

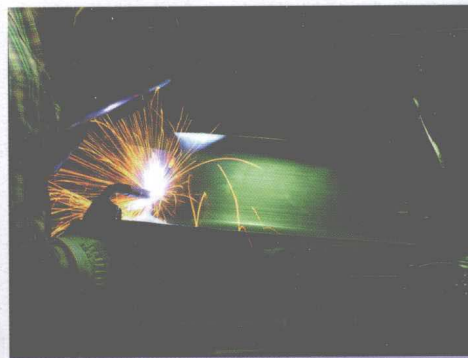


教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEI
JIAOXUEZHIDAOWEIYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接方法与设备

杨坤玉 / 主编 许利民 徐宏彤 / 副主编 邱葭菲 / 主审



HANJIE
FANGFA
YUSHEBEI

焊接结构生产、熔焊过程控制与焊接工艺
焊接方法与设备、焊接检测及技能训练
金属材料、热处理技术基础
热处理设备、金属材料检测技术
热处理技能操作训练、铸造合金熔炼及控制
铸造生产及工艺工装设计、特种铸造
铸造工艺CAE优化设计、铸造技能基础实训

中南大学出版社
www.csupress.com.cn

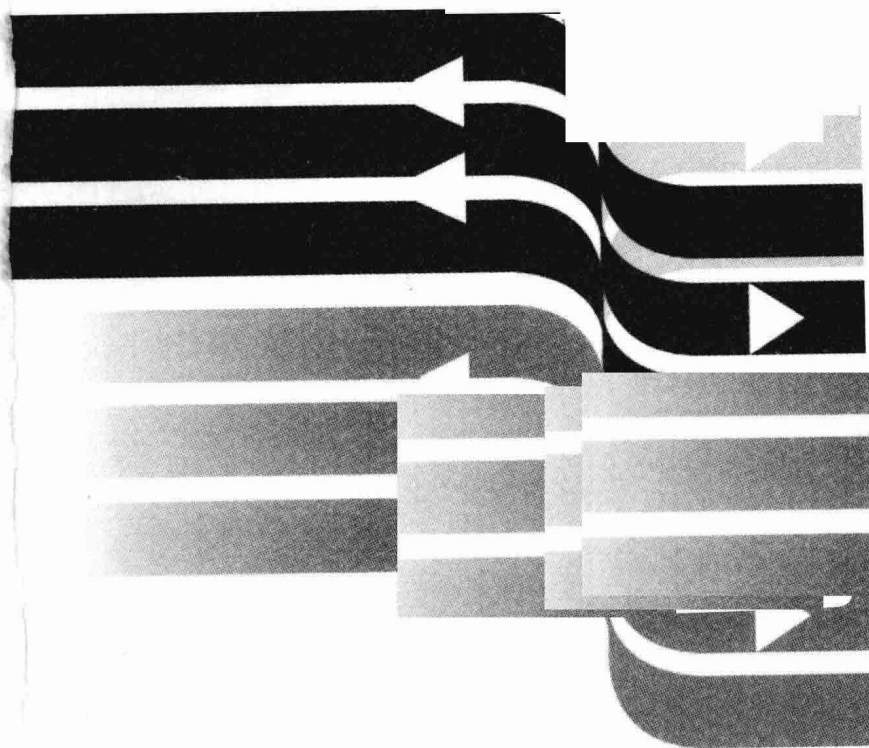


教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材

JIAOYUBUGAOZHIGAOZHUANCAILIAOLEI
JIAOXUEZHIDAOWEYUANHUI
GONGCHENGCAILIAOYUCHENGXINGGONGYILEIZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

焊接方法与设备

杨坤玉 / 主编 许利民 徐宏彤 / 副主编 邱葭菲 / 主审



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

焊接方法与设备/杨坤玉主编. —长沙:中南大学出版社,2010
教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类
专业规划教材

