

工程焊接技术与质量试验 检测评定标准实用手册

◇ 主编 陈路 ◇



文本名称 工程焊接技术与质量试验检测评定标准实用手册

文本主编 陈 路

光盘出版发行 北京电子出版物出版中心

出版时间 2003 年 4 月

光盘出版号 ISBN 7 - 900354 - 48 - 4/Z·39

定 价 798.00 元 (1CD 含配套资料三卷)

前 言

焊接作为传统制造工艺之一，经历了数十年手工操作的历程。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。

从当代科学技术的发展对工程焊接的要求看来，新材料的开发是发展高新技术的重要变革，焊接技术也必须满足高新技术中新材料日益发展的需要。新材料开发是发展高新技术的重要物质基础，新材料和特殊材料的研究开发是多学科相互渗透的结果，焊接技术对其推广应用起着至关重要的作用。

焊接技术的飞速发展给广大从事焊接工作的技术人员和管理人员的理论水平和工程实践经验提出了更新的、更高的要求。为了适应这一发展的需求，编委们参考大量国内外最新资料与优秀技术成果，从工程技术应用人员出发，结合自身多年总结的实践经验编撰了此书。书中采用通俗的语言，系统地介绍了各种焊接知识、焊接设备、焊接材料、焊接过程的工作等内容。书中对各种焊接技术的介绍重点体现出实用性和可操作性，对于一些其他书籍中的常用焊接方法，提出更新的改进，使其更便于使用或更切合工程应用的实际。

全书共十篇，第一篇工程焊接技术的基础知识，介绍焊接概念、优缺点；第二篇介绍焊接材料质量控制与设备选择技术；第三篇介绍金属材料焊接与切割操作技术；第四篇介绍熔焊实用技术；第五篇介绍压焊实用技术；第六篇介绍钎焊实用技术；第七篇介绍其他焊接技术；第八篇介绍智能化焊接技术；第九篇介绍焊接技术缺陷和焊接质量检验；第十篇介绍了工程焊接的安全技术。

本书最大特点是可操作性强、理论联系实际，在个别篇采用了大量的实例以供读者参考。

在编写过程中，得到各有关单位专家的大力支持和帮助，谨此表示衷心的感谢！

由于编者编写水平和经验有限，本书中难免出现错误之处，欢迎广大读者朋友批评指正。

本书编委会
2003年4年

目 录

第一篇 焊接技术的基础知识

第一章 概论	(3)
第一节 焊接的定义	(3)
第二节 焊接的特点	(5)
第三节 焊接的发展简史和分类	(6)
第四节 焊接技术的新发展	(10)
第二章 焊接的一般知识	(13)
第一节 焊接的优缺点	(13)
第二节 焊接热源	(14)
第三节 焊接的结构	(16)
第四节 焊接应力与变形	(19)
第五节 焊件的热处理	(55)
第三章 焊接接头和裂纹	(58)
第一节 焊接接头的结构	(58)
第二节 焊接裂纹的分类	(63)
第三节 焊接的加热与传导	(67)

第四节	焊接热裂纹	(79)
第五节	焊接冷裂纹	(89)
第六节	再热裂纹	(98)
第七节	焊缝金属的组织性能	(102)
第八节	熔合区的性能	(117)
第九节	焊接热影响区的组织和性能	(122)
第十节	焊缝符号的表示方法	(154)
第十一节	层状撕裂	(166)

第二篇 焊接材料质量 控制与设备选择技术

第一章	金属焊接性	(175)
第一节	焊接性概念	(175)
第二节	焊接性试验方法	(178)
第二章	常用金属材料及其焊接特点	(198)
第一节	钢铁材料及其焊接特点	(198)
第二节	有色金属材料及其焊接特点	(230)
第三章	焊接材料的分类与选用	(264)
第一节	电焊条	(264)
第二节	焊丝	(310)
第三节	焊丝的保管及质量管理	(345)
第四节	焊剂及熔剂	(347)
第五节	焊接用气体	(357)
第六节	热喷涂用材料	(364)
第七节	焊粉	(384)
第八节	焊接材料消耗定额的估算	(402)

第四章 焊接设备的类型与选用	(414)
第一节 焊接设备的分类与焊机型号代表符号	(414)
第二节 弧焊电源	(419)
第三节 逆变弧焊电源	(426)
第四节 等离子弧焊机	(429)
第五节 气焊设备	(433)
第六节 喷熔设备	(437)
第七节 等离子弧切割设备	(439)
第八节 焊接辅助设备及工具	(442)

