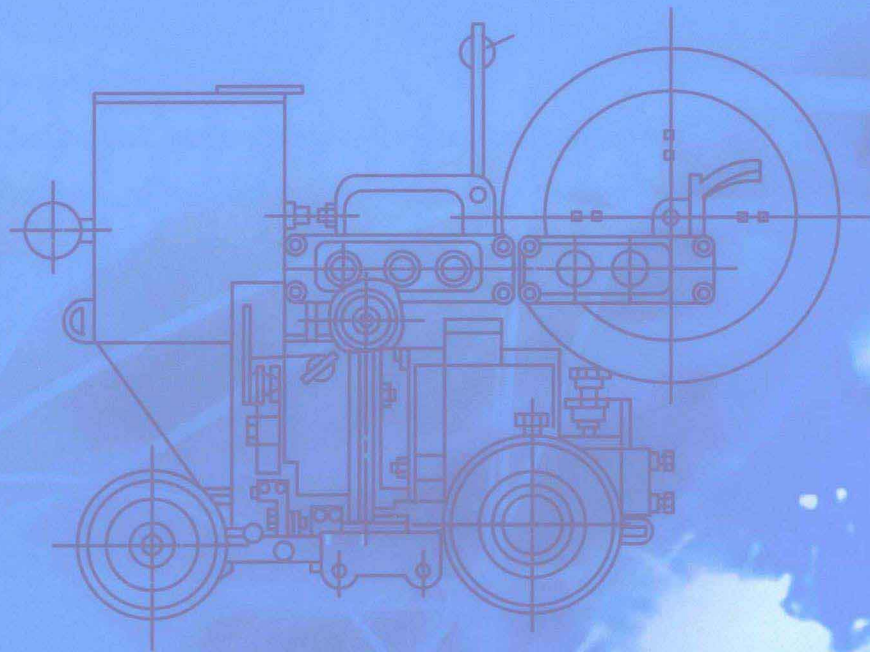




高职高专“十一五”规划教材

焊接方法与设备

邱葭菲 主编



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

焊接技术及自动化专业

机械制图	张李铁
机械制图习题集	张李铁
机械设计基础	米广杰
金属材料与热处理	司卫华
▶ 焊接方法与设备	邱葭菲
焊接结构生产与实例	赵 岩
金属熔化焊基础	蔡南武
金属材料焊接	文申柳
弧焊电源	邓开豪
焊接质量检测	乌日根
特种焊接技术	王洪光
压力容器结构与制造	王志斌
焊接专业英语	刘松森
焊接技能实训	王新民



www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

ISBN 978-7-122-03657-5



9 787122 036575 >

定 价：23.00元

高职高专“十一五”规划教材

焊接方法与设备

邱葭菲 主 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统地讲述了各种常用焊接方法的原理、特点、焊接材料、设备及工艺等知识,并对气割、等离子弧切割等切割方法与技术及焊接方法的新发展作了介绍。全书共分九章,包括:焊接方法概述,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,气焊与气割,等离子弧焊接与切割,电阻焊和其他焊接、切割方法与技术。本教材在编写中,力求体现“以就业为导向,突出职业能力培养”的精神,教材内容与国家职业标准和职业技能鉴定有机衔接,实现了理论与实践相结合,以满足“教、学、做合一”的教学需要。本教材体系新、实用性强,每章都安排有生产实际中的焊接实例。

本书为高职高专焊接技术及自动化专业教材,也可作为各类成人教育焊接专业教材或培训用书,还可供从事焊接工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接方法与设备/邱葭菲主编. —北京:化学工业出版社, 2008.10
高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-03657-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 136096 号

责任编辑:韩庆利 高 钰
责任校对:蒋 宇

装帧设计:史利平

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 1/16 印张 13½ 字数 339 千字 2009 年 1 月北京第 1 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:23.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书是在进一步贯彻落实国务院《关于大力推进职业教育改革与发展的决定》和教育部《全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的文件精神，加强职业教育教材建设，满足职业院校深化教学改革对教材建设要求的新形势下编写而成。

本书系统讲述了各种常用焊接方法的原理、特点、焊接材料、设备及工艺等知识，并对气割、等离子弧切割等切割方法与技术及焊接方法的新发展作了介绍。全书共分九章，包括：焊接方法概述，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，气焊与气割，等离子弧焊接与切割，电阻焊和其他焊接、切割方法与技术。

本书的编写有以下特点：

(1) 本书由长期在教学、科研及生产一线的，经验丰富的双师、双教（教学、教研）型教师，在总结多年高职教学、教研、教改的基础上编写而成。

(2) 本书在编写中，力求体现“以就业为导向，突出职业能力培养”的精神，教材内容与国家职业标准和职业技能鉴定有机衔接，实现了理论与实践相结合，以满足“教、学、做合一”的教学需要。

