

安徽省特种作业人员安全技术培训考核统编教材



焊工安全技术

HANGONG ANQUAN JISHU

安徽省安全生产宣传教育中心组织编写



安徽人民出版社

安徽省特种作业人员安全技术培训考核统编教材

焊工安全技术

安徽省安全生产宣传教育中心组织编写

编写:胡同顺 编校:金 宁

安徽人民出版社

责任编辑:李稚戎 张胜莲

装帧设计:张 勇

图书在版编目(CIP)数据

焊工安全技术 / 安徽省安全生产宣传教育中心组织编写. —合肥:安徽人民出版社, 2008. 9

ISBN 978 - 7 - 212 - 03354 - 5

I. 焊… II. 安… III. 焊接—安全技术 IV. TG4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 132328 号

焊工安全技术

安徽省安全生产宣传教育中心组织编写

出版发行:安徽人民出版社

地 址:合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号出版传媒广场 邮编:230071

发 行 部:0551 - 3533258 0551 - 3533292(传真)

经 销:新华书店

制 版:合肥市建新激光照排部

印 刷:合肥现代印务有限公司

开 本:850 × 1168 1/32 印张:12.75 字数:320 千

版 次:2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978 - 7 - 212 - 03354 - 5

定 价:16.00 元

前 言

特种作业人员的安全技术培训是强化企业安全生产管理的必要手段。做好这项工作,对于加强特种作业人员的安全意识,提高其安全操作技能,防止职工伤亡事故的发生,增长企业经济效益,起着重要作用。

这次编辑出版的《焊工安全技术》,是在原培训教材的基础上,经过多年的教学实践,在广泛听取各方面的意见和建议后,由省安全生产宣传教育中心约请专业技术人员胡同顺先生,根据国家安全生产监督管理总局制定的《金属焊接与切割作业人员安全技术培训大纲》的具体要求,参考国家标准《焊接与切割安全》(GB 9448—1999)等资料重新编写而成。金宁同志负责全书的编辑、校对工作。全书主要介绍了各类常用的金属焊接与切割的基本原理、主要设备和操作技术以及相应的安全技术,将技术与安全、理论与实际操作融为一体,突出了常用焊接方法中的安全操作技术,内容具体实用,叙述通俗易懂,适用于焊工安全技术培训,也可作为安全管理人员、焊工作业人员的辅导参考书。

由于时间仓促、水平有限,本书定有许多不足之处,敬请从事焊工安全技术培训的单位和社会各界人士多提宝贵意见,我们将在以后修订中从善采纳。

本书在编写、审定过程中,得到了省安全生产监管局领导及许多专家的大力支持和帮助,在此一并表示谢忱!

安徽省安全生产宣传教育中心

2008年9月

目 录

第一章 焊接与切割基础知识	(1)
第一节 焊接与切割概述	(1)
第二节 金属学及热处理基本知识	(7)
第三节 常用金属材料的一般知识	(13)
第四节 焊接工艺基础知识	(23)
第二章 气焊与气割安全技术	(47)
第一节 气焊与气割的基本原理、适用范围 及安全特点	(47)
第二节 气焊气割火焰及工艺参数选择	(50)
第三节 常用气体的性质及安全使用要求	(56)
第四节 乙炔发生器(站)的安全使用要求	(61)
第五节 常用气瓶的结构及安全使用要求	(66)
第六节 减压器和回火防止器的安全使用要求	(76)
第七节 输气管道安全技术要求	(83)
第八节 焊割工具和附件的构造及安全使用要求	(88)
第三章 焊条电弧焊与碳弧气刨安全技术	(96)
第一节 焊条电弧焊与碳弧气刨的工作原理 及安全特点	(96)

第二节	焊条及焊接参数的选择方法	(100)
第三节	焊条电弧焊与碳弧气刨设备	(110)
第四节	焊条电弧焊的操作和安全技术	(120)
第五节	碳弧气刨的操作和安全技术	(126)
第四章	埋弧焊安全技术	(128)
第一节	埋弧焊的基本原理及特点	(128)
第二节	埋弧焊设备的基本结构和工作原理	(130)
第三节	埋弧焊的焊接材料	(133)
第四节	埋弧焊的操作技术和安全特点	(136)
第五章	气体保护电弧焊安全技术	(139)
第一节	气体保护焊原理及安全特点	(139)
第二节	钨极惰性气体保护焊原理及安全技术	(141)
第三节	熔化极气体保护焊设备及原理	(152)
第四节	二氧化碳气体保护焊和药芯焊丝 电弧焊及其安全技术	(156)
第五节	熔化极惰性气体(混合气体)保护焊 原理及其安全技术	(163)
第六章	电阻焊安全技术	(170)
第一节	电阻焊的基本原理、特点和分类	(170)
第二节	点焊	(173)
第三节	缝焊	(176)
第四节	凸焊	(179)
第五节	对焊	(182)

