

黑龙江科学技术出版社



实用电弧焊技术

前 言

焊接是一项非常重要的加工工艺。在各种焊接方法中，电弧焊的应用最广泛，电焊工所占的比例也最大。因此提高电焊工的理论和实际操作技术，对提高焊接质量和生产率来说，具有重要意义。

本书从应知应会出发介绍了电弧焊电源性能、常用电弧焊方法的原理及特点、钢铁及有色金属的焊接性、焊接材料选择及焊接工艺要点等。目的在于帮助电焊工提高基础理论水平和实际操作技术水平，并为进一步研究和提高打下良好的基础。

本书在内容的选取和深度的控制上，分别参考了《电焊工技术等级标准》中对2~5级焊工的应知要求，及国内几个焊工考试规则中的基础知识考试范围的规定。在每章后面，均列有复习思考题（总共有300题）。其中多数思考题是选自有关省、市及行业焊工理论考试的试题。因此，本书可作为电焊工准备参加理论考试时的复习参考材料。凡具有初中文化程度的读者都能阅读。

本书完稿后，承蒙潘大吉同志给予润色加工，特此致谢。书中不妥与谬误之处，敬希读者批评指正。

编 著 者

目 录

第一篇 电弧焊电源

第一章 焊接概述.....	(3)
第一节 焊接过程的实质和焊接方法的分类.....	(3)
第二节 电弧焊概述及分类.....	(6)
第三节 电弧焊常用名词术语.....	(8)
第二章 焊接电弧.....	(17)
第一节 焊接电弧的引燃.....	(17)
第二节 焊接电弧的组成及温度分布.....	(19)
第三节 焊接电弧的静特性及静特性曲线.....	(21)
第四节 焊接电弧的极性及其应用.....	(23)
第五节 电弧的磁偏吹.....	(26)
第三章 弧焊电源.....	(30)
第一节 弧焊电源的种类及特点.....	(30)
第二节 弧焊电源名词术语.....	(31)
第三节 弧焊电源的外特性与动特性.....	(36)
第四节 电弧焊机型号的识别.....	(40)
第五节 AX-320 直流弧焊发电机的性能和 维护.....	(42)
第六节 BX1-330弧焊变压器的性能和维护.....	(44)

第七节	ZXG-300 弧焊整流器的 性能和维护.....	(47)
第八节	弧焊电源的选择.....	(47)
第九节	弧焊电源的安装.....	(49)
第十节	正确使用弧焊电源.....	(52)

第二篇 电弧焊金属学及金属的焊接性

第四章	金属材料的显微组织和性能.....	(57)
第一节	金属、非金属及惰性气体.....	(57)
第二节	纯金属及合金.....	(58)
第三节	金属材料的物理和化学性质.....	(59)
第四节	金属材料的机械性能.....	(60)
第五节	金属及合金的晶体结构.....	(64)
第六节	钢材的晶体结构.....	(66)
第七节	钢材分类及钢号.....	(69)
第八节	钢的显微组织.....	(75)
第九节	钢材在加热和冷却过程中的 组织变化.....	(77)
第十节	钢的热处理.....	(79)
第十一节	低合金钢中的合金元素、 杂质及气体.....	(81)
第五章	电弧焊焊缝.....	(87)
第一节	焊缝的形成及焊缝成形系数.....	(87)
第二节	电弧焊热效率及焊接线能量.....	(89)
第三节	焊接工艺参数对焊缝成形的影响.....	(93)

第六章 电弧焊焊接热影响区·····	(98)
第一节 电弧焊温度场·····	(98)
第二节 焊接热循环·····	(99)
第三节 焊接热影响区中各点的焊接热循环··	(102)
第四节 焊接热影响区的显微组织和性能····	(103)
第七章 焊接缺陷·····	(109)
第一节 焊接缺陷的分类·····	(109)
第二节 焊缝形状方面的缺陷·····	(110)
第三节 气孔·····	(114)
第四节 夹渣·····	(116)
第五节 焊接裂纹的分类·····	(117)
第六节 热裂纹·····	(118)
第七节 冷裂纹·····	(124)
第八节 再热裂纹·····	(127)
第九节 热应力裂纹·····	(130)
第十节 层状撕裂·····	(131)
第十一节 焊接缺陷的返修·····	(133)
第八章 焊接质量检验·····	(136)
第一节 焊接质量检验内容和检验方法分类··	(136)
第二节 无损探伤·····	(137)
第九章 焊接性及焊接性试验方法·····	(140)
第一节 金属材料的焊接性·····	(140)
第二节 焊接性试验内容·····	(141)
第三节 常用抗裂性试验方法·····	(142)

