



ANQUAN JISHU FUSHEN JIAOCAI

■ 特种作业人员安全技术复审教材

金属焊割作业

(第二版)

国家《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》
起草小组专家修订



中国劳动社会保障出版社

特种作业人员安全技术复审教材

—————

金属焊割作业

(第二版)

国家《特种作业人员安全技术培训
大纲及考核标准》起草小组专家修订

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属焊割作业/杨泗霖编著. —2 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005

特种作业人员安全技术复审教材

ISBN 7-5045-5201-1

I. 金… II. 杨… III. ①金属材料-焊接-安全技术-技术培训-教材 ②金属-切割-安全技术-技术培训-教材 IV. TG408

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 082977 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 北京密云青云装订厂装订
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 2.5 印张 64 千字

2005 年 8 月第 2 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数: 5000 册

定价: 5.50 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

编 委 会

主 任 闪淳昌

委 员 施卫祖 吕海燕 杨国顺 牛开健

徐洪军 崔国璋 时 文 邢 磊

王铭珍 王海军 马恩远 杨有启

王琛亮 洪 亮 曹希桐 杨泗霖

冯维君 甘晓东

编写人员 杨泗霖 马宏发 别凤喜 王振中

董丽娟

内 容 提 要

本书根据国家安全生产监督管理局于 2002 年 10 月颁布的《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》编写，是金属焊割作业人员安全技术考核复审教材。

本书共分两部分。第一部分为复审培训教学内容，精要叙述焊割作业安全的基本知识要点，着重分析了事故案例，并提出防范事故的措施。第二部分为复审考核复习题及试卷实例。

本书可作为焊割作业人员安全技术复审考核的学习教材，亦可供相关管理人员和技术人员参考。

前 言

我国《劳动法》规定：“从事特种作业的劳动者必须经过专门培训并取得特种作业资格。”我国《安全生产法》还规定：“生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书，方可上岗操作。”

为了进一步落实《劳动法》《安全生产法》的上述规定，配合国家安全生产监督管理局依法做好特种作业人员的培训考核工作，中国劳动社会保障出版社根据国家安全生产监督管理局颁布的《安全培训管理办法》《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》《特种作业人员培训考核管理办法》，组织《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准：通用部分》起草小组的有关专家，对由原劳动部组织的我国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》，进行全面的修订。

修订后的《特种作业人员安全技术培训考核统编教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工；（2）焊工；（3）起重机司机；（4）起重指挥司索工；（5）电梯维修与操作；（6）企业内机动车辆驾驶员；（7）登高架设工；（8）制冷空调设备维修与操作；（9）压力容器操作工。修订后的《特种作业人员安全技术复审教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工作业；（2）金属焊割作业；（3）起重作业；（4）起重指挥司索作业；（5）电梯作业；（6）企业内机动车辆驾驶；（7）登高架设作业；（8）制冷与空调

作业；(9) 压力容器操作。第二版统编教材具有以下几方面特点：

一、突出科学性、规范性。本版统编教材是根据国家安全生产监督管理局统一制定的特种作业人员培训大纲和考核标准，由该培训大纲和考核标准起草小组的有关专家对全国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》进行全面修订的最新成果。因此，本版统编教材具有突出的科学性、规范性。

二、突出适用性、针对性。专家在修订编写过程中，根据国家安全生产监督管理局关于教材建设要在安全生产培训工作会议的统一指导和协调下，本着“少而精”“实用、管用”的原则，对第一版统编教材进行全面修订。因此，本版统编教材具有突出的适用性、针对性。

三、突出实用性、可操作性。根据国家安全生产监督管理局关于“努力做好培训机构、培训大纲、考核标准、考试题库建设，构建安全培训的标准化体系”的要求，以及“统一规划，归口管理，分级实施，教考分离”的原则，有关专家在修订中，为以上 9 种培训教材和 9 种复审教材分别配套编写了复习题库和答案，并提供了相应的考核试卷样式。因此，本版统编教材又具有突出的实用性、可操作性。

总之，本版统编教材反映了国家安全生产监督管理局关于全国特种作业人员培训考核的最新要求，是全国各有关行业、各类企业准备从事以及正在从事特种作业的劳动者，为提高有关特种作业的知识与技能，提高自身安全素质，取得特种作业人员 IC 卡操作证的最佳培训考核与复审教材。