第三篇 金属材料焊接与切割操作技术

第一章 金属材料的焊接技术	(485)
第一节 钢的焊接	(485)
第二节 钢铁材料焊接实例	(509)
第三节 常用有色金属的焊接	(532)
第四节 有色金属焊接实例	(549)
第五节 空心球-钢管网架结构焊接	(583)
第六节 钢管桁架结构焊接	(586)
第七节 建筑钢结构焊接工程实例	(600)
第二章 金属材料切割操作技术	(639)
第一节 切割方法的分类和特性	(639)
第二节 气体火焰切割	(641)
第三节 碳钢的气割工艺	(657)
第四节 碳弧气刨	(667)
第五节 激光切割	(670)

第三章 异种材料的焊接技术	(684)
第一节 硬质合金及陶瓷的焊接	(684)
第二节 异种材料的焊接	(720)
第三节 层压复合材料的焊接	(771)
第四节 连续纤维增强金属基复合材料的焊接	(775)
第五节 非连续增强金属基复合材料的焊接	(789)
第四章 特殊及难焊材料的焊接	(800)
第一节 低合金高强钢的焊接	(800)
第二节 不锈钢的焊接	(863)
第三节 硬质合金的焊接	(899)
第四节 金属间化合物的焊接	(918)
第五章 焊接的有关计算	(950)
第一节 基本概念的有关计算	(950)
第二节 焊接基础的有关计算	(957)
第三节 焊接材料、电力消耗定额的制定与计算	(967)
第四节 焊缝强度的计算	(977)
第五节 焊接变形的计算	(995)

第四篇 熔焊实用技术

第一章 手工电弧焊	(1003)
第一节 手弧焊特点及操作工艺	(1003)
第二节 手弧焊焊接规范选择	(1011)
第二章 焊条电弧焊	(1016)
第一节 概 述	(1016)

第二节	焊条电弧焊的基础知识.....	(1017)
第三节	焊条电弧焊的基本操作技术.....	(1022)
第四节	焊条电弧焊新工艺.....	(1058)
第三章	熔化极气体保护焊.....	(1060)
第一节	概 述.....	(1060)
第二节	焊接材料.....	(1087)
第三节	焊接设备.....	(1114)
第四节	药芯焊丝电弧焊.....	(1137)
第四章	气 焊	(1148)
第一节	气焊原理、特点及应用范围.....	(1148)
第二节	焊接材料.....	(1149)
第三节	焊接设备及其使用方法.....	(1154)
第四节	工具及其他.....	(1162)
第五节	气焊焊接工艺.....	(1163)
第六节	焊接操作.....	(1166)
第七节	气焊实例.....	(1170)
第五章	等离子弧焊	(1178)
第一节	等离子弧焊接.....	(1178)
第二节	焊接材料.....	(1199)
第三节	焊接设备及其使用方法.....	(1201)
第四节	焊接工艺.....	(1209)
第五节	焊接操作.....	(1218)
第六节	等离子弧焊接应用实例.....	(1221)
第六章	不熔化极惰性气体保护焊	(1237)
第一节	概 述.....	(1237)
第二节	焊接材料.....	(1239)
第三节	焊接设备.....	(1253)
第四节	特种 TIG 焊方法.....	(1279)
第五节	MIG 焊.....	(1290)
第六节	MAG 焊	(1299)
第七节	气保焊设备及保护气体.....	(1309)
第七章	手工钨极氩弧焊	(1320)

- 第一节 氩弧焊的特点和应用 (1320)
- 第二节 氩弧焊焊接规范 (1320)
- 第三节 手工氩弧焊操作技术 (1322)

第五篇 压焊实用技术

- 第一章 电阻点焊及凸焊 (1327)
- 第一节 电阻点焊设备及使用方法 (1327)
- 第二节 电阻点焊工艺 (1335)
- 第三节 凸 焊 (1349)
- 第二章 缝 焊 (1355)
- 第一节 缝焊的原理、特点及应用范围 (1355)
- 第二节 缝焊设备及其应用 (1357)
- 第三节 缝焊工艺 (1361)
- 第三章 对 焊 (1367)
- 第一节 原理、特点及应用范围 (1367)
- 第二节 对焊设备 (1369)
- 第三节 对焊工艺 (1370)

第六篇 钎焊实用技术

- 第一章 钎焊工艺基础 (1381)
- 第一节 钎焊原理、特点及类型 (1381)
- 第二节 钎焊工艺 (1390)
- 第三节 钎焊前焊件表面准备 (1400)

