

炼油厂设备检修手册

第 V 篇 焊 接

《炼油厂设备检修手册》编写组编

石油工业出版社

炼油厂设备检修手册

第V篇 焊 接

《炼油厂设备检修手册》编写组编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书对金属焊接的基础知识作了通俗的叙述。对手工电弧焊接和各种切割所用的设备、材料和操作方法作了较详细的介绍,并对焊接应力和焊接变形作了一般的叙述。为了适应检修焊接技术的发展,适当地介绍了焊剂层下自动焊和气体保护焊等焊接方法。以炼油厂焊接为特点,详细介绍了炼油厂常用材料的焊接和典型设备的焊接工艺。最后对焊接检验和焊接、切割的安全知识作了扼要的叙述。

本书可供炼油厂焊工和有关技术人员参考。

炼油厂设备检修手册

第V篇 焊 接

《炼油厂设备检修手册》编写组编

*

石油工业出版社出版

《北京和平里七区十六号楼》

民族印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $21\frac{3}{4}$ 字数 543千字 印数 1—12,200

1979年8月北京第一版 1979年8月北京第一次印刷

书号15037·2002 定价2.20元



出版说明

目前，我国新的大型炼油厂相继投产，炼油工人队伍不断增加。为适应炼油生产发展的需要，用好、修好、管好炼油设备，提高设备完好率，为保证生产装置长周期安全运转，我们组织编写了《炼油厂设备检修手册》，供炼油厂有关工人和工程技术人员参考。

本书内容力求结合我国生产实际。书中所引用的规程、规定皆以国家颁布的标准和前燃化部制订的《炼油厂设备维护检修规程》为准。为了提高检修机械化水平，书中也介绍了几种科学检修机具。但这方面的资料仍很不足，希望各单位不断总结经验，以便再版时补充。

《炼油厂设备检修手册》全书共五篇。今后将陆续按篇分册出版。第Ⅰ篇 基础数据，第Ⅱ篇 机泵，第Ⅲ篇 工艺设备，第Ⅳ篇 工艺管线，第Ⅴ篇 焊接。其中第Ⅰ、Ⅱ篇由薛敦松同志执笔，第Ⅲ、Ⅳ篇由刘隽人同志执笔，第Ⅴ篇由程绪贤同志执笔。全书由吴铁铮、时铭显二位同志校订。

本书编写组以华东石油学院和胜利炼油厂为主，其它各炼油厂和石油院校也派人参加，或提供了大量资料。由于各单位领导的大力支持和参加编写的教师、工人和工程技术人员的辛勤劳动，使本书得以顺利出版。在此，向他们致以谢意。

由于我们水平所限，在组织编写时，各厂的检修经验收集的不全，技术方面也难免有不妥或错误之处，希望广大读者提出宝贵意见，以便再版时修改。

石油工业出版社
一九七八年五月二十五日

绪 言

在金属结构的制造中，往往需要将许多构件连接在一起，焊接就是金属连接的主要方法之一。

焊接是使两个分离的物体借助于原子间（或分子间）的力，形成永久结合的接头。

由于固体硬度较高，接触时只能形成点接触，另外固体表面有氧化物、油脂等杂质，必然会妨碍物体间的原子结合。焊接时则利用加热、加压或同时进行加热加压等方法，来克服阻碍原子结合的因素，以达到牢固连接的目的。

通过加热使物体连接处熔化，是最有利于实现原子间结合的焊接方法，这种方法称为熔化焊。它是金属焊接中最主要的一种方法。

将物体连接处加热到塑性状态或表面局部熔化状态，同时施加压力，这样可以增加金属表面的接触面积，并破坏表面的氧化层，也可达到物体原子间的结合（对某些金属只加足够的压力也可达到原子间的结合），这类焊接方法称为压力焊。

仅使低熔点填充金属熔化而母材不熔化的焊接方法称为钎焊。

熔化焊和压力焊均是晶内结合，而钎焊则是晶间结合。

焊接方法大体可分为熔化焊、压力焊和钎焊三类。熔化焊包括气焊、电弧焊（有手工电弧焊、埋弧焊及气体保护焊）、铝热焊、电渣焊、等离子焊、电子束焊和激光焊；压力焊包括锻焊、摩擦焊、接触焊（有点焊、缝焊、对焊）、气压焊、冷压焊、超声波焊和爆炸焊。

对焊接质量总的要求是：焊缝金属的化学成分、焊缝金属和附近母材的金相组织、焊接接头的机械性能等都要满足使用要求。焊接缺陷和残余应力不应超过规定的范围。整个结构没有较大的变形。

随着生产的不断发展，焊接工作量日益增多，必须逐步改善劳动条件，提高劳动生产率。因此，焊接工作自动化是今后焊接技术发展的重要内容。

随着石油工业的高速发展，在炼油厂的建设和检修工作中，对焊接技术都提出了越来越高的要求。因此，掌握焊接技术的目的就是要根据现场的具体情况，正确的解决焊接方法（设备）、焊接材料和焊接工艺等一系列问题，从而保证优质、高速、低耗地完成焊接工作。

