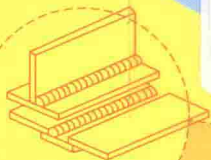




焊工自学读本
HANGONG ZIXUE DUBEN

手工钨极氩弧焊 一学就会

»» 王 兵 主编



全零起点 轻松掌握职业技能

全新模式 完美图解应知应会

无师自通 快速打开就业之门



化学工业出版社



焊工自学读本
HANGONG ZIXUE DUBEN

手工钨极氩弧焊 一学就会

»» 王 兵 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

手工钨极氩弧焊一学就会/王兵主编. —北京:
化学工业出版社, 2014.10
(焊工自学读本)
ISBN 978-7-122-21425-6

I. ①手… II. ①王… III. ①钨极惰气保护焊
IV. ①TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 168117 号

责任编辑: 王 焯
责任校对: 王素芹

文字编辑: 杨 帆
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
850mm×1168mm 1/32 印张 8 字数 212 千字
2014 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

为方便焊工自学、掌握和提高焊接技术，我们组织编写了本套丛书，本套丛书包括《焊条电弧焊一学就会》、《气焊与气割一学就会》、《CO₂ 气体保护焊一学就会》、《埋弧焊一学就会》、《手工钨极氩弧焊一学就会》。每本书中均包含有基础知识、操作工艺以及各种焊接材料、焊接工具和设备的应用。丛书还用具体章节介绍了焊工技术安全、文明生产及劳动保护知识，内容包括预防触电及抢救、防火、防爆以及高空作业等安全知识与注意事项。

本套丛书通俗、易懂、简明、实用，编写时综合考虑实际需要和篇幅容量，便于让焊工通过各种焊接工艺入门知识的学习，轻松掌握一技之长，并利于有一定焊接操作基础的读者更全面地提高焊接技术水平。本套丛书各自独立成册，又相互关联并互相补充。

本书是《手工钨极氩弧焊一学就会》分册，从氩弧焊的基础讲起，按好掌握、能操作、易学会的原则，简述了埋弧焊的原理、特点和适用范围；由浅入深系统地介绍了埋弧焊所用设备和辅助机具；循序渐进地讲解了氩弧焊的工艺理论和实操技能，分析了氩弧焊中常见故障与排除方法。全书共分五章，内容有：氩弧焊安全文明与生产、氩弧焊焊接材料、氩弧焊焊接设备与调试、手工钨极氩弧焊的基本操作技术、氩弧焊焊接质量与控制。

本书既强调基础知识，又着力体现新技术、新材料、新工艺、新方法；在编排上采用文字、图、表相结合的方式，图文并茂，直观适用；在内容层次的选择上，注重理论，强化能力，可同时满足不同层次读者的学习要求。本书由王兵主编，刘明、雷振国副主编，聂正斌、曾艳、张军、毛江华、奚亚洲、张继红、袁成照参加编写。

由于编者水平有限，书中难免有缺点和不妥之处，恳请广大读者批评指正，以利提高。

第 1 章 氩弧焊安全文明生产**1**

- 1.1 金属材料的力学性能与热处理 1
 - 1.1.1 金属材料的力学性能 1
 - 1.1.2 金属材料的力学试验 2
 - 1.1.3 金属材料的热处理 3
- 1.2 金属材料焊接基础 5
 - 1.2.1 焊接化学冶金 6
 - 1.2.2 熔池的形成 8
 - 1.2.3 熔池结晶和焊缝组织 10
 - 1.2.4 熔合区和热影响区 14
 - 1.2.5 焊缝符号及其标注 18
- 1.3 氩弧焊安全文明生产 32
 - 1.3.1 安全用电与个人防护 32
 - 1.3.2 防火、防爆及弧光辐射 44
 - 1.3.3 特殊环境焊接的安全知识 52
 - 1.3.4 焊接生产中的安全技术与清洁生产 55
 - 1.3.5 氩弧焊安全技术要点 58

