



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

焊接工艺

第二版

◎ 伍 广 主编



化学工业出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

焊 接 工 艺

第 二 版

伍 广 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据国家教育部颁布的焊接专业《焊接工艺》课程的教学大纲,在原《焊接工艺》教材的基础上,结合中等职业教育对能力培养的要求而修订。全书分两篇共十五章,第一篇七章,主要分析常用焊接方法的特点及应用,内容包括手工电弧焊、气焊与气割、埋弧焊、熔化极气体保护焊、非熔化极气体保护焊、等离子弧焊接与切割、电阻焊等重要焊接方法的基本原理、焊接工艺、焊接设备、适用范围、典型实例以及其他焊接方法如电渣焊、堆焊、激光焊、电子束焊、螺柱焊、摩擦焊、热喷涂在工程中的应用。第二篇八章,主要分析常用材料的焊接特点及焊接工艺,内容包括金属焊接性及其试验方法、碳钢的焊接、低合金钢的焊接、不锈钢的焊接、耐热钢的焊接、铸铁的焊接、有色金属及其合金的焊接以及异种金属的焊接方法。

本书此次修订,在结合编、审者的教学经验的基础上,更加注重了实用性,减少了基础理论方面的内容,突出了实践技能的培养和提高,具有较强的先进性和工程实用性,内容丰富,适用面广。

可作为各类中等职业教育焊接及相近专业的教学用书以及焊工职业技能培训教材,也可作为专门从事焊接生产的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

焊接工艺/伍广主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2009.2

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

ISBN 978-7-122-04457-0

I. 焊… II. 伍… III. 焊接工艺-专业学校-教材
IV. TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 213677 号

责任编辑:高 钰

文字编辑:闫 敏

责任校对:宋 夏

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 印张16¼ 字数418千字 2009年4月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:24.50元

版权所有 违者必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

第二版前言

本书根据国家教育部颁布的焊接专业《焊接工艺》课程的教学大纲，在《焊接工艺》（第一版）的基础上，结合中等职业教育对能力培养的要求而修订。全书分两篇共十五章，第一篇七章，主要分析常用焊接方法的特点及应用；第二篇八章，主要分析常用材料的焊接特点及焊接工艺。本书主要适于作为中等职业学校焊接专业及相近专业的《焊接工艺》课程教学用书（80学时左右），也可作为焊工职业技能培训教材或专门从事焊接生产的工程技术人员参考用书。

在本书修订过程中，考虑了不同学制及相关专业的教学要求，在结合编、审者教学经验的基础上，更加注重了实用性，减少了基础理论方面的内容，突出了实践技能的培养和提高，具有较强的先进性和工程实用性。本书介绍了国内外焊接工艺的一些新成就和发展趋势，书中图表均引自国家标准及典型企业的成熟经验，可供实际生产中选用。

本书由安徽理工大学伍广、李雪斌分别担任主编和副主编，郑州大学李静、南京化工职业技术学院邹茜茜参编。具体分工为：伍广负责编写绪论、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章和全书的统稿工作；李雪斌负责编写第一章、第四章、第五章、第六章、第七章和全书的图表整理工作；邹茜茜负责编写第二章、第三章；李静负责编写第十五章、附录部分。由中国化学工程第三建设公司高级工程师郭菊芳主审。在本书的编写和修订过程中，还得到了尤峥、潘传九、王绍良、赵玉奇、陈梅春、陈保国等同志的大力支持，他们对《焊接工艺》课程的教学思想、教材修订、内容处理等方面提出了建设性的意见。同时安徽省焊接学会副理事长王桂芝、中国化学工程第三建设公司高级工程师胡冠东对本书的编写修订也提出了宝贵的意见。在此次教材编写修订过程中，一直得到全国化工高等职业教育教学指导委员会机械学科组、化学工业出版社及责任编辑、编者所在学校的大力支持，同时承蒙全国中等职业教育教材审定委员会专家的热情指导，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，教材中难免存在疏漏与不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

