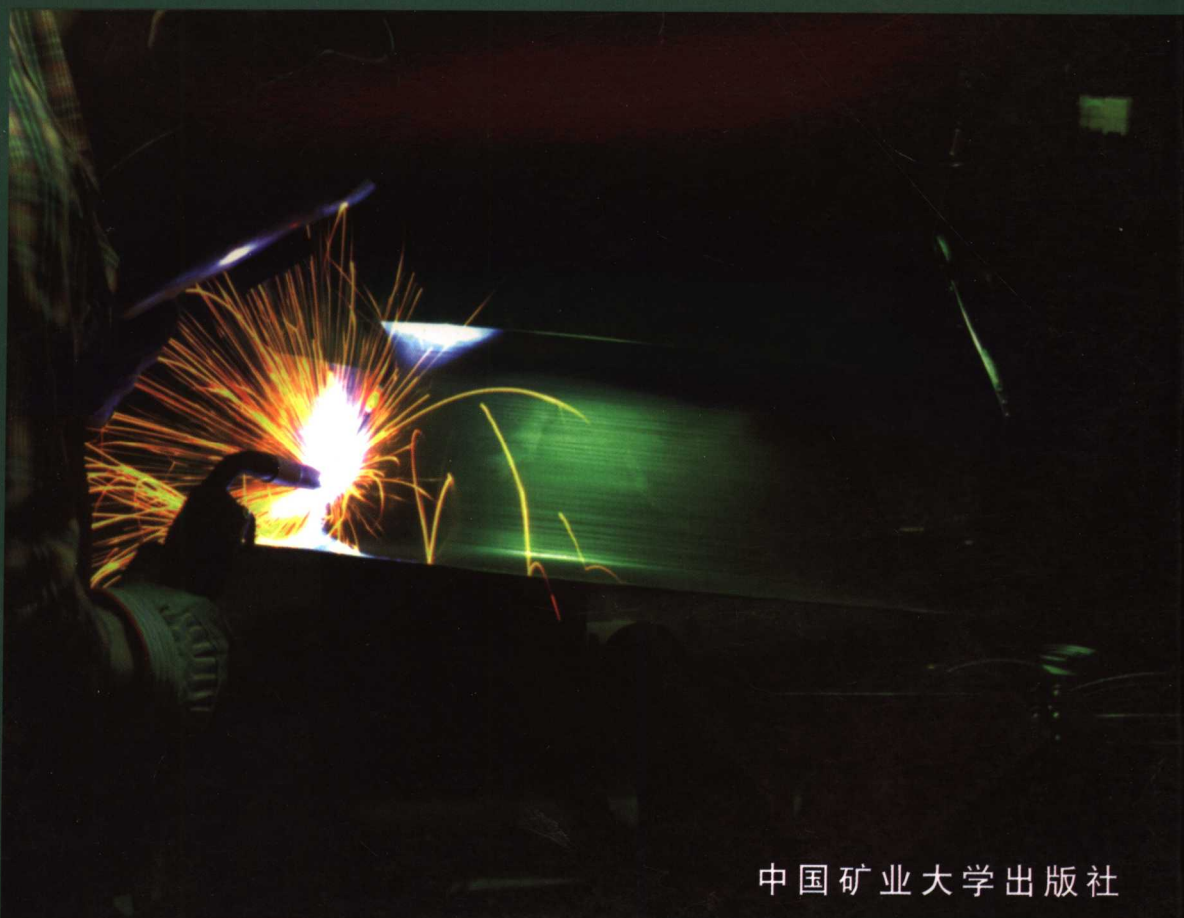


江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

焊接与热切割作业 (复训)

江苏省安全生产宣传教育中心组织编写

主编 朱兆华 主审 郭振龙



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材

焊接与热切割作业

(复 训)

朱兆华 主编

郭振龙 主审

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材之一。

全书共 8 章,内容包括:焊接与热切割作业分类及技术发展、安全生产法律法规、焊割作业人员职业道德、焊接与热切割作业的危险有害因素分析、焊接与热切割作业常见事故及职业危害主要原因分析、焊接与热切割作业安全卫生操作防护要求、特殊环境焊接与热切割作业及事故现场急救、焊割作业典型事故案例分析。

