

YA HU
HAN
GONG
RU MEN



宋仲元 张一鸣 编著

国防工业出版社 出版

一九八〇年 六月 五日

氩弧焊工入门

氩弧焊工入门

宋仲元 张一鸣 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以通俗的文字和不长的篇幅介绍了氩弧焊焊接技术的基本知识，手工氩弧焊的操作经验，自动焊工艺的一般情况及近期发展情况。叙述了减少焊接应力与变形的措施和实践经验。书中还设有专门部分介绍不锈钢、高温合金、铝合金、钛合金等材料的焊接特点和易出现的问题以及防止办法，推荐了常用材料填充焊丝的选择原则和供参考的规范参数，对焊接缺陷及产生原因、防止方法以及安全防护也作了简要介绍。

本书可作为从事生产工作的氩弧焊工的读物，也可供有关技术人员参考。

氩弧焊工入门

宋仲元 张一鸣 编著

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 4 81千字

1980年4月第一版 1980年4月第一次印刷 印数：00,001—13,200册

统一书号：15034·1989 定价：0.34元

序 言

随着工业生产和科学技术的发展，新材料不断出现，用一般传统的气焊、电弧焊方法已不易达到所要求的焊接质量，从而促使人们去探索新的工艺方法。在二十世纪三十年代，出现了不熔化极的惰性气体保护焊，到四十年代，为了焊镁合金，钨极气体保护焊开始应用并发展起来，五十年代，又发展了熔化极气体保护焊。由于惰性气体保护焊具有一系列的显著优点，故近二十年来在国内外各工业部门获得了广泛的应用。六十年代，又出现了钨极脉冲氩弧焊、熔化极脉冲氩弧焊、热丝钨极氩弧焊等新工艺方法，进一步扩大了氩弧焊的应用范围，使之成为一种极普遍的工艺方法，几乎在工业的所有部门都获得越来越广泛的应用。

近些年来，氩弧焊的机械化、自动化的程度得到了很大提高，出现了控制因子越来越多的数控焊机，也使氩弧焊的发展达到一个更高的阶段。

氩弧焊之所以能获得如此广泛的应用，主要有如下优点：

1. 氩气保护可隔绝空气中氧、氮、氢等对电弧和溶池的不良影响，减少合金元素的烧损，能得到致密、无飞溅、质量高的焊缝；
2. 电弧燃烧稳定、热量集中、电弧温度高，焊接生产效率高，使热影响区窄，故焊件应力、变形、裂纹倾向均小；
3. 是明弧焊，操作及观察方便；

4. 由于钨极损耗小、弧长易保持，电弧无熔剂、涂药覆盖，为明弧，故易实现过程的机械化和自动化；

5. 氩弧焊能焊接一般焊接方法不易焊的难熔、易氧化的合金，如：铝及铝合金、镁及镁合金、钛及钛合金、不锈钢、高温合金和钼、锆等稀有金属；

6. 如采用脉冲焊，可实现全位置的焊接。

统一书号
15034·1989

定价0.34元

目 录

序言	3
第一章 氩弧焊基础知识	1
1.1 氩弧	1
1.2 保护气体	10
1.3 钨极	16
1.4 焊丝	22
第二章 氩弧焊设备	24
2.1 氩弧焊工作间的准备	24
2.2 氩弧焊机	30
2.3 氩弧焊枪	38
第三章 焊接工艺技术	40
3.1 焊前准备	40
3.2 手工焊操作技术	45
3.3 自动焊工艺技术	58
3.4 减少焊接结构应力与变形的措施	69
第四章 几种材料的焊接	75
4.1 不锈钢的焊接	75
4.2 高温合金的焊接	83
4.3 铝及铝合金的焊接	88
4.4 钛及钛合金的焊接	96
第五章 焊接缺陷及其防止	108
第六章 安全防护	114
参考文献	119

