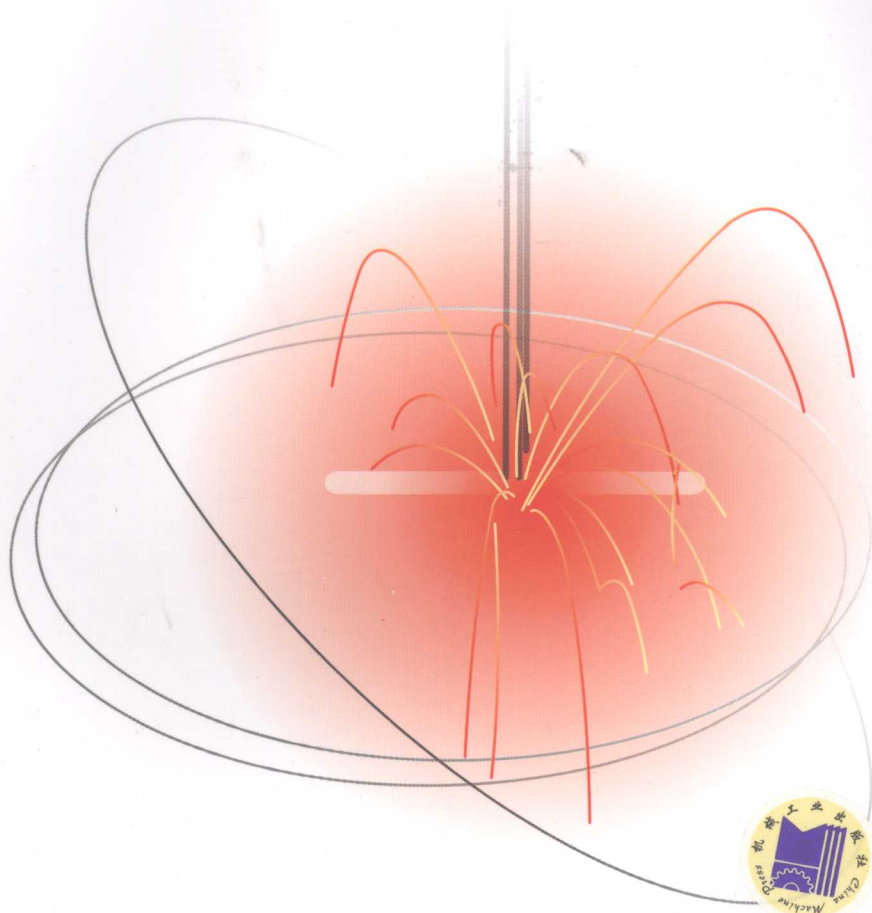




职业教育“十一五”规划教材  
焊接专业“双证制”教学改革用书

# 焊接实训

许志安 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



赠 电子教案  
[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

职业教育“十一五”规划教材  
焊接专业“双证制”教学改革用书

# 焊 接 实 训

主 编 许志安

副主编 杨文忠

参 编 崔占军 赵 斌

周志华 路宝学

主 审 蔡程国

江苏工业学院图书馆  
藏书章



机械工业出版社

本书以国家中、高级焊工等级标准中的实际操作内容为主要标准,介绍了各类操作方法技能训练的目标、技能训练的准备、技能训练的任务、焊缝中的缺陷及防止措施、典型的焊接工艺。全书共分为六个单元:包括气焊、气割技能训练,焊条电弧焊技能训练,埋弧焊技能训练,CO<sub>2</sub>气体保护焊技能训练,手工钨极氩弧焊技能训练和焊接安全知识。本书着重基本操作技术的传授和动手能力的培养,突出焊工操作技能的训练,以培养读者在实践中分析和解决问题的能力,同时本书还配备了中、高级电焊工国家职业技能鉴定技能操作和理论知识试题及答案,供读者在职业技能鉴定过程中参考使用。本书内容丰富翔实、深入浅出、实用性强。

本书主要适用于五年制高职院校焊接专业学生,也可作为三年制高职高专学生、焊工培训及各类成人教育焊接专业教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

焊接实训/许志安主编. —北京:机械工业出版社, 2008.5  
职业教育“十一五”规划教材. 焊接专业“双证制”教学改革用书  
ISBN 978-7-111-24196-6

I. 焊… II. 许… III. 焊接—职业教育—教材 IV. TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第085027号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:崔占军 齐志刚 责任编辑:齐志刚

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京樱花印刷厂装订)

2008年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·317千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-24196-6

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379182

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

为了进一步贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的文件精神,加强职业教育教材建设,满足职业院校深化教学改革对教材建设的要求,机械工业出版社于2006年11月在北京召开了“职业教育焊接专业教材建设研讨会”。在会上,来自全国十多所院校的焊接专家、一线骨干教师研讨了新的职业教育形势下焊接专业的课程体系,确定了面向中职、高职层次两个系列教材编写计划。本书是根据会议所确定的教学大纲和职业教育培养目标组织编写的。

本书以国家中、高级焊工等级标准中的实际操作内容为主要标准,介绍了各类操作方法、技能训练的目标、技能训练的准备、技能训练的任务、焊缝中的缺陷及防止措施、典型的焊接工艺等。全书共分为六个单元:包括气焊、气割技能训练;焊条电弧焊技能训练;埋弧焊技能训练; $\text{CO}_2$ 气体保护焊技能训练;手工钨极氩弧焊技能训练;焊接安全知识;中、高级电焊工国家职业技能鉴定技能操作和理论知识试题。本书的特色是着重基本操作技术的传授和动手能力的培养,突出焊工操作技能的训练,以培养读者在实践中分析和解决问题的能力。

全书共分六个单元和附录,第一和第六单元由杨文忠编写,第二单元由许志安编写;第三单元由路宝学编写,第四单元由赵斌编写,第五单元由周志华编写,附录由崔占军编写。本书由许志安主编,葫芦岛锦西化工厂焊接培训中心主任蔡程国高级工程师主审。为了便于教学,本书配备了电子教案。

编写过程中,作者参阅了国内外出版的有关培训教材和资料,得到了各有关职业院校教师和工厂一线培训专家的有益指导,在此一并表示衷心感谢!

