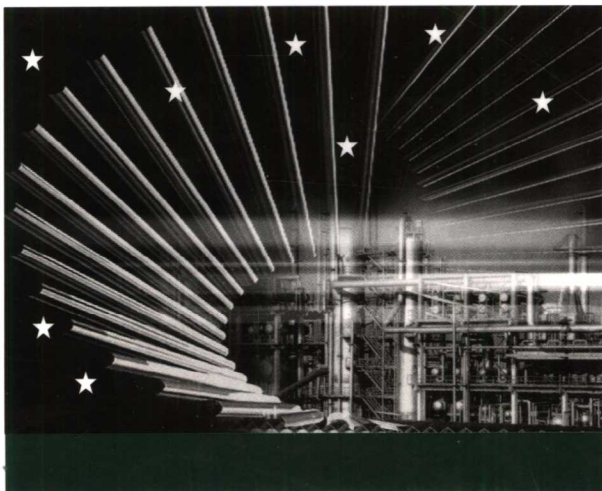


于增瑞 著

钨极氩弧焊实用技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

TG440

6

钨极氩弧焊实用技术

于增瑞 著



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

钨极氩弧焊实用技术/于增瑞著. —北京:

化学工业出版社, 2004.9

ISBN 7-5025-6140-4

I. 钨… II. 于… III. 钨极惰气保护焊

IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 096680 号

钨极氩弧焊实用技术

于增瑞 著

责任编辑: 孙绥中

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 顾淑云 吴 静

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 230 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6140-4/TG·13

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书对钨极氩弧焊工艺，设备，焊接规范参数，焊接材料的选择，基本操作技术，全位置焊接的操作技巧，背面和尾拖保护，双面同步焊接技术，常见焊接缺陷的预防等都作了详细介绍，并对钨极氩弧焊安全技术，焊接质量检验和焊接成本估算等也做了说明。

本书实用性和可操作性强，有作者多年实践的经验总结，可供钨极氩弧焊的焊工阅读，也可作焊工培训教材。

出版者的话

钨极氩弧焊可用于几乎所有钢种、各种厚度和各种位置焊件的焊接，并且可获得高质量焊缝，是航空航天、原子能、石油化工、电力、机械制造、船舶制造、交通运输、轻工和纺织机械等工业部门的一种重要焊接方法，有着广泛的应用。目前，有关钨极氩弧焊方面知识的著作已不少，但是面向工人、突出应用、单独成册的钨极氩弧焊著作尚未见到。

《钨极氩弧焊实用技术》一书，没有过多的原理介绍，而是从设备、工艺、材料到生产安全、质量检验、成本等方面，将工人在实际生产中所需的知识进行了阐述，并且列举了大量典型实例。另外，此书的作者来自生产一线，有着多年的实践经验，书中不少的内容是作者的实践总结。

出版《钨极氩弧焊实用技术》一书，旨在为从事钨极氩弧焊及相关工作的工人们提供一本突出应用、针对性强的资料，提高工人们的焊接技术水平，增强工人们在实际生产中解决问题的能力。

目 录

第一章 工艺概述	1
第一节 操作过程	1
第二节 GTAW 的特点	3
第三节 GTAW 不同电流种类的特点	5
第二章 设备	9
第一节 电源	9
第二节 焊炬	13
第三节 气体保护设备	15
第四节 水冷系统和送丝机构	18
第五节 焊接程序控制装置及电缆和接头	19
第三章 钨极和保护气	20
第一节 钨极型号	20
第二节 钨极许用电流	22
第三节 钨极端部形状和制备方法	23
第四节 钨极选用指南及使用须知	24
第五节 氩气	25
第六节 氮气	27
第七节 混合气	27
第四章 GTAW 焊丝	29
第一节 GTAW 焊丝标准	29
第二节 一般说明	30
第三节 碳钢和低合金钢焊丝	32
第四节 不锈钢焊丝	36
第五节 镍合金焊丝	36
第六节 表面堆焊焊丝	38
第七节 铜及铜合金焊丝	40
第八节 铝及铝合金焊丝	42