第四节	钎料的放置和涂布阻流剂	(1402)
第五节	钎焊工艺参数	(1403)
第六节	焊后残留物的去除	(1405)
第二章	钎焊方法及设备	(1406)
第一节	火焰钎焊	(1406)
第二节	电阻钎焊	(1407)
第三节	感应钎焊	(1409)
第四节	炉中钎焊	(1413)
第五节	浸渍钎焊	(1418)
第六节	波峰钎焊	(1420)
第三章	钎焊材料	(1422)
第一节	钎料	(1422)
第二节	钎剂(熔剂)	(1444)
第四章	各种材料的钎焊	(1452)
第一节	碳钢、低合金钢的钎焊	(1452)
第二节	不锈钢的钎焊	(1453)
第三节	铜及铜合金的钎焊	(1455)
第四节	铝及铝合金的钎焊	(1457)
第五节	铝与其他金属的钎焊	(1460)
第六节	工具钢的钎焊	(1461)
第七节	铸铁的钎焊	(1462)
第八节	钛及钛合金的钎焊	(1463)
第九节	高温合金的钎焊	(1464)

第七篇 其它焊接技术

第一章	堆 焊	(1467)
第一节	堆焊的特点	(1467)

第二节	堆焊材料	.....	(1468)
第三节	堆焊方法及工艺	.....	(1468)
第二章	热 喷 涂	.....	(1498)
第一节	热喷涂的基本原理	.....	(1498)
第二节	热喷涂特点及应用范围	.....	(1498)
第三节	热喷涂工艺及设备	.....	(1499)
第四节	热涂层材料	.....	(1508)
第五节	喷 溶	.....	(1514)
第三章	塑 料 焊	.....	(1523)
第一节	塑料焊原理	.....	(1523)
第二节	耐腐蚀类塑料的选择	.....	(1523)
第三节	塑料焊设备	.....	(1526)
第四节	塑料焊接设备及工具	.....	(1526)
第五节	焊接工艺	.....	(1527)
第四章	水下焊接	.....	(1529)
第一节	水下焊接分类	.....	(1529)
第二节	湿法水下焊接工艺	.....	(1531)
第三节	高压干法水下焊接工艺	.....	(1534)
第五章	空间焊接	.....	(1539)
第一节	空间钎焊	.....	(1539)
第二节	空间焊接方法	.....	(1541)
第三节	空间焊接设备要求	.....	(1544)
第四节	空间结构材料的焊接性	.....	(1546)

第八篇 智能化焊接技术

第一章	概 论	.....	(1549)
第一节	焊接自动化技术发展	.....	(1549)

第二节	智能控制在焊接过程中的应用途径	(1551)
第三节	人工智能技术及其在焊接过程中的应用	(1554)
第二章	焊接过程检测与建模的智能化技术	(1557)
第一节	焊接过程传感技术	(1557)
第二节	焊接过程控制系统的执行机构	(1564)
第三节	人工神经网络理论及其在焊接过程中的应用	(1595)
第四节	脉冲 GTAW 熔池视觉传感	(1621)
第五节	脉冲 GTAW 熔池视觉传感实验设计	(1625)
第六节	焊缝尺寸的传感与控制	(1629)
第七节	电弧焊过程参数的自动调节	(1656)
第八节	数字程序控制电弧焊	(1685)
第九节	焊接机器人	(1689)
第三章	焊接工艺设计专家系统	(1690)
第一节	专家系统及其在焊接中的应用状况	(1690)
第二节	焊接工艺设计专家系统的设计	(1696)
第三节	专家系统开发工具设计	(1705)
第四章	机器人焊接智能化系统	(1710)
第一节	智能化系统的结构	(1710)
第二节	焊接机器人概论	(1713)
第三节	弧焊机器人传感系统	(1719)
第四节	弧焊机器人接头跟踪技术	(1733)
第五节	机器人遥控焊接技术	(1749)

第九篇 焊接技术缺陷和焊接质量检验

第一章	焊接接头的强度及破坏	(1769)
第一节	焊接结构的破坏与分析	(1769)
第二节	焊接结构生产	(1810)

