

机械工人岗位培训辅导丛书

精密元器件 焊接实践

梁文广 王代富 王兴本 编

机械工业出版社

081
11=3

机械工人岗位培训辅导丛书

精密元器件焊接实践

梁文广 王代富 王兴本 编



机械工业出版社

(京)新登字054号

内 容 简 介

精密元器件在国民经济建设各领域中的应用日益广泛,而焊接又是精密元器件制造和维修中的主要手段之一。

本书作者多年来从事精密元器件焊接方面的研究、教学与生产维修工作,在总结实际经验的基础上,又广泛收集了较实用的资料编写成此书。其内容是在综合阐述精密元器件的焊接方法、原理的基础上,列举了大量的工业上及日用电器上的精密元器件的焊接、修复实例,具有一定的实用价值。

本书主要供给从事精密元器件生产与修复的工人及广大焊接工作者参考使用。

机械工人岗位培训辅导丛书

精密元器件焊接实践

梁文广 王代富 王兴本 编

*

责任编辑:董连仁

封面设计:方 芬

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张6⁷/₈·字数169千字

1994年2月北京第1版·1994年2月北京第1次印刷

印数0,001—2,150定价:9.00元

*

ISBN 7-111-03996-3/TC·873(X)

前 言

为了适应机电行业工人岗位培训工作的开展,以及满足广大工人自学、提高技术水平和解决生产中实际问题能力的需要,在机械电子工业部教育司和人事劳动司的支持与指导下,我们组织编写了这套机械工人岗位培训辅导丛书,由陈榕林同志任主编,参加编写人员有陈榕林、张磊、刘玉池、李翰奇、高玉奎、陈野、吴鹏、梁丽嫦、邵明武、王兴显、赖立松和童正南等。首批编写出版的《机床改装技术——方法 经验 绝招 技巧》、《巧用车床》、《怎样车削螺纹和细长轴》、《机床电气线路新旧国标对照与故障处理》四种。由哈尔滨焊接研究所等单位编写的《焊接修复实例》和《精密元器件焊接实践机械制造窍门集粹》等也将陆续与读者见面。这套丛书可供车工和维修钳工、维修电工以及焊工等中、高级工人作为岗位培训的辅导用书。

在内容编排上,这套丛书注意了从工人岗位生产技术的需要出发,突出了针对性和实用性,努力做到理论联系实际。在写作方法上,力求重点突出、简明扼要、通俗易懂,便于在职工人学习、运用和提高业务能力。因此,这套丛书既是机械工人岗位培训和技工学校、职业学校教学工作的辅导参考用书,可供组织培训、考核前复习和教学实践使用,又是工人自学成才的良师益友和解决生产中具体问题的指南,还可供有关工人、技师和工程技术人员参阅。

这套丛书的编写、出版得到了一些专家和从事技工培训工作同志的热心帮助,并参考、引用了多方面的材料。机械工业出版社的领导和有关同志也给予了大力支持,谨向他们致以衷心的感谢!由于我们缺乏经验和业务水平有限,书中难免有疏漏之处,希望读者提出宝贵意见。

机械电子工业部机械中心科技编辑部

1993年2月

目 录

前言	
一、精密元器件与焊接	(1)
(一) 精密元器件	(1)
(二) 精密元器件焊接特点	(1)
二、基本焊接方法	(3)
(一) 微束等离子弧焊	(3)
(二) 小电流钨极氩弧焊	(13)
(三) 钎焊	(21)
三、焊枪	(26)
(一) 微束等离子弧焊焊枪	(26)
(二) 手工钨极氩弧焊焊枪	(30)
四、波纹管的焊接	(34)
(一) 波纹管的基本结构与用途	(34)
(二) 波纹管与法兰的焊接	(34)
(三) 波纹管与波纹管氩弧焊对接	(39)
五、焊接波纹管的制造工艺	(42)
(一) 焊接波纹管的结构和主要用途	(42)
(二) 波纹膜片的基本形式	(42)
(三) 波纹膜片的制造	(43)
(四) 波纹膜片的内圆焊接	(44)
(五) 波纹膜片的外圆焊接	(45)
(六) 检漏	(46)
六、超薄壁管生产中的焊接	(48)
(一) 概述	(48)
(二) 超薄壁管的焊接接头形式	(48)
(三) 焊接夹具	(49)
(四) 氩弧焊接工艺	(50)
(五) 微束等离子弧焊工艺	(51)
七、铠装热电偶的焊接	(54)
(一) 热电偶的作用原理和基本结构	(54)
(二) 铠装热电偶的焊接难点	(55)
(三) 热电极的焊接	(56)
(四) 保护套管的氩弧焊对接	(57)
(五) 保护套管与固定法兰的焊接	(59)
(六) 保护套管的封口焊接	(60)
八、压力传感元件的焊接	(62)
(一) 膜片与膜片座的焊接	(62)
(二) 膜盒的焊接	(66)
(三) 螺旋弹簧管的焊接	(67)
九、电力工业油用膨胀器的焊接	(69)
(一) 膨胀器的结构	(69)
(二) 膨胀节的焊接特点	(70)
(三) 膨胀节的焊接	(70)
十、管道伸缩节的焊接	(74)
(一) 概述	(74)
(二) 波纹管与端法兰的焊接	(75)
(三) 波纹管与中间法兰的焊接	(76)
(四) 波纹管与连接管的焊接	(76)
十一、感应电动机转子鼠笼的钎焊	(78)
(一) 钎焊前准备	(78)
(二) 电动机鼠笼的钎焊	(79)
十二、浮球的焊接	(80)
(一) 浮球焊接形式	(80)
(二) 浮球焊接夹具	(80)
(三) 浮球的焊接准备	(81)
(四) 焊接工艺过程和规范	(81)
十三、金属软管的焊接	(83)
(一) 法兰与波纹管的焊接	(83)
(二) 波纹管端面对接焊	(86)
(三) 金属网套与法兰的焊接	(88)
十四、低碳钢水壶嘴的自动TIG焊	(89)
(一) 概况	(89)
(二) 焊接方法选择	(89)
(三) 焊接设备	(89)
(四) 壶嘴的焊接	(90)
十五、日用保温瓶不锈钢外壳纵缝的焊接	(91)
(一) 概述	(91)
(二) 焊接胎夹具	(91)
(三) 焊接工艺	(92)

