

职业 技能培训鉴定教材

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

电焊工

DIANHANGONG (高级)

人力资源和社会保障部教材办公室 组织编写

RENLI ZIYUAN HE SHEHUI BAOZHANGBU JIAOCAI
BANGONGSHI
ZUZHIBIANXIE



中国劳动社会保障出版社

职业技能培训鉴定教材

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

电焊工

DIANHANGONG (高级)

常州大学图书馆
藏书章

主编 周永昌

编者 刘和平

主审 杜则裕

朱茂昌 彭 胜

图书在版编目(CIP)数据

电焊工：高级/人力资源和社会保障部教材办公室组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2010

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 8531 - 8

I. ①电… II. ①人… III. ①电焊-职业技能鉴定-教材 IV. ①TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 188883 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

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8.5 印张 184 千字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

定价：16.00 元

读者服务部电话：010 - 64929211/64921644/84643933

发行部电话：010 - 64961894

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010 - 64954652

如有印装差错，请与本社联系调换：010 - 80497374

内 容 简 介

本教材由人力资源和社会保障部教材办公室组织编写。教材以《国家职业标准·焊工》为依据，紧紧围绕“以企业需求为导向，以职业能力为核心”的编写理念，力求突出职业技能培训特色，满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材详细介绍了高级电焊工要求掌握的最新实用知识和技术。全书分为三个单元，主要包括：焊接工艺准备、工件施焊和焊后检查。每一单元后安排了单元测试题及答案，书末提供了理论知识和操作技能考核试卷，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材是高级电焊工职业技能培训与鉴定考核用书，也可供相关人员参加在职培训、岗位培训使用。

前 言

1994年以来,原劳动和社会保障部职业技能鉴定中心、教材办公室和中国劳动社会保障出版社组织有关方面专家,依据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》,编写出版了职业技能鉴定教材及其配套的职业技能鉴定指导200余种,作为考前培训的权威性教材,受到全国各级培训、鉴定机构的欢迎,有力地推动了职业技能鉴定工作的开展。

原劳动保障部从2000年开始陆续制定并颁布了国家职业标准。同时,社会经济、技术不断发展,企业对劳动力素质提出了更高的要求。为了适应新形势,为各级培训、鉴定部门和广大受培训者提供优质服务,人力资源和社会保障部教材办公室组织有关专家、技术人员和职业培训教学管理人员、教师,依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求,研发了职业技能培训鉴定教材。

新编写的教材具有以下主要特点:

在编写原则上,突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,依据国家职业标准,结合企业实际,反映岗位需求,突出新知识、新技术、新工艺、新方法,注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能,均作详细介绍。

在使用功能上,注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求,教材力求体现职业培训的规律,反映职业技能鉴定考核的基本要求,满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上,采用分级模块化编写。纵向上,教材按照国家职业资格等级单独成册,各等级合理衔接、步步提升,为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上,教材按照职业功能分单位展开,安排足量、适用的内容,贴近生产实际,贴近培训对象需要,贴近市场需求。

在内容安排上,增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象,同时也便于培训对象迅速抓住重点,提高学习效率,在教材中精心设置了“培训目标”等栏目,以提示应该达到的目标,需要掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。另外,每个学习单元后安排了单元测试题,每个级别



的教材都提供了理论知识和操作技能考核试卷，方便培训对象及时巩固、检验学习效果。

本书在编写过程中得到天津市职业技能培训研究室的大力支持和热情帮助，同时，天津市焊接研究所的韩勤老师为本书的出版做出了贡献，在此一并致以诚挚的谢意。

编写教材有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，不足之处在所难免，恳切希望各使用单位和个人对教材提出宝贵意见，以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室