(3) 本书体系新、实用性强，每章都安排有生产实际中的焊接实例。同时还注意反映时代进步的新技术、新工艺和新方法。

本书由邱葭菲主编。邱葭菲编写了第一章、第二章、第四章、第五章、第七章和第八章，王充编写了第三章和第六章，蔡郴英编写了第九章及全书的焊接实例。邱葭菲对全书进行了统稿。

本书在编写过程中，参阅了国内外出版的有关教材和资料，充分吸收了国内多所高职院校近年来的教学改革经验，得到了许多教授、专家的支持和帮助，特别是廖凤生、蔡秋衡提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏，敬请有关专家和广大读者批评指正。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第一章 焊接方法概述	1
第一节 焊接方法及发展概况	1
一、焊接及其本质	1
二、焊接方法分类	1
三、焊接方法特点	2
四、焊接方法发展概况	3
五、焊接方法的新发展	4
第二节 焊接方法的热源	5
一、焊接电弧的产生	6
二、焊接电弧的构造及静特性	8
三、焊接电弧的稳定性	10
四、焊接电弧的分类及热效率	13
第三节 焊接方法的安全技术	15
一、预防触电的安全技术	15
二、预防火灾和爆炸的安全技术	16
三、预防焊接方法有害因素的安全技术	16
四、特殊环境焊接的安全技术	18
思考与练习	19
第二章 焊条电弧焊	21
第一节 焊条电弧焊的原理及特点	21
一、焊条电弧焊的原理	21
二、焊条电弧焊的特点	21
第二节 焊条电弧焊设备及工具	22
一、对弧焊电源的要求	22
二、弧焊电源的分类及型号	24
三、常用焊条电弧焊电源	25
四、焊条电弧焊电源常见故障及处理	28
五、焊条电弧焊其他设备和工具	30
第三节 焊条电弧焊焊接材料	32
一、焊条的型号及牌号	32
二、焊条的选用及管理	37
第四节 焊条电弧焊工艺	39
一、焊条电弧焊工艺参数	39
二、焊条电弧焊工艺措施	42
三、焊条电弧堆焊工艺	43
焊接实例	44
思考与练习	47
第三章 埋弧焊	48
第一节 埋弧焊的原理及特点	48
一、埋弧焊工作原理	48
二、埋弧焊的特点及应用	48
三、埋弧焊的自动调节原理	49
第二节 埋弧焊设备	50
一、埋弧焊的设备及分类	50
二、等速送丝式埋弧焊机	53
三、变速送丝式埋弧焊机	55
四、等速送丝式埋弧焊机与变速送丝式埋弧焊机的比较	59
五、埋弧焊机常见故障及处理	59
第三节 埋弧焊的焊接材料	60
一、焊丝和焊剂的作用及分类	60
二、焊丝和焊剂的型号及牌号	61
三、焊丝和焊剂的选用及保管	63
第四节 埋弧焊工艺	64
一、埋弧焊工艺参数	64
二、埋弧焊技术	67
三、高效埋弧焊技术	70
焊接实例	71
思考与练习	73
第四章 熔化极气体保护焊	75
第一节 熔化极气体保护焊的原理及分类	75
一、熔化极气体保护焊的原理、特点及分类	75