ISBN 978-7-81105-683-9

I. 焊... II. 杨... III. ①焊接工艺 - 高等学校:技术学校 - 教材
②焊接设备 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 062432 号

焊接方法与设备

主编 杨坤玉

☐责任编辑 史海燕

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市华中印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 16.75 ☐字数 412 千字 ☐插页

☐版 次 2010 年 4 月第 1 版 ☐2010 年 4 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-683-9

☐定 价 34.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介



本书是教育部高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业规划教材。

本书系统讲述了各种常用焊接方法的原理、特点、焊接材料、设备及工艺知识，并对各种焊接、切割方法与技术的新发展做了介绍，全书共分八个模块，其内容包括：焊接方法与设备概述，焊条电弧焊，埋弧焊，熔化极气体保护焊，钨极惰性气体保护焊，等离子弧焊与切割，电阻焊，其他焊接方法。

本书可作为高等职业技术学院焊接技术及自动化专业的教材，也可作为各类成人教育焊接专业的教材及各级焊工职业技能鉴定培训教材，同时可供有关工程技术人员参考。





教育部高职高专材料类教学指导委员会 工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会 (排名不分先后)

主 任

王纪安 承德石油高等专科学校

任慧平 内蒙古科技大学

副主任

曹朝霞 包头职业技术学院

谭银元 武汉船舶职业技术学院

凌爱林 山西机电职业技术学院

佟晓辉 中国热处理行业协会

王红英 深圳职业技术学院

赵丽萍 内蒙古科技大学

姜敏凤 无锡职业技术学院

委 员

张连生 承德石油高等专科学校

韩小峰 陕西工业职业技术学院

王泽忠 四川工程职业技术学院

阎庆斌 山西机电职业技术学院

李荣雪 北京电子科技职业学院

彭显平 四川工程职业技术学院

陈长江 武汉船舶职业技术学院

杨坤玉 长沙航空职业技术学院

诸小丽 南宁职业技术学院

蔡建刚 兰州石化职业技术学院

白星良 山东工业职业学院

杨 跃 四川工程职业技术学院

李学哲 沈阳职业技术学院

张 伟 洛阳理工学院

赵 峰 天津中德职业技术学院

杨兵兵 陕西工业职业技术学院

李 慧 新疆农业职业技术学院

谢长林 株洲电焊条股份有限公司

尹英杰 石家庄铁路职业技术学院

孟宪斌 齐鲁石化建设公司

苏海青 承德石油高等专科学校

石 富 内蒙古机电职业技术学院

邱葭菲 浙江机电职业技术学院

范洪远 四川大学

许利民 承德石油高等专科学校

杨 崑 西华大学

王建勋 兰州石化职业技术学院

曹喻强 陕西工业职业技术学院

韩静国 山西机电职业技术学院

王晓江 陕西工业职业技术学院

王书田 包头职业技术学院

付 俊 四川工程职业技术学院

郝晨生 黑龙江工程学院

柴腾飞 太原理工大学长治学院



当前,高等职业教育改革方兴未艾,各院校积极贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号文)和教育部、财政部《关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号文)文件精神,探索“工学结合”的改革之路,取得了很好很好的教学成果。

教育部高等学校高职高专材料类教学指导委员会工程材料与成形工艺分委员会,主要负责工程材料及成形工艺类专业与课程改革建设的指导工作。分教指委组织编写了《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》,并已由中南大学出版社正式出版,向全国推广发行,它是对高职院校教学改革的阶段性探索和成果的总结,对开办相关专业的院校有较好的指导意义和参考价值。为了适应工程材料与成形工艺类专业教学改革的新形势,分教指委还积极开展了工程材料与成形工艺类专业高职高专规划教材的建设工作,并成立了高职高专工程材料与成形工艺类专业规划教材编审委员会,编审委员会由教指委委员、分指委专家、企业专家及教学名师组成。教指委及规划教材编审委员会于2008年11月在长沙中南大学召开了教材建设研讨会,会上讨论了焊接技术及自动化专业、金属材料热处理专业、材料成形与控制技术专业(铸造方向、锻压方向、铸热复合)以及工程材料与成形工艺基础等一系列教材的编写大纲,统一了整套书的编写思路、定位、特色、编写模式、体例等。