目 录

第 1 单元 焊接工艺准备/1—20

第一节 焊接材料/2

- 一、铸铁焊接材料
- 二、有色金属焊接材料
- 三、焊接异种金属的焊接材料

第二节 焊接工件准备/8

- 一、铸铁工件的焊前准备要求
- 二、有色金属工件的焊前准备要求

第三节 施焊前设备调试/16

- 一、埋弧焊机的调试
- 二、交流电焊机的调试
- 三、钨极氩弧焊机的调试

单元测试题/18

单元测试题答案/20

第 2 单元 工件施焊/21—104

第一节 铸铁焊接/22

- 一、铸铁的分类、牌号及特性
- 二、灰铸铁的焊接
- 三、球墨铸铁的焊接

第二节 有色金属焊接/30

- 一、铝及铝合金的焊接
- 二、铜及铜合金的焊接
- 三、钛及钛合金的焊接

第三节 典型异种金属的焊接/45

- 一、异种金属焊接性
- 二、奥氏体不锈钢与珠光体钢的焊接

第四节 低碳钢与低合金钢的焊接/50

- 一、低碳钢与低合金钢的基础知识



二、低碳钢与低合金钢的焊接

三、各种低碳钢与低合金钢焊接的要点

第五节 典型锅炉压力容器和钢结构的焊接/61

一、锅炉压力容器的基本知识

二、典型压力容器的焊接

三、一般钢结构的焊接

第六节 焊接接头试验/75

一、焊接接头力学性能试验

二、焊接性试验

第七节 焊条电弧焊焊接工艺/90

一、钢板对接仰焊

二、对接管水平固定焊

三、骑座式管板仰焊

四、对接管垂直固定和水平固定加障碍焊

五、对接管斜位 45° 固定电弧焊

单元测试题/102

单元测试题答案/104

第3单元 焊后检查/105—121

第一节 焊接缺陷分析/106

一、铸铁焊接缺陷的产生原因及防止措施

二、铝及铝合金焊接缺陷的产生原因及防止措施

三、铜及铜合金焊接缺陷的产生原因及防止措施

四、典型压力容器焊接缺陷的产生原因及防止措施

五、典型钢结构焊接缺陷的产生原因及防止措施

第二节 焊接检查/117

一、渗透试验

二、水压试验

单元测试题/119

单元测试题答案/121

理论知识考核试卷/122

理论知识考核试卷答案/125

操作技能考核试卷/126

第 7 单元

焊接工艺准备

- 第一节 焊接材料/2
- 第二节 焊接工件准备/8
- 第三节 施焊前设备调试/16



第一节 焊接材料



- 了解铸铁焊条、焊丝的分类
- 了解铸铁焊条、焊丝的型号及其选用
- 掌握有色金属焊条、焊丝的型号及其选用
- 掌握焊接异种金属所需焊接材料的选择方法

一、铸铁焊接材料

1. 铸铁焊条的分类与型号

(1) 铸铁焊条的分类。为适应不同铸铁焊接的需求，铸铁焊条的种类很多。根据国家标准《铸铁焊条及焊丝》(GB/T 10044—2006) 的规定，铸铁焊条的分类与型号见表 1—1。

表 1—1

铸铁焊条的分类与型号

类别	名称	型号
铁基焊条	灰铸铁焊条	EZC
	球墨铸铁焊条	EZCQ
镍基焊条	纯镍铸铁焊条	EZNi
	镍铁铸铁焊条	EZNiFe
	镍铜铸铁焊条	EZNiCu
	镍铁铜铸铁焊条	EZNiFeCu
其他焊条	纯铁及碳钢焊条	EZFe
	高钒焊条	EZV

(2) 铸铁焊条型号及其表示方法。国家标准《铸铁焊条及焊丝》(GB/T 10044—2006) 规定，铸铁焊接用纯铁及碳钢焊条根据焊芯化学成分分类，其他型号铸铁焊条根据熔敷金属的化学成分及用途划分型号。型号编制的具体方法为：

- 1) 用字母“E”表示焊条。
- 2) 用字母“Z”表示焊条用于铸铁焊接。
- 3) 在字母“EZ”后用熔敷金属主要化学元素符号或熔敷金属类型代号表示，如图 1—1 所示。
- 4) 再细分时用数字表示，并用短画“-”与前面化学元素符号分开，如图 1—2 所示。