二、熔化极气体保护焊常用气体 及应用	76	一、熔化极活性气体保护焊的原理 及特点	94
第二节 二氧化碳气体保护焊	77	二、熔化极活性气体保护焊常用混 合气体及应用	95
一、二氧化碳气体保护焊原理及特点	77	三、熔化极活性气体保护焊的设备 及工艺	95
二、二氧化碳气体保护焊的冶金特性	79	第五节 药芯焊丝气体保护焊	97
三、二氧化碳气体保护焊的焊接材料	82	一、药芯焊丝气体保护电弧焊的原 理及特点	97
四、二氧化碳气体保护焊设备	83	二、药芯焊丝及焊接工艺	98
五、二氧化碳气体保护焊工艺	88	焊接实例	100
第三节 熔化极惰性气体保护焊	92	思考与练习	102
一、熔化极氩弧焊的原理及特点	92		
二、熔化极惰性气体保护焊的设备 及工艺	93		
第四节 熔化极活性气体保护焊	94		
第五章 钨极惰性气体保护焊 (TIG 焊)	104		
第一节 TIG 焊的原理及特点	104	二、TIG 焊设备常见故障及处理方法	110
一、TIG 焊的基本原理及分类	104	三、常用 TIG 焊焊机型号及技术数据	110
二、TIG 焊特点及应用	104	第四节 TIG 焊工艺	112
第二节 TIG 焊的焊接材料	105	一、焊前清理与保护	112
一、TIG 焊的钨极和焊丝	105	二、TIG 焊的焊接工艺参数	113
二、TIG 焊的保护气体	106	三、脉冲 TIG 焊工艺	117
第三节 TIG 焊设备	107	焊接实例	119
一、TIG 焊设备分类及组成	107	思考与练习	120
第六章 气焊与气割	122		
第一节 气体火焰	122	第三节 气割	134
一、产生气体火焰的气体	122	一、气割原理及特点	134
二、气体火焰的种类与性质	123	二、气割的条件及金属的气割性	135
第二节 气焊	124	三、气割设备及工具	136
一、气焊原理、特点及应用	124	四、气割工艺	139
二、气焊焊接材料	125	焊接实例	141
三、气焊设备及工具	126	思考与练习	144
四、气焊工艺	131		
第七章 等离子弧焊及切割	145		
第一节 等离子弧	145	四、空气等离子弧切割	153
一、等离子弧的形成及特点	145	第三节 等离子弧焊接	154
二、等离子弧的类型及应用	146	一、等离子弧焊的原理及特点	154
三、等离子弧的双弧	147	二、等离子弧焊设备	154
第二节 等离子弧切割	148	三、等离子弧焊工艺	157
一、等离子弧切割的原理及分类	148	四、等离子弧堆焊和喷涂	160
二、等离子弧切割设备	149	焊接实例	162
三、等离子弧切割工艺	151	思考与练习	164
第八章 电阻焊	166		
第一节 电阻焊的原理及特点	166	一、电阻焊基本原理及特点	166

二、电阻焊的分类及应用	167	一、点焊工艺	175
第二节 电阻焊设备	169	二、对焊工艺	178
一、电阻焊电源及电极	169	焊接实例	181
二、点焊机及对焊机	171	思考与练习	182
第三节 常用电阻焊方法	175		
第九章 其他焊接、切割方法与技术	184		
第一节 钎焊	184	第四节 螺柱焊	195
一、钎焊原理及特点	184	一、螺柱焊的特点、应用及分类	195
二、钎料与钎剂	186	二、电弧螺柱焊	196
三、钎焊工艺	187	三、电容储能螺柱焊	197
第二节 电渣焊	189	四、螺柱焊方法的选择	198
一、电渣焊的原理及特点	189	第五节 先进焊接方法与技术简介	199
二、电渣焊的分类及应用	190	一、真空电子束焊	199
三、电渣焊工艺及设备	191	二、激光焊与切割	200
第三节 碳弧气刨	192	三、扩散焊	200
一、碳弧气刨原理及特点	192	四、焊接机器人及应用	201
二、碳弧气刨设备	192	焊接实例	203
三、碳弧气刨工艺	194	思考与练习	205
参考文献	207		

第一章 焊接方法概述

第一节 焊接方法及发展概况

一、焊接及其本质

在金属结构和机器的制造中,经常需要将两个或两个以上的零件按一定形式和位置连接起来。通常可以根据这些连接方法的特点,将其分为两大类:一类是可拆卸的连接方法,即不必毁坏零件就可以拆卸,如螺栓连接、键连接等,如图 1-1 所示;另一类是永久性连接方法,其拆卸只有在毁坏零件后才能实现,如铆接、焊接等,如图 1-2 所示。

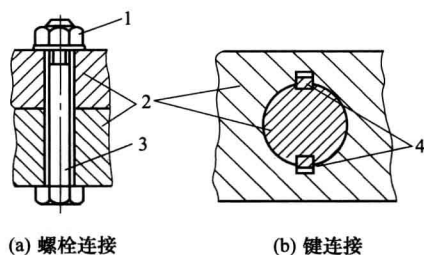


图 1-1 可拆卸连接

1—螺母; 2—零件; 3—螺栓; 4—键

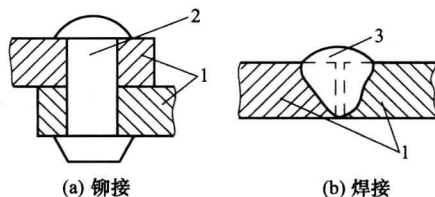


图 1-2 永久性连接

1—零件; 2—铆钉; 3—焊缝

焊接就是通过加热或加压,或两者并用,用或不用填充材料,使焊件达到结合的一种加工工艺方法。

由此可见,焊接最本质的特点就是通过焊接使焊件达到结合,从而将原来分开的物体形成永久性连接的整体。要使两部分金属材料达到永久连接的目的,就必须使分离的金属相互非常接近,使之产生足够大的结合力,才能形成牢固的接头。这对液体来说是很容易的,而对固体来说则比较困难,需要外部给予很大的能量如电能、化学能、机械能、光能等,这就是金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的原因。

