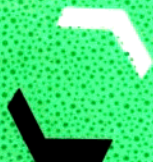


化工工人技术理论培训教材



焊工操作

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

化工工人技术理论培训教材

焊工操作

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工操作/化学工业部人事教育司, 化学工业部教育培训中心组织编写. -北京: 化学工业出版社, 1997
化工工人技术理论培训教材
ISBN 7-5025-1803-7

I. 焊… II. ①化… ②化… III. 焊接-操作-技术教育-教材 IV. TG441.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 22067 号

化工工人技术理论培训教材
焊 工 操 作
化学工业部人事教育司 主编
化学工业部教育培训中心
责任编辑: 李玉晖
责任校对: 顾淑云
封面设计: 于 兵

*
化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市前程装订厂装订

*
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 6 字数 169 千字
1997 年 3 月第 1 版 1997 年 3 月北京第 1 次印刷
印 数: 1—6000
ISBN 7-5025-1803-7/G · 462
定 价: 11.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买化工版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划 and 教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共7册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共43册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材6册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共11册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共20册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知

识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

焊工操作 (检 037)	1
第一章 绪论	2
复习题	5
第二章 气焊与气割操作	6
第一节 氧炔焰的火焰构造及应用	6
第二节 气焊和气割工具结构及安全使用	11
第三节 气焊操作基本手法和技巧	22
第四节 氧炔焰的切割操作	33
复习题	45
第三章 手工电弧焊操作	46
第一节 焊接电弧和弧焊电源	46
第二节 手弧焊常用弧焊电源使用	53
第三节 手弧焊工、器具的结构和使用	63
第四节 手弧焊基本运条手法和操作技巧	68
复习题	73
第四章 气体保护焊操作	74
第一节 气体保护焊应用现状和发展前景	74
第二节 手工钨极氩弧焊常用的设备和工、器具使用	77
第三节 手工钨极氩弧焊操作	89
第四节 二氧化碳焊基本工作原理	98
第五节 二氧化碳焊常用设备和工、器具使用	105
第六节 二氧化碳焊的规范调节及操作	116
复习题	124
第五章 埋弧自动焊	125
第一节 埋弧自动焊应用及工作原理	125
第二节 埋弧自动焊设备和工器具的结构及使用	127
第三节 埋弧自动焊的操作程序	141
第四节 平板工件埋弧自动焊操作	149

第五节 筒体类工件埋弧自动焊操作	164
复习题	168
第六章 碳弧气刨操作	169
第一节 碳弧气刨设备和工器具结构及使用	169
第二节 碳弧气刨工艺和操作	173
复习题	180

焊工操作

(检 037)

四川川化集团公司 杜苍军 编
四川川化集团公司 许祖华 审

第一章 绪 论

一、焊接的意义及其分类

1. 构件的联接方法

一个构件，往往需要多个零件互相联接起来。根据联接的特性，通常可以分为两类：一类是可拆性联接，一类是永久性联接。可拆性联接在拆开时，可以不破坏零件及联接件，如螺栓联接、销键联接、螺纹联接及压紧配合等。永久性联接在拆开时，将使零件及联接件造成破损，如铆接、焊接及胶接等，所以说焊接是构件中永久性联接的方法之一。

近几十年来，由于焊接技术的迅速发展，铆接几乎全部被焊接所代替。胶接是最近出现的高分子化合物联接方法，可以用来联接那些焊接有困难的材料与零件，但由于受温度、环境与介质条件的限制，应用场合较少。所以，目前应用得最广泛的永久性联接方法仍是焊接。

2. 焊接过程的本质及分类

当我们走进工厂和建设工地，可以看到形形色色的焊接方法：有弧光闪闪的电焊，有火焰熊熊的气焊，有火星四溅的对焊，有轻烟一缕的钎焊……。但无论哪一种焊接方法，它的本质是一样的。如给它下一个定义，可以这样说：两个分离物体，通过一定的工艺方法，使其达到原子或分子之间的结合和扩散，以造成永久性的联结，这个工艺过程叫做焊接。

要使两个分离的物体形成永久性的结合，首先应使两个物体相互接近到原子间的力能够产生相互作用的程度。这对液体来说是容易的，但对固体则需外部给予很大的能量，才可使接触表面达到原子间的距离。这一方面是因为固体硬度较高，当它们接触时，无论表面精度多高，实际上只能是部分的点接触；另一方面固体表面还会有各种杂质，如氧化物、油脂、尘土以及气体分子吸附所形成的薄膜等，这些都是