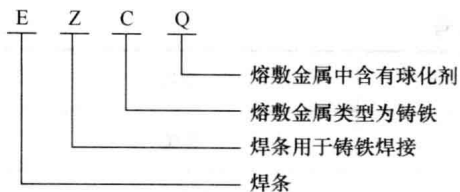


图 1—1 铸铁焊条型号标记示例一



图 1—2 铸铁焊条型号标记示例二

2. 铸铁焊条的选用

常用铸铁焊条的性能与主要用途见表 1—2。

表 1—2 常用铸铁焊条的性能与主要用途

型号	牌号	药皮类型	电源种类	焊缝金属类型	主要用途
EZFe-1	Z100	氧化型	交流、直流	碳钢	一般灰铸铁件非加工面的补焊
EZV	Z116	低氢钠型		高钒钢	高强度灰铸铁件及球墨铸铁的补焊
EZV	Z117	低氢钾型	直流		
EZFe-2	Z122Fe	铁粉钛钙型	交流、直流	碳钢	多用于一般灰铸铁件非加工面的补焊
EZC	Z208	石墨型		铸铁	一般灰铸铁件的补焊
EZCQ	Z238			球墨铸铁	球墨铸铁的补焊
EZC	Z248			铸铁	灰铸铁件的补焊
EZCQ	Z258			球墨铸铁	球墨铸铁的补焊，Z268 也可以用于高强度灰铸铁件的补焊
EZCQ	Z268				
EZNi-1	Z308			纯镍	重要灰铸铁薄壁件和加工面的补焊
EZNiFe-1	Z408			镍铁合金	重要高强度灰铸铁件及球墨铸铁的补焊
EZNiFeCu	Z408A			镍铁铜合金	重要灰铸铁件及球墨铸铁的补焊
EZNiFe	Z438			镍铁合金	
EZNiCu	Z508			镍铜合金	强度要求不高的灰铸铁件的补焊

3. 铸铁焊丝的分类与型号表示方法

(1) 铸铁焊丝的分类。为适应不同铸铁焊接的需求，根据国家标准《铸铁焊条及焊丝》(GB/T10044—2006) 的规定，铸铁焊丝的分类和型号见表 1—3。

(2) 铸铁焊丝的型号及其表示方法。国家标准《铸铁焊条及焊丝》(GB/T10044—2006) 规定，铸铁焊丝的型号是根据焊丝本身的化学成分及用途来划分的。铁基填充



表 1—3

铸铁焊丝的分类和型号

类别	名称	型号
铁基填充焊丝	灰铸铁填充焊丝	RZC
	合金铸铁填充焊丝	RZCH
	球墨铸铁填充焊丝	RZCQ
镍基气体保护焊丝	纯镍铸铁气保护焊丝	ERZNi
	镍铁锰铸铁气保护焊丝	ERZNiFeMn

焊丝划分型号的具体方法为：

- 1) 用字母“R”表示填充焊丝。
- 2) 用字母“Z”表示焊丝用于铸铁焊接。
- 3) 字母“RZ”后用焊丝主要化学元素符号或熔敷金属类型代号表示，如图 1—3 所示。



图 1—3 铁基填充焊丝型号标记示例

- 4) 再细分时用数字表示，并以短画“-”与前面化学元素符号分开。

4. 铁基填充焊丝的选用

(1) RZC 型焊丝的选用。RZC 型焊丝采用含石墨化元素较多的灰铸铁浇铸而成，适用于中小型薄壁件的气焊，可以配合焊粉使用，采用热焊法和冷焊法。

1) 热焊法。热焊法是焊前把工件预热至 600℃ 左右，在 400℃ 以上焊接，焊后在 600~700℃ 保温消除应力。焊缝可加工，其硬度、强度及颜色与母材相同。

2) 冷焊法。冷焊法是焊前工件不预热或局部预热，焊后缓冷。焊缝可加工，其硬度、强度及颜色与母材基本相同。

(2) RZCH 型焊丝的选用。RZCH 型焊丝中含有一定质量分数的合金元素，焊缝强度较高，适用于高强度灰铸铁及合金铸铁等的气焊，可以配合焊粉使用。焊接工艺与 RZC 型基本相同。根据需要，焊后可进行热处理。

(3) RZCQ 型焊丝的选用。RZCQ 型焊丝中含有一定量的球化剂，焊缝中的石墨呈球状，具有较好的塑性和韧性，适用于球墨铸铁、高强度灰铸铁及可锻铸铁的气焊。焊接工艺与 RZC 型基本相同，焊后可进行热处理。

5. 铸铁气焊用熔剂（焊粉）

铸铁气焊时，硅易氧化而生成高熔点的氧化物 SiO_2 ，其黏度较大，流动性不好，妨碍焊接过程的正常进行，易造成焊缝夹渣，故应设法避免。可采用熔剂（焊粉）与氧化物结合，所形成的低熔点熔渣能浮到熔池表面上而被清除。铸铁气焊用熔剂（焊粉）的牌号与用途见表 1—4。

