



技工学校机械类通用教材

焊工工艺学

HANGONG GONGYIXUE

机械工业出版社

本书较详细地介绍了各种焊接工艺方法(如手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊、电渣焊等),并突出介绍了各种方法的实际操作技术和经验,同时对焊接电弧、焊接冶金、焊缝结晶以及工艺、设备等方面都作了较详细的分析。对于常见焊接缺陷及焊接应力与变形的形成原理,亦作了一定程度的介绍,并提出了防止和消除的措施。本书还对常用金属材料的焊接及气焊与气割各列一章,并对其它焊接及切割方法和焊接检验作了一般的介绍。

本书由林圣武、张德禄、郑应国、魏育樟、黄世麟同志编写;由隋立华、梅启钟、崔德华同志审稿;张学益同志审稿并参加了部分章节的修改工作。

焊工工艺学

技工学校机械类通用教材编审委员会 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)
(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

上海商务印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 28 1/2·字数 699 千字
1980年8月上海第一版·1980年8月上海第一次印刷
印数 000,001—150,000·定价 1.95 元

*

统一书号: 15033·4959

前 言

建国以来,我国的技工教育事业曾得到很大发展。技工学校的广大干部、教师辛勤劳动,努力工作,积累了不少教学经验,并编写过一套比较完整的技工学校教材,对保证教学质量,培训合格的技术工人,支援祖国的社会主义建设,发挥过积极的作用。

文化大革命中,由于林彪、“四人帮”对我国教育事业的严重破坏,技工学校的教学文件和设备几乎损失殆尽,教师队伍备受摧残。

粉碎“四人帮”以后,技工学校迅速得到恢复和发展,对教学计划、教学大纲和教材的需要均甚感迫切。

为了满足教学需要,不断提高技工学校的培训质量,加速实现我国的四个现代化,国家劳动总局和第一机械工业部委托上海市劳动局、上海市第一机电工业局负责全国机械类技工学校教材的编写工作。这次编写的教材共十九种。计有:语文、数学、物理、化学、工程力学、机械基础、金属工艺学、电工与电子基础、机械制图、车工工艺学、钳工工艺学、铣工工艺学、磨工工艺学、刨工工艺学、铸工工艺学、锻工工艺学、木模工艺学、焊工工艺学、热处理工艺学。这套教学计划、教学大纲和教材,分别适用于二年制(招收高中毕业生)和三年制(招收初中毕业生)技工学校(其中数学、语文、物理、化学主要是供招收初中毕业生的学校使用的)。

在教学计划、教学大纲和教材的编写中,我们在坚持以生产实习教学为主的原则的同时,还强调了基本理论和基本技能的训练,注意了新技术新工艺的吸收。在教学计划说明中,对各部门课程的授课目的,提出了明确的要求,以便使这套教学文件能更好地适应四个现代化的需要。

由于编写时间仓促,加之编写经验不足,这套教材还存在不少缺点和错误,我们恳切地希望同志们在试行中提出批评指正,以便作进一步的修改。

技工学校机械类通用教材编审委员会

一九七九年五月

目 录

绪 论	1
§ 0-1 焊接的物理实质及其分类	1
§ 0-2 焊接技术发展的概况与展望	2
复习题	5
第一章 焊接结构生产工艺简述	6
§ 1-1 构件的备料工序	6
§ 1-2 结构的装配焊接	9
§ 1-3 焊接生产的合理性	11
复习题	14
第二章 焊接电弧	15
§ 2-1 焊接电弧的引燃过程	15
§ 2-2 焊接电弧的构造及其静特性	19
§ 2-3 焊接电弧的极性和偏吹	23
§ 2-4 电弧焊的熔滴过渡	27
复习题	30
第三章 手工电弧焊技术	31
§ 3-1 焊接接头型式和焊缝形式	31
§ 3-2 引弧和运条方法	44
§ 3-3 焊缝的起头、收尾及连接	47
§ 3-4 焊接规范	49
§ 3-5 各种位置的焊接方法	53
§ 3-6 管子的焊接及堆、补焊	64
§ 3-7 焊接定额的计算	71
§ 3-8 手工电弧焊安全技术	76
复习题	77
第四章 电焊条	78
§ 4-1 焊条及其组成	78
§ 4-2 焊条的分类、选用及保管	87
§ 4-3 焊接冶金基础知识	91
§ 4-4 焊条的制造	103
复习题	108
第五章 焊接金属学基础	109
§ 5-1 焊缝结晶及焊接接头的显微组织	109
§ 5-2 焊缝中的气孔	116
§ 5-3 焊接时的裂纹	124
复习题	133
第六章 手工电弧焊电源	134
§ 6-1 对手工电弧焊焊接电源的要求	134

VI

§ 6-2 旋转式直流焊机	137
§ 6-3 焊接变压器	145
§ 6-4 焊接整流器	153
§ 6-5 手工电弧焊电源的选择和接线	157
§ 6-6 手工电弧焊电源的维护及故障处理	161
复习题	164
第七章 埋弧自动焊	165
§ 7-1 埋弧自动焊概述	165
§ 7-2 焊接过程自动化概念	166
§ 7-3 埋弧自动焊机	170
§ 7-4 焊接材料	183
§ 7-5 埋弧自动焊工艺	186
复习题	200
第八章 电渣焊	201
§ 8-1 电渣焊概述	201
§ 8-2 电渣焊热过程与冶金过程的特点	204
§ 8-3 电渣焊焊接材料	205
§ 8-4 电渣焊设备	207
§ 8-5 电渣焊工艺	212
复习题	220
第九章 气体保护电弧焊	221
§ 9-1 气体保护电弧焊概述	221
§ 9-2 二氧化碳气体保护焊	223
§ 9-3 氩弧焊	248
复习题	265
第十章 气焊与气割	266
§ 10-1 气焊、气割用材料	266
§ 10-2 气焊、气割设备及工具	269
§ 10-3 低碳钢的气焊工艺	290
§ 10-4 气割工艺	298
复习题	310
第十一章 其它焊接及切割方法	312
§ 11-1 等离子弧切割与焊接	312
§ 11-2 接触焊	323
§ 11-3 碳弧气刨与切割	333
§ 11-4 特种焊接方法简介	339
§ 11-5 提高焊接生产率的途径	350
复习题	354
第十二章 焊接应力及变形	355
§ 12-1 焊接应力及变形的概念	355
§ 12-2 焊接应力及变形的基本形式和产生的原因	358
§ 12-3 影响焊接结构残余变形的因素	367