目 录

第V篇 焊接

绪言

第一章 焊接电弧与电弧焊设备	1
第一节 焊接电弧.....	1
第二节 焊接电源的特点.....	6
第三节 交流电焊机（焊接变压器）.....	7
第四节 旋转式直流电焊机（焊接发电机）.....	11
第五节 硅整流式直流电焊机（焊接整流器）.....	15
第六节 电焊机的使用及维护.....	17
第二章 焊接冶金反应与电焊条	22
第一节 焊接冶金反应.....	22
第二节 电焊条.....	28
第三节 电焊条的分类和牌号.....	32
第四节 电焊条的使用.....	38
第三章 焊接接头的组织与性能	41
第一节 焊缝金属的组织与性能.....	41
第二节 热影响区金属的组织与性能.....	44
第三节 焊接热循环的调节.....	47
第四章 手工电弧焊工艺及操作技术	51
第一节 焊接接头型式及坡口准备.....	51
第二节 手工电弧焊的基本操作技术.....	55
第三节 焊接规范的选择.....	57
第四节 各种位置的焊接.....	59
第五节 定位焊.....	62
第六节 单面焊双面成型焊接技术.....	62
第七节 管道的焊接技术.....	66
第五章 埋弧自动焊	69
第一节 埋弧自动焊的特点.....	69
第二节 埋弧自动焊设备.....	70
第三节 埋弧焊用焊接材料.....	86
第四节 埋弧焊工艺.....	88
第六章 气体保护焊	98
第一节 气体保护焊的特点.....	98
第二节 氩弧焊.....	99

第三节	二氧化碳气体保护焊	110
第七章	气焊与气割	118
第一节	气焊设备及工具	119
第二节	氧-乙炔火焰	131
第三节	气焊工艺	133
第四节	氧气切割	137
第八章	等离子切割	151
第一节	等离子弧	151
第二节	等离子切割设备简介	153
第三节	等离子切割工艺	153
第四节	等离子切割的安全技术与故障排除	157
第九章	碳弧气刨	160
第一节	工具和材料	160
第二节	碳弧气刨工艺	163
第十章	焊接应力与变形	166
第一节	焊接变形与应力产生的原因	166
第二节	影响焊接变形的因素	170
第三节	减少或防止焊接变形的的方法	177
第四节	焊接变形的矫正	182
第五节	减少或消除焊接应力的方法	185
第十一章	金属材料的可焊性	189
第一节	焊接裂纹	189
第二节	焊缝的气孔	194
第三节	金属材料的可焊性	197
第十二章	炼油厂常用钢种的焊接	203
第一节	碳素钢的焊接	203
第二节	普通低合金钢的焊接	206
第三节	不锈钢的焊接	222
第四节	耐热钢的焊接	231
第五节	异种金属的焊接	234
第六节	金属材料的堆焊	237
第十三章	有色金属的焊接	239
第一节	铜及铜合金的焊接	239
第二节	铝及铝合金的焊接	251
第十四章	铸铁的焊补	258
第一节	铸铁焊补的特点	258
第二节	铸铁焊补方法及焊补材料	259
第三节	灰口铸铁的电弧焊补	261
第四节	灰口铸铁气焊焊补工艺	263
第十五章	炼油厂典型设备的焊接	266

第一节	压力容器的焊接	266
第二节	立式油罐的焊接特点	273
第三节	球形罐的焊接	276
第四节	高压管道的焊接	280
第五节	带水、带气和带油补漏	283
第十六章	焊接质量检验	285
第一节	焊接缺陷分析	285
第二节	焊接接头质量检验的方法及内容	287
第三节	焊接接头的无损探伤法	290
第十七章	手工焊接与切割的安全知识	300
第一节	安全工作的一般要求	300
第二节	手工电弧焊安全技术	300
第三节	气焊及气割安全技术	301
附 录		
附录一	国产焊丝标准 (摘抄)	304
附录二	各类电焊条技术数据简明表	305
附录三	焊剂简明表	320
附录四	焊接材料选用表	322
附录五	一些常用普通低碳钢焊后热处理规范	325
附录六	晶间腐蚀检验简介	326
附录七	铬镍奥氏体不锈钢酸洗钝化简介	326
附录八	部分国内外焊条牌号对照表	327
附录九	手工电弧焊接头基本型式与尺寸 (摘自 GB985-67)	329