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 前言                              |     |
| 第一单元 气焊、气割技能训练                  | 1   |
| 项目一 平板对接平焊                      | 1   |
| 项目二 低碳钢管对接                      | 4   |
| 项目三 铸铁补焊                        | 8   |
| 项目四 铜及铜合金气焊                     | 11  |
| 项目五 铝及铝合金气焊                     | 14  |
| 项目六 火焰矫正                        | 17  |
| 项目七 手工切割                        | 21  |
| 项目八 典型零件的气焊与气割                  | 24  |
| 第二单元 焊条电弧焊技能训练                  | 27  |
| 项目一 焊条电弧焊的基本操作                  | 27  |
| 项目二 焊条电弧焊的工艺                    | 36  |
| 项目三 平板对接                        | 44  |
| 项目四 管板焊接                        | 54  |
| 项目五 管子对接                        | 63  |
| 项目六 T形接头焊接                      | 73  |
| 第三单元 埋弧焊技能训练                    | 76  |
| 项目一 埋弧焊机的基本操作                   | 76  |
| 项目二 平板对接                        | 81  |
| 项目三 对接环焊缝焊接                     | 91  |
| 项目四 角焊缝焊接                       | 94  |
| 第四单元 CO <sub>2</sub> 气体保护焊技能训练  | 97  |
| 项目一 CO <sub>2</sub> 气体保护焊机的基本操作 | 97  |
| 项目二 CO <sub>2</sub> 气体保护焊平板对接平焊 | 102 |
| 项目三 CO <sub>2</sub> 气体保护焊板对接立焊  | 107 |
| 项目四 CO <sub>2</sub> 气体保护焊小径管子对接 | 112 |
| 项目五 管板(插入式)T形接头水平固定焊            | 117 |
| 项目六 CO <sub>2</sub> 气体保护焊大径管对接  | 121 |
| 第五单元 手工钨极氩弧焊技能训练                | 127 |
| 项目一 手工钨极氩弧焊机的基本操作               | 127 |
| 项目二 平板对接平焊                      | 131 |
| 项目三 平板对接立焊                      | 134 |
| 项目四 管板 T形接垂直俯位焊(插入式)            | 138 |
| 项目五 小径管对接                       | 142 |
| 项目六 平板对接横焊                      | 147 |
| 第六单元 焊接安全知识                     | 150 |
| 附录                              | 153 |
| 附录 A 中级电焊工技能试卷                  | 153 |
| 附录 B 高级电焊工技能试卷                  | 162 |
| 附录 C 中级电焊工理论知识试题                | 171 |
| 附录 D 高级电焊工理论知识试题                | 184 |
| 附录 E 中级电焊工理论知识试题答案              | 199 |
| 附录 F 高级电焊工理论知识试题答案              | 200 |
| 参考文献                            | 201 |

# 第一单元 气焊、气割技能训练

## 项目一 平板对接平焊

### 一、技能训练的目标

气焊、气割技能训练检验的项目及标准见表 1-1。

表 1-1 气焊、气割技能训练检验的项目及标准

| 检 验 项 目          |                    | 标准/mm                               |
|------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 外<br>观<br>检<br>查 | 正面焊缝高度 $h$         | $0 \leq h \leq 2$                   |
|                  | 背面焊缝高度 $h'$        | $0 \leq h' \leq 1$                  |
|                  | 正面焊缝高低差 $h_1$      | $0 \leq h_1 \leq 1$                 |
|                  | 焊缝每侧增宽             | $0.5 \sim 2$                        |
|                  | 咬边                 | $F \leq 0.5 \quad 0 \leq L \leq 10$ |
|                  | 错边量                | 无                                   |
|                  | 焊后角变形 ( $\theta$ ) | $0^\circ \leq \theta \leq 3^\circ$  |
|                  | 气孔、夹渣、未熔合、焊瘤       | 无                                   |

注：表中“ $F$ ”为缺陷深度；“ $L$ ”为缺陷长度，累计计算。

### 二、技能训练的准备

#### 1. 焊件的准备

- 1) 板料 2 块，材料为 Q235A，尺寸如图 1-1 所示。
- 2) 矫平。
- 3) 焊前清理待焊处，将焊件表面的油污、铁锈及氧化物等清理干净，可用锉刀及钢丝刷清理。油污可用汽油清洗，直至呈现金属光泽。