§ 12-4 防止和减少焊接应力及变形的措施	371
复习题	385
第十三章 常用金属材料的焊接	386
§ 13-1 钢的可焊性	386
§ 13-2 碳素钢的焊接	390
§ 13-3 普通低合金钢的焊接	395
§ 13-4 铬钼耐热钢的焊接	403
§ 13-5 不锈钢的焊接	409
§ 13-6 铝及铝合金的焊接	418
§ 13-7 钛及钛合金的焊接	421
§ 13-8 铜及铜合金的焊接	423
§ 13-9 铸铁焊补	429
复习题	432
第十四章 焊接缺陷及检验	434
§ 14-1 焊接接头常见缺陷的分析	434
§ 14-2 焊接质量检验	437
复习题	448

绪 论

§ 0-1 焊接的物理实质及其分类

在金属结构和机器的制造中,经常需要将两个或两个以上零件按一定的形式和位置联接在一起,通常可以根据这些联接的特点将其分为两大类:一类是临时性的联接,即不必毁坏零件就可以拆卸,如螺栓联接、键联接等,见图 0-1。另一类是永久性的联接,其拆卸只有在毁坏零件后才能实现,如铆接、焊接等,见图 0-2。

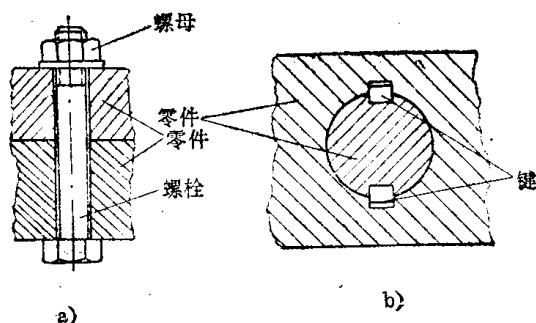


图 0-1 可拆联接

a) 螺栓联接 b) 键联接

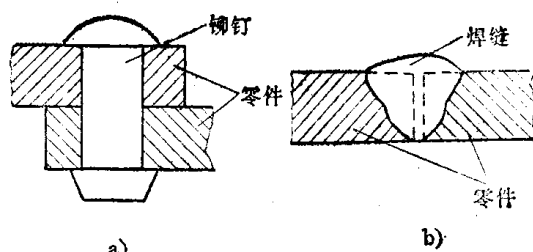


图 0-2 不可拆联接

a) 铆接 b) 焊接

目前,焊接是一种应用极为广泛的永久性联接的方法,但在过去这种联接主要采用铆接工艺。自十九世纪以来,由于焊接工艺的成功应用及迅速发展,逐步取代了铆接,而现在几乎是全部被代替。造成这种趋势的根本原因,是因为焊接有着显著的优越性,与铆接相比,它具有节省金属材料、减轻结构重量、简化加工与装配工序、接头的密封性好、能承受高压、容易实现机械化和自动化生产、缩短建造周期、提高生产效率和质量等一系列特点,所以,焊接工艺为人们所重视,在工业生产中占有重要的地位。

焊接不仅可以使金属材料永久地联接起来,也可以使某些非金属材料达到永久联接的目的,如玻璃焊接、塑料焊接等,但生产中主要是用于金属的焊接。

使两部分同质或非同质的金属材料,利用原子间的联系及质点的扩散作用,通过加热、加压或加热的同时加压,以形成永久联接的方法,称为金属的焊接。

要使两部分金属材料达到永久联接的目的,就必须使分离的金属相互非常接近,只有这样才能使原子间产生足够大的结合力,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,以使金属接触表面达到原子间的距离。为此,金属焊接时必须采用加热、加压或两者并用的方法。

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。

熔焊是利用局部加热使联接处的金属熔化,再加入(或不加入)填充金属而结合的方法。在加热的条件下,增强了金属的原子动能,促进原子间的相互扩散,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,即可形成牢固的焊接

接头。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔焊的方法。

压焊是利用焊接时所施加的一定压力使接触处的金属相结合的方法。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，然后施加一定的压力，以使金属原子间相互结合形成牢固的焊接接头，如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等就是这种类型的压焊方法。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，以使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头，这种压焊的方法有冷压焊、爆炸焊等。

钎焊(又称钎接)是把比被焊金属熔点低的钎料金属熔化至液态，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(也可不加热)，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。钎焊是一种古老的金属永久联接的工艺，但由于钎焊的金属结合机理与熔焊和压焊是不同的，并且具有一些特殊的性能，所以在现代焊接技术中仍占有很重要的地位，目前已独立地形成了一个系统。常见的钎焊方法有烙铁钎焊、火焰钎焊等。

近百年来，随着社会生产和科学技术的发展，对金属的焊接也提出越来越高的要求，为了满足工业生产和尖端技术的焊接需要，今后各种新的焊接方法仍将不断出现，目前金属焊接的简单分类如图 0-3 所示。

