

机械工业知识丛书

焊接生产

哈尔滨焊接研究所、成都电焊机研究所、北京重型电机厂 编



机械工业出版社

机械工业知识丛书

焊 接 生 产

哈尔滨焊接研究所
成都电焊机研究所 编
北京重型电机厂



机械工业出版社

焊 接 生 产

哈尔滨焊接研究所

成都电焊机研究所 编

北京重型电机厂

※

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登记证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 新华书店经售

※

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $3\frac{3}{8}$ · 字数 87 千字
1979 年 10 月北京第一版 · 1979 年 10 月北京第一次印刷

印数 00,001—33,000 · 定价 0.35 元

※

统一书号: 15033 · (内)733

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国机械工业欣欣向荣，蓬勃发展，形势很好。

“中国靠我们来建设，我们必须努力学习。”为了适应机械工业发展的需要，我们请有关单位编写了一套《机械工业知识丛书》，供机械行业的领导干部、管理人员和有关同志参考。

《焊接生产》为本丛书之一。它扼要地介绍了焊接生产的基本知识。其中包括：熔焊（电弧焊、电渣焊、气焊与切割、等离子弧焊接、电子束焊接、激光焊接、钎焊）、压焊（接触焊、摩擦焊、高频焊接、超声波焊接、冷压焊、爆炸焊）的工艺常识及其设备、有关各类金属材料的焊接方法、焊接接头的缺陷与质量检验，书后并附有电焊机型号的编制办法。

本丛书在编写过程中，承各编写单位给予大力支持，做了大量的工作，我们表示衷心感谢。

由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

第一章 概述	1
第一节 我国焊接技术的发展概况	1
第二节 焊接在国民经济中的作用	2
第三节 焊接的概念及分类	5
第二章 熔焊	7
第一节 电弧焊	7
第二节 电渣焊	27
第三节 气焊与切割	31
第四节 等离子弧焊接	37
第五节 电子束焊接	40
第六节 激光焊接	44
第七节 钎焊	47
第三章 压焊	49
第一节 接触焊	49
第二节 采用特殊电源的接触焊设备	61
第三节 摩擦焊	63
第四节 高频焊接	66
第五节 超声波焊接	67
第六节 冷压焊	70
第七节 爆炸焊	79
第四章 金属材料焊接	74
第一节 碳钢的焊接	74
第二节 合金结构钢的焊接	76
第三节 高合金钢的焊接	79
第四节 铸铁的焊接	80
第五节 堆焊	82
第六节 铜及铜合金的焊接	88

IV

第七节 铝及铝合金的焊接.....	90
第五章 焊接接头的缺陷及质量检验.....	94
第一节 焊接接头的缺陷.....	94
第二节 焊接质量检验.....	97
附录 电焊机型号编制办法 (JB 1475-74)	100

第一章 概 述

第一节 我国焊接技术的发展概况

焊接是机械制造中应用的重要方法之一。它和其他科学技术一样，是人类在生产实践中创造和发展起来的。

我国劳动人民在长期的生产斗争中，最先探索了金属的连接方法。早在春秋战国时代，我们的祖先已经懂得以黄泥作为助熔剂，用加热锻打的方法把两块金属连接在一起。锡焊和银焊约于公元七世纪（唐代）就已被应用，而在欧洲直到十七世纪才出现这种钎焊方法。但是，几千年的封建统治，使生产力停滞不前，我国劳动人民的创造，未能得到进一步的发展。

解放前，我国根本没有自己的焊接行业，极少量的手工电弧焊和气焊，只用于工件的修补，焊接用的材料和设备依赖进口，全国没有一所专门培养焊接技术人员的学校。

解放后，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我国的焊接技术从无到有发展迅速，研制出许多符合我国资源条件的焊接新材料；在很短的时间内，掌握了粗丝二氧化碳气体保护焊、等离子弧焊接和堆焊、单面焊双面成形、气电自动立焊、不除锈自动焊、摩擦焊、丙烷切割等新工艺；试制成二万瓦秒储能点焊机、汽车多点焊机、重量只有44公斤的300安培等离子弧焊机、10安培以下微弧等离子焊机、120千伏真空电子束焊机、固体激光焊机、焊接半导体器件用的微型超声波焊机、光电跟踪自动切割机 etc 等先进焊接设备。

