

工人技术培训教材

气焊与气割

辽宁省技术工人培训教材编委会主编



辽宁科学技术出版社

编 著 者：戴上觉、陈嘉民
描 图：张洁筠
审 稿：平献明、赵淑慧、王士君、张盛龙、
蔡文彬
责任编辑：马 骏
封面设计：曹太文

工人技术培训教材

气焊与气割

辽宁省工人技术培训教材编委会主编

辽宁科学技术出版社出版、发行
(沈阳市南京街6段1里2号) 沈阳市第一印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：10 字数：220,000
1982年10月第1版 1982年10月第1次印刷

封面设计：曹太文 责任编辑：马 骏

印数：1—30,000
统一书号：15288·15 定价：0.70元

出版说明

加强职工教育，是开发智力、培养人才的重要途径，是提高青年工人的文化与科学技术水平、搞好国民经济的调整、加速四个现代化进程的重要环节。为了适应开展职工教育的需要，辽宁省和沈阳市劳动局与辽宁科学技术出版社组成了工人技术培训教材领导小组，下设工人技术培训教材编委会，组织编写了一套工人技术培训教材。首批有《看图》、《尺寸公差与形位公差》、《量具》、《机械工程材料》、《机械基础》、《维修电工》、《电机修理工》、《电焊工》、《气焊与气割》、《无线电调试工》、《油漆工》、《管道工》、《木工》、《木模工》、《划线工》、《铆工》、《铣工》、《齿轮工》、《磨工》、《装配钳工》、《锅炉工》、《车工》、《缝纫工》、《裁剪工》等24种，自一九八二年五月起陆续出版。

这套教材是根据国家劳动总局对培训工人的要求，参照国务院有关部制订的《工人技术等级标准》与工人的现有水平，本着“少而精”的原则编写的。具有学时短、见效快、理论联系实际的特点。书中附有例题和习题，既可作为1~4级工人的培训教材，也可供各类技工学校、职工业余学校使用。

这套教材在编写过程中得到了辽宁省职工教育管理委员会和袁林霄、董旭、刘子清、傅维恕、王年光、史继绵、徐国章、姜庆铎、王启义、张永恒、平献明、谢宗起、赵俨等同志的支持和帮助，在此表示感谢。

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 气焊和气割的原理、优缺点及应用.....	1
第二节 氧—乙炔气体火焰的种类、特点及应用...	9
第三节 焊接冶金概述和钢的热处理.....	14
第二章 气焊和气割用的气体、工具、设备及 焊接材料.....	18
第一节 气焊和气割用的气体.....	18
第二节 气焊和气割用的工具和设备.....	23
第三节 焊接材料.....	59
第三章 气焊的操作技术、变形和应力及 低碳钢的气焊工艺.....	62
第一节 气焊的操作技术.....	62
第二节 焊接变形和应力.....	76
第三节 低碳钢的气焊工艺和焊接实例.....	83
第四章 铜、铝和铅的气焊.....	98
第一节 铜和铜合金的气焊.....	98
第二节 铝和铝合金的气焊.....	119
第三节 铅的气焊.....	134
第五章 其它金属材料的气焊.....	138
第一节 铸铁焊补.....	138

第二节	不锈钢的气焊·····	147
第三节	珠光体耐热钢的气焊·····	154
第四节	硬质合金的氧—乙炔焰堆焊·····	160
第五节	刀具的气体火焰钎焊·····	168
第六章	气焊焊缝的缺陷和质量检验·····	183
第一节	气焊焊缝的缺陷·····	183
第二节	焊接检验·····	189
第七章	手工气割的工艺和操作方法·····	199
第一节	手工气割前的准备工作和气割规范 的选择·····	199
第二节	手工气割的操作工艺·····	206
第三节	手工气割的实例·····	213
第八章	机械化气割·····	225
第一节	半自动气割机·····	225
第二节	仿形气割机·····	231
第三节	高精度门式气割机·····	238
第四节	光电跟踪气割机·····	241
第五节	数控气割机·····	245
第六节	专用气割机·····	249
第九章	液化石油气气割和特种气割·····	253
第一节	液化石油气气割·····	253
第二节	特种气割·····	265
第三节	快速气割·····	272
第十章	气割的质量和缺陷分析·····	279
第一节	气割的质量·····	279
第二节	影响气割质量的因素和缺陷的 排除方法·····	283

