

实用焊接 技术手册

SHIYONG HANJIE
JISHU SHOUC

李亚江 陈茂爱 孙俊生 主编



河北科学技术出版社

实用焊接技术手册

李亚江 陈茂爱 孙俊生 主编

河北科学技术出版社

主 编 李亚江 陈茂爱 孙俊生

参编人员 刘德镇 赵 程 杨 敏 高进强 马盛兰

王 娟 吴会强 汪立新 李以善 张永兰

冯 涛 任江伟 李立英 胡庆贤 周胜雄

罗 辉 姜丽岩 孙 宾 刘 鹏 李宁洋

窦圣斌 穆 霖 邓化凌 吴 军 徐兆军

宋延淼 黄海啸 郭继石 张 燕 周 冰

李士凯 杨致东 孟凡军 刘冬梅 韩瑞亭

图书在版编目(CIP)数据

实用焊接技术手册/李亚江等主编. —石家庄:河北
科学技术出版社, 2002

ISBN 7-5375-2592-7

I. 实... II. 李... III. 焊接 - 技术手册
IV. TG4 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 047866 号

实用焊接技术手册

李亚江 陈茂爱 孙俊生 主编

河北科学技术出版社出版发行(石家庄市和平西路新文里 8 号)
河北新华印刷二厂印刷 新华书店经销

787×1092 1/16 46.25 印张 1125000 字 2002 年 9 月第 1 版
2002 年 9 月第 1 次印刷 印数:1-3000 定价:69.00 元
(如发现印装质量问题,请寄回我厂调换)

内 容 简 介

本手册对常用焊接方法和工程材料焊接技术作了系统地阐述,力求突出新颖性、实用性和先进性等特色。本手册共分为二部分,第一部分介绍当前广泛使用的各种焊接方法及工艺,包括手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、电阻焊、钎焊、切割及焊接检验等,突出了各种焊接方法的工艺特点、应用范围及工艺参数的选用。第二部分介绍各种工程材料(包括钢铁材料、有色金属、异种材料、陶瓷、复合材料等)的焊接工艺特点,给出了具体的焊接工艺参数、相关技术数据及针对一些典型工程结构产品的焊接应用实例,突出了焊接工艺操作的技术要点。手册也选用了一些新工艺和成功经验。手册中的数据大多选自近几年的技术资料,反映了当前焊接技术的生产和应用现状,可以指导焊接生产。

本手册主要供从事与焊接技术相关的工程技术人员、管理人员和采购人员使用,也可供高等院校、科研单位的有关教学和科研人员参考。

前 言

焊接是现代工业生产中不可缺少的先进制造技术,随着科学技术的发展,焊接技术越来越受到各行各业的密切关注,广泛应用于机械、冶金、电力、锅炉和压力容器、建筑、桥梁、船舶、汽车、电子、航空航天、军工和军事装备等产业部门。本手册的编辑出版旨在推进先进焊接技术的应用,从实用性角度对焊接工艺和工程材料焊接的技术现状作了简明地阐述,力求突出新颖性、实用性和先进性等特色。为生产厂家选择焊接方法和正确应用焊接工艺提供了依据。

本手册共二编,第一编介绍当前广泛使用的各种焊接方法及工艺,包括手工电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、电阻焊、钎焊、切割及焊接检验等,突出了各种焊接方法的工艺特点、应用范围及工艺参数的选用。第二编介绍各种工程材料(包括钢铁材料、有色金属、异种材料、陶瓷、复合材料等)的焊接工艺特点,给出了具体的焊接工艺参数、相关技术数据及针对一些典型工程结构产品的焊接应用实例,突出了焊接工艺操作的技术要点,可以指导焊接生产。

本手册的内容是科研和生产一线的焊接工作者应该掌握和经常需要查阅的,也选用了一些新工艺和新经验。手册中的数据大多选自近几年的技术资料,反映了当前焊接技术的生产和应用现状。本手册主要供从事与焊接技术相关的工程技术人员、管理人员和采购人员使用,也可供高等院校、科研单位的有关教学和科研人员参考。

在手册编写过程中得到天津大学张文钺教授、冶金部钢铁研究总院尹士科教授级高工等的悉心指导,在此特致谢意。此外,向关心本手册出版的焊接界同行及所援引文献的作者表示诚挚的谢意,这些文献资料充实了本手册的内容,推动了我国焊接技术的发展和应用。