但是，过去由于林彪、“四人帮”的严重干扰和破坏，我国的焊接技术与国外先进水平相比还有一定的差距。今天，在以华主席为首的党中央的领导下，焊接战线上的广大职工，决心为实现祖国的四个现代化而奋战，我国的焊接技术，一定会在不远的将

来赶上并超过世界先进水平。

第二节 焊接在国民经济中的作用

焊接是一种先进而高生产率的金属加工工艺,具有节约材料、节省工时、焊件性能好及使用寿命长等优点。因此,在机械制造业中,焊接的重要性和优越性愈来愈显得突出,许多产品和构件的制造,已逐步用焊接代替了铆接、铸造和锻造等工艺方法。

焊接与铆接、铸造、锻造相比较,具有下列优点:

1. 与铆接比较

(1) 节省金属 铆接结构由于有铆钉孔的存在,大大减弱了构件承受载荷的能力,故它不能象焊接件那样可以充分利用构件的工作截面。

图 1-1 c 所示为由四块金属板组成的焊接构件,它可不用增加制件重量的辅助构件,即可实现对接;但若采用铆接方法,则须利用盖板(图 1-1 d)。位于互相垂直平面内的各构件,可用焊接直接结合在一起(图 1-1 a);而采用铆接,则须用角钢(图 1-1 b)。

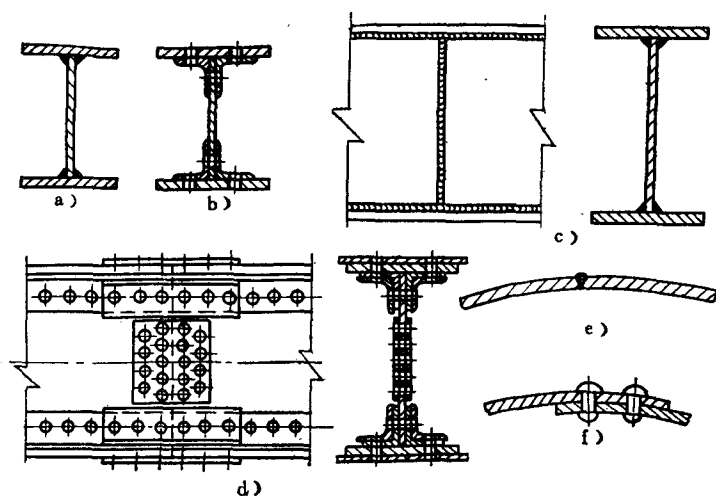


图 1-1 焊接接头与铆接接头

焊接时，贮器壁可用对接（图 1-1 e）；铆接时则须用搭接（图 1-1 f）。类似的例子很多。在所列举的实例中，由于焊接结构的简化，使制件的重量随之而减轻。另外，焊接结构中，焊着金属的重量，一般为制件重量的 1~1.5%，很少超过 2%。但在铆接结构中，铆钉重量要达到制件重量的 3.5~4%。

焊接接头代替铆钉接头所能节省的金属如表 1-1 所示。

表 1-1 焊接接头代替铆钉接头对比表

制 件 名 称	节 省 金 属 (%)
起重机的结构	15~20
普通型式的起重机架	~20
高炉结构	~13
屋顶桁架	10~20

（2）降低成本 焊接结构的金属加工工序数，比之铆接的要少而简单，故焊接较铆接有较高的生产率。采用有高生产率的焊接方法时，焊接制造成本还可降低。以制造建筑物的金属结构为例，每吨焊接件的制造成本，约为铆接件成本的 80% 以下。

