

G GANG PEI XUN JIAO CAI

第2版

焊工取证上岗 培训教材



中国焊接协会培训工作委员会 组编

强调针对性 突出实用性 焊工取证上岗的良师益友



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书是根据1995年版修订的,保持了原来的整体结构,结合国家质量监督检验检疫总局颁发的《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》和《钢熔化焊工技能评定》两标准对焊工的要求,在内容上有所调整和增删。

修订版将焊条电弧焊、CO₂气体保护焊手工钨极氩弧焊、埋弧焊四种焊接方法的培训项目由原61项增至82项考核实例。这些实例是吸收我国多年焊工培训和考试经验并参照德国焊接协会培训经验编写而成的,是推广连弧焊法、单面焊双面成形技术的实践成果。

书中还扼要地介绍了焊工应知的基础理论知识。较详细地叙述了最新运条方法。全书采用了最新的国家和行业标准,以及国产焊机型号、技术数据。内容实用,针对性强,图文并茂,具体生动,是一本难得的培训教材。

本书是培训锅炉压力容器、压力管道焊工和钢结构焊工的教材,还可供取证焊工、焊工培训人员和焊接技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工取证上岗培训教材/中国焊接协会培训工作委员会组编;
钱在中主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2008.1
ISBN 978-7-111-03763-7

I. 焊... II. ①中...②钱... III. 焊接-技术培训-
教材 IV. TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第096897号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:俞逢英 责任编辑:俞逢英 版式设计:张世琴

责任校对:陈延翔 封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·30.75印张·763千字

37 201—41 200册

标准书号:ISBN 978-7-111-03763-7

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379083

封面无防伪标均为盗版

序

《焊工取证上岗培训教材》一书是我任中国机械工艺焊接协会，第一届副理事长时，根据焊接培训工作委员会决议，由当时焊接培训工作委员会副秘书长钱在中高级工程师任主编，由张宇光、马新、时再来、王绍国、郑向东等高级工程师编写，由我及高慧玲、张志良、叶光中等高级工程师担任审稿、策划工作，于1995年出版，10多年来深受读者欢迎，多次重印。

这次修订除保持了第1版的先进性、实用性、科学性特点外，用通俗易懂的语言，详细说明了每个培训项目的操作要点，重点突出，图文并茂，还根据最新国家标准，补充了焊接材料、焊接设备和焊接安全技术等有参考价值的资料。尤其重要的是总结了焊接过程中，在不调节焊接设备的情况下，控制焊缝熔深和焊缝成形的经验。通过控制电弧高度、改变电弧的静特性曲线的位置、电弧稳定燃烧点的方法改变焊接电流和电弧功率；并通过改变电弧对中位置和焊条或焊枪倾斜角度的方法，以及改变焊件上电弧功率的分配比例，以达到控制熔深和焊缝成形的目的，进而提高焊接质量。这不仅从焊接基础理论上得到了提升，还从实践上说明了焊接操作时应注意的事项，这个经验是焊工操作技术的一个创举，很有实用性，在实际操作中值得推广。

相信此次修订一定会得到广大焊工以及从事焊工培训工作者的欢迎，为发展我国焊接产业，培训优秀焊工作出新的贡献。



第2版前言

《焊工取证上岗培训教材》是由中国焊接协会培训工作委员会组织各培训中心站集体创作。是培委会及成员单位共同合作的成果。自1995年问世以来,深受广大读者的欢迎,已重印10多次,总印数近4万多册。

10多年来我国焊接事业的蓬勃发展,有关部门颁发了很多新的国家专业标准,特别是国家质量监督检验检疫总局分别于2002年、2004年颁发了《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》和《钢熔化焊工技能评定》两项标准,进一步规范了焊工考试的要求。为了适应新的情况,贯彻这些新的标准,我们重新修订了这本教材。修订版是在第1版教材的基础上进行补充和完善,内容上有所调整和增删。

再版的新教材有以下特点:

1. 突出了实际培训以锅炉压力容器压力管道焊工,钢结构熔化焊工培训考试项目要求为主线编写教案,并将培训项目由原来的61个实例增加至82个。教案详细说明了每个培训项目的焊前准备、焊接参数、焊接操作要点、焊后检验项目、标准和要求。所有教案都是现实可行的,也是学习德国焊接学会培训焊工的先进经验、推广单面焊双面成形技术的实践成果。

2. 根据最新国家标准,着重介绍了四种焊接方法的焊接材料与设备的有关资料。

3. 简要地介绍了焊工应知的专业基础理论和安全知识。

4. 书中还在总结实践经验的基础上,钱在中和高慧玲二人提出“焊接时可通过改变弧长、焊条或焊枪的倾斜角度和电弧对中位置,微调焊接电流,改变电弧能量在焊件中的分配比例,达到控制熔深和焊缝成形的目的”。这种提法不仅从理论上完善了“焊条要有三个基本方向的运动”的经典运条方法,而且在实践上可以防止焊接缺陷,改善焊缝成形、提高焊接质量,是焊工操作技术的创新。

本书第1版中的部分编审人员因年事已高,或有些未能联系上,也有因公务繁忙,不能参加第2版的修订工作,对此我们深感遗憾,并对他们在本书第1版编写工作中所付出的辛勤劳动表示衷心感谢。

参加本书修订的有:钱在中、高慧玲、冀慧芬、钱庆、赵春林、时再来、张宇光、王绍国、王建华。本书由太原重型机械集团公司焊接培训中心站钱在中高级工程师任主编,经安珣教授级高级工程师审定并作序。安珣教授级高级工程师是在病中休养时为本书审稿,本书第一次提出的焊条电弧焊新运条法也是经安珣教授级高级工程师审查认可的。不幸的是安珣教授已于2005年11月与世长辞,从此我们失去了一位良师益友和焊接专家,在此谨以此书的出版,表示对安珣教授级高级工程师的深切怀念和感谢!