第六节 电阻焊设备及安全技术	(186)
第七章 钎焊及其安全防护	(192)
第一节 钎焊的基本原理及适用范围	(192)
第二节 钎焊生产工艺	(195)
第三节 钎焊方法	(199)
第四节 钎料及其选用方法	(203)
第五节 钎剂及其选用方法	(210)
第六节 钎焊操作中的安全与防护	(214)
第八章 其他焊接与切割安全技术	(220)
第一节 等离子弧焊接与切割安全技术	(220)
第二节 钢筋电渣压焊安全技术	(226)
第三节 电渣焊安全技术	(231)
第四节 真空电子束焊安全技术	(234)
第五节 激光焊接与切割安全技术	(237)
第九章 特殊焊接与切割安全技术	(241)
第一节 化工及燃料容器、管道的焊补安全技术	(241)
第二节 登高焊接与切割的安全技术	(248)
第三节 水下焊接与切割的安全技术	(250)
第十章 焊接与切割安全用电	(255)
第一节 焊接与切割作业用电基本知识	(255)
第二节 焊接与切割设备的安全用电要求	(272)
第三节 焊接与切割操作中常见的触电事故 原因及防范措施	(277)

第四节	触电急救方法	(290)
第十一章	焊接与切割的防火防爆	(301)
第一节	燃烧与爆炸的基础知识	(301)
第二节	焊接与切割作业中发生火灾、爆炸事故 的原因及防范措施	(310)
第三节	火灾、爆炸事故的紧急处理方法	(313)
第四节	灭火技术	(314)
第十二章	焊接与切割的劳动卫生与防护	(320)
第一节	焊接、切割过程中的有害因素及其危害	(320)
第二节	焊接与切割作业的劳动卫生及防护措施 ...	(329)
第三节	焊补化工设备的防中毒措施	(340)
附录一:	典型事故案例及事故原因分析	(345)
附录二:	金属焊接与切割作业人员安全技术培训大纲	(358)
附录三:	焊接与切割安全(GB 9448—1999)	(366)

第一章 焊接与切割基础知识

第一节 焊接与切割概述

一、焊接与切割的基本原理及分类

(一) 焊接基本原理

在金属结构和产品的制造中常需将两个或两个以上的零件按一定的形式和尺寸连接在一起,这种连接通常分两大类,一类是可拆卸的连接,就是不必损坏被连接件本身就可以将它们分开,如螺栓连接等;另一类连接是永久性连接,即必须在毁坏零件后才能拆卸,如焊接。

焊接就是通过加热或加压,或两者并用,并且使用或不用填充材料,使工件达到结合的一种方法。被连接的两个物体既可以是金属,也可以是非金属。但生产中焊接主要是用于金属焊接,因此,焊接通常是指金属材料的焊接。

为了实现焊接,必须使分离的被焊工件彼此接近到原子间的力能够相互作用的程度。为此,在焊接过程中,必须对需要结合的部位通过加热使之熔化,或者通过加压(或者先加热到塑性状态后再加压),使之达到原子或分子间的结合与扩散,从而获得不可拆卸的连接。

