会操作，而且知道为什么这样操作，从而能更好地挖掘他们的潜力，发挥他们的主观能动作用，不断提高他们的技术水平。所以，我们编辑出版了“技术工人上岗必读”系列丛书，首批出版的是《车工》、《铣工》、《模具工》、《磨工》、《钳工》和《焊工》，计6种。

本套“丛书”的写作宗旨是力求实用好用、通俗易懂，指导初学者快速入门、步步提高，逐渐成为机械加工行业的骨干。在写作时，既考虑初学者的“入学”，又将照顾一般机械加工人员的“提高”。因此，指导性和实用性成为“丛书”的两大特征。

现在图书市场上有关指导技术工人的书籍已经很多，但本套丛书将体现以下特点。

特点一：理论与实践紧密结合。对机械加工人员而言，不讲理论是提高不了的，但关键是所讲理论知识要能看得懂、用得上。因此，本丛书在介绍理论时特别注重与实践相结合，不讲过深、过繁、过多的抽象理论。

特点二：注重典型实例与技能操作。机械加工各工种是一件操作和技能性比较强的工作，本丛书所介绍的内容是从业人员应该掌握的基本知识和基本操作技能，书中的典型实例都是成熟的操作工艺，便于读者模仿和借鉴，减少了学习的弯路，能更好地

运用到实际生产中去，其中有不少实例是作者们多年实践总结出来的“看家本领”。

特点三：图文并茂，好读易用。丛书在写作风格上力求简单、明了。以图解的形式配以简明的文字说明具体的操作过程和操作工艺，读者可大大提高阅读效率，容易理解、吸收。

本丛书的读者对象是在机械加工岗位的一线技术工人，也适合技工学校、职业院校和各种短训班作为专业课教材，亦可作为企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、下岗再就业和农民工培训机构的理想教材。

前 言

焊接技术被广泛应用于机械制造、造船、车辆、建筑、航空、航天、锅炉、压力容器、电工电子、石油化工机械、矿山、起重及国防等各个行业。随着现代科学的进步,焊接新工艺、新材料、新装备不断涌现,现代化、自动化水平不断提高,为了满足焊接技术工人不断提高理论技术水平和实际动手操作技能的需求,我们组织编写了本书。

本书主要介绍了焊接基本知识、焊接设备、焊接材料、气焊与气割、焊条电弧焊、埋弧焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊、电渣焊等焊接方法的操作技术。在编写过程中,理论内容尽量少而通俗易懂,注重操作技能和生产实例,生产实例均来自于生产实际,并吸取一线工人师傅的经验总结,书中所用名词、术语、标准等均贯彻了最新国家标准。

本书图文并茂,内容丰富,浅显易懂,取材实用而精练,可供技工学校、职业技术学院广大师生实习及初中级技术工人、焊工上岗前培训和自学用书。

本书由江南大学张能武同志主编,参加编写的人员还有:陈伟、邓杨、唐艳玲、唐雄辉、邵健萍、刘利国、姜松、刘文花、吴亮、王荣、章奇、陈锡春、张茂龙、刘瑞、刘玉妍、周小渔、王春林等。在编写过程中参考了相关出版物,并得到江南大学机械工程学院、江苏省机械工程学会、无锡市焊接学会等单位的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 焊工常用基本知识

第一节 金属材料基本知识	1
一、金属材料的分类	1
二、金属材料的主要性能指标	5
三、金属材料的热处理	9
四、钢的焊接性	13
第二节 焊接方法的分类与选择	16
一、焊接方法分类	16
二、焊接方法的选择	22
第三节 焊接接头及焊缝形式	27
一、焊接接头的特点及形式	27
二、焊缝	32

第二章 焊接设备

第一节 焊接设备概述	39
一、焊接设备的分类	39
二、选用焊接设备的一般原则	40
三、电焊机型号及代表符号	40
第二节 埋弧焊设备	48
一、埋弧焊的操作特点	48
二、埋弧焊机	49
三、埋弧焊用辅助装置	53
第三节 气体保护焊机	56
一、气电焊机的组成	56

二、气电焊机的分类	62
三、气体保护焊设备的选用	63
第四节 电阻焊机	66
一、电阻焊机的分类	66
二、电阻焊机的组成及主要作用	68
三、常用电阻焊机主要技术数据及用途	68
第五节 电渣焊设备	69
一、电渣焊的原理及特点	69
二、焊接电源	71
三、电渣焊机结构	72
四、常用电渣焊机的技术数据	73
五、电渣焊设备维护和保养	76
第六节 其他焊接设备	77
一、激光焊设备	77
二、电子束焊机	80
三、摩擦焊机	82
四、焊接机器人	86