#### 2. 焊件装配技术要求

- 1) 装配齐平，如图 1-2 所示。
- 2) 单面焊双面成形。
- 3) 焊接完毕，不允许锤击、锉修和补焊。
- 4) 预留反变形。

#### 3. 焊接材料

焊丝牌号为 H08A，焊丝直径为 2mm。

焊前应将焊丝表面的氧化物、铁锈、油污等脏物用砂纸、钢丝刷等清理干净，以免焊缝产生气孔和夹渣等缺陷。

#### 4. 焊接设备及工具

- (1) 设备及工具 氧气瓶、氧气减压器 (QD—1 型)、乙炔瓶、乙炔减压器、焊炬



(H01—6 型)、氧气胶管、乙炔胶管。

(2) 辅助工具 护目镜、点火枪、通针、扳手、钢丝钳等。

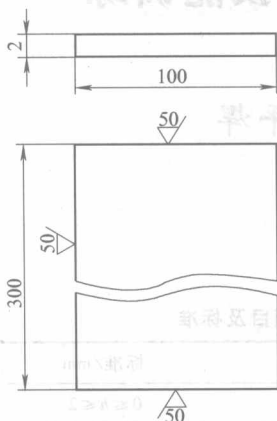


图 1-1 焊件备料图

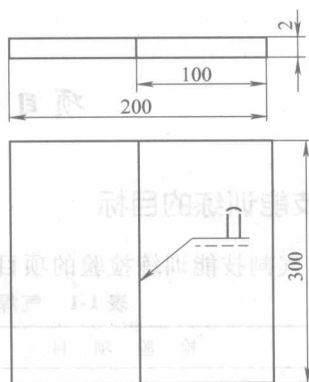


图 1-2 焊件装配图

### 三、技能训练的任务

#### 1. 装配与定位焊

1) 装配时不留错边，预留间隙为 0.5mm。

2) 定位焊时所使用的焊丝与正式焊接时的焊丝相同。定位焊的位置在焊件正面，定位焊缝的长度和间距视焊件的厚度和焊缝长度而定。焊件越薄，定位焊缝的长度和间距应越小，反之则应加大。如焊接薄件时，定位焊缝的长度约为 4 ~ 6mm，间距 50 ~ 80mm，定位焊顺序由焊件中间开始向两端进行；焊接厚件时，定位焊缝的长度为 20 ~ 30mm，定位焊缝的间距为 200 ~ 300mm，定位焊的顺序从焊件两端开始向中间进行，如图 1-3 所示。

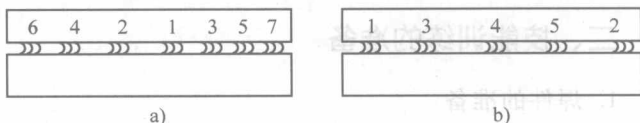


图 1-3 焊件定位焊顺序

a) 薄焊件的定位焊 b) 厚焊件的定位焊

定位焊点不宜过长，更不宜过宽或过高。定位焊点的横截面如图 1-4 所示。定位焊后，为防止角变形，可采用预留反变形法，即将焊件沿焊缝向下折成 160°左右，如图 1-5 所示。



图 1-4 定位焊点的要求

a) 不好 b) 好

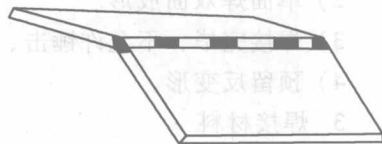


图 1-5 预留反变形法

#### 2. 校正

为了保证焊缝良好成形和焊缝反面焊透均匀及防止出现接缝高低不平，定位焊后必须校正不平之处。校正用胶木锤，防止敲伤焊件。



3. 焊接

(1) 确定焊接参数 见表 1-2。

表 1-2 气焊薄板焊接参数

| 焊件厚度<br>/mm | 焊丝直径<br>/mm | 氧气压力<br>/MPa | 乙炔压力<br>/MPa | 焊嘴号码        | 焊缝层数 |
|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------|
| 2           | 2           | 0.2~0.3      | 0.01~0.1     | H01—6<br>2号 | 1    |

(2) 焊接操作 采用左焊法，选用中性火焰。起焊时可从接缝一端留 30mm 处施焊，如图 1-6 所示，其目的是使起焊处于板内，传热面积大，冷凝时不易出现裂纹或烧穿。火焰内焰尖端要对准接缝中心线，距焊件 2~5mm，焊丝端部位于焰心前下方，作上下往复运动，焊丝端部不要离开外焰保护区，以免氧化。焊炬可作上下摆动，也可作平稳直线运动，如图 1-7 所示，目的是调节熔池温度，使得焊件熔化良好，并控制液体金属的流动，使焊缝成形美观。

在气焊过程中，如果火焰性质发生了变化，发现熔池浑浊、有气泡、火花飞溅或熔池沸腾等现象，要及时将火焰调节为中性焰，然后再进行焊接。焊炬的倾角、高度和焊接速度应根据熔池大小而调整。如发现熔池过小，焊丝熔化后仅敷在焊件表面，说明热量不足，焊炬倾角应增大，焊接速度要减慢。如发现熔池过大，且没有流动金属时，说明焊件已被烧穿，此时应迅速提起火焰或加快焊接速度，减小焊炬倾角，并多加焊丝。焊接始终应保持熔池为椭圆形且大小一致，才能获得满意的焊缝。