第十一章	气焊和气割的安全技术·····	292
第一节	气体和电石的安全使用·····	292
第二节	工具和设备的安全使用·····	295
第三节	操作中的安全·····	303

附 表

附表 1	常用金属材料熔点、导热系数及比热·····	309
附表 2	火焰温度参考表·····	309
附表 3	常用半自动气割机技术数据·····	310
附表 4	输送氧和乙炔气的胶管规格·····	311
附表 5	气瓶漆色·····	311
附表 6	电石和乙炔等气体所适用的灭火剂·····	312

第一章 概 述

利用氧—乙炔气体火焰来进行焊、割金属这门技术，至今已有八十多年的历史了。随着科学技术的发展，尽管在某些方面它有被气体保护焊、氩弧焊、等离子焊、电子束焊、等离子切割、激光切割等新工艺替代的趋势，但由于氧—乙炔气体火焰焊割工艺具有一系列优点，所以至今为止在机械工业中仍被广泛应用。作为气焊、气割工人，努力学习这门技术，提高理论和实际操作水平，仍具有十分重要的现实意义。

第一节 气焊和气割的原理、优缺点及应用

一、气焊的原理、优缺点及应用

1. 气焊的原理

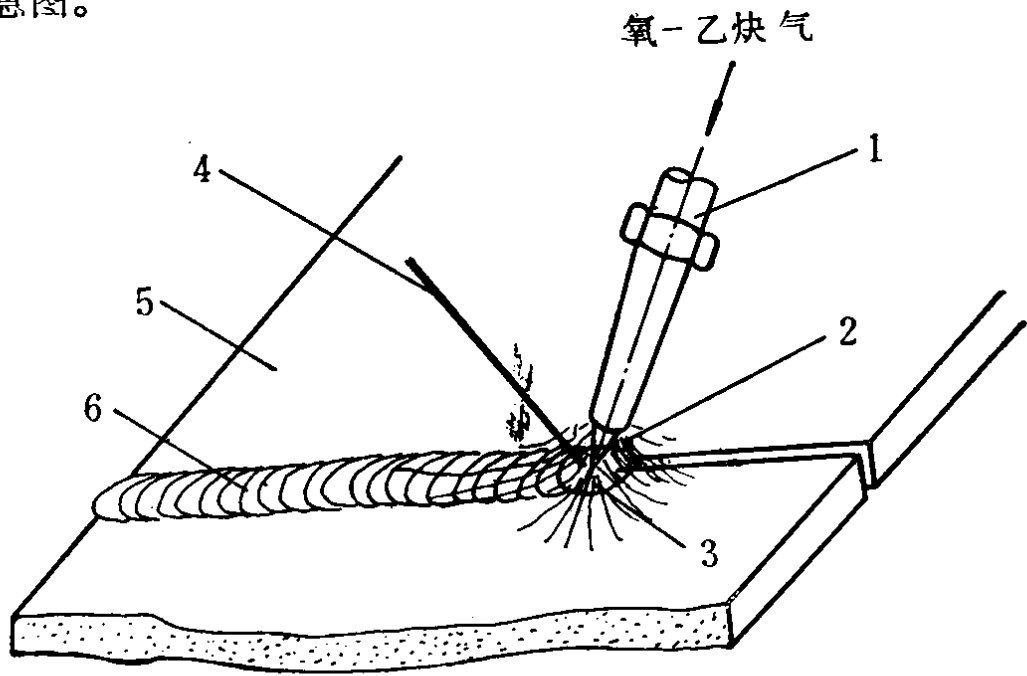
利用加热或加压，或者两者同时并用的方法，使两个以上焊件的原子之间产生相互结合的力而形成一个不可分离的接头，这种方法叫焊接。