第三章 焊接材料

第一节 焊条	90
一、焊条的组成及作用	90
二、焊条的分类、选择和用途	92
三、焊条的保管及使用	126
第二节 焊丝	127
一、焊丝的分类	127
二、焊丝的正确使用和保管	133
第三节 焊剂	133
一、埋弧焊剂的分类	134
二、埋弧焊剂型号、牌号的编制	134

第四节 钎料	140
一、钎料的分类及型号	140
二、硬钎料的成分、性能及作用	140
三、软钎料的性能及用途	144
第五节 其他焊接材料	148
一、气体保护焊用气体	148
二、气体保护焊用钨极材料	152
三、碳弧气刨用碳电极	153

第四章 气焊与气割

第一节 气焊与气割操作基础	155
一、气焊操作基础	155
二、气割操作基础	157
第二节 气焊操作技能	162
一、焊前准备	162
二、气焊基本操作	164
三、各种焊接位置气焊的操作	168
四、T形接头和搭接接头的气焊	174
五、管子的气焊操作	176
第三节 气割操作技能	181
一、氧-乙炔气割操作	181
二、快速优质切割	185
三、氧-液化石油气切割	189
四、氧-丙烷气割	191
五、氧-熔剂气割	194
第四节 气焊与气割操作实例	199
一、气焊操作实例	199
二、气割操作实例	206

第五章 焊条电弧焊

第一节 操作基础	215
一、焊条电弧焊的特点	215
二、应用范围	216
三、焊接工艺	216
第二节 操作技能训练实例	224
一、对接焊操作技能	224
二、角焊操作技能	232
三、立焊操作技能	244
四、薄板的焊接操作	251
五、两低合金钢管正交相接固定焊操作	252
六、铸铁柴油机盖裂纹的补焊操作	254
七、低合金钢管斜 45° 位置固定焊接操作	256
八、奥氏体不锈钢 0Cr18Ni9 (304) 对接平焊操作 - - -	259
九、不锈钢复合板的焊接操作	261
十、不锈钢耐腐蚀层的焊接操作	264

第六章 埋弧焊

第一节 操作基础	267
一、埋弧焊的特点及应用范围	267
二、焊接工艺参数	268
三、埋弧焊的规范选择	272
第二节 操作技能	273
一、埋弧焊的焊前准备及操作技能	273
二、对接直缝的焊接操作技能	276
三、角焊缝的焊接操作技能	285
四、埋弧焊的堆焊操作技能	287
五、环缝对接焊的操作技能	289

六、埋弧焊的常见缺陷与预防措施	295
第三节 操作实例	297
一、搪玻璃开式反应罐的埋弧焊操作	297
二、低合金钢板 16MnR 平对接有垫板埋弧自动 焊操作	310
三、乙烯蒸馏塔（低温钢中厚板）的埋弧自动焊 操作	313
四、不锈钢对接焊缝的埋弧自动焊操作	315
五、埋弧自动焊横缝的焊接操作	316
六、异种钢埋弧自动（带极）堆焊操作	319

第七章 氩弧焊

第一节 操作基础	323
一、特点	323
二、氩气的保护效果	324
三、氩弧焊的分类及应用	327
四、氩弧焊规范选择	328
五、氩弧焊焊接操作基础	332
第二节 操作技能	335
一、自动钨极氩弧焊的操作技能	335
二、手动钨极氩弧焊的操作技能	340
三、熔化极氩弧焊的操作技能	341
四、薄板氩弧焊操作技能	346
五、管板氩弧焊的操作技能	348
六、管道氩弧焊的操作技能	349
七、氩弧焊的缺陷与防止	353
第三节 操作实例	356
一、铝及铝合金手工钨极氩弧焊的操作	356
二、4m ³ 纯铝容器的手工钨极氩弧焊操作	366

三、纯铜手工钨极氩弧焊的操作	369
四、有色铜板手工钨极氩弧焊的操作	373
五、奥氏体不锈钢手工钨极氩弧焊的操作	380
六、低碳钢板手工钨极氩弧焊对接平焊的操作	390
七、低碳钢薄板手工钨极氩弧焊角接平焊的操作	393
八、低碳钢 V 形坡口手工钨极氩弧焊双面焊的操作 ...	395