第一章 氩弧焊基础知识

1.1 氩 弧

氩弧焊是用惰性气体——氩气保护的一种电弧焊接方法。它是从专用的焊枪喷嘴喷出严密的氩气层流（图 1-1），隔开空气使电弧在这个氩气层流包围之中，电弧在钨极和工件之间燃烧，利用电弧产生的热量熔化被焊处，并填充焊丝，把两块分离的金属连结在一起，从而获得牢固的焊接接头的过程。

氩弧焊分为不熔化极氩弧焊和熔化极氩弧焊两类。其具体分类见图 1-2。

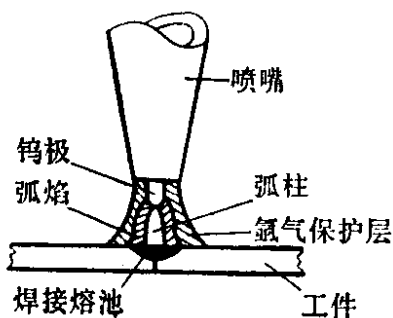


图1-1 钨极氩弧焊电弧的组成

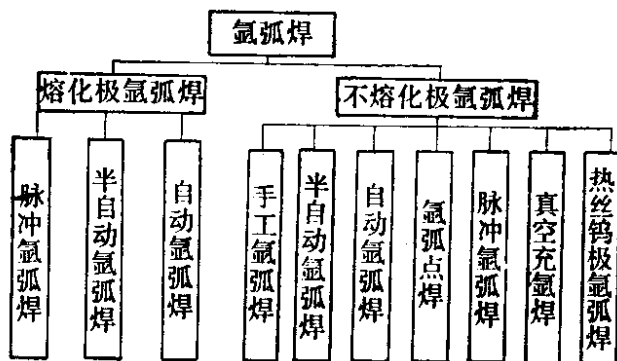


图1-2 氩弧焊的分类

1.1.1 氩弧的生成

在氩气介质保护下，钨极借助热发射大量电子，在电场作用下，电子与气体原子或分子多次碰撞发生电离，或借助于钨极和工件之间的高频高压使氩气直接电离，产生足够的正、负离子和电子，从而促使气体导电，在钨极与焊件

之间产生连续的弧光放电，即产生了“氩弧”。氩弧中心白色耀眼部分叫“弧柱”，弧柱的温度非常高，可达5000K以上，它能熔化任何金属，作为焊接的热源用。

1.1.2 引弧方法

电弧引燃的方式有三种，见表1-1。

表1-1 钨极氩弧焊常用的引弧方法

引弧形式	引 弧 方 法	焊接电源	焊接方法
接触引弧	摩擦法、点触法	直流正接	手 工
短路引弧	用石墨、用碳棒、用铅笔	直流正接	自 动
引弧器引弧	高频振荡器、高压脉冲引弧器	直流、交流	手工、自动

接触引弧：将钨极与焊件表面接触，形成短路，在接触处电流密度较大，产生很高的热量，使钨极末端和焊件表面迅速加热，产生大量热电子发射，在抬起焊枪的瞬间，在电场作用下，钨极发射的电子撞击氩原子使气体电离成正离子和电子，而使气体导电。这时带正电的离子向阴极运动并轰击阴极，使阴极温度剧增，电子猛烈发射，将电弧激发。

短路引弧：自动焊接时，电极与工件保持一定的距离，其间用碳棒（或石墨及铅笔）进行短路接触，在撤除碳棒的瞬间电弧就产生了，电弧引燃过程与接触引弧相似。

引弧器引弧：借助高频振荡器或高压脉冲引弧器的高频或高压脉冲的作用，产生电火花放电，使钨极与焊件之间的气体电离，从而引燃电弧。

当电源正常，而不能引燃电弧时，其主要原因是：

1. 电缆、通气电缆、焊枪接头、焊接工作台、焊件等处接触不良，松脱或开焊；

2. 引弧板和焊件表面有铁锈、水、陶瓷、油、漆、防锈液、泥土等；

3. 引弧器发生故障，不能正常工作；

4. 钨极经过较长时间使用后，表面积了一层氧化膜。

1.1.3 氩弧特性

表 1-2 列出了几种常用保护气体的物理性质。

表 1-2 几种常用保护气体的物理性质^[4]