第九节	钛及钛合金焊丝	42
第十节	镁焊丝	43
第十一节	熔化衬垫	44
第十二节	焊丝选择	44
第十三节	使用焊丝的注意事项	45
第五章	坡口制备和清理方法	47
第一节	坡口设计	47
第二节	清理方法	48
第六章	工艺和技术	53
第一节	气体保护效果	53
第二节	焊接工艺参数选择	56
第三节	基本操作技术	60
第四节	全位置焊接的操作要领	67
第五节	管道打底焊接操作技术	73
第六节	常见焊接缺陷及预防对策	80
第七章	金属材料焊接	85
第一节	碳钢	85
第二节	低合金钢	85
第三节	马氏体耐热钢	100
第四节	不锈钢	103
第五节	镍和镍合金	130
第六节	铝和铝合金	140
第七节	镁和镁合金	156
第八节	铜和铜合金	157
第九节	钛和锆	173
第十节	异种金属焊接	183
第八章	应用及焊接实例	199
第一节	管道	199
第二节	换热器	203
第三节	航空器	207
第四节	表面堆焊	207
第五节	容器	208
第九章	GTAW 特种类型及应用	211

第一节	半自动焊	211
第二节	机械化焊	211
第三节	轨道焊	212
第四节	电弧点焊	212
第五节	脉冲 GTAW	214
第六节	GTAW 热丝焊	218
第七节	埋弧 GTAW	219
第八节	GTAW 多极焊	219
第十章	安全技术	220
第一节	一般规定	220
第二节	焊接安全用电	223
第三节	氩弧焊安全技术	226
第四节	检修现场焊割安全作业	237
第十一章	焊接质量检验	243
第一节	焊接质量检验方法	243
第二节	非破坏性检验	247
第三节	破坏性检验	255
第十二章	焊接成本	258
第一节	影响成本的因素及成本构成	258
第二节	焊接材料用量	260
第三节	焊接时间和能源	264
参考文献	269

第一章 工艺概述

GTAW 是气体保护不熔化极电弧焊的英文缩写代号，保护气主要是惰性气体氩气、氮气或两者的混合气，不熔化极主要是钨及其合金。人们习惯称 GTAW 为钨极氩弧焊。有时也用 TIG 代号，也是钨极惰性气体保护焊的缩写。为了节省篇幅，本书一律用 GTAW 代替钨极氩弧焊。

GTAW 利用不熔化钨极和母材之间的电弧热去熔化坡口边缘和焊丝，它能精巧地连接工件、精确地将填充焊丝输送到接头中去。没有熔渣和飞溅，是洁净的电弧焊工艺。

GTAW 按操作方式分为手工焊、半自动焊和自动焊三种。手工焊时，焊炬的运动和填充焊丝完全靠手工操作；半自动焊时，填充焊丝则由送丝机构自动送进；自动焊时，如果工件固定则电极电弧做相对运动，焊炬安装在焊接小车上，小车的行走和填充焊丝的送进均由机械完成。此三种方法以手工焊应用最为广泛。

第一节 操作过程

图 1-1 所示为 GTAW 焊炬、电弧、钨极、气体保护以及正在被送入电弧和焊接熔池时的焊丝等的相对位置。

通过焊炬供给的惰性气体层保护加热了的焊接区。使熔融金属和钨电极不受空气污染氧化。利用电弧的热作用来焊接焊缝，相邻的工件和填充焊丝就被熔化，并随着焊缝金属的凝固而连接在一起。

电流通过被电离了的惰性气体，使之产生电弧。被电离的原子失去电子而剩下正电荷。气体的正离子从电弧的正极流向负极。电子从负极流向正极。电弧所消耗的能量等于通过电弧的电流和电弧两端的电压降的乘积。