十六、家用燃气热水器熄火安全装置中	
热电偶的焊接.....	(93)
(一) 概述	(93)
(二) 热电偶的构造及焊接	(93)
十七、家用电冰箱器件的火焰钎焊 ...	(97)
(一) 接头形式	(97)
(二) 钎料、钎剂的选泽	(97)
(三) 钎焊工艺	(97)
十八、聚晶金刚石复合片PDC钻	
头的钎焊	(99)
(一) 焊前准备	(99)

(二) 钎焊工艺	(99)
十九、液压件高压90° 接头的火焰	
钎焊	(100)
(一) 焊前准备	(100)
(二) 钎焊过程	(100)
二十、热熔胶机的过滤网钎焊修复...	(101)
(一) 过滤网的结构	(101)
(二) 焊前准备	(101)
(三) 钎焊工艺	(102)
参考文献	(102)

一、精密元器件与焊接

（一）精密元器件

元器件是元件与器件的总称。它广泛用于机械电子、国防军工、航天航海、石油化工、冶金煤炭、铁路交通、轻纺、医疗卫生及日用家电等各方面。通常，人们把下述三类元器件列为精密元器件，即

（1）加工精度或装配精度要求高，或焊缝尺寸的控制要求严，或焊接允许变形量极小的元器件。

（2）结构尺寸或整体尺寸微小，或其中某一零部件尺寸微小的元器件。例如，超薄壁结构焊件（最薄可达0.05mm）或超薄件与厚大件的焊接组件。

（3）作用大、价值高的贵重金属材料的构件。

所谓精密元器件焊接，是指采用焊接方法作为精密元器件本身制造的主要工序，或者是与其它零部件的组装焊接。

（二）精密元器件焊接特点

对于精密元器件的焊接，有以下特点：

（1）弧焊时引弧困难 由于焊件细小，使用电流很小。焊接电流越小，引弧就越困难。为了便于引弧和稳定地焊接，对小电流电源就要采取必要地引弧与稳弧措施。

（2）焊接件对焊接规范变化敏感 因为焊件小，电流小，形成的焊接熔池也小，热容量必然小，所以对焊接热过程中的很小变化，例如电弧功率或夹具的导热条件稍有变化，就会破坏焊接熔池的热平衡，导致焊缝尺寸的变化，甚至烧穿或未焊透。因此，在焊接过程中一定要保持电弧稳定，焊接规范稳定，夹具的导热条件不变。

（3）焊件变形大 因焊件小，厚度薄，刚性小，热容量小，在焊接过程中升温快，使焊件变形大，甚至使局部产生失稳。由此，不仅使焊缝质量下降，表面成形恶化，往往也是焊件被烧穿的主要原因。所以，焊接过程中防止和减小变形也是获得优质焊缝的主要条件之一。

（4）熔池中熔化金属表面张力对焊缝成形影响大 弧焊时，熔池是处在电弧压力、液态金属重力和表面张力综合作用下的动平衡。厚板焊接时，焊缝成形主要是取决电弧压力和液态金属的重力作用，而薄件焊接时，因金属熔池小，表面张力在焊缝成形上的影响增大。例如，当板厚小于0.6mm时，熔池液态金属表面张力作用就大于电弧压力和金属重力的作用。所以，薄板焊时（板厚在0.1~0.2mm），焊缝成形基本上受表面张力的制约。

焊接时的表面张力，使熔化金属形成球状，这一点不利于焊缝成形。为此要采用高精度的焊接夹具，使被焊件紧紧贴合在一起，有利于焊缝成形。如果被焊工件装配间隙过大或因变形使间隙增大，都不利于焊缝成形，有时会形成锯齿状焊缝，或者焊不上。

（5）对焊接处的表面清理要求高 因工件小，焊件薄，焊缝小，那么金属表面的氧

化物、油污对此类焊缝质量的影响，相对于大、厚工件来说要大得多。所以，焊前要特别注意清除待焊处的油、锈、垢及氧化皮等。

(6) 焊件的装配精度高 为了得到优良的焊缝，焊前装配精度要高，不允许有间隙和错边，否则，会产生烧穿、锯齿状焊缝等缺陷。

二、基本焊接方法

本章所述的焊接方法，即微束等离子弧焊、小电流氩弧焊及小功率钎焊，都是后述精密元器件焊接所用的方法，为减少重复，在此作集中而又扼要地阐述。

(一) 微束等离子弧焊

人们通常将焊接电流在30 A以下的等离子弧焊接，称为微束等离子弧焊接。由于是在小电流条件下，无论是等离子弧的形态、稳定性及其对电源、设备的要求，还是焊接工艺过程及其操作方法，都有一系列的特殊性。