本书在编写过程中得到了太原重型机械集团公司焊接培训中心等单位的大力支持与帮助,在此表示衷心感谢。对本书所引用文献的作者和为本书提供有关资料及做有益帮助的同志深表谢意。

由于编者学识所限,疏漏、错误之处难免,敬请读者批评指正。

中国焊接协会培训工作委员会

第1版前言

在机电行业焊工中实行持证上岗制度,是进一步提高全国机电行业焊工技术素质,确保产品焊接质量的有效措施之一。

机械电子工业部机电教〔1989〕1810号文决定“自1990年起在全国机电行业焊工中逐步实行持证上岗制度。由中国焊接协会培训工作委员会负责机电行业上岗焊工的培训考核和资格证书的发放管理工作。”为此我们组织编写了这本培训教材。

本教材的特点是突出了实际操作培训。按劳动部《锅炉压力容器焊工考试规则》规定的考试项目和要求,编写了操作技能培训教案,用通俗的语言,详细地说明了每个项目的试板尺寸,装配间隙与反变形,焊接工艺参数,焊接操作要点和焊后检验标准等要求和具体做法,这些教案都是培委会会员单位长期培训焊工行之有效的经验总结,是学习德国培训焊工的先进经验,推广连弧焊法的实践成果,培委会决定在推广这些经验,作为实现“统一规划、统一标准、统一教材、统一验收、统一资格”(五统一)奋斗目标的尝试。

本书第一篇由哈尔滨焊接培训中心张宇光高级工程师编写;第二篇由太原重机厂钱在中高级工程师编写;第三篇由哈尔滨锅炉厂马新高级工程师编写;第四篇由东方锅炉厂时再来高级工程师和王绍国、郑向东两位高级工程师编写;第五篇由上述人员集体编写,全书由钱在中高级工程师统稿。此外太原重机厂安珣教授级高级工程师、高慧玲高级工程师、兰州石油化工机械厂张志良高级工程师,哈尔滨焊接培训中心叶光中高级工程师等参加了审稿、策划等工作,在教材编写过程中还得到了上述单位领导的大力支持,在此一并表示致谢。

由于参加编写教材的单位离得较远,联系比较困难,时间比较仓促,缺点错误在所难免,望同行们批评指正。

中国焊接协会培训工作委员会

目 录

序

第2版前言

第1版前言

第一篇 焊条电弧焊

第一章 概述	1	第二节 弧焊电源的型号及技术特性	28
第一节 焊接电弧	2	一、弧焊电源的型号	28
一、焊条电弧焊电弧的静特性	2	二、弧焊电源的技术特性	29
二、电弧的温度分布	2	三、弧焊电源的选择	31
三、正接与反接	2	第三节 常用弧焊电源	31
四、直流电源极性的鉴别方法	2	一、弧焊变压器	31
第二节 电弧偏吹	3	二、直流弧焊发电机	34
一、产生电弧偏吹的原因	3	三、弧焊整流器	34
二、防止电弧偏吹的措施	3	四、几种直流焊机的主要技术指标比较	45
第二章 焊条	4	第四节 弧焊电源的正确使用与维护	45
第一节 焊条的组成及作用	4	一、弧焊电源的外部接线	45
一、焊芯	4	二、弧焊电源的正确使用	47
二、药皮	4	三、焊机常见故障的排除	47
第二节 焊条的种类、型号及规格	5	第五节 常用工具	50
一、焊条的种类及型号	5	一、焊条电弧焊工具	50
二、焊条的规格	21	二、焊条电弧焊用辅助工具	52
三、酸性焊条与碱性焊条	21	第四章 焊接工艺	55
第三节 焊条的选用原则	22	第一节 坡口形式和焊接位置	55
一、等强度原则	22	一、焊条电弧焊的坡口形式	55
二、等同性原则	23	二、焊条电弧焊的焊接位置	55
三、等条件原则	23	第二节 焊接参数的选择	55
第四节 焊条的检验和保管	23	一、焊条种类和牌号的选择	55
一、焊条的检验	23	二、焊接电源种类和极性的选择	56
二、焊条的贮存、保管及烘干	24	三、焊条直径的选择	56
第三章 焊条电弧焊设备及工具	25	四、焊接电流的选择	56
第一节 弧焊电源的种类及其基本要求	25	五、电弧电压的选择	57
一、弧焊电源的分类	25		
二、对弧焊电源的基本要求	26		