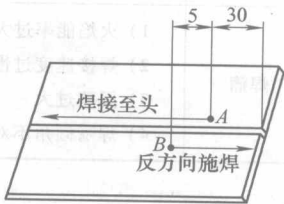


图 1-6 起焊处确定示意图

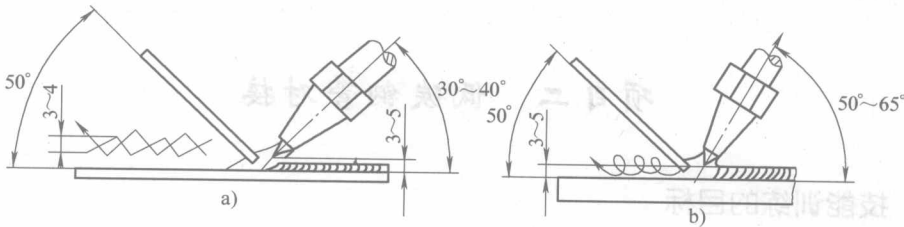


图 1-7 焊炬运动方式

a) 焊炬上下摆动前移 b) 焊炬平直前移

薄焊件焊接时，火焰的焰心要对准在焊丝上，用焊丝阻挡部分热量，以防接头处熔化太快而烧穿。

在焊接结束时，将焊炬火焰缓慢提起，使熔池逐渐缩小。收尾时要填满弧坑，防止产生气孔、裂纹、凹坑等缺陷。对接焊缝尺寸的要求见表 1-3。

表 1-3 对接焊缝尺寸的一般要求

(单位：mm)

| 焊件厚度    | 焊缝余高  | 焊缝宽度 | 层数  |
|---------|-------|------|-----|
| 0.8~1.2 | 0.5~1 | 4~6  | 1   |
| 2~3     | 1~2   | 6~8  | 1   |
| 4~5     | 1.5~2 | 6~8  | 1~2 |
| 6~7     | 2~2.5 | 8~10 | 2~3 |



## 四、焊缝中容易出现的缺陷及防止措施

焊接时易出现的缺陷及防止措施见表 1-4。

表 1-4 焊接时易出现的缺陷及防止措施

| 缺陷名称 | 产生原因          | 防止措施         |
|------|---------------|--------------|
| 咬边   | 1) 火焰能率过大     | 1) 选用合理的火焰能率 |
|      | 2) 焊嘴倾角不正确    | 2) 正确运用焊嘴倾角  |
|      | 3) 焊嘴焊丝摆动不当   | 3) 焊嘴焊丝摆动要适当 |
|      | 4) 温度过高, 熔池过大 | 4) 控制熔池温度    |
| 烧穿   | 1) 接头间隙过大、错位  | 1) 减小装配间隙    |
|      | 2) 火焰能率过大     | 2) 减小火焰能率    |
|      | 3) 焊接速度过慢     | 3) 运用合适的焊接速度 |
| 焊瘤   | 1) 火焰能率过大     | 1) 选用适当的火焰能率 |
|      | 2) 焊接速度过慢     | 2) 提高焊接速度    |
|      | 3) 间隙过大       | 3) 减小装配间隙    |
|      | 4) 焊嘴倾角不对     | 4) 掌握好焊嘴倾角   |



- 想一想
1. 为什么要进行定位焊?
  2. 薄板对接平焊操作过程焊接参数有哪些? 如何选择?
  3. 请比较左焊法与右焊法的优缺点?

## 项目二 低碳钢管对接

### 一、技能训练的目标

低碳钢管技能训练检验的项目及标准见表 1-5。

表 1-5 低碳钢管技能训练检验的项目及标准

| 检 验 项 目      |              | 标准/mm                               |
|--------------|--------------|-------------------------------------|
| 外观<br>检<br>查 | 焊缝高度 $h$     | $0 \leq h \leq 2$                   |
|              | 焊缝高低差 $h_1$  | $0 \leq h_1 \leq 1$                 |
|              | 焊缝每侧增宽       | 0.5 ~ 2                             |
|              | 焊缝宽度差 $c_1$  | $0 \leq c_1 \leq 1$                 |
|              | 咬边           | $F \leq 0.5 \quad 0 \leq L \leq 10$ |
|              | 气孔、夹渣、未熔合、焊瘤 | 无                                   |
|              | 通球 (管内径 85%) | 通 过                                 |

注: 表中“F”为缺陷深度; “L”为缺陷长度, 累计计算。



## 二、技能训练的准备

### 1. 焊件的准备

1) 低碳钢管 2 个, 材料为 Q235A, 开单边 V 形坡口, 留 0.5mm 的钝边, 尺寸如图 1-8 所示。

2) 焊前应将焊件表面的油污、铁锈及氧化物等清理干净, 可用锉刀及钢丝刷清理。油污可用汽油等有机溶剂清洗, 直至呈现金属光泽。

### 2. 焊件装配技术要求

1) 装配齐平, 保证同轴, 如图 1-9 所示, 间隙  $b = 1.5 \sim 2\text{mm}$ 。

2) 单面焊双面成形。

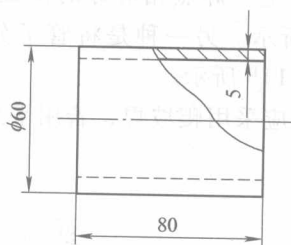


图 1-8 焊件备料图

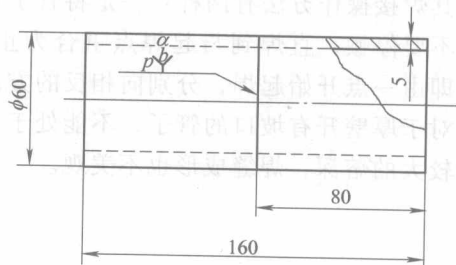


图 1-9 焊件装配图

### 3. 焊接材料

焊丝牌号为 H08A, 焊丝直径为 2mm。

焊前应将焊丝表面的氧化物、铁锈、油污等脏物用砂纸、钢丝刷等清理干净, 以免焊缝产生气孔和夹渣等缺陷。

### 4. 焊接设备及工具

(1) 设备及工具 氧气瓶、氧气减压器 (QD—1 型)、乙炔瓶、乙炔减压器、焊炬 (H01—6 型)、氧气胶管、乙炔胶管。

(2) 辅助工具 护目镜、点火枪、通针、扳手、钢丝钳等。

## 三、技能训练的任务

### 1. 装配与定位焊

1) 定位焊必须采用与正式焊接相同的焊丝和火焰。

2) 焊点起头和收尾应圆滑过渡。

3) 开坡口的焊件定位焊时, 焊点高度不应超过焊件厚度的 1/2。

4) 定位焊必须焊透, 不允许出现未熔合、气孔、裂纹等缺陷。

定位焊点的数量应按接头的形状和管子的

直径大小来确定: 直径小于 70mm 定位 2~3 点, 直径为 100~300mm 定位 4~6 点, 直径为 300~500mm 定位 6~8 点, 如图 1-10 所示。