历经几年的努力,这套教材终于与读者见面了,它凝结了全体编写者与组织者的心血,体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本套教材体系完整、内容丰富。归纳起来,有如下特色:①根据教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会工程材料与成形工艺类专业制定的教学规划和课程标准组织编写;②统一规划,结构严谨,体现科学性、创新性、应用性;③贯彻以工作过程和行动为导向,工学结合的教育理念;④以专业技能培养为主线,构建专业知识与职业资格认证、社会能力、方法能力培养相结合的课程体系;⑤注重创新,反映工程材料与成形工艺领域的新知识、新技术、新工艺、新方法和新标准;⑥教材体系立体化,提供电子课件、电子教案、教学与学习指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源平台。

教材的生命力在于质量与特色，希望本系列教材编审委员会及出版社能做到与时俱进，根据高职高专教育改革和发展的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材进行修订、改进、完善，精益求精，使之更好地适应高职人才培养的需要，也希望他们能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，不断开拓，出版更多的精品教材，为高职教育提供优质的教学资源和服务。

衷心希望这套教材能在我国材料类高职高专教育中充分发挥它的作用，也期待着在这套教材的哺育下，一大批高素质、应用型、高技能人才能脱颖而出，为经济社会发展和企业发展建功立业。

王纪安

2010年1月18日

王纪安：教授，教育部高等学校高职高专材料类专业教学指导委员会委员，工程材料与成形工艺分委员会主任。

前言



本书是根据教育部制定的《高职高专工程材料与成形工艺类专业教学规范(试行)》的教学要求,对传统的课程体系进行重组优化,考虑到职业技术教育的特点,在保证基础知识和基本理论的前提下,对陈旧老化的知识予以删除,对繁琐的内容予以简化,把各种焊接方法的原理、设备、工艺、技能训练有机地融合在一起,结合多年的教学实践经验及对课程改革的探索编写而成。

全书以少学时、多信息来保证知识的供应量,内容丰富又避免重复;突出工艺环节,加强工艺分析,以达到会选择焊接方法、焊接设备、焊接材料,制定焊接工艺方法的目的;为了提高学生的工艺知识和综合能力,本书增加了焊接生产安全技术与工艺实例,侧重基础知识与基本技能训练,培养学生分析问题和解决问题的能力,具有较强的针对性与实用性。

本书以培养高等技术应用人才为目标,体系新、实用性强,注重在理论知识、素质、能力、技能等方面对学生进行全面的培养,注重吸取现有相关教材的优点,简化过多的理论介绍;突出职业技术教育特色,图文并茂,尽量联系现场实际;各模块之前均有学习指南和相关知识链接,资料丰富、好教好学;各个模块之后附有小结和复习思考题,重点模块后附有技能训练,以引导学生积极思考,培养学习兴趣及分析、解决问题的能力。

全书共分八个模块,其内容包括:焊接方法与设备概述,焊条电弧焊,埋弧焊,熔化极气体保护焊,钨极惰性气体保护焊,等离子弧焊与切割,电阻焊,其他焊接方法。各模块之后附有小结和综合训练与思考,重点模块后附有技能训练。全书教学约需70~90学时,各项实训教学为30学时。

本教材兼顾教学与培训实训使用,也可以作为企业上岗培训教材。适用于高职高专焊接技术与自动化专业,也可作为电视大学、成人教育学院、职工大学、业余大学等相关专业师生的教学用书,还可供有关工程技术人员参考。