妨碍两个物体原子结合的因素。焊接技术就是采用加热、加压或加压同时也加热等方法来克服阻碍原子结合的因素以达到永久牢固的联接的。

按焊接过程中金属所处的状态不同,分为熔化焊、压力焊和钎焊三类。

熔化焊是利用局部加热使联接处的金属熔化再加入(或不加入)填充金属而结合的方法。常见的气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊等都属于熔化焊方法。

压力焊是利用焊接时所施加的一定压力使接触处的金属结合的方法。这类焊接有两种形式:一是将被焊金属接触部分加热至塑性状态或局部熔化状态,然后施加一定的压力,以使金属原子间相互结合形成牢固接头,如锻焊、接触焊、摩擦焊和气压焊等;二是不加热,仅在被焊金属的接触面上施加足够大的压力,借助于因压力而产生的塑性变形,使原子间相互接近而获得牢固的压挤接头,如冷压焊、爆炸焊等。

钎焊是采用比母材熔点低的金属材料作钎料,将焊件和钎料加热到高于钎料的熔点而低于母材熔点的温度,利用液态钎料润湿母材,填充接头间隙并与母材相互扩散实现联接焊件的方法。钎焊是一种古老的金属联接工艺,但其金属结合的机理与熔化焊和压力焊是不同的,并且具有一些特殊的性能,所以在现代焊接技术中仍占有很重要的地位,目前已形成了一个独立的体系。常见的钎焊方法有熔铁钎焊、火焰钎焊等。

近百年来,随着社会生产和科学技术的发展,对金属的焊接提出了越来越高的要求,为了满足工业生产和尖端技术的焊接需要,今后各种新的焊接方法仍将不断出现,目前金属焊接的简单分类如图 1-1。

二、焊工操作在焊接工程中的地位和作用

焊接工艺作为一门技术,是人类共同创造的财富,它也是人类社会发展的必然产物。我国是世界上最早应用焊接技术的国家之一。在数千年前,我国就能够进行锻焊,一百年前有了碳弧焊,后来又将乙炔火焰应用于焊接工艺。由于科学的发展和技术的进步,近一、二十

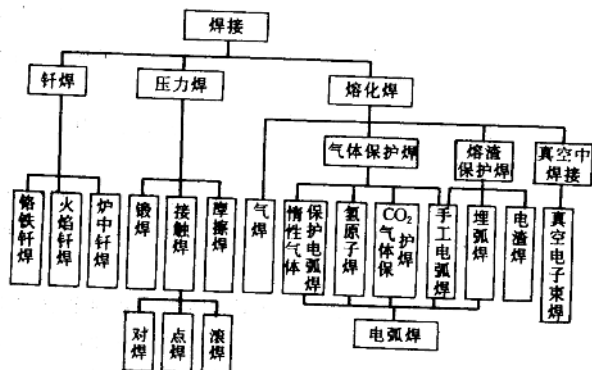


图 1-1 基本焊接方法及其分类

年来，随着氩弧焊、二氧化碳保护焊、等离子弧焊等新工艺的采用，焊接工艺形成了完整的技术体系，我国焊接技术已达到了一定先进水平。随着我国现代化建设的发展，焊接技术的应用已遍及国防、造船、化工、石油、冶金、电站、桥梁、车辆、机械等各个行业，成功地焊接了万吨海轮、万吨水压机、大型轧钢机、大型锅炉、高压容器，以及原子反应堆、火箭、人造卫星等尖端产品。科学技术和工业的发展推动了焊接技术的发展。同时，没有现代焊接方法的发展，也不会有现代工业和科学技术的今天。

焊接工艺是当今世界工业大型构件特别是锅炉及压力容器制造的最重要、最有效的工艺方法之一，因而焊接质量的优劣在评价产品质量时起决定性的作用。焊接工艺将由焊接工人直接掌握并实际操作，焊工的操作技能水平直接影响着焊接质量。为此，世界上多数国家对从事焊接操作特别是锅炉压力容器焊接的工人的培训、考核、管理都有一系列的法规政策来进行控制。我国也十分重视焊工的考核工作。国家有关职能部门曾三次颁发过锅炉压力容器焊工考试规则并将锅炉压力容器焊工的考核纳入国家监察范围。各部门各行业都制定了特殊焊接施焊焊工的资格和要求。化工装置涉及了各种钢结构、压力容器、大