第V篇 焊 接

第一章 焊接电弧与电弧焊设备

电弧焊是最重要、应用最广的一种焊接方法。它属于熔化焊，所用热源是电能，而电能是以电弧的形式转变为热能来熔化金属的。

电源供给电弧电能。不同性能的电源对电弧的燃烧有不同的影响，因而对整个焊接过程的进行和焊接质量的影响也不相同。为了满足焊接工艺的需要和保证焊接质量，一定要正确选用焊接电源。因为电源的影响是通过电弧表现出来的，所以，首先要清楚地了解电弧的特性。

第一节 焊 接 电 弧

一、焊接电弧的产生及分类

电弧是在气体介质中发生的强烈的放电现象。电弧的产生必须具备两个条件，即阴极电子发射和气体电离。焊接电弧的产生则是将两极（如工件和焊条）接触短路，再迅速拉开一个小距离，此时由于接触短路产生大量电阻热，拉开的一个小距离获得的空载电压在两极间建立一个强电场，从而使阴极产生强烈的电子发射和两极间气体电离，这样就产生了焊接电弧。这一过程也称为打火或引弧。

电弧按肉眼是否可见分为：

明弧——电弧在保护气体中燃烧，肉眼可见。

埋弧——电弧在焊剂层下燃烧，肉眼不可见。

按电源性质分为：直流电弧及交流电弧。

按电弧对工件的作用分为：

直接作用电弧——发生于电极与工件之间。

间接作用电弧——发生于二电极之间（图V-1-1）。

按电极性质分为：熔化极（金属极）及非熔化极（钨或碳极）电弧。

按电源相数分为：单相电弧及三相电弧（图V-1-2）。

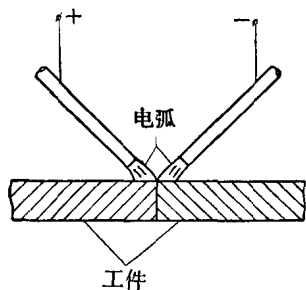


图 V-1-1 间接作用的电弧

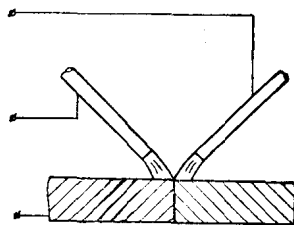


图 V-1-2 三相电弧

二、电弧的结构及其温度与热量的分布

以直流电弧为例，电弧可近似看成为一个圆柱形的气体导体。它由阴极区、弧柱及阳极区三部分组成（图 V-1-3），外面是弧焰。电

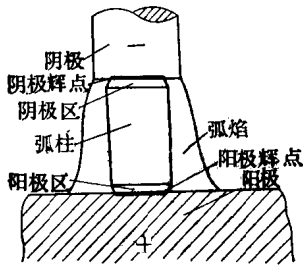


图 V-1-3 电弧的结构

极端面上高温发强光的圆点叫辉点（斑点）。

阴极区长度很短，约为 10^{-5} 厘米。阳极区长度也很小约为 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 厘米，因此可认为电弧长度近似等于弧柱的长度。

（一）阴极区：阴极区是在靠近阴极的地方。金属被电流加热，自由电子动能增加，其中一部分电子动能较大可能克服其它质点的引力而脱离金属进入气体间隙。这时要消耗一部分能量（逸出功），但电子仍可能有一部分多余的能量，使它具有相当大的速度飞入弧柱区。这种由于热量增加而产生的电子发射叫做热

电发射。这种现象极易见到，如真空管灯丝之电子发射。热电发射随阴极温度的增高而加强。

热电发射的电子数目有一定限度，因为阴极的温度不可能高于材料的沸腾温度。难熔的钨极的沸点高达 6200°K ，其阴极辉点的温度可达 3640°K ，而一般金属的阴极辉点温度为 2400°K 。对焊接电弧除有热的作用外还有电场的作用。因为弧长很短，两极电压造成的电场强度很大。阳极对阴极电子有巨大引力，使阴极电子的发射更加激烈，电子获得很大加速度而具有很大的动能。这种在热及电场同时作用下产生的发射叫自发射。这种自阴极辉点发出的电子称为一次电子。

（二）弧柱区：弧柱中充满了电极材料、工件及药皮（或焊剂）的蒸汽。自阴极发射出的高速电子与气体分子相遇发生碰撞，碰撞使得气体分子发生电离成为电子及正离子，这叫作碰撞电离。碰撞时发生能量的转换，部分动能变为热能。每次碰撞产生的能量虽小，但电子数目极多故反应激烈，结果产生巨大热量，使弧柱温度上升高达 $5000 \sim 8000^{\circ}\text{K}$ ，并发出强光。可见，一次电子的动能用来电离气体及增高弧柱的温度。在高温及强光的作用下大部分气体分子原子电离。此为热电离及光电离。由碰撞电离、热电离及光电离产生的电子称为二次电子。电离的结果使弧柱成为高度电离的气体，由正离子、电子及少数高温的气体分子组成。在电离的同时也有部分正离子与电子重新结合为中性分子，电离与结合形成一动平衡。电离程度的高低，弧柱导电率的大小，电弧稳定的程度除与阴极温度、热量和电压有关外，在很大程度上取决于弧柱气体是否易于电离。使气体电离所需要的能量称为电离势。几种常用元素的电离势如表 V-1-1 所示。