目 录

第一部分 金属焊割作业人员安全技术复审培训内容·····	(1)
第一章 焊割工艺与安全基础知识·····	(1)
第一节 焊割工艺基础·····	(1)
第二节 用电安全基础·····	(9)
第三节 防火与防爆基础·····	(14)
第二章 焊割工艺安全特点与防护措施·····	(19)
第一节 焊割工艺安全特点·····	(19)
第二节 焊割设备和工具安全要求·····	(23)
第三节 特殊焊割作业安全·····	(32)
第四节 焊割事故紧急处理方法·····	(38)
第五节 焊割劳动卫生防护·····	(44)
第三章 焊割工伤事故案例分析·····	(49)
第二部分 金属焊割作业人员安全技术复审考核复习题及 试卷实例·····	(60)
Ⅰ. 安全技术复审考核复习题 ·····	(60)
Ⅱ. 安全技术复审考核复习题答案 ·····	(65)
Ⅲ. 安全技术复审考核试卷实例 ·····	(70)
参考文献·····	(72)

金属焊割作业人员安全技术复审培训内容

第一章 焊割工艺与安全基础知识

第一节 焊割工艺基础

一、焊接与切割原理和分类

金属材料焊接是利用加热、加压或两者并用，促使被焊金属原子相互扩散，减小待焊金属原子间的距离，以实现工件结合的一种加工工艺。焊接分为熔化焊、压力焊和钎焊。

金属材料的切割有热切割和冷切割。

利用热能使金属材料分离的工艺称热切割。在焊接与切割加工中，目前主要应用热切割，如氧乙炔气割、电弧熔割等。

在分离金属材料过程中不对材料进行加热的切割方法称冷切割，目前应用较多的是高压水射流切割。

二、金属材料的力学性能与焊接性

1. 力学性能

金属材料的力学性能是金属受力时表现出来的性能，包括强度、塑性、硬度和韧性等。即金属材料从开始受力直至材料破坏的全部过程中所呈现的力学特征，是衡量金属材料使用性能的重要指标。

(1) 强度。金属材料的强度性能表示金属材料抵抗变形和断裂的能力，它用单位截面上所受的力（称为应力）来表示。常用的强度指标有屈服强度及抗拉强度等。强度的单位是 MPa

(兆帕)。

(2) 塑性。塑性是指金属材料在外力作用下产生塑性变形的能力。表示金属材料塑性性能的指标有伸长率、断面收缩率及冷弯角等。检验金属材料的塑性通常采用弯曲试验。

(3) 冲击韧性。冲击韧性是衡量金属材料抵抗动载荷或冲击力的能力，冲击试验可以测定材料在突加载荷时对缺口的敏感性。

(4) 硬度。硬度是衡量金属材料抵抗表面变形的能力。根据测定方法的不同，可分为布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度和肖氏硬度等。

常用的有布氏硬度和洛氏硬度两种。

2. 焊接性能

(1) 焊接性。焊接性是指一种金属材料采用某种焊接工艺获得优良焊缝的难易程度。焊接性包含焊接接头出现焊接缺陷的可能性，以及焊接接头在使用中的可靠性（如耐磨、耐热、耐腐蚀等）。

(2) 影响金属材料焊接性的因素。影响金属材料焊接性的因素很多，主要有材料、工艺、设计和服役条件等。例如含碳量、合金元素及其含量、采用的焊接工艺的影响；低碳钢的焊接要比铸铁的焊接容易；铝和不锈钢用焊条电弧焊时，焊接性较差；而改用氩弧焊时，焊接性则较好。由此可见，金属材料的焊接性不仅决定于被焊金属本身固有的性质，而且还与采用的焊接方法有关。

设计因素主要指焊接结构及焊接接头的形式、接头断面的过渡、焊缝的位置、焊缝的集中程度等。

服役因素主要指焊接结构的工作温度、受载类型（如动载、静载、冲击或高速等）和工作环境（如化工区、沿海及腐蚀介质等）。

3. 钢材焊接性的评价——碳当量法

各种钢材所含合金元素的种类和含量不同，其可焊性也就有差别。生产实践的经验证明，钢中含碳量的多少对焊接性影响很大。碳当量法就是把钢中各种元素都分别按照相当于若干含碳量的办法总合起来，作为判断钢材可焊性的标志。如钢中含锰量每增加 0.6%，则相当于含碳量增加 0.1% 对钢材可焊性的影响效果，这样，就可以把锰的含量以 1/6 计入碳当量。

