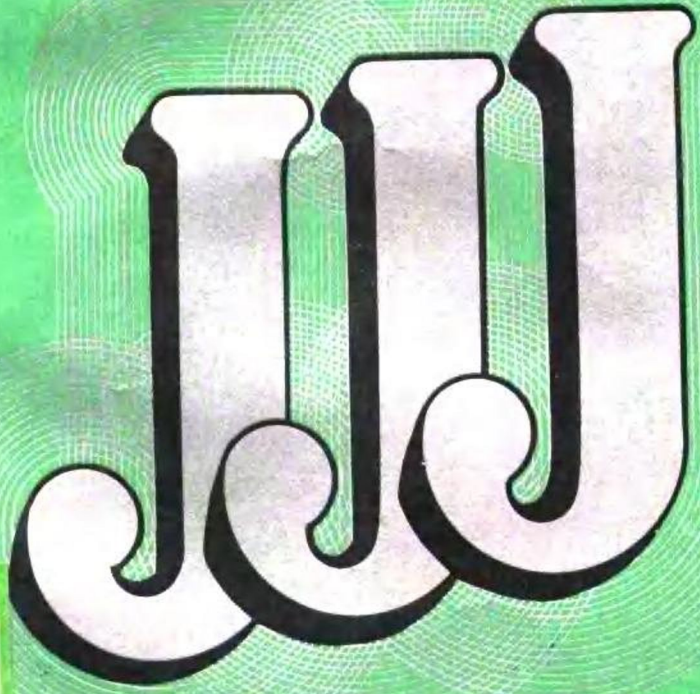


国家机械工业委员会统编

初级气焊工工艺学

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

全书重点介绍气焊和气割的操作技术和工艺参数，并且阐述了必要的理论知识。设备方面着重介绍常用设备的工作原理、结构、使用方法和维护保养方面的知识；材料方面，除介绍气焊用的焊接材料外，还重点介绍了常用钢材的气焊工艺；此外，对焊接火焰、焊接缺陷及其检验方法、火焰钎焊、安全技术以及电焊、冷作基础知识也作了简要介绍。

本书是初级气焊工技术理论培训教材，也可供有关技术人员、技校师生和工人参考。

本书由无锡动力机厂祝如德和无锡电焊机厂唐进法编写，由南京晨光机器厂堵耀庭和张其枢审稿。

初级气焊工工艺学

国家机械工业委员会统编

*
责任编辑：何月秋 版式设计：乔玲
封面设计：林胜利 方芳 责任校对：李广孚

*
机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*
开本 787×1092¹/₃₂·印张 7⁵/₈·字数 165千字
1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷
印数 00,001—33,400·定价：2.85元

*
ISBN 7-111-01074-4/TG·260

前 言

1981年，原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》，确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此，组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》，编写了相应的教材，有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作，初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况，取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订，原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求，而且缺少高级部分；编写的教材，由于时间仓促、经验不足，在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此，原机械工业部根据新《标准》，重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级)，于1987年3月由国家机械工业委员会颁发，并根据培训计划、大纲的要求，编写了配套教材148种。

这套新教材的编写，体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神，坚持了文化课为技术基础课服务，技术基础课为专业课服务，专业课为提高操作技能和解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上，力求以基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实

际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂，长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

目 录

前言	
绪论	1
复习题	6
第一章 气焊用焊接材料	7
第一节 氧气	7
第二节 可燃气体	8
第三节 气焊丝	13
第四节 气焊熔剂	23
复习题	27
第二章 气焊设备和工具	28
第一节 气焊设备	28
第二节 气焊工具	43
第三节 安全装置	60
复习题	67
第三章 焊接火焰和气焊工艺	68
第一节 焊接火焰	68
第二节 气焊冶金过程的特点	72
第三节 气焊焊接接头的种类和坡口型式	74
第四节 气焊焊接工艺参数	76
复习题	79
第四章 气焊操作技术	81
第一节 气焊操作方法	81
第二节 焊接实例	94
复习题	103
第五章 常用金属材料的焊接	104