第 2 章 氩弧焊焊接材料**60**

- 2.1 氩弧焊焊丝 60
 - 2.1.1 焊丝的作用与要求 60
 - 2.1.2 焊丝的分类 62
 - 2.1.3 焊丝的牌号与型号 62
 - 2.1.4 焊丝的使用与保管 77

2.2	钨极	79
2.2.1	钨极的作用及其要求	80
2.2.2	钨极的种类、牌号及规格	80
2.2.3	钨极的载流量	82
2.2.4	钨极端头的几何形状	82
2.3	保护气体	83
2.3.1	氩气	83
2.3.2	氦气	84
2.3.3	混合气体	87
2.3.4	保护气体的选择	88

第3章 氩弧焊焊接设备与调试

91

3.1	氩弧焊工作原理与特点	91
3.1.1	氩弧焊的工作原理	91
3.1.2	氩弧焊的特点	92
3.1.3	氩弧焊的分类	94
3.2	手工钨极氩弧焊设备	97
3.2.1	常用氩弧焊机的型号编制方法	97
3.2.2	手工钨极氩弧焊机的技术特性	99
3.2.3	氩弧焊机的安装与连接	105
3.2.4	焊机的调试	111
3.3	氩弧焊电源与控制设备	112
3.3.1	氩弧焊电源	112
3.3.2	引弧装置	114
3.3.3	稳弧装置	115
3.3.4	控制系统	116
3.4	氩弧焊其他设备	117
3.4.1	焊枪	117
3.4.2	供气系统	123

- 4.1 氩弧焊坡口设计与形式 128
 - 4.1.1 坡口设计的一般原则 128
 - 4.1.2 氩弧焊的焊缝接头形式 128
 - 4.1.3 焊接位置 134
 - 4.1.4 坡口的加工与清理 134
- 4.2 焊接工艺参数 136
 - 4.2.1 焊接电流 136
 - 4.2.2 电源种类和特点 137
 - 4.2.3 钨极与焊丝直径 141
 - 4.2.4 焊接速度 142
 - 4.2.5 电弧电压 142
 - 4.2.6 喷嘴直径和氩气流量 143
 - 4.2.7 钨极伸出长度 146
 - 4.2.8 喷嘴至焊件距离 146
- 4.3 手工钨极氩弧焊的基本操作技术 147
 - 4.3.1 焊枪和焊丝的握持方法 147
 - 4.3.2 手工氩弧焊的焊丝送进方式 148
 - 4.3.3 引弧 149
 - 4.3.4 焊枪的移动方式 150
 - 4.3.5 焊丝的填充位置 152
 - 4.3.6 焊丝的续进手法 154
 - 4.3.7 双面同时焊接法 156
 - 4.3.8 接头和收弧 157
 - 4.3.9 定位焊 159
- 4.4 手工钨极氩弧焊各种位置焊接操作技术 159
 - 4.4.1 平板焊接 159
 - 4.4.2 管板焊接 174
 - 4.4.3 管子对接 187

4.5	有色金属的氩弧焊	195
4.5.1	镍及镍合金的氩弧焊	195
4.5.2	铝及铝合金的氩弧焊	197
4.5.3	镁及镁合金的氩弧焊	200
4.5.4	铜及铜合金的氩弧焊	201
4.5.5	钛及钛合金的氩弧焊	207
4.5.6	锆及锆合金的氩弧焊	209

第5章 氩弧焊焊接质量与控制

211

5.1	焊接质量管理	211
5.1.1	质量管理的内容	211
5.1.2	焊接质量控制	215
5.1.3	焊接质量检验	230
5.2	氩弧焊质量标准与故障排除	240
5.2.1	氩弧焊质量标准	240
5.2.2	氩弧焊机的维护及故障排除	241

参考文献

244

第1章

氩弧焊安全文明生产

1.1 金属材料的力学性能与热处理

1.1.1 金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在力或能的作用下，材料所表现出来的一系列力学性能，如强度、弹性、塑性、硬度、韧性和疲劳等，见表 1-1。它反映了金属材料在各种形式外力作用下抵抗变形或破坏的能力。