小提示

焊接不仅可以连接金属材料,而且也可以实现某些非金属材料的永久性连接,如玻璃焊接、陶瓷焊接、塑料焊接等。在工业生产中焊接方法主要用于金属的连接。

二、焊接方法分类

按照焊接过程中金属所处的状态不同,可以把焊接方法分为熔焊、压焊和钎焊三类。焊

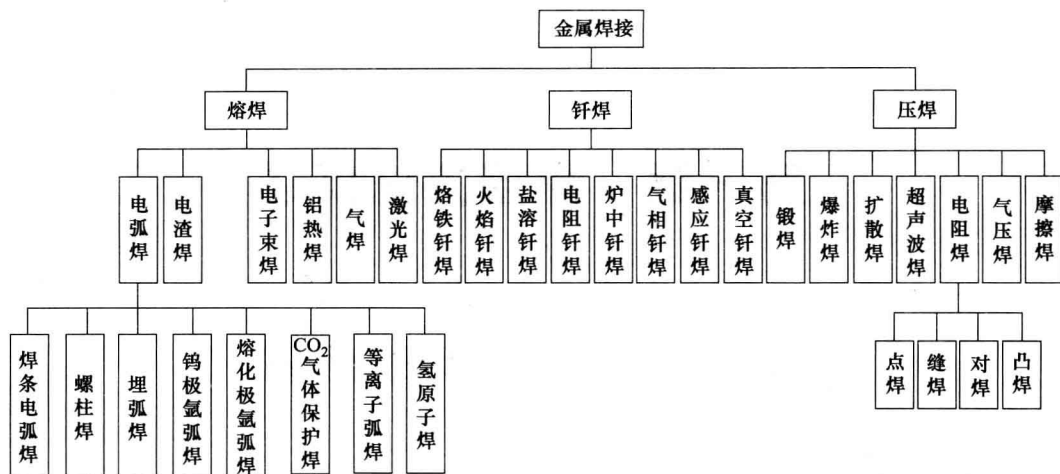


图 1-3 焊接方法的分类

接方法的分类如图 1-3 所示。

1. 熔焊

熔焊是在焊接过程中，将焊件接头加热至熔化状态，不加压力完成焊接的方法。在加热的条件下，当被焊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，可形成牢固的焊接接头。常见的气焊、焊条电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

2. 压焊

压焊是在焊接过程中，必须对焊件施加压力（加热或不加热），以完成焊接的方法。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，然后加一定的压力，以使金属原子间相互结合而形成牢固的焊接接头，如锻焊、电阻焊、摩擦焊和气压焊等；二是不进行加热，仅在被焊金属的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，而使原子间相互接近直至获得牢固的压挤接头，如冷压焊、爆炸焊等均属此类。

3. 钎焊

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点，低于母材熔点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接焊件的方法。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

熔焊、压焊和钎焊三类焊接方法的对比如图 1-4 所示。

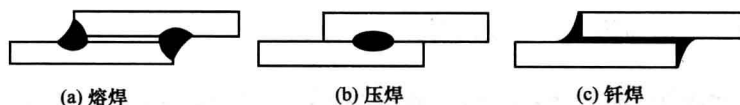


图 1-4 三类焊接方法的对比

三、焊接方法特点

焊接是目前应用极为广泛的一种永久性连接方法。焊接在许多工业部门的金属结构中，几乎全部取代了铆接；在机械制造业中，不少过去一直用整铸、整锻方法生产的大型毛坯也改成了焊接结构，大大简化了生产工艺，降低了成本。目前世界各国年平均生产的焊接结构

用钢已占钢产量的 45% 左右, 焊接方法之所以能迅速地发展, 是因为它本身具有一系列优点。

(1) 焊接与铆接相比, 首先可以节省大量金属材料, 减轻结构的重量。例如起重机采用焊接结构, 其重量可以减轻 15%~20%, 建筑钢结构可以减轻 10%~20%。其原因在于焊接结构不必钻铆钉孔, 材料截面能得到充分利用, 也不需要辅助材料, 如图 1-5 所示。其次简化加工与装配工序, 焊接结构生产不需钻孔, 划线的工作量较少, 因此劳动生产率高。另外焊接设备一般也比铆接生产所需的大型设备(如多头钻床等)的投资低。焊接结构还具有比铆接结构更好的密封性, 这是压力容器特别是高温、高压容器不可缺少的性能。焊接生产与铆接生产相比还具有劳动强度低, 劳动条件好等优点。