第一版前言

本书依据教育部 2001 年颁发的中等职业教育焊接专业《焊接工艺》教学大纲，采用最新的焊接国家标准编写。全书分两篇共十六章。第一篇八章，主要分析常用焊接方法的特点及应用。讨论内容有气焊与气割、埋弧焊、熔化极气体保护焊、非熔化极气体保护焊、等离子弧焊与切割、电阻焊等重要焊接方法的基本原理、工艺、设备选用、适用范围、典型零件的焊接技术特点等，同时简单介绍焊接结构的制造工艺及其他焊接方法如激光焊、电子束焊、螺柱焊、摩擦焊、热喷涂、堆焊在工程中的应用。第二篇八章，主要分析常用材料的焊接特点及焊接工艺。讨论内容有金属焊接性及其试验方法、碳钢的焊接、低合金钢的焊接、不锈钢的焊接、耐热钢的焊接、铸铁的焊接、有色金属及其合金的焊接等，同时简单介绍焊接工艺规程和评定方法以及其他焊接工艺如异种金属、先进材料的连接及应用。本书主要适用于中等职业学校焊接专业及相近专业的《焊接工艺》课程教学用书（110~120 学时），也可作为焊工职业技能培训教材或专门从事焊接生产的工程技术人员参考用书。

本书在编写过程中，力求贴近当前中等职业教育专业发展的需要，注意把握中等职业教育的培养目标，努力体现面向二十一世纪中等职业技术教育教材建设的精神。理论以“够用”为度，突出实践技能的培养和应用，并在教材体系和内容的处理上有所突破和创新，同时较好地处理了与相关课程知识点的区别与衔接，具有较强的先进性和工程实用性。考虑到不同学制及相关专业的教学要求，书中安排了部分选学内容。此外，本书还介绍了国内外焊接工艺的一些新成就和发展趋势，书中图表引自最新的国家标准及典型企业的成熟经验，可供实际生产中选用。

本书由安徽理工大学职业技术学院伍广、尤峥分别担任主编和副主编，河南化工职业学院李静、南京化工职业技术学院邹茜茜参编。具体分工为：伍广负责编写绪论、第九章、第十章、第十三章、第十四章、第十五章、第十六章和全书的统稿工作；尤峥负责编写第一章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、附录和全书的图表整理工作；李静负责编写第十一章、第十二章；邹茜茜负责编写第二章、第三章。

本书由南京化工职业技术学院潘传九主审。参加审稿的还有湖南省化工学校王绍良、河南化工职业学院赵玉奇、岳阳工业技术学院陈梅春、常州化工学校陈保国。安徽省焊接学会王桂芝、中国化学工程第三建设公司胡冠东等也提供了意见。另外，在教材编写过程中，一直得到全国化工高等职业教育教学指导委员会机械学科组、化学工业出版社及编者所在学校的大力支持，同时承蒙全国中等职业教育教材审定委员会和燕山大学崔占全教授、徐瑞教授、辽宁工业大学赵越起教授的热情指导，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，教材中难免存在错误与不妥之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月

目 录

绪论	1
一、焊接工艺	1
二、焊接结构的制造概述	2
三、焊接工艺要素	3
四、焊接工艺的发展概况	4
第一篇 焊接方法及焊接工艺参数	
第一章 手工电弧焊与气焊气割	6
第一节 手工电弧焊	6
一、手工电弧焊设备	7
二、电焊条的选用	8
三、手工电弧焊的焊接工艺	10
第二节 气焊与气割	12
一、气焊与气割设备	12
二、气焊工艺	15
三、气割方法	17
第二章 埋弧焊	22
第一节 焊接方法	23
一、焊接材料	23
二、常用的焊接方法	23
第二节 焊接设备及工艺	26
一、常用设备	26
二、焊接工艺	26
第三节 典型焊缝的焊接	31
第三章 熔化极气体保护焊	38
第一节 焊接材料	40
一、保护气体	40
二、焊丝	40
第二节 焊接设备及工艺	42
一、常用设备	42
二、焊接工艺	43
第四章 非熔化极气体保护焊	54
第一节 焊接材料	55