1. 微束等离子弧原理及应用形态

微束等离子弧是由普通等离子弧发展而来的，而普通等离子弧又是从焊接电弧发展来的。

普通电弧焊的电弧，如图2-1a所示，是在工件上的空气中自由燃烧，不受约束，一般可叫自由电弧；而等离子弧是一种受压缩气体约束的电弧。等离子弧的产生简单过程是：使普通自由电弧产生在一个叫焊枪的电弧室里，使该电弧受到强烈的惰性气体压缩作用，以电弧柱的形态从电弧室预留的喷嘴孔道中喷出，形成稳定的持久的电弧焰流，就叫等离子弧，也可叫压缩电弧，见图2-1b。

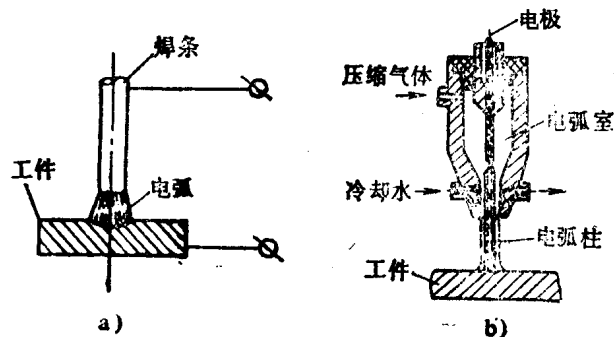


图2-1 电弧示意图

a) 自由电弧 b) 等离子弧

微束等离子弧是等离子弧的一种。在产生普通等离子弧的基础上采取提高电弧稳定性措施，进一步加强电弧的压缩作用，减小电流和气流，缩小电弧室的尺寸，这样，就使微小的等离子焊枪喷嘴喷射出小的等离子弧焰流，如同缝纫机针一般细小，这种小的等离子弧就叫微束等离子弧。可见，就原理而言，微束等离子弧和普通等离子弧是一样的。

等离子弧在应用上有三种形态：非转移弧、转移弧和联合弧，见图2-2。产生这三种形态等离子弧的共同点是：等离子枪的结构是一样的，钨极都接电源的负极。不同点在于电弧正极接的位置不同：非转移弧的正极接在焊枪的喷嘴，即钨极与喷嘴间电弧放电，见图2-2a；转移弧正极接在工件上，

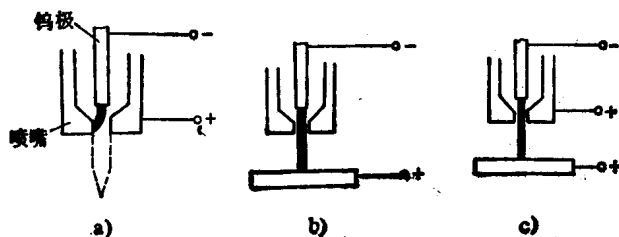


图2-2 等离子弧三种形态

a) 非转移弧 b) 转移弧 c) 联合弧

由钨极和工件间形成等离子弧,见图2-2b。转移弧的产生要经过两步走,即:先在钨极和喷嘴间产生非转移弧,使其电弧焰流从喷嘴喷出并接触工件,然后进行电路转换,将电源的正极从喷嘴电路转移到工件电路,转移弧便瞬即产生(非转移弧同时熄灭)。联合弧是非转移弧和转移弧同时并存的一种电弧形态,见图2-2c。由于非转移弧的存在,使得转移的电弧稳定性大增,所以微束等离子弧采用了联合弧的形态,这也是提高微束等离子弧电弧稳定性的措施之一。联合弧的获得方法也很简单:先获得非转移弧,然后产生转移弧。其与产生转移弧的区别在于:在转移弧产生的同时,不要切断非转移弧(不要切断喷嘴的正极电路),这样就可得到非转移弧(也叫维持电弧,简称维弧)和转移弧(也叫工作电弧,或焊接电弧)同时存在的联合弧。

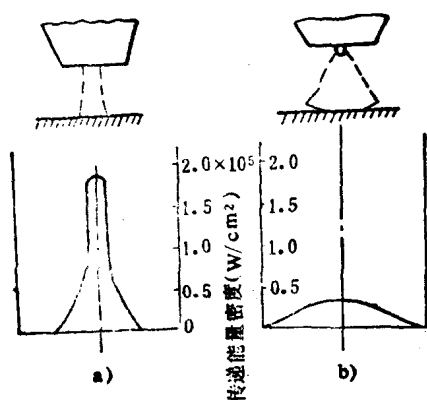


图2-3 等离子弧和钨极氩弧的能量密度比较

a) 等离子弧 b) 钨极氩弧

(试验比较条件: 电流 200A, 氩气流量 $1.1\text{m}^3/\text{h}$)

2. 微束等离子弧焊接特点

(1) 电弧能量密度高 众所周知, 等离子弧是普通电弧受压缩而形成的, 所以它比处于自由状态的普通电弧和氩弧的能量密度要高许多, 从图2-3可见, 等离子弧的能量密度约为钨极氩弧的5倍。因此, 等离子弧焊接能量集中, 温度高。而微束等离子弧, 它的喷嘴孔径更小, 受到的压缩作用更大, 因而微束等离子弧的能量密度更高。

(2) 电弧稳定性高 钨极氩弧焊在电流低于10A时, 电弧就很不稳定, 焊接难以维持。而微束等离子弧焊, 即使是电流小到0.1A, 也能得到稳定的等离子弧。这是因为, 微束等离子弧有一个较高空载电压的电源供电, 又受到较强的压缩作用, 同时在钨极和喷嘴间还始终存在一个1~3A的维持电弧, 不断地向电弧空间提供等离子气体所致。

关于电弧的稳定性, 通常是采用拉长电弧使之不断弧的最大弧长来衡量。曾有试验, 微束等离子弧焊使用0.75mm喷嘴, 10A电流, 在焊接过程稳定的条件下, 弧长可达6mm; 而小电流氩弧焊, 在10A电流时, 其弧长仅为0.6mm。可见, 微束等离子弧的稳定性, 比同条件下的氩弧要高10倍。