第三篇 各种电弧焊方法

第十章 手工电弧焊.....	(155)
第一节 手弧焊常用工具.....	(155)
第二节 电焊条.....	(156)
第三节 焊条药皮的作用.....	(161)
第四节 焊条药皮成分.....	(163)
第五节 焊条药皮类型及特点.....	(165)
第六节 酸性焊条和碱性焊条.....	(167)
第七节 焊条牌号识别方法及国产焊条简介...	(170)
第八节 焊条的选择、复验、保管和烘干.....	(176)
第九节 几种新型焊条.....	(183)
第十节 手弧焊焊接坡口.....	(184)
第十一节 手弧焊工艺参数的选择.....	(185)
第十二节 手弧焊基本操作技术.....	(187)
第十三节 各种焊接位置操作要点.....	(189)
第十四节 定位焊缝的焊接.....	(191)
第十五节 各种长度焊缝的焊接方法.....	(193)
第十六节 薄板、厚板的焊接.....	(195)
第十七节 单面焊双面成形操作技术.....	(197)
第十八节 管接头的焊接.....	(199)
第十一章 自动埋弧焊.....	(202)
第一节 自动埋弧焊原理及优缺点.....	(202)
第二节 自动埋弧焊机.....	(204)
第三节 MZ-1000 型埋弧焊机使用注意事项	

	及故障排除方法.....	(209)
第四节	焊丝.....	(212)
第五节	焊剂.....	(212)
第六节	埋弧焊焊接坡口准备.....	(218)
第七节	埋弧焊工艺参数的选择.....	(219)
第八节	几种接头的埋弧焊工艺.....	(223)
第九节	埋弧焊的进展.....	(229)
第十二章	二氧化碳气体保护焊.....	(232)
第一节	概述.....	(232)
第二节	CO ₂ 气体保护焊的冶金特点.....	(233)
第三节	CO ₂ 气体与焊丝.....	(237)
第四节	半自动 CO ₂ 气体保护焊焊机.....	(239)
第五节	焊接工艺参数的选择.....	(241)
第六节	半自动 CO ₂ 气体保护焊操作技术...	(243)
第十三章	钨极氩弧焊.....	(246)
第一节	概述.....	(246)
第二节	氩气及氮气.....	(248)
第三节	非熔化电极.....	(250)
第四节	电流种类和极性.....	(255)
第五节	引弧、稳弧和收弧.....	(259)
第六节	氩弧焊机.....	(263)
第七节	钨极氩弧焊焊接工艺.....	(266)
第八节	特种钨极氩弧焊.....	(270)
第十四章	熔化极氩弧焊.....	(274)
第一节	概述.....	(274)

第二节	熔化极氩弧焊机·····	(275)
第三节	富氩混合气体的应用·····	(276)
第四节	熔化极氩弧焊工艺·····	(278)
第五节	窄间隙熔化极气体保护焊·····	(279)

第四篇 金属的电弧焊

第十五章	碳素钢的焊接·····	(283)
第一节	低碳钢的焊接·····	(283)
第二节	中碳钢、高碳钢的焊接·····	(285)
第十六章	低合金钢的焊接·····	(289)
第一节	低合金钢的分类·····	(289)
第二节	低合金钢的焊接性·····	(290)
第三节	强度钢的焊接·····	(293)
第四节	耐热钢的焊接·····	(298)
第五节	低合金低温钢的焊接·····	(302)
第六节	低合金耐蚀钢的焊接·····	(304)
第十七章	高合金钢的焊接·····	(306)
第一节	焊接结构用的几种高合金钢·····	(306)
第二节	铬镍不锈钢焊接接头的热裂纹倾向···	(308)
第三节	铬镍不锈钢晶间腐蚀倾向·····	(311)
第四节	铬镍奥氏体不锈钢的焊接工艺·····	(316)
第五节	高铬铁素体及铬 13 型马氏体钢的 焊接·····	(320)
第十八章	镍及高镍合金的焊接·····	(324)
第一节	镍及高镍合金的特点及用途·····	(324)