VI

第一节	焊接性的概念	104
第二节	碳素钢的气焊	105
第三节	普通低合金钢的气焊	113
第四节	不锈钢的焊接	115
第五节	铸铁的补焊	122
	复习题	127
第六章	焊接缺陷及检验方法	128
第一节	常见的焊接缺陷及防止方法	128
第二节	焊接检验	138
	复习题	145
第七章	火焰钎焊	146
第一节	火焰钎焊的机理和种类	146
第二节	火焰钎焊用钎料和钎剂	148
第三节	火焰钎焊工艺	153
	复习题	163
第八章	气割	165
第一节	气割的基本原理	165
第二节	割炬	169
第三节	气割工艺和操作方法	175
第四节	典型零件的切割工艺	182
第五节	机械气割	189
第六节	气割切口的表面质量	200
	复习题	204
第九章	焊接安全技术	206
第一节	使用气焊、气割设备的安全知识	206
第二节	劳动保护	211
	复习题	215
第十章	电焊、冷作基础知识	216
第一节	手工电弧焊的基础知识	216
第二节	冷作的基础知识	230
	复习题	235

绪 论

一、焊接的概念和分类

焊接是通过加热、加压或两者并用，并且用或不用填充材料，使工件达到原子结合的一种加工方法。

焊接与铆接相比可节省10~20%的金属，焊接产品制造简单、价格便宜，焊接接头比铆接接头具有更高的强度、密封性和可靠性。在金属构件的制造中，焊接可以提高生产率，降低工人的劳动强度，改善劳动条件。

在节省金属方面，焊接件与铸钢件相比可节省30%左右；与铸铁件相比可节省约50%。因此，目前焊接件不仅几乎代替了铆接件，而且已出现代替铸件和锻件的趋势。

焊接技术是19世纪末，20世纪初发展起来的一种重要的加工工艺。由于具有一系列技术上和经济上的优越性，它正随着工业和科学技术的发展而发展。故目前已成为一门独立的工艺学科，被广泛地应用于机械、建筑、交通运输、冶金、国防、石油、化工、电子等工业部门。例如：为化工工业成功地焊接了直径15m的球形容器和直径2.8m的尿素合成塔；为开辟石油海上运输道路已焊接了50000 t级的远洋油轮；早在60年代初期就成功地焊接了 1.2×10^4 t (1.2×10^5 kN)水压机和 3×10^5 kW的汽轮发电机组，为我国机械工业的技术改造和发电事业作出了重大贡献；还为宇航和航空工业的发展焊接了铝合金、钛合金、高温合金和难熔金属以及异种金属的结构；为电子工业焊接了精密零件和金属与非金属（陶瓷、玻璃、塑料）的接头等。与此同时，各种焊接方法、焊接材料、焊接设备、焊接理论和试验研究也相应有了很大的

发展，对于焊工的培训也有了严格的要求和方法。目前，焊接方法已有几十种，焊接的产品不仅在工业上得到了应用，而且已经进入千家万户。例如：电冰箱、电视机、录音机等，为我们的生活增添了许多乐趣。

目前生产中，常用的焊接方法可简要地分为三大类：熔焊、压焊和钎焊。

(1) 熔焊：熔焊是利用热源局部加热焊件的接合处，使其达到熔化状态，在不加压力的情况下互相熔合、冷却凝固结晶成一体的方法。按加热的热源不同，熔焊又分为气焊、电弧焊、电渣焊、气体保护电弧焊、等离子弧焊、真空电子束焊、激光焊、太阳能焊等。

(2) 压焊：其特点是不论对焊件加热与否，都施加一定的压力，使两个结合面紧密接触熔化或原子扩散，从而实现连接。其焊接的方法有电阻焊、摩擦焊、冷压焊和真空扩散焊等。

(3) 钎焊：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熔点、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而实现连接焊件的方法。钎焊因加热方式不同分为火焰钎焊、烙铁钎焊、高频钎焊、炉中钎焊、真空或保护气氛炉中钎焊和盐浴钎焊等方法。

本书主要介绍熔焊中的气焊和气割的方法及其基本知识。

二、气焊、气割的发展和应 用

气焊是利用气体火焰作为热源的焊接方法。气焊的应用已有近百年的历史。最早的气焊是利用氢气和氧气的混合燃烧，由于其燃烧温度较低（2000℃左右），且容易发生爆炸

事故，所以，未被广泛应用于工业生产，仅用于铅的焊接。

自1895年发明了电炉制造电石（碳化钙）的方法后，不久，又发现了用电石与水接触所产生的气体——乙炔气，乙炔气和氧气混合燃烧可以产生高温（ 3200°C 左右）的现象。经过反复试验，终于在1903年将氧乙炔火焰作为热源应用于金属焊接，奠定了气焊、气割的基础。

