

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 (初训)

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

(初 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。

本书对气焊与气割、焊条电弧焊和电弧切割、气体保护焊和等离子切割、埋弧焊、电阻焊、电渣焊和电渣压力焊、电子束焊、钎焊、特殊环境焊接和热切割作业、激光焊接和切割作业危险因素进行了辨识分析,提出了焊接与热切割作业安全卫生对策措施、安全卫生操作要求及其安全技术要点。

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. 初训/朱兆华主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2006. 2(2006. 4 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 - 263 - 7

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 005859 号

书 名 焊接与热切割作业(初训)
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 17 字数 338 千字
版次印次 2006 年 2 月第 1 版 2006 年 4 月第 2 次印刷
定 价 19.80 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	杨淮宝	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

业务组组长：李建军

技术组组长：朱兆华

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总局《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》、《危险化学品作业》、《高处作业》、《制冷与空调作业》、《烟花爆竹作业》、《矿山作业》,共7套14本初、复训教材。本套教材概括了7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 焊接与热切割作业基础知识	1
第 1 节 焊接与热切割作业在国民经济中的地位与作用	1
第 2 节 焊接与热切割作业的分类	1
第 3 节 金属学及热处理基本知识	5
第 4 节 常用金属材料的一般知识	7
第 5 节 焊接工艺基础知识	12
第 6 节 焊接应力缺陷及质量检验	20
第 7 节 焊接与热切割作业的安全及卫生	28
第 8 节 对焊接与热切割作业人员新培要求	29
思考题	30
第 2 章 气焊与气割	32
第 1 节 气焊与气割基本原理	32
第 2 节 气焊与气割的适用范围及特点	33
第 3 节 气焊与气割用气体	35
第 4 节 气焊与气割工艺及设备	38
第 5 节 气压焊	48
第 6 节 气焊与气割防火防爆基本知识	51
第 7 节 气焊与气割安全技术	53
第 8 节 常用气瓶的结构和使用安全要求	58
第 9 节 输气管道安全技术要求	65
第 10 节 焊炬、割炬等附件的构造、工作原理和安全要求	67
思考题	76
第 3 章 焊条电弧焊和电弧切割	78
第 1 节 焊条电弧焊	78
第 2 节 电弧切割	98

思考题	100
第4章 气体保护焊和等离子焊与切割	102
第1节 概述	102
第2节 气体保护焊的应用范围和安全特点	103
第3节 钨极气体保护焊	104
第4节 熔化极气体保护焊	108
第5节 二氧化碳气体保护电弧焊	110
第6节 管状焊丝气体保护电弧焊	112
第7节 熔化极惰性气体保护焊和混合气体保护焊	113
第8节 等离子焊与切割	117
思考题	120
第5章 埋弧焊	122
第1节 埋弧焊的工作原理及其应用	122
第2节 埋弧焊设备及自动调节系统	123
第3节 埋弧焊的焊接材料	124
第4节 埋弧焊的缺陷及其防止措施	125
第5节 埋弧焊安全技术	127
第6节 埋弧焊的操作技术	128
思考题	129
第6章 电阻焊	131
第1节 电阻焊基本原理	132
第2节 点焊	133
第3节 缝焊	137
第4节 凸焊	139
第5节 对焊	141
第6节 电阻焊设备	145
第7节 电阻焊的危险、有害性	149
第8节 电阻焊安全防护	149
思考题	151
第7章 电渣焊和电渣压力焊	153
第1节 电渣焊概述	153

第2节	电渣焊的设备及焊接材料	155
第3节	电渣焊工作过程及安全防护	157
	思考题	163
第8章	电子束焊	164
第1节	概述	164
第2节	工作原理及分类	165
第3节	设备和装置	165
第4节	电子束焊的危险、有害性	167
第5节	电子束焊安全防护	167
	思考题	168
第9章	钎焊	169
第1节	概述	169
第2节	钎焊原理	172
第3节	钎焊方法简述	173
第4节	钎焊的应用	176
第5节	钎焊的危险、有害性及其安全防护	177
	思考题	179
第10章	特殊环境焊接与热切割作业	180
第1节	概述	180
第2节	火爆毒害烫环境下的焊接与热切割作业	183
第3节	受限空间场所焊接与热切割作业	184
第4节	高处焊接与热切割作业	189
第5节	水下焊接与热切割作业	190
第6节	恶劣气象条件下的焊接与热切割作业	193
	思考题	194
第11章	激光焊接与切割	195
第1节	激光焊接概述	195
第2节	激光焊接原理	196
第3节	激光焊接设备	197
第4节	激光焊接的种类	200
第5节	影响激光焊接质量的工艺参数	201