一、焊接材料	55
二、保护气体	55
第二节 焊接设备及工艺	56
一、焊接设备	56
二、焊接工艺	58
第三节 典型焊接实例	63
第五章 等离子弧焊接与切割	69
第一节 概述	69
一、焊接特点	69
二、等离子弧	70
第二节 焊接设备及工艺	71
一、常用设备	71
二、焊接工艺	73
第六章 电阻焊	82
第一节 点焊与凸焊	83
一、点焊工艺	83
二、凸焊工艺	86
第二节 缝焊与对焊	87
一、缝焊工艺	87
二、对焊工艺	88
第七章 其他焊接方法简介	92
第一节 电渣焊与堆焊	92
一、电渣焊工艺	92
二、堆焊工艺	95
第二节 其他焊接方法	97
一、激光焊	97
二、电子束焊	98
三、螺柱焊	99
四、摩擦焊	101
五、热喷涂	101

第二篇 常用金属材料的焊接工艺

第八章 金属焊接性及其试验方法	104
第一节 金属焊接性的基本概念	104
一、基本概念	104
二、影响因素	105
第二节 常用焊接性试验方法	106

一、焊接性试验·····	106
二、常用的试验方法·····	107
第九章 碳钢的焊接·····	118
第一节 碳钢的焊接工艺·····	118
一、碳钢的焊接性·····	118
二、焊接工艺·····	119
第二节 碳钢的焊接实例·····	126
第十章 低合金钢的焊接·····	131
第一节 低合金钢的焊接工艺·····	131
一、低合金钢的分类·····	131
二、焊接工艺·····	132
第二节 低合金钢焊接实例·····	140
第十一章 不锈钢的焊接·····	144
第一节 不锈钢的焊接工艺·····	144
一、不锈钢的性能·····	144
二、焊接工艺·····	146
第二节 不锈钢焊接实例·····	153
第十二章 耐热钢的焊接·····	156
第一节 耐热钢的焊接工艺·····	156
一、耐热钢的性能·····	156
二、焊接工艺·····	157
第二节 耐热钢焊接实例·····	162
第十三章 铸铁的焊接·····	166
第一节 铸铁的焊接工艺·····	166
一、铸铁的焊接性·····	166
二、焊接工艺·····	169
第二节 铸铁的焊补实例·····	178
第十四章 有色金属及其合金的焊接·····	182
第一节 铝及铝合金的焊接·····	182
一、焊接工艺·····	182
二、焊接实例·····	193
第二节 铜及铜合金的焊接·····	195
一、焊接工艺·····	195
二、焊接实例·····	200

第三节 钛及钛合金的焊接.....	202
一、焊接工艺.....	203
二、焊接实例.....	208
第十五章 异种金属的焊接方法.....	212
第一节 概述.....	212
一、异种金属的焊接性.....	212
二、焊接方法.....	213
第二节 异种金属的焊接工艺.....	215
一、异种钢的焊接.....	215
二、钢与铸铁的焊接.....	217
三、钢与有色金属的焊接.....	219
四、异种有色金属的焊接.....	221
五、计算机在异种金属焊接中的应用.....	222
结束语.....	225
附录.....	226
参考文献.....	250

绪 论

【学习指南】 本章是《焊接工艺》课程的引言。重点掌握本课程的学习方法，了解本课程的研究内容及焊接工艺的发展趋势。学习焊接结构生产的一般工艺过程及其特点，掌握焊接工艺的基本要素。

《焊接工艺》课程是中等职业学校焊接专业的一门主干专业课程。它的目的是使学生通过本课程的学习，了解焊接方法的特点和应用，掌握常用金属材料的焊接性及焊接工艺，培养学生分析焊接工艺缺陷及材料焊接性的基本能力。了解焊接试验研究的基本方法和焊接工艺评定规则，通过典型工程实例的学习和掌握，不断培养实践动手能力，为今后从事焊接专业的工作打下良好的基础。

在学习本课程过程中，必须综合运用《焊接电工》、《金属熔化焊基础》、《电弧焊实习》等其他课程的知识，掌握基本理论，培养基本能力，处理好理论与实践的关系。积极参加实践和技能培训，通过理论与实践相结合的学习，进一步提高理论水平和实践操作技能。

一、焊接工艺

在现代工业生产中，焊接已经成为金属加工的重要手段之一，早已广泛应用于石油、化工、电力、机械、冶金、建筑、航空、航天、造船、桥梁、金属结构、海洋工程、核电工程、电子技术等工业部门。随着科学技术的不断发展，焊接已成为一门独立的学科体系。