本书可作为焊接与热切割作业人员、企业管理人员、安全卫生技术人员的技术培训教材,也可供相关院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接与热切割作业.复训/朱兆华主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2006.5(2006.9重印)
江苏省特种作业人员安全技术培训考核系列教材
ISBN 7 - 81107 - 264 - 5

I. 焊… II. 朱… III. ①焊接—安全技术—技
术培训—教材②切割—安全技术—技术培训—教材
IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 005858 号

书 名 焊接与热切割作业(复训)
主 编 朱兆华
责任编辑 马跃龙
责任校对 徐 玮
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮政编码 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏徐州新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 787×960 1/16 印张 9 插页 1 字数 179 千字
版次印次 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 9 月第 2 次印刷
定 价 14.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

江苏省安全生产培训教材

编委会成员名单

一、编写委员会

主任：杨增夫

副主任：陆贯一 赵建军 刘文华

委员：(按姓氏笔画排列)

马 群	印安东	丛跃滋	刘荣林	许亦武
乔 勇	华仁杰	苏 斌	张登平	陈忠伟
谷红彬	余树培	杨 涛	杨准宝	肖正亚
单昕光	赵启风	赵兴根	赵昶东	赵和平
夏天南	彭寿保	褚福银	潘 振	

编委会办公室主任：刘荣林

副主任：肖正亚 赵和平 褚福银

二、编写工作领导小组

组 长：刘荣林

副组长：褚福银 肖正亚 赵和平

组 员：吴孝洪 李守标 李建军 程继平

三、教材编写业务技术组

组 长：李守标

技术组负责人：朱兆华

业务组负责人：李建军

序

安全生产是经济社会发展永恒的主题。党和政府历来高度重视安全生产工作,近年来,我省努力构建企业负责、行业管理、部门监管、社会参与的安全生产的工作格局,围绕“和谐社会”、“两个率先”、“两个降低”和“平安江苏”的工作目标,强化安全生产综合监管体制建设和生产经营单位安全监管执法工作,全省安全生产状况呈现总体相对平稳且趋于好转的态势。但我们也应该看到,目前全省安全生产形势平稳好转是相对的,这只是动态发展过程中的阶段性工作的反映,还远远没有达到理想目标中的可控安全,现实中的一些重、特大事故还时有发生,诸多不安全因素仍然存在。究其原因,除了生产力水平发展不平衡,产业结构不尽合理,作业环境差,生产方式、技术装备落后外,主要原因在于人的遵章作业意识淡薄、作业技能滞后。

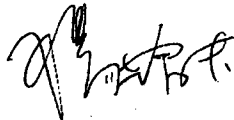
当前,企业从业人员整体安全技术素质难以适应新型工业化安全生产发展要求的矛盾日显突出,解决这类矛盾的关键在于真正树立“以人为本”、“人才兴安”、“培训促安全”、“培训出效益”的人本观念和安全生产理念,充分认识安全培训是预防和减少各类安全生产事故的基础工程、战略工程,是治本之策、长效机制。必须花大力气抓好从业人员的安全技术培训,扩大安全培训规模,大面积提高培训质量,增强从业人员防范与处理安全生产事故的能力,有效地遏制重、特大事故的发生,促进江苏安全生产向本质、可控性目标迈进。

搞好安全技术培训的一项十分重要的工作是安全技术培训教材建设。教材是教学活动的载体,是学员获得系统专业知识,提高学员智能和技能的重要工具,是教师进行教学的具体依据。教材的好与差决定着培训质量的高低。为此,江苏省安全生产监督管理局组织了全省具有丰富培训工作经验的专家、教授、工程技术人员共同组织编写了这套教材。

本套教材分为初培与复审两大类。教材的编写以国家相关部门现行考核大纲、标准为依据,参考各地现有教材,结合安全生产工作的实际,突出以“安全”为主线,介绍了生产经营单位管理人员和特种作业人员必须掌握的安全技术知识与技能,教材坚持安全教育与生产技术教育的统一性,突出新的安全生产教育理念和创新精神,遵循认知规律,改进教材的呈现方式,为学员留有自主学习、自主探究空间,具有科学性、先进性、实用性的特点,是安全生产经营单位负责人上岗前取得安全资格证和特种作业人员上岗、复审前取得特种作业操作证进行安全技术培训的指定教材,同时也是安全生产管理人员、工程技术人员的工具书。