第二节	镍及高镍合金的焊接性·····	(325)
第三节	镍及几种高镍合金的焊接工艺 及材料·····	(328)
第十九章	铸铁的焊补·····	(330)
第一节	铸铁的化学成分和机械性能·····	(330)
第二节	灰口铸铁的焊接性·····	(332)
第三节	灰口铸铁的热焊·····	(333)
第四节	灰口铸铁的冷焊·····	(334)
第五节	球墨铸铁的焊接·····	(336)
第二十章	铜及铜合金的焊接·····	(338)
第一节	铜及铜合金的分类·····	(338)
第二节	铜及铜合金的焊接性·····	(339)
第三节	铜及铜合金的焊接方法·····	(342)
第四节	铜及铜合金常用焊接材料·····	(344)
第五节	紫铜的焊接·····	(346)
第六节	铜合金的焊接·····	(348)
第二十一章	铝及铝合金的焊接·····	(351)
第一节	铝及铝合金的分类·····	(351)
第二节	纯铝及防锈铝合金的焊接性·····	(352)
第三节	铝及铝合金的焊接材料·····	(355)
第四节	铝及铝合金的氩弧焊·····	(358)
第二十二章	异种金属的焊接·····	(361)
第一节	异种低合金钢的焊接·····	(361)
第二节	低合金钢—马氏体钢、高铬铁素体钢 的焊接·····	(362)

第三节	低碳钢—不锈钢的焊接·····	(362)
第四节	铜—钢焊接·····	(364)
第五节	复合钢板的焊接·····	(365)
第二十三章	焊接变形和应力·····	(369)
第一节	焊接变形和应力的产生·····	(369)
第二节	焊接变形的基本形式、危害和影响 因素·····	(374)
第三节	预防焊接变形的措施·····	(376)
第四节	焊接残余变形的矫正·····	(378)
第五节	焊接内应力的降低和消除·····	(380)
第二十四章	电弧焊安全技术·····	(384)
第一节	电弧焊安全技术一般要求·····	(384)
第二节	几种电弧焊方法的安全技术·····	(387)
附录	常用化学符号对照表·····	(390)

第 一 篇

电 弧 焊 电 源

第一章 焊接概述

第一节 焊接过程的实质和焊接方法的分类

1. 焊接的含意 所谓焊接就是通过一定的物理、化学过程，使两个彼此分离的固体连接成为一个整体的一种加工方法。

焊接与机械连接是不同的。机械连接（如铆钉连接、螺栓连接等）是通过机械夹紧力把两个零件连接在一起，是可拆的；而焊接则是通过物理、化学过程使两个被连接件的原子或分子之间产生结合力，从而实现连接，且这种连接是永久性的，不可拆的。

被焊接的物质可以是金属材料（各种钢、铸铁、有色金属及其合金等）或非金属材料（陶瓷、玻璃、石墨、塑料等）。焊接可以把同种材料连接起来，也可以把两种不同的材料连接起来（其中包括金属材料和非金属材料之间的连接）。一般来说，焊接主要用于连接金属材料。

2. 焊接过程的实质 固体材料之所以能够保持其形状不发生变化，主要是由于固体的原子彼此非常靠近，在它们之间有牢固的结合力。除非施加足够大的外力来破坏这种结合力，否则，一个固体是不能被分开的。反之，要把两个分离

的金属件焊接起来,从物理过程来说,就是要使两个接触面上原子之间的距离变得非常小,约是3~5埃($1\text{埃} = \frac{1}{10,000,000}$ 毫米),这样,才能在这些原子之间产生结合力,从而实现连接。

用普通机械冷加工方法是不能达到原子间结合的,即使把两个经过精密研磨的平面重叠在一起并加压也不能连接起来,其原因是两个平面重叠以后的间隙仍比实现原子间连接所要求的间距大数千倍。另一方面,在两个平面之间总要有氧化膜及其它杂质存在,阻碍了原子彼此接近和形成结合力。