(二) 焊接方法的分类

按照焊接过程中金属所处的状态及工艺的特点,可以将焊接方法分为熔化焊、压力焊和钎焊三大类。基本焊接方法的分类如图1-1所示。

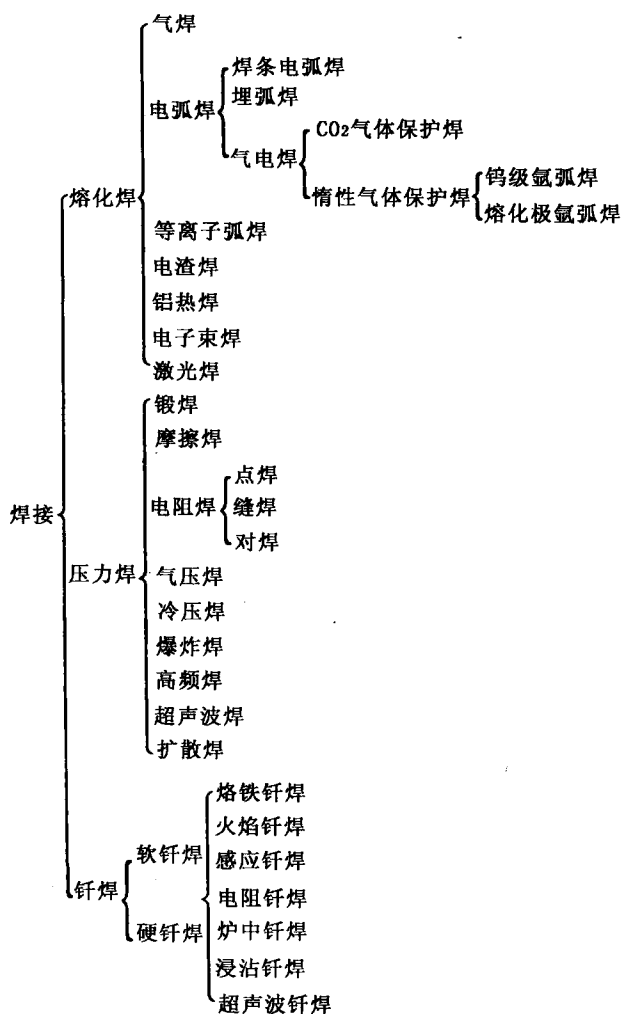


图1-1 基本焊接方法分类

熔化焊是利用局部加热的方法将连接处的金属加热至熔化状态而完成的焊接方法。在加热的条件下,增强了金属原子的动能,促进原子间的相互扩散,当被焊接金属加热至熔化状态形成液态熔池时,原子之间可以充分扩散和紧密接触,因此冷却凝固后,即可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护焊、等离子弧焊等均属于熔化焊的范畴。

压力焊是利用焊接时施加一定压力而完成焊接的方法。这类焊接有两种形式,一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加一定压力,以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头,如锻焊、电阻焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压力焊方法;二是不进行加热,仅在被焊金属接触面上施加足够大的压力,借助于压力所引起的塑性变形,以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头,这种压力焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

钎焊是把比被焊金属熔点低的钎料金属加热熔化至液态,然后使其渗透到被焊金属接缝的间隙中而达到结合的方法。焊接时被焊金属处于固体状态,工件只适当地进行加热,没有受到压力的作用,仅依靠液态金属与固态金属之间的原子扩散而形成牢固的焊接接头。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊、感应钎焊等多种方法。

(三)切割的方法和分类

按照金属切割过程中加热方法的不同,大致可以把切割方法分为火焰切割、电弧切割和冷切割三类。

1. 火焰切割

按加热气源的不同,分为以下几种:

(1)气割:气割(即氧—乙炔切割)是利用氧—乙炔预热火焰使金属在纯氧气流中能够剧烈燃烧,生成熔渣和放出大量热量的原理而进行的。

(2)液化石油气切割:液化石油气切割的原理与气割相同。不同的是液化石油气的燃烧特性与乙炔气不同,所使用的割炬也有所不同:它扩大了低压氧喷嘴孔径及燃料混合气喷口截面,还扩大了吸管圆柱部分孔径。

(3)氢氧源切割:利用水电解氢氧发生器,用直流电将水电解成氢气和氧气,其气体比例恰好完全燃烧,温度可达 $2800^{\circ}\text{C} \sim 3000^{\circ}\text{C}$,可以用于火焰加热。

(4)氧熔剂切割:氧熔剂切割是在切割氧流中加入纯铁粉或其他熔剂,利用它们的燃烧热和废渣作用实现气割的方法。

2. 电弧切割

电弧切割按生成电弧的不同可分为:

(1)等离子弧切割:等离子弧切割是利用高温高速的强劲的等离子射流,将被切割金属部熔化并随即吹除,形成狭窄的切口而完成切割的方法。

(2)碳弧气割:碳弧气割是使用碳棒与工件之间产生的电弧将金属熔化,并用压缩空气将其吹掉,实现切割的方法。

3. 冷切割

切割后工件相对变形小的切割方法有:

(1)激光切割:激光切割是利用激光束把材料穿透,并使激光束移动而实现切割的方法。

(2)水射流切割:水射流切割是利用高压换能泵产生出 $200\text{MPa} \sim 400\text{MPa}$ 的高压水束的射流动能,来实现材料的切割。

二、焊接与切割的发展概况及应用

(一)焊接与切割技术的发展概况

我国是最早应用焊接技术的国家之一。根据考古发现,远在战国时期的一些金属制品就已采用了焊接技术。从河南辉县玻璃阁战国墓中出土的文物证实,其殉葬铜器的本体、耳、足就是利用钎焊来连接的。800 多年前宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一

书,就提到了焊接方法。其后,明代科学家宋应星所著的《天工开物》一书中,对锻焊和钎焊技术也作了详细的叙述。上述事实说明,我国是一个具有悠久的焊接历史的国家。

气焊大约是在 1892 年前后出现,那时使用的是氢气—氧气混合气体。在 1903 年,氧气—乙炔气火焰被运用到金属焊接上去,奠定了气焊技术的基础。

近代主要的焊接技术——电弧焊,是在电能成功地应用于工业生产之后发展起来的。20 世纪初,作为焊接设备的正式产品——焊条电弧焊机问世。20 年代后期电阻焊和 40 年代后期埋弧焊、惰性气体保护焊相继获得应用。50 年代 CO_2 气电焊、电渣焊、摩擦焊、电子束焊、超声波焊和 60 年代等离子弧焊、激光焊、光束焊相继出现,使焊接技术达到了新的水平。近年来,太阳能焊机、冷压焊机的新型焊接设备开始研制,特别是在焊接生产自动化及电子计算机在焊接与切割生产中的应用方面有很大发展,使焊接与切割技术的发展达到一个新阶段。目前,世界上已有 50 余种焊接工艺方法应用于工业生产中。

(二) 焊接与切割的应用

焊接是一种应用范围很广的金属加工方法,与其他热加工方法相比,它具有生产周期短、成本低,结构设计灵活,用材合理及能够以小拼大等一系列优点,从而在工业生产中得到了广泛的应用。如造船、电站、汽车、石油、桥梁、矿山机械等行业中,焊接已成为不可缺少的加工手段。在世界主要的工业国家里,每年钢产量的 45% 左右要用于生产焊接结构。在制造一辆小轿车时需要焊接 5000 ~ 12000 个焊点,一艘 30 万吨油轮要焊 1000km 长的焊缝,一架飞机的焊点多达 20 ~ 30 万个。此外,随着工业的发展,被焊接的材料种类也愈来愈多,除了普通的材料外,还有如超高强钢、活性金属、难熔金属以及各种非金属的焊接。同时,由于各类产品日益向着高参数(高温、高压、高寿命)、大型化方向发展,焊接结构

越来越复杂,焊接工作量越来越大,这对于焊接生产的质量、效率等提出了更高的要求,同时也推动了焊接技术的飞速发展,使它在工业生产中的应用更为广阔。

三、学习焊接与切割安全技术的必要性

随着生产的发展,焊接技术的应用愈来愈广泛,与此同时,伴随出现的各种不安全、不卫生的因素严重地威胁着焊工及其他生产人员的安全与健康。职工在焊接、切割工作过程中需要与各种易燃易爆气体、压力容器和电机电器接触,焊接过程中会产生有毒气体、有害粉尘、弧光辐射、高频电磁场、噪声和射线等。上述危害因素在一定条件下可能引起爆炸、火灾、烫伤、急性中毒(锰中毒)、血液疾病、电光性眼炎和皮肤病等职业病症。此外还可能危及设备、厂房和周围人员安全,给国家和企业带来不应有的损失。

为切实保护职工在生产过程中的安全与健康,国家标准 GB 5306—1985《特种作业人员安全技术考核管理规则》和原国家经贸委于 1999 年发布的第 13 号主任令《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》中规定,特种作业是指容易发生人员伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施的安全有重大危害的作业。规定电工、金属焊接(气割)等作业是特种作业,直接从事特种作业者,称特种作业人员。特种作业人员,必须进行与本工种相适应的、专门的安全技术理论学习和实际操作训练,并经考核合格取得国家安全生产监督管理总局统一制作的特种作业操作证后方准独立作业。凡属新培训的特种作业人员经考核合格后,一律领取国家安全生产监督管理总局制作的“特种作业操作证”(含 IC 卡)。特种作业人员必须持证上岗,严禁无证操作。