由于作者水平所限,难免有不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2002年5月31日

目 录

第一编 焊接方法及工艺

第一章 概述	(3)
第一节 焊接方法的分类及焊接能源	(3)
一、焊接方法的分类	(3)
二、焊接能源	(6)
第二节 焊接方法的选择	(8)
一、常用焊接方法	(8)
二、焊接方法的选择	(10)
第二章 手工电弧焊	(15)
第一节 手工电弧焊的特点及分类	(15)
一、手工电弧焊的特点	(15)
二、手工电弧焊的分类	(15)
第二节 电焊条	(16)
一、电焊条的分类	(16)
二、电焊条的组成	(18)
三、电焊条的型号和牌号	(21)
第三节 手工电弧焊设备	(55)
一、对手工电弧焊电源的要求	(55)
二、手工电弧焊机的型号及技术特征	(55)
三、手工电弧焊设备	(56)
四、手工电弧焊设备辅助器件	(72)
五、手工电弧焊设备的使用与维护	(73)
第四节 手工电弧焊工艺	(74)
一、坡口形式与焊接位置	(74)
二、焊接工艺参数选择	(75)
三、焊前准备	(76)
四、手工电弧焊操作技术	(77)
五、不同位置焊缝的焊接技术	(79)
第三章 埋弧焊	(83)
第一节 埋弧焊的特点及应用	(83)
一、埋弧焊的特点	(83)

二、埋弧焊的应用	(84)
第二节 埋弧焊焊剂及焊丝	(84)
一、对焊剂的要求及分类	(84)
二、焊剂的型号及牌号	(87)
三、焊剂的组成、性能及应用特点	(92)
第三节 埋弧焊设备	(97)
一、埋弧焊的自动调节	(97)
二、埋弧焊设备的组成及分类	(100)
三、典型埋弧焊机	(105)
四、埋弧焊机辅助设备	(106)
第四节 埋弧焊工艺	(108)
一、焊接工艺参数的选择	(108)
二、焊接工艺	(110)
三、焊接缺陷及其防止措施	(116)
第五节 特种埋弧焊	(119)
一、多丝埋弧焊	(119)
二、带极埋弧焊	(120)
三、窄间隙埋弧焊	(121)
第四章 熔化极氩弧焊	(124)
第一节 熔化极氩弧焊的特点	(124)
一、熔化极氩弧焊的工艺特点	(124)
二、熔化极氩弧焊的熔滴过渡特点	(124)
三、熔化极氩弧焊的应用	(126)
第二节 熔化极氩弧焊设备	(126)
一、熔化极氩弧焊设备的分类	(126)
二、熔化极氩弧焊设备的组成	(127)
第三节 熔化极氩弧焊工艺	(133)
一、工艺参数的选择	(133)
二、熔化极氩弧焊的典型焊接工艺参数	(139)
第四节 熔化极脉冲氩弧焊	(142)
一、熔化极脉冲氩弧焊的特点	(142)
二、熔化极脉冲氩弧焊设备	(143)
三、熔化极脉冲氩弧焊工艺	(145)
第五节 窄间隙熔化极富氩气体保护焊	(147)
一、窄间隙熔化极富氩气体保护焊的特点	(147)
二、窄间隙熔化极富氩气体保护焊工艺	(147)
第五章 二氧化碳气体保护焊	(150)
第一节 二氧化碳气体保护焊的特点	(150)
一、二氧化碳气体保护焊的工艺特点	(150)

二、二氧化碳焊的冶金特点	(150)
三、二氧化碳焊的熔滴过渡特点	(151)
第二节 CO ₂ 焊常用焊丝及气体	(152)
一、焊丝的型号及牌号	(152)
二、焊丝的选用	(155)
三、二氧化碳气体(CO ₂)	(162)
四、CO ₂ 气体的选用	(163)
第三节 二氧化碳焊设备	(164)
一、二氧化碳焊设备的分类	(164)
二、二氧化碳焊设备的组成	(165)
第四节 CO ₂ 气体保护焊工艺	(170)
一、CO ₂ 焊工艺参数的选择	(170)
二、典型焊接工艺参数	(172)
三、CO ₂ 焊的焊接缺陷及其防止措施	(175)
第五节 药芯焊丝气体保护焊	(178)
一、药芯焊丝气体保护焊的工艺特点	(178)
二、药芯焊丝气体保护焊设备	(179)
三、药芯焊丝气体保护焊工艺参数的选择	(182)
第六节 二氧化碳电弧点焊	(183)
一、二氧化碳电弧点焊的工艺特点	(183)
二、二氧化碳电弧点焊设备	(183)
三、二氧化碳电弧点焊工艺	(183)
第六章 钨极气体保护焊	(185)
第一节 钨极气体保护焊的特点及应用	(185)
一、钨极气体保护焊的特点	(185)
二、钨极气体保护焊的应用	(185)
第二节 钨极气体保护焊的焊接材料	(186)
一、保护气体	(186)
二、电极材料	(187)
三、填充金属	(188)
第三节 钨极气体保护焊设备	(191)
一、设备的分类及型号编制方法	(191)
二、钨极气体保护焊设备的组成	(191)
三、钨极气体保护焊设备的特点及技术参数	(196)
第四节 钨极气体保护焊工艺	(208)
一、焊前准备	(208)
二、工艺参数的选择	(210)
三、典型焊接工艺参数	(214)
第五节 脉冲钨极氩弧焊	(215)