表 V-1-1 常用元素的电离势

元 素	K	Na	Ca	Fe	H	O	N	Ar	F	He
电离势（电子伏）	4.33	5.11	6.10	7.83	13.5	13.6	14.5	15.7	16.9	24.5

碱金属及碱土金属钾（K）、钠（Na）、钙（Ca）等元素的原子外层只有一两个电子很容易电离。有这类容易电离的物质存在，电弧容易发生，电弧发生后又不易熄灭而能更稳

定地燃烧,因此这类物质称为稳弧剂。可见,要使电弧稳定除应具备大电流(热量多、温度高)、高电压(电场强度大)外,还要有稳弧剂存在。

(三) 阳极区: 阳极区是在靠近阳极的地方。电子进入阳极金属成为自由电子,发生中和作用,反应进行激烈。阳极温度高于阴极。钨极时阳极辉点温度为 4250°K ,铁极为 2600°K 。

从以上对电弧过程的分析可知电弧是一种将电能转变为热能的换能器。

弧柱中的正离子向阴极运动,进入阴极后与电子中和形成中性分子。同时与阴极表面发生碰撞,动能转变为热能,又放出结合能(等于电离时吸收的能量),但要消耗一部分能量做为一次电子的逸出功。最终多余的能量变为热能加热阴极。弧柱中的电子飞入阳极,并与之碰撞,动能变为热能,又放出逸出功。在阳极不需消耗电子的逸出功,故阳极温度较阴极高。弧柱温度虽高,但其主要能量用于热电离及光电离气体分子。由实验资料得知,用于熔化金属的总能量中有43%来自阳极,36%来自阴极,来自弧柱的能量只占总能量的21%。

上述电弧的物理过程适合于各种电弧。材料、介质、规范的不同只能引起某些数值的改变,但放电过程的实质并不改变。

直流电弧两极的温度与热量都不相同,故可采用不同的接法以控制加热及熔化过程。当焊机的正极与工件相接,负极与焊条相接时为正接或正极性(图V-1-4a),当焊机的正极与焊条相接,负极与工件相接时为反接或负极性(图V-1-4b)。

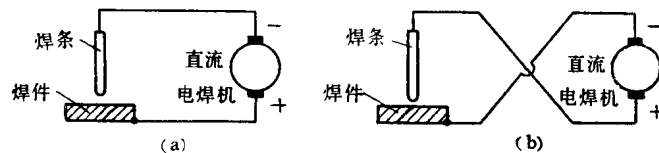


图 V-1-4 直流焊机时的极性接法

a—正接; b—反接

应根据焊条的性质和工件所需的热量选用不同的接法。例如用于焊接重要结构的结507、结557等碱性低氢型焊条,规定用直流反接。由于正接可以得到较大的熔深,故适合于焊厚板,而焊铸铁、有色金属及薄钢板时为了减小熔深,则采用反接。

交流电弧因正负极随时在改变,两极温度及热量都是平均值。交流电弧由于电压和电流不断改变方向(每秒钟100次),因此使电弧经历一个瞬时熄弧——重新引燃这样一个交变过程(也是每秒100次)。因此这就使交流电弧燃烧的稳定性的不如直流电弧。

三、电弧的静特性

电弧燃烧时弧柱成为高度电离的气体导体,其中通过焊接电流,两端有一电压降。当电弧长度不变时,通过电弧的电流与电弧两端的电压之间的对应关系称为电弧的静特性。

电路上的负载如果是金属电阻,则电阻两端电压降与电流的关系是服从于欧姆定律的,即:

$$U = IR$$

当金属电阻上的温升不很高时,电阻 R 为一常数。电压与电流的关系为一直线(图V-1-5)。焊接电弧比金属电阻要复杂得多,它不是一个恒定值,而是随电流而变化的。当焊接电流在很大范围内变化时,电弧的静特性呈U形(图V-1-6),所以也叫做U形特性。

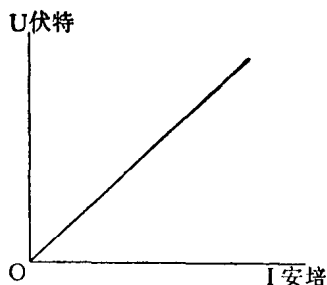


图 V-1-5 金属电阻的静特性

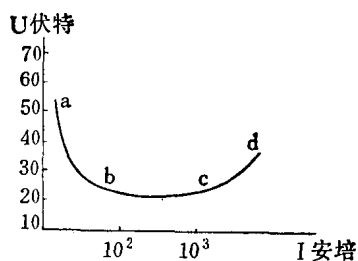


图 V-1-6 焊接电弧的 U 形静特性

ab 段 ($I < 100$ 安) 电弧电压随着焊接电流的增加而急速下降。这是由于焊接电流增加，使发射电子的辉点和弧柱截面迅速增加，电弧热量和温度也迅速增加，从而使电子发射和气体电离急速加剧，这就使弧柱导电率迅速增加，电弧电阻急速减小，因此电弧电压也就急速下降。

bc 段 ($I > 100$ 安而电流密度 $i < 200$ 安/毫米²)，电弧电压不随焊接电流增加而基本为一不变值。这是由于阴极辉点、弧柱截面以及电子发射和气体电离都不象在电流比较小时那样