第6节	激光焊接的应用	202
第7节	激光切割	203
第8节	激光焊接与切割的危险、有害性	204
第9节	激光焊接与切割安全防护	206
第10节	激光焊接技术前景	208
思考题	.....	208
第12章	焊接与热切割作业安全卫生	209
第1节	焊接与热切割作业的危险、有害因素分析	209
第2节	焊接与热切割作业的安全管理	220
第3节	焊接与热切割作业的职业卫生及防护措施	229
思考题	.....	236
第13章	焊接与热切割作业事故现场急救	237
第1节	现场急救的意义	237
第2节	现场急救的基本原则	237
第3节	现场急救前的简单检查	238
第4节	触电现场急救	239
第5节	外伤的现场急救	241
第6节	烧烫伤的现场急救	242
第7节	急性中毒的现场急救	245
第8节	毒蛇(虫)伤害的现场急救	248
第9节	中暑的现场救护	249
第10节	电光性眼炎的救治	250
思考题	.....	250
第14章	焊接和热切割技术的发展	251
思考题	.....	255
参考文献	.....	256
后记	.....	258

第1章 焊接与热切割作业基础知识

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。而切割则是焊接作业中不可缺少的下料工序,它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很重要的实际意义。因此,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 焊接与热切割作业在国民经济中的地位与作用

目前世界上已有数十种焊接方法,广泛应用于各个工业部门。随着社会生产和科学技术的发展,焊接已成为机械制造等部门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。

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、固相焊和钎焊,各类方法还可进一步进行细分。

1.1 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,在熔化过程中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。

1.2 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。固相焊通常必须加压,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)。常见的锻接、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。

1.3 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,然后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、电子束钎焊等属钎焊范畴。

基本焊接方法及分类见图 1-1。

表 1-1 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”2 种分类法的基础上,综合了焊接工艺特征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。

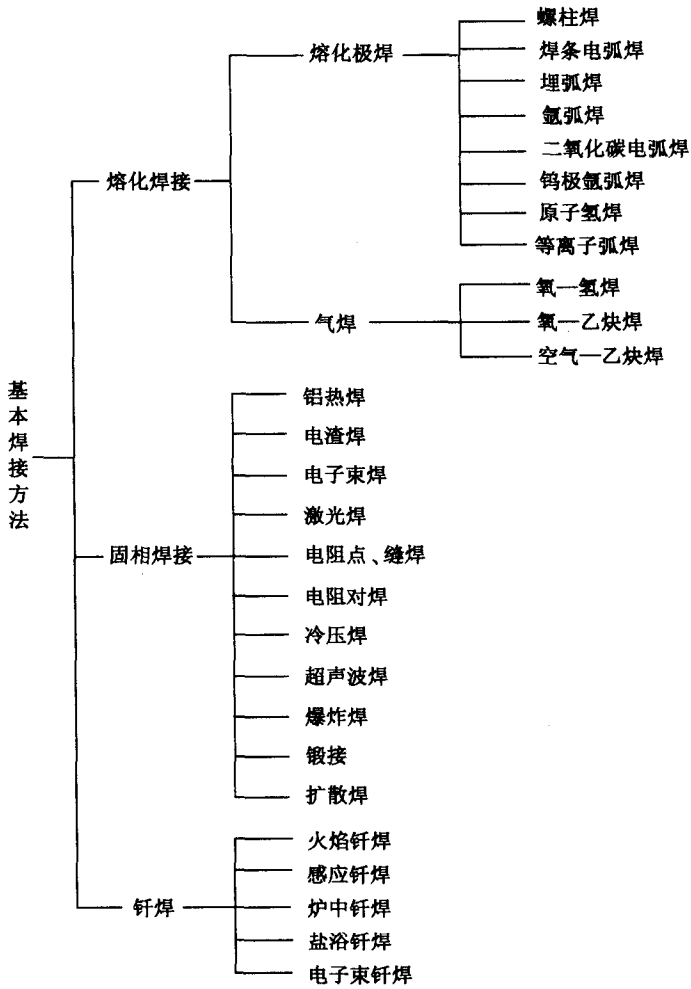


图 1-1 基本焊接方法

第3节 金属学及热处理基本知识

1 金属晶体结构

世界上的物质都是由化学元素组成的,这些化学元素按性质可分成2大类:

第一大类是金属,已知化学元素中有87种是金属元素。固态金属的特点是:不透明、有光泽、有延展性、有良好的导热性和导电性,并且随着温度的升高,金属的导电性降低,电阻率增大,这是金属独具的一个特点。常见的金属元素有铁、铝、铜、铬等。

第二大类是非金属,已知化学元素中有22种非金属元素。非金属元素不具备金属元素的特征,非金属随着温度的升高,其电阻率减小,导电性提高。常见的非金属元素有碳、氧、氢、氮、硫等。

人们所焊接的材料主要是金属,重点是钢材。钢材的性能不仅取决于钢材的化学成分,而且取决于钢材的组织。

为了解钢材的组织及其对性能的影响,应首先了解晶体结构。

1.1 晶体的特点

食盐、冰都是晶体,一般的固态金属及合金也都是晶体。并非所有固态物质都是晶体,如玻璃、松香就不是晶体,而属于非晶体。在晶体中,原子按一定规律排列得很整齐。而在非晶体中,原子则是散乱分布的。由于晶体与非晶体中原子排列不同,因此性能也各不相同。

1.2 典型的金属晶体结构

金属的原子按一定方式有规则地排列成一定空间几何形状的结晶格,称为晶格。金属晶格常见的有体心立方晶格和面心立方晶格。

铁属于立方晶格,随着温度的变化,铁可以由一种晶格转变为另一种晶格。这种晶格的转变,称为同素异晶转变。纯铁在常温下是体心立方晶格(称为 α -Fe);当温度升高到910℃时,纯铁的晶格由体心立方晶格转变为面心立方晶格(称为 γ -Fe);再升温到1390℃时,面心立方晶格又重新转变为体心立方晶格(称为 δ -Fe),然后一直保持到纯铁的熔化温度。纯铁的这种特性非常重要,是钢材之所以能通过各种热处理方法来改变其内部组织,从而改善性能的内在因素之一,也是焊接热影响区中各个区域与母材相比,具有不同组织和性能的原因之一。

2 合金的组织、结构及铁碳合金

2.1 合金的组织

2种或2种以上的元素(其中至少一种是金属元素)组合成的金属,叫做合金。根据2种元素相互作用的关系,以及形成晶体结构和显微组织的特点,可将合金的组织分为固溶体、化合物和机械混合物。

2.1.1 固溶体

固溶体是一种物质的原子均匀地溶解在另一种物质的晶格内,形成的单相晶体结构。根据原子在晶格上分布的形式,固溶体可分为置换固溶体和间隙固溶体。某一元素晶格上的原子部分被另一元素的原子部分取代,称为置换固溶体;如果另一元素的原子挤入某元素晶格原子之间的空隙中,称为间隙固溶体。

两种元素的原子大小差别愈大,形成固溶体后所引起的晶格扭曲程度越大。扭曲的晶格增加了金属塑性变形的阻力,所以固溶体比纯金属硬度高、强度大。

2.1.2 化合物

两种元素的原子按一定比例相结合,具有新的晶体结构,在晶格中各元素原子的相互位置是固定的,叫化合物。通常化合物具有较高的硬度、低的塑性,脆性较大。

2.1.3 机械混合物

固溶体和化合物均为单相的合金,若合金是由2种不同的晶体结构彼此机械混合组成的,则称为机械混合物。它往往比单一的固溶体合金有更高的强度、硬度和耐磨性,塑性和压力加工性能则较差。

2.2 钢中常见的显微组织

2.2.1 铁素体(F)

铁素体是少量的碳和其他合金元素固溶于 α -Fe中的固溶体。铁素体溶解碳的能力很差,在723℃时为0.02%,室温时仅0.006%。铁素体的强度和硬度低,但塑性和韧性很好。

含铁素体多的钢(如低碳钢)就表现出软而韧的性能。

2.2.2 渗碳体(Fe₃C)

渗碳体是铁与碳的化合物,分子式是Fe₃C,其性能与铁素体相反,硬而脆。随着钢中含碳量的增加,钢中渗碳体的量增多,钢的硬度、强度也增加,而塑性、韧性则下降。

2.2.3 珠光体(P)

珠光体是铁素体和渗碳体的机械混合物,含碳量为0.8%左右,只有温度低于723℃时才存在。

珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间。

2.2.4 奥氏体(A)

奥氏体是碳和其他合金元素在 γ -Fe中的固溶体。在一般钢材中,只有高温时存在。当含有一定量扩大 γ 区的合金元素时,则可能在室温下存在,如铬镍奥氏体不锈钢在室温时的组织为奥氏体。

奥氏体的强度和硬度不高,塑性和韧性很好。

2.2.5 马氏体(M)