保护 气体	熔点 (°C)	沸点 (°C)	比重 20°C, 1 个大气 压 (克/ 米 ³)	电离 电位 (伏)	比 热 容 (卡/克·度)			热 导 率 千卡/米·小时·度			5000K 时分解 程 度	稳 弧 性
					0°C	20°C	2000°C	0°C	600°C	1000°C		
氦 (He)	-272	-268.9	0.179	24.5	1.250	1.250	—	0.123	0.286	—	不分解	良好
氩 (Ar)	-189	-185.8	1.784	15.7	0.125	0.125	—	0.014	0.034	—	不分解	最好
氮 (N ₂)	-210.1	-195.8	1.251	14.5	0.248	0.249	0.310	0.21	0.52	0.62	0.038	满意
氢 (H ₂)	-259	-252.9	0.089	13.5	3.400	3.410	4.160	0.148	0.367	0.491	0.96	不好

氩气是单原子气体，高温时不分解，没有吸热作用。氩气比其它气体的比热容小、热导率低，故在氩气中燃烧的电弧热量损失小，电弧热量集中，弧柱温度高，稳弧性最好。

采用交流电源时，极性不断变化（即焊件与钨极互相更替为阴阳两极），在电流通过零值、变更极性的瞬间，重新引燃电弧较困难。一则氩气电离势较高（15.7伏），难以电离引弧，再则电弧空间充满冷的氩气流，故在正常引弧电压

下，电弧较难复燃。必须采用很高的引弧电压（如焊铝及铝合金时，空载电压高达 200 伏左右），这对操作是很不安全的。这时，可采用高频引弧和脉冲稳弧装置来解决。

“阴极雾化”作用

当用交流电源焊接铝合金、焊件为负极半周波时，大量正离子以很高速度向阴极移动，轰击溶池表面，产生很大的热量，使溶池表面难熔的金属氧化膜破坏、分解和蒸发，显现光亮、清洁的金属表面。这种现象只是在直流反接或交流焊接、焊件为阴极时才出现，焊接时无需添加熔剂即可得融合良好的光亮焊缝。直流正接无这一现象，故称为“阴极雾化”（或“阴极破碎”）作用。通常气焊焊接铝合金时，要加熔剂去除溶池表面的氧化膜，才能使焊丝金属与溶池金属融合，形成焊缝。但氩弧焊时，由于“阴极雾化”的作用，焊接有色金属（如铝合金等）时，可以不用熔剂，就能有效的去除溶池表面的氧化膜，形成融合良好的焊缝，从而避免了残存熔剂对接头的腐蚀作用，省去了清洗熔剂的工序。生产中，焊接铝合金采用交流，而不用直流反接，是由于直流反接虽有“阴极雾化”作用，但使钨极损耗快、寿命短，交流电则兼有“阴极雾化”作用和钨极寿命较长的优点。

交流电弧中的局部整流作用

采用交流电源焊接有色金属时，钨极和工件的两极的热物理性质相差很大，使交流两个半波的电弧电流的波形发生畸变，一个半波电流大，一个半波电流小，导致交流电弧中出现整流作用，产生直流成分。直流成分是一种有害成分，一般希望把它去除掉。