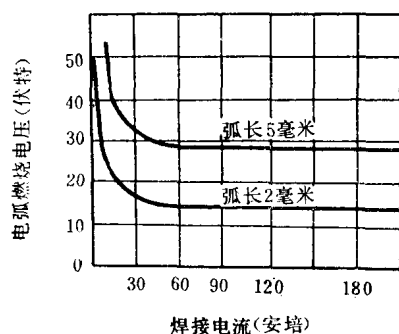


图 V-1-7 手工电弧焊电弧的静特性

随焊接电流的增加急剧增加，而是成比例地增加，这使得弧柱导电率也随焊接电流的增加而成比例地增加，电弧电阻则成比例下降，这样就使得电弧电压保持不变。当材料、介质一定时，电弧电压只与弧长有关，它随弧长的增加而正比增加。图 V-1-7 即为手工电弧焊时的静特性曲线。

cd 段 (电流密度 $i > 200$ 安/毫米²)，电弧电压随焊接电流增加而增加，这是由于这时辉点面积为电极端面所限无法增加，所以弧柱截面

也无法增加，这就使得弧柱的导电率不再增加，电弧电阻不再下降，因此电弧电压就随焊接电流的增加而增加。

在实际生产中，下降的静特性只是在电流很小时才有，而这种规范不适合焊接。应用最广的是水平静特性。上升的静特性主要是在气体保护弧或埋弧焊，而且是用细焊丝 ($d \leq 2$ 毫米) 时才出现。

目前由于各种新的焊接方法不断出现，采用强焊接规范的越来越多，因此上升的电弧静特性曲线开始受到越来越多的重视。

四、电弧的偏吹

正常焊接时，电弧的轴线总是沿着焊条中心线的，当二者不在同一中心线上时，电弧就产生了偏吹。偏吹使电弧燃烧不稳定，焊接过程难以进行，焊缝成型不规则。并因弧长增长增加了有害气体及杂质的侵入，从而降低了焊缝质量。

(一) 造成电弧偏吹的原因

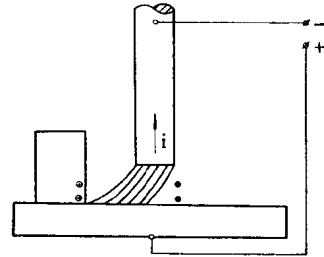
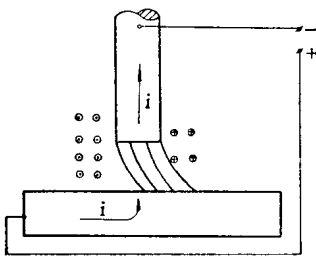
1. 气流的影响：在露天焊接时，由于空气的流速过大，例如有大风，或在狭窄的风口

处进行焊接时,会造成严重的电弧偏吹。

2. 焊条药皮的影响:当焊条有偏心时,电弧便会偏向药皮较薄的一边使之熔化较快,而较厚的一边熔化较慢,焊条末端的药皮套管便形成“马蹄”状而造成电弧偏吹。

3. 电弧的磁偏吹:用直流电源焊接时,如果电弧两侧的磁力线密度不均匀,当电弧电流通过时,弧柱就会受到电磁力的作用而偏向磁力线密度较小的一侧。这种现象称为磁偏吹(图V-1-8)。由图可知,工件接导线的那边磁力线密度大,因此就把电弧推到另一边。只有当导线接点正好在电弧下面,电弧两边磁场均匀时,才不发生磁偏吹现象。

当靠近电弧处存在大块铁磁物质时,引起磁场在弧柱两侧分布不均匀(图V-1-9),电弧将偏向铁磁性物质,如同铁磁性物质能吸引电弧似的。焊角焊缝时就会有这种现象发生。



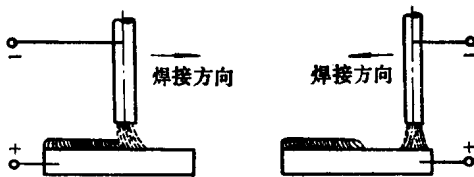
图V-1-8 电弧受自身磁场的影响而产生的磁偏吹 图V-1-9 靠近电弧的铁磁性物质引起的磁偏吹