（3）设备费用低 焊接车间较铆接车间的设备简单而价廉。

（4）气密性好 焊接构件的气密性好，这是铆接无论如何也不能胜过的。

（5）噪音小 焊接过程噪音小，有利于工人的身体健康。

（6）不受工件厚度的限制 铆接工艺往往受到工件厚度的限制，而焊接工艺相对说来可不受工件厚度的限制。

2. 与铸造比较

（1）节省金属 铸件改为焊接结构时，重量可减少 30~50%。

（2）机械性能好 对于某些几何形状比较复杂的铸件，如

果所用工艺不当，很容易出现气孔和缩孔等缺陷，这对于受冲击载荷和交变载荷的制件来说，是很危险的。因此，诸如机器底座、车架、减速器外壳等机件，都转而采用焊接制造。

(3) 降低成本 焊接车间的设备费用远比铸造车间的要少。焊接与铸造加工成本的比较，与制件的几何形状、加工方法(手工、自动)及生产批量的大小有关。当大批连续生产时，铸件费用低廉；当用高生产率的自动焊或接触焊时，焊接件的成本格外低；在单件或小批量生产且构件几何形状较复杂时，焊接比铸造既适宜又经济。

3. 与锻造比较

焊接可以用二个、几个简单锻件或者用锻件和轧件接合起来，以代替一个大尺寸的复杂锻件，这样就可以使锻件的形状合理化。例如制造汽车的前轴等。

由于可以进行异种金属的焊接，故利用焊接组成的锻件，可以减少贵重合金的消耗量。例如制造焊成的工具、汽轮机转子等。

由模压件制成的焊接结构是非常经济合理的，目前已广泛用于汽车、飞机、车辆的制造及建筑结构方面。

电渣焊方法的出现，更解决了一些铸造、锻造所不能解决的制造问题。

焊接已广泛而大量地应用在机械制造业中。运输机械(铁路车辆、汽车等)、动力机械(锅炉、汽轮机等)、起重运输机械(起重机、电梯等)、农业机械(拖拉机等)、矿山冶金机械(挖掘机等)、造船、电站、石油和化工仪器与设备以及电子仪器的制造等，焊接都占有重要的地位。此外，很多建设安装工程，如工业建筑和高楼骨架的建立、管道的架设、桥梁的建造等，焊接都被用作主要的工艺。

在国防工业(如飞机、坦克及火炮的制造)以及尖端科学技术(如人造地球卫星结构、火箭结构和原子能反应堆的建造等)中，也成功地应用着焊接技术。

第三节 焊接的概念及分类

一、焊接的概念

相互分离着的固体材料（金属或塑料、陶瓷等非金属），借助于原子的结合而联成一个整体的工艺过程，称为焊接。

为了实现焊接过程，必须使被焊的工件相互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，必须对需要接合的地方通过加热到熔化状态，或者通过加压，或者通过加热到熔化或塑性状态后再进行加压，使之造成原子间的联系和扩散，从而获得不可拆卸的焊接接头。

熔化焊时，金属的接合是靠母材（焊件）和焊缝金属相互结晶而形成的。焊缝金属则主要由母材金属和填充金属（焊条或焊丝等）共同组成。

焊件上热源经过的地方，金属被熔化，形成所谓熔池。这个熔池好像炼钢炉一样，在熔池中进行冶金处理，随后冷却结晶，构成焊缝的一部分。这个过程是在很短的时间内连续完成的。随着热源的连续转移，无数个上述这样的过程相继发生。焊接完毕，便形成了整道连续的焊缝。

二、焊接的分类

焊接的分类方法很多，特别是近年来出现了许多新的焊接方法，故可从不同的角度来加以划分。最常用的分类方法，是根据焊接过程的特点而分为两大类：熔化焊和压焊。每一类中又包括许多焊接方法。如图 1-2 所示。

将焊件上需要焊接处的金属加热到熔化状态，依靠熔化金属的冷却凝固而把焊件接合起来的方法，叫做熔化焊（简称熔焊）。

压焊的基本特点是，焊接时不论加热或不加热，都需要对被连接件的焊接区加以一定的压力，以使它产生足够的塑性变形。压焊方法不仅可以把金属材料连接起来，而且也可以把非金属材料连接起来，例如塑料等。