本书的编写时间紧、任务重、要求高,所有参加编写和参与组织工作的同志们都以高度负责的精神忘我工作,为此付出了辛勤的劳动。同时,在编写和出版过程中,各市县安监部门的同志和省内从事安全生产工作的专家们提出了不少宝贵意见和建议,给予了大力的支持,在这里一并表示谢意。

江苏省安全生产监督管理局局长



2005年11月20日

前 言

特种作业人员的安全教育培训是企业安全管理和政府安全监督的重要内容,做好这项工作,对于保障特种作业人员及其他人员在作业过程中的生命安全,防止重特大设施、设备及人员伤亡事故,提高企业安全生产水平及经济效益,具有十分重要的作用。

江苏省的特种作业人员培训工作已经进行了多年,为企业培训了大批的安全技术人员,促进了企业安全生产水平的提高,促进了江苏安全生产形势的持续稳定好转。随着经济社会快速发展、科学技术的不断进步和安全法制建设进程的加快,极大地推进了安全生产工作,同时也对新形势下的安全生产和安全培训工作提出了更新的标准、更高的要求。为了适应新形势,进一步落实党的“安全第一,预防为主”的基本方针,实施《安全生产法》、《江苏省安全生产条例》,依法加强特种作业人员的安全培训和持证上岗的管理,规范安全培训工作,大面积提高安全培训质量,促进安全生产,江苏省安全生产监督管理局根据国家安全生产监督管理局《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》的要求,组织编写了特种作业人员安全技术培训系列教材。

这套教材包括《电工作业》、《焊接与热切割作业》、《高处作业》、《制冷与空调作业》、《烟花爆竹作业》、《矿山作业》,共 6 套 10 本初、复训教材。本套教材概括了 6 类特种作业人员必须掌握的安全生产基础知识和基本技能,内容新颖,结构紧凑,重点突出,融科学性、系统性、针对性、实用性为一体。

由于任务紧迫、水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请读者指正。

江苏省安全生产宣传教育中心

2006 年 1 月

目 录

序	1
前言	1
第1章 焊接与热切割作业分类及技术发展	1
第1节 焊接与热切割在国民经济中的地位及作用	1
第2节 焊接与热切割作业的分类	1
第3节 焊接与热切割技术的发展	4
思考题	10
第2章 安全生产法律法规	11
第1节 安全生产法律法规的特征与作用	11
第2节 安全生产法律法规体系	12
第3节 安全生产法律法规主要内容	13
思考题	17
第3章 焊割作业人员职业道德	19
第1节 职业道德基本概念	19
第2节 焊割作业人员职业道德守则	21
思考题	22
第4章 焊接与热切割作业的危险、有害因素分析	23
第1节 焊接与热切割作业的危险性	23
第2节 焊接与热切割作业有害因素分析	31
第3节 焊接质量危害因素分析	41
第4节 人的失误分析	42
思考题	43

第5章 焊接与热切割作业常见事故及职业危害主要原因分析	45
第1节 火灾爆炸事故主要原因	45
第2节 触电事故主要原因	46
第3节 有毒气体	50
第4节 灼烫伤	51
第5节 焊工尘肺	51
第6节 光辐射	52
第7节 放射性及 X 射线	52
第8节 噪声	52
第9节 高频电磁场	53
第10节 其他	53
第11节 有害因素接触限值	53
思考题	55
第6章 焊接与热切割作业安全卫生操作防护要求	57
第1节 焊接与热切割作业通用安全卫生操作防护要求	57
第2节 气焊、气割安全卫生操作防护要求	59
第3节 电弧焊接与热切割作业安全卫生操作防护要求	61
第4节 电阻焊作业安全卫生操作防护要求	63
第5节 电子束焊作业安全卫生操作防护要求	64
第6节 埋弧焊作业安全卫生操作防护要求	65
第7节 高频焊作业安全卫生操作防护要求	66
第8节 氩弧焊、等离子弧焊、等离子弧切割作业 安全卫生操作防护要求	67
第9节 激光焊接与切割作业安全卫生操作防护要求	68
第10节 电渣焊及电渣压力焊作业安全卫生操作防护要求	69
第11节 水下焊割作业安全卫生操作防护要求	70
第12节 化工设备焊割作业安全卫生操作防护要求	71
第13节 碳弧气刨作业安全卫生操作防护要求	72
第14节 气体安全使用及气瓶安全操作要求	72
思考题	75
第7章 特殊环境焊接与热切割作业及事故现场急救	76
第1节 概述	76
第2节 火爆毒害烫环境下的焊接与热切割作业	79