特种作业人员的安全技术素质及行为对于安全状况是至关重要的,许多重大、特大事故就是因为这些作业人员的违章造成的。鉴于特种作业人员在安全生产工作中的重要性,《安全生产法》、

《劳动法》、《矿山安全法》、《煤炭法》等法律、法规都对特种作业人员的培训、考核、管理提出了要求。原劳动部曾发布了《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(劳安字[1991]31号)、《矿山特种作业人员安全操作资格考核规定》(劳部发[1996]35号)等规章。特种作业人员的培训、考核发证工作,已经成为安全生产监督管理工作的一项基本内容。

焊接与切割作业安全主要包括两方面内容,一是要预防工伤事故的发生,即预防触电、火灾、爆炸、金属飞溅和机械伤害等事故;二是要预防职业病的危害,如防尘、防毒、防射线和噪声等。焊接安全技术就是研究在焊接过程中可能产生的事故和危害的原因及消除和预防措施的一门科学。有关管理人员和广大焊工掌握焊接过程的特点以及焊接设备、焊接工艺和操作规程,深刻理解焊接安全技术和措施,严格执行国家标准《焊接与切割安全》(GB 9448)和有关安全规程并实施防护措施,对保证安全生产,避免发生事故是十分必要的。

第二节 金属学及热处理基本知识

一、金属晶体结构的一般知识

众所周知,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金属和非金属两大类。我们所焊接的材料主要是金属,尤其是钢材。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。为了了解钢材的组织对性能的影响,我们应先了解晶体结构。

(一)晶体和非晶体

晶体是原子按一定空间次序排列而成的固体,具有规则的外形,如食盐、明矾、冰等。一般的固态金属及合金也都是晶体。并不是任何固态物质都是晶体,如玻璃、松香之类就属于非晶体。在

非晶体中,原子是散乱分布的,至多有些局部的短程规则排列。

由于晶体与非晶体中原子排列不同,因此性能也不相同。

(二)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子,称为晶格。金属的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。纯铁在常温下是体心立方晶格(称为 α -Fe);当温度升高到 910°C 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°C 时,面心立方晶格又重新转变为体心立方晶格(称为 δ -Fe),然后一直保持到熔化温度。纯铁的这种特性非常重要,是钢材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。

二、合金的组织、结构及铁碳合金的基本知识

(一)合金的组织

两种或两种以上的元素(其中至少一种是金属元素)组合成的金属,叫做合金。根据两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三类。

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,形成单相晶体结构。固溶体比纯金属硬度高、强度大。

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、脆性也较大。

3. 机械混合物

固溶体和化合物均为单相的合金,若合金是由两种不同的晶

体结构彼此机械混合组成的,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,但其塑性和压力加工性能则较差。

(二) 钢中常见的显微组织

1. 铁素体(F)

铁素体是少量的碳和其他合金元素固溶于 $\alpha - \text{Fe}$ 中的固溶体,为体心立方晶格。铁素体的强度和硬度低,但塑性和韧性很好,所以含铁素体多的钢(如低碳钢)就表现出软而韧的性能。

2. 渗碳体(Fe_3C)

渗碳体是铁与碳的化合物,分子式是 Fe_3C ,其性质与铁素体相反,硬而脆,随着钢中含碳量的增加,钢中渗碳体的量也增多,钢的硬度、强度也增加,而塑性、韧性则下降。

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°C 时才存在。珠光体的性能介于铁素体和渗碳体之间。

4. 奥氏体(A)

奥氏体是碳和其他合金元素在 $\gamma - \text{Fe}$ 中的固溶体。在一般钢材中,只有高温时存在。在含有一定量扩大 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则在室温时的组织为奥氏体。奥氏体为面心立方晶格,奥氏体的强度和硬度不高,但塑性和韧性很好。奥氏体的另一特点是没有磁性。

5. 马氏体(M)

马氏体是碳在 $\alpha - \text{Fe}$ 中的过饱和固溶体,一般可分为低碳马氏体和高碳马氏体。马氏体的体积比相同重量的奥氏体的体积大,因此,由奥氏体转变为马氏体时体积要膨胀,局部体积膨胀后引起的内应力往往导致零件变形、开裂。高碳淬火马氏体具有很高的硬度和强度,但很脆,延展性很低,几乎不能承受冲击载荷。