表 1-1 金属材料的力学性能

力学性能	说 明
强度	指金属材料在缓慢加载的静载荷作用下，抵抗永久变形和断裂的能力，其载荷的作用方式有拉伸、压缩、弯曲、剪切和扭转等方式。按照用力的性质不同，可分为抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等。工程上常用的是金属的屈服强度和抗拉强度
弹性	金属材料在外力作用下发生变形，当外力去掉后，仍能恢复其原来形状和尺寸的变形，这种变形叫做弹性变形。具有这种弹性变形能力的特性称为弹性
塑性	当作用在材料上的外力超过某一限度，在去掉外力后大部分变形随之消失（弹性变形部分），但留下部分变形不能完全恢复原来的形状和尺寸，而出现残余变形，这部分残余变形叫做塑性变形。塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。金属塑性主要用断后伸长率、断面收缩率和冷弯角来表示

续表

力学性能	说明
韧性	韧性是指在冲击载荷的作用下,金属在破断前吸收变形能量的能力。通常用冲击吸收功或冲击韧度来表示
硬度	硬度是指金属抵抗较硬物体压入能力。它不是一个单纯的物理量,是反映材料强度、塑性、弹性的综合力学性能指标。硬度可以用不同的方法,在不同的仪器上测定,主要有布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度等
疲劳	疲劳是指金属在交变外力的作用下,所承受的最大应力低于屈服点就发生突然断裂的现象,其衡量指标是疲劳极限

1.1.2 金属材料的力学试验

测定金属材料的强度、弹性、塑性、韧性、硬度和疲劳性能的试验,叫做金属材料力学性能试验,见表 1-2。

表 1-2 金属材料的力学试验

项目	说明	图示
拉伸试验	<p>拉伸试验可测得金属材料的抗拉强度、屈服强度、伸长率和断面收缩率,即从同一个拉伸试样上可以取得四种数据</p> <p>焊缝金属和焊接接头的拉伸试验也是暴露焊接缺陷的一种手段</p>	
冲击韧度试验	<p>冲击韧度指金属材料受冲击力作用下,抵抗变形和断裂的能力。冲击韧度试验大多采用的方法是一次摆锤冲击试验和小能量多次冲击试验(目前使用最为普遍的是一次摆锤冲击试验方法)</p>	
弯曲试验	<p>弯曲试验是指把金属材料或焊接接头试样绕一定直径的轴(压头)进行弯曲,以检验材料的塑性和表面质量的试验</p>	

续表

项目	说明	图示
硬度试验	是用不同的方法在不同的仪器上进行的金属抵抗较硬物体压入能力的试验	

1.1.3 金属材料的热处理

热处理主要是将金属材料通过在固态下加热、保温和冷却等方法改变其内部组织，而获得所需要的组织结构和性能的一种工艺方法。

焊接时，靠近焊缝的母材热影响区受到焊接加热及冷却过程的影响，实际上是经受了热处理，在多层焊时，热影响区和已焊完的前面几层焊缝要经受多次的热处理。

热处理的方法有退火、正火、调质、淬火、回火等，见表 1-3。

表 1-3 热处理的基本方法

基本方法	含义	目的	适用范围
退火	退火就是将钢加热到适当的温度，保温一定时间，然后缓慢冷却的热处理工艺方法	降低钢的硬度，改善钢的切削性能；提高钢的塑性和韧性；细化晶粒，均匀钢的组织 and 成分，改善钢的性能，为最终热处理做好准备；消除钢中的残余内应力，以防止变形和开裂	适用于中碳钢和中碳合金钢的锻、轧、铸件及焊接件的去应力