在实际生产中往往还碰到当工件带磁,使用直流焊接时,熔化的焊条铁水不粘工件而被吹掉,使焊接工作无法进行。

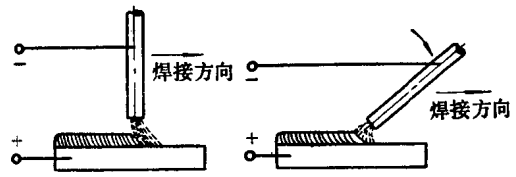
(二) 防止和减小电弧磁偏吹的方法

电弧磁偏吹的强烈程度随焊接电流的增加而急剧增加,因此必须采取措施加以消除。

1. 电弧长度增加时磁偏吹可能性增大,故采用短弧可减少磁偏吹的影响。
2. 适当改变工件的接线位置,使导线接头在电弧的下面并随电弧而移动,但这种方法应用不便。也可以在工件两端都接上导线(图V-1-10),这只适用于小工件的焊接。
3. 将焊条顺着磁偏吹方向倾斜一定角度,以抵销磁偏吹的作用(图V-1-11)。



图V-1-10 减小磁偏吹的接线方法



图V-1-11 倾斜焊条减小磁偏吹

4. 在采用交流电焊接时,由于变化的磁场在导体内引起感应电流,而由感应电流所产生的磁力线,削弱了焊接电流所引起的磁场,就大大减弱了磁偏吹。特别是当工件带磁时如用交流电源则可使焊接工作较顺利进行。

5. 磁偏吹比较强而又不能采用交流焊接时,往往可以采用加纵向磁场的办法来消除。纵向磁场消除磁偏吹的原理是电弧偏吹,切割纵向磁力线,这将产生电磁力,而力的方向由左手定则决定,这样偏吹的电弧又被电磁力拉回中心位置。

在管线焊接中，外加纵向磁场容易得到，只需将电焊把线在管线上绕数圈即可。

第二节 焊接电源的特点

为了供给电弧电能需要有合适的电源——电焊机，选择电源要从电弧的特点出发，并应充分考虑到焊接操作的要求。手工电弧焊、埋弧焊及气体保护弧焊的基本特点相同，但又有各自的特殊要求，现以手工电弧焊为例来分析对电源的要求，其它焊接方法的特殊要求在有关章节中说明。

一、焊接电源应有陡降的外特性

电源的外特性是指它的输出电压与电流之间的对应关系。陡降的外特性如图 V-1-12 所示。

焊接电弧必须稳定可靠地燃烧才能保证焊缝质量。电弧稳定燃烧有两方面的因素，一是电弧本身的性质，即放电条件的稳定性，另一方面则是供电电源性质对电弧的影响。

将电弧静特性与电源外特性置于同一坐标系中以分析其工作情况。从图 V-1-12 可见，两条曲线有两个交点，在这两点电源供给的电压及电流与电弧需要的电压及电流相等，有可能工作。但是在 A 点不稳定。因为在焊接过程中各种因素的变动，如弧柱电离度的波动或其它原因引起的电弧导电率的改变，都将造成电流的变动。如果电流稍有减小，例如减至 I_A' ，则电源电压低于电弧要求的电压，电流将继续减小，直至电弧熄灭。如果电流有少量增大，例如增至 I_A'' 时，则电源电压高于电弧要求的电压，电流将继续增大直至达到另一交点 B。所以 A 点不稳定。在 B 点，如果电流稍有减小，则电源电压高于电弧电压，将使电流增大，从而恢复到 B 点。反之，如果电流增大，则电源电压低于电弧电压，将使电流减小，又会恢复到 B 点。所以 B 点是一个稳定的工作点。只有下降的外特性才能有交点 B。普通电源的外特性是水平的硬特性，与电弧静特性只有一个交点 A，是不适合作焊接电源的。

陡降是急降的意思。在图 V-1-13 中，外特性 1 比 2 更为陡降。焊接过程中弧长经常在

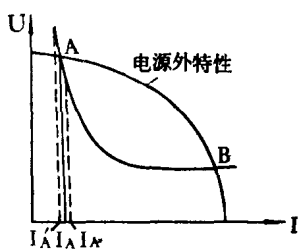


图 V-1-12 电源外特性

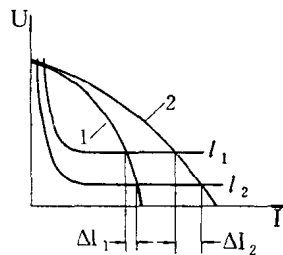


图 V-1-13 电源外特性的比较

波动，尤其是手工焊时更难保持弧长不变。弧长的变化必将引起焊接电流的变化。例如弧长自 l_1 减至 l_2 ，对两个外特性电流的增大量分别为 ΔI_1 及 ΔI_2 ，显然 $\Delta I_1 \ll \Delta I_2$ 。焊接电流的波动是不希望的，波动过大不能保持熔深的一致，甚至可能烧穿工件，对质量不利。因此，为了保证电弧稳定燃烧和焊接质量稳定。焊接电源应具有陡降的外特性。