钎焊方法的基本特点是，被焊件本身不熔化，而是靠第三种

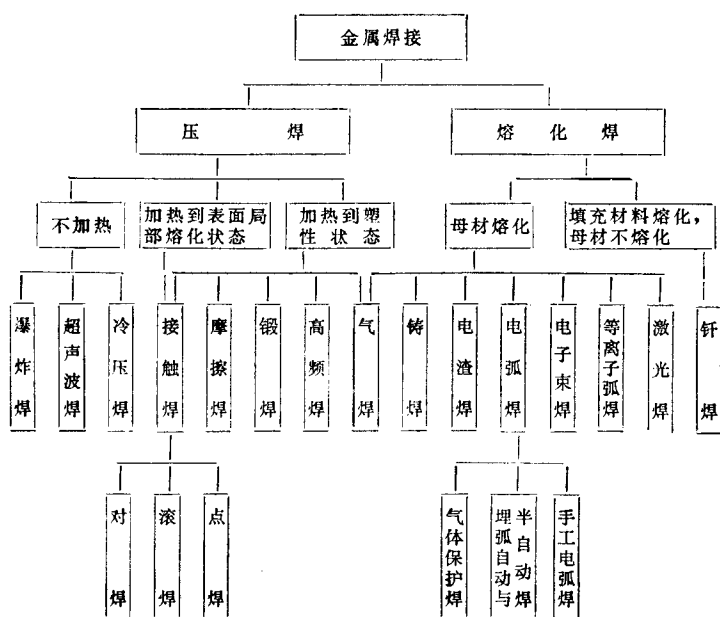


图1-2 焊接方法的分类

材料的熔化及随后的冷凝把被焊件连接起来。

上述两大类焊接方法中，以熔化焊应用得最为广泛，其中尤以电弧焊应用得最为普遍。本书仅对上述常用的一些焊接方法作简单的介绍。

第二章 熔 焊

第一节 电 弧 焊

一、电弧焊概念

电弧焊属于不加压的熔化焊焊接方法之一，它是利用电弧产生的热量进行焊接的。

目前在工业中应用的电弧焊方法很多，按电极不同，可分为熔化电极和不熔化电极两种。

不熔化电极电弧焊时，电源的一个极接到焊件上，另一个极接到碳质的或钨质的电极上。当使有电压的两个极在短时接触并随即分开后，在电极与焊件间便产生电弧，填充焊丝和焊件同时被熔化，成为焊缝金属的组成部分（图 2-1 a）。

不熔化电极手工电弧焊，主要是指碳弧焊，目前已很少应用。

熔化电极电弧焊是应用较广泛的焊接方法，它与上述方法不同的地方是，不熔化电极被同时起电极和填充金属作用的金属电极所代替（图 2-1 b）。

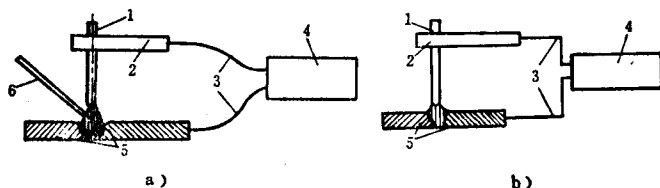


图2-1 电弧焊简图

1—电极 2—焊钳 3—导线 4—电源 5—焊件 6—填充焊丝

焊接电源可以采用直流电或交流电。使用直流电时，电源的负极接电极，正极接焊件，称为正接；反之，电源的正极接电极，负极接焊件，称为反接。

电弧焊按着焊接工艺方法本身的机械化和自动化程度，可分为手工焊、半自动焊和自动焊。

手工电弧焊目前均采用带有涂药的金属电极（即电焊条）；自动焊和半自动焊的电极是连续送进的裸焊丝。

电弧焊的应用极广，它可以焊接结构钢、铸铁、铜和铝及其合金、镍、铅等。

二、手工电弧焊

1. 手工电弧焊工艺常识

(1) 焊接接头的类型

焊接工作开始以前，首先按照焊接部位的形状、尺寸和受作用力的情况，选择接头的类型。最常用的焊接接头的基本类型有对接、搭接、丁字接和角接。

1) 对接 对接是最常用的接头型式。接头的焊接方法可根据产品工艺和技术条件来决定。

最简单的焊接方法是两块板装对齐后，在一个位置焊完。这种方法往往不能保证焊透。为保证焊透同时又要避免烧穿，可以在接头施焊处的背面加放一块永久性的钢垫板或临时性的铜垫