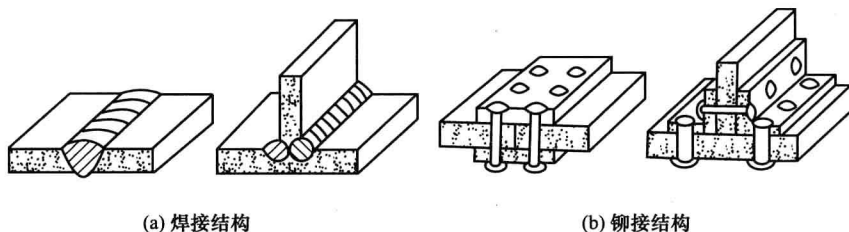


图 1-5 焊接与铆接比较

(2) 焊接与铸造相比, 首先它不需要制作木模和砂型, 也不需要专门熔炼、浇铸, 工序简单, 生产周期短, 对于单件和小批生产特别明显。其次, 焊接结构比铸件能节省材料。通常, 其重量比铸钢件轻 20%~30%, 比铸铁件轻 50%~60%, 这是因为焊接结构的截面可以按需要来选取, 不必像铸件那样因受工艺条件的限制而加大尺寸, 且不需要采用过多的肋板和过大的圆角。最后, 采用轧制材料的焊接结构材质一般比铸件好。即使不用轧制材料, 用小铸件拼焊成大件, 小铸件的质量也比大铸件容易保证。

(3) 焊接具有一些用别的工艺方法难以达到的优点, 如可根据受力情况和工作环境在不同的部位选用不同强度和不同耐磨、耐腐蚀、耐高温等性能的材料。

焊接也有一些缺点: 如产生焊接应力与变形, 而焊接应力会削弱结构的承载能力, 焊接变形会影响结构形状和尺寸精度。焊缝中还会存在一定数量的缺陷, 焊接中还会产生有毒有害的物质等。这些都是焊接过程中需要注意的问题。

四、焊接方法发展概况

我国是世界上较早应用焊接方法的国家之一。古书上有这样的记载: “凡钎铁之法……小钎用白铜末, 大钎则竭力挥槌而强合之……”。这说明当时我国已掌握了用铜钎接和锻焊方法来连接铁类金属的技术, 这也说明我国是一个具有悠久的焊接历史的国家。

近代焊接技术, 是从 1885 年出现碳弧焊开始, 直到 20 世纪 40 年代才形成较完整的焊接工艺方法体系。特别是 20 世纪 40 年代初期出现了优质电焊条后, 焊接技术得到了一次飞跃。

现在世界上已有 50 余种焊接工艺方法应用于生产中, 随着科学技术的不断发展, 特别是计算机技术的应用与推广, 使焊接技术特别是焊接自动化技术达到了一个崭新的阶段。各种新工艺方法, 如多丝埋弧焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳半自动焊、全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊和数控切割设备及焊接机器人等, 已广泛应用于船舶、车辆、航空、锅炉、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山机械、起重机械、建筑及国防等

各个工业部门，并成功地完成了不少重大产品的焊接，如 12000t 水压机、直径 15.7m 的大型球形容器、万吨级远洋考察船“远望号”、世界最大最重的三峡电机定子座（直径 22m、重量 832t，见图 1-6）以及核反应堆、人造卫星、神舟系列太空飞船（见图 1-7）、世界第一穹顶的北京国家大剧院、长江芜湖大桥等尖端产品。焊接方法的发展简史见表 1-1。

表 1-1 焊接方法的发展简史

焊接方法	发明年代	发明国家	焊接方法	发明年代	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
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