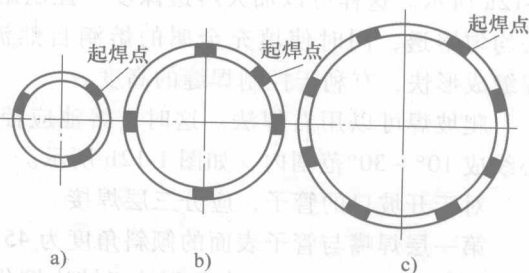


图 1-10 不同管径定位焊及起焊点

a) 直径小于 70mm b) 直径为 100~300mm

c) 直径为 300~500mm



焊接时的起焊点应在两定位焊点中间（图 1-10）。

2. 焊接

（1）确定焊接参数 见表 1-6。

表 1-6 气焊钢管焊接参数

| 焊件厚度<br>/mm | 焊丝直径<br>/mm | 氧气压力<br>/MPa | 乙炔压力<br>/MPa | 焊嘴号码        | 焊缝层数 |
|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------|
| 5           | 2           | 0.2~0.3      | 0.01~0.1     | H01—6<br>2号 | 3    |

（2）焊接操作 采用中性火焰，操作方法应根据管子是否可转动而确定。

1）可转动管子对接焊。由于管子可以自由转动，因此焊缝可控制在水平位置施焊。

其焊接操作方法有两种：一是将管子定位焊一点，从定位焊点相对称的位置开始施焊，中间不要停顿，直焊到与起焊点重合为止，如图 1-11a 所示。另一种是将管子分为两次焊完，即由一点开始起焊，分别向相反的方向施焊，如图 1-11b 所示。

对于厚壁开有坡口的管子，不能处于水平位置焊接，应采用爬坡焊，若用平焊，则难以得到较大的熔深，焊缝成形也不美观。

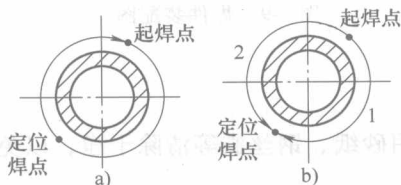


图 1-11 薄壁管可转动施焊的操作方法

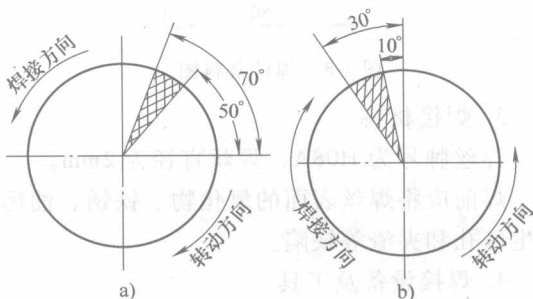


图 1-12 厚壁管可转动施焊的操作方法

用左焊法进行爬坡焊时，将熔池安置在与管子水平中心线成  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$  角度范围，如图 1-12a 所示。这样可以加大熔透深度，控制熔池形状，使接头均匀熔透，同时使填充金属的熔滴自然流向熔池下部，焊缝成形快，有利于控制焊缝的高度。

爬坡焊可以用右焊法。这时，熔池应控制在与垂直中心线成  $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$  范围内，如图 1-12b 所示。

对于开坡口的管子，应分三层焊接。

第一层焊嘴与管子表面的倾斜角度为  $45^{\circ}$  左右，火焰焰心末端距熔池  $3 \sim 5\text{mm}$ 。当看到坡口钝边熔化后并形成熔池时，立即把焊丝送入熔池前沿，使之熔化填充熔池。焊炬作圆周式摆动，焊丝随焊炬一起向前移动，焊件根部要保证焊透。