表 1—4 铸铁气焊用熔剂（焊粉）的牌号与用途

牌号	名称	化学组成	用途
CJ201	铸铁气焊用熔剂	$w(\text{H}_3\text{BO}_3) = 18\%$ $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 40\%$ $w(\text{NaHCO}_3) = 20\%$ $w(\text{MnO}_2) = 7\%$ $w(\text{NaNO}_3) = 15\%$	用于铸铁气焊

二、有色金属焊接材料

1. 有色金属焊条

(1) 铝及铝合金焊条。国家标准《铝及铝合金焊条》(GB/T3669—2001) 规定，铝及铝合金焊条根据焊芯的化学成分和焊接接头力学性能划分型号。在实际生产中，铝及铝合金焊条使用极少。

(2) 铜及铜合金焊条。国家标准《铜及铜合金焊条》(GB/T3670—1995) 规定，铜及铜合金焊条根据熔敷金属的化学成分分类。在实际生产中，铜及铜合金焊条使用极少。

2. 有色金属焊丝的选用

(1) 铝及铝合金焊丝

1) 铝及铝合金焊丝型号。根据国家标准《铝及铝合金焊丝》(GB/T10858—2008) (适用于熔化极气体保护电弧焊、钨极气体保护电弧焊、等离子弧焊、气焊等焊接用铝及铝合金实心焊丝和填充丝) 规定，铝及铝合金焊丝依据化学成分分类和表示型号 (见表 1—5)。

表 1—5 铝及铝合金焊丝的分类和型号 (部分)

类别	型号	类别	型号
铝	SAI 1200	铝铜	SAI 2319
	SAI 1070	铝锰	SAI 3103
	SAI 1450		
铝镁	SAI 5554	铝硅	SAI 4043 SAI 4047
	SAI 5654, SAI 5654A		
	SAI 5183, SAI 5183A		
	SAI 5556, SAI 5556C		

焊丝型号由三部分组成，编制型号的具体方法为：

- ①第 1 部分为“SAI”，表示铝及铝合金焊丝。
- ②第 2 部分为 4 位数字，表示焊丝型号。
- ③第 3 部分为可选部分，表示化学成分代号。

铝及铝合金焊丝型号标记示例如图 1—4 所示。

单元
1

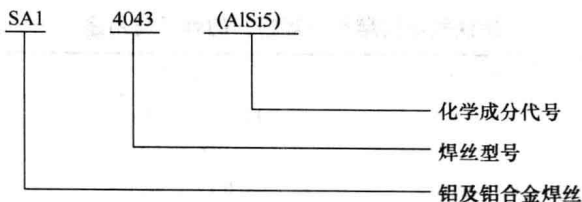


图 1—4 铝及铝合金焊丝型号标记示例

2) 铝及铝合金焊丝的选用。常用铝及铝合金焊丝的主要性质与用途见表 1—6。如果没有现成的焊丝，可以用相应牌号的板材切成条或用铝合金铸件熔铸成长条作填充金属。

表 1—7 和表 1—8 列出了同种及异种母材组合焊接时可采用的焊丝。

表 1—6 常用铝及铝合金焊丝的主要性质与用途

名称	型号	化学成分（质量分数，%）											熔点 （℃）	用途
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	V	Zr	Al 其他 元素		
铝焊丝	SAI 1450	0.3	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	≥ 99.0	660	焊接纯铝 或要求不高 的铝合金
铝硅合 金焊丝	SAI 4043	4.5 ~ 6.0	0.8	0.3	0.15	0.1	—	0.1	0.2	—	—	余量 0.15	580~ 610	通用焊丝， 焊接除铝镁 合金以外的 铝合金
铝锰合 金焊丝	SAI 3103	0.6	0.7	—	1.0 ~ 1.6	—	—	—	—	—	—		643~ 654	焊接铝锰 及其他合金， 焊缝有良好的 耐腐蚀性 及一定强度
铝镁合 金焊丝	SAI 5556， SAI 5556A	0.4	0.4	—	0.2 ~ 0.4	4.7 ~ 5.7	—	—	0.05 ~ 0.25	—	—		638~ 660	焊接铝镁 及其他合金， 焊缝有良好的 耐腐蚀性 及力学性能