由国际焊接学会推荐的碳当量法计算公式如下：

$$C_e = w(C) + \frac{w(Mn)}{6} + \frac{w(Cr) + w(Mo) + w(V)}{5} + \frac{w(Ni) + w(Cu)}{15} + \frac{w(Si)}{24} + \dots$$

式中 w 表示该元素在钢中的质量分数。

按照碳当量可以把钢材的可焊性分成良好 ($C_e < 4\%$)、一般 ($C_e = 4\% \sim 6\%$) 和较差到低劣 ($C_e > 6\%$)。

三、焊接缺陷与预防

焊接缺陷是指焊接过程中在焊接接头中产生的金属不连续、不致密或连接不良的现象。

焊条电弧焊常见的焊接缺陷有：裂纹、气孔（孔穴）、夹渣（固体夹杂）、咬边、未熔合和未焊透、烧穿、焊瘤等。

1. 裂纹

裂纹是指焊缝局部区域的金属原子结合力遭到破坏所产生的缝隙。裂纹有多种形式，其中主要是热裂纹、冷裂纹和延时裂纹。预防措施主要是采用碱性焊条，并按规定严格烘干；焊前预热、焊后缓冷和热处理；仔细清除坡口两侧的油、锈、水；采取措施减少焊接应力等。

2. 气孔

气孔是指气体在凝固的焊缝中形成的气穴，有氮气孔、氢气孔和一氧化碳气孔等。预防措施主要是焊前仔细清除坡口两侧的油、锈、水；采用短弧焊接；焊条应按规定烘干；焊接电流不宜

太大或太小；焊接速度不宜过快等。

3. 夹渣

夹渣是指焊缝中残存有非金属夹杂物（熔渣）。预防措施主要是正确选择焊接电流或火焰能率（不能太小）；掌握好焊接速度和运条方法；焊道清渣应彻底干净等。

4. 咬边

咬边是指焊缝两侧与基本金属交界处形成凹槽。预防措施是选择合适的焊接电流或火焰能率（不能太大）；焊条角度或焊嘴与焊件的角度要合适；采用短弧焊；运条方法要正确，即在坡口两侧稍加停留，以利焊缝与基本金属圆滑过渡，但不能停留时间过长。

5. 未焊透

未焊透是指焊件和焊缝金属（熔敷金属）或焊缝金属之间局部未熔合。预防措施是选择合适的坡口角度和尺寸；焊接电流应选择合适，不宜太小；掌握适宜的焊接速度，不能太快等。

6. 烧穿

烧穿是指部分熔化金属从焊缝背面漏出，形成通洞。预防措施是正确选择焊接电流，且火焰能率不能太大；掌握合适的焊接速度，不能太慢；运条应均匀；坡口尺寸应合理等。

7. 焊瘤

焊瘤是指正常焊缝以外的多余焊着金属。预防措施是选择较小的焊接电流或火焰能率，采用多层多道焊；采用短弧焊接；间隙不宜过大和运条方法正确等。

8. 焊缝尺寸不符合要求

焊缝尺寸不符合要求主要指焊缝余高及余高差、焊缝宽度及宽度差、错边量、焊后变形量等不符合标准规定的尺寸。预防措施主要有正确选用坡口角度及装配间隙；正确选择焊接电流；提高焊工操作技能；角焊缝时随时注意保持正确的焊条角度和焊接速度等。

四、金属材料的焊接特点

1. 碳素钢的焊接特点

低碳钢是焊接钢结构中应用最广的材料。它具有良好的焊接性，可采用交直流焊机进行全位置焊接，其工艺简单，使用各种焊法施焊都能获得优质的焊接接头。不过，在低温（零下 10°C 以下）和焊厚件（厚度大于 30 mm ）以及焊接含硫磷较多的钢材时，有可能产生裂纹，应适当采取预热等措施。

中碳钢和高碳钢在焊接时，常发生下列困难：在焊缝中产生气孔；在焊缝和近缝区产生淬火组织甚至发生裂纹。这是由于中碳钢和高碳钢的含碳量较高，焊接时，若熔池脱氧不足，氧化亚铁与碳作用生成一氧化碳，形成一氧化碳气孔。