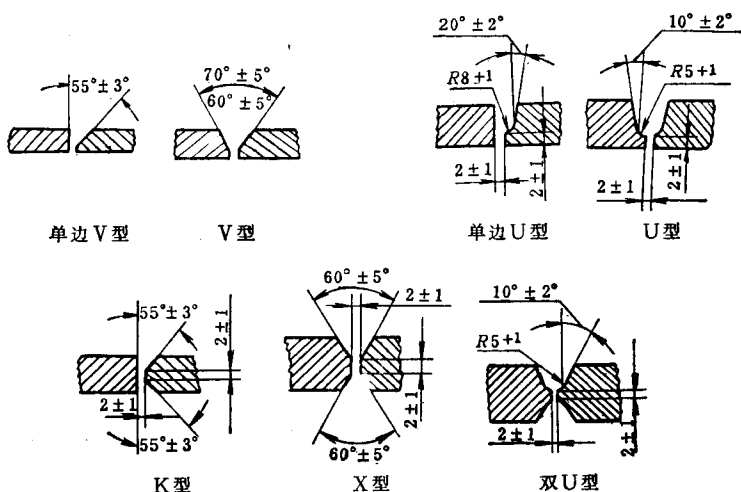


图2-2 对接坡口型式

板,同时根据板厚及技术要求的不同,采用开坡口焊接。坡口型式如图2-2所示。有时也采用不开坡口的双面焊接法。但这时要求在两面焊接的深度都必须超过板厚的一半。

2) 搭接 图2-3所示为搭接接头。搭接焊时,两板的装配比较容易,但浪费材料,且接头没有对接的牢。工件厚度超过30毫米时,这种接头完全不适用。

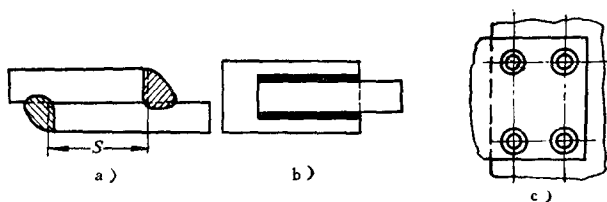


图2-3 搭接接头

3) 丁字接 丁字接焊时,对于不重要的结构可不开坡口(图2-4 a)。在重要的结构中,金属厚度达20毫米时,应开单边V型坡口(图2-4 b);超过20毫米时,应在两面开单边U型坡口(图2-4 c)或K型坡口(图2-4 d)。

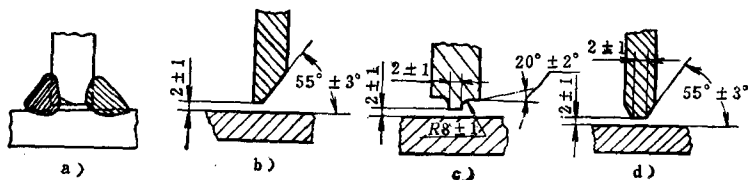


图2-4 丁字接头

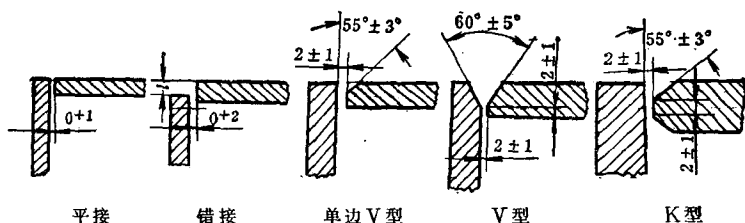


图2-5 角接接头及坡口型式

4) 角接 角接接头如图 2-5 所示。金属边缘不开坡口的用于薄件焊接, 厚件或较重要件焊接需开坡口。

(2) 焊接规范的选择

手工电弧焊的焊接规范, 就是对焊接电流的大小和焊条直径的选择。至于焊接速度和电弧长度, 通常由焊工根据焊条牌号和焊缝在空间的位置来决定。电弧电压对一定的焊条总有其合适的数值, 它是不能调节的。