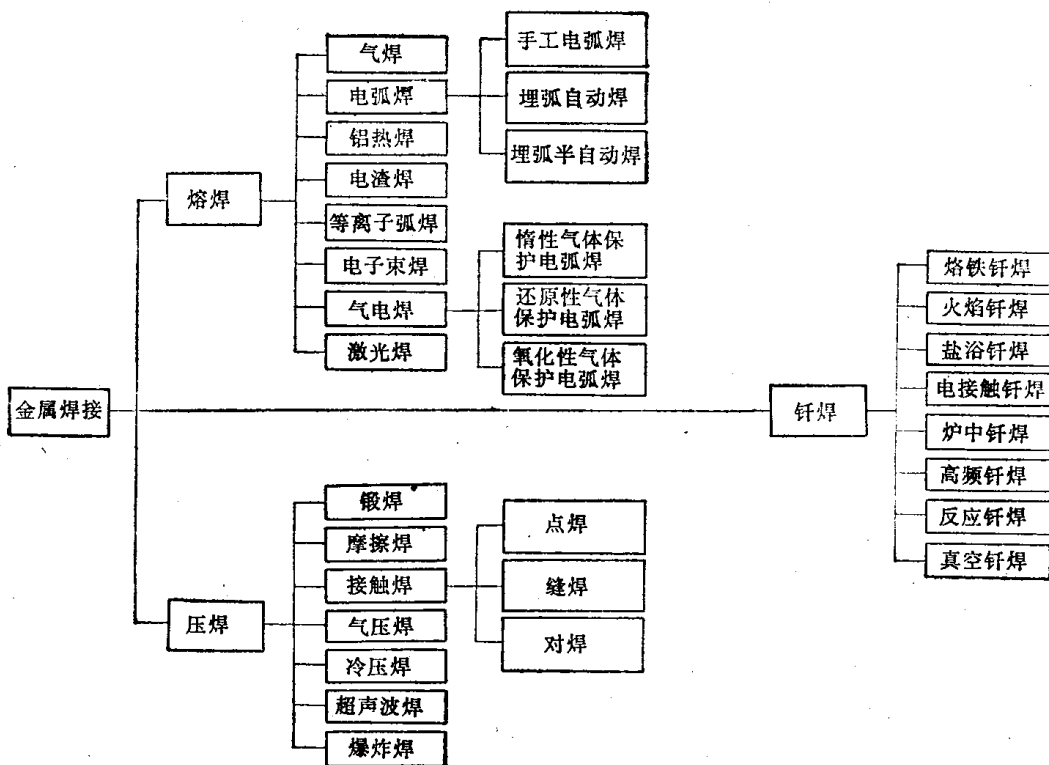


图 0-3 金属焊接的分类

§ 0-2 焊接技术发展的概况与展望

焊接工艺作为一门科学，是人类共同创造的财富，它也是人类社会发展的必然产物。早在原始社会时期，人类由于制造工具的需要，就有着要把两个或更多的分离物体联接在一起的愿

望；自从进入铁器时代，由于金属的开始应用就逐步导致焊接技术的产生。随着社会生产力的发展，锻焊和钎焊作为古老的焊接工艺，就在这种情况下被应用于金属的联接上了。

我国是世界上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。从河南省辉县琉璃阁战国墓中出土的文物证实，其殉葬铜器的本体、耳、足就是利用钎焊来联接的；另据历史文献记载，宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一书，就提到了焊接方法，这是早在 800 多年前的事。其后，在明代科学家宋应星所著的《天工开物》一书中，对锻焊和钎焊技术作了详细的叙述，如有“凡铁性逐节粘合，涂黄泥于接口之上，入火挥锤，泥渣成枵而去，取其神气为媒合，胶结之后，非灼红斧斩，永不可断”的记载，它证明了当时已经懂得在锻焊时使用熔剂，以此获得质量较高的焊接接头，由此足见我国古代焊接技术之高超。另外关于“用响铜末者为大焊，用锡末者为小焊”的记载，证实了我们至今还大量使用的铜、银、锡及其合金的钎焊方法，在当时就已获得了广泛的应用。上述事实充分说明，我国是一个具有悠久的焊接历史的国家，在古老的焊接技术发展史上留下了光辉的一页。

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才出现的，从 1880 年出现碳弧焊到现在，也已有近百年的历史。但在电弧焊的初期，焊接工艺是不成熟的，以致使在生产中的应用受到很大限制，以后在各国焊接工作者的努力之下，直至二十世纪的 40 年代才形成较完整的焊接工艺体系。

我国大致在本世纪的 20 年代，随着近代工业的兴起，开始有了电弧焊。但在解放前，焊接技术根本得不到发展，几乎是个空白。极为少量的手工电弧焊也多用于修修补补的工作。焊接材料及设备，大都依赖进口，故当时没有什么焊接工业可言。

解放后三十年来，在中国共产党的领导下，经过几个五年计划的建设，随着国民经济的发展，焊接技术的应用已遍及我国的国防、造船、化工、石油、冶金、电站、建筑、桥梁、车辆、机械等各个行业。近年来，焊接技术在宇宙航行、海洋开发事业中也发挥着极其重要的作用。

通过采用先进的焊接工艺，在我国成功地焊接了 12000 吨水压机(图 0-4)、22.5 万千瓦水轮机、15 万千瓦汽轮发电机低压转子、150 大气压(直径 1.8 米)的加氢反应器、直径 15.7 米的球形容器、内燃机车(图 0-5)、25000 吨远洋货轮、50000 吨远洋油轮、举力为 30000 吨的“黄山”号钢结构浮船坞(图 0-6)、海洋地质勘探钻井船(图 0-7)、1700 毫米大型轧钢机、铁路栓焊梁大桥等焊接结构，以及原子反应堆、火箭、人造卫星等尖端产品。

随着科学技术的发展，焊接结构越来越复杂，焊接工作量越来越大，因而对焊接技术现代化和提高焊接生产效率的要求日益迫切。如制造一辆小轿车，就要焊接 5000~12000 个焊点；一艘 30 万吨油轮要焊接 1000 公里的焊缝；一架飞机的焊点往往多达 20~30 万个，由此可见，如若没有现代化和高效率的焊接工艺，那将是不堪设想的。在我国焊接工人和科技人员的努力下，建立了锅炉省煤器、