(3) 电弧刚性好 电弧的刚性是指电弧柱的挺直性能, 也叫挺直度。刚性好挺直度就好, 即弧柱不发飘、不发散, 等离子弧的刚性比自由电弧的刚性要好许多。由于微束等离子

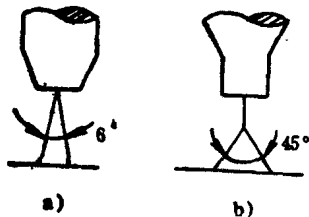


图2-4 弧柱发散角示意图

a) 微束等离子弧 b) 氩弧

弧受到压缩作用更强, 所以电弧的刚性更好。一般氩弧焊的弧柱呈锥体形状, 而微束等离子弧的弧柱基本上是圆柱体状。如在(2)款电弧稳定性弧长比较试验中, 微束等离子弧的弧柱发散角为 6° , 而同样电流下氩弧弧柱发散角则为 45° , 见图2-4, 二者相差7~8倍。

微束等离子弧刚性好, 焊接时电弧的指向性也强, 电弧指向工件待焊处, 呈现一个小圆亮点, 而同条件下的氩弧, 指向工件待焊处却是一个小圆面积。可见, 微束等离子弧焊接指向性好,

电弧不飘不移、不发散。

(4) 弧长变化对焊件热影响小 超薄件的焊接关键在焊件表面受热要均匀, 不能因弧长的波动有较大的变化。在10 A 电流下用微束等离子弧和氩弧对同样工件进行加热, 如果受热的工件表面上电弧柱的横断面面积允许有20%的变化的话, 那么, 微束等离子弧则允许弧长有 $\pm 1.25\text{mm}$ 的波动, 而氩弧的弧长偏差只为 $\pm 0.125\text{mm}$, 两者相差10倍。

由于微束等离子弧的弧长变化对焊件受热不敏感, 加上(2)(3)的特点, 这就为手工操作提供了有利条件。

(5) 焊接变形小 微束等离子弧温度高, 能量集中, 就熔化金属来说, 15 A 的微束等离子弧的能量, 足以相当于45 A 的氩弧的能量。因此, 使用微束等离子弧焊, 焊缝窄, 热影响区小, 焊接变形小。变形量要比小电流氩弧焊小25%~30%, 这一点对长焊缝焊接尤为可贵。

(6) 可调参数多 微束等离子弧焊接, 除了可以调节焊接电流、焊接速度以外, 还可以调节工作气流、保护气流、喷嘴孔径等工艺规范参数来改变电弧形态和焊缝尺寸, 以获得满意的焊缝。

如果使用脉冲电源供电, 则可调节的规范参数将更多。

(7) 易于实现焊接过程自动化 焊接过程自动化能够实现电弧自动控制, 能自动地将弧长控制在允许的偏差范围内, 达到工件表面的均匀受热, 这就要求电弧能够提供较高的电弧电压作为反馈信号。小电流氩弧焊时, 电弧电压梯度为 0.6V/mm , 弧长的允许偏差为 $\pm 0.125\text{mm}$, 能够提供给执行机构的最大信号偏差是 $\pm 0.1\text{V}$ 左右; 而微束等离子弧焊时, 电弧电压梯度最大可达 7.9V/mm , 弧长的允许偏差为 $\pm 1.25\text{mm}$, 所能提供的最大反馈信号偏差竟达 $\pm 10\text{V}$ 左右, 显然这对实现焊接过程自动控制非常有利。

3. 获得微束等离子弧的基本三要素

若想获得微束等离子弧(也包括普通等离子弧), 必须满足以下三个基本条件:

(1) 微束等离子弧发生器 微束等离子弧发生器是产生微束等离子弧的器件, 也叫等离子枪, 这是三要素中的首要条件, 它是以等离子电弧室为主体组成的。

电弧室由上下两体构成, 中间加以绝缘, 见图2-5。上枪体的主要功能是: 夹持钨极并使之接入电源负极, 以使钨极尖端能产生电弧放电的阴极斑点; 将电弧放电产生在钨极区的热量及时排走; 钨极应能始终保持对准下枪体的喷嘴孔径中心, 且应能调整极尖的高度和更换新钨极; 导入惰性压缩气体。这样, 上枪体应有电、气、水三个导入孔道和一个水的出口。下枪体上安装经常更换的喷嘴, 要接电源的正极, 要有进出冷却水的散热系统。有的微束等离子弧焊枪上设有保护气系统也设置在下枪体上。

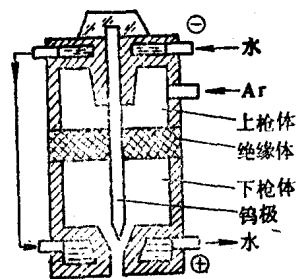


图2-5 等离子枪的基本构成示意图

简而言之, 产生微束等离子弧的第一要素是要有一个良好的等离子枪。什么叫良好呢? 就是: 不漏气, 不漏水, 不漏电, 电极对中且调整更换方便; 喷嘴耐用又便于更换。关于微束等离子枪的详细要求、功能和结构将在下一章阐述。