为什么会产生整流作用呢？这是因为当钨极为阴极时，

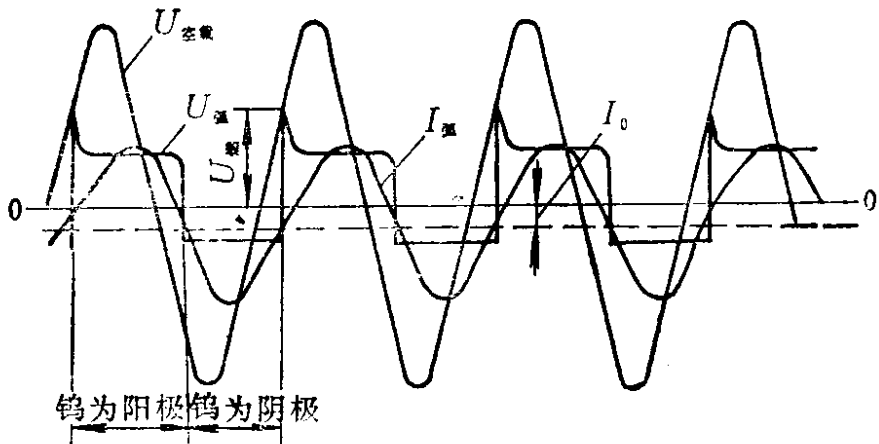


图1-3 钨极交流氩弧焊时电压与电流的波形图

发射较多的电子，电流较大，阴极电压降比较低。而当焊件（有色金属）为阴极时，发射的电子较少，电流较小，阴极的电压降较高。这样在交流电的两半波中造成电弧电压及电流是不对称的，见图 1-3。

当电源电压一定时，正负半波电流是不相等的，钨极为负半波时，电流大；焊件为负半波时，电流小。这种现象称交流电弧中的整流作用，这就

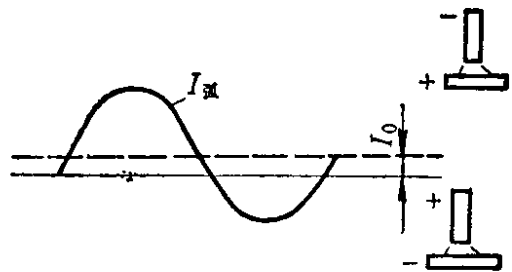


图1-4 钨极交流氩弧焊时的直流分量

相当于一个交流电和一个直流分量相叠加，见图 1-4。

随着电极、焊件材料的热物理性能的差别增大，直流分量也增大，反之减小（如熔化极氩弧焊，焊丝和焊件材料相似，直流分量就不明显），直流分量的方向是从焊件流向电极，即相当于在焊接回路中，除了交流电源外，还存在正极性的直流电源。

直流分量是一种有害成分。由于直流分量的存在，缩短

了焊件处于阴极的时间，减弱了“阴极雾化”的作用，严重时不能彻底清除溶池表面的难熔氧化物，造成氧化物夹渣，降低焊接质量。直流分量大，溶池飞溅增多，电弧左右摆动，燃烧过程很不稳定，焊缝成形不良。

为了减少和消除直流分量，可采用如下措施：

(1) 在电路中串接一蓄电池，见图 1-5(a)，使它产生的直流电流与原电路中的直流分量相等，并使蓄电池的“正”极和电极相联，即蓄电池的电流方向与直流分量方向相反，如 NSA-600 型交流氩弧焊机就是采用这种方法，但此法繁琐，蓄电池电压过高过低，仍会产生直流分量，效果不佳；