（一）焊接的定义及特点

焊接是通过加热或加压，或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件达到结合的一种方法。因此，焊接最本质的特点就是通过焊接使工件达到结合，从而将原来分开的物体构成了一个整体，这是任何其他连接形式所不具备的。为了达到这种结合，焊接时必须对焊接区进行加热或加压。

上述特点决定了焊接具有以下优点。

① 与铆接相比，焊接可以节省金属材料，从而减轻了结构的重量；与粘接相比，焊接具有较高的强度，焊接接头的承载能力可以达到与焊件材料相同的水平。

② 焊接工艺过程比较简单，生产率高，焊接既不需像铸造那样要进行制作木型、造砂型、熔炼、浇铸等一系列工序；也不需像铆接那样要开孔、制造铆钉并加热等，因而缩短了生产周期。

③ 焊接质量高。焊接接头不仅强度高，而且其他性能如物理性能、耐热性能、耐腐蚀性能及密封性都能够与焊件材料相匹配。

④ 焊接可以化大为小，并能将不同材料连接成整体制造双金属结构，还可将不同种类的毛坯连成铸-焊、铸-锻-焊复合结构，从而充分发挥材料的潜力，提高设备利用率，用较小的设备制造出大型的产品。

⑤ 焊接的劳动条件比铆接好，劳动强度小，噪声低。由于具备了上述优点，在锅炉压

力容器、船体和桥式起重机制造中，焊接已全部取代了铆接。在工业发达国家，焊接结构所用钢材约占钢材总产量的 50%。

(二) 焊接工艺的研究内容

焊接工艺是根据生产性质、图样和技术要求，结合现有条件，运用现代化焊接技术知识和先进生产经验，确定出的产品加工方法和程序，是焊接过程中的一整套技术规定。焊接工艺包括焊前准备、焊接材料、焊接方法、焊接顺序、焊接操作的最佳选择以及焊后处理等。制定焊接工艺是焊接生产的关键环节，其合理与否直接影响产品制造质量、劳动生产率和制造成本，而且是管理生产、设计焊接工装和焊接车间的主要依据。

焊接工艺的核心内容是焊接方法，其发展过程代表了焊接工艺的进展情况。不同焊接方法的发明年代及发明国家见表 0-1。目前许多新的焊接工艺已用于焊接生产，极大地提高了焊接生产率和焊接质量，如俄罗斯汽车工业科学研究所发明的氙灯焊接新工艺，为金属、非金属材料焊接提供了广泛的可能性，其生产成本远低于激光焊。

表 0-1 焊接方法的发明年代及发明国家

焊接方法	发明年代	发明国别	焊接方法	发明年代	发明国别
碳弧焊	1885	俄罗斯(帝国)	冷压焊	1948	美国
电阻焊	1886	美国	高频电阻焊	1951	美国
金属极电弧焊	1892	俄罗斯(帝国)	电渣焊	1951	前苏联
热剂焊	1895	德国	CO ₂ 气体保护焊	1953	美国
氧-乙炔焊	1901	法国	超声波焊	1956	美国
金属喷镀	1909	瑞士	电子束焊	1956	法国
原子氢焊	1927	美国	摩擦焊	1957	前苏联
高频感应焊	1928	美国	等离子弧焊	1957	美国
惰性气体电弧焊	1930	美国	爆炸焊	1963	美国
埋弧焊	1953	美国	激光焊	1965	美国