型槽罐，以及各种工艺管线，焊接工作任务量大，焊接材料品种繁多，化工装置的生产工况恶劣、腐蚀性强、危险性大，焊接操作条件苛刻，因此，作为一名化工企业的焊工，我们只有不断地学习焊接理论知识，加强基本训练，提高技能水平，才能胜任我们的本职工作。

复 习 题

1. 什么是金属焊接？金属焊接分为哪三类？各有何特点？
2. 试述焊接的重要作用。
3. 试述焊工操作在焊接工程中的地位和作用。

第二章 气焊与气割操作

气焊与气割是利用可燃气体与氧混合燃烧时所放出的热量来进行焊接与切割金属的一种火焰加工方法。

气焊是最早出现的熔化焊接方法之一，长期应用于各种金属材料的焊接。由于气焊具有火焰热量均匀、升温缓慢、能焊有色金属以及设备简单、操作灵活方便等特点，所以气焊应用仍相当普遍。

由于气割切口质量好，设备简单，操作方便，所以它是碳素钢及低合金钢的主要切割方法。

第一节 氧炔焰的火焰构造及应用

一、焊割用气体

焊割用气体有可燃气体与助燃气两种。气割与气焊用可燃气体有乙炔、氢及丙烷等，助燃气只是氧气。乙炔是最常用的可燃气体，它在氧的助燃下，火焰温度可达 3500°C 。氢-氧焰常用来焊接熔点低的铅及铝合金。丙烷-氧焰主要用来切割，燃烧发热量高，成本低。

我们这里主要讨论焊割常用的氧气和乙炔。

1. 氧气

氧气是一种无色、无味、无毒、不能自燃，但能助燃的气体，其分子式为 O_2 。氧气比空气稍重，在标准状态下（温度 0°C ，压力为 101325Pa ，即 1 个大气压），1L 氧气重为 1.429g（空气为 1.29g）。在空气中，氧大约占 21%，其余为氮和其它气体的混合物。

氧气的化学性质极为活泼，它几乎可以同自然界一切元素化合而发生氧化反应，而剧烈的氧化反应就是燃烧。氧不能自燃，却是一切物质燃烧所不可缺少的助燃剂。当油脂等易燃物质与氧接触时，能发生强烈的氧化反应，以致引起燃烧甚至爆炸，所以在使用中要特别注意纯氧不要与油类等易燃物接触。

由于工业上用的氧气都是采用液化空气法制取的，所以氧气中含有少量的氮及其它气体，在焊接工作中由于其它气体的存在，可使火焰的温度下降，给焊接带来困难。如果氮气溶入焊缝金属，会使焊缝变脆降低焊缝金属的塑性和强度。因此焊接工作用的氧气纯度越高越好。一般气焊与气割用的工业氧气分为二种，其纯度指标见表 2-1。

表 2-1 焊接和切割用的氧气指标

指标名称	指 标	
	一级品	二级品
氧气含量，%	≥ 99.2	≥ 98.5
水分含量，mL/瓶	≤ 10	≤ 10

2. 乙炔

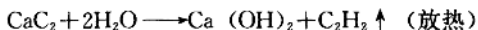
乙炔是一种无色、有特殊气味的气体。在标准状态下，密度是 1.179g/m^3 。乙炔是一种碳氢化合物，其分子式为 C_2H_2 ，乙炔比空气轻，在常温下乙炔为气态，所以也称乙炔气。

乙炔是可燃气体，它与空气混合燃烧时，产生的火焰温度为 2350°C ，而与氧气混合燃烧时所产生的火焰温度为 $3000\sim 3300^\circ\text{C}$ ，因此可以足以迅速熔化金属进行焊接和切割。

乙炔也是一种具有爆炸性的危险气体，当乙炔的温度超过 300°C ，同时压力增加到 $0.15\sim 0.2\text{MPa}$ 时就容易发生爆炸。乙炔在空气中的含量（按体积计算）在 $2.8\%\sim 80\%$ 的范围内，以及乙炔在氧气中的含量在 $2.8\%\sim 80\%$ 的范围内所形成的混合气体，只要遇到明火立刻就会爆炸。