六、焊接速度的选择	57	仰焊	85
七、焊接层数的选择	57	一、试板装配尺寸	85
第三节 基本操作技术	57	二、焊接参数	85
一、引弧	57	三、焊接要点	85
二、运条	58	第六章 管子对接	87
三、焊缝的起头	62	第一节 焊前准备与焊后检验	87
四、焊缝的收弧	62	一、焊前准备	87
五、焊缝的接头	62	二、焊后检验	89
第四节 定位焊与定位焊缝	63	第二节 小径管对接	91
一、定位焊的作用	63	一、小径管垂直固定对接	91
二、定位焊的注意事项	63	二、小径管水平固定全位置焊	93
第五节 单面焊双面成形操作技术	64	三、小径管 45°固定对接	94
一、单面焊双面成形接头的形式	64	第三节 大径管对接	95
二、连弧焊和断弧焊的特点	64	一、大径管垂直固定对接	95
第六节 各种位置的焊接	65	二、大径管水平固定全位置焊	97
一、平焊	65	三、大径管 45°固定全位置焊	99
二、立焊	68	第七章 管板焊接	100
三、横焊	71	第一节 焊前准备与焊后检验	101
四、仰焊	71	一、焊前准备	101
第五章 平板对接	74	二、焊后检验	102
第一节 焊前准备与焊后检验	74	第二节 骑座式管板的焊接	103
一、焊前准备	74	一、管板垂直固定俯焊	103
二、焊后检验	75	二、管板水平固定全位置焊	106
第二节 板厚 12mm 的 V 形坡口对接		三、管板垂直固定仰焊	108
平焊	77	第三节 不焊透的插入式管板	
一、试板装配尺寸	77	焊接	110
二、焊接参数	77	一、管板垂直固定俯焊	110
三、焊接要点	77	二、管板垂直固定仰焊	110
第三节 板厚 12mm 的 V 形坡口对接		三、管板水平固定全位置焊	111
(向上)立焊	80	第四节 需焊透的插入式管板焊接	112
一、试板装配尺寸	80	一、管板水平转动俯焊	113
二、焊接参数	80	二、管板垂直固定俯焊	115
三、焊接要点	81	三、管板垂直固定仰焊	115
第四节 板厚 12mm 的 V 形坡口对接		四、管板水平固定全位置焊	116
横焊	83	五、管板 45°固定全位置焊	118
一、试板装配尺寸	83	第八章 T 形接头焊接	120
二、焊接参数	83	第一节 焊前准备与焊后检验	120
三、焊接要点	83	一、焊前准备	120
第五节 板厚 12mm 的 V 形坡口对接		二、检验要求	120

第二节 焊接技术	121	二、T 形接头的立角焊	122
一、T 形接头的平角焊	121	三、T 形接头的仰角焊	123
第二篇 CO₂ 气体保护焊			
第一章 概述	125	第四章 焊接工艺	168
第一节 CO ₂ 气体保护焊的工作原理 及特点	125	第一节 常用坡口形式	168
一、CO ₂ 气体保护焊的工作原理	125	一、坡口形式	168
二、CO ₂ 气体保护焊的特点	126	二、坡口加工方法	168
三、CO ₂ 气体保护焊的应用范围	128	第二节 焊接参数的选择	168
第二节 CO ₂ 气体保护焊电弧与熔滴 过渡	128	一、焊丝直径的选择	168
一、CO ₂ 气体保护焊电弧	128	二、焊接电流的选择	169
二、CO ₂ 气体保护焊熔滴过渡形式	128	三、电弧电压的选择	170
第三节 混合气体保护焊	130	四、焊接速度的选择	172
第四节 药芯焊丝气体保护焊	132	五、焊丝伸出长度的选择	172
一、药芯焊丝气体保护焊的原理	132	六、电流极性的选择	173
二、药芯焊丝气体保护焊的特点	133	七、气体流量的选择	173
三、药芯焊丝气体保护焊的应用范围	133	八、焊枪倾角的选择	174
第二章 焊接材料	134	九、电弧对中位置的选择	174
第一节 气体	134	十、喷嘴高度的选择	175
一、CO ₂ 气体	134	第三节 基本操作技术	175
二、其他气体	136	一、操作注意事项	175
第二节 焊丝	137	二、操作技术	179
一、实芯焊丝	137	第四节 常见故障和缺陷	182
二、药芯焊丝	141	一、设备故障引起的后果	182
第三章 CO ₂ 气体保护焊设备	152	二、操作不当引起的缺陷	184
第一节 设备简介	152	第五章 平板对接	187
一、供气系统	152	第一节 平板对接平焊	187
二、焊接电源	153	一、板厚 12mm 的 V 形坡口对接平焊	187
三、送丝机构	155	二、板厚 6mm 的 V 形坡口对接平焊	189
四、焊枪	157	三、板厚 2mm 的 I 形坡口对接平焊	190
第二节 国产 CO ₂ 气体保护焊机	160	第二节 平板对接立焊	190
一、焊机的型号	160	一、板厚 12mm 的 V 形坡口对接向上 立焊	191
二、国产半自动 CO ₂ 、MIG 和 MAG 熔化极 气体保护焊机的型号与技术数据	160	二、板厚 6mm 的 V 形坡口对接向上 立焊	192
第三节 焊机的使用与维护	162	三、板厚 2mm 的 I 形坡口对接向下 立焊	193
一、焊机的安装	162	第三节 平板对接横焊	193
二、焊机的使用与调整方法	163	一、板厚 12mm 的 V 形坡口对接横焊	194