焊接的对象有多种多样，如玻璃、树脂、金属等。

对金属的焊接方法，也是多种多样的，一般来说，可分为两大类，即熔焊和压焊。

对金属只加热不加压的焊接方法，称熔焊。只加压不加

热或同时加压、加热的焊接方法称压焊。气焊、电弧焊、电渣焊等都属于熔焊的范围。图 1—1 所示的是氧—乙炔火焰气焊示意图。



1—焊嘴；2—气焊火焰；3—熔池；4—填充金属；5—焊件；6—焊缝

图 1—1 氧—乙炔火焰气焊示意

利用可燃气体和助燃气体混合点燃后产生的高温火焰来熔化两个被焊件连接处的金属，使被熔化的金属自动汇集成一个共有的熔池，并使它们的原子相互作用，在冷却凝固后形成一个不可分离的接头，这种工艺方法就是气焊。

2. 气焊的优缺点

气焊和电弧焊相比，它的优点是火焰温度较低，加热温度均匀和缓慢，设备简单，移动方便，具有很大的通用性等。

气焊的缺点是由于热量不集中，造成焊件变形大，热影响区宽，晶粒粗大，生产效率低，接头机械性能差以及难于自动化等。

3. 气焊的应用

由于气焊火焰具有温度低的优点，它特别适用于电弧焊

难以焊接的薄工件（如 2 毫米以下厚度的薄件）的焊接，以及低熔点材料的焊接。

由于气焊时火焰可随意抬高和压低，火焰和填充金属是分离的，所以能顺利地用来焊接需要预热和缓冷的金属材料，例如工具钢、铸铁的焊接。

由于设备简单，气焊还特别适用于野外施工。

二、气割的原理、优缺点及应用

1. 气割原理

在常温或低温状态下，金属在氧气中是不会燃烧的，只有金属在氧气中达到一定的温度时（即达到燃点）金属才会发生燃烧。

氧—乙炔火焰气割是利用气体火焰将金属预热到能在氧气中燃烧的温度（对于碳钢，这个温度约为 $1100 \sim 1150^{\circ}\text{C}$ ），使金属燃烧产生的氧化物和少量熔化了铁组成液态熔渣，同时借助于高压氧气流的作用把它吹出而形成气割缝，从而达到金属被气割的目的。