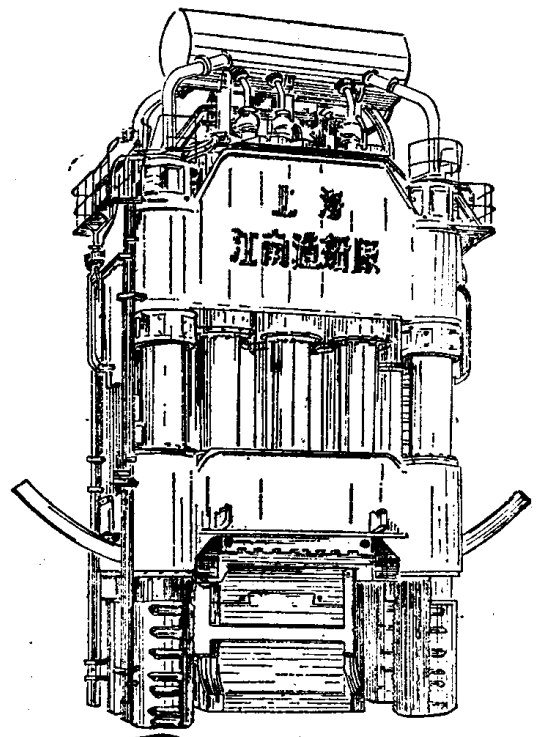


图 0-4 12000 吨锻造水压机

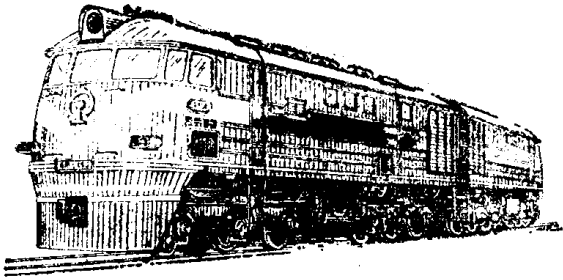


图 0-5 内燃机车

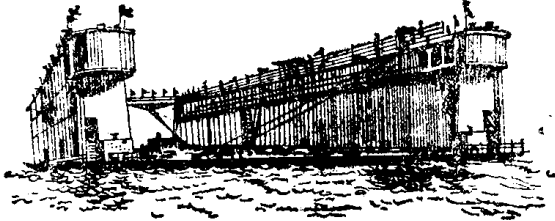


图 0-6 “黄山”号浮船坞

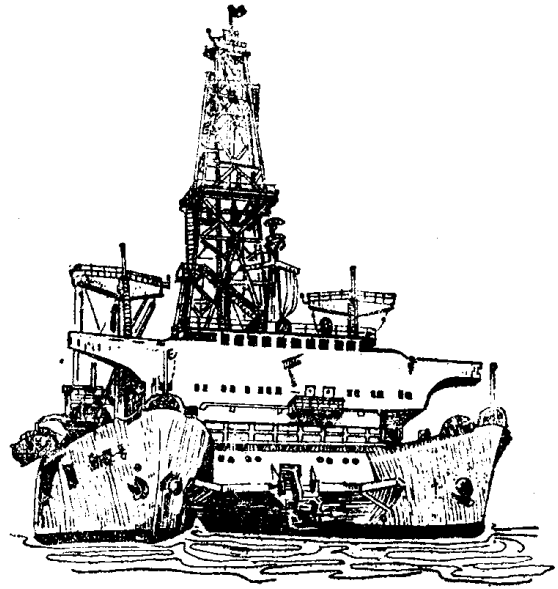


图 0-7 双体钻井船

过热器蛇形管摩擦焊和汽车、车轮底盘、棚车及车轮气体保护焊等数十条生产自动线。许多传统的普遍应用的手工和机械化的焊接方法,在技术改革中得到不断的改进和提高。焊接的新工艺、新材料和新设备的研制与推广,取得了不少的成果,如各种新型的焊接方法:等离子弧焊、电子束焊、激光焊、超声波焊、爆炸焊等已开始应用于生产实践。但是,我国的焊接技术还必须在不断总结国内外先进经验的基础上,在焊接材料、工艺、设备及机械化、自动化等方面,有所发明,有所创造,有所前进,才能适应四个现代化的要求。

目前,世界上已有近 50 余种焊接工艺方法应用于工业生产之中,为了进一步提高焊接质量和生产率,各国除了在改进传统的焊接工艺,采用高效率的焊接方法外,不断提高焊接自动化的水平和探索及应用新能源的焊接方法。

某些国家在埋弧焊的基础上,除了采用热丝埋弧焊及填充金属粉末埋弧焊,以提高焊接生产率之外,还发展了埋弧立焊和埋弧横焊。如美国某公司在核反应堆容器的制造中就采用了埋弧立焊的方法,其容器外壳材料为不锈钢,长 13 米、内径 6 米、壁厚 70 毫米,采用四台埋弧焊立焊机头同时进行焊接,由于不开坡口和采用窄间隙,因而减少了焊接材料的消耗(仅为一般埋弧自动焊的 35%);另外由于无需移动反应堆体及固定壳体的预热较简单,故比一般焊接方法的设备投资费用减少了 50%。

日本某企业研制了一种横向气体保护电弧焊,适用于船侧外板的横向对接长焊缝的焊接,在 12 万吨油轮的焊接中,估计比一般横向自动焊和手工焊的效率分别提高 5% 和 30% 左右。

近年来,在提高电子束焊接和激光焊接的功率方面,也有较大的进展。如英国某公司设计和研制了一台电子束焊机,可焊接 200 毫米厚的多种部件;美国某研究中心研制的 CO_2 激光焊机的功率已达 90 千瓦。

在焊接自动化、机械化方面,美国、日本、西德、东德、意大利和苏联等国已开始采用点焊机械人。电弧焊机械人,是由工业机械人操纵焊机进行电弧焊的装置,目前,日本已用机械人进行 CO_2 气体保护焊。另外,日本某企业研制成功一种有“视觉”的焊接机械人,它会找出焊接位置,并使焊机沿准确方向连续自动焊接,即使拐角焊缝也同样可以焊接。