气焊应用的设备包括氧气瓶、乙炔发生器（或溶解乙炔瓶）以及回火保险器等，应用的工具包括焊炬、减压器以及橡皮气管等。这些设备、工具在工作时的应用情况见图0-1。

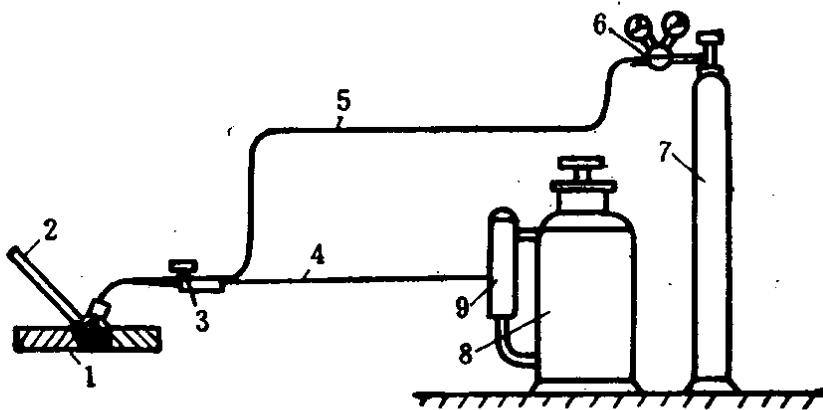


图0-1 气焊应用的设备和工具示意图

1—焊件 2—焊丝 3—焊炬 4—乙炔橡皮气管 5—氧气橡皮气管
6—氧气减压器 7—氧气瓶 8—乙炔发生器 9—回火保险器

气焊主要用于焊接薄钢板、有色金属、补焊铸铁件和堆焊硬质合金，以及补焊磨损零、部件等。

气焊的优点是使用的设备简单，且搬运方便，并有较大的通用性，最适用于作业场地经常更换和没有电力供应的地方。气焊的不足之处是随着母材厚度的增加，其生产率下降，

加热区较大，焊接变形较大，接头性能较差。因此，气焊在有些方面已被其它焊接方法取代，但由于气焊有它独特的特点，在工业生产中仍在一定范围内继续得到应用。

气割是气焊的孪生工艺方法，气割是利用气体火焰的热源将工件切割处预热到一定温度，然后通以高速切割氧流，使铁燃烧并放出热量实现切割的方法。

气割时应用的设备和工具除割炬外，其它与气焊相同。

气割可分为表面切割（切割金属表面层）——主要用于铸件和锻件表面的清理；分离切割（切割金属）——是目前钢材下料的主要手段；氧矛切割（在金属中割出深孔）——广泛应用于切割钢筋混凝土。此外，还可以进行水下钢材的切割等。气割机械化程度日趋完善，半自动气割机已经被广泛使用，而自动气割机（靠模式、光电跟踪式、数控式）已开始在大工厂用于下料。

气体火焰加工是利用可燃气体与氧气混合燃烧时所放出的热量来进行加工的方法。它包括气焊、堆焊、钎焊、气割、气电切割、热熔炼、表面淬火、校正、喷涂以及塑料和其它非金属的焊接等。这些方法在工业生产中广泛地用于制造和修理各种构件和产品。现有气体火焰加工方法的分类见图0-2。

气焊、气割或火焰加工所应用的乙炔、丙烷、氢气都是易燃易爆气体，而氧气与油脂或易燃物质接触容易引起自燃，造成火灾或爆炸。氧气瓶、溶解乙炔瓶、液化石油气瓶和乙炔发生器都属于有压力的容器。由于气焊、气割操作中需要与可燃气体和有压力的容器接触，同时又使用明火，因此，焊工必须保持焊接设备、工具完好和遵守安全操作规程，这样才能杜绝爆炸和火灾事故的发生。