二、焊接结构的制造概述

焊接结构制造工艺取决于产品的结构形式。从原材料进厂、复验入库到产品最终检验合格入库，包括了许多的加工工序，焊接结构生产一般工艺过程如图 0-1 所示。

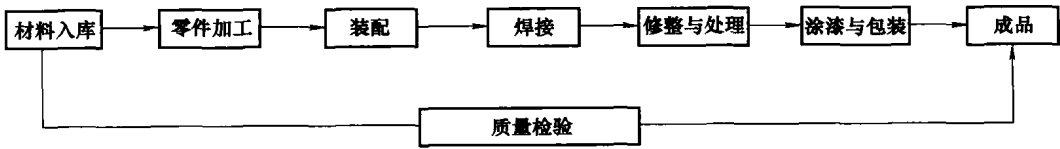


图 0-1 焊接结构生产一般工艺过程简图

其中最基本的加工工艺过程包括钢材矫正及预处理、下料冲压成形、部件装配焊接及总装焊接、质量检验及性能试验、成品后处理及包装入库等。在焊接结构的制造工艺过程中，焊接是整个过程中的核心工序，对于每个工序的具体内容，由产品的结构特点、复杂程度、技术要求和生产量的大小等因素决定。因此，在制造工艺过程中，对各工序的技术要求必须在产品或部件的综合工艺卡或工艺流程卡中加以说明，以保证各工序的加工质量。焊件的最终质量检查项目见表 0-2。

表 0-2 焊件的最终质量检查一览表

检查项目名称	检查目的及要求	易存在的缺陷	备 注
焊接结构的外形尺寸检查	结构的外形必须符合设计图样的规定,不允许存在各种结构形状的畸变	如容器圆柱筒体的凹陷、凸鼓、挠度超差,梁柱等金属结构的上拱度、旁弯量、腹板垂直度及波浪变形等	最基本的检查项目
焊缝外观的检查 (目视检查)	主要是焊缝的外形尺寸(如焊缝宽度、余高、焊脚尺寸、焊缝有效厚度)以及焊缝的外表缺陷不得超过标准规定,必要时,要按相应的补焊工艺规程进行修正及补焊	焊缝的外表缺陷如咬边、焊瘤、下凹、气孔、裂纹、烧穿、溢流、未熔合和弧坑等易扩展成危险性缺陷	必要时可采用 5 倍以下的放大镜检查
焊接接头的无损检测	探测目视检查不能或无法发现的各种缺陷,焊接结构无损检测的要求取决于结构的运行条件和重要性。对承受高温高压的锅炉受压部件和容器,低温或腐蚀介质下工作的容器、管道以及重载焊接结构均要求作无损检测。其中对严格要求控制缺陷的重要焊接结构,往往对同一条焊缝采用两种或两种以上的无损检测法检查	如表层的微裂纹、夹渣以及各种内部缺陷	缺陷的评定可按相应的国家标准进行
焊接接头的密封性检查	对装载易燃、易爆、有毒及其他化工气体的容器、真空容器和核设备等焊接接头在完成所规定的其他检查程序后,最后还必须作密封性检查	主要检查有无泄漏情况	常用的密封性检查方法有气压试验、氦检漏试验、煤油渗透试验等
结构整体耐压试验	对锅炉受压部件、受压容器、贮罐和管道等焊接结构,最后应做耐压试验,以检验焊接接头的密封性和整体强度	主要检查有无渗漏、可见的异常变形和残余变形,有无异常响声等	耐压试验分为液压和气压试验两种
见证件检验	在见证件(产品试件)上应切取规定数量的拉伸试验、弯曲试验和冲击试验的试样。试验方法和试验程序应按相应的国家标准	焊接接头宏观金相检验试片上不应有任何长度的裂纹、未熔合、未焊透以及超标的气孔和夹渣。微观金相检验不应有任何裂纹和淬硬组织。不锈钢焊接接头试件的晶间腐蚀试验合格标准通常由产品技术条件或设计图样所规定	产品试件的材料应取自用于所代表产品的同炉号、同批号的板材、管材或型材

三、焊接工艺要素

从广义上讲,焊接工艺要素包括对接头性能和致密性起决定性作用的所有工艺因素。除焊接方法外,焊接工艺要素还包括焊接接头的形式与拘束度、焊前的加工和准备、焊件材料的种类和规格、焊接材料、焊前预热、层间温度和低温后热处理、焊后热处理、焊接能量参数、操作技术、焊后检查等。这些焊接工艺要素都应在焊接工艺评定中加以考虑,并在焊接工艺规程中作出明确的规定。

1. 焊接接头设计的基本原则

焊接接头已成为整个金属结构不可分割的组成部分,它对结构运行的可靠性和使用寿命有着决定性的影响。焊接接头的设计主要包括确定接头的形式和位置、设计坡口形式和尺寸、制定对接头质量的要求等,其设计的基本原则是:

- ① 焊接接头与母材金属的等强性;
- ② 焊接接头与母材金属的等塑性;
- ③ 焊接接头的工艺性 (可施工性);
- ④ 焊接接头的经济性。

要优先采用具有深熔特性的焊接方法, 尽可能采用 I 形坡口的对接接头的形式。

2. 焊接材料的基本要求

焊接材料按其作用可分为焊接填充材料和焊接辅助材料两大类。焊接材料应对焊接区提供良好的保护, 防止各种有害气体的侵入, 并通过适当的冶金反应将焊缝金属合金化, 使焊缝金属具有较高的抗裂性和符合要求的各项性能。

焊接材料的选择因焊接结构的制造工艺、焊接方法的不同而不同。对于一些重要的焊接结构和焊接接头按等强原则设计的焊接结构, 应按焊接接头性能的要求以及焊接结构部件的所有制造工艺对接头性能的影响, 结合每种焊接方法的冶金特点来合理选择焊接材料。

3. 焊接热处理

焊前预热: 是防止厚板构件、低合金和中合金钢接头产生焊接裂纹的最有效的措施之一, 是决定接头致密性和性能的重要因素。

低温后热处理 (简称后热): 是指焊接结束后, 将焊件或整条焊缝立即加热到 $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ 温度范围, 并保持一段时间。后热主要用于焊前预热不足以防止冷裂纹的形成以及焊接性较差的低合金钢高拘束度接头。但低温后热处理对于强度级别高于 650MPa 、壁厚大于 80mm 的接头, 并不是可靠的防裂措施。

消氢处理: 为了消除氢在焊缝表层下的富集, 防止由此引起的横向延迟裂纹, 可将焊件或整条焊缝在 300°C 以上温度加热一段时间, 即进行消氢处理。消氢处理必须在焊接结束后立即进行。消氢处理的温度为 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$, 消氢时间为 $1\sim 2\text{h}$ 。在某些情况下, 消氢处理还可代替低合金钢厚壁焊件的中间消除应力处理。

焊后热处理: 是焊接工艺的重要组成部分, 它与焊件材料的种类、型号、板厚、所选用的焊接工艺、焊接材料及对接头性能的要求密切相关, 是保证焊件使用特性和寿命的关键工序。

焊后热处理制度如加热温度、加热速度、保温时间和冷却速度等, 对于常用钢种在各种焊接结构制造规程中都有明确的规定。

4. 焊接工艺要素

(1) 焊接能量参数 焊接能量参数是指焊接电流、电弧电压和焊接速度。主要依据所要求的熔深和焊缝形状来选择。

(2) 焊接操作技术 焊接操作技术包括焊接位置、焊接顺序、运条方式、焊丝摆动参数、焊道层数和清根方法等。在一些特种焊接方法中, 如电子束、激光焊、摩擦焊等, 操作技术可成为重要的工艺参数指标。

四、焊接工艺的发展概况

焊接技术应用于工业生产始于 19 世纪 80 年代。我国的焊接技术是新中国成立后才获得发展的, 起步较晚, 但已取得令人瞩目的成就。

20 世纪 60 年代以来, 我国焊接技术的发展十分迅速, 已经从单一的焊接技术发展成为综合性的制造技术。焊接结构用材料已从普通的碳素钢、低合金钢扩大到各种合金钢、不锈钢、难熔金属及活性金属、铸铁、工程塑料以及陶瓷等。焊接结构的应用领域已从锅炉、压

压力容器、管道、船舶、车辆扩大到航天、航空工程、建筑、桥梁、机床、核能设备、冶金矿山设备、轻工、医疗器械、家电器件、电子仪表以及食品、饮料加工设备等。

在工业生产中应用的焊接方法,除了传统焊接方法外,目前已广泛采用了钨极氩弧焊、CO₂ 气体保护焊、熔化极惰性气体保护焊、等离子弧焊等多种焊接新技术。焊接设备已从最原始的交流变压器、电动机驱动直流弧焊机和硅整流电源,发展到晶闸管整流电源、晶体管电源、逆变型电源以及微机控制焊接电源。焊接工艺装备已从简单的操作机、滚轮架、变位器和翻转胎等发展到全自动化的专用成套焊接装备和焊接加工中心。焊接机器人和柔性制造系统也开始在专业化生产中发挥作用。焊接接头的各种无损检测技术,如表面磁粉探伤、X 射线探伤、超声波探伤和渗透探伤法,得到了普遍的应用。