(2) 直流电源 一般等离子弧都用直流电源。由于等离子弧的伏安特性与焊接电弧的伏安特性(也叫外特性)基本属于同一类型, 所以等离子弧所需要的直流电源的伏安特性与

直流弧焊机一样，应是下降的。直流电源的电流调节应是均匀细微的。普通等离子弧焊接是使用通用的直流弧焊发电机或整流式弧焊电源就可满足要求。

作为微束等离子弧焊的电源，除了上述的直流、下降的伏安特性、电流可以细微调节要求以外，还有一条重要的特殊要求，即高空载电压。一般直流弧电源的空载电压是80~100V。微束等离子弧的电源空载电压应是120~160V，有时还要高达200V才行。这是因为微束等离子弧的电流小（<30A），电弧气体介质质点的电离、发射作用弱，为便于引弧和稳弧，就需要提高空载电压来加强场致发射作用，所以微束等离子弧的电源需要特制专用。

微束等离子弧电源使用时是采用正极性接法，即将焊枪钨极接电源负端；电源的另一端（正极）通过接触器开关接焊枪的喷嘴。同时，电源的正极端还要并联一个电路，即通过接触器并联到工件上，见图2-2c。

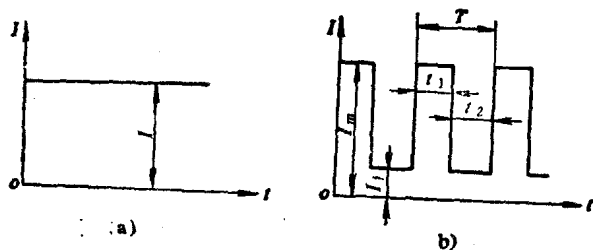


图2-6 微束等离子弧的两种供电电流波形示意图

a) 连续直流电流 b) 脉冲直流电流

I —连续直流电流 I_0 —基本电流 I_m —脉冲电流（峰值）

t_1 —脉冲宽度（通电时间） t_2 —脉冲间隙时间 T —周期

节，而且脉冲频率 $f = \frac{1}{T}$ 和脉冲占空系数（或叫占空比） $k = \frac{t_1}{T}$ 都可以按工艺需要进行调节。可见，脉冲电源优于普通直流电源。

简而言之，产生微束等离子弧的第二要素是：要有一台特制的有较高空载电压、下降伏安特性和电流可细调的直流电源。

(3) 惰性气体源 在等离子枪的电弧室里，电弧柱是在三个压缩效应（机械压缩效应、热收缩效应和磁压缩效应）的作用下形成等离子弧的。三个效应中有两个是惰性气体所为，所以惰性气体是产生等离子弧的必不可少的第三要素。

微束等离子弧所使用的气性气体，一般都是氩气，使用工业用瓶装压缩氩气即可。使用时要接装减压表和流量计，以便能精细地调节压力和流量这两个参数。

4. 微束等离子弧焊机的构成

有了微束等离子弧焊枪、微束等离子弧专用电源和氩气，虽说满足了产生微束等离子弧的基本条件，组合起来就可以产生微束等离子弧，但作为一台功能完善的、应用方便的微束等离子弧焊机来说，还远远不够，还应有一些锦上添花的辅助部分，这些部分是：

(1) 引弧装置 引弧装置是进行点燃微束等离子弧的器械，是等离子设备的主要附属部分。当前，微束等离子弧焊机的引弧方法有下述两种：

1) 机械短路引弧法 在电源、气源接通后，按动焊枪上电极（钨极）的可动绝缘端子，使钨极与喷嘴接触的瞬间马上松手，借弹簧力使电极迅速离开喷嘴，于是电弧便在钨极与喷嘴间产生——非转移弧。

这种引弧装置方法简单,故障率低,维护容易。但此法的微束等离子枪体积大,操作不灵活;由于上电极有活动部分,长时间的使用会产生磨损,易使电极对中的偏差增大,钨极接触引弧,钨极总是有些烧损。

2) 高频电火花引弧法 采用一套产生高频电火花的高压电装置,将高频高压输出端分别引到枪体的钨极和喷嘴上。引弧时,只要接通高频电源,则高频高压电便将钨极与喷嘴间的惰性气体间隙击穿,产生火花,在电源(适当电流)、气源(适当压力和流量)接通条件下,则非转移形的微束等离子弧便立即产生。

这种引弧法的优点是:高频装置放置在控制箱内,所以枪体体积小,枪体钨极对中不易变化;钨极烧损也小;引弧以及焊接过程可以实现自动程序控制。因此,现在大部分微束等离子焊机都采用高频火花引弧法。但是,使用这种方法要注意防护高频高压对焊机绝缘的击穿,特别是对硅整流电源的二极管更要加强保护。

(2) 控制系统 微束等离子弧焊机的控制系统的主要功能有:

1) 直流电源的通断控制。

2) 氩气气阀开关和延时开关控制。

3) 高频引弧系统的控制。

4) 焊枪移动或工件转动的控制。

5) 非转移弧的引燃和由非转移到转移弧的自动转移控制。

6) 焊接过程程序(焊接开始——预送等离子气——接通电源——产生高频火花——引燃非转移弧——焊枪对准工件待焊处——供保护气——转移弧产生——焊枪移动——正常焊接;焊接停止——焊接电流衰减——切断焊接电流——滞后关闭等离子气——焊枪停止移动——关闭保护气——焊接停止。)自动控制。

7) 保证焊枪冷却水畅通的控制。

8) 焊接电流、电压、气体流量等工艺参数的指示及调整。

9) 焊机工作状态的信号指示。

由此可见,完善的微束等离子弧焊机应包括等离子枪、直流电源和控制箱(系统)三大部分。由于电源和控制箱较小,通常将它们合并装在一起。关于具体的微束等离子弧焊机的结构、原理、性能和规格型号,本书就不作阐述了。

就当前国内外所有的几十种规格型号微束等离子弧焊机中,都没有超出本节有关各款所介绍知识范围,都是在保证获得微束等离子弧的基本要素的条件下,不同程度的完善其辅助功能,所以掌握了上述内容对各种型号的微束等离子弧焊机均能很快熟悉。