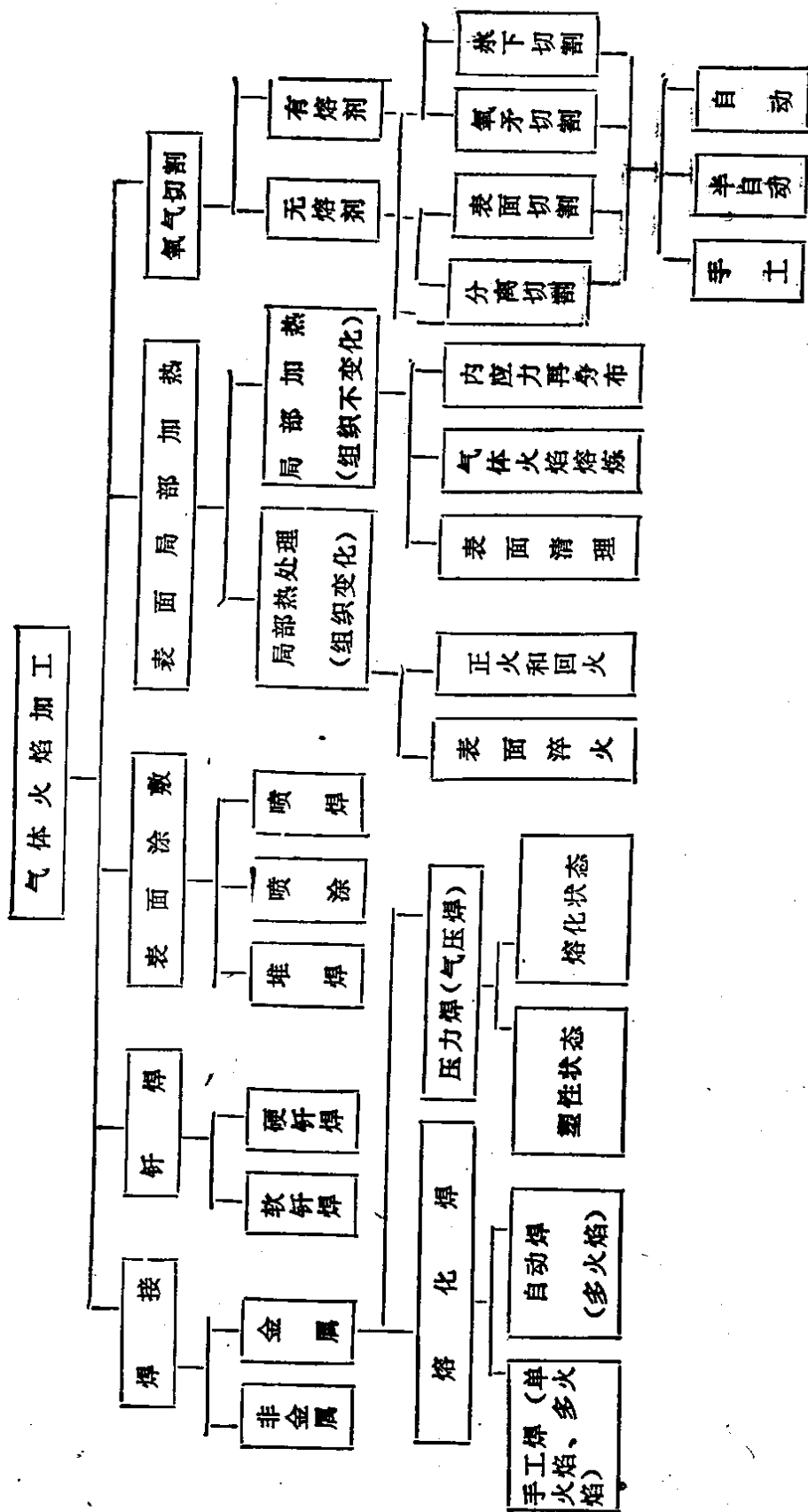


图0-2 气体火焰加工方法分类

复 习 题

1. 什么是焊接?
2. 什么是气焊?
3. 什么是气割?
4. 熔焊的特点是什么?
5. 压焊的特点是什么?
6. 钎焊的特点是什么?
7. 气焊、气割有哪些设备和工具?