第八章 CO₂ 气体保护焊

第一节 操作基础	398
一、CO ₂ 气体保护焊的特点	398
二、CO ₂ 气体保护焊熔滴过渡形式	400
三、CO ₂ 气体保护焊焊接参数的选用	402
四、坡口的加工和清理	404
五、定位焊	404
六、CO ₂ 气体保护焊的基本操作	407
第二节 操作技能	415
一、平板对接平焊操作技能	415
二、平板对接立焊操作技能	422
三、平板对接横焊操作技能	425
四、平板对接仰焊操作技能	426
五、环缝焊接操作技能	429
六、CO ₂ 电弧点焊焊接技术	431
七、CO ₂ 气体保护焊常见缺陷及原因	431
第三节 操作实例	433
一、CO ₂ 气体保护半自动焊 (药心焊丝) 横焊单面焊 双面成形	433
二、CO ₂ 气体保护半自动焊 (实心焊丝) 平焊单面焊 双面成形	437
三、CO ₂ 气体保护半自动焊 (实心焊丝) 立焊单面焊	

双面成形	440
四、CO ₂ 气体保护半自动焊 (实心焊丝) 平角焊缝的焊接 ...	442
五、CO ₂ 气体保护的电弧点焊焊接	444
六、环焊缝的 CO ₂ 自动焊焊接	446

第九章 电渣焊

第一节 操作基础	450
一、电渣焊的特点	450
二、电渣焊的分类	451
三、电渣焊的应用范围	453
四、各类电渣焊焊接规范的选择	453
第二节 操作技能	461
一、丝极电渣焊的操作技能	461
二、直缝丝极电渣焊的操作技能	465
三、环缝丝极电渣焊的操作技能	475
四、板极电渣焊的操作技能	483
五、熔嘴电渣焊的操作技能	484
六、管极电渣焊的操作技能	488
七、电渣焊操作时的注意事项	490
第三节 操作实例	491
一、铸件缺陷的手工电渣补焊	491
二、平板对接板管状熔嘴电渣焊	493
三、柱套环焊缝丝极电渣焊	495
四、轧钢机辊支架的板极电渣焊	498

第十章 其他焊接技术

一、钎焊	501
二、扩散焊	509
三、激光焊	515
参考文献	523

第一章 焊工常用基本知识

第一节 金属材料基本知识

一、金属材料的分类

1. 金属材料的分类

金属材料一般分为钢铁材料（黑色金属）和有色金属两大类，具体的分类方法见表 1-1。

表 1-1 金属材料的分类

金属材料	钢铁材料	钢	铸钢	铸造碳钢	
				铸造合金钢	
			碳素钢	结构钢	
				工具钢	
			合金钢	合金结构钢	渗碳钢
					调质钢
					弹簧钢
					滚动轴承钢
				合金工具钢	低合金工具钢
					高速钢
				合金模具钢	冷作模具钢
					热作模具钢
				特殊性能钢	不锈钢
					耐热钢
					耐磨钢
					磁钢
					粉末冶金

续表

金属材料	钢铁材料	铸铁	白口铸铁
			灰口铸铁
			可锻铸铁
			球墨铸铁
	有色金属	铜及铜合金	
		铝及铝合金	
		其他合金: 镁、钛、镍、铅、锌、锡合金等	

2. 钢铁材料的分类

(1) 钢铁的分类见表 1-2。

表 1-2 钢铁的分类

名称	定 义	用 途
工业纯铁	杂质总含量 $< 0.2\%$ 及含碳量在 $0.02\% \sim 0.04\%$ 的纯铁	重要的软磁材料,也是制造其他磁性合金的原材料
生铁	含碳量 $> 2\%$, 并含硅、锰、硫、磷等杂质的铁碳合金	通常分为炼钢用生铁和铸造用生铁两大类
铸铁	以铸造生铁为原料, 在重熔后直接浇注成铸件, 是含碳量 $> 2\%$ 的铁碳合金	主要有灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、耐磨铸铁和耐热铸铁
铸钢	铸钢是指采用铸造方法产出来的一种钢铸件, 其含碳量一般在 $0.15\% \sim 0.60\%$	一般分为铸造碳钢和铸造合金钢两大类
钢	以铁为主要元素, 含碳量一般小于 2% , 并含有其他元素的材料	炼钢生铁经炼钢炉熔炼的钢, 除少数是直接浇注成钢铸件外, 绝大多数是先铸成钢锭、连铸坯, 再经过锻压或轧制成锻件或各种钢材。通常所讲的钢, 一般是指轧制成各种型材的钢