第二层焊接时，焊炬要作适当的横向摆动。

第三层焊接时，焊接方法同第二层一样，但火焰能率

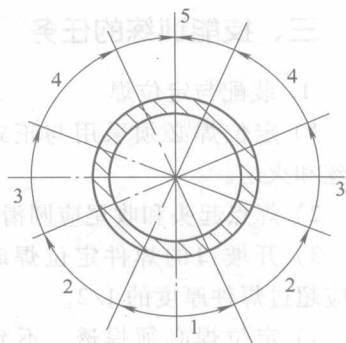


图 1-13 不可转动管焊接位置

- 1—仰焊 2—仰爬坡焊  
3—立焊 4—上爬坡焊  
5—平焊



应略小些，使焊缝成形美观。

在整个气焊过程中，每一层焊缝要一次焊完，各层的起焊点互相错开约 20 ~ 30mm。每次焊接收尾时，要填满弧坑，火焰慢慢离开溶池，以免出现气孔、夹渣等缺陷。

2) 不可转动管子对接焊。不可转动管焊接属多位置施焊，如图 1-13 所示。

不可转动管的对接气焊，每层焊道均分两次完成，从图 1-13 中的点 1 开始，沿接缝或坡口焊到 5 的位置结束。

在气焊中，应当灵活地改变焊丝、焊炬和管子之间的夹角，才能保证不同位置的熔池形状，达到既能焊透，又不产生过热和烧穿现象的目的。

不可转动管气焊时，起点和终点处应相互重叠为 10 ~ 15mm，以避免起点和终点处产生焊接缺陷。

#### 四、焊缝中容易出现的缺陷及防止措施

焊接时易出现的缺陷及防止措施见表 1-7。

表 1-7 焊接时易出现的缺陷及防止措施

| 缺陷名称 | 产生原因                                                   | 防止措施                                                     |
|------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 咬边   | 1) 火焰能率过大<br>2) 焊嘴倾角不正确<br>3) 焊嘴焊丝摆动不当<br>4) 温度过高，熔池过大 | 1) 选用合理的火焰能率<br>2) 正确运用焊嘴倾角<br>3) 焊嘴焊丝摆动要适当<br>4) 控制熔池温度 |
| 烧穿   | 1) 接头间隙过大、错位<br>2) 火焰能率过大<br>3) 焊接速度过慢                 | 1) 减小装配间隙<br>2) 减小火焰能率<br>3) 运用合适的焊接速度                   |
| 焊瘤   | 1) 火焰能率过大<br>2) 焊接速度过慢<br>3) 间隙过大<br>4) 焊嘴倾角不对         | 1) 选用适当的火焰能率<br>2) 提高焊接速度<br>3) 减小装配间隙<br>4) 掌握好焊嘴倾角     |

#### 想一想



1. 如何进行低碳钢管的垂直固定对接焊？
2. 水平可转动管子怎样进行焊接？
3. 水平固定不可转动管子怎样进行焊接？



## 项目三 铸铁补焊

### 一、技能训练的目标

铸铁补焊技能训练检验的项目及标准如下:

- 1) 不允许焊缝出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷。
- 2) 对有加工要求的焊件, 补焊后硬度 $\leq 250\text{HBW}$ 。

### 二、技能训练的准备

#### 1. 焊件的准备

铸铁带轮轮辐断裂件一个, 如图 1-14 所示。

#### 2. 清理缺陷

将缺陷附近的油污、铁锈、渣等清理干净; 如果缺陷是砂孔、缩孔, 应将型砂等彻底除去; 对于裂纹, 应查清其走向、分枝及其端点。

裂纹检查方法:

1) 直接观察或用放大镜观察, 也可在用火焰开坡口时观察, 裂纹以细白线的形式出现, 其端点即是裂纹终点。

2) 将裂纹不明显处用火焰加热至  $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ , 冷却后裂纹即可显现出来。

3) 渗煤油后擦去表面油渍, 并撒上一层薄薄的滑石粉, 用小锤子轻敲振动, 就可显示出裂纹的痕迹来。

4) 气缸等有密封性要求者, 可通过水压试验以发现渗漏处。

#### 3. 裂纹终点钻止裂孔

如图 1-15 所示, 止裂孔可防止裂纹在补焊过程中的扩展和延伸。

#### 4. 坡口的制备

采用剔、铲的方法加工坡口, 或用火焰开槽, 制成的坡口尺寸如图 1-16 所示。

#### 5. 选择焊丝和熔剂

可选用焊丝 HS401—A 或 HS401—B。配用焊剂 CJ201, 其熔点约  $650^{\circ}\text{C}$ , 呈碱性, 有解潮性, 能有效地驱除铸铁在气焊过程中所产生的硅酸盐和氧化物, 有加速金属熔化的作用。

#### 6. 焊炬选择

铸铁件气焊时火焰功率宜选大些, 以利于消除气孔和夹渣, 常用型号为 H01—12、H01—20。火焰功率的选择参见表 1-8。为防止焊接时焊炬过热回火, 焊炬头部可缠石棉绳, 操作时不断蘸水冷却。

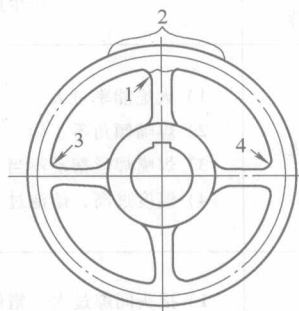


图 1-14 铸铁带轮轮辐断裂的补焊

1—裂纹 2—加热区  
3、4—防开裂区

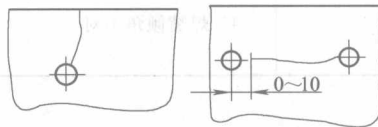


图 1-15 在裂纹两端钻止裂孔

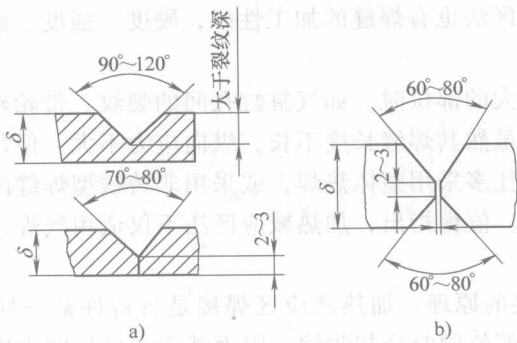


图 1-16 坡口尺寸  
a)  $\delta < 15\text{mm}$  b)  $\delta \geq 15\text{mm}$

表 1-8 铸铁气焊火焰功率的选择

|          |         |           |
|----------|---------|-----------|
| 铸件壁厚/mm  | 20 ~ 50 | < 20      |
| 焊炬型号     | H01—20  | H01—12    |
| 焊嘴孔径/mm  | 3       | 2         |
| 氧气压力/MPa | 0.6     | 0.3 ~ 0.4 |