一、脉冲钨极氩弧焊的工艺特点及应用	(215)
二、脉冲钨极氩弧焊的分类	(216)
三、脉冲钨极氩弧焊工艺参数的选择	(220)
四、脉冲钨极氩弧焊典型焊接规范参数	(220)
第七章 等离子弧焊接	(222)
第一节 等离子弧焊接特点	(222)
一、等离子弧的形成	(222)
二、等离子弧的类型	(222)
三、等离子弧焊的特点及应用	(223)
第二节 等离子弧焊设备	(223)
一、等离子弧焊设备的组成	(223)
二、部分国产等离子弧焊机的技术参数	(226)
第三节 等离子弧焊接工艺	(229)
一、等离子弧焊的基本方法	(229)
二、焊接工艺及参数	(230)
三、焊接缺陷	(235)
第四节 脉冲等离子弧焊	(236)
一、脉冲等离子弧焊的特点	(236)
二、脉冲等离子弧焊的工艺参数	(236)
第五节 等离子弧堆焊	(237)
一、冷丝等离子弧堆焊	(237)
二、热丝等离子弧堆焊	(237)
三、熔化极等离子弧堆焊	(238)
四、粉末等离子弧堆焊	(239)
第八章 电阻焊	(243)
第一节 电阻焊的特点及分类	(243)
一、电阻焊的特点	(243)
二、电阻焊的分类	(243)
第二节 点焊	(244)
一、点焊的特点	(244)
二、点焊工艺及参数	(245)
三、点焊接头的设计	(246)
四、常用金属材料的点焊	(249)
第三节 缝焊	(257)
一、缝焊的特点、分类和应用	(257)
二、缝焊工艺及参数	(257)
三、缝焊接头的设计	(259)
四、常用金属材料的缝焊	(259)
第四节 凸焊	(264)

一、凸焊的特点、分类和应用	(264)
二、凸焊工艺过程及其参数	(265)
三、凸焊的接头形式	(266)
四、常用金属材料的凸焊	(267)
第五节 对焊	(271)
一、对焊的分类及应用	(271)
二、电阻对焊	(272)
三、闪光对焊	(273)
四、常用金属材料的对焊	(276)
五、典型工件的对焊	(279)
第九章 钎焊	(284)
第一节 钎焊方法的分类	(284)
第二节 钎焊熔剂(钎剂)	(287)
一、对钎剂的基本要求	(287)
二、钎剂的分类	(287)
三、钎剂的型号、牌号与选用	(294)
第三节 钎料	(295)
一、对钎料的基本要求	(295)
二、钎料的分类	(296)
三、钎料的型号与牌号	(297)
四、常用钎料的成分与性能	(298)
第四节 钎焊工艺	(309)
一、钎料的选用	(309)
二、接头间隙的确定	(310)
三、钎焊前的零件表面处理	(312)
四、钎焊工艺参数	(314)
五、常用钎料的特性及用途	(315)
第十章 特种焊接方法	(322)
第一节 激光焊	(322)
一、激光焊原理及特点	(322)
二、激光加工设备	(323)
三、材料激光焊的焊接性	(325)
四、激光焊接工艺及参数	(326)
五、典型材料的激光焊	(329)
六、激光安全与防护	(330)
第二节 电子束焊	(331)
一、电子束焊的特点	(331)
二、电子束焊的焊接设备	(333)
三、电子束焊的焊接工艺	(335)

四、电子束焊的应用实例 (338)

五、电子束焊的安全防护 (339)

第三节 真空扩散焊 (339)

一、扩散焊的分类及特点 (339)

二、扩散焊原理及扩散机制 (340)

三、扩散焊接设备 (343)

四、扩散焊工艺 (344)