5. 微束等离子弧焊工艺规范参数

微束等离子弧焊接的工艺参数,主要是焊接电流、焊接速度、工作气体流量、保护气体流量、电弧长度、焊嘴直径、焊嘴通道比和钨极的内缩量等,它们和焊缝的形状和焊接质量都有影响,将简要分述如下。

(1) 焊接电流 焊接电流(I)是微束等离子弧焊的重要工艺规范参数,对焊缝形状和焊接质量影响较大。焊接电流大,焊缝宽度(B)和焊缝熔深(H)都增大,见图2-7。

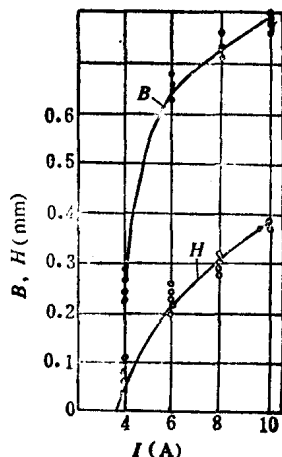


图2-7 焊接电流与焊缝成形关系

当其它参数不变时,焊接电流从4A增大到10A,则焊缝宽度从0.27mm增大到0.78mm;而焊缝熔深则从0.038mm增大到0.375mm。显然,电流对熔深的影响远大于对熔宽的影响。

焊接电流如果选择过大,会使熔深与熔宽不成比例。在对接焊时,过大的电流会使工件烧穿,角焊时,会产生咬肉;叠板端面焊(或卷边焊)时,会使熔化金属堆积,焊缝成形变坏。若焊接电流选用的太小,会产生未焊透,焊缝呈小锯齿状,也是不好的。因此,正确地选择焊接电流十分重要。

选择焊接电流应根据被焊工件的材料种类、厚度、结构形状及尺寸等情况和本人的经验(或参见表2-1)来初步选定,再通过试验修正后确定,以便保证焊缝有足够的熔深、熔宽和良好的成形,来满足设计上要求。

(2) 焊接速度 焊接速度也是一个主要工艺规范参数。当其它参数不变时,焊接速度太快,则被焊件单位长度上受热太少,即焊接线能量小,不足以完全熔化焊缝金属,仅局部熔化,使焊缝呈现锯齿状。相反,若焊速太慢,则被焊件单位长度上受热又过大(焊接线能量大),母材过度熔化,会产生烧穿或焊缝下陷。

选择焊接速度要与焊接电流相配合。使用硬规范(大电流)焊接时,要配合高焊接速度;若选用软规范(小电流)时,则应配合低焊接速度。只要焊接电流和焊接速度匹配得当,都会得到优质焊缝。

焊接速度的确定,也要根据被焊件的种类、厚度、结构形状和尺寸,并依据本人的经验(或参考表2-1)进行初选,再用试验来验证并最后确定。

(3) 工作气体 工作气体是产生等离子弧的气体,所以又叫离子气。又因它是从等离子枪的喷嘴中心流出的,因此也可以叫中心气。工作气体流量(Q),在焊接过程中一方面影响着等离子弧的稳定性和形态,另一方面还决定着焊缝质量。

当工作气体流量增大时,则微束等离子弧的弧柱伸出喷嘴的长度会增长,电弧刚性增大,微束等离子弧的转移变得容易。同时,焊缝的熔深和熔宽开始增加。但增大到一定值

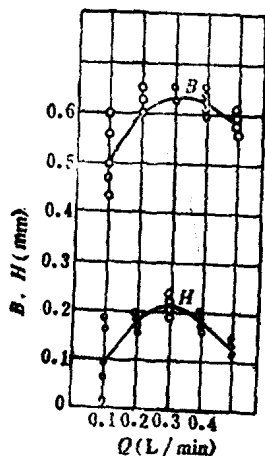


图2-8 工作气体流量
对焊缝成形的影响

(大约为0.3L/min)后,进一步增大气流量,则熔深和熔宽均下降,见图2-8。这是由于工作气体像焊接电流一样,也有个临界值。在临界值以前,微束等离子弧工作在焊接状态中;超过临界值,则微束等离子弧就工作在切割状态中,焊缝呈现上述的不良影响,甚至烧穿,无法焊接。

工作气体流量减小,则电弧刚性变小,焊缝熔深、熔宽下降,同时使微束等离子弧的后拖量(焊接时微束等离子弧在工件上的中心落后于前进方向喷嘴中心投影的距离)也增大。随着工作气体流量的减小,微束等离子弧的转移也越加困难,这是由于气体的气流太小,压力太低,形成的微束等离子弧不容易从喷嘴中伸出来的缘故。所以,为便于微束等离子弧的转移,工作气体流量不能太低。