在探索和应用新的焊接能源方面,美国最近发明了一种能量束,它不仅能用来焊接、切割,还可用来作表面合金化和热处理等工艺的能源。用它来焊接工具钢跟用一般方法焊薄板一样容易,且焊缝平滑,无需填充材料,焊后也不用清理,焊接速度每分钟在 75.5~635 毫米之间。苏联发展了一种用水变成冰时产生的膨胀力作为焊接能源的冰压焊和利用太阳光焊接的太阳能焊接。冰压焊的压焊装置,只用一杯水,便可产生 2 万大气压的压力,再经膨胀力集中可获 5~10 万大气压力,可用于同种金属和异种金属(如钢与铝)的压焊。上述太阳能焊接,在直径为 16 毫米的焦点上,太阳光能密度达 1000~1500 瓦/厘米²,通过对 1、3 和 5 毫米厚不锈钢的焊接实验,效果很好。

随着科学技术的不断发展,电子计算技术在焊接工艺上的应用,给焊接技术开辟了一条崭新的发展途径。我们相信,只要我们加倍努力,勇于攀登科学高峰,沿着新长征的道路奋勇前进,我国的焊接事业,一定能在不久的将来,赶上和超过世界上的先进水平。

复 习 题

1. 什么是金属的焊接? 为什么在焊接时要加热、加压?
2. 为什么说金属焊接是最常用的永久性联接方法?
3. 金属焊接分为哪三类? 每类焊接方法各有什么特点?
4. 为什么说我国具有悠久的焊接历史?
5. 试述金属焊接在我国社会主义建设中的重要性。

第一章 焊接结构生产工艺简述

在工业产品中,有许多是用焊接方法制造出来的,例如我们熟悉的汽车、火车、轮船等,它们的外壳和骨架就是用一块块钢板与一根根型钢焊接起来的。此外,锅炉壳体、压力容器、化工储槽、采矿机械、高炉炉体、钢质桥梁等都是些典型的焊接结构。

焊接是金属结构生产中的一个重要工序,但在它的前后还要经过许多道其它工序,才能把钢铁厂生产的各种类型钢材,制造成符合设计要求的结构,以满足使用性能的需要。尽管焊接结构式样繁多,其生产工艺过程大致如图 1-1 所示。

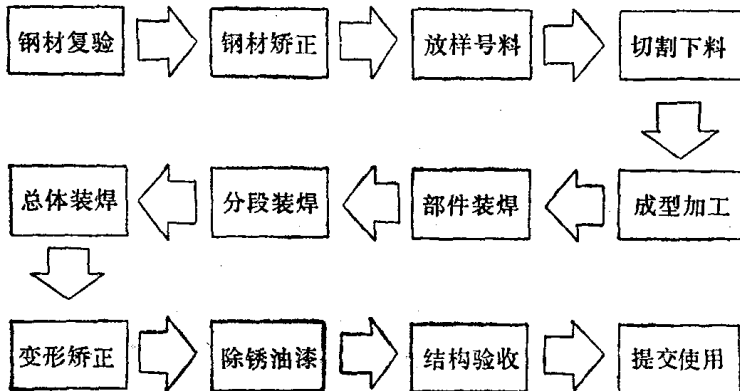


图 1-1 焊接结构生产工艺顺序方框图

焊接结构生产的工艺过程一般分为两个阶段:成形加工以前的工序均属于构件加工范围,总称为备料。其后的工序主要是装配、焊接、变形矫正及质量检验等。最后还应进行除锈和油漆,这样才能交付使用。

由于在结构制造过程中,各工序之间都有密切关系,尤其是切割、装配等工序对焊接质量的影响很大,因此,我们必须知道各有关工序的基本特点,以对焊接结构生产工艺有一个总的认识。

§ 1-1 构件的备料工序

焊接结构使用的材料主要是钢材,即钢板与型钢。型钢是指具有一定截面形状的轧制钢材,如角钢、T型钢、圆钢及钢管等,见图 1-2。

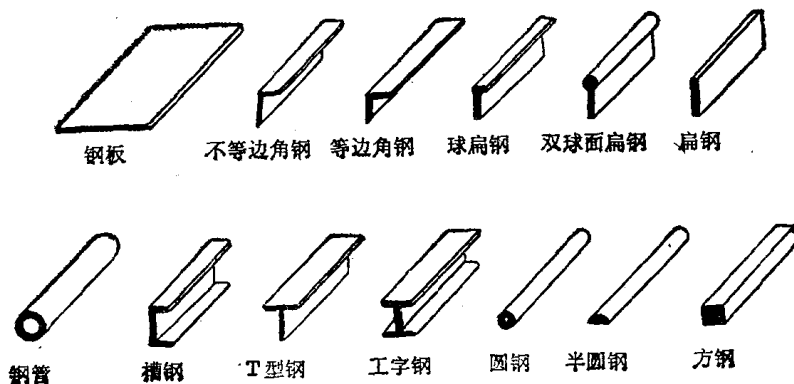


图 1-2 钢板与型钢

为了确保焊接质量,在备料前,应对所用的每一批钢材进行必要的化学成分、机械性能复验,保证符合其牌号所规定的要求。然后通过钢材矫正、放样下料、切割加工、成形加工等工序,制成可供装配用的构件。

一、钢材矫正

钢材在轧制及运输、堆放过程中,常会产生表面凹凸不平或弯曲、扭曲等现象,特别是薄钢板及截面积小的型钢。这对于要求平直的构件来说,会影响到各道工序的正常进行,因此必须矫平钢板和矫直型钢,这个工序称为钢材矫正。

钢板的矫平,通常是在5~11 辊的辊式矫直机上进行的。钢板越薄,其不平整度也往往越大,进行矫正时所用的工作辊数目也越多。型钢矫直一般用型钢矫正机进行矫正。

矫正的基本原理是利用钢材的塑性,使其缩短的部分伸长。辊式矫直机和型钢矫正机的作用就是使钢材发生这样的塑性变形。如图1-3所示,不平整的钢板通过多根工作辊时产生波浪形变形,由于连续几次的弯曲,使缩短部分伸长,从而达到平整的目的。