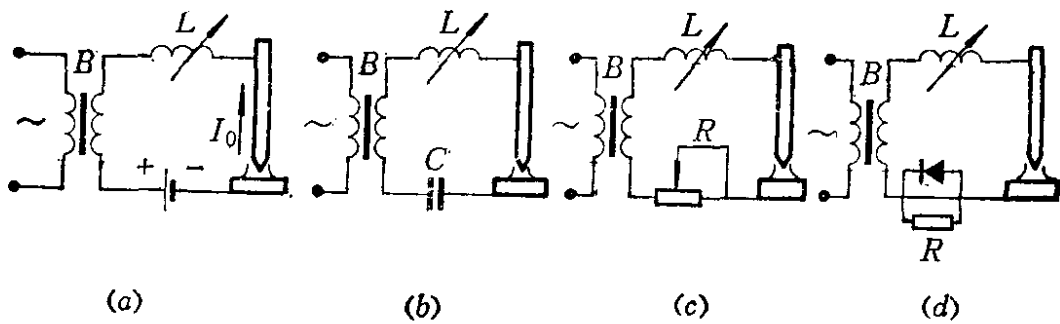


图1-5 减少和消除直流分量的方法

(2) 在电路中串联电容器，见图 1-5(b)，它只允许交流电通过，从而消除了直流分量，如 NSA-300、NSA-500 型交流手工氩弧焊机及 NZA-500 和 NZA2-300 型自动氩弧焊机均用此法，此法虽好，但所需电容器数量大、成本高是其不足之处；

(3) 在电路中串联有效电阻，见图 1-5(c)，这种方法能量损耗大，效率低；

(4) 在电路中串联二极管加并联电阻，见图 1-5(d)，对减少直流分量也有较好效果。

1.1.4 电源种类与极性选择

根据不同焊接材料和焊接方法选用不同电源种类及极性。

(1) 直流正极接

如图 1-6，即钨极接负极，焊件接正极。焊接时，电子向焊件高速冲击，故焊缝较窄、熔深较大，钨极不过热、损耗少，允许钨极采用较大的许用电流。这种接法适合于不锈钢、耐热钢、钛合金、低合金高强度钢的焊接。

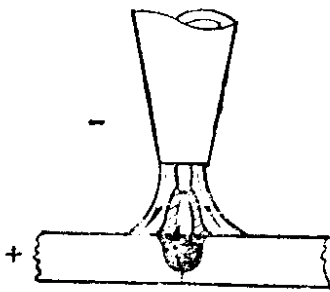


图1-6 直流正接钨极氩弧焊

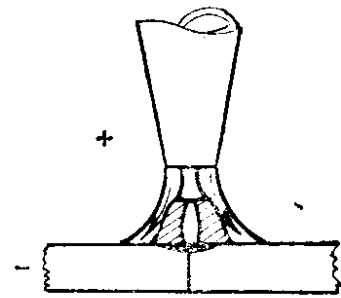


图1-7 直流反接钨极氩弧焊

(2) 直流反极接

如图 1-7，即钨极接正极，焊件接负极。焊接时，由于钨极受电子高速冲击，使钨极温度升高，钨极损耗快、寿命短，如图 1-8 所示，电弧稳定性较差，一般较少应用。而熔

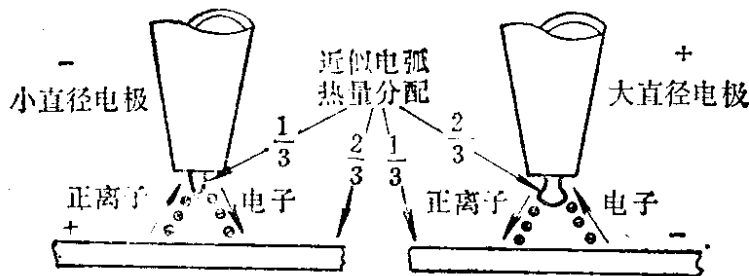


图1-8 钨极氩弧焊电极极性和电弧热量的分配

化极氩弧焊则采用这种极性,由于电子轰击作为正极的焊丝,焊丝端的温度较高,热量较大,有利于焊丝的熔化,能提高焊丝熔化速度,提高生产率。

(3) 交流电

适于铝、镁等熔点低而又表面易产生高熔点氧化膜的金属的焊接。它弥补了直流正接无“阴极雾化”作用和直流反接钨极损耗大等缺点,即交流有半波有“阴极雾化”作用而又使钨极损耗不致过大,其钨极许用电流比直流反接要大。