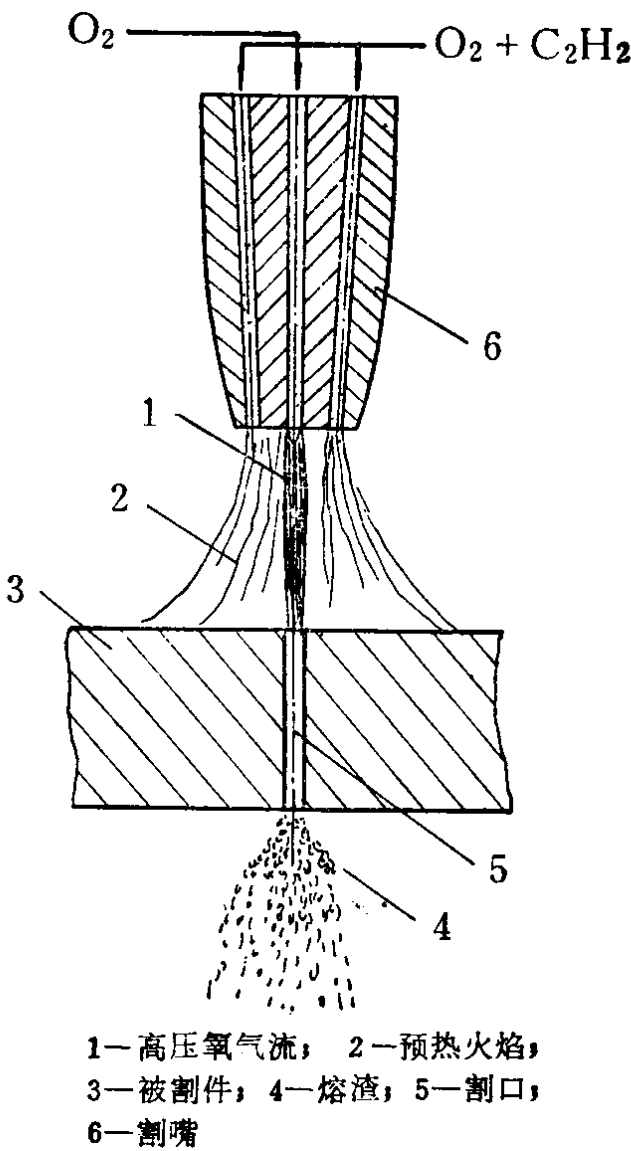


图 1—2 氧—乙炔火焰气割示意

图 1—2 是氧—乙炔

火焰气割金属的示意。

由此可见，金属在氧气中剧烈燃烧的过程就是金属气割的过程。

(1) 金属采用氧—乙炔火焰气割的条件

第一，被气割金属的燃点必须低于金属的熔点，这是金属气割的最基本条件。否则，金属在其温度尚未达到燃点就开始熔化，成为液态，就不能成为氧气气割，而只能成为熔割。

钢铁材料的燃点、熔点曲线见图 1—3。

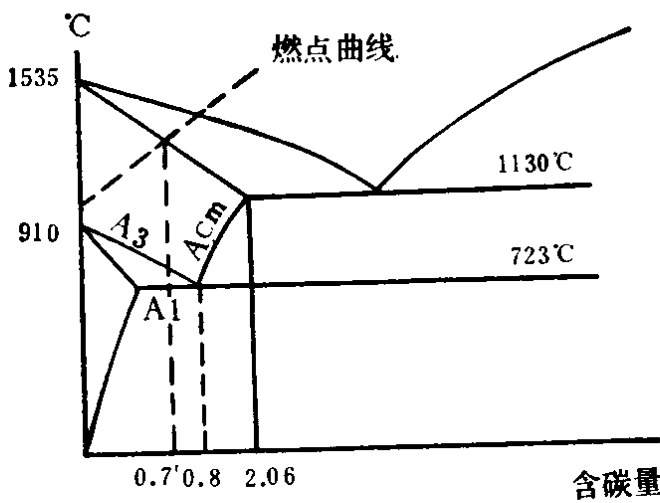


图 1—3 钢铁的燃点、熔点曲线

第二，金属在高压氧气流内剧烈地燃烧所生成的氧化物熔渣的熔点应该比金属本身的熔点低，而且流动性要好。否则，氧化物由于其熔点较高，不能以液态从切口排除，就会产生粘渣现象，妨碍气割过程的顺利进行，以至于很难保证切口整齐。

表 1—1 所示是几种金属材料 and 它的氧化物的熔点。

表1—1

几种金属及其氧化物的熔点

金 属		金 属 熔 点(°C)	氧 化 物 熔 点(°C)
纯	铁	1535	1300~1500
低	碳	1500	1300~1500
高	碳	1300~1400	1300~1500
灰	铸	1200	1300~1500
	铁		
	铜	1084	1230~1336
	铝	658	2050
	铬	1550	1990
	镍	1450	1990
	铅	327	2050
	锌	419	1800

从表 1—1 我们可以知道，铜、铝、铬、镍、铅、锌等金属的氧化物的熔点高于金属本身的熔点，在一般情况下，不能用氧—乙炔气割来进行切割。高碳钢、灰铸铁的氧化物的熔点和金属本身的熔点基本相同，用普通的氧—乙炔火焰气割也比较困难。

第三，金属在氧气中燃烧时放出的热量应该比较大，至少应大于金属本身的导热量。否则热量散发较快，不能保证下层金属有足够的预热温度，就难于维持气割过程的正常进行。

低碳钢在气割时，由于铁在氧气中燃烧放出的热量占总热量的70%以上，是预热钢材的主要热源，而只有30%热量是由预热火焰提供的。所以能使切割顺利地进行。

凡能达到上述三项条件的金属，都能得到满意的气割性能，而达不到这些条件的金属，其气割性能也就较差，甚至不能气割。

不同金属用氧—乙炔火焰气割的性能见表 1—2。

表1—2

不同金属的气割性能

金 属	气 割 性 能
钢（含碳量0.4%以下）	气割性能良好
钢(含碳量0.4~0.5%)	气割性能好。为防止发生裂纹，气割区要预热至200°C,并在气割后要缓冷退火,退火温度为650°C
钢(含碳量0.5~0.7%)	气割性能一般。气割区要预热至700°C，并在气割后退火
钢（含碳量在0.7%以上）	气割性能极差，实质上难以气割
铸 铁	不能气割。有时使用特殊方法气割，气割质量极差
高锰钢	气割性能良好。如能预热，则气割质量更好
高铬钢	不能气割
低铬钼合金钢	气割性能良好
18—8型铬镍不锈钢	可以气割，但要求有特别的操作技术
铜和铜合金	不能气割
铝和铝合金	不能气割