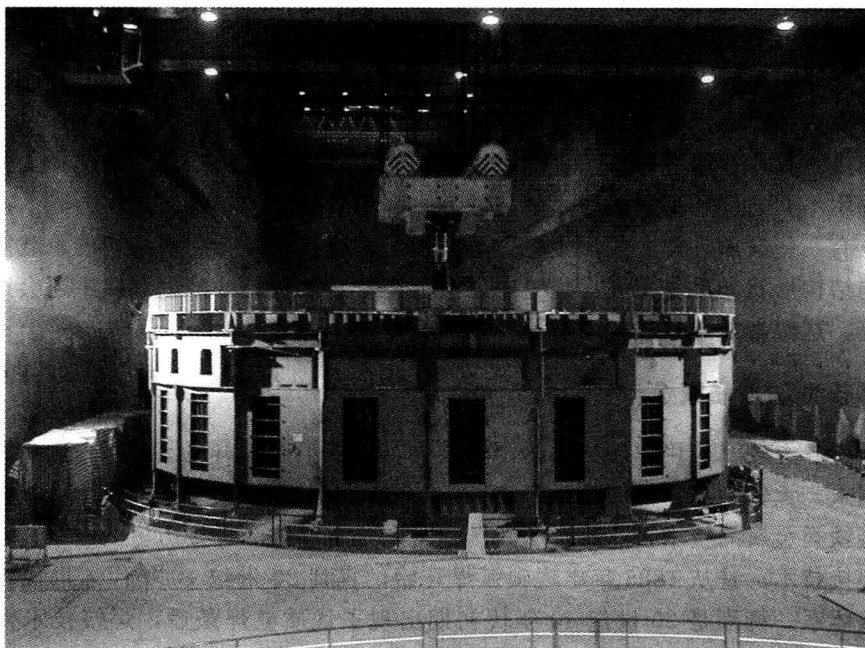


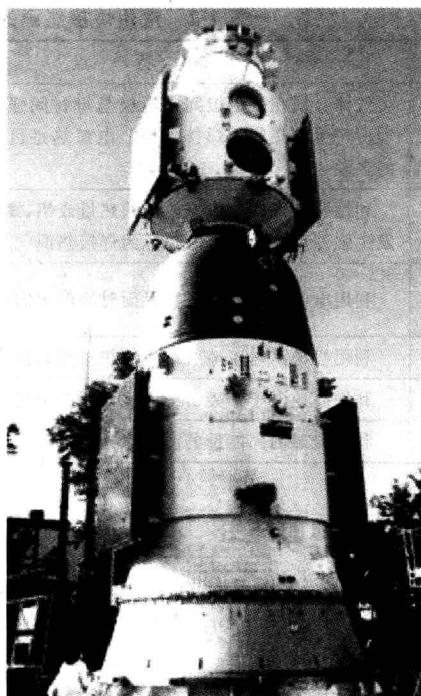
图 1-6 世界最大最重的三峡电机定子座

五、焊接方法的新发展

随着工业和科学技术的发展，焊接方法也在不断进步和完善，焊接已从单一的加工工艺发展成为综合性的先进工艺技术。焊接方法的新发展主要体现在以下几个方面。



(a) 神舟5号



(b) 神舟3号

图 1-7 神舟系列太空飞船

1. 提高焊接生产率, 进行高效化焊接

焊条电弧焊中的铁粉焊条、重力焊条和躺焊条工艺; 埋弧焊中的多丝焊、热丝焊、窄间隙焊接; 气体保护电弧焊中的气电立焊、热丝 MAG 焊、TIME 焊等, 是常用的高效化焊接方法。

2. 提高焊接过程自动化、智能化水平

国外焊接过程机械化、自动化已达很高程度, 而我国手工焊接所占比例却很大。按焊丝与焊接材料的比来计算机械化、自动化比例, 1999 年日本为 80%, 西欧为 74%, 美国为 71%, 2000 年我国为 23%。焊接机器人的应用是提高焊接过程自动化水平的有效途径, 应用焊接专家系统、神经网络系统等都能提高焊接过程智能化水平。

3. 研究开发新的焊接热源

焊接工艺几乎运用了世界上一切可以利用的热源, 如火焰、电弧、电阻、激光、电子束等。但新的更好的更有效的焊接热源研发一直在进行, 例如采用两种热源的叠加, 以获得更强的能量密度, 如等离子束加激光、电弧中加激光等。

第二节 焊接方法的热源

要实现金属的焊接, 必须提供其能量, 对于熔焊, 主要是热源的热能。常用焊接方法的热源有电弧热、电阻热、化学热、摩擦热、激光束、电子束等。常用焊接热源的特点及对应焊接方法见表 1-2。由于电弧热是目前焊接中应用最广的热源, 电弧焊是目前焊接中应用最广的焊接方法, 所以这里重点介绍焊接电弧的有关知识。

表 1-2 常用焊接热源的特点及对应焊接方法与技术

焊接热源	特 点	对应焊接方法与技术
电弧热	气体介质在两电极间或电极与母材间强烈而持久的放电过程所产生的热能为焊接热源。电弧热是目前焊接中应用最广的热源	电弧焊,如焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊、等离子弧焊、等离子弧切割等
化学热	利用可燃气体的火焰放出的热量或铝、镁热剂与氧或氧化物发生强烈反应所产生的热量为焊接热源	气焊、气割、钎焊、热剂焊(铝热剂)
电阻热	利用电流通过导体及其界面时所产生的电阻热为焊接热源	电阻焊、高频焊(固体电阻热)、电渣焊(熔渣电阻热)
摩擦热	利用机械高速摩擦所产生的热量为焊接热源	摩擦焊
电子束	利用高速电子束轰击工件表面所产生的热量为焊接热源	电子束焊
激光束	利用聚焦的高能量的激光束为焊接热源	激光焊