二、板厚 6mm 的 V 形坡口对接横焊	196
三、板厚 2mm 的 I 形坡口对接横焊	197
第四节 平板对接仰焊	197
一、板厚 12mm 的 V 形坡口对接仰焊	197
二、板厚 6mm 的 V 形坡口对接仰焊	199
三、板厚 2mm 的 I 形坡口对接仰焊	199
第六章 管子对接	201
第一节 小径管对接	201
一、小径管水平转动对接	201
二、小径管水平固定全位置焊	202
三、小径管垂直固定对接	203
四、小径管 45° 固定全位置焊	203
第二节 大径管对接	204
一、大径管水平转动对接	204
二、大径管水平固定全位置焊	205
三、大径管垂直固定对接	206
四、大径管 45° 固定全位置焊	207

第七章 管板焊接	208
第一节 不需焊透的插入式管板焊接	208
一、管板垂直固定俯焊	208
二、管板水平固定全位置焊	210
三、管板垂直固定仰焊	211
第二节 需焊透的插入式管板焊接	211
一、管板水平转动俯焊	212
二、管板垂直固定俯焊	214
三、管板垂直固定仰焊	214
四、管板水平固定全位置焊	216
五、管板 45° 固定全位置焊	217
第三节 骑座式管板焊接	218
一、管板垂直固定俯焊	218
二、管板水平固定全位置焊	219
三、管板垂直固定仰焊	220

第三篇 埋 弧 焊

第一章 概述	222
一、埋弧焊的工作原理	222
二、埋弧焊的特点及应用范围	222
第二章 焊接材料	224
第一节 焊丝	224
一、焊丝的作用及其要求	224
二、焊丝的牌号	224
三、焊丝的保管与使用	228
第二节 焊剂	228
一、焊剂的作用及其要求	228
二、焊剂的种类和型号	228
三、焊剂的保管与使用	235
第三章 焊接设备	236
第一节 焊接电弧的自动调节	236
一、焊接电弧自动调节的要求	236
二、焊接电弧自动调节的方法	236
第二节 焊机的分类及型号	240
一、焊机的分类	240
二、埋弧焊机的型号及主要技术数据	240
第三节 MZ—1000 型埋弧焊机	243

一、焊机的性能	243
二、焊机的操作步骤	245
第四节 MZ—1—1000 型埋弧焊机	248
一、焊机的性能	248
二、操作步骤	250
第五节 埋弧焊机的维护及故障排除	252
一、埋弧焊机的维护	252
二、埋弧焊机常见故障和排除方法	252
第六节 常用辅助装备	254
一、焊丝除锈机	254
二、焊丝绕丝机	254
三、焊剂垫	255
四、焊剂输送与回收装置	255
五、焊接变位机	256
六、回转台	257
七、滚轮架	257
八、操作机	258
第四章 焊接工艺	261
第一节 焊前准备	261

一、坡口加工	261	第四节 板厚 30mm 的 U 形坡口 对接	272
二、待焊部位的清理	261	一、焊前准备	272
三、焊件的装配	261	二、焊接要点	273
四、焊接材料的清理	261	三、检验方法及要求	274
第二节 焊接参数的选择	262	第五节 板厚 65mm 的 UV 组合形 坡口对接	274
一、焊接电流的影响	262	一、焊前准备	274
二、电弧电压的影响	263	二、焊接要点	274
三、焊接速度的影响	263	三、检验方法及要求	276
四、焊丝直径与焊丝伸出长度的影响	264	第六章 典型焊缝的焊接	277
五、焊丝倾角的影响	265	第一节 对接环焊缝的焊接	277
六、焊件位置的影响	265	一、焊前准备	277
七、装配间隙与坡口角度的影响	265	二、焊接工艺	277
八、焊剂层厚度与粒度的影响	265	三、高压除氧器筒体环缝的焊接工艺 实例	279
九、电流极性对焊缝成形的影响	265	第二节 角焊缝的焊接	280
第五章 操作技能培训项目	267	一、船形焊	280
第一节 带垫板的 I 形坡口对接	267	二、板梁的焊接工艺实例	282
一、焊前准备	267	第三节 窄间隙埋弧焊	283
二、焊接要求	267	一、概述	283
三、检验方法及要求	268	二、操作方法	283
第二节 带焊剂垫的 I 形坡口对接	269	三、坡口形式的选择	284
一、焊前准备	269	四、焊接参数的选择	284
二、焊接要点	269	五、锅筒的焊接实例	285
三、检验方法及要求	271	第四节 堆焊	286
第三节 板厚 25mm 的 V 形坡口 对接	271	一、堆焊的特点	286
一、焊前准备	271	二、管板不锈钢带极堆焊实例	286
二、焊接要点	271		
三、检验方法及要求	272		

第四篇 手工钨极氩弧焊

第一章 概述	288	一、钨极的作用及其要求	292
一、氩弧焊的工作原理及其分类	288	二、钨极的种类、牌号及规格	293
二、氩弧焊的特点	289	三、钨极的载流量(许用电流)	294
第二章 焊接材料	291	四、钨极端头的几何形状及其加工	294
第一节 焊丝	291	第三节 氩气	295
一、焊丝的作用及其要求	291	一、氩气的性质	295
二、焊丝的牌号	291	二、对氩气纯度的要求	295
三、焊丝的使用与保管	292	三、氩气瓶	296
第二节 钨极	292	第四节 其他保护气体	296