本书由杨坤玉任主编,许利民、徐宏彤任副主编。参加编写的人员有:长沙航空职业技术学院杨坤玉(编写模块一、模块四、模块八),承德石油高等专科学校许利民(编写模块二),安徽国防科技职业技术学院张录鹤(参与编写模块四),蒋红云(参与编写模块八),辽宁装备制造技术职院裘荣鹏(编写模块五),兰州城市学院徐宏彤(编写模块六、模块七)。电子教案由长沙航空职业技术学院彭彬、杨新刚制作。杨坤玉负责总纂定稿。

由于我们水平有限,编写时间紧迫,书中难免存在疏漏、不妥之处,恳请有关专家、各兄弟院校师生和广大读者批评指正。

编者

2010年4月



目 录

模块一 焊接方法与设备概述	(1)
[学习指南]	(1)
[相关链接]	(1)
1.1 焊接方法及发展概况	(3)
1.1.1 焊接的本质及其特点	(3)
1.1.2 焊接方法的分类	(4)
1.1.3 焊接方法的发展现状和未来趋势	(5)
1.2 焊接热源与设备	(7)
1.2.1 焊接的能量本质	(7)
1.2.2 各种焊接方法的热源分类与特点	(8)
1.2.3 焊接热源与焊接设备	(8)
1.2.4 《焊接方法与设备》课程的任务、要求与学习建议	(9)
1.3 技能训练：焊接生产的安全技术与防护装备	(9)
1.3.1 焊接过程中的危险和有害因素	(10)
1.3.2 预防触电、火灾和爆炸等现场事故的安全技术	(12)
1.3.3 特殊环境焊接的安全技术	(14)
1.3.4 焊工安全防护与装备	(16)
【小结】	(18)
【综合训练与思考】	(18)
模块二 焊条电弧焊	(20)
[学习指南]	(20)
[相关链接]	(20)
2.1 焊条电弧焊基础知识	(22)
2.1.1 焊接电弧	(22)
2.1.2 焊接电弧燃烧的稳定性	(29)
2.1.3 焊丝的熔化与熔滴过渡	(30)
2.1.4 母材熔化与焊缝形成	(35)
2.1.5 焊缝成形缺陷及产生原因	(39)
2.2 焊条电弧焊的原理与特点	(40)
2.2.1 焊条电弧焊的原理	(40)
2.2.2 焊条电弧焊的特点	(41)
2.3 焊条电弧焊设备及工具	(41)

2.3.1	焊条电弧焊对设备的要求	(41)
2.3.2	常用焊机	(41)
2.3.3	焊条电弧焊常用工具	(42)
2.3.4	焊条电弧焊设备	(43)
2.4	焊条电弧焊的工艺	(45)
2.4.1	焊缝、坡口、接头	(45)
2.4.2	焊接工艺参数	(46)
2.5	技能训练：焊条电弧焊操作实训	(48)
2.5.1	焊条电弧焊的基本操作	(48)
2.5.2	各种位置的焊接实训	(51)
	【小结】	(58)
	【综合训练与思考】	(58)
模块三 埋弧焊		(62)
	[学习指南]	(62)
	[相关链接]	(62)
3.1	埋弧焊概述	(62)
3.1.1	埋弧焊的焊接过程及原理	(62)
3.1.2	埋弧焊的特点	(63)
3.1.3	埋弧焊的分类及应用	(64)
3.1.4	埋弧焊的自动调节原理	(65)
3.2	埋弧焊设备	(67)
3.2.1	埋弧焊机的结构和分类	(67)
3.2.2	MZ-1000 自动埋弧焊机	(69)
3.3	埋弧焊焊接材料	(73)
3.3.1	母材	(73)
3.3.2	埋弧焊焊丝	(73)
3.3.3	焊剂	(74)
3.4	埋弧焊工艺	(79)
3.4.1	埋弧焊工艺概述	(79)
3.4.2	焊接工艺参数对焊接质量的影响及其选择	(79)
3.4.3	埋弧焊技术	(82)
3.4.4	埋弧焊焊接实例分析	(88)
3.4.5	埋弧焊的常见缺陷及防止方法	(90)
3.5	埋弧焊的其他方法	(92)
3.5.1	多丝埋弧焊	(92)
3.5.2	带极埋弧焊	(93)
3.5.3	窄间隙埋弧焊	(94)
3.6	技能训练：埋弧焊的操作实训	(96)