为提高生产率, 常用直径较粗的焊条, 但很少大于 6 毫米。材料厚度在 4 毫米以下的对接焊时, 一般约用直径等于工件厚度的焊条; 大厚工件可采用 4~6 毫米直径的焊条。立焊时, 焊条直径一般不超过 5 毫米; 仰焊时则不应超过 4 毫米。

焊接电流的大小与很多因素有关。一般说来, 金属越厚, 电流就应越大; 金属传热快的用大电流; 焊条直径粗的用大电流。此外, 电流大小的选择, 还与接头型式和焊条在空间的位置等因素有关。

手工电弧焊由于其所用设备简单, 使用灵活, 因而应用范围极广, 目前我国焊接生产作业中, 它的比重约占 80% 以上。

2. 手工电弧焊设备

手工电弧焊的电源设备, 一般包括交流手弧焊变压器、直流手弧焊发电机、手弧焊整流器, 它们分别简称为交流弧焊机、直流弧焊机及整流弧焊机。

(1) 对手工电弧焊电源设备(电焊机)的要求

手工电弧焊时, 欲获得优良的焊接接头, 首先要使电弧稳定地燃烧。决定电弧稳定燃烧的因素很多, 如电源设备、焊条成分、焊接规范及操作工艺等, 其中主要的因素是电源设备。

焊接电弧在起弧和燃烧时所需要的能量, 是靠电弧电压和焊接电流来保证的, 但在任何电压和电流情况下都能起弧和稳定地燃烧的。也就是说, 电弧要求电源按着一定的规律来供给电压和电流, 即要求引弧时供给电弧以较高的电压(交流时焊机的

空载电压应在 55 伏以上,直流时焊机的空载电压应在 40 伏以上)和较小的电流(几个安培);电弧稳定燃烧时供给电弧以较低的电压(随电弧长度的不同在 16~40 伏,电弧较短时电压偏低,电弧较长时电压偏高)和较大的电流(几十安培至几百安培)。能满足这种要求的电源,称为具有陡降外特性的电源。在坐标图纸上表示出的这种电源外特性的曲线(输出电压与输出电流的关系),称为电源的陡降外特性曲线。对手工电弧焊机,最重要的要求,就是这种陡降外特性。这个特性曲线应与电弧的静特性曲线相交(图 2-6)。

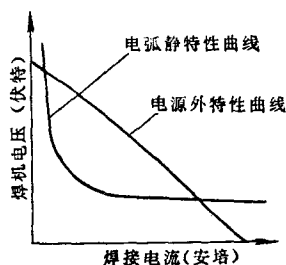


图2-6 电源的陡降外特性曲线

手工电弧焊还要求电源设备具有适当的空载电压。从引弧容易和电弧稳定燃烧的角度来说,电弧焊机的空载电压越高越有利;但从避免焊工触电的角度来说,空载电压越低越有利。这两个矛盾的要求,在一定条件下是可以统一起来的。目前我国生产的电焊机,直流焊机空载电压为 40~90 伏,交流焊机空载电压为 60~80 伏。

此外,电焊机还要满足可以灵活调节规范及具有好的动特性要求。

(2) 交流手弧焊机

交流手弧焊机(即交流手弧焊变压器)是手弧焊电源中最简单的一种。这种焊机具有材料省、效率高、使用可靠、维修容易等优点。

交流手弧焊机实际上就是供手弧焊用的一种具有陡降外特性的降压变压器。为保证外特性陡降及交流电弧的稳定燃烧,在电源内部应有较大的感抗。获得感抗的方法,一般是靠增加变压器本身的漏磁(漏感),或在正常漏磁变压器的次级回路中串联电抗器。根据获得感抗方法的不同,交流手弧焊机可归纳为串联电抗器和漏磁变压器两大类。