此外乙炔与铜、银长期接触后会产生一种爆炸性的化合物，即乙炔铜、乙炔银，当它们受到冲击和加热时（温度 $110\sim 120^\circ\text{C}$ ）会引起爆炸，所以凡是与乙炔接触的器具禁止用纯铜制造，而用含铜量不超过 70% 的铜合金制造。

工业用的乙炔都是采用水分解电石而制取的，其化学反应式为：



电石 水 熟石灰 乙炔

水分解电石产生乙炔气的过程是在乙炔发生器内进行的，根据工作场所和具体条件不同，可以使用移动式乙炔发生器产生乙炔，也可以使用乙炔发生站输送的乙炔。目前为进一步加强环境保护工作，大量使用瓶装乙炔。

二、氧炔焰的火焰构造及应用

可燃气体与氧气燃烧形成的火焰，常用作熔化焊、钎焊、堆焊及预热、热处理、火焰矫正等的热源。气焊主要采用氧-乙炔火焰。下面我们来介绍它的性质。根据氧气与乙炔的混合比大小不同，可分为中性焰、碳化焰及氧化焰等三种不同性质的火焰，如图 2-1 所示。

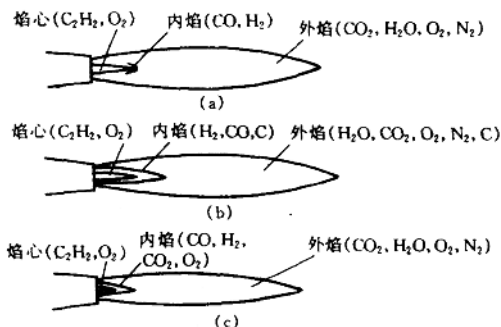


图 2-1 氧-乙炔火焰的种类

(a) 中性焰；(b) 碳化焰；(c) 氧化焰

1. 中性焰

中性焰又称正常焰。中性焰的氧与乙炔的混合比值为 1~1.2，它燃烧后的气体中既无过剩的氧气，又无过剩的乙炔。其火焰的外形及构造如图 2-1 (a) 所示。它由焰心、内焰、外焰三部分组成。

(1) 焰心 焰心是一光亮的呈白色的圆锥体，它的长度与混合气体的喷射速度有关。喷射速度加大，焰心的长度增加；反之，喷射速

度减小，则焰心的长度随之减小。

焰心是由氧气与乙炔气组成。乙炔在热作用下分解为碳和氢：



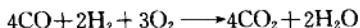
碳质的微粒分布在焰心的外围，形成一层碳粒层。炽热的碳粒发出明亮的白光，使焰心形成光亮而明显的轮廓。焰心看起来很亮，但温度却不高，一般只有 $800 \sim 1200^\circ\text{C}$ 。因为焰心存在着游离碳，因而它具有强烈的渗碳性，所以不能用来焊接。

(2) 内焰 内焰的颜色较暗，呈蓝色，与焰心有明显不同。来自焰心的碳和氢，与氧气剧烈燃烧完成第一阶段的化学反应后，生成一氧化碳和氢气。其反应按下式进行：



内焰具有还原性，温度也较高，约 $2800 \sim 3200^\circ\text{C}$ 最适合焊接。气焊过程也正是在具有还原性的气氛中进行焊接的，所以就气焊的实质来说，也是气体保护焊。

(3) 外焰 外焰与内焰没有明显的界限，颜色从淡紫色逐渐向橙黄色变化。在这里未反应完的一氧化碳和氢气与空气中的氧充分燃烧，完成最后的一次反应，其反应如下：



外焰温度较低，在 $1200 \sim 2500^\circ\text{C}$ 之间，同时外焰中还有空气中渗透进来的氧气与氮气，具有氧化性，因而也不适于焊接。

2. 氧化焰

当氧气与乙炔的混合比值大于 1.2 时，得到的火焰称为氧化焰。火焰在燃烧中，尚有部分过剩的氧，其火焰外形如图 2-1 (c) 所示。氧化焰也是由焰心、内焰及外焰三部分组成。氧化焰的焰心短而尖，因为焰心外围没有碳粒层，所以颜色较淡，轮廓不太明显。由于氧气压力较高，内焰区氧化反应剧烈，火焰挺直，并发出“嘶嘶”声，火焰温度比中性焰高，可达 $3100 \sim 3300^\circ\text{C}$ ，甚至高达 3500°C 。

氧化焰的焰心成分与中心焰相同，是由喷嘴出来的乙炔与氧气组