微束等离子弧焊接的工作气体,通常都使用瓶装工业用氩(Ar)气。气体流量一般选用在0.1~0.3L/min。

(4) 保护气体 为保证焊接质量,微束等离子弧焊枪都设计了等离子弧的保护气罩

表2-1 焊接工艺规范参数参考数据

焊件材料 厚 度 (mm)		焊接速度 (mm/ min)	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)	工作气 Ar(L/ min)	保护气(L/min)	喷嘴孔径 (mm)	备 注
不 锈 钢	0.025	127	0.3	—	0.2	8(Ar+1% H ₂)	0.75	卷 边 焊
	0.075	152	1.6	—	0.2	8(Ar+1% H ₂)	0.75	
	0.125	375	1.6	—	0.28	7(Ar+0.5% H ₂)	0.75	
	0.175	775	3.2	—	0.28	9.5(Ar+4% H ₂)	0.75	
	0.25	320	5	30	0.5	7Ar	0.6	
	0.1	370	3.3	24	0.15	4Ar	0.6	对 接 焊 (背后有铜垫)
	0.25	270	6.5	24	0.6	6Ar	0.8	
	1.0	275	2.7	25	0.6	11Ar	1.2	
	0.25	200	6	—	0.28	9.5(1% H ₂ +Ar)	0.75	
	0.75	125	10	—	0.28	9.5(1% H ₂ +Ar)	0.75	
镍 合 金	0.15	300	5	22	0.4	5Ar	0.6	对 接 焊
	0.71	150~200	5~7	—	0.28	7(Ar+8% H ₂)	0.8	
	1.2	125~150	10~12	—	0.38	7(Ar+8% H ₂)	0.8	
钛	0.2	150	5	—	0.2	8Ar	0.75	手 工 对 接
	0.37	125	8	—	0.2	8Ar	0.75	
	0.55	250	12	—	0.2	8(H ₂ +25% Ar)	0.75	
哈 依 斯 特 洛 合 金	0.125	250	4.8	—	0.28	8Ar	0.75	对 接 焊
	0.25	200	5.8	—	0.28	8Ar	0.75	
	0.5	250	10	—	0.28	8Ar	0.75	
康 铜	φ0.05	—	0.5	—	—	3Ar	0.6	端 头 对 接
	φ0.1	—	0.5	—	—	3Ar	0.6	
不 锈 钢	φ0.75	—	1.7	—	0.28	7(Ar+15% H ₂)	0.75	搭 接 时 间 1s, 并 接 时 间 0.6s
	φ0.75	—	0.9	—	0.28	7(Ar+15% H ₂)	0.75	
镍 丝	φ0.12	—	0.1	—	0.28	7Ar	0.75	搭 接 热 电 偶
	φ0.37	—	1.0	—	0.28	7(Ar+2% H ₂)	0.75	
钼丝与镍丝φ0.5		焊一点为 0.2s	2.5	—	0.2	9.5 Ar	0.75	点 焊
紫 铜	0.025	125	0.3	—	0.28	9.1(Ar+0.5% He)	0.75	卷 边 对 接
	0.075	150	10	—	0.28	9.5(Ar+75% He)	0.75	

置。工作时，在微束等离子弧的周围，始终有一个圆锥状的惰性气体气幕保护着电弧和熔池。

一般常采用氩气作保护气体。但要注意，工作气、保护气都用同一种气体时，二者的流量应有一个合理的比例。如果工作气流量过小，保护气流量过大，由于保护气的冷却作用，而会使工作气流紊乱，电弧不稳，保护效果反而不好。

有时，为了进一步地加强保护效果、提高焊缝质量，还采用以氩气为主的混合气体为保护气。选择混合气体作保护时，可参照表2-1。

焊接不锈钢时，为了提高热效率，在保护气中加入2%~5%的氢气，效果最佳。氢含量

过大, 会形成气孔。混合气中 H_2 含量对焊缝熔宽和熔深也有影响, 见图2-9。但是, 焊接钛、锆、铜及其合金、轻金属等时, 不宜使用含 H_2 的混合气体作保护气, 因为微量的 H_2 可能导致焊缝产生气孔, 使焊缝强度下降。若确需混合气体作保护气时, 可加入氦(He)气。

最后还需强调一点: 应用混合保护气体时, 一定要保证混合均匀, 否则, 会造成电弧不稳, 影响正常焊接进行。

(5) 电极内缩量 电极内缩量是指焊枪的钨极尖端至喷嘴端面之间的距离。内缩量太小, 容易使电极与喷嘴造成接触短路; 内缩量太大, 电弧不易建立, 即使是建立起电弧, 燃烧也不稳定。电极内缩量通常为 $1.7\sim 2.5\text{mm}$ 。

(6) 电弧长度 微束等离子弧的电弧长度, 是指转移弧(工作弧)的长度。具体说, 就是钨极的尖端至工件熔池表面(一般可认为到工件表面)的距离。这样, 微束等离子弧的电弧长度应包括电极内缩量和喷嘴端面到工件表面的间隙距离两部分。

试验表明, 电弧长度的变化对焊缝尺寸(熔宽、熔深)的影响很小。所以, 在焊枪的电极内缩量已定的条件下, 电弧长度通常是以喷嘴端面到工件表面的间距来表示。

微束等离子弧的弧长选择, 是以电弧能可靠的转移和操作人员能方便的工作为宜, 一般选在 $2\sim 5\text{mm}$ 。

(7) 喷嘴孔径 喷嘴中心孔是微束等离子弧的通道, 因此, 中心孔的直径 d 是通道大小的标志。喷嘴孔径越小, 则电弧压缩的程度越好, 能量越集中, 电弧的刚性也越好。