另外，当钢的含碳量大于 0.28% 时就容易淬火，因此在焊接过程中，可能出现淬火组织。有时由于电弧高温停留时间过长，在这些区域还会出现粗大的晶粒，这是塑性较差的组织。当焊接厚件或刚性较大的构件时，焊接内应力就可能使这些区域产生裂纹。

焊接碳素钢时应加强对熔池的保护，要防止空气中的氧侵入熔池，并在药皮中加入脱氧剂等；焊接含碳量较高的碳素钢时，为防止出现淬硬组织和裂纹，应采取焊前预热和焊后缓冷等措施。

2. 合金钢的焊接特点

合金钢焊接时在热影响区有淬硬倾向，并容易出现裂纹。随着强度等级的提高，或采用过快的焊接速度、过小的焊接电流，或在寒冷、大风的作业环境中焊接，都会促使淬硬倾向和裂纹增加。

因此，焊接合金钢时，应尽可能减缓焊后冷却速度，并避免不利的工作条件。用电弧焊接时，最好进行 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的低温预热，并采用多层焊。要尽可能采取减小应力的措施，特别重要的工件可以在焊后进行热处理。

3. 铸铁和有色金属的焊接特点

(1) 铸铁的焊接。铸铁比钢材的焊接性要差。铸铁在焊接时只要冷却速度稍快就会产生脆硬白口组织。另外，片状石墨把金属组织分割开来，使得铸铁的塑性很差，延伸率几乎等于零，在焊接应力的作用下，易产生裂缝。铸铁的熔化和凝固过程没有经过半流体状态，因此，在凝固时气体往往来不及排出而生成气孔。这一性质使铸铁只宜平焊。

目前在生产中铸铁的焊接常采用下列方法：

1) 热焊。热焊是把焊件预热到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 再进行焊接。工件在焊接前应仔细进行清理。焊条涂料的成分主要有石墨、硅铁、白垩等，以增加石墨化元素的含量，改变焊缝的化学成分，使焊缝形成灰口组织。小件则可以采用气焊，焊后埋入热灰或砂中缓冷，使石墨容易析出，防止产生白口组织。

热焊的缺点是工作繁重，成本高；表面经过机械加工的铸件在高温下预热会发生氧化。此外，由于石墨的析出还往往引起工件尺寸的变化。

2) 冷焊。冷焊是在焊接之前工件不预热或预热温度低于 350°C 的铸铁焊补。可采用各种不同焊条的电弧焊进行冷焊。铸铁冷焊效果不如热焊，但焊接过程简单方便，常用于焊补不要求加工的零件或缺陷较小的铸件。

3) 钎焊。采用以黄铜为钎料的钎焊，母材不熔化，可避免产生白口组织。

(2) 铜和铜合金的焊接。铜和铜合金的焊接性差，其原因如下：

1) 铜的导热性良好，所以在焊接过程中热量散失较大，使加热效率降低。

2) 液态铜对氢有很大的溶解度。温度下降时，溶解度则大大下降，尚未析出的氢原子容易集结而生成气孔和表面气孔。

3) 铜的化学性质活泼，在高温下容易被氧化生成氧化亚铜，

它易与铜组成脆性组织；同时铜热膨胀系数较大，焊接时常造成较大内应力。所以，铜的焊接接头容易出现裂缝。

目前铜及铜合金的焊接比较适于用气焊方法。进行气焊时应采用严格的中性焰，并采用硼砂或硼砂与硼酸的混合物作为焊剂。

焊接黄铜时常用氧化焰。氧化焰使熔池表面生成一层保护膜，防止了锌的过量蒸发。

(3) 铝及铝合金的焊接。铝及铝合金的可焊性差，其原因是：

1) 铝的导热性良好，熔点只有 658°C ，焊接时容易被烧穿。

2) 铝在热状态下很脆，在焊接应力作用下容易发生裂缝。

3) 铝的化学性质活泼，特别容易被氧化生成氧化铝，其熔点为 2050°C ，比纯铝的沸点 1800°C 还高；氧化铝的相对密度也比纯铝大，产生氧化铝以后将妨碍焊接操作，容易产生夹渣。

因此，铝的焊接最好采用氩弧焊，也可采用气焊。焊前应仔细清理工件表面，去除氧化层。焊接厚的工件时应适当预热，并使用氯化物或氟化物的焊剂，以去除焊接时产生的氧化铝。焊后应将残余焊剂洗净，以免工件金属被继续侵蚀。