一、氩气	296	六、焊缝的收弧	324
二、氩-氢混合气体	297	第三节 焊前与焊后检查	325
三、保护气体的选择	298	一、焊机的焊前检查	325
第三章 氩弧焊设备	300	二、负载检查	325
第一节 焊机型号及其技术特性	300	三、焊后检查	325
一、氩弧焊机的型号编制方法	300	第五章 平板对接	326
二、常用氩弧焊机的类型及其特点	302	第一节 焊前准备与焊后检验	326
三、典型手工钨极氩弧焊机简介	306	一、焊前准备	326
第二节 电源与控制设备	308	二、焊后检验	327
一、氩弧焊电源	308	第二节 板厚 6mm 的 V 形坡口	
二、引弧装置	308	对接	327
三、稳弧装置	309	一、板厚 6mm 的 V 形坡口对接平焊	327
四、消除交流氩弧焊直流分量的措施	309	二、板厚 6mm 的 V 形坡口对接向上	
五、控制系统	310	立焊	329
第三节 焊枪与流量调节器	311	三、板厚 6mm 的 V 形坡口对接横焊	329
一、氩弧焊焊枪	311	四、板厚 6mm 的 V 形坡口对接仰焊	331
二、氩气流量调节器	315	第六章 管子对接	333
第四节 钨极氩弧焊焊机的维护及		第一节 焊前准备与焊后检验	333
故障排除	316	一、焊前准备	333
一、钨极氩弧焊焊机的维护	316	二、焊后检验	334
二、钨极氩弧焊机常见故障和排除		三、X 光射线探伤	334
方法	316	四、力学性能试验	334
第四章 焊接工艺	318	第二节 小径管对接	335
第一节 焊接参数的选择	318	一、小径管水平转动对接	335
一、焊接电流与钨极直径的选择	318	二、小径管垂直固定对接	336
二、电弧电压的选择	319	三、小径管水平固定全位置焊	337
三、焊接速度的选择	319	四、小径管 45° 固定全位置焊	338
四、焊接电源种类和极性的选择	319	第三节 大径管对接	338
五、喷嘴直径与氩气流量的选择	320	一、大径管水平转动对接	338
六、钨极伸出长度的选择	320	二、大径管垂直固定对接	339
七、喷嘴与焊件间距离的选择	321	三、大径管水平固定全位置焊	339
八、焊丝直径的选择	321	四、大径管 45° 固定全位置焊	340
九、左焊法与右焊法的选择	321	第七章 管板焊接	341
第二节 基本操作技术	322	第一节 焊前准备与焊后检验	341
一、注意事项	322	一、焊前准备	341
二、焊缝的引弧	322	二、焊后检验	341
三、定位焊	322	第二节 不焊透的插入式管板焊接	341
四、焊接和焊缝接头	323	一、管板垂直固定俯焊	341
五、填丝	323	二、管板垂直固定仰焊	342

三、管板水平固定全位置焊	343
第三节 骑座式管板焊接	344
一、管板垂直固定俯焊	344
二、管板垂直固定仰焊	345
三、管板水平固定全位置焊	346
第四节 需焊透的插入式管板焊接 ..	347

一、管板水平转动俯焊	347
二、管板垂直固定俯焊	348
三、管板垂直固定仰焊	348
四、管板水平固定全位置焊	349
五、管板 45° 固定全位置焊	350

第五篇 基础知识

第一章 概述	351
一、焊接的优点	351
二、焊接的缺点	351
第一节 焊接方法概述	352
一、焊接的分类	352
二、常用熔焊方法	353
第二节 焊接电弧	355
一、焊接电弧的产生、结构及温度	355
二、焊接电弧的极性及其应用	356
三、电弧的静特性	357
第二章 焊接接头	358
第一节 焊接接头的特点	358
一、焊接接头的结构	358
二、焊缝金属的性能	358
三、熔合区和热影响区	361
四、影响焊接接头性能的因素及质量 控制	365
第二节 焊接接头的形式及焊接 位置	367
一、接头的形式和特点	367
二、焊接位置	369
第三节 焊缝符号的表示方法	369
一、焊缝符号的组成	369
二、焊缝符号在图样上的位置	372
三、焊缝基本符号的应用	374
四、焊缝基本符号的组合	375
五、特殊焊缝的标注	375
六、焊缝尺寸符号及标注位置	375
第三章 焊接应力和变形	381
第一节 焊接应力和变形产生的 原因	381