一、焊接电弧的产生

由焊接电源供给的,具有一定电压的两电极间或电极与母材间,在气体介质中产生的强烈而持久的放电现象,称为焊接电弧。如图 1-8 所示为焊条电弧焊电弧示意图。

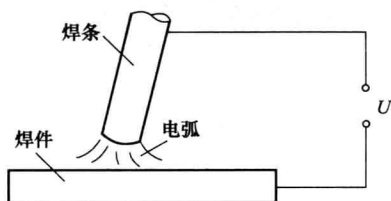


图 1-8 电弧示意图

焊接电弧是一种特殊的气体放电现象,它与日常所见的气体放电现象(如电源拉合闸时产生的火花)的区别在于,焊接电弧能连续持久地产生强烈的光和大量的热量。电弧焊就是依靠焊接电弧把电能转变为焊接过程所需的热能和机械能达到连接金属的目的。

1. 焊接电弧的产生条件

正常状态下,气体是良好的绝缘体,气体的分子和原子处于中性状态,气体中没有带电粒子,因此气体不能导电,电弧也不能自发地产生。要使电弧产生和稳定燃烧,就必须使两极(或电极与母材)之间的气体中有带电粒子,而获得带电粒子的方法就是中性气体的电离和金属电极(阴极)电子发射。所以气体电离和阴极电子发射是焊接电弧产生和维持的两个必要条件。

(1) 气体电离 使中性的气体粒子(分子和原子)分离成正离子和自由电子的过程称为气体电离。使气体粒子电离所需的能量称为电离能(或电离功)。不同的气体或元素,由于原子构造不同,其电离能也不同,电离能越大,气体就越难电离,常见元素的电离能见表 1-3。

表 1-3 常见元素的电离能

元素	K	Na	Ba	Ca	Cr	Ti	Mn	Fe	Si	H	O	N	Ar	F	He
电离能/eV	4.34	5.11	5.21	6.11	6.76	6.82	7.40	7.83	8.15	13.59	13.62	14.53	15.76	17.48	24.59

在焊接电弧中,使气体介质电离的形式主要有热电离、场致电离、光电离三种。

① 热电离 高温下,气体粒子受热的作用而互相碰撞产生的电离称为热电离。温度越高,热电离作用越大。

② 场致电离 带电粒子在电场的作用下,作定向高速运动,产生较大的动能,当与中性粒子相碰撞时,就把能量传给中性粒子,使该粒子产生电离。如两电极间的电压越高,电场作用越大,则电离作用越强烈。

③ 光电离 气体粒子在光辐射的作用下产生的电离,称为光电离。

热电离和场致电离本质上都属于碰撞电离。碰撞电离是电离产生带电粒子的主要途径,光电离则是产生带电粒子的次要途径。

小提示

在含有易电离的 K、Na 等元素的气氛中,电弧引燃较容易,而在含有难电离的 Ar、He 等元素的气氛中,则电弧引燃就比较困难。因此,为提高电弧燃烧的稳定性,常在焊接材料中加入一些含电离能较低易电离的元素的物质,如水玻璃、大理石等就是基于这个道理。

(2) 阴极电子发射 阴极金属表面的原子或分子,接受外界的能量而连续地向外发射出电子的现象,称为阴极电子发射。

一般情况下,电子是不能自由离开金属表面向外发射的,要使电子逸出电极金属表面而产生电子发射,就必须加给电子一定的能量,使它克服电极金属内部正电荷对它的静电引力。电子从阴极金属表面逸出所需要的能量称为逸出功,电子逸出功的大小与阴极的成分有关。逸出功越小,阴极发射电子就越容易,常见元素的电子逸出功见表 1-4。

表 1-4 常见元素的逸出功

元素	K	Na	Ca	Mg	Mn	Ti	Fe	Al	C
逸出功/eV	2.26	2.33	2.90	3.74	3.76	3.92	4.18	4.25	4.34

焊接时,根据所吸收能量的不同,阴极电子发射主要有热发射、电场发射、撞击发射等。

① 热发射 焊接时,阴极表面温度很高,阴极中的电子运动速度很快,当电子的动能达到或超出逸出功的时候,电子即冲出阴极表面产生热发射。温度越高,则热发射作用越强烈。

② 电场发射 在强电场的作用下,由于电场对阴极表面电子的吸引力,电子可以获得足够的动能,从阴极表面发射出来。当两电极的电压越高,金属的逸出功越小,则电场发射作用越大。

③ 撞击发射 当运动速度较高,能量较大的正离子撞击阴极表面时,将能量传递给阴极而产生电子发射现象称为撞击发射。如果电场强度越大,在电场的作用下正离子的运动速度也越快,则产生的撞击发射作用也越强烈。