陡降的外特性还可以保证短路电流不致过大。焊接时熔化金属滴的过渡经常造成短路，短路电流过大会使焊条过热、药皮熔化而妨碍正常操作。

对于气体保护弧，因电弧静特性是上升的，所以可采用硬特性的电源。

二、焊接电源应有可调的外特性

为了适应不同工件的要求，需在很大范围内调节焊接电流的大小。在使用同一弧长时，电流的调节是靠调节外特性来实现的（图 V-1-14）。外特性的调节范围应较大，而且应是连续的。

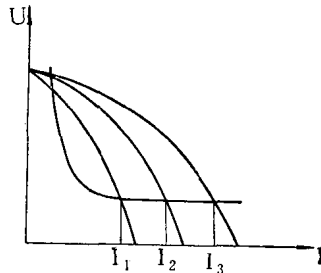


图 V-1-14 可调的外特性

三、焊接电源应有较好的动特性

焊接时引弧和熔滴过渡经常造成短路，这时电压下降到零，电弧熄灭，必须在很短时间内使电压上升到足以保证电弧重新自行引燃的数值才行，否则电极冷却电弧很难重新自行引燃，使得电弧不稳。一般在 0.05 秒内电压升至 25 伏即可。影响动特性的原因是电源的电磁惯性，主要是直流电机中绕组的互感造成的。交流电机是无惯性的。

动特性的另一指标是短路时由于有电磁惯性，将产生一个短路冲击电流，其值远高于稳定的短路电流。这将造成金属的飞溅，甚至烧穿工件，并损害电机。一般要求短路冲击电流小于短路电流的三倍。

此外，焊接电源要有适当的空载电压。过低不利于引弧；过高有触电的危险。直流焊接电源的空载电压为 50~70 伏，最大不超过 90 伏。交流焊接电源空载电压较高，为 60~80 伏，最大不超过 100 伏。

第三节 交流电焊机(焊接变压器)

交流电焊机是具有下降、而且可调的外特性的降压变压器。

普通变压器由于感抗和阻抗都很小，所以外特性是水平的，不适合于作焊接电源。为了得到下降的外特性，需人为地增加感抗。在交流电焊机中增大感抗除可以使外特性成为下降的外，还可以使电弧燃烧稳定。因交流电的方向和数值都随时在改变，在每秒内有 $2f = 100$ 次通过零点，使得电弧燃烧不稳定。若有感抗存在，将产生一个自感电势，使电压与电流的零值在时间上不再重合。当电流为零时电弧虽熄灭，但由于有足够高的电压，电弧仍可马上重新引燃，从而提高了电弧的稳定性。

增大感抗的办法有二：一是附加一个感抗绕组，二是增加变压器本身的漏磁。

一、感抗式焊接变压器

变压器的初级、次级绕组共同绕在铁芯两侧，在变压器次级回路中串联一个感抗绕组（图 V-1-15）。

当焊接电流通过感抗绕组时，其中产生一自感电势，这自感电势是削弱变压器输出电压的，似如一负载，在其上产生感抗电压降。自感电势的大小是随线路中电流的改变而正比变化的。焊接电流增大，感抗电压降也增大，变压器输出电压是不变的，显然焊接电源电压 $U_{\text{电}}$ 则将随电流的增加而减小，从而得到下降的外特性。

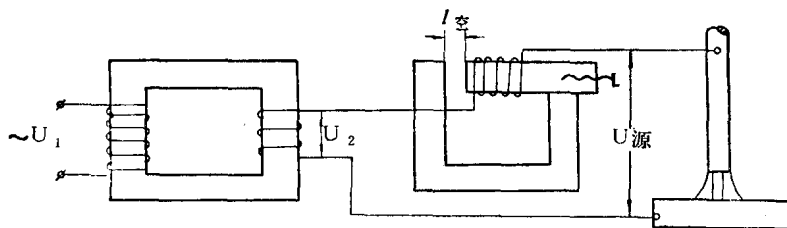


图 V-1-15 感抗式焊接变压器原理图

为了调节焊接电流可以调节感抗。因感抗改变则将改变电流外特性形状，感抗愈大，外特性陡降程度愈大。感抗大小是通过感抗器的活动铁芯来改变空气间隙 l_3 进行调节的。

因调节 l_3 就可改变绕组的磁阻，从而改变感抗。活动铁芯进入时 l_3 变小，磁阻减小，感抗增大，电源外特性变陡，从而焊接电流减小；铁芯出来时电流增大。

现在生产的交流电焊机是把感抗铁芯与变压器铁芯合到一起（图 V-1-16），构成所谓复合式或同体式交流电焊机，如 BX-500、BX₂-500、BX₂-1000 等。