三、技能训练的任务

1. 补焊方法

用气焊补焊铸铁有三种方法，即热焊法、不预热气焊法以及加热减应区法。

(1) 热焊法 采用与母材金属同质的铸铁焊丝，铸件焊前预热至 600℃ 左右（呈褐色），焊接过程中不得低于 400℃，焊后 650 ~ 700℃ 保温消除应力。热焊法其优点是焊缝的加工性好，硬度、强度、颜色与母材金属相同。

当补焊区域不在铸件的边角部位，不能自由地热胀冷缩时，可采用热焊法（主要是指铸件整体加热，也可包括较大范围的局部加热）。有些铸件长期在高温、腐蚀条件下工作，内部已经有些变质，如气缸排气孔、排气管和锅炉鳍片等；还有些铸件材质较差，组织疏松、粗糙，如采用电弧焊，焊条铁液很难与母材金属熔合在一起，在这些情况下，宜采用气焊热焊法。

常用的加热方法有焦炭地炉鼓风加热、木炭或木柴砖炉加热、木炭铁皮框加热以及煤气、液化石油气或氧-乙炔火焰加热等。

(2) 不预热气焊法 采用与母材金属同质的铸铁焊丝，铸件焊前可不预热。但仅适用于小件或中小件边角部位的补焊。

对于缺陷在边角处或焊接时可以自由胀缩的铸铁件，不预热直接气焊也不会产生裂纹，并可改善劳动条件。刚度不大、焊缝稍长的铸铁件，可采用正确的焊接方向和控制焊接速度来减小应力、防止裂纹。焊接方向应当由里向外，向可以自由张开的一端进行焊接。焊接时由于速度不同，间隙可能张大，也可能合拢，这都会造成较大的应力，焊接速度应以熔池前沿间隙刚要合拢为恰好，这样可使焊接接头中内应力减小。

(3) 加热减应区法 采用与母材金属相同的铸铁焊丝，焊前仅对铸件减应区进行局部加



热以防止裂纹。加热减应区法也有焊缝的加工性好,硬度、强度、颜色与母材金属相同等优点。

当裂纹发生在刚度较大的部位时,如气缸缸孔间的裂纹、带轮轮辐断裂、齿轮箱肋板以及轴承座孔间的裂纹等,虽然其焊缝长度不长,纵向应力不大,但却容易产生较大的横向应力导致裂纹。这种缺陷以往多采用整体热焊,或采用非铸铁型焊缝的电弧冷焊,现在采用加热减应区法气焊效果更好。值得指出,加热减应区法不仅适用气焊,也适用于铸铁型焊缝的电弧焊。

1) 加热减应区法焊接的原理。加热减应区焊接是将铸件某一局部加热,使裂纹间隙张大,焊接后,焊缝与加热部位同时冷却收缩,因而就能有效地减少应力,从而达到防止焊接裂纹的目的。

2) 适用场合及减应区的选择。加热减应区的适用场合及选择在何处,与焊件的结构形状特征有关。一般框架结构、带有孔洞的箱体结构可以采用此法,但整体性强、无孔洞的铸件则难以采用;加热减应区法只能减小横向收缩应力,而不能减小纵向应力,因此适用于短焊缝,而不适用于较长的焊缝;减应区与补焊区既有联系又有矛盾。当无加热减应区直接进行焊接时,它会阻碍补焊区的膨胀和收缩,当进行加热减应区焊接时,它能带动坡口两侧膨胀,使裂纹间隙张开,焊后冷却时,它与补焊区同时冷却收缩,互不阻碍。因此,减应区的位置一般都在裂纹的两端而不在两侧;减应区加热与冷却时,本身可以较自由地胀缩,因而不会产生较大的应力。

## 2. 焊接

(1) 火焰性质 正常焊接时用中性焰,焊接结束时可用碳化焰,使焊缝缓冷。这样可以减少碳硅的烧损,消除过厚的氧化膜,降低冷却速度,以免产生白口组织。

(2) 焊接技能 为了更好地消除气孔、夹渣等缺陷,应选用较大的火焰能率,推荐氧气压力为 0.6MPa。先用焊炬加热焊件大圆的 2 处部分,使大圆向外膨胀。当断裂处间隙逐渐扩大到 1.5mm 左右时,迅速将火焰移至断裂处加热,并间隔地加热大圆的 2 处部分,使它继续保持热态。加热时应注意大圆的 2 处红热面积不要太大,否则可能会引起 3 或 4 处开裂。施焊时用火焰加热,熔化坡口底部,当铸件温度足够高时,将已加热的焊丝沾上熔剂,迅速插入坡口底部并用力摩擦,使底部的夹杂物浮起,这时焊丝插入熔池的部分就会被熔化;坡口底部温度不够时,不要急于填充焊丝,以防熔合不良。焊接过程中焊丝要不断地往复运动,目的是使熔池内的夹杂物浮起、熔池表面的熔渣集中,然后可用焊丝端部沾出排除。当发现熔池底部有白亮夹杂物(即  $\text{SiO}_2$ )或孔时,应加大火焰,减小焰芯到熔池的距离,以便提高熔池底部温度使之浮起;也可以用焊丝迅速插入熔池底部搅拌以排出夹杂物和气孔。

(3) 整形 焊接快要结束时,应使焊缝稍高出铸铁件表面,并将流到焊缝外面的熔渣重新熔化,待焊缝温度降低至处于半熔化状态时开始整形,用冷的焊丝平行于铸件表面迅速往复运动,将高出部分刮平。这样不仅焊缝内部没有气孔、夹渣,熔合良好,而且外表平整如新,焊缝应平滑过渡至母材,以降低应力集中,防止产生裂纹。