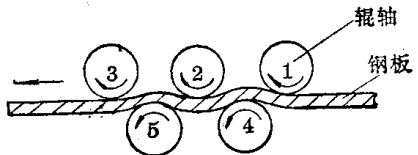


图 1-3 钢板矫正示意图

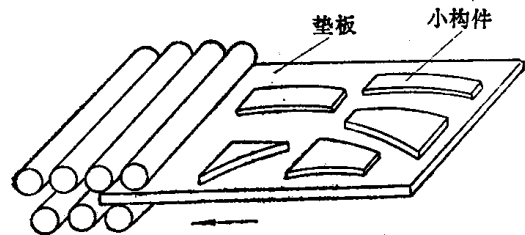


图 1-4 构件变形的矫正

经过剪切或气割加工后发生变形的构件,也须进行矫正。较小的构件可放在预先矫平的厚钢板上,一起放入辊式矫直机内将变形构件矫平,见图1-4。

二、放样下料

1. 放样 放样是整个结构制造过程的第一道工序,要求有高度的精确性,否则会影响到以后各道工序的制造质量。

放样是按照设计的结构线型和结构的图示尺寸,运用投影几何的原理以1:1的比例在放样台上画出其平面形状,然后制成各种平面样板、样棒、立体样箱,作为构件下料、切割、成型、装配等工作的依据。

由于不少结构是复杂的曲面体,因此,必须求出展开成平面后的形状和实长,以便于在平直的钢板或型钢上进行下料,再加工成所要求的形状。

在比较简单的结构制造中,放样的工作量不多,只要懂得几何原理,一般都可根据图纸在钢材上直接作图划线。但对于庞大的立体结构,放样是十分复杂与细致的工作。为了改变手工放样的落后状态,近来在国际上出现了用数学放样的新工艺。数学放样是利用电子计算机进行结构线型修顺、板缝计算、外板展开及数控切割,形成自动线。

2. 下料 下料是继放样展开后,把构件的形状与尺寸画到钢材上去,并标注加工符号。下料的方法很多,常用的有图纸下料、样板下料、草图下料等。

图纸下料——直接按照图纸所示的尺寸在钢材上划线下料,这适用于与结构线型无关的平直部分构件。

样板下料——根据放样展开时所得到的样板,复在钢材上面划出轮廓线进行下料。样板一般用松木板、层压板或金属板制成,对批量少而小的构件也有采用纸板、塑料板等软性材料的。样板下料适宜于结构的批量生产或数量较多的构件。

草图下料——把构件的放样展开或实际形状预先画在纸上，并标上必要的尺寸和加工符号，据此再在钢材上划线下料。草图下料能节省样板，但不适用于批量生产。

用上述方法下料时，都须进行手工划线与打洋冲的操作。近来发展使用自动下料的新工艺，如电印下料，它是利用静电照相的原理，使表面涂有感光剂的钢板通过充电、曝光、显影、定影等几个程序，即自动显示出图形，所以下料的生产效率较高，每块钢板只需4~7分钟，操作完全自动化。

三、切割加工

沿着下料线把钢材切割成所需外形的构件，称为切割加工。依构件厚度及外形的不同，切割加工的方法主要是剪切、气割和等离子切割。此外，型钢还可采用锯切。

1. **剪切** 剪切是利用各种剪切机来进行的，如压力剪切机、龙门剪切机、圆盘剪切机、型钢剪切机等。其基本原理与剪刀剪切相似。剪切机的主要部分是上下两片剪刀(图1-5)，下剪刀固定地装置在机座上，上剪刀在电机的带动下，与下剪刀作相对运动，形成剪切过程。

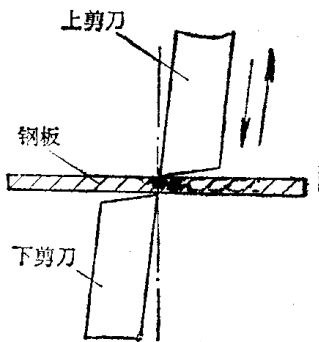


图 1-5 钢板的剪切

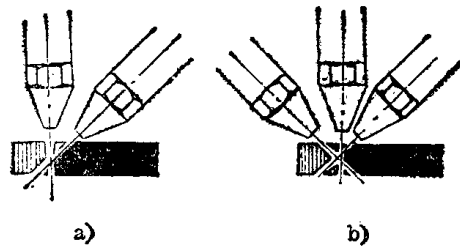


图 1-6 坡口气割加工示意图

a) V形坡口加工 b) X形坡口加工

压力剪切机能剪切短直线和略有弯曲的曲线；龙门剪切机适用于长直线形的剪切，其剪切长度可达5米；圆盘剪切机用于剪切板厚6毫米以下的任意曲线；型钢剪切机用于型钢剪切。各种剪切机的剪切厚度一般不超过16毫米，特殊的可达25~50毫米。

2. **气割** 气割是利用对钢材(一般指碳钢及普低钢)进行局部火焰预热，并使其在高速氧流中燃烧，然后吹去金属氧化物熔渣而将钢材切断。目前主要是应用氧-乙炔焰气割。与剪切相比较，其特点是可切割的厚度较大，且不论形状如何复杂都能切割，但切割薄板及直线形构件的生产率和经济性不如剪切。

气割按操作控制方法的不同，有手工气割、半自动气割、靠模自动气割、光电跟踪气割、数控气割等多种形式。手工及半自动气割目前用得最为普遍；靠模自动气割是根据构件外形所制成的靠模而自动气割，适用于批量生产的小构件；光电跟踪气割是沿着钢板的下料线，或者直接沿着图纸上线条进行自动气割；数控气割是把放样、下料和气割等，通过数学放样编成数字程序输入专用计算机，以随动系统控制气割机头自动气割，这样简化了放样下料工艺，显著地提高生产率，这种切割方法近来在国内外的的发展十分迅速。

3. **等离子切割** 这是利用高温的等离子弧焰流进行切割的一种工艺方法，它常用于不能采用一般气割方法加工的材料，如不锈钢、有色金属等。

为了满足焊接质量要求，切割工序还包括按工艺规定进行的焊缝坡口加工，常用的方法有气割、碳弧气刨及刨边机刨削加工等。用气割法加工坡口，可以在钢板成形切割时同时进行(图1-6)，故应用得最多。