第3节 受限空间场所焊接与热切割作业	80
第4节 高处焊接与热切割作业	84
第5节 水下焊接与热切割作业	85
第6节 恶劣气象条件下的焊接与热切割作业	88
第7节 焊接与热切割作业事故现场急救	89
思考题	101
第8章 焊割作业典型事故案例分析	103
第1节 典型事故案例分析	103
第2节 人的失误与违章分析	127
思考题	127
参考文献	129
后记	131

第1章 焊接与热切割作业分类及技术发展

焊接与热切割作业是现代工业生产制造及设备维修中不可缺少的一项重要的加工工艺。

焊接是指通过适当的物理化学过程使两个分离的金属物体(同种金属或异种金属)产生原子(或分子)间结合而连接成一体的连接方法。而切割则是将整块材料分割成所需要的形状和大小的加工方法。

焊接不仅能使各种同类或不同类的金属形成永久性连接,而且也能使某些非金属如石墨、陶瓷、玻璃、塑料等达到永久连接,甚至可以使一种金属与一种非金属实现永久连接。金属的焊接及切割在现代工业中具有重要的实际意义,我们讲的焊接通常指的是金属的焊接,切割亦是指金属的切割。

第1节 焊接与热切割在国民经济中的地位及作用

目前世界上已有数十种焊接方法,广泛应用于各个领域。随着社会生产和科学技术的发展,焊接已成为机械制造和修理行业中重要的加工工艺。焊接技术在原子能、国防、化工、造船、石油、冶金、电力、建筑、桥梁、车辆、机械、电子器件以及航空航天、海洋开发等方面发挥着重要的作用。实践证明,没有现代焊接技术的发展,就不会有现代工业和科学技术的今天。一个国家的焊接技术发展水平往往也是一个国家工业和科学技术现代化发展的一个标志。

焊接与热切割技术在工业制造中有着举足轻重的地位。根据工业发达国家的统计,每年焊接加工后使用的钢材约占钢材总产量的50%。

在工业发达国家,每年生产的焊接结构约占其钢铁总产量的45%左右。在制造一辆小轿车时,需要焊接5 000~10 000个焊点,一架飞机的焊点多达20万~30万个。焊接与热切割作业在工业生产中发挥着重要作用,在国民经济中占有极其重要的地位。