五、焊接位置和操作要点

焊接时，焊件的焊缝在空间所处的位置称为焊接位置，有平焊、立焊、横焊和仰焊等。

1. 平焊位置及操作特点

焊件放在水平位置，焊接电弧（或火焰）在焊件之上，焊工俯视焊件，这种位置的焊接称为平焊。

平焊的操作特点：

(1) 与其他空间位置的焊接比较，允许用较大直径的焊条和较大的焊接电流或火焰，生产率较高。

(2) 熔渣和铁水易出现混在一起分不清的现象，焊条角度不正确时，会出现熔渣超前形成夹渣。

(3) 根据平焊的特点, 为获得优良焊缝, 焊条角度必须掌握正确。

2. 立焊位置及操作特点

在焊件立面或倾斜面上(倾斜角度大于 45°) 进行纵方向的焊接, 这种位置的焊接称为立焊(又称为竖焊)。立焊的方法有两种: 一种是从上向下焊, 另一种是从下向上焊。最常用的是后一种立焊方法。

立焊的操作特点:

(1) 焊条的熔滴和熔池内金属容易下淌, 操作较困难, 因此宜采用较细直径的焊条和较小的焊接电流或火焰, 同时减小熔池的体积, 从而不会使熔池温度过高, 减少熔池内金属的下淌(横焊和仰焊亦同此道理)。

(2) 采用短弧焊接, 缩短熔滴向熔池过渡的距离。

(3) 焊接时尽量缩短电弧或火焰对工件加热的时间, 不要过长地停留在某点上。可采用挑弧运条法, 当电弧或火焰在焊件上形成熔池后, 把焊条向上或向两侧移开, 使电弧或火焰暂时移开熔池(不灭弧), 这样有利于熔敷金属的冷却凝固, 然后再把电弧移回来。

(4) 正确选择焊条角度。利用电弧或火焰的吹力对熔池起上推作用, 有利于熔滴过渡, 并能托住熔池金属。

(5) 一般是采用由下向上焊, 焊薄件时(小于 3 mm) 也可由上向下焊。气焊一般由下向上焊; 水下电焊时, 应从上向下焊。

3. 横焊位置及操作特点

在焊件的立面或倾斜面上(倾斜度大于 45°) 进行横方向的焊接, 称为横焊。横焊时, 熔池里的液态金属受重力作用容易外溢而产生焊瘤, 尤其容易产生焊缝上侧咬边及未焊透等缺陷。

横焊的操作特点:

(1) 熔池内的熔化金属受重力作用外溢, 易造成未熔合、夹

渣和焊瘤等缺陷，应选用较小直径的焊条，并采用短弧焊接。

(2) 选择合适的焊条角度。由于上坡口的温度高于下坡口，当熔滴加在上坡口时不作稳弧动作，迅速带至下坡口根部形成焊缝，作微小的横移稳弧动作。

(3) 坡口应留有间隙。若无间隙，铁水易下淌且不易焊透；同时间隙不宜过大，否则铁水不易填满且不易焊。坡口的间隙小时，可增大焊条倾角；间隙大时，可减小倾角；如间隙太大，则可采用两道焊。

4. 仰焊位置及操作特点

焊接电弧（或火焰）位于焊件下方，焊工仰视焊件进行焊接称为仰焊（又称为顶焊、过头焊等）。仰焊时，熔池的液体金属受重力作用容易往下滴，使焊缝成形困难。此外，仰焊的劳动条件差，焊工操作时容易疲劳，并且强烈的电弧及火花、熔渣飞溅，熔化金属下滴，稍有不慎就会使焊工受到人身伤害。仰焊的生产率亦低，是各种焊接位置中最难的一种焊接方法。

仰焊的操作特点：

(1) 由于熔池的熔化金属倒悬在焊件下面，没有固体金属的承托，焊缝成形困难，所以应选用较小直径的焊条和较小的焊接电流或火焰，尽量缩小熔池的体积；否则熔池体积过大，容易造成熔化金属向下垂落。

(2) 采用短弧焊接，使熔滴尽快过渡，并依靠表面张力与熔化的基本金属熔合，促使焊缝形成。

(3) 选择合适的焊条角度。

第二节 用电安全基础

一、电流的危险性与安全电压

1. 电击及其影响因素