钢中的化学成分对气割性能的影响也是很大的，表 1 — 3 所示的是钢中所含的化学元素对钢材气割性能的影响。

表1—3

钢的化学元素对气割性能的影响

化 学 元 素	对 气 割 性 能 的 影 响
C 碳	含量在 0.4% 以下，气割性能良好；含量超过 0.4% 时，金属在气割表面上淬火，具有很高硬度，易产生裂纹，气割时要预热；含量超过0.7%时，气割过程恶化
Mn 锰	不妨碍气割过程

续表

化学元素	对气割性能的影响
Si 硅	含量在4%以下时,对气割过程没有影响,含量过多则困难
Cr 铬	含量在1.5%以下时,对气割过程没有影响
Ni 镍	含量在7%以下时,有利于改善气割性能,在含量高(达34%)时也可气割
Mo 钼	气割有困难
W 钨	含量在10%以下时,使气割速度降低;含量在10~20%时,气割有困难;含量超过20%时,不能气割
Cu 铜	含量不超过0.7%时,对气割过程没有影响
Al 铝	含量不大时,对气割过程没有影响;含量超过10%时,不能气割
V 钒	含量不太大时,可使气割性能改善
S 硫、P 磷	含量在钢中所能允许的范围内,对气割过程没有影响

低碳钢由于其含碳量较低,并符合上述一些条件,所以它的气割性能最好。铸铁中由于含碳量比较高,金属本身的熔点降低,影响了气割表面的质量,而且由于含硅量高,熔渣中氧化硅的含量也较高,使熔渣的粘度增高,造成了气割的困难。不锈钢及耐酸钢中由于铬的含量较高,而铬的氧化物的熔点又较高,同样增加了熔渣的粘度,给气割造成了很大的困难。

(2) 影响氧气气割过程的因素

整个氧气气割过程由三个阶段组成。第一阶段为预热阶段,这一阶段由预热火焰来完成,对于预热火焰来说,只要保证一定的预热火焰能率就可得到满意的预热效果。第二阶段和第三阶段为金属在氧气中的燃烧过程和生成氧化物的排除

过程，这两个过程就必须借助于高压氧气流来完成，而高压氧气流的压力、流速、氧气纯度和氧气流的形状对气割的速度、质量和气体的消耗量都有较大的影响。

氧气中含有过量的杂质在气割过程中会吸收热量，并在割口表面形成气体薄膜，阻碍金属的正常燃烧，使气割速度降低和氧气消耗量增加，同时使割缝增宽，表面光洁度降低。

氧气中含有较多的水分时，在气割时会吸收热量，降低气割速度。所以，当氧气瓶内压力低时，就不再适用于气割，否则瓶内水分会自行蒸发混入氧气流中。

高压氧气流压力太低，会造成气割过程氧化反应减缓，甚至不能割透工件的全部厚度；若压力太高，不仅造成浪费，而且产生强烈的冷却作用，气割速度反而减慢。

只要保证高压氧气流从割嘴内流出的速度和维持较长尺寸的圆柱体氧气流，就能较快地把工件割透并吹透熔渣。提高高压氧气流的压力可以增加氧的流出速度，但压力过大又会使氧气流形状从圆柱形变为圆锥形，而影响割口的质量。因此，增加高压氧的流速单纯靠提高氧的压力是不合理的，还应正确选择割嘴内氧气孔道的形状，配合较高的氧气压，才能得到满意的效果。

合理的氧气孔道还必须有较高的加工精度和光洁度，否则也会破坏氧气流的形状，使割口质量变坏。

2. 气割的优缺点

和机械切割法相比，气割具有成本低、设备简单、操作灵活方便、机动性强、适用面较广、效率较高等优点。但它也存在一些缺点，如劳动强度大，要求操作者具有较高的技术水平，薄板气割时会产生较大的变形，因此，它仅适用于低碳钢、中碳钢、普通低合金钢等少数几种钢种。