第一章 气焊用焊接材料

第一节 氧 气

一、氧气的性质和制取

1. 氧气的性质 氧气是一种无色、无味、无毒的气体，其分子式为 O_2 。在 0.1MPa （1 个标准大气压）和 0°C 时， 1 m^3 的氧气，质量等于 1.43kg ，比空气略重（空气为 1.29kg ）。当温度降至 -182.96°C 时，氧气由气态变成淡蓝色的液体，在 -218°C 时，液态氧则变成雪花状的淡蓝色固体。

氧气本身是不能燃烧的，但它能帮助其它可燃物质燃烧。氧气具有很强的化学活泼性，它能同许多元素化合生成氧化物。燃烧就是氧和其它物质进行激烈化学反应的结果。气焊、气割正是利用可燃气体燃烧放出的热量作为热源的。

2. 氧气的制取 工业上常采用液化空气分离法制取大量氧气。空气中氧气占 21% ，氮气占 78% ，其余气体只占 1% （按体积计算）。将空气冷却压缩为液体，利用液态氧和氮的不同气化温度，把氮和氧两种气体分离开来。其制取的基本过程是：先用高压将空气压缩，再经冷却器使压缩空气的温度降低，然后储入液化器。液化的空气经分油器除去其中油脂和水分，再在分馏器内将氮和氧分离，液体氮比液体氧沸点低，液体氮在 -195.8°C 时，即开始沸腾气化出去，剩下的便是液体氧。当温度提高到 -182.96°C 时，开始沸腾

气化成氧气,把气化的氧气输入储气缸内,再经压缩机将氧气压缩到12MPa或15MPa,然后装入氧气瓶中即可储存使用。

二、对氧气纯度的要求

氧气的纯度对气焊、气割的质量和效率有很大的影响,氧气越纯越好。氧气不纯,主要是一些氮气混在里面,这种气体不但不能帮助燃烧,相反还要消耗大量的热,使火焰的温度降低;焊接时会使金属焊缝氮化,严重地影响焊缝金属的质量。气割时,若氧气的纯度低于97.5%,将使燃烧效率显著下降,切割的速度也将随着显著下降,切割断面的粗糙度变粗,切口底部的熔渣也很难清除。特别是气割大厚度钢料时,会造成后拖量太大,甚至割不透,使切割质量低劣、效率降低。

工业用氧气纯度分为两级:一级纯度不低于99.2%,常用于质量要求较高的气焊;二级纯度不低于98.5%,常用于气割。

三、氧气的用途

氧气助燃的特性,使得氧气在工业中的应用范围相当广。例如:氧乙炔焰就是乙炔和氧气混合燃烧所形成的火焰,用它不仅可以进行气焊、钎焊和切割,而且还可以作表面热处理、表面喷焊、喷涂和火焰矫正等。氧气还可以用来进行炼钢,自从氧顶吹炼钢法问世以来,氧气在炼钢中的应用越来越普遍,一般炼钢厂都有制氧车间,以供炼钢用。

第二节 可燃气体

一、乙炔

1. 乙炔的性质 乙炔又称电石气,它是一种无色的碳氢化合物,其分子式为 C_2H_2 。在压力为0.1MPa和温度为

0°C时，1 m³的乙炔质量等于1.17kg，比氧气还轻一些。

乙炔是易燃气体，其自燃点为480°C，在空气中的着火温度为428°C。乙炔是一种理想的可燃气体，1个体积的乙炔必须要有2.5个体积的氧气助燃，才能达到完全燃烧。乙炔与氧气混合燃烧时，火焰温度可达到3200°C左右，比其它可燃气体燃烧时的温度都高。

乙炔既是可燃气体，又是易爆炸的气体。当温度升高到300°C以上或压力在0.15MPa以上时，乙炔遇火就会爆炸。当温度超过580°C或压力超过0.15MPa时，乙炔就会自行爆炸。所以，使用的乙炔发生器的工作压力极限不得超过0.15 MPa。

在容器中的乙炔，遇到明火就会燃烧爆炸。乙炔和空气（乙炔含量在2.2~81%范围内），或乙炔与氧气（乙炔含量在2.8~93%范围内）的混合气体，只要遇到火星或明火就会爆炸。所以，在气焊、气割车间内，应注意通风。

乙炔的爆炸与存放的容器形状和大小有关。容器的直径越小，则越不容易爆炸。在毛细管中，由于器壁冷却作用及阻力，爆炸的可能性大为降低。

乙炔能溶解在水中或其它液体里面。不同的液体，乙炔的溶解量也不同。如在0.1MPa下，1个单位体积的水中只能溶解1个单位体积的乙炔，而在1个单位体积的丙酮内就能溶解约25个单位体积的乙炔。另外，随着气压的增加，乙炔溶解的倍数也随着增加。如在0.5MPa下，1个单位体积的水中就能溶解5个单位体积的乙炔，而在1个单位体积的丙酮内就能溶解125个单位体积的乙炔。瓶装的溶解乙炔就是利用丙酮的溶解作用而降低了它的气压。