第2节 焊接与热切割作业的分类

1 焊接方法

近百年来,随着科学技术的不断发展,各种焊接方法相继出现。按照焊接过程

中金属所处的状态和工艺特点,可以把焊接方法简单按族系法分为三大类,即熔化焊接、固相焊接和钎焊,各类方法还可进一步进行细分。

各种焊接方法基本原理及用途见表 1-1。

表 1-1 各种焊接方法基本原理及用途

焊接方法	基本原理	用途
螺柱焊	将金属螺柱或类似的其他紧固件焊于工件上的方法统称为螺柱焊	在造船或机车制造中焊接将木板固定于钢板上的螺柱,在大型建筑钢结构上焊接 T 形钉,以制造钢梁混凝土结构等
焊条电弧焊	利用电弧作为热源熔化焊条和母材而形成焊缝的一种焊接方法	应用广泛,适用于焊短小焊缝及全位置焊接
埋弧焊	以连续送进的焊丝作为电极和填充金属,焊接时,在焊接区的上面覆盖一层颗粒状焊剂,电弧在焊剂层下燃烧,将焊丝端部和母材熔化,形成焊缝	适用于长焊缝焊接,焊接电流大,生产效率高,广泛应用于碳钢、不锈钢焊接,也可用于紫钢板焊接,易于实行自动化
氩弧焊 (熔化极)	采用可熔化的焊丝与被焊工件之间的弧作为热源来熔化焊丝与母材金属,并向焊接区输送氩气,使电弧、熔化的焊丝及附近的母材金属免受空气的有害作用,连续送进的焊丝不断熔化过渡到熔池,与熔化的母材金属熔合形成焊缝	用于焊接不锈钢、铜、铝、钛等金属
CO ₂ 电弧焊	基本原理同熔化极氩弧焊基本相同,只是采用 CO ₂ 作为焊接区的保护气体,有时也采用 CO ₂ + O ₂ 和 CO ₂ + Ar 的混合气体	主要用于焊接黑色金属
氩弧焊 (钨极)	采用钨极和工件之间的电弧使金属熔化而形成焊缝,焊接过程中钨极不熔化。只起电极作用,同时由焊炬的喷嘴送出氩气保护焊接区,还可根据需要另外添加金属	用于焊接不锈钢、铜、铝、钛等金属
氢原子焊	靠氢气在高温中的化学反应热以及电弧的辐射热来熔化金属和焊丝的一种焊接方法	主要用于碳钢及不锈钢薄板的焊接
等离子弧焊	利用气体在电弧内电离后,再经过热收缩效应和磁收缩效应而产生的一束高温热源来进行熔化焊接,等离子体能量密度大、温度高,通常达 20 000 °C 左右	用于焊接不锈钢、高强度合金钢、低合金耐热钢、铜、钛及合金等,还可焊接高熔点及高导热性材料
气焊	气焊是利用气体火焰作为热源来熔化金属的一种焊接方法,应用最多的是以乙炔为燃料的氧—乙炔火焰及以氢气为燃料的氧—氢火焰	适用焊接较薄的工件,有色金属及铸铁等
铝热焊	铝粉及氯化铁粉按一定比例制成铝热焊剂,经点燃后形成铝热钢,将铝热钢注入预先设置的型腔内,使接头端部熔化达到焊接目的	主要用于钢轨的连接或修理
电渣焊	利用电流通过熔渣产生电阻热来熔化母材和填充金属进行焊接,它的加热范围大,对厚的工件能一次焊成	焊接大型和很厚的零部件,也可进行电渣熔炼

续表 1-1

焊接方法		基本原理	用途
熔 化 焊 接	电子束焊	利用电子枪发射高能电子束轰击焊件,使电子的动能变为热能,以达到熔化金属形成焊缝的目的。电子束焊分真空电子束焊和非真空电子束焊两种	真空电子束焊主要用于尖端技术方面的活泼金属,高熔点金属和高纯度金属。非真空电子束焊一般用于不锈钢焊接
	激光焊	利用聚焦的激光光束对工件进行加热熔化的焊接法	适用于铝、铜、银、不锈钢、钨、钼等金属的焊接
	电阻点焊、缝焊	一般是使工件处在一定的电极压力作用下,并利用电流通过工件所产生的电阻热将两工件之间的接触表面熔化而实现连接的焊接方法	适用于焊接薄板、板料
固 相 焊 接	电阻对焊	是将两工件端面始终压紧,利用电阻热加热至塑性状态,然后迅速施加顶端压力(或不加顶端压力,只保持焊接时压力)完成焊接的方法	主要用于型材的接长和环形工件的对接
	冷压焊	不加热,只靠强大的压力,使工件产生很大程度的塑性变形,工件的接触面上金属产生流动,破坏了氧化膜,并在强大的压力作用下,借助于扩散和再结晶过程使金属焊在一起	主要用于导线焊接
	超声波焊	利用超声波向工件传递超声波振动产生的机械能并施加压力而实现焊接的方法	点焊和缝焊有色金属及其合金薄板
	爆炸焊	以炸药爆炸为动力,借助高速倾斜碰撞,使两种金属材料在高压下焊接成一体的方法	制造复合板材料
	锻焊	焊件在炉内加热后,用锤锻使工件在固相状态下结合的方法	焊接板材
	扩散焊	在一定的时间、温度或压力作用下,两种材料在相互接触的界面发生扩散和连接的过程	能焊弥散强化高温合金、纤维强化复合材料、非金属材料、难熔和活泼性金属材料
钎 焊		采用比母材熔点低的材料作填充金属,利用加热使填充金属熔化,母材不熔化,借液态填充金属与母材之间的毛细现象和扩散作用实现工件连接的方法	一般用于焊接薄的、尺寸较小的工件

(1) 熔化焊接

使被连接的构件表面局部加热熔化成液体,添加填充金属或不添加填充金属,然后冷却结晶成一体的方法称为熔化焊接。为了实现熔化焊接,关键是要具备能量集中、温度足够的局部加热热源。其次,为防止局部熔化的高温焊缝金属因跟空气接触而造成成分、性能的恶化,熔化过程一般要采取有效的隔离空气的保护措施。