3.6.1 实训目标	(96)
3.6.2 实训准备	(96)
3.6.3 实训任务	(96)
3.6.4 板厚 14 mm 的 Q345(16Mn)钢带焊剂垫的 I 形坡口对接技能训练	(97)
3.6.5 板厚 25 mm 的 Q345(16Mn)钢板 V 形坡口对接技能训练	(98)
【小结】	(99)
【综合训练与思考】	(99)
模块四 熔化极气体保护焊	(101)
[学习指南]	(101)
[相关链接]	(101)
4.1 熔化极气体保护焊概述	(102)
4.1.1 熔化极气体保护焊的分类	(102)
4.1.2 熔化极气体保护焊的应用	(103)
4.1.3 熔化极气体保护焊的特点	(103)
4.2 熔化极气体保护焊焊机的组成及常见故障和排除方法	(104)
4.2.1 焊接电源	(104)
4.2.2 送丝系统	(105)
4.2.3 焊枪	(106)
4.2.4 NB 系列 CO ₂ 气保焊机常见故障及排除方法	(109)
4.3 熔化极惰性气体保护焊(MIG 焊)	(114)
4.3.1 MIG 焊的原理、特点及应用	(114)
4.3.2 MIG 焊的焊接材料	(115)
4.3.3 MIG 焊工艺	(116)
4.4 熔化极活性混合气体保护焊(MAG 焊)	(118)
4.4.1 MAG 焊的原理及特点	(118)
4.4.2 MAG 焊常用混合气体及应用	(120)
4.4.3 MAG 焊的焊接工艺参数	(121)
4.5 CO ₂ 气体保护焊(CO ₂ 焊)	(122)
4.5.1 CO ₂ 焊的原理、特点及应用	(122)
4.5.2 CO ₂ 焊的冶金特性	(123)
4.5.3 CO ₂ 焊的焊接材料	(126)
4.5.4 CO ₂ 焊工艺	(128)
4.5.5 CO ₂ 焊焊接技术	(130)
4.6 熔化极气体保护焊的其他方法	(132)
4.6.1 药芯焊丝气体保护焊	(132)
4.6.2 脉冲熔化极惰性气体保护焊	(135)
4.6.3 窄间隙熔化极活性气体保护焊	(137)
4.7 技能训练: CO ₂ 气体保护焊操作实例	(139)

【小结】	(140)
【综合训练与思考】	(140)
模块五 钨极惰性气体保护焊(TIG 焊)	(142)
[学习指南]	(142)
[相关链接]	(142)
5.1 钨极惰性气体保护焊的工作原理及特点	(143)
5.1.1 TIG 焊的工作原理	(143)
5.1.2 TIG 焊的特点	(143)
5.2 钨极惰性气体保护焊设备	(144)
5.2.1 焊接电源	(144)
5.2.2 引弧及稳弧方法	(145)
5.2.3 焊枪	(146)
5.2.4 供气系统和水冷系统	(148)
5.2.5 焊接程序控制装置	(148)
5.3 钨极惰性气体保护焊焊接材料	(149)
5.3.1 钨电极	(149)
5.3.2 保护气体	(150)
5.3.3 焊丝	(152)
5.4 钨极惰性气体保护焊工艺	(152)
5.4.1 接头及坡口形式	(152)
5.4.2 工件和填充焊丝的焊前清理	(154)
5.4.3 焊接工艺参数的选择	(155)
5.4.4 操作技术	(160)
5.4.5 安全技术	(161)
5.5 钨极惰性气体保护焊的其他方法	(161)
5.5.1 钨极氩弧点焊	(161)
5.5.2 热丝 TIG 焊	(162)
5.5.3 管道焊接技术	(163)
5.6 技能训练：钨极惰性气体保护焊焊接实例	(166)
5.6.1 铝合金包壳核燃料元件端盖密封焊接	(166)
5.6.2 1035 工业纯铝卧式储罐手工 TIG 焊	(167)
【小结】	(167)
【综合训练与思考】	(167)
模块六 等离子弧焊与切割	(170)
[学习指南]	(170)
[相关链接]	(170)
6.1 等离子弧与等离子弧发生器	(171)