第十一章 切割 (349)

第一节 切割方法的分类和特性 (349)

第二节 气割 (351)

一、气割用设备和材料 (351)

二、气割工艺 (358)

第三节 等离子弧切割 (364)

一、等离子弧切割方法 (364)

二、等离子弧切割设备 (365)

三、等离子弧切割工艺 (366)

第十二章 焊接检验 (373)

第一节 射线检测 (373)

一、射线照相质量分级 (373)

二、设备及器材选择 (375)

三、射线透照工艺 (377)

四、缺陷与焊接接头质量评定 (377)

第二节 超声检测 (379)

一、工艺准备 (379)

二、焊接接头超声波检测工艺 (384)

三、缺陷与焊接接头质量评定 (388)

第三节 磁粉及渗透检测 (390)

一、磁粉检测 (390)

二、渗透检测 (400)

第二编 金属材料的焊接

第一章 概述 (413)

第一节 金属材料的分类及应用 (413)

一、黑色金属的分类 (413)

二、常用黑色金属材料的用途 (415)

三、有色金属材料的分类 (420)

第二节 金属材料的焊接性特点 (422)

一、金属材料的焊接性 (422)

二、金属材料的焊接特点 (424)

第二章 碳钢的焊接	(428)
第一节 碳钢的分类、化学成分及力学性能	(428)
一、碳素结构钢	(428)
二、优质碳素结构钢	(431)
三、专业用钢	(433)
第二节 低碳钢的焊接	(435)
一、低碳钢的焊接性	(435)
二、低碳钢焊接工艺	(436)
三、焊接实例	(453)
第三节 中碳钢的焊接	(454)
一、中碳钢的焊接性	(454)
二、中碳钢焊接工艺	(454)
三、焊接实例	(456)
第四节 高碳钢的焊接	(457)
一、焊接材料的选择	(457)
二、手工电弧焊工艺	(457)
第三章 低合金钢的焊接	(459)
第一节 低合金钢的分类	(459)
一、低合金高强钢	(459)
二、低合金特殊用钢	(460)
第二节 热轧及正火钢的焊接	(460)
一、热轧及正火钢的成分和性能	(460)
二、热轧及正火钢的焊接性	(462)
三、热轧及正火钢的焊接工艺	(463)
四、焊接接头的力学性能	(471)
第三节 低碳调质钢的焊接	(473)
一、低碳调质钢的种类、成分及性能	(473)
二、低碳调质钢焊接性特点	(478)
三、焊接方法和焊接材料	(481)
四、焊接工艺参数	(485)
五、焊接接头的力学性能	(489)
第四节 中碳调质钢的焊接	(494)
一、中碳调质钢的成分和性能	(494)
二、中碳调质钢的焊接性	(494)
三、中碳调质钢的焊接工艺	(495)
第五节 珠光体耐热钢的焊接	(499)
一、珠光体耐热钢的成分和性能	(499)
二、珠光体耐热钢的焊接性	(500)
三、珠光体耐热钢的焊接工艺	(501)

四、典型珠光体耐热钢的焊接	(506)
第六节 低温钢的焊接	(507)
一、低温钢的化学成分和力学性能	(507)
二、低温钢的焊接性	(512)
三、低温钢的焊接工艺	(513)
第七节 低合金耐蚀钢的焊接	(520)
一、低合金耐蚀钢的成分与性能	(520)
二、低合金耐蚀钢的焊接性	(523)
三、低合金耐蚀钢的焊接工艺	(524)
四、典型低合金耐蚀钢的焊接	(525)
第八节 复层钢的焊接	(526)
一、复合钢板的焊接	(526)
二、渗铝钢的焊接	(527)
第四章 不锈钢的焊接	(530)
第一节 不锈钢的分类和特性	(530)
一、不锈钢的分类	(530)
二、不锈钢的物理性能和力学性能	(534)
第二节 奥氏体不锈钢的焊接	(536)
一、奥氏体不锈钢的焊接特点	(536)
二、焊接方法与焊接材料	(539)
三、奥氏体不锈钢焊接工艺	(541)
第三节 马氏体不锈钢的焊接	(550)
一、马氏体不锈钢的焊接特点	(550)
二、焊接方法与焊接材料	(551)
三、马氏体不锈钢焊接工艺	(553)
第四节 铁素体不锈钢的焊接	(555)
一、铁素体不锈钢的焊接特点	(555)
二、铁素体不锈钢的焊接工艺	(557)
第五节 铁素体-奥氏体双相不锈钢的焊接	(560)
一、铁素体-奥氏体不锈钢的焊接特点	(560)
二、典型的铁素体-奥氏体双相钢焊接工艺	(561)
第五章 铸铁焊接	(563)
第一节 铸铁的种类和性能	(563)
一、铸铁的分类	(563)
二、影响铸铁性能的主要因素	(566)
第二节 灰口铸铁的焊接	(567)
一、灰口铸铁的焊接性	(567)
二、灰口铸铁的焊接工艺	(569)
第三节 球墨铸铁的焊接	(576)