焊接不同金属材料对电源种类和极性的选择见表 1-3。

表1-3 焊接不同金属材料对电源种类和极性的选择

电源种类与极性	被 焊 材 料
直流正极接	不锈钢、耐热钢、钛及钛合金、高温合金、低合金高强度钢
直流反极接	各种材料的熔化极氩弧焊
交 流	铝、镁及其合金

1.1.5 熔化极氩弧焊溶滴过渡特性

熔化极氩弧焊或熔化极脉冲氩弧焊时,焊丝末端向溶池过渡的溶滴形式对电弧的稳定、焊缝质量有很大影响。

一般溶滴过渡形式有三种:短路过渡、大滴过渡和喷射(射流)过渡。

(1) 短路过渡

焊丝末端熔化的溶滴与溶池短路接触,靠表面张力、重力、电磁力等作用,频频过渡到溶池。这种过渡形式,焊接电流小,弧长最短,短路频率最高,短路时发出“啪,啪”的响声,焊工从弧长的高低和短路的响声就能判别是什么过

渡形式。这种方法主要用于薄板 CO_2 细丝焊。熔化极氩弧焊很少采用。

(2) 大滴过渡

当电流密度较小时，电磁力较小，在溶滴表面张力下，形成较大溶滴（大于焊丝直径），主要靠重力和表面张力向溶池过渡，过渡频率低，并间断与溶池短路。焊工从溶滴直径的大小和过渡频率就能判别这种过渡形式。这种过渡形式飞溅多，电弧不稳，焊缝成形不良，故一般很少采用。

(3) 喷射过渡

当焊接电流大到某临界电流值时，电磁力很大，溶滴以细滴喷雾状（比焊丝直径小得多）高速喷向溶池。焊工从溶滴的细滴喷雾状和稳定无声响的过渡即可判别这种过渡形式。这种过渡形式电弧非常稳定，焊缝无飞溅，成形良好，故熔化极氩弧焊或熔化极脉冲氩弧焊主要采用这种过渡形式。

为了获得喷射过渡，要求一定直径焊丝所采用的焊接电流大于该直径为获得喷射过渡的临界电流值。不同直径的不锈钢丝和铝丝为获得喷射过渡的临界电流值如表 1-4。

表1-4 不锈钢丝和铝丝为获得喷射
过渡的临界电流值

焊丝直径(毫米)		1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	2.5	3.0	3.2
临界 电流 值 (安)	1Cr18Ni9Ti	190	—	240	280	—	320	350	—
	Al	—	100	135	—	185	—	—	235

1.1.6 电弧偏吹与稳弧措施

焊接电弧受外力作用，很易发生摆动，造成不稳，电弧

不稳影响保护效果和焊接质量，产生气孔、氧化等缺陷，使焊缝成形不良，严重时能使正常焊接过程中断。影响电弧稳定的因素主要有：

(1) 磁偏吹：电弧周围有铁磁物质，直流焊接时，在磁场作用下造成偏吹；

(2) 穿堂风的影响，使电弧游动不稳；

(3) 钨极端头短路熔化成大球状；

(4) 交流焊时，直流分量较大时；

(5) 焊件、引弧板不清洁，表面有铁锈、水、油污等脏物时；

(6) 焊机的外特性、动特性不良等。

故为了使电弧稳定，除排除上述因素外，尚可采用下述稳弧措施：

(1) 将钨极端头磨尖；

(2) 使用钍钨或铈钨电极；

(3) 采用小电流稳弧法：对直径1.5~2毫米钨极磨尖，用克丝钳将钨极劈成尖状，且在焊接回路加可变电阻，使焊接电源具有陡降特性，这样配合使用，焊接电流小于15安，电弧仍能比较稳定；

(4) 采用高频振荡器、高压脉冲稳弧器或稳弧触发器（与高压脉冲发生器配合使用）等稳弧装置。

1.2 保护气体

氩气是一种较理想的保护气体，它是单原子气体，不会产生化合物，高温不分解，也不溶于金属中，不与任何元素发生反应。在惰性气体中，氩在空气中的比例是最多的，按