我国是一个人口众多的发展中国家,近年来焊接事业虽然取得了巨大的进步,但与工业发达国家相比还有较大的差距,在推广高质、高效、低成本的焊接技术以及焊接专机与辅机的研制等方面我们还有大量的工作要做,如何获得更高质量、更能满足现场要求的焊接结构将是我国焊接工作者一直追求的目标。

章节小结

1. 《焊接工艺》课程的目的、任务和要求。
2. 焊接的定义。焊接是通过加热或加压,或两者并用,并且用或不用填充材料,使工件达到结合的一种方法。
3. 焊接工艺的定义。焊接工艺是根据生产性质、图样和技术要求,结合现有条件,运用现代化焊接技术知识和先进生产经验,确定出的产品加工方法和程序,是焊接过程中的一整套技术规定。焊接工艺包括焊前准备、焊接材料、焊接方法、焊接顺序、焊接操作的最佳选择以及焊后处理等。
4. 焊接方法的定义。焊接方法是指特定的焊接过程如埋弧焊、气体保护焊等。其含义包括该方法涉及的冶金、电、物理、化学及力学原则等内容。
5. 焊接结构生产的一般工艺过程。焊接工艺要素包括对接头性能和致密性起决定作用的所有工艺因素。
6. 焊接工艺的发展趋势。

思考题

1. 《焊接工艺》课程的内容包括哪几个部分?有哪些基本要求?
2. 什么是焊接?焊接与机械连接有何本质区别?
3. 焊接的基本特点是什么?适用于哪些生产?
4. 什么是焊接工艺?包括哪些方面的内容?
5. 为什么说焊接方法是焊接工艺的核心内容?
6. 我国焊接技术的发展有哪些特点?工业部门对焊接技术有什么新要求?
7. 焊接结构生产的一般工艺流程包括哪些工序?各有什么要求?
8. 焊接工艺要素主要包括哪些?各有什么规定及要求?
9. 如何选择焊后热处理的方式?

第一篇 焊接方法及焊接工艺参数

第一章 手工电弧焊与气焊气割

【学习指南】 本章重点学习手工电弧焊与气焊气割的有关知识。要求了解手工电弧焊与气焊气割的基本概念，理解手工电弧焊与气焊工艺，熟悉手工电弧焊与气焊气割的设备，掌握常用的手工电弧焊与气焊气割的方法。

第一节 手工电弧焊

手工电弧焊简称手弧焊，是利用电弧产生的热量熔化母材和焊条的一种手工操作焊接方法。手工电弧焊以其操作灵活、方便、设备简单等优点而被广泛采用。

在手工电弧焊中，要考虑焊接电弧的特点及正确的使用方法。焊接电弧是在电极与工件间气体介质中强烈持久的放电现象。电弧引燃后，弧柱中就充满了高温电离气体，放出大量的热和强烈的光。焊接电弧由阴极区、阳极区和弧柱区三部分组成，如图 1-1 所示。

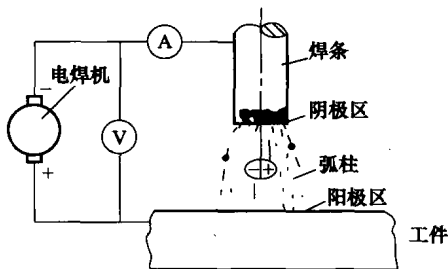


图 1-1 焊接电弧

阴极区是发射电子的区域，它的厚度只有万分之一毫米左右。由于发射电子要消耗一定的能量，所以阴极区的温度低于阳极区。在焊接钢材时，阴极区平均温度为 2400K，约占总热量的 36%。阳极区因受电子轰击和吸入电子而获得较多能量，所以阳极区温度较阴极区高，焊接钢材时，阳极区温度可达 2600K，该区的热量约占总热量的 43%。弧柱区是阴极区和阳极区之间的电弧部分，其长度基本上等于电弧长度，弧柱区温度可高达 6000~8000K，弧柱区的热量约占总热量的 21%。