6.1.1 等离子弧的形成及其分类	(171)
6.1.2 等离子弧发生器	(172)
6.2 等离子弧焊接	(174)
6.2.1 等离子弧焊的基本方法	(175)
6.2.2 等离子弧焊设备	(176)
6.2.3 等离子弧焊机常见故障分析	(177)
6.2.4 等离子弧焊工艺	(178)
6.2.5 等离子弧焊的缺陷及其防止	(183)
6.3 等离子弧堆焊	(183)
6.3.1 等离子弧堆焊原理及特点	(183)
6.3.2 等离子弧堆焊的分类	(183)
6.4 等离子弧切割	(185)
6.4.1 等离子弧切割原理及特点	(185)
6.4.2 等离子弧切割设备	(185)
6.4.3 等离子弧切割方法	(186)
6.4.4 等离子弧切割工艺	(188)
6.4.5 等离子弧焊接(切割)的安全防护技术	(190)
6.5 技能训练: 不锈钢管纵缝等离子弧焊接工艺实例	(191)
【小结】	(191)
【综合训练与思考】	(191)
模块七 电阻焊	(194)
[学习指南]	(194)
[相关链接]	(194)
7.1 电阻焊的分类及特点	(194)
7.1.1 电阻焊的分类	(195)
7.1.2 电阻焊的特点	(195)
7.2 电阻焊的基本原理	(196)
7.2.1 焊接的热量及其影响因素	(196)
7.2.2 热平衡及温度分布	(197)
7.2.3 焊接循环	(198)
7.2.4 金属材料电阻焊时的焊接性	(199)
7.3 点焊、凸焊和缝焊	(199)
7.3.1 点焊	(199)
7.3.2 凸焊	(205)
7.3.3 缝焊	(209)
7.4 电阻对焊和闪光对焊	(213)
7.4.1 电阻对焊	(214)
7.4.2 闪光对焊	(215)

7.5 技能训练：制冷设备中铜管与铝管闪光对焊实例	(219)
【小结】	(219)
【综合训练与思考】	(219)
模块八 其他焊接方法	(221)
[学习指南]	(221)
[相关链接]	(221)
8.1 电渣焊	(222)
8.1.1 电渣焊的原理与特点	(222)
8.1.2 电渣焊的分类及应用	(223)
8.1.3 电渣焊工艺	(226)
8.2 高能束焊	(227)
8.2.1 真空电子束焊	(227)
8.2.2 激光焊	(228)
8.3 摩擦焊	(230)
8.3.1 摩擦焊的原理、分类及特点	(230)
8.3.2 典型摩擦焊方法	(232)
8.4 钎焊	(233)
8.4.1 钎焊的原理、分类及特点	(233)
8.4.2 钎焊材料	(234)
8.4.3 钎焊方法及工艺	(236)
8.5 气焊与气割	(239)
8.5.1 气焊	(239)
8.5.2 气割	(241)
8.5.3 气焊与气割设备及使用安全要求	(241)
8.5.4 气焊与气割工艺参数的选择	(246)
8.6 技能训练：硬质合金刀具的钎焊实例	(249)
【小结】	(250)
【综合训练与思考】	(250)
参考文献	(252)



模块一

焊接方法与设备概述

[学习指南]