在焊接开始之前，必须用机械方法或化学方法清理待焊区域上

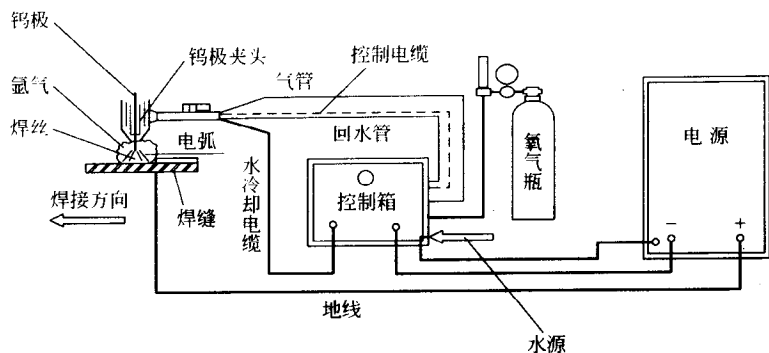


图 1-1 GTAW 操作过程示意

的所有的油、润滑脂、油漆、锈、尘土或其他污染物质。

引弧方法有两种：接触式和击穿式。接触式又分直击式和擦划式，都是使电极与工件瞬间接触并快速使钨极拉开一个短的距离，主要用于简易的 GTAW 设备来焊接黑色金属不重要构件的根层焊道。击穿式又分高频式和脉冲式。高频式是利用高频振荡器产生从钨极到工件的跃迁火花。当在焊接回路上叠加高频高压时，便产生高频引弧，高电压低电流使电极和工件之间的保护气体电离，从而使气体导电并引燃电弧。脉冲式是在钨极和工件之间加一高压脉冲，使两极间气体电离而引弧，是一种较好的引弧方法。用直流电焊接时，在电弧引燃之后便切断高频电压。但是用交流电焊接时，特别是焊接铝时，在焊接过程中通常也要继续保持高频电压。

对于手工焊来说，电弧一旦引燃，焊炬便保持一个大约 15° 的行走角。对于自动焊来说，焊炬一般与表面垂直。手工焊开始时，常常使电弧做小的圆形运动，直到获得一个尺寸合适的熔池为止。一旦在任何一点上达到了充分熔合，便沿着被焊部件逐渐移动焊炬，以便逐渐地熔化邻接的表面并形成焊缝。随着电弧沿接头前进，熔融金属发生凝固而完成焊接循环。

熄弧之前应将焊炬垂直于工件并填充焊丝以免形成弧坑。熄弧后不要立即移开焊炬，应待到滞后气体停止时再移开以免焊缝高温时被空气氧化。通常用手控开关切断电流来停止焊接。

母材的厚度和接头的设计决定着是否需要向接头中填充焊丝。当手工焊填充焊丝时，要将焊丝送入电弧前端的熔池中。

焊丝和焊炬必须逐渐平稳地移动，以使焊接熔池、热的焊丝端部和已凝固的焊缝不暴露于空气中。

焊丝通常与工作表面保持 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 角，并缓慢地送入熔池的前端。在焊接过程中，热的焊丝端部不应离开气体保护区。在 V 形坡口多道焊中，亦可将焊丝沿焊缝轴线紧贴工件放好，使焊丝与坡口钝边一起熔化。在宽坡口焊接中，采用摆动填充焊丝法，焊丝左右摆动的同时，连续送入熔池中。焊丝与焊炬的摆动方向相反，但是焊丝总是靠近电弧并被送入熔池中。自动焊填充焊丝时，焊丝靠焊丝导管机械而均匀地送入熔池中。冷丝送入熔池的前端，热丝送入熔池的后端。

焊接位置的选择由焊件的可动性、工具和夹具的可用性及焊接费用来决定。平焊位置时间最短，费用最低，质量最好。向上立焊可以获得良好熔深，但由于重力的影响，焊接速度慢。平焊和向上立焊时，焊炬与焊缝表面夹角应大于 75° ，否则易卷入空气。

坡口设计取决于材料厚度。厚度小于 3.5mm 可不开坡口，小于 9.5mm 可开 V 形坡口，更厚的材料开 X 形或 U 形坡口（只能从单面焊者）。

主要工艺参数归结如下：

- ① 焊接电流、电压和电源的特性；
- ② 钨极成分、载流能力和形状；
- ③ 保护气体——用于焊接保护的氩、氦等或两者的混合气；
- ④ 焊丝——化学成分和力学性能与母材相近且适用于预定的用途。

第二节 GTAW 的特点

1. 保护效果好，焊缝质量高，保护气流有力而稳定

具有一定压力的气体从喷嘴里以层流方式喷出，具有一定的挺

度，能有效地隔绝周围空气，不溶于金属又不和金属反应。焊接时熔池安静，飞溅很少，金属元素烧损很少，不易产生气孔。阴极清理作用能将工件表面氧化膜清除。能成功地焊接易氧化、氮化的化学性能活泼的有色金属、不锈钢及其各种合金。

2. 能焊接大多数金属

像锡、锌、铅等低熔点和易蒸发的金属除外。GTAW 是焊接铝、镁、钛、锆等有色金属的好方法，尤其是钛、锆能溶解氧和氮，保护不好就会变脆。在异种金属焊接中既不损失合金成分又能获得高质量的焊缝。

3. 电弧热量集中

弧柱在气流的作用下产生压缩效应和冷却，单原子气体无吸热分解反应，导热能力又差，电弧热量散失少，弧柱中心温度可达 10000°C 。由于热量集中、温度高、焊速快，相应的母材受热程度低，热影响区窄，因而焊件变形小。