焊接过程的实质,是使连接件接触表面原子间的距离接近于3~5埃,去除中间的杂质,从而在原子之间产生结合力,形成不可拆的连接。

已有的各种各样的焊接方法,都是从不同的角度出发用一定的办法来解决原子间彼此接近、防止产生氧化膜、杂质(或排除杂质)等问题即达到连接的目的。

3. 焊接方法分类 可以把各种焊接方法分为三大类,即熔焊、压焊和钎焊。

①熔焊。熔焊是把连接件的彼此连接部位同时加热熔化,形成液体,然后冷却凝固,形成一个焊接接头,从而实现连接。熔焊方法是靠金属熔化及以后的凝固,使原子彼此接近和在原子间形成结合力。熔焊需要有保护以防止熔化金属与空气接触发生氧化。常用的保护方法有惰性气体保护、熔渣保护、抽真空等。按加热热源来区分时,熔焊又可分

为：电弧焊（以电弧为热源）；电渣焊（熔渣导电发热）；电子束焊（以高速运动的电子流为热源）；激光焊（以高能光束为热源）；气焊（以可燃气体的燃烧火焰为热源）；铝热焊（以铝热剂发生化学反应时放出的热量为热源）。

②压焊。压焊是利用加压、摩擦挤压等方法去除（挤出）氧化膜及其它杂质，使两个连接面的原子之间彼此接近，形成原子间的结合，得到压焊接头，实现连接。在这类焊接方法中，焊件一般不熔化，最多也只是处于热塑性状态。压焊必须加压，有时在加压的同时也伴随加热，但加热温度却远

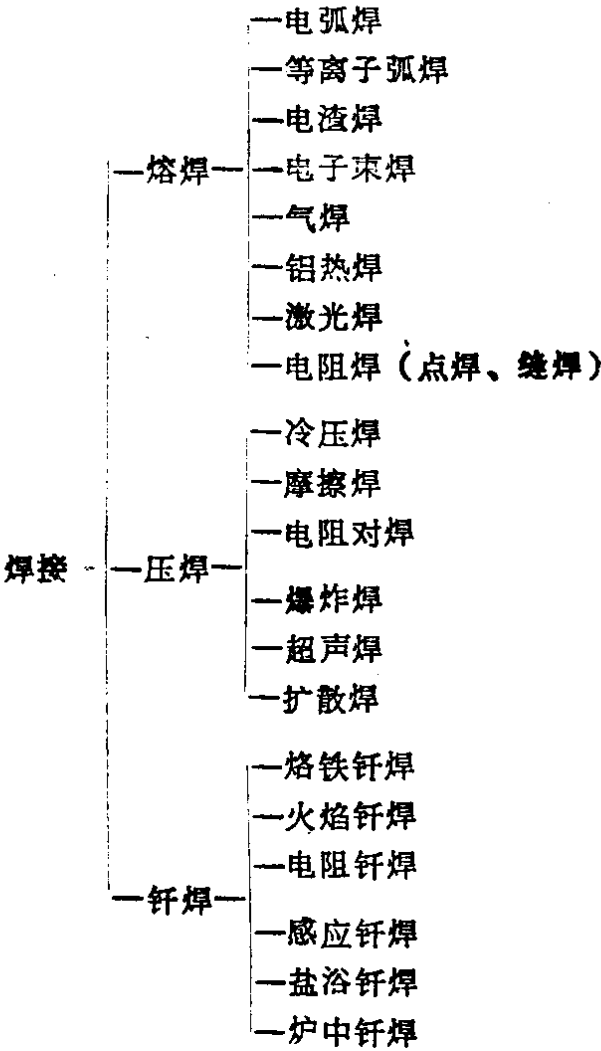


图 1—1 焊接方法分类

远低于焊件金属的熔点。压焊又分为摩擦焊、冷压焊、电阻对焊、爆炸焊、超声焊和扩散焊等。

③钎焊。钎焊是使用熔点低于焊件金属熔点的金属或合金作为连接材料——钎料，钎料加热熔化后铺展在两个连接面之间的间隙里，分别与各连接面形成原子间连接，得到钎焊接头，实现连接。钎焊与熔焊的根本区别是焊件不熔化。钎焊有时有保护措施。按加热方法不同，钎焊又分为烙铁钎焊、火焰钎焊、电阻钎焊、感应钎焊、盐浴钎焊和炉中钎焊等。