表 1—7 同种母材焊接用焊丝

母材	填充焊丝	母材	填充焊丝
纯铝 1035 (L4)、1200 (L5)	SAI 1450, SAI 4043	5A03 (LF3)	5A05 (LF5), SAI 5556, SAI 5556A
3A21 (LF21)	SAI 3103, SAI 5556, SAI 5556A	5A05 (LF5)	5A06 (LF6), SAI 5556, SAI 5556A

表 1—8 异种母材焊接用焊丝

母材	填充焊丝	母材	填充焊丝
1200 (L5) 与 3A21 (LF21)	3A21 (LF21) 或 SAl 3103	3A21 (LF21) 与 ZL104	ZL104 或 SAl 4043
3A21 (LF21) 与 5A02 (LF2)	5A02 (LF2) 或 SAlMg-5	3A21 (LF21) 与 ZL101	ZL101
3A21 (LF21) 与 5A03 (LF3)	5A03 (LF3) 或 SAl 5556, SAl 5556A		

(2) 铜及铜合金焊丝

1) 铜及铜合金焊丝的牌号及表示方法。国家标准《铜及铜合金焊丝》(GB/T9460—2008) 适用于熔化极气体保护电弧焊、钨极气体保护电弧焊、气焊及等离子弧焊等焊接用铜及铜合金实心焊丝和填充丝, 根据该国标的规定, 铜及铜合金焊丝的分类和型号 (部分) 见表 1—9。

表 1—9 铜及铜合金焊丝的分类和型号 (部分)

类别	焊丝型号	化学成分
铜	SCu1897 ^①	CuAg1
黄铜	SCu4700	CuZn40Sn
	SCu4701	CuZn40SnSiMn
	SCu6800	CuZn40Ni
	SCu6810	CuZn40Fe1Sn1
白铜	SCu7158 ^②	CuNi30Mn1FeTi
	SCu7061 ^③	CuNi10
青铜	SCu6511	CuSi2Mn1
	SCu5180	CuSn5P
	SCu6100	CuAl7
	SCu6325	CuAl8Fe4Mn2Ni2

①As 的质量分数不大于 0.05%, Ag 的质量分数为 0.80%~1.2%。

②C 的质量分数不大于 0.04%。

③C 的质量分数不大于 0.05%。

编写型号的具体方法为: 焊丝的型号由三部分组成, 第 1 部分为字母“SCu”, 表示铜及铜合金焊丝; 第 2 部分为四位数字, 表示焊丝型号; 第 3 部分为可选部分, 表示化学成分代号。

铜及铜合金焊丝型号标记示例如图 1—5 所示。

2) 铜及铜合金焊丝的选用。铜及铜合金在惰性气体保护焊或气焊时, 应选用相同成分的焊丝。但在焊接黄铜时, 由于黄铜中的锌容易蒸发, 可以选用含硅量高的黄铜或硅青铜焊丝, 以弥补锌蒸发所带来的损失。

3. 有色金属熔剂的选用

有色金属气焊时, 一般都必须利用熔剂, 主要用于清除焊件表面上的氧化物, 使脱氧产物和其他一些金属杂质过渡到熔渣中去, 并改善液体金属的流动性, 形成的熔渣还

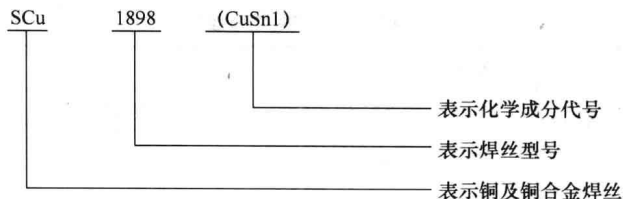


图 1—5 铜及铜合金焊丝型号标记示例

对熔池金属起到一定的保护作用。有色金属气焊熔剂见表 1—10。

表 1—10

有色金属气焊熔剂

牌号	名称	化学组成	用途
CJ301	铜气焊熔剂	$w(\text{H}_3\text{BO}_3) = 73\% \sim 79\%$ $w(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) = 16.5\% \sim 18.5\%$ $w(\text{AlPO}_4) = 4\% \sim 4.5\%$	作为纯铜及黄铜气焊时的助熔剂
CJ401	铝气焊熔剂	$w(\text{KCl}) = 49.5\% \sim 52\%$ $w(\text{NaCl}) = 27\% \sim 30\%$ $w(\text{LiCl}) = 3.5\% \sim 15\%$ $w(\text{NaF}) = 7.5\% \sim 9\%$	作为铝及铝合金气焊时的助熔剂，并起精炼作用，也可作为铝青铜气焊时的助熔剂