四、成形加工

对有不同角度或曲面要求的构件，选择折边、弯板、压制、线状加热等方法，使钢材产生塑性变形，以达到所需的形状，这个工序就是成形加工。一般都在常温下对切割后的构件进行成形加工，即称为冷成形。如果构件变形度或刚度较大，冷成形无法进行，则需把钢材加热到800~1000°C 高温才能进行加工，这就称为热成形。

折边——即把构件折个角度，折边加工可在专用的折边机或液压机上进行。

弯板——把构件弯制成圆柱或圆锥形，通常是在三辊弯板机上进行，见图 1-7。其原理与钢板矫平相同，但作用刚好相反。通过调整辊轴的相对位置，能弯制不同半径的圆形构件。

压制——压制法分为模压及不用模子的压弯两种，都用水压机或液压机进行。模压法(图 1-8)用于球面、椭圆球面及其它复杂曲面的成形，由于模子成本较高，仅适用批量生产。压弯法用于型钢的弯曲成形。

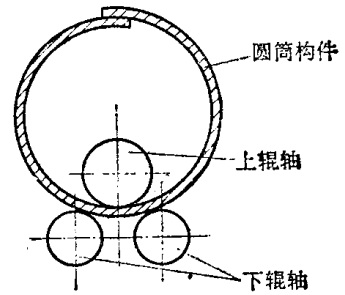


图 1-7 弯制圆柱形构件示意图

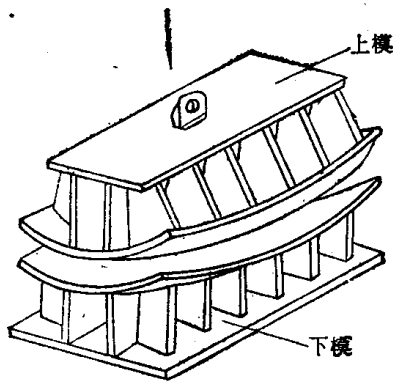


图 1-8. 压制成形的压模

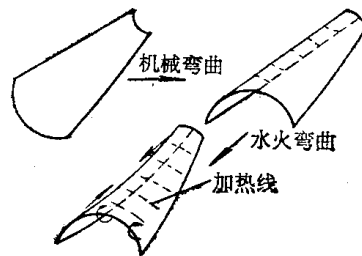


图 1-9 复杂曲度板的弯曲成形

线状加热——是利用氧-乙炔焰进行局部加热，并在周围用水加以冷却，利用热胀冷缩现象，使钢材发生所需变形。通过控制加热线的间距，能进行不同曲率、不同形状的曲面弯曲成形，其应用较为普遍，但生产效率不高。实际生产中，常和弯板结合应用，如图 1-9 所示，先弯制出曲度方向较大的形状，然后用线状加热进行另一方向曲度的弯制，最后得到符合要求的构件。

§ 1-2 结构的装配焊接

一、装配的任务与要求

装配的任务就是利用点固焊或紧固装置(螺栓、铁楔等)，将加工好的构件(或已制成的部件)，按图纸要求联接成部件(或整体结构)。

装配工作按结构的类型及结构的生产批量而有所不同。如对一般大型单件生产的结构，多是采用划线定位的装配方法，即按图纸或下料的装配线来确定构件的相互位置，然后用直尺、卷尺、角尺、水平尺、线锤等作为测量工具，并用撬杠、“马”板与铁楔、松紧螺丝、千斤顶等工具来拉紧或顶开构件，先实现暂时定位，再用手电弧焊或特殊的夹具加以固定。

图 1-10 与图 1-11 所示,分别为“马”板、铁楔及千斤顶在装配中的应用实例。

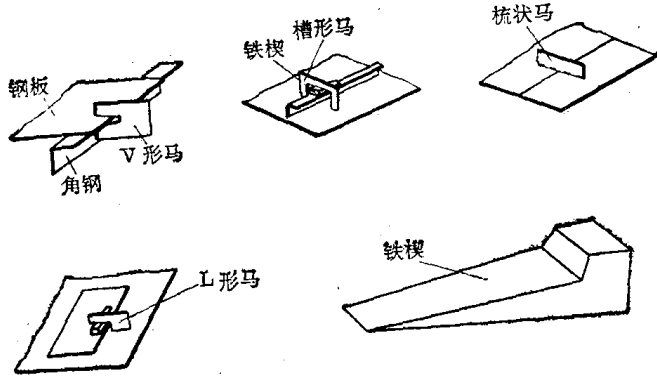


图 1-10 “马”板与铁楔的使用

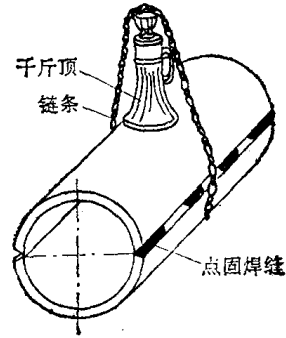


图 1-11 采用千斤顶进行圆柱装配

对于划线定位的装配方法,为保证获得较高的装配质量,必须要有较熟练的操作技术。且其工作也较繁重。故对成批生产的结构,通常还采用挡板或样板装配法(如在专用胎架上装配)。

装配工序的基本要求是:不应使构件在安装定位后发生移动、倾斜和扭转等现象;保证装配的正确性及结构符合图纸尺寸;接缝应满足焊接工艺的要求。为此,装配的质量检验也很重要。