常见的电弧焊、气焊、气体保护焊等都属于熔化焊范畴。

(2) 固相焊接

利用加压、摩擦、扩散等物理作用克服两个连接表面的不平度,除去(挤走)氧化膜及其他污染物,使两个连接面原子间相互结合,在固态条件下实现连接,称为固相焊接。固相焊接通常必须加压,所以也称为压焊。为了使固相焊容易实现,固相焊接大都在加压同时伴随加热措施(但加热温度远低于焊件的熔点,因此,固相焊一般无需保护措施)。常见的锻焊、电阻对焊、扩散焊、激光焊、电子束焊、爆炸焊、闪光焊等均属于固相焊范畴。

(3) 钎焊

利用某些熔点低于被焊构件材料熔点的熔化金属(钎料)作连接的媒介物在连接界面上的流散浸润作用,冷却结晶结合面的方法称钎焊。钎焊时被焊金属本身不熔化。如火焰钎焊、盐浴钎焊、感应钎焊、电子束钎焊等均属于钎焊范畴。

基本焊接方法分类见图 1-1。

表 1-2 所示的二元坐标分类法,是我国在总结了现有的“族系法”和“一元坐标法”两种分类法的基础上,综合了焊接工艺特性和焊接冶金特征后所提出的一种新的科学分类法。生产中选择焊接方法时,首先要了解各种焊接方法的特点和适用范围,然后再根据产品的要求、结构、材料以及生产技术条件等作出选择。

2 切割方法

随着焊接质量和生产率的不断提高,焊接新材料的应用,对切割工艺方法不断提出新的要求,从最初的手工锯、冲压、切割,到机械剪板切割和机加工切割(锯、刨、铣、钻等),从热切割、电弧熔割到等离子切割、激光切割等,在提高切割精度和生产率方面,大型数控切割机可以将切割和开坡口合一完成。另外还有根据工件形状不同采用专用的切割机,如管子切割机、专用型材切割机等。但是,目前最常用的还是氧切割,它在黑色金属、金属结构生产中是必不可少的。

第 3 节 焊接与热切割技术的发展

随着科技进步和现代化生产技术的推广,我国的焊接和热切割技术也在各个领域及在工业化进程中呈现出飞速的发展,主要表现在以下几个方面:

- (1) 焊接与热切割的机械化、自动化水平不断提高,具有高参数、高寿命、大型化、超微细等特征的焊接制品不断出现。
- (2) 焊接与热切割结构设计不断地改进并获得迅速提升。
- (3) 焊接与热切割新工艺、新方法、新设备不断投入生产,使实际应用周期大为缩短。
- (4) 高效优质焊接材料及焊接设备系列化和国产化率不断提高。
- (5) 焊接标准化体系日趋完善。