由于电弧在阳极和阴极上产生的热量不相同，因而用直流焊机焊接时就有正接和反接两种接线方式。正接是将工件接电源正极、焊条接负极 [图 1-2 (a)]，这时电弧中的热量大部分集中在焊件上，可加速焊件的熔化，多用于焊接较厚的焊件。反接是将焊件接电源负极，焊条接正极 [图 1-2 (b)]，反接法多用于薄件的焊接以及非铁合金、不锈钢、铸铁等材料的焊接。

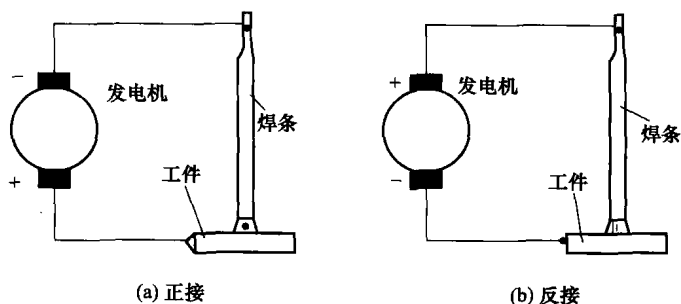


图 1-2 直流弧焊的正接与反接

一、手工电弧焊设备

1. 交流弧焊机

交流弧焊机是一种特殊的降压变压器，它具有结构简单、价格便宜、使用可靠、维护方便等优点，但在电弧稳定性方面不如直流电焊机好。

BX3-300 型交流弧焊机是一种常用的手工电弧焊机，这种弧焊变压器由一个高而窄的口型铁芯和外绕初、次级绕组组成，初级和次级绕组分别由匝数相等的两盘绕组组成，初级绕组每盘中间有一个抽头，两盘绕组由夹板夹紧组成一个整体，固定于铁芯的底部。次级绕组两盘也夹成整体，置于初级线圈上方 [图 1-3 (a)]，通过手柄及调节丝杆可使次级绕组上下移动，以改变初、次级线圈间的距离 δ_{12} ，调节焊接电流的大小。

BX3-300 型交流弧焊机的内部结构及外形分别如图 1-3 (a) 和 (b) 所示。

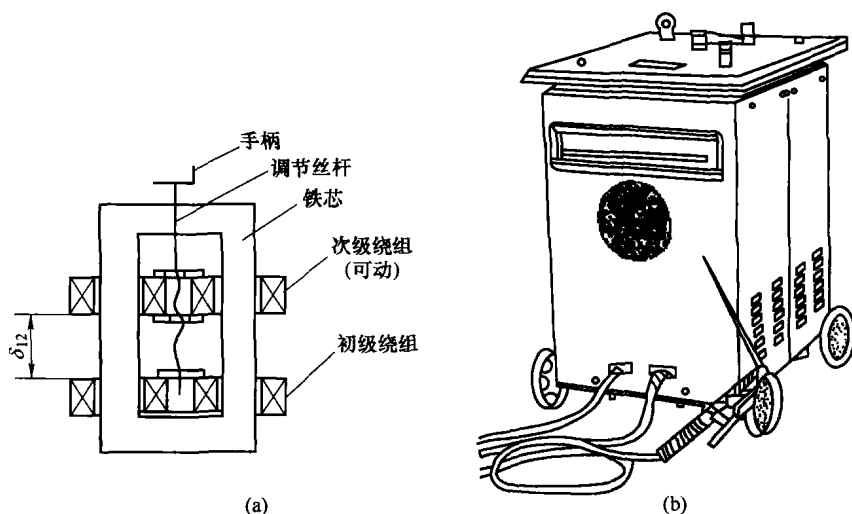


图 1-3 BX3-300 型交流弧焊机

交流弧焊机的基本技术参数包括输入端电压、空载电压、工作电压、输入容量、电流调节范围、负载持续率等，这些基本参数值都标明在每台焊机的铭牌上。现对基本技术参数简要说明如下。

① 输入端电压是指弧焊机要求的电源电压。一般交流弧焊机的输入端电压为 220V 或 380V。

② 空载电压是弧焊机不在焊接状态时的输出端电压。一般交流弧焊机的空载电压为 60~80V。