1. 掌握焊接的本质和焊接方法的分类;
2. 了解焊接方法的发展概况和未来趋势。

重点: 焊接的本质; 焊接方法的分类; 焊接操作安全技术与装备。

难点: 焊接操作安全措施与装备。

[相关链接]

焊接是一种古老的加工方法,已有上千年的历史。早在春秋战国时期,我们的祖先已经开始以黄泥作助熔剂,用加热锻打的方法把两块金属连接在一起。据有关资料介绍,出土的秦代兵马俑铜马车就是由许多块金属拼焊成的。到公元7世纪唐朝时期,已经应用锡钎焊和银钎焊的方法来制作器物,比欧洲国家早了1000多年。有记载的焊接方法,如软钎焊和锻焊至少也有数百年的历史。但用于现代工业生产的焊接方法,多数还是19世纪初发现的,特别是在1885年俄罗斯人别那尔道斯(Бенардо)发明碳弧焊之后出现的。

工业技术的进步,新材料、新能源的出现,推动了焊接技术的发展。从发现电弧到激光能源出现的一百多年的时间里,发明了二十余种基本焊接方法,加上其衍生的方法不下百余种。各种基本方法的发明时间见表1-1。

表1-1 焊接方法的发展简史

焊接方法	发明时间	发明国家	焊接方法	发明时间	发明国家
碳弧焊	1885	俄国	冷压焊	1948	英国
电阻焊	1886	美国	高频电阻焊	1951	美国
金属极电弧焊	1892	俄国	电渣焊	1951	前苏联
热剂焊	1895	德国	CO ₂ 气体保护电弧焊	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

续表 1-1

焊接方法	发明时间	发明国家	焊接方法	发明时间	发明国家
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
惰性气体保护电弧焊	1930	美国	爆炸焊	1963	美国
埋弧焊	1935	美国	激光焊	1965	美国

近代焊接技术发展大事记：

- 1801 年迪威发现了电弧放电现象，这是近代焊接技术的起点。
- 19 世纪中叶人们提出了利用电弧熔化金属并进行材料连接的想法，许多年后真正出现了达到实用程度的电弧焊接方法。
- 最初可以称作电弧焊接的是 1885 年俄国人发明的碳弧焊，该方法以碳电极作为阳极产生电弧，被用在铁管及容器的制造及蒸汽机车的修理中。
- 俄国人在 1891 年提出以金属电极取代碳电极的金属极焊接法，最初是在空气中产生金属极(铁)电弧进行焊接，焊接区的品质用现在的知识判断是不合格的。
- 瑞典人在 1907 年发明了焊条，对这一状况加以改进，并于 1912 年开发出保护性能良好的厚涂层焊条，确立了焊条电弧焊技术的基础。从“利用电弧进行金属的熔化焊接”这一新思想产生开始，经历了 50 多年，焊接技术的基础才得以确立。与当时使用着的螺钉等机械连接法相比，电弧焊能够减少使用材料、确保接合强度、缩短作业时间，因此很快被产业界所采用。
- 1920 年英国全焊接船已下水使用。焊条焊接法的成功进一步促进了电弧焊接法的发展。由于焊条焊接采用了有限长度的焊条，所进行的焊接是断续的，不符合连续焊接的要求。
- 1930 年开发了埋弧焊。埋弧焊是向颗粒状焊剂中连续送进钢制焊丝，电弧放电所需电流从导电嘴供给，这种电流供给方式成为现在自动焊的原形。
- 为了对电弧及焊接金属进行保护，使其同空气隔绝，从很早开始人们就考虑了利用保护气体。1930 年以后以美国为主，把钨电极与氩气组合，进行了气体保护钨电极电弧焊接法的研究，该焊接法的最初适用对象是镁及不锈钢薄板。
- 铝合金由于表面氧化膜的存在，焊接困难。1945 年左右人们知道了电弧放电的阴极(严格讲是阴极点)具有去除氧化膜的作用，随后出现了以铝合金为对象的交流 GTA 焊接法、在氩气保护气氛中采用铝焊丝的直流金属极焊接法，即 GMA 焊接法。