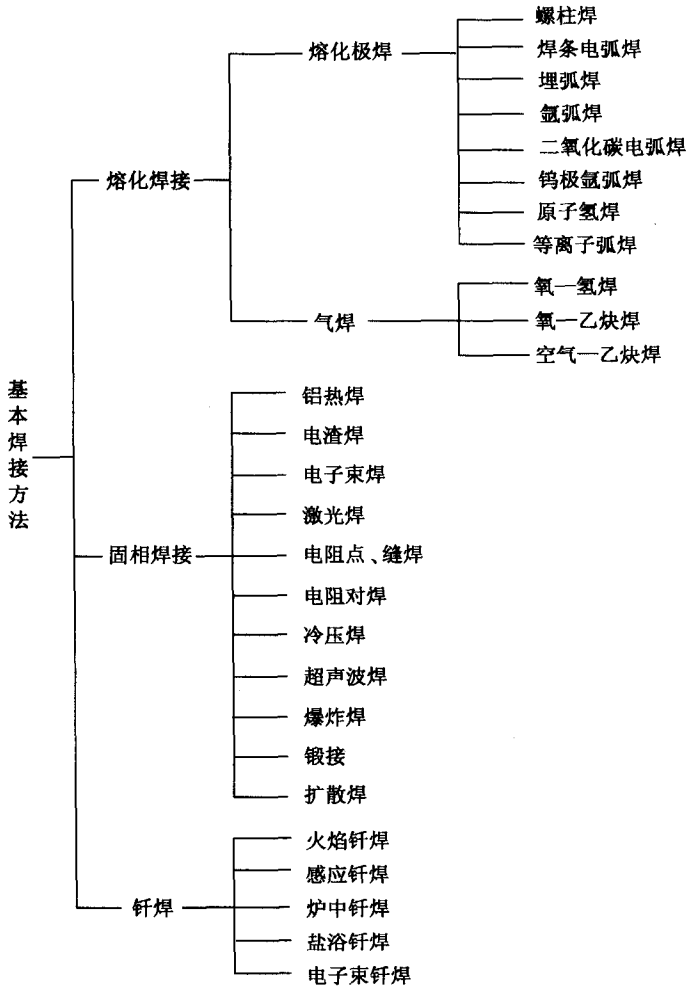


图 1-1 基本焊接方法分类

(6) 焊接与热切割作业安全卫生技术受到广泛重视,焊接与热切割作业劳动条件得到了不断改善。

合资和外资企业在中国市场上日益活跃,有力地推进了中国焊接和热切割技术与生产融入国际化发展的进程。

1 焊接和热切割新设备、新方法不断出现

为适应科学技术的发展和现代工业生产的需要,焊接和热切割新设备及新方法不断出现。

1.1 焊接和热切割新设备

交流弧焊变压器由于具有结构简单、成本低、使用维修方便等优点,目前我国仍是焊条电弧焊普遍使用的电源。其主要缺点是电弧不如直流焊机稳定,不适用于某些焊条以及熔深较浅等。曾被普遍使用的旋转式直流弧焊发电机,虽无交流弧焊机的上述缺点,并且坚固耐用,不易发生故障,工作电流稳定,但因效率低、磁极和紫铜材料消耗多、耗电量大、笨重、噪声大,故此种焊机在国外已基本淘汰,我国也正在淘汰之中。而内燃机驱动的弧焊发电机仍是野外无网络电源处施工所必需的。

硅整流式直流弧焊机(ZXG型)具有效率高、结构简单、耐用、节电、噪声小、维修方便等优点,但其可调节的焊接工艺参数少,调节不够灵活和精确且受网路电压波动影响较大,只能用于一般质量的产品焊接。而近几年生产的ZX5系列晶闸管弧焊电源,具有结构简单、多种外特性可调、动态品质好、电源输入功率小的优点,加有电弧吹力装置,改变了一般整流机特性软的缺点,而其推力电流装置,保证了引弧容易,促进熔滴过渡,不粘焊条并加有连弧操作选择装置。

ZX7系列变频式(也叫逆变式)整流弧焊机,是一种新型的节能弧焊电源。其基本原理是:三相工频交流电经整流变成高压脉冲直流,经滤波、变频,成为数百至数万赫兹的中频高压交流电,再经中频变压器降压,整流后变成低压直流电。通过这一系列逆变过程,实现了整机闭环控制,改善了焊机性能。由于工作在中频下的主变压器和电抗器的体积很小,使得该机在减轻重量、缩小体积方面有重大突破。该机还有高效、电弧稳定性好、焊接质量高、焊接电流采用数字显示及可遥控调节等优点,因此,不仅受到焊接专家的普遍关注而且已被广大焊接工作者所接受,应用日益广泛。

1.2 焊接与热切割主要方法

以下简述不断发展的焊接与热切割方法。

1.2.1 电弧焊

焊条电弧焊、埋弧焊、钨极气体保护焊、等离子弧焊及切割、熔化极气体保护电弧焊、药芯焊丝电弧焊、水下电弧焊接与切割、螺柱焊、碳弧气刨等方法的出现与完善,极大地推动了焊接与热切割作业技术进步,满足了国内经济发展的需要。

1.2.2 电阻焊

电阻焊有点焊、缝焊、凸焊、对焊等类型。我国迅速发展的微电子技术及大功率晶闸管、整流管的开发,为电阻焊技术的发展和提高提供了有利条件。

1.2.3 高能束焊

高能束焊即电子束焊、激光焊与切割等,这是一种高能密度焊接、切割技术。

1.2.4 钎焊

钎焊是一种固相连接的方法,有些钎焊生产效率高,可以进行异种金属和合