4. 电弧稳定

即使在很小的电流（5A）下仍可稳定燃烧，特别适合于超薄材料焊接。

5. 适于全位置焊接

无熔渣无飞溅，熔池和电弧的可见性好，操作方便，也是实现单面焊双面成形的好办法。无熔渣对于要求内部洁净的管道特别适用。热源和焊丝分别控制能有效地调节热输入，也是实现自熔化焊接的好办法。

6. 操作技术容易且便于实现自动化

明弧操作，熔池的尺寸容易控制，出现未焊透和烧穿的机会少。焊接时没有复杂的冶金过程，容易焊出优质的焊缝。

7. 气体保护易受周围环境的干扰

室外焊接时需采取专门的防风措施。

8. 生产率低

与别的电弧焊方法比较，熔深浅，熔敷速度小，因为钨极承载电流的能力受限制，过大的电流会使钨极熔化和蒸发，会造成焊缝夹钨。焊接中无精炼作用，焊前对焊件的清理要求高。

9. 成本高

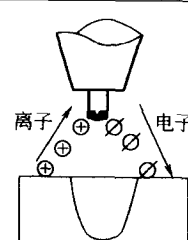
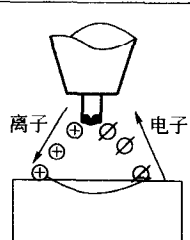
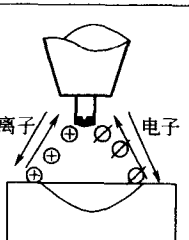
惰性气体昂贵、设备复杂、生产率低是成本高的主要原因。

GTAW 焊接的厚度范围：从生产率考虑，以 3mm 以下为宜，厚件多采用组合焊，GTAW 用于根层焊接。有时在使用条件苛刻、贵重金属的全位置焊接或窄间隙焊接时，为了保证非常高的焊接质量，也常采用通厚 GTAW 方法焊接。

第三节 GTAW 不同电流种类的特点

GTAW 要求采用具有陡降或恒流外特性的电源，以减少或排除因弧长变化而引起的电流波动。GTAW 使用的电流种类可分为直流正接、直流反接和对称交流三种。它们的特点见表 1-1。

表 1-1 GTAW 用电流的特点

项 目	直流正接	直流反接	对称交流
电子和离子流熔深特点			

续表

项 目	直 流 正 接	直 流 反 接	对 称 交 流
两极热量平衡	工件 70% 钨极 30%	工件 30% 钨极 70%	工件 50% 钨极 50%
熔深特点	深而窄	浅而宽	中等
钨极许用电流	最大(如 3.2mm, 400A)	最小(如 3.2mm,30A)	中等(如 3.2mm, 225A)
阴极清理作用	无	有	有(工件为负半波时)
适用材料	氩弧焊:除铝、镁、铝青铜外,其余金属 氦弧焊:几乎所有金属	一般不常用	铝、镁及其合金、铝青铜

1. 直流正接

直流正接被绝大多数 GTAW 所采用。直流电源阳极的发热量远大于阴极。工件为正极、钨极为负极的接法称为正接法。钨极因发热量少,不易过热,同样直径的钨极可以承载较大的电流;工件发热量大,熔深大,生产率高。钨极热电子发射能力强,电弧稳定而集中。因此,大多数金属宜采用直流正接焊接。

2. 直流反接和阴极清理作用

工件为负极、钨极为正极的接法称为反接法。钨极容易过热熔化,同样大小直径的钨极许用电流要比直流正接小得多,约为直流正接的 1/4,且熔深浅而宽,一般不推荐使用。

铝、镁及其合金和易氧化的铜合金(铝青铜、铍铜等)焊接时,可形成一层致密的高熔点氧化物覆盖在熔池表面和坡口边缘。该氧化物如不及时清除,就会妨碍焊接正常进行。当工件为负极时,其表面氧化膜在电弧的作用下可以被清除掉而获得表面光亮、美观、成形良好的焊缝,这是因为金属氧化物电子逸出功小,易发射电子,阴极斑点总是优先在氧化膜处形成,在质量很大的氩正离

子撞击下，表面氧化物破坏分解，而被清除掉，这就是阴极清理作用。清理作用的强弱与正离子的质量有关，氦离子的质量比氩离子小得多，所以氦弧焊比氩弧焊阴极清理作用强得多。正接时，工件为阳极，无论用何种气体都不会产生这种清理作用。直流反接只用于焊接薄件，使受热较少以减小变形，也用于焊接铝镁合金。