续表

基本方法	含义	目的	适用范围
正火	正火是将钢加热到工艺规定的某一温度,经保温一段时间后,在空气中冷却到室温的热处理工艺方法	除与退火的目的基本相同外,还有:对于含碳量低于 0.25% 的低碳钢和低合金钢,能改变其组织,提高硬度,改善切削性;对于含碳量在 0.25%~0.5% 范围内的中碳钢,能细化晶粒,使组织均匀;能改善和细化铸钢件的铸态组织;可作为强度要求不高的零件最终热处理	为低碳钢和低合金钢铸、锻件消除应力,细化组织,改善切削加工性能和淬火前的预备热处理;防止工件变形或开裂,要作为结构件的最终热处理
调质	调质是指钢材淬火后再高温回火的复合热处理工艺方法	使材料获得较好的强度、塑性和韧性等综合力学性能及切削加工性能	适用于承受冲击、交变载荷作用下和重要结构零件、工模具,还常作为渗氮、表面淬火等表面强化件及某些精密零件、量具、模具的预备热处理
淬火	淬火就是将钢件加热到工艺规定的某一温度,保温一段时间后很快冷却的一种热处理工艺方法	提高钢的硬度和耐磨性;使结构零件获得良好的综合力学性能;能获得一定的物理性能和化学性能	改善某些特殊钢的物理或者化学性能
回火	回火就是将淬火钢重新加热到工艺规定的某一温度,经保温后再冷却到室温的热处理工艺	主要是调整钢的力学性能;降低硬度,提高塑性和韧性;减少内应力,降低脆性;稳定组织,保证材料的形状和尺寸等	它是淬火的后续工序,它对钢在使用中的性能起着决定性的作用

金属材料在焊接后,为改善焊接接头的组织和性能,或消除残余应力而进行的热处理称为焊后热处理。焊后热处理是防止延迟裂纹、消除内应力、改善焊接接头性能的有效措施。

1) 消氢处理。消氢处理的温度一般为 300~350℃,保温 2~6h 后冷却。消氢处理的目的是使焊缝金属中的扩散氢迅速逸

出，降低焊缝及热影响区的氢含量，防止产生冷裂纹。

对于焊后立即进行热处理的焊件，热处理过程中可以达到消氢的目的，不需另作消氢处理。

2) 消除应力热处理。消除应力热处理的主要目的是消除焊接拉伸残余应力，以保证结构使用时安全可靠。

3) 改善焊后性能热处理。

① 对于低碳钢、不易淬火的低合金高强度钢、低温钢及铁素体不锈钢，一般不需进行焊后改善性能热处理。

② 对于易淬火钢和耐热钢，为了改善焊接接头的性能，提高高温性能，焊后必须进行高温回火处理，以消除淬硬组织。

③ 对于奥氏体不锈钢，为了改善焊接接头的抗晶间腐蚀性能，可在焊后进行稳定化处理。

④ 铁素体不锈钢，焊后在 600°C 以上短时加热后空冷，可消除 475°C 脆化；加热到 $930\sim 980^{\circ}\text{C}$ 急冷可消除 σ 相脆化，使焊接接头的性能得到改善。

⑤ 对于马氏体不锈钢，焊缝及热影响区淬硬倾向较大，易产生延迟裂纹，焊后应进行高温回火处理。回火温度一般在 $730\sim 790^{\circ}\text{C}$ 之间。不得从预热或层间保持温度直接进行热处理，应冷却到 $150\sim 120^{\circ}\text{C}$ 保温2h，防止晶粒粗化，使奥氏体的主要部分转变为马氏体，然后及时进行高温回火处理，以获得具有足够韧性的细晶粒组织。

1.2 金属材料焊接基础

熔焊的过程就是靠近焊缝的母材被加热、冷却和焊缝金属结晶并随后冷却的过程。与此同时，焊接接头的某些部位还发生一定的塑性变形。焊接过程一般都要经历加热、熔化、化学冶金反应、结晶、固态相变、形成接头等过程。从冶金学的角度对各个过程进行分析和研究，是金属材料焊接的理论基础。

1.2.1 焊接化学冶金

焊接化学冶金，是指熔焊时，焊接区的熔化金属、熔渣、气体之间在高温下进行的一系列化学冶金反应，它直接影响焊缝金属的成分、组织和性能。其过程是在气-渣联合保护的前提下，分药皮反应区、熔滴反应区和熔池反应区连续进行的。