## 3. 焊后处理

1) 焊后继续用气体火焰加热补焊区,以使接头缓慢冷却。待焊件冷却后用小圆头锤击焊缝表面,消除焊接应力。



2) 用热水或蒸汽将焊件上残存的熔剂和焊渣清除干净。

四、焊缝中容易出现的缺陷及防止措施

焊接时易出现的缺陷及防止措施见表 1-9。

表 1-9 焊接时易出现的缺陷及防止措施

| 缺陷名称 | 产生原因                                                   | 防止措施                                                                   |
|------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 白口   | 1) 补焊处的冷却速度快<br>2) C、Si 等元素的烧损严重<br>3) 焊丝选择不当          | 1) 减慢焊缝区的冷却速度<br>2) 采用中性焰或弱碳化焰以防止 C、Si 过分烧损<br>3) 选用含 C、Si 较高的铸铁焊丝     |
| 裂纹   | 1) 灰铸铁的膨胀收缩率比较大<br>2) 焊接过程中所引起的内应力大<br>3) 铸铁本身的强度低、塑性差 | 1) 采用加热减应法                                                             |
| 气孔   | 铸铁金属由液态转变为固态时，过渡的时间很短，因而在凝固过程中，熔池内的气体不易浮出而容易产生气孔       | 在补焊时应采用中性焰或轻微碳化焰，操作时一方面把火焰稍微抬高一些，使熔池周围温度升高；另一方面将火焰围绕熔池慢慢转动，使熔池中的气体充分逸出 |



- 想一想
1. 铸铁补焊区如果位于铸件端部边角处，应如何选择补焊方法？
2. 加热减应区法焊接的原理是什么？应如何选择减应区？

项目四 铜及铜合金气焊

一、技能训练的目标

铜及铜合金气焊技能训练检验的项目及标准见表 1-10。

表 1-10 铜及铜合金气焊技能训练检验的项目及标准

| 检 验 项 目 |              | 标准/mm                               |
|---------|--------------|-------------------------------------|
| 外观检查    | 焊缝高度 $h$     | $0 \leq h \leq 2$                   |
|         | 焊缝高低差 $h_1$  | $0 \leq h_1 \leq 1$                 |
|         | 焊缝每侧增宽       | $0.5 \sim 2.5$                      |
|         | 焊缝宽度差 $c_1$  | $0 \leq c_1 \leq 1$                 |
|         | 咬边           | $F \leq 0.5 \quad 0 \leq L \leq 20$ |
|         | 气孔、夹渣、未熔合、焊瘤 | 无                                   |
|         | 通球（管内径 85%）  | 通过                                  |

注：表中“F”为缺陷深度；“L”为缺陷长度，累计计算。



## 二、技能训练的准备

### 1. 焊件的准备

1) 管料 2 个, 材料为 H62 黄铜, 尺寸如图 1-17 所示。

2) 焊前清理待焊处, 将吸附在焊丝和焊件坡口两侧 30mm 范围内表面的油脂、水分及其他杂质, 以及金属表面氧化膜都必须进行仔细清理, 直至呈现金属光泽。

### 2. 焊件装配技术要求

1) 装配齐平, 保证同轴, 如图 1-18 所示, V 形坡口, 钝边  $p$ 、间隙  $b$  自定。

2) 单面焊双面成形。

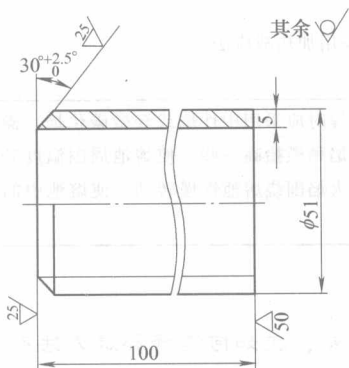


图 1-17 焊件备料图

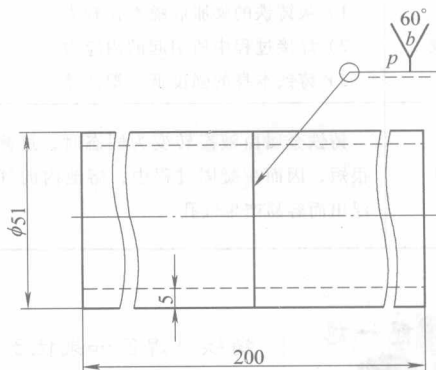


图 1-18 焊件装配图

### 3. 焊接材料

1) 焊丝牌号 HSCuZn—1, 代号 HS221, 直径 4mm。

2) 焊剂为 CJ301。

### 4. 焊接设备及工具

(1) 设备及工具 氧气瓶、氧气减压器 (QD—1 型)、乙炔瓶、乙炔减压器、焊炬 (H01—6 型)、氧气胶管、乙炔胶管。

(2) 辅助工具 护目镜、点火枪、通针、扳手、钢丝钳等。

## 三、技能训练的任务

### 1. 装配与定位焊

1) 装配定位焊时, 平焊部位的间隙要大于仰焊部位的间隙 0.5mm, 如图 1-19 所示, 以防止焊接时收缩, 造成平焊部位间隙小而影响焊接。

2) 定位焊时使用的焊丝和焊剂与正式焊接所使用的焊丝和焊剂相同。采用二点定位 (图 1-19), 定位焊缝长度约为 4~5mm。

### 2. 焊接

(1) 确定焊接参数 见表 1-11。



图 1-19 装配间隙与定位焊示意图