一、焊接应力和变形的概念	381
二、焊接应力和变形产生的原因	381
第二节 焊接应力及其控制	383
一、焊接应力的分类	383
二、影响焊接应力的因素	383
三、减小焊接应力的措施	384
四、消除焊接残余应力的方法	385
第三节 焊接变形及其控制方法	386
一、焊接变形的种类	386
二、影响焊接变形的因素	388
三、控制焊接变形的措施	389
四、焊后焊接残余变形的矫正方法	390
第四章 焊接缺陷和检验方法	392
第一节 焊缝形状缺陷	392
一、焊缝形状缺陷的种类及其危害	392
二、焊缝形状缺陷产生原因及其预防 措施	393
第二节 未熔合与未焊透	394
一、未熔合与未焊透的定义及危害	394
二、未熔合与未焊透产生原因及其 预防措施	394
第三节 气孔、夹渣与夹杂	395
一、气孔与夹渣的定义	395
二、气孔、夹渣与夹杂产生原因及其 预防措施	395
第四节 裂纹	396
一、热裂纹	396
二、冷裂纹	397
三、再热裂纹	398
四、层状撕裂	398
第五节 其他缺陷	399

一、其他缺陷的定义及种类	399	第三节 钢材的焊接性	430
二、其他缺陷产生原因及其预防措施	400	一、焊接性的定义	430
第六节 焊接检验	400	二、影响焊接性的因素	430
一、破坏性检验方法简介	401	三、钢材焊接性的评定方法	431
二、非破坏性检验方法简介	408	第四节 低碳钢的焊接	431
第五章 焊接安全知识	414	一、低碳钢的焊接性	431
第一节 个人防护	414	二、低碳钢的焊接工艺要点	431
一、佩戴个人防护用具的意义	414	第五节 低合金高强度钢的焊接	432
二、个人防护用具的种类和要求	414	一、热轧及正火钢的焊接	432
第二节 安全用电	415	二、低碳调质钢的焊接	436
一、电流对人体的危害	415	三、中碳调质钢的焊接	440
二、预防触电的措施	416	第六节 珠光体型耐热钢的焊接	443
三、触电与急救	416	一、珠光体型耐热钢的成分与性能	443
第三节 防火、防爆	418	二、珠光体型耐热钢的焊接性	445
一、焊接现场发生爆炸的可能性	418	三、珠光体型耐热钢的焊接工艺要点	445
二、防火、防爆措施	418	第七节 低温钢的焊接	446
第四节 特殊环境焊接的安全技术	419	一、低温钢的成分与性能	446
一、容器内的焊接	419	二、低温钢的焊接性	447
二、高空的焊接作业	419	三、低温钢的焊接工艺要点	448
三、露天或野外的焊接作业	420	第八节 奥氏体型不锈钢的焊接	449
第五节 焊接安全卫生	420	一、奥氏体型不锈钢的成分与性能	449
一、焊工尘肺	420	二、奥氏体型不锈钢的焊接性	450
二、臭氧对呼吸道的危害	420	三、奥氏体型不锈钢的焊接工艺要点	451
三、电光性眼炎	420	第七章 焊接相关基础知识	453
四、锰中毒	420	第一节 金属材料的力学性能	453
五、氟中毒	421	一、拉伸试验	453
六、焊工职业病的预防和早期诊断	421	二、材料的力学性能指标和试验方法	454
第六章 常用钢材及其焊接	422	第二节 热处理的基本知识	461
第一节 常用钢材	422	一、纯金属和合金	461
一、钢的分类	422	二、铁碳合金	462
二、我国钢材牌号的表示方法	422	三、钢的热处理	465
第二节 常用钢材的化学成分与力学性能	424	第三节 电工常识	470
一、碳素结构钢的化学成分与力学性能	424	一、电路	470
二、合金结构钢的化学成分和力学性能	425	二、电功及电功率	475
		三、电流的热效应	475
		四、电动机与变压器	476
		参考文献	478

第一篇 焊条电弧焊

本篇讲述焊条电弧焊的专业知识及操作技能。

第一章 概 述

焊条电弧焊是最常用的熔焊方法之一。焊接过程如图 1-1-1 所示。

在焊条末端和焊件之间燃烧的电弧所产生的高温使药皮、焊芯及焊件熔化，药皮熔化过程中产生的气体和熔渣，不仅使熔池和电弧周围的空气隔绝，而且和熔化了焊芯、母材发生一系列冶金反应，使熔池金属冷却结晶后形成符合要求的焊缝。

焊条电弧焊具有以下优点：

(1) 设备简单，维护方便 焊条电弧焊可用交流焊机或直流焊机进行焊接，这些设备都比较简单，购置设备的投资少，而且维护方便，一般小厂和个人都买得起，这是它应用广泛的原因之一。

(2) 操作灵活 在空间任意位置的焊缝，凡焊条能够达到的地方都能进行焊接。

(3) 应用范围广 选用合适的焊条不仅可以焊接低碳钢、低合金高强度钢，而且还可以焊接高合金钢及有色金属，不仅可焊接同种金属，而且可以焊接异种金属，还可以在普通钢上堆焊具有耐磨、耐腐蚀、高硬度等特殊性能的材料，应用范围很广。

焊条电弧焊具有以下缺点：

(1) 对焊工要求高 焊条电弧焊的焊接质量，除靠选用合适的焊条，焊接参数及焊接设备外，主要靠焊工的操作技术和经验保证，在相同的工艺设备条件下，一名技术水平高、经验丰富的焊工能焊出外形美观、质量优良的焊缝，而一名技术水平低、没有经验的焊工焊出的焊缝却可能不合格。