在焊接过程中,上述几种电子发射形式常常是同时存在的,只是在不同条件下它们所起的作用各不相同。

2. 焊接电弧的引燃方法

把造成两电极间气体发生电离和阴极发射电子而引起电弧燃烧的过程称为焊接电弧的引燃(引弧)。焊接电弧的引燃一般有两种方式:接触引弧和非接触引弧。

(1) 接触引弧 弧焊电源接通后,将电极(焊条或焊丝)与工件直接短路接触,并随后拉开焊条或焊丝而引燃电弧,称为接触引弧。接触引弧是一种最常用的引弧方式。

当电极与工件短路接触时,由于电极和工件表面都不是绝对

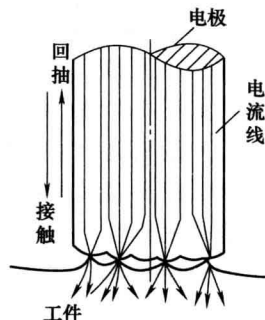


图 1-9 接触引弧示意图

平整的,所以只是在少数突出点上接触(见图1-9)。通过这些点的短路电流比正常的焊接电流要大得多,加之接触点的面积又小,因此电流密度极大,这就产生了大量的电阻热,使接触部分的金属温度剧烈地升高而熔化,甚至汽化,引起强烈的电子发射和电离。随后在拉开电极的瞬间,由于电弧间隙极小,使其电场强度达到很大数值。这样,即使在室温下亦能产生明显的电子发射现象。同时,又使已产生的带电子粒子被加速,引起碰撞而电离,从而引燃电弧。

在拉开电极的瞬间,弧焊电源电压由短路时的零值增高到引弧电压值所需要的时间称电压恢复时间。电压恢复时间对于焊接电弧的引燃及焊接过程中电弧的稳定性具有重要的意义。这个时间长或短,是由弧焊电源的特性决定的。在电弧焊时,对电压恢复时间要求越短越好,一般不超过0.05s。如果电压恢复时间太长,则电弧就不容易引燃及造成焊接电弧不稳定。

这种引弧方法主要应用于焊条电弧焊、埋弧焊、熔化极气体保护焊等。对于焊条电弧焊,接触引弧又可分为划擦法引弧和直击法引弧两种,如图1-10、图1-11所示。划擦法引弧相对比较容易掌握。

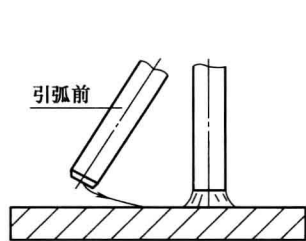


图 1-10 划擦法引弧

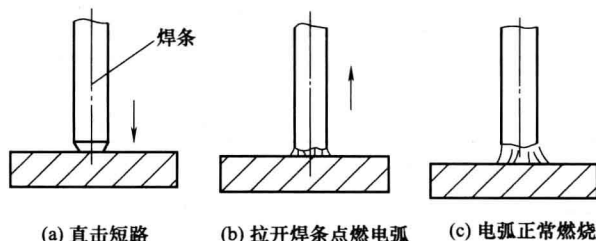


图 1-11 直击法引弧

(2) 非接触引弧 引弧时,电极与工件之间保持一定间隙,然后在电极和工件之间施以高电压击穿间隙使电弧引燃,这种引弧方式称非接触引弧。

非接触引弧需利用引弧器才能实现,根据工作原理可分为高频高压引弧和高压脉冲引弧,高压脉冲引弧需高压脉冲发生器,频率一般为50~100Hz,电压峰值为3000~10000V。高频高压引弧需用高频振荡器,频率为150~260kHz左右,电压峰值为2000~3000V。

非接触引弧方式主要应用于钨极氩弧焊和等离子弧焊。由于引弧时电极无需和工件接触,这样不仅不会污染工件上的引弧点,而且也不会损坏电极端部的几何形状,有利于电弧燃烧的稳定性。

二、焊接电弧的构造及静特性

1. 焊接电弧的构造

焊接电弧按其构造可分为阴极区、阳极区和弧柱三部分,如图1-12所示。

(1) 阴极区 电弧紧靠负电极的区域称为阴极区,阴极区很窄,约为 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ cm。在阴极区的阴极表面有一个明亮的斑点,称为阴极斑点。它是阴极表面上电子发射的发源地,也是阴极区温度最高的地方。焊条电弧焊时,阴极区的温度一般达到2130~3230℃,放出的热量占36%左右。阴极温度的高低主要取决于阴极的电极材料。

(2) 阳极区 电弧紧靠正电极的区域称为阳极区,阳极区较阴极区宽,约为 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm,在阳极区的阳极表面也有光亮的斑点,称为阳极斑点。它是电弧放电时,正电极

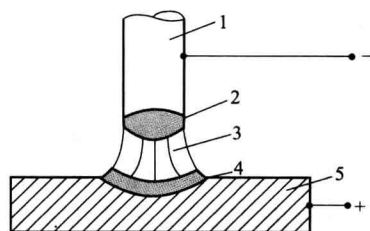


图 1-12 焊接电弧的构造

1—焊条; 2—阴极区; 3—弧柱;
4—阳极区; 5—焊件