三、焊接异种金属的焊接材料

焊接异种金属时，根据不同的焊接方法要适当选择焊接材料，力求减少两种母材之间的相互冶金反应，如形成金属间化合物等。为此，焊接材料的选择对接头性能起着决定性作用。选择焊接材料时应考虑下列条件：

1. 确保焊接接头的完整性，能够承受母材的稀释而不产生气孔、夹杂物以及有害的金属间化合物。
2. 焊接接头能够保持组织稳定，不产生脱碳、碳化物析出等问题。
3. 具有与母材相适应的热物理性能，如线膨胀系数应介于两母材之间等。

第二节 焊接工件准备



- 熟知铸铁工件的焊前准备工作事项
- 熟知铝及铝合金工件的焊前准备工作事项
- 熟知铜及铜合金工件的焊前准备工作事项
- 了解异种金属焊接的特点
- 了解异种金属的焊前准备工作事项

一、铸铁工件的焊前准备要求

1. 检查缺陷

利用目测、放大镜观察、磁粉着色探伤法、煤油渗透法或水压试验法等合适的检测方法进行检查，准确确定缺陷的位置和形状。

2. 清理工件

铸件在焊补前应将缺陷部位附近的铁渣、油脂及残留的型砂、脏物等清理干净，直至露出金属光泽。

3. 准备坡口

根据缺陷的性质，用扁铲、砂轮等工具在缺陷处加工坡口，缺陷的性质、形状以及焊接方法不同，加工坡口的几何尺寸也不相同。

(1) 采取热焊法时，小而浅的缺陷坡口应予以扩大，铲出的型槽形状应当光滑，如图 1—6 所示。为保证焊后焊件的几何形状，限制熔融金属外流，可在铸件焊补处采用耐火材料简单造型，如图 1—7 和图 1—8 所示。造型应牢固可靠，以免焊接过程中脱落。焊前用气体火焰将焊补处的油污连同造型材料中的水分除掉。

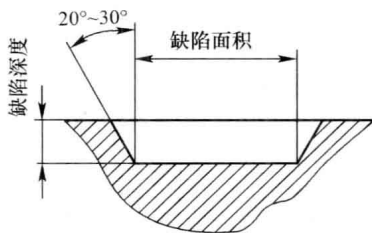


图 1—6 小而浅的缺陷坡口

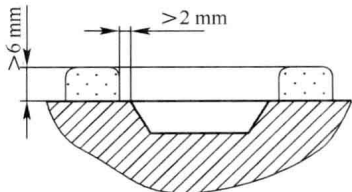


图 1—7 坡口边缘耐火材料简单造型

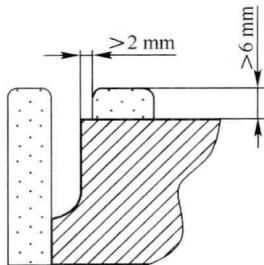


图 1—8 工件边缘耐火材料简单造型

(2) 采用冷焊法时，坡口的形状及尺寸如图 1—9 和图 1—10 所示。

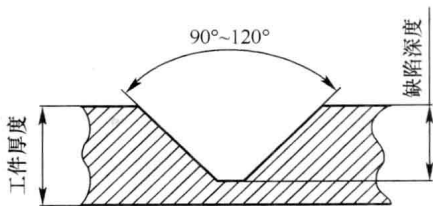


图 1—9 未穿透缺陷坡口

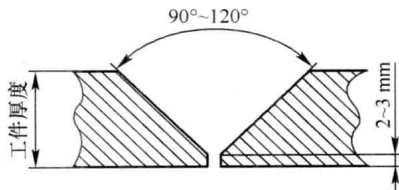


图 1—10 穿透缺陷坡口

(3) 存在裂纹缺陷时，为了防止在焊补过程中裂纹扩展，应在离裂纹端部 3~5 mm 处钻止裂孔 ($\phi 5 \sim 8$ mm)，如图 1—11 所示。

(4) 开深坡口时，由于缺陷体积大，焊接层数多，焊接应力也会很大，容易引起焊缝与母材剥离，因此常采用栽螺钉法，即在母材上钻孔攻螺纹，拧入钢质螺钉，如图 1—12 所示。焊接时先绕螺钉焊接，再焊螺钉之间，由于螺钉承担了部分焊接应力，可