为了同时兼顾阴极清理作用和两极发热量的合理分配，对于铝镁、铝青铜等金属和合金，一般都采用同时具有正接和反接特点的对称交流 GTAW 或者采用直流正接氦弧焊。后者虽无阴极清理作用，但因氦弧的热功率大，热量集中，电弧很短时也有一定的去除氧化膜效果。

3. 交流及其电弧的整流作用

交流电源主要用于焊接铝镁、铝青铜等金属和合金，其特点是负半波（工件为负）时，有阴极清理作用，正半波（工件为正）时，钨极因发热量低，不易熔化，同样大小直径的钨极可比直流反接的许用电流大得多。

交流 GTAW 的主要问题是直流分量和电弧稳定性。交流 GTAW 电压和电流的波形是不对称的。正半波时，钨极为负极，因其熔点和沸点高，且导热性差，直径小，热电子发射容易，所以电弧电压低，焊接电流大，导电时间长。负半波时，工件为负极，其熔点和沸点低，且尺寸大，散热快，热电子发射困难，所以电弧电压高，焊接电流小，导电时间短。由于正负半波电流不对称，在交流焊接回路中存在一个由工件流向钨极的直流分量，这种现象称为电弧的整流作用。钨极和工件的熔点、沸点、导热性相差越大（如和铝镁工件），上述不对称情况就越严重，直流分量就越大。

直流分量的危害是削弱了阴极清理作用，使焊接铝镁及其合金产生困难。另外，直流分量磁通使焊接变压器铁心饱和，工作条件恶化，并使焊接电流波形畸变，影响焊接电弧稳定燃烧。清除直流分量的最好方法是在焊接回路中串联电容器，电容器的容量是每安培焊接电流 $300\sim 500\mu\text{F}$ 。使用方便，维修简单。

完全清除直流分量后，焊接电流波形从不对称变为对称。阴极清理作用得到了加强，但随之两极发热量也有所变化：工件发热量减少，钨极发热量增加，钨极承载电流的能力下降。

交流电源正负半波交替时，焊接电流过零反向，电弧空间发生消电离和重新引弧过程，这时的重新引弧电压都高于该半波的燃弧电压，尤其是负半波开始的瞬间，所需的重新引弧电压很高，普通交流弧焊电源的空载电压已不足以维持电弧的连续燃烧，必须采取稳弧措施。

(1) 高频振荡器稳弧 在焊接过程中将 $150\sim 260\text{kHz}$ 、 $2500\sim 3000\text{V}$ 的高频电压持续地加在钨极和工件之间，可以起到维持交流电弧连续燃烧的作用。缺点是高频电压的输出和交流电弧过零的时间不易保持一致，对稳弧的可靠性有一定影响。此外，对工业无线电、电子仪器有干扰作用，对人体健康也有影响。

(2) 高压脉冲稳弧 在负半波开始的瞬间，外加一个高压脉冲，以保证电弧及时复燃。这是效果较好、应用最广的引弧方法。

第二章 设 备

GTAW 使用下列设备。

(1) 一台稳恒电流焊接电源 一种直流或交流电源,用以引弧、稳弧及正常焊接。市售焊机负载持续率在 40%~100%时,电流 5~1500A,电压 10~35V。

(2) 一把焊炬 用以夹持钨极,向焊接区直接输送保护气和向钨极传递焊接电流。

(3) 气体保护设备 一种气体和气源、减压器、流量计、气管、尾拖和背面保护。

(4) 水冷却装置 大电流焊接时用于保护焊炬。

(5) 焊接程序控制装置 控制气体、焊接小车行走、送丝和焊缝追踪,手工设备在控制箱内。

(6) 送丝机构 自动或半自动 GTAW 向接头输送焊丝。

(7) 焊接电缆 连接焊炬、工件和电源。

第一节 电 源

GTAW 需要一台稳恒电流的电源。虽然这些焊机可以作为手弧焊机用,但它们更昂贵,因为电流需要更精确地控制和调节。焊机在输入电压 220V 或 380V 下工作,焊机可以输出交流、交流和直流或直流电,输出电流为 5~1500A,电弧电压为 10~35V。工业用 GTAW 焊机可分为 1 级(负载持续率为 60%~100%)和 2 级(负载持续率为 30%~50%)。

GTAW 焊机可以是发电机、变压整流器或逆变焊机。内燃机驱动的发电机可以输出直流或直流和交流电,适合在无电源的地方工作。

单向输入变压整流器输出交流或直流电,交流电适于铝及其合