(2) 劳动条件差 焊条电弧焊主要靠焊工的手工操作控制焊接的全过程，焊工不仅要完成引弧、运条和收弧等动作，而且要随时观察熔池，根据熔池情况，不断地调整焊条角度、摆动方式和幅度，以及电弧长度等。所以说整个焊接过程中，焊工都处在手脑并用，精神高度集中的状态，而且还要受到高温烘烤，在有毒的烟尘及金属和金属氮化合物的蒸气环境中工作，焊工的劳动条件是比较差的，因此要加强劳动保护。

(3) 生产效率低 受焊工体能的影响，焊接参数选择较小，故生产效率低。

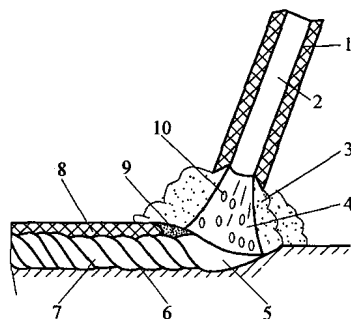


图 1-1-1 焊条电弧焊过程示意图

1—药皮 2—焊芯 3—保护气体 4—电弧
5—熔池 6—母材 7—焊缝 8—渣壳
9—熔渣 10—熔滴

(4) 应用范围 由于焊条电弧焊具有设备简单、操作方便、适应性强,能在空间任何位置进行焊接等优点,使它在国民经济各行业都得到了广泛的应用,如造船、锅炉及压力容器、机械制造、建筑结构、化工设备等制造维修行业中都广泛使用焊条电弧焊。

第一节 焊 接 电 弧

一、焊条电弧焊电弧的静特性

由于焊条电弧焊使用的焊接电流较小,特别是电流密度较小,焊条电弧焊电弧的静特性处于水平段,如图 1-1-2 所示。

二、电弧的温度分布

焊条电弧焊电弧在焊条末端和焊件间燃烧,焊条和焊件都是电极,焊接钢材时,它们的最高温度受钢的沸点影响,阴极约 2400K,阳极约 2600K,弧柱温度为 6000~8000K。

由于交流电弧两个电极的极性在不断地变化,故两个电极的平均温度是相等的,而直流电弧正极的温度比负极高 200℃ 左右。

三、正接与反接

焊条电弧焊采用直流电源时,若焊件接电源负极,焊条接电源正极称直流反接,又称负极性;若焊件接电源正极,焊条接电源负极称直流正接,又称正极性,如图 1-1-3 所示。由于直流正接时焊件接正极,温度较高,故用来焊厚板,而反接可用来焊薄板。

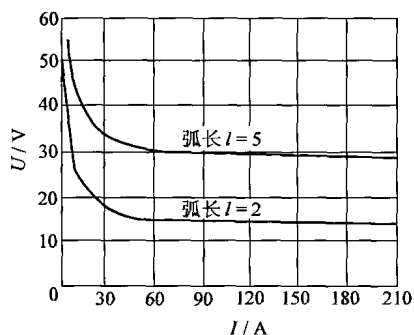


图 1-1-2 焊条电弧焊电弧的静特性

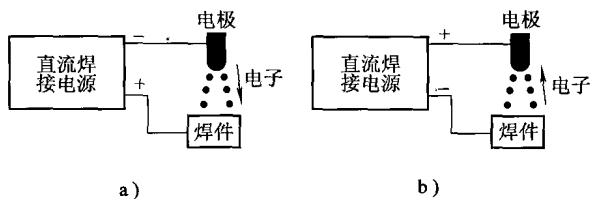


图 1-1-3 正接与反接

a) 正接 b) 反接

因低氢型碱性焊条药皮中含有较多的萤石(主要是氟化钙),必须使用直流反接;采用其他类型药皮焊条时,仍按上述原则选择电源极性。

四、直流电源极性的鉴别方法

正常情况下,直流弧焊电源输出端都标明了两个接线柱的极性,若由于某些原因搞不清极性时,可用下述方法之一鉴别:

1. 试焊法 有两种方法。

1) 采用低氢型碱性焊条(如 E5015)进行试焊,若电弧稳定,飞溅少,声音正常则表明是反接,否则为正接。

2) 用碳棒来试焊,若碳弧燃烧稳定,电弧拉得很长仍不熄弧,断弧后碳棒端面光滑,

则是正接；反之为反接。

2. 直流电压表鉴别法 用直流电压表的两根引线接触两个电极，若指针向正方向偏转，则与电压表正极相连的是电源的正极；若指针向反方向偏转，则与电压表正极相连的那一端是电源负极，应注意用电压表或万能表都可测极性，但用来测量的表必须是好的，否则会失误。

第二节 电 弧 偏 吹

电弧偏离焊条轴线的现象称为电弧偏吹。电弧偏吹使温度分布不均匀，容易产生咬边、未熔合和夹渣等缺陷，故必须研究引起偏吹的原因及预防措施。

一、产生电弧偏吹的原因

1. 焊条药皮偏心 因焊条药皮偏心，圆周各处药皮厚度不一致，熔化快慢不同，药皮薄的一边熔化得快，药皮厚的一侧熔化慢，焊条端部产生“马蹄形”套筒，使电弧吹向一边，如图 1-1-4 所示。