乙炔和铜或银长时间接触后，在它们的表面上就会生成

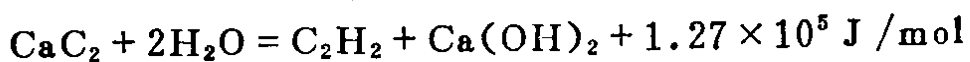
乙炔铜或乙炔银等化合物,这种化合物受到摩擦或冲击时,就会发生爆炸。因此,乙炔发生器、安全器、乙炔净化器、乙炔管接头和排气管等都不能用铜和银,而只能用铜或银的含量低于70%的铜合金或银合金来制造。

乙炔还能和氯、次氯酸盐等化合,发生燃烧和爆炸。所以乙炔燃烧而引起火灾时,绝对禁止使用四氯化碳灭火器来灭火。

工业用乙炔气中含有磷化氢和硫化氢等有害杂质。在焊接时,除了磷和硫会过渡到焊缝里影响焊缝质量外,尤其是磷化氢自燃点很低,当其为气态时,在100°C时就会自燃;当其为液态时,就是在温度略低于100°C时也能在空气中自燃。一般规定乙炔中磷化氢的含量小于0.08%,硫化氢的含量小于0.15% (按体积计算)。

当乙炔在空气中的含量达到40%时,由于乙炔中含有磷化氢和硫化氢等有害气体,故长期接触可能引起中毒,主要表现为中枢神经系统受到损伤。

2. 乙炔的制取 乙炔制取甚为方便,工业上是用电石和水反应产生的。其反应式如下:



理论上,分解1 kg电石需要0.56 kg的水,但由于电石和水发生反应时,会放出大量的热,因此分解1 kg的电石需要5~20 kg的水。电石的分解速度由水的温度和纯度、电石的颗粒度和纯度来决定。水的温度和纯度越高,电石分解越快;电石的颗粒度越细,其分解速度也越快。乙炔发生器最好用粒度为50~80 mm的电石块,以免分解速度太快。

3. 电石的性质、制取和储存

(1) 电石的性质: 电石又称碳化钙,其分子式为

CaC_2 ，它是钙与碳的化合物，是制取乙炔的重要原料。工业用电石是暗灰色或暗褐色的块状固体物质，具有刺鼻的臭味，并且容易吸水。电石有腐蚀作用，接触皮肤后会引起皮炎和溃烂。同时电石中含有磷化钙、硫化钙等杂质，吸水后会放出磷化氢和硫化氢等对人体有害的气体。碳化钙与水接触后，能迅速生成乙炔和氢氧化钙（熟石灰），并放出一定的热量。碳化钙也能与空气中少量的水气反应生成氢氧化钙和乙炔。

（2）电石的制取：电石是用约62%（按质量比）的生石灰和约38%的焦炭或无烟煤作原料，将它们混合后装入电炉中，经2000~2300℃高温，使之熔化成液体，再经过一定时间的冶炼后，使它凝固成固体碳化钙而制取的。冷却后，经破碎机粉碎成所需要的块状，最后装入桶内密封。

工业用电石，按质量标准可分为四级：一级品发气量为270~300 L/kg；二级品发气量为250~270 L/kg；三级品发气量为230~250 L/kg；四级品发气量为230 L/kg以下。

（3）电石的储存：储存电石的库房必须是通风设备良好的耐火建筑，必须建筑在不受潮湿、不漏雨、不易浸水以及距离明火10 m以外的地方，并且严禁热水管、自来水管和蒸气管道通过库房；应装防爆灯照明，电灯开关采用密封式或装在室外；库房区域要严禁烟火。

盛装电石的桶要加盖密封，放在电石库房内，与地面和墙壁应保持一定距离，以免受潮。开启电石桶时，要在室外并用含铜量小于70%的扳手松开桶盖螺母，不能用铁器敲打，以免产生火星引起爆炸。取出部分电石后，桶盖要盖严，防止潮气进入。如果发现桶内进入潮气而膨胀时，应立即将桶搬到室外，慢慢打开桶盖放出乙炔气。