(2) 钢的分类见表 1-3。

表 1-3 钢的分类

分类方法	分类名称	特征说明
按化学成分分	碳素钢	按含碳量不同,可分为: (1)低碳钢,含碳量 $\leq 0.25\%$ (2)中碳钢, $0.25\% < \text{含碳量} \leq 0.60\%$ (3)高碳钢,含碳量 $> 0.60\%$
	合金钢	在冶炼碳素钢的基础上,加入一些合金元素而炼成的钢。按其合金元素总含量,可分为: (1)低合金钢:合金元素总含量 $\leq 5\%$ (2)中合金钢: $5\% < \text{合金元素总含量} \leq 10\%$ (3)高合金钢:合金元素总含量 $> 10\%$
	按炉别分	(1)平炉钢:又分为酸性和碱性两种 (2)转炉钢:又分为酸性和碱性两种 (3)电炉钢:有电弧炉钢、感应炉钢和真空感应炉钢
	按脱氧程度分:沸腾钢 F、半镇静钢 B、镇静钢 Z、特殊镇静钢 TZ (一般 Z、TZ 予以省略)	(1)沸腾钢:该钢脱氧不完全,浇铸时产生沸腾现象。优点是冶炼成本低,表面质量及深冲性能好;缺点是化学成分和质量不均匀,抗腐蚀性能和机械强度较差,且晶粒粗化,有较大的时效趋向性、冷脆性。在 0°C 以下焊接时,接头内可能出现脆性裂纹。一般不宜用于重要结构 (2)镇静钢:完全获得脱氧的钢,化学成分均匀,晶粒细化,不存在非金属夹杂物,其冲击韧性比晶粒粗化的钢提高 $1 \sim 2$ 倍。一般优质碳素钢和合金钢均是镇静钢 (3)半镇静钢:脱氧程度介于上述两种钢之间。因生产较难控制,产量较少
按钢的品质分	普通钢	P 含量 $\leq 0.045\%$, S 含量 $\leq 0.055\%$;或 P(S)含量 $\leq 0.05\%$
	优质钢	P(S)含量 $\leq 0.04\%$
	高级优质钢	P 含量 $\leq 0.030\%$; S 含量 $\leq 0.020\%$;通常在钢号后面加“A”
按结构钢的强度等级分	Q235	屈服强度 $\sigma_s = 235\text{MPa}$, 使用很普遍
	Q345	屈服强度 $\sigma_s = 345\text{MPa}$, 使用很普遍
	Q390	屈服强度 $\sigma_s = 390\text{MPa}$; 综合性能好, 如 15Mn-VR, 15MnTi
	Q400	屈服强度 $\sigma_s \geq 400\text{MPa}$ (如, 30SiTi)
	Q440	屈服强度 $\sigma_s \geq 440\text{MPa}$ (如 15MnVNR)

续表

分类方法	分类名称	特征说明
按钢的用途分	结构钢	除专用钢外的工程结构钢,例如 Q235、Q345 等
	专用钢	锅炉用钢(牌号末位用 g 表示) 桥梁用钢(牌号末位用 q 表示),如 16q、16Mnq 等 船体用钢,一般强度钢分为 A、B、C、D、E 五个等级 压力容器用钢(牌号末位用 R 表示) 低温压力容器用钢(牌号末位用 DR 表示) 汽车大梁用钢(牌号末位用 L 表示) 焊条用钢(手工电弧焊条冠以“E”,埋弧焊焊条冠以“H”)
	工具钢	如碳素工具钢、合金工具钢、高速工具钢等
	特殊钢	如不锈钢、耐酸钢、耐热不起皮钢、耐磨钢、磁钢等

3. 工业上常见的有色金属

工业上常见的有色金属见表 1-4。

表 1-4 工业上常见的有色金属

纯金属	铜(纯铜)、镍、铝、镁、钛、锌、铅、锡等		
合金	铜合金	黄铜	普通黄铜(铜锌合金)
			特殊黄铜(含有其他合金元素的黄铜):铝黄铜、铅黄铜、锡黄铜、硅黄铜、锰黄铜、铁黄铜、镍黄铜等
		青铜	锡青铜(铜锡合金,一般还含有磷或锌、铅等合金元素)
			特殊青铜(铜与除锌、锡、镍以外的其他合金元素的合金):铝青铜、硅青铜、锰青铜、铍青铜、锆青铜、铬青铜、镉青铜、镁青铜等
		白铜	普通白铜(铜镍合金)
			特殊白铜(含有其他合金元素的白铜):锰白铜、铁白铜、锌白铜、铝白铜等
	铝合金	压力加工用(变形用)	不可热处理强化的铝合金:防锈铝
			可热处理强化的铝合金:硬铝、锻铝、超硬铝等
		铸造用	铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金、铝锌合金等