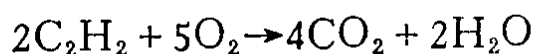
3. 气割的应用范围

由于气割具有上述一系列的优点，所以它在钢结构制造中得到了广泛的应用。从钢板的合理下料、装配过程中的余量气割与边缘修整、不同型式焊接坡口的加工，到铸件浇注冒口的切割，都可以采用气割方法来进行。

第二节 氧—乙炔气体火焰的种类、特点及应用

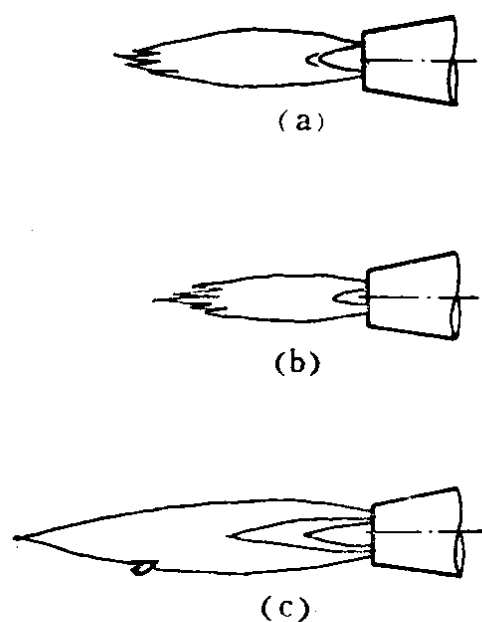
采用乙炔气体作为可燃气体和采用氧气作为助燃气体混合燃烧形成的火焰，称为氧—乙炔火焰。

氧和乙炔气体混合燃烧发生化学反应的方程式为：



一、火焰的种类及特点

我们知道，氧—乙炔火焰是由氧气和乙炔气互相混合后燃烧而产生的，当改变混合气体中氧气和乙炔气相互之间的比值关系，那末燃烧后形成的火焰的形状、构造和性质也随之而改变。根据氧气和乙炔气混合比的不同，我们把火焰分为中性焰、氧化焰和碳化焰三种。三种火焰的外观见图 1—4 所示。



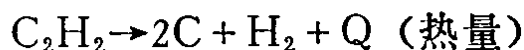
(a)—中性焰；(b)—氧化焰；
(c)—碳化焰

图 1—4 氧—乙炔火焰

1. 中性焰

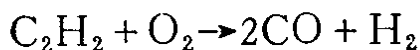
中性焰是由氧气和乙炔气按1~1.2:1的比例混合燃烧而形成的一种火焰。它由焰心、内焰和外焰三部分组成。见图1—5。

焰心是未燃烧的混合气体刚从焊嘴喷出来受热燃烧后温度上升的部分，在这一部分进行着乙炔的部分分解，分解过程为：



分解后产生出微小的碳粒层经燃烧放射出耀眼的白光，使焰心呈现出明显的轮廓。焰心的温度约为1000℃左右。

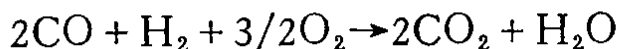
内焰是整个火焰最重要的部分，在这一部分，进行着氧气和乙炔气燃烧的第一阶段，在这一阶段按下列方程式进行反应：



反应结果产生了一氧化碳气体和氢气的混合物，该混合物对许多金属氧化物具有还原作用。

内焰是整个火焰内温度最高的部分，在离焰心末端3毫米处的温度达到最大值，约在3050~3150℃之间。整个内焰呈蓝白色，有杏核形的深蓝色线条。

中性焰的外焰是整个火焰最外层部分，在该部分进行着乙炔燃烧的第二阶段，其反应按下述方程式进行：



实质上，由于外焰是最外层部分，外界空气也带着氧气和氮气进入到火焰中参加反应，所以在这部分还存在有氮的成分。

该部分火焰的温度从里至外下降，温度变化范围从2500℃下降至1200℃左右。整个外焰呈桔红色。