BX-500 型焊接变压器的外特性见图 V-1-17。

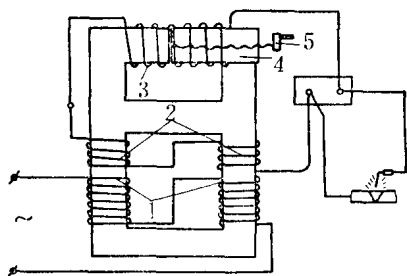


图 V-1-16 BX-500 焊机线路原理图

1—初级绕组；2—次级绕组；3—感抗绕组；4—动铁芯；5—手柄

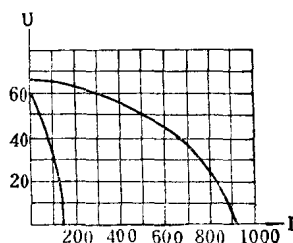


图 V-1-17 BX-500 焊接变压器的外特性

这类焊机有感抗器，故消耗材料较多，体积大而重。同时由于有活动铁芯存在，如装配不严则焊接时有震动。小电流焊接时，间隙小、磁力更大、振动也更厉害，易使焊接电流波动，电弧不稳。故这类焊机不适合小电流焊接。

二、漏磁式焊接变压器

普通变压器的漏磁很小，可忽略不计。因为在普通变压器中，铁芯的每边都同时缠有初级及次级绕组。次级绕组紧缠于初级绕组的外边。因此磁力线不可能只通过初级绕组而不通过次级绕组，或只通过次级而不通过初级绕组。

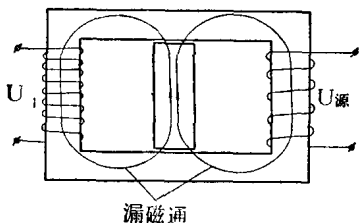


图 V-1-18 漏磁式焊接变压器原理图

虽然经过两个绕组之间的空气间隙，还可能有一小部分漏磁通，但其数量很小，故可认为在一般变压器中是没有漏磁的。

如果将初级绕组和次级绕组分别缠在铁芯的两边（图 V-1-18），则漏磁将大大增加。无

论初级或次级绕组所发生的漏磁现象，都会使变压器次级电压 U_2 下降，其作用好象是在初级和次级的回路中各串联了一个感抗一样，因此可利用漏磁现象代替感抗绕组，以使变压器获得下降的外特性。

为了增大漏磁效果，在铁芯中间加一活动铁芯，通过改变铁芯在变压器铁芯中的位置来调节外特性。因铁芯进入时漏磁较多，电流小；铁芯出来时电流大。

这类焊机有：BX₁-135、BX₁-330、BX₁-500等。

BX₁-330型焊接变压器是应用较广的一种焊机，其实际线路如图 V-1-19 所示。这种结构

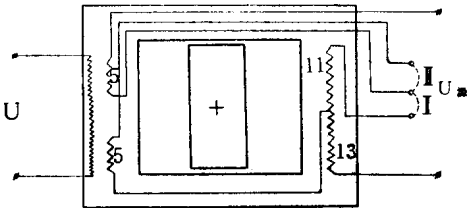


图 V-1-19 BX₁-330型焊接变压器线路图

的特点在于：

（一）次级绕组分成四部分，其中两部分（5圈及5圈）与初级绕组同缠于铁芯的一边，没有漏磁。另两部分（13圈及11圈）与初级绕组分开缠于另一边，为漏磁绕组，产生感抗。四部分绕组方向相同，串联时其中的电势相加。

（二）次级绕组可有两种接法 I 与 II。不同接法时漏磁绕组圈数不同，感抗也不同，可以进行电流的粗调。绕组 5 及 5 的作用是在不同接法时使空载电压变化不致过大。

BX₁-330型焊接变压器的全部外特性见图 V-1-20。

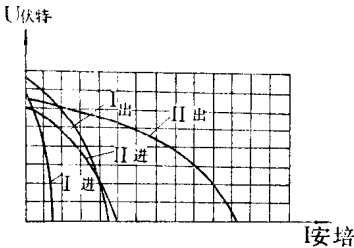


图 V-1-20 BX₁-330型焊机的外特性曲线

这类焊机的优点，是没有单独的感抗器，所以体积小、重量较轻。其活动铁芯有上、下两个气隙，焊接时，在这两个气隙处都产生对活动铁芯的吸力，所以受电磁力的作用得以平衡，震动情况较前种焊机为小。小电流焊接时震动很轻微，电流波动小，电弧较稳定。

漏磁式焊接变压器还有动绕组式的，如 BX₃ 系列。

三、焊接变压器的主要技术数据

交流电焊机种类很多，它们的牌号及主要技术数据列于表 V-1-2。