一、球墨铸铁的焊接性	(576)
二、球墨铸铁焊接工艺	(576)
第四节 白口铸铁的焊补	(577)
一、白口铸铁的焊接特点	(577)
二、白口铸铁的焊补工艺	(578)
第五节 其他铸铁的焊接	(580)
一、可锻铸铁的焊接	(580)
二、蠕墨铸铁的焊接	(580)
三、变质铸铁的焊补	(581)
四、铸铁与钢的焊接	(583)
第六节 典型铸铁缺陷的焊接	(584)
第六章 异种金属材料的焊接	(588)
第一节 异种金属材料焊接特点	(588)
一、异种材料的焊接性	(588)
二、异种材料的焊接方法	(589)
三、异种材料分类和组合	(589)
第二节 异种钢的焊接	(590)
一、珠光体钢与铁素体钢的焊接	(590)
二、珠光体钢与奥氏体钢的焊接	(605)
三、铁素体钢与奥氏体钢的焊接	(610)
第三节 钢与有色金属的焊接	(616)
一、钢与铝及铝合金的焊接	(616)
二、钢与铜及铜合金的焊接	(619)
第四节 异种有色金属的焊接	(622)
一、铜与铝的焊接	(622)
二、铜与钛的焊接	(626)
三、铝与钛的焊接	(628)
第七章 铝及铝合金的焊接	(630)
第一节 铝及铝合金的分类、成分及性能	(630)
一、铝及铝合金的分类和成分	(630)
二、铝及铝合金的性能	(630)
第二节 铝及铝合金的焊接工艺	(636)
一、铝及铝合金的焊接性	(636)
二、焊接材料及工件前处理	(637)
三、铝及铝合金的气焊	(640)
四、铝及铝合金的氩弧焊	(644)
第八章 铜及铜合金的焊接	(652)
第一节 铜及铜合金的分类、成分及性能	(652)
一、铜及铜合金的分类	(652)

二、铜及铜合金的成分及性能	(652)
第二节 铜及铜合金焊接工艺	(656)
一、铜及铜合金的焊接性	(656)
二、焊接方法与焊接材料	(657)
三、焊接工艺过程	(661)
第九章 硬质合金及陶瓷的焊接	(670)
第一节 硬质合金的分类、性能及用途	(670)
一、硬质合金的分类	(670)
二、硬质合金的性能	(671)
第二节 硬质合金的焊接	(672)
一、硬质合金的焊接方法	(672)
二、硬质合金用钎料与钎剂	(674)
三、硬质合金的钎焊	(677)
四、钎焊工艺	(678)
五、钎焊硬质合金的缺陷及防止	(680)
第三节 陶瓷的分类及性能	(682)
一、氧化物陶瓷	(682)
二、非氧化物陶瓷	(683)
第四节 陶瓷材料的焊接	(685)
一、对陶瓷焊接的基本要求	(685)
二、陶瓷与金属焊接中的问题	(685)
三、陶瓷与金属的连接方法	(686)
第十章 金属基复合材料的焊接	(699)
第一节 金属基复合材料的性能特点	(699)
一、金属基复合材料的性能及分类	(699)
二、层压复合材料	(700)
三、纤维增强金属基复合材料	(700)
四、非连续增强金属基复合材料	(701)
第二节 层压复合材料的焊接	(704)
一、铜覆层碳钢复合材料的焊接	(704)
二、钛覆层复合钢板的焊接	(706)
第三节 连续纤维增强金属基复合材料的焊接	(707)
一、连续纤维增强金属基复合材料焊接中的问题	(707)
二、连续纤维增强金属基复合材料焊接接头设计	(708)
三、纤维增强金属基复合材料的焊接技术	(708)
第四节 非连续增强金属基复合材料的焊接	(716)
一、非连续增强金属基复合材料焊接时的问题	(716)
二、非连续增强金属基复合材料焊接技术	(718)
三、各种焊接方法的比较	(723)

第 一 编

焊接方法及工艺