第三节	焊接接头的强度及破坏	(1854)
第二章	焊接缺陷、产生原因及其防止方法	(1871)
第一节	常见焊接缺陷及其产生原因	(1871)
第二节	常见气焊缺陷及防止方法	(1876)
第三节	常见点焊缺陷及产生的原因	(1877)
第四节	缝焊缺陷及其产生的原因	(1878)
第五节	对焊缺陷及防止方法	(1879)
第六节	常见摩擦焊的缺陷及产生原因	(1879)
第七节	爆炸焊常见缺陷及防止方法	(1880)
第八节	钎焊主要缺陷及其产生原因和防止方法	(1881)
第九节	喷涂和喷熔时的缺陷及防止措施	(1882)
第十节	螺柱焊缺陷及防止方法	(1884)
第三章	工程焊接的管理	(1885)
第一节	焊接技术管理	(1885)
第二节	焊接设备和材料管理	(1940)
第四章	焊接质量保证	(1941)
第一节	质量保证概述	(1941)
第二节	对企业的要求	(1942)
第三节	一般原则	(1943)
第五章	焊接质量检验	(1947)
第一节	质量保证体系	(1947)
第二节	常用的检验方法	(1950)
第三节	焊接检验	(1960)
第四节	焊缝质量评定标准	(1961)
第六章	焊接自动无损检测技术	(1965)
第一节	自动超声检测技术	(1965)
第二节	自动射线检测技术	(1976)
第三节	声发射检测技术	(1984)
第四节	焊缝涡流检测	(1995)
第五节	焊接自动无损检测技术的发展	(2013)
第六节	海洋钢结构的检测	(2020)
第七节	原油与天然气输送管道焊缝的无损检测	(2034)

第 一 篇

**焊接技术的
基础知识**

概 论

机械制造业是国民经济的基础工业，它决定着整个国家的工业生产能力和水平。焊接技术则是机械制造业中的关键技术之一。例如很多工业产品以及能源工程、海洋工程、航空航天工程、石油化工工程等，无不依靠机械制造业提供装备。对于各种压力容器、核反应堆器件、宇航运载工具等产品，如不采用焊接技术，产品就不可能制造出来。随着近代科学技术的迅猛发展，对结构和材料的要求越来越高，如造船和海洋工程要求解决大面积拼板、大型立体框架结构自动焊及各种低合金高强钢的焊接问题；石油化学工业要求解决各种耐高温、耐低温及耐各种腐蚀性介质的压力容器焊接；航空航天工业中要求解决铝、钛等轻合金结构的焊接；重型机械工业中要求解决大截面构件的拼接；电子及精密仪表制造业要求解决微型精密焊件的焊接。可见，现代工业及科学技术的发展促进了焊接技术的发展，同时为焊接技术的发展提供了广阔的空间天地。

第一节 焊接的定义

一、焊接定义

焊接是通过加热或加压或两者兼用，可以用或不用填充材料，使焊件达到原子结合的一种加工方法。

焊接的本质是使两个分离的物体产生原子间结合，使之连接成一体的连接方法。

金属等固体所以能保持固定的形状，是因为其内部原子之间距离（晶

格)十分小,原子之间形成了牢固的结合力。怎样才能实现焊接过程呢?从物理本质上讲,就是使两个被连接的固体金属表面上的原子彼此接近到金属晶格距离(0.3~0.5mm)时,就可以在接触表面上进行扩散、再结晶等物理化学过程,从而形成金属键,达到焊接的目的。即使经过精加工的金属表面,实际上也有凹凸不平之处。由于金属表面存在着氧化膜及水、油污等吸附层,这些因素都会阻碍金属表面紧密接触。为了克服阻碍金属表面紧密接触的各种因素,在焊接工艺上采取以下两种措施(1)对破焊金属施加压力,破坏接触及面的氧化膜,使连接处产生局部塑性变形,增加有效接触面积,从而使之紧密接触(2)对被焊金属加热,使连接处达到塑性或熔化状态,使接触面的氧化膜迅速破坏,降低金属变形的阻力,增加原子的振动能,促进扩散、再结晶的比学反应和结晶过程的发展。

二、焊接的优点

焊接与螺钉连接、铆接、铸件及锻件相比具有下列优点:

(1)节省金属材料、减轻结构重量,且经济效益好。

据统计,焊接结构比铆接结构重量可减轻15%~20%,比铸件轻30%~40%,比锻件轻30%。

(2)简化了加工与装配工序,生产周期短,生产效率高。

(3)结构强度高,接头密封性好。

采用轧制材料的焊接结构的材质一般比铸件好。即使不用轧材,用小铸件拼焊成大件,小铸件的质量也比大铸件容易保证。

焊接结构接头密封性比铆接和铸件高得多。因此,焊接的容器能充分满足高温、高压条件下对强度和密封性的要求。

(4)为结构设计提供较大的灵活性。可以按结构的受力情况优化配置材料,按工程需要在不同部位选用不同强度、不同耐磨、耐腐蚀及耐高温等性能的材料。例如,大型齿轮的轮缘可用高强度的耐磨优质合金钢,而其它部分则可用一般钢材来制造,这样既提高了齿轮的使用寿命,又节省了优质钢材。

(5)用拼焊的方法可以大大突破铸锻能力的限制,可以生产特大型锻一焊、铸一焊结构,提供特大、特重型设备、毛坯,促进了国民经济的发展。

(6)焊接工艺过程容易实现机械化和自动化。