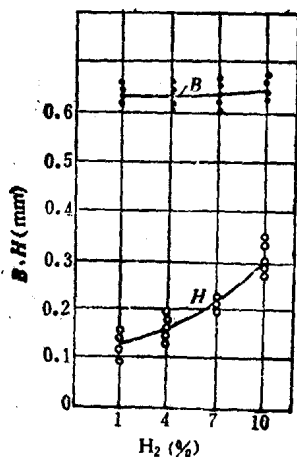


图2-9 混合气中氢对焊缝成形的影响

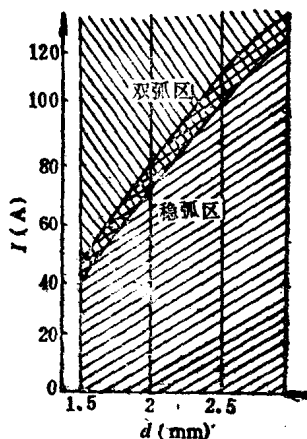


图2-10 喷嘴孔径 d 与电流 I 的关系

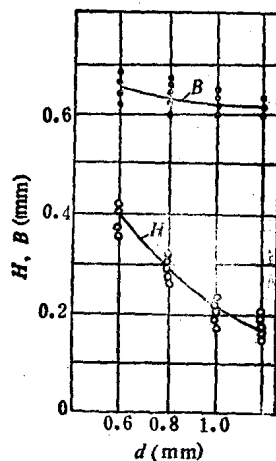


图2-11 喷嘴孔径 d 与焊缝成形尺寸之关系

喷嘴孔径将限定了微束等离子弧电流的大小, 所以一定孔径的喷嘴, 将对应一个电流最大值(临界电流), 超过此值, 就会产生双弧, 见图2-10。

喷嘴孔径还将影响焊缝的熔深(熔宽变化不大), 见图2-11。随着喷嘴孔径的增大, 熔深 H 将减小。

选择喷嘴孔径时, 要综合考虑。孔径太大, 电弧的压缩效果不好; 孔径太小, 临界电流太低, 焊接时电流稍微超过就会形成双弧, 孔径还易被电弧燃烧的黑烟堵死。

微束等离子弧焊的喷嘴孔径, 一般不超过 1.5mm , 这时的焊接电流最大可达 30A 。

(8) 喷嘴通道比 喷嘴孔道的长度与直径之比叫喷嘴通道比。

通道比太小（通道短而孔径大的喷嘴），对电弧的压缩不好；通道比太大（通道长而孔径小的喷嘴），电弧不易建立，弧不稳，而且容易产生双弧。喷嘴通道比一般选取在1.5~1.8为宜。

6. 微束等离子弧焊接技术要点

(1) 接头形式 微束等离子弧焊主要用于焊接薄件或薄件与厚件的联接件，所以微束等离子弧焊的接头形式和尺寸有其独特之处，见图2-12。图中d、e、f、g的装配为压配合。由图2-12可知，微束等离子弧焊的接头不开坡口。对于板厚0.2mm的对接接头，通常都采用卷边的接头形式（图2-12b）。

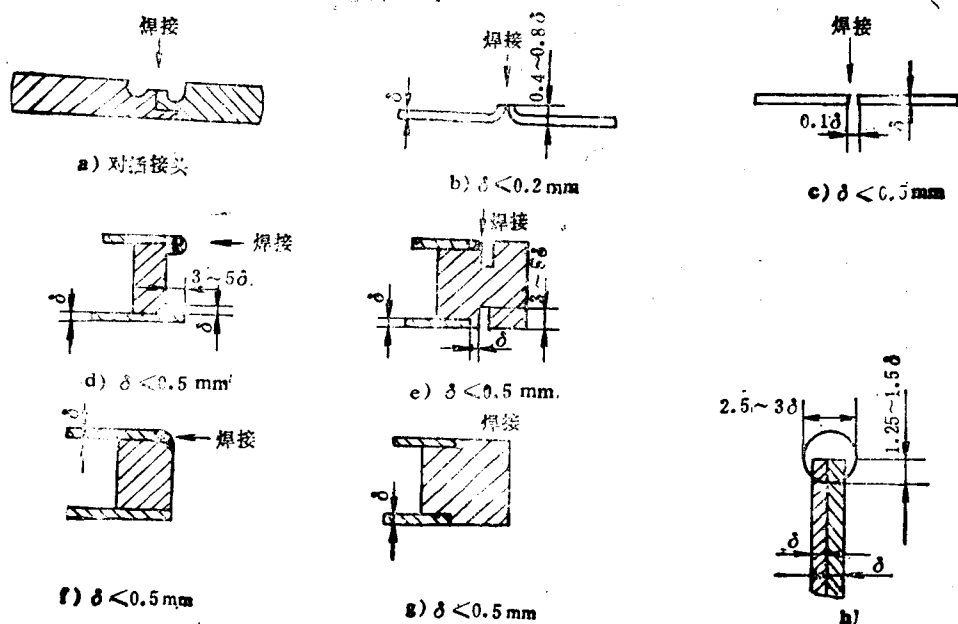


图2-12 微束等离子弧焊常用接头形式

(2) 夹具和金属垫板 微束等离子弧焊接为了保证精确的装配和获得高质量的焊缝，必须使用装配夹具或装配一焊接联合夹具。夹具的尺寸要求精密，装卸要求方便，焊缝周围的夹具零件要用非磁性材料（黄铜、不锈钢）制造，防止焊接时电弧产生偏吹。

为了保证焊缝背面的良好成形，焊道背面要放上金属垫板。一般的金属垫板上均有成形槽，形状可以是倒三角形、矩形或半椭圆形，成形槽宽可为2~3mm，槽深0.2~0.5mm。当焊件板厚小于0.3mm时，可以使用无槽的光垫板。金属垫板的材料往往选用紫铜。一般情况下，金属垫板常和装配一焊接夹具结合在一起。

(3) 增强保护效果 一般的微束等离子弧焊枪都带有保护气罩装置（喷嘴）。但在有些情况下，如受焊缝的形式和位置所限，或焊件的结构和尺寸所限，焊枪的保护气罩对焊缝的保护并不完全有效，这时焊接夹具应加设特殊的保护装置，增强保护效果。保护装置的结构和方式因焊件而异，是多种多样的。如装在正面焊缝两侧附近的反射屏（保护气挡板），可将散失的保护气折回，改善保护条件。再如，焊接管状结构件（或小型容器）时，可向管（或容器）内部充保护气，保护背面焊道。对某些焊件也可以设计专用保护喷嘴，如保护卷