(1) 气体对熔化金属的作用

焊接区的气体主要有 CO 、 CO_2 、 H_2 、 O_2 、 N_2 、水蒸气及金属与熔渣的蒸气等，其中 O_2 、 H_2 、 N_2 对焊接质量的影响最大。 O_2 、 H_2 、 N_2 在焊接熔池中的溶解度比较见表 1-4。

表 1-4 焊接熔池中气体的溶解度 (单位: mL/100g 铁中)

温度/°C	O_2	H_2	N_2
1600	228	30	39
2000	590	43	45

1) O_2 。主要来源于空气中的氧、药皮中的氧化物和母材表面的铁锈、水分的分解产物。氧在电弧高温下，能与铁和其他合金元素发生氧化反应，造成合金元素烧损，氧化产物（如 MnO 、 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 ）一般浮到熔渣中去，也会夹杂于焊缝中。

氧与碳或氢反应，生成不溶于金属的气体 CO 或 H_2O ，若不能顺利逸出，就会形成气孔。焊缝金属中的氧，一般以 FeO 形式存在。焊接时，通过焊条药皮中的脱氧剂、造气剂和焊芯中的脱氧元素的作用，能使焊缝金属中的含氧量显著减少。焊缝金属中的含氧量增加，对金属性能的影响有：

- ① 伸长率和冲击韧度下降。
- ② 脱氧生成物作为夹杂分布于晶界上，使组织变脆。
- ③ 引起热脆。

2) H_2 。主要来自焊条药皮中的水分及有机物、焊件表面的水分、铁锈、油脂、油漆等。氢不和金属化合，但它能溶解于 Fe 、 Ni 、 Cu 、 Cr 、 Mo 等金属中，随着温度的升高其溶解度增大。焊接

时，由于冷却速度很快，容易造成过饱和的氢残余在焊缝金属中，形成气孔。焊缝金属中的含氢量增加，对金属性能的影响为：

- ① 变脆。
- ② 焊缝金属内产生气孔。
- ③ 产生白点、线状组织等异常组织。
- ④ 容易产生裂纹，尤其是焊道下裂纹。

3) N_2 。主要来自空气。氮在常温下虽然不活泼，但是在电弧的高温作用下会溶解于铁，又能形成稳定的化合物，还可以气态存在于焊接熔池中。为了减少焊缝金属中的含氮量，防止空气中的氮侵入，必须对焊接电弧加强保护。焊缝金属中的含氮量增加，对金属性能的影响为：

- ① 抗拉强度增大。
- ② 伸长率和冲击韧度下降。
- ③ 产生时效硬化。
- ④ 成为产生回火脆性的主要原因。

(2) 熔渣对熔化金属的作用

熔渣主要由酸性氧化物 (SiO_2 、 TiO_2)、碱性氧化物 (CaO 、 MnO) 或中性氧化物 (Al_2O_3 、 Fe_2O_3) 组成。熔渣总是覆盖在熔滴和熔池金属的表面，以隔绝空气；同时，与熔化金属发生一系列化学冶金反应，如脱氧、脱硫、脱磷、渗合金等，从而提高焊缝质量。

1) 脱氧。熔渣对熔化金属的脱氧主要发生在熔滴反应区和熔池反应区。对于碱性熔渣，由于含有大量的碱性氧化物 CaO 、 MnO ，决定了它主要是利用硅和钛作为脱氧剂进行沉淀脱氧，脱氧产物被熔渣吸收浮出熔化金属；对于酸性熔渣，由于含有多量的酸性氧化物 SiO_2 、 TiO_2 ，使熔化金属中的 FeO 能够扩散到熔渣中来，减少了熔化金属的含氧量，同时也利用一定量的锰作脱氧剂进行沉淀脱氧，来加强脱氧效果。