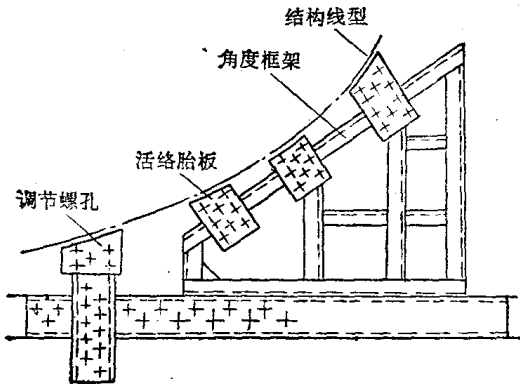


图 1-12 框架式通用装配胎架

二、装配的平台与胎架

装配作业一般是在平台或胎架上进行。平台是一个较大而平坦的工作台,通常采用厚钢板与型钢组合制成,也有采用铸铁或水泥制成的,主要供构件装配使用。

胎架是一种专用模具,其形式较多,图 1-12 所示的是可调节的通用装配胎架,它由钢材组合制成。由于复杂的结构外形多数带有曲度,装配时不仅能使结构线型达到和顺,还能起到抑制变形的作用。

因此,胎架是重要的装配工艺设备之一。

此外,还有焊接用的胎架(参看图 1-16)。一般是采用旋转或摇摆的方法,以减少非平焊位置的焊接量,并有利于推广应用半自动和自动焊接。

三、结构的装焊过程

结构的装焊过程一般分为如下两种形式:一种是对简单结构,采用由单个构件逐渐组装、焊接成整体结构的装焊方法;另一种是对大型、复杂的结构,采用由部件组装成整体结构的分部件装配法,这样易于控制结构的应力和变形,提高装焊质量,且利于缩短生产周期,但部件的划法应按结构特点、工艺要求、起重能力等条件综合考虑。现将分部件装焊过程分成三个阶段简述如下:

1. 部件装焊 就是将切割或成形加工好的构件装焊成部件。部件比较简单,常由两个或两个以上构件装焊成独立的组合件,如图 1-13 所示。部件形状随结构类型不同而变化,尽管形式多样,大小各异,但把它们分解开来,基本上都是由钢板及型钢组合成的。

2. 分段装焊 就是把各个部件组合装焊成分段。分段实际上也是部件,但它的尺寸与体

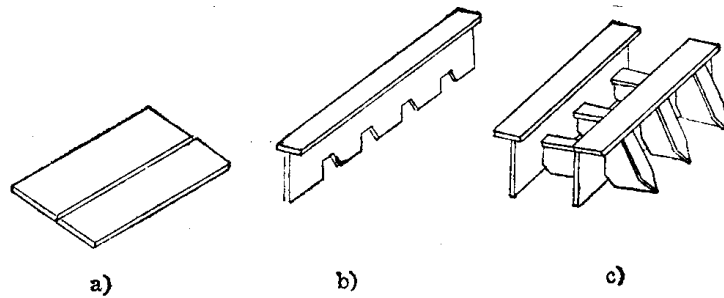


图1-13 部件

a) 拼板(平面部件) b) T型梁(T型部件) c) 机座(立体部件)

积要大些,构造也较为复杂。如机车转向架构架(图1-14),主要由端梁、侧梁、横梁等几个部件组焊而成的。

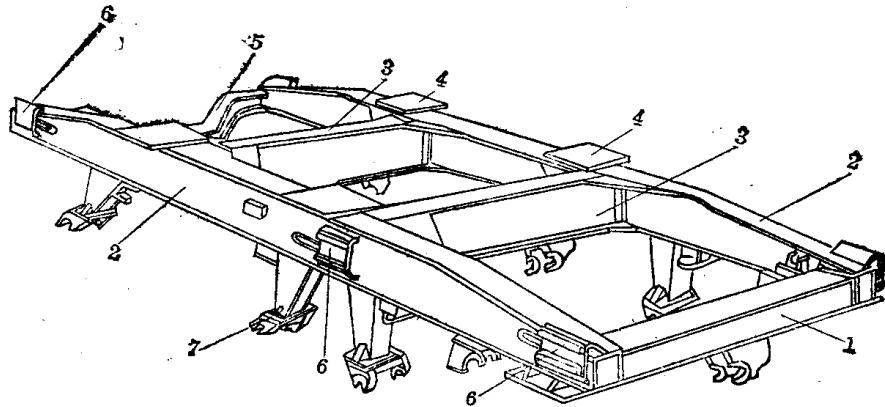


图1-14 内燃机车转向架构架结构

1—前端梁 2—侧梁 3—横梁 4—旁承座 5—后端梁 6—制动缸座 7—下拉杆座

结构分段的划分要考虑施工的方便性与合理性,并保证分段本身的结构强度,不致于因自重而产生永久变形,以有利于分段装配与吊运。

小型结构可以不采用分段装焊形式,直接把部件进行总体装焊。如油罐车罐体结构,由端板、上板、空气包、底板等四个部件组合装焊而成,见图1-15。

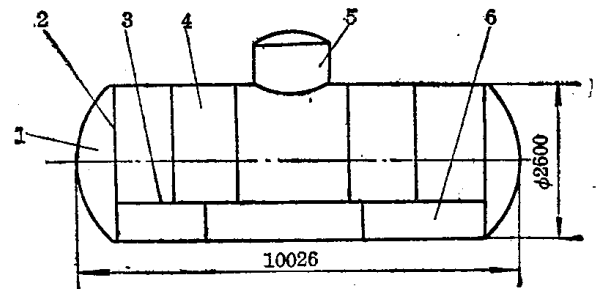


图1-15 油罐车罐体结构

1—端板 2—环缝 3—纵缝 4—上板
5—空气包 6—底板

3. 总体装焊 就是将分段组合装焊成整体结构。分段经焊接及质量检验后,吊运至现场或在平台上进行总装。总装时除了要确定总装方案和工艺之外,还应选择合理的焊接顺序(这在部件或分段焊接时也不可忽视),以减少焊接变形,使结构形状与尺寸符合设计要求。

目前在焊接结构制造中,主要是应用手工电弧焊、埋弧自动焊、气体保护电弧焊等技术。重型机械结构常采用电渣焊。

§ 1-3 焊接生产的合理性

所谓焊接生产的合理性,即视焊接生产能否达到优质高产的问题,这不仅决定于焊接的工