焊接方法分类示于图 1—1。

第二节 电弧焊概述及分类

据估计，目前世界各国所生产的钢材中有 70% 要经过焊接加工才能成为金属结构，投入使用。可见焊接是一道多么重要的加工工序。

在各种焊接方法中，电弧焊是应用最广泛、最重要的一种焊接方法。据统计，在焊接生产劳动总量中，电弧焊占 60% 以上。

1. 电弧焊发展简史 1885 年出现碳弧焊接。

1892 年出现金属极电弧焊。

1930 年前后，制造出了薄药皮焊条和厚药皮焊条。从此以后，电弧焊便大量用于工业生产。在此期间还发明了惰性气体保护电弧焊。

1935 年发明了埋弧焊。

1953 年二氧化碳气体保护电弧焊用于生产。

1957 年出现等离子弧焊接。

2. 电弧焊方法分类 所有以电弧为热源的熔焊方法都属于电弧焊。也常把等离子弧焊列在电弧焊类里。

电弧焊方法分类示于图 1—2。

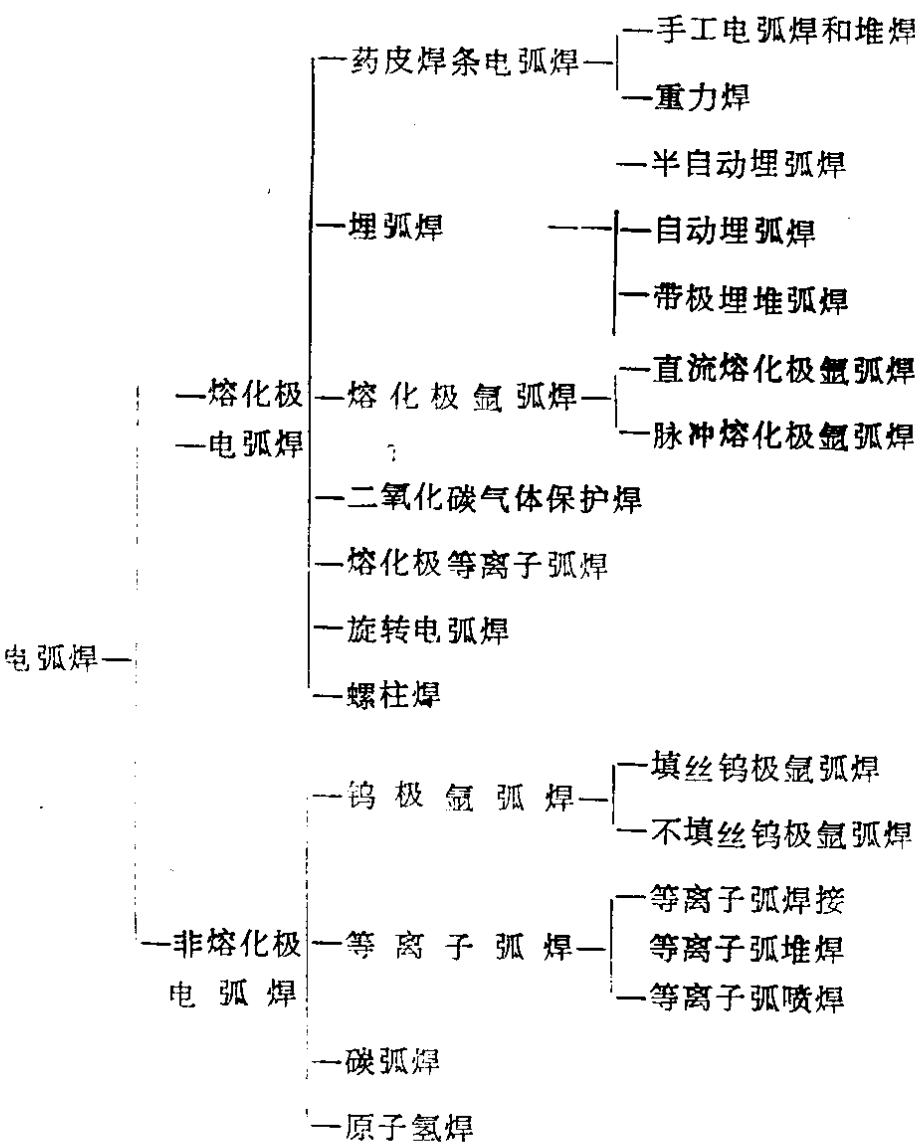


图 1—2 电弧焊方法分类

在这些电弧焊方法中,最常用的方法是手工电弧焊、自动埋弧焊、氩弧焊和二氧化碳气体保护焊。本书将围绕这几种