2) 脱硫和脱磷。熔渣对熔化金属的脱硫主要是利用碱性的 CaO 、 MnO 和 CaF_2 进行的，所以碱性熔渣的脱硫能力较强，而酸

性熔渣较弱。熔渣的脱磷，无论是碱性熔渣还是酸性熔渣，效果都不太显著。焊条药皮的脱硫和脱磷是非常有限的，所以焊接时要严格控制原材料中的含硫和含磷量。

3) 渗合金。向焊缝渗合金的主要方式有两种：一种是利用合金焊芯进行渗合金；另一种是利用药皮中的合金剂进行渗合金。药皮中的合金剂主要有锰铁、硅铁、钛铁、铬铁、钼铁等，合金剂必须通过熔渣向熔化金属过渡，熔渣的碱度和黏度对合金元素的过渡量有很大影响。

1.2.2 熔池的形成

焊接时，焊接电弧作为热源，对焊条和母材进行加热。在焊接热源作用下，母材上所形成的具有一定几何形状的液态金属部分称为熔池。它主要由熔化的焊条金属和局部熔化的母材金属所组成。熔池的形状近似呈半椭圆球状，其几何尺寸有熔池长度（ L ）、熔深（ H ）和熔宽（ C ），如图1-1所示。熔池的几何尺寸与焊接工艺参数、母材性质、坡口形状和尺寸有关。一般情况下，随电流的增加，熔池的最大深度 H_{\max} 增大，熔池的最大宽度 C_{\max} 相对减小；而随电压的升高， H_{\max} 减小， C_{\max} 增大。

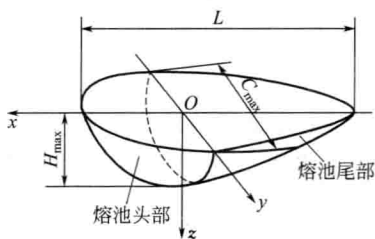


图 1-1 焊接熔池形状

熔池的形成有一段过渡时间，然后才进入稳定状态，一般只在几秒至几十秒，这时熔池的形状、尺寸和质量基本保持不变。对于焊条电弧焊，熔池金属的质量一般在 $0.6 \sim 16\text{g}$ 范围之内，多数情况在 5g 以下。

随着热源的移动，熔池沿焊接方向作同步移动。在熔池的前部母材不断地熔化，温度较高；熔池的尾部，熔池金属不断地凝固，温度逐渐降低。熔池的温度分布如图 1-2 所示，图中 T_M 为熔化温度。

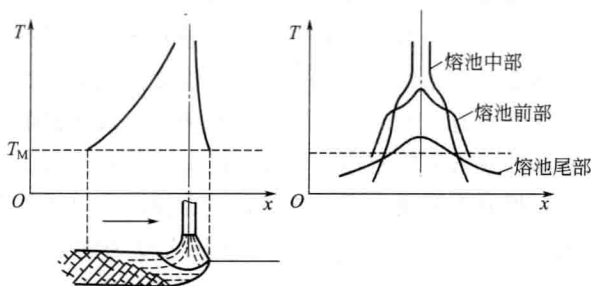


图 1-2 熔池的温度分布

熔池中的液态金属始终处于剧烈的运动状态，其运动形式主要有三种。

(1) 液态金属密度差所造成的自由对流运动

由于熔池温度分布不均匀，温度高处金属密度小，而温度低处金属密度大，这样，密度差就促使液态金属由低温区向高温区运动。

(2) 液态金属表面张力差所引起的强制对流运动

温度高，表面张力则小；反之，温度低，表面张力就大。熔池温度的不均匀分布，必然带来表面张力的不均匀分布，由此将迫使熔池金属发生对流运动。

(3) 热源的各种机械力所产生的搅拌运动

焊接时，熔池上的作用力主要有电弧吹力、熔滴下落的冲击力等，它们对熔池液态金属具有强烈的搅拌作用。

这三种形式的运动综合作用在一起，构成了熔池液态金属的复杂运动。从而使填充金属和熔化的母材均匀混合，获得成分均匀的焊缝金属，同时也促进了气体的逸出和非金属夹杂的浮出，提高了焊缝质量。但在液态金属与母材交界处，由于运动受到限制，在这