最新发展动态

欧美等发达国家的专家认为，从现在到 2020 年，焊接仍将是制造业的重要加工技术和手段，且将进一步发展成为一种精确、可靠、低成本的连接方法。

焊接技术(包含连接、切割、涂敷)将是各种材料、产品加工的首选方法；焊接将逐步集成到产品的全寿命过程中。从产品的设计、开发、制造，再到维修、再循环的各个阶段，都将出现焊接的身影；在降低产品全寿命过程的成本，提高产品的质量和可靠性，增强产品的市场竞争力等方面，焊接技术都将起着至关重要的作用。



1.1 焊接方法及发展概况

1.1.1 焊接的本质及其特点

在各种金属结构和机器制造中,经常需要将两个或两个以上的零件按一定的形式和位置连接起来。按照这些连接方法的特点,可分为两大类:一是可拆卸的连接,即不必损坏零件就可以拆卸,如螺栓连接、键连接等,如图1-1所示;二是不可拆连接,即如果要拆卸,必须要损坏零件才能实现,如铆接、焊接等,如图1-2所示。

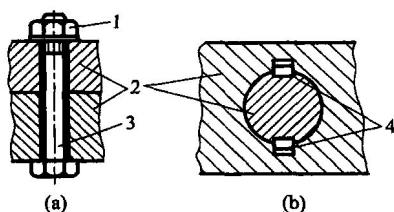


图1-1 可拆卸连接

(a)螺栓连接;(b)键连接

1—螺母;2—零件;3—螺栓;4—键

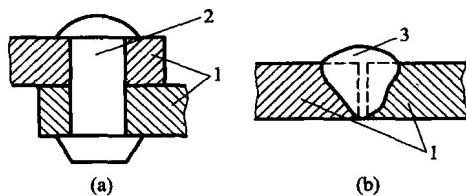


图1-2 不可拆卸连接

(a)铆接;(b)焊接

1—零件;2—铆钉;3—焊缝

焊接是指通过适当的物理化学过程使两个分离的固态物体产生原子(分子)间的结合力而连接成一体的连接方法。焊接过程的本质就是通过适当的物理化学过程,使两个分离固态物体形成永久性连接的整体。

焊接是目前应用极为广泛的一种永久性连接方法。在很多工业部门的金属结构中,焊接几乎全部取代了铆接,不少过去一直用整铸、整锻方法生产的大型毛坯也改用焊接结构,不仅大大简化了生产工艺,还降低了成本。与其他连接方法相比,焊接有其独特的优点,见图1-3。

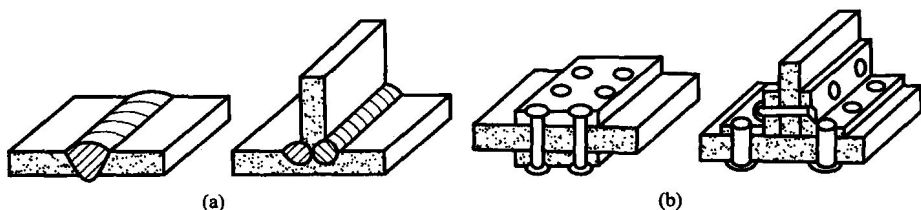


图1-3 焊接与铆接比较

(a)焊接结构;(b)铆接结构

(1)成形方便:焊接方法灵活多样,工艺简便。在制造大型、复杂结构和零件时,可采用铸焊、锻焊方法,化大为小,化复杂为简单,再逐次装配焊接而成。

(2)适应性强:采用相应的焊接方法,不仅可生产微型、大型和复杂的金属构件,也能生产气密性好的高温、高压设备和化工设备;此外,采用焊接方法,还能实现异种金属或非金属的连接。