2. 气流的影响 在钢板两端焊接时，由于热空气上升引起冷空气流动，使电弧向钢板外面偏吹。

3. 风的影响 在风的作用下，电弧向风吹的方向偏斜。

4. 接地线位置不当引起的偏吹 如图 1-1-5 所示。

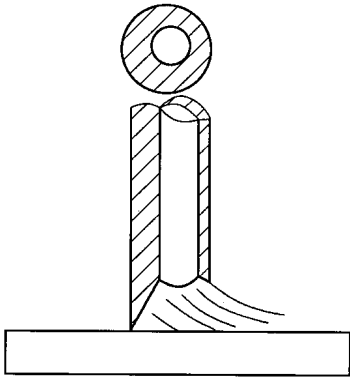


图 1-1-4 药皮偏心引起的偏吹

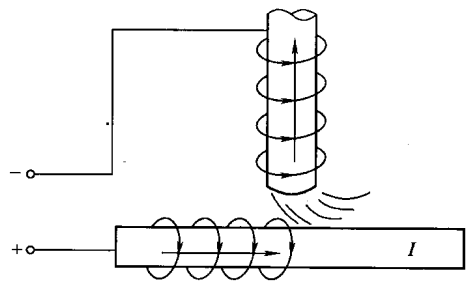


图 1-1-5 接地线位置不当引起的电弧偏吹

二、防止电弧偏吹的措施

1) 如果发现焊条出现“马蹄形”，当“马蹄形”不大时，可转动焊条改变偏吹的方向调整焊缝成形；若“马蹄形”较大，则更换焊条。

2) 改变焊件上的接线位置，地线接在焊件中间较好。

3) 焊 T 形接头或焊接具有不对称铁磁物质的焊件时，可适当改变焊条角度，削弱立板的影响，铁磁物质对电弧磁偏吹的影响如图 1-1-6 所示。

4) 在钢板两头焊接时，可改变焊条角度或增加引弧板和引出板。

5) 避免在有风的地方焊接或用防护挡板挡风。

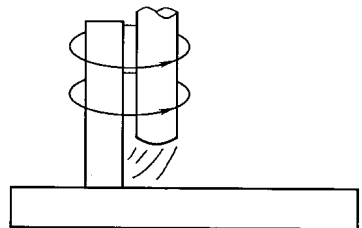


图 1-1-6 铁磁物质对电弧磁偏吹的影响

第二章 焊 条

第一节 焊条的组成及作用

涂有药皮的供焊条电弧焊用的熔化电极称为电焊条，简称焊条。它由焊芯和药皮两部分组成，如图 1-2-1 所示。

通常焊条引弧端有倒角，药皮被除去一部分，露出焊芯端头。有的焊条引弧端涂有黑色引弧剂，引弧更容易。

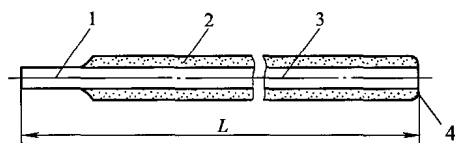


图 1-2-1 焊条结构示意图

1—夹持端 2—药皮 3—焊芯 4—引弧剂

不锈钢焊条夹持端端面涂有不同颜色，以便识别焊条型号。

在靠近夹持端的药皮上印有焊条牌号。

一、焊芯

焊条中被药皮包覆的金属丝叫焊芯。

1. 焊芯的作用

1) 作电极产生电弧。

2) 焊芯熔化后成为填充金属，与熔化了了的母材混合形成焊缝。

2. 焊芯的分类及牌号 根据 GB/T 14957—1994《熔化焊用钢丝》标准规定，专门用于制造焊芯和焊丝的钢材，可分为碳素结构钢、合金结构钢两类。焊条钢牌号一律用汉语拼音字母 H 作字首，其后紧跟钢号，表示方法与优质碳素结构钢、合金钢相同。

若钢号末尾注有高字(或用字母 A 表示)，为高级优质焊条钢，含硫、磷量较低。若末尾注有“特”字(或用字母 E 表示)，为特级焊条钢，含硫、磷更低。

举例如下：

H08——低碳焊条钢， $w(C) \approx 0.08\%$ ， $w(S)$ 、 $w(P)$ (含磷量)均 $< 0.04\%$ 。

H08A——高级低碳焊条钢， $w(C) \approx 0.08\%$ ， $w(S)$ 、 $w(P)$ 均 $< 0.03\%$ 。

H1Cr19NiTi——铬镍钛不锈钢焊条钢。

二、药皮

涂敷在焊芯表面的有效成分称为药皮。它由几种或几十种成分组成。

药皮的作用如下：

(1) 稳弧作用 焊条药皮中含有稳弧物质，可保证电弧容易引燃和燃烧稳定。

(2) 保护作用 药皮熔化时产生气体和熔渣，可隔离空气，保护熔融金属。熔渣冷却后，在焊缝表面形成渣壳，可防止焊缝表面金属不被氧化并减慢焊缝的冷却速度，有利于熔池中气体逸出，减少产生气孔的可能性，并改善焊缝成形。

(3) 冶金作用 药皮中加有脱氧剂和合金剂，通过熔渣与熔化金属的化学反应，可减少氧、硫、磷等有害杂质，使焊缝金属获得符合要求的力学性能。