



职业技能培训系列教材

ZHIYE JINENG PEIXUN XILIE JIAOCAI

焊工

基本技能

赵肖峰 主编



中国林业出版社



职业技能培训系列教材

焊工基本技能

赵肖峰 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊工基本技能/赵青峰主编. —北京:中国林业出版社,
2009.6

(职业技能培训系列教材)

ISBN 978-7-5038-5611-2

I. 焊… II. 赵… III. 焊接—技术培训—教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 096818 号

内容提要

本书在知识要求(应知)和技能要求(应会)两个方面介绍了焊工需掌握和了解的知识技能。内容涉及焊接材料和工具基础知识;弧焊电源和焊接;常见焊接方法介绍;焊缝质量检验与缺陷分析;常用金属材料的焊接基础知识;焊工劳动保护和安全知识等内容。本书可作为焊工职业技能鉴定培训教材和自学用书,也可供焊接工种的管理和技师参考。

出版:中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

编者咨询 E-mail:hjbwy@163.com 电话:010-67061986

发行:新华书店北京发行所

印刷:北京市昌平百善印刷厂

印次:2009年9月第1版第1次

开本:880mm×1230mm 1/32

印张:5.75

字数:150千字

印数:8250

定价:10.00元

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训，能够在短期内使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。为了提高各行各业劳动者的知识与技能水平，增强其就业的能力，我们特意组织了全国各地一批长期在一线从事职业培训教学、富有经验的知名老师编写了这套职业技能培训教材。

本套教材是为了适应开展职业技能短期培训的需要、促进短期培训向规范化发展而编写的。该套教材以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，根据上岗前职业培训的特点和功能，以基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，理论联系实际，使读者一读就懂，一学就会。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。由于时间仓促和编写者的水平有限，书中错漏之处敬请读者批评指正，在此深表感谢。

编 者

2009年6月

目 录

第一单元 焊接材料和工具基本知识	(1)
模块一 焊接材料	(1)
模块二 常用焊接工具	(28)
第二单元 弧焊电源和焊接电弧基本知识	(32)
模块一 弧焊电源	(32)
模块二 焊接电弧	(35)
第三单元 常见焊接方法介绍	(43)
模块一 手工电弧焊	(43)
模块二 埋弧焊	(72)
模块三 手工钨极氩弧焊	(88)
模块四 气焊	(97)
模块五 电渣焊	(102)
模块六 电阻焊	(110)
模块七 等离子弧焊接	(120)
第四单元 常用金属材料的焊接基本知识	(123)
模块一 金属材料的焊接性	(123)
模块二 低合金高强钢的焊接	(124)



模块三	奥氏体不锈钢的性能及分类	(132)
模块四	珠光体耐热钢的焊接	(135)
模块五	碳素钢的焊接	(139)
第五单元	焊缝质量检验与缺陷分析	(142)
模块一	焊缝质量检验	(142)
模块二	焊接缺陷分析	(153)
第六单元	焊工劳动保护和安全知识	(172)
模块一	电弧焊接的劳动保护措施	(172)
模块二	焊接安全操作基本知识	(174)
模块三	特殊环境的焊接安全技术	(175)

第一单元 焊接材料和工具基本知识

模块一 焊接材料

一、焊剂

(一)焊剂的要求及作用

1. 焊剂的主要要求

焊剂的要求主要体现在以下方面：

- 焊剂应有一定的物理性能，且不易吸潮。
- 焊剂与焊丝配合，能保证焊缝金属的化学成分及力学性能都符合要求。
- 焊剂与焊丝配合，能保证焊缝金属的化学成分及力学性能都符合要求。
- 焊剂应有良好的焊接工艺性，即电弧能稳定燃烧、易脱渣和焊缝成形美观。

2. 焊剂的主要作用

焊剂的作用主要体现在以下方面：

- 防止焊缝中产生气孔和裂纹。
- 焊剂中含有一定数量的萤石，它有去氢作用，防止焊缝中产生氢气孔。
- 另外，焊剂中的萤石和氧化锰对熔池金属有去硫作用，可防止焊缝产生裂纹。
- 在焊接的时候，焊剂覆盖焊接区，防止空气中氮、氧等有害气体侵入熔池；并且，焊后熔渣覆盖在焊缝上，减缓了焊缝金属的冷



却速度,改善焊缝的结晶状况及气体逸出的条件,从而减少气孔。

●对于焊缝金属渗合金,焊剂能改善焊缝的化学成分和提高力学性能。

焊接低碳钢和普通低合金钢时,焊缝的力学性能主要是通过焊剂和焊丝的渗合金来获得。渗合金元素是锰和硅,为此,焊剂中应含有足够数量的氧化锰和二氧化硅。

(二)国家标准 GB5293—85 碳素钢埋弧焊用焊剂的焊剂型号划分方法

1. 焊剂型号划分原则

主要是根据埋弧焊焊缝金属的力学性能来划分焊剂的型号的。

2. 焊剂型号的表示方法和内容

国标 GB5293—85《碳素钢埋弧焊用焊剂》规定,焊剂型号的表示方法如下:

$$\text{HJ}X_1 X_2 X_3 - \text{H} \times \times \times$$

式中: HJ——表示埋弧焊用焊剂;

X_1 ——表示焊缝金属的拉伸力学性能,见表 1—1;

X_2 ——表示拉伸试样和冲击试样的状态,见表 1—2;

X_3 ——表示焊缝金属冲击韧性值不小于 $34.3\text{J}/\text{cm}^2$ 时的最低试验温度,见表 1—3;

$\text{H} \times \times \times$ ——表示焊丝牌号。

表 1—1 X_1 数字的含义

焊剂型号	$\sigma_b(\text{MPa})$	$\sigma_s(\text{MPa})$	$\delta(\%)$
HJ3 X_2 X_3 —H $\times \times \times$	411.9~549.2	≥ 304.0	≥ 22.0
HJ4 X_2 X_3 —H $\times \times \times$	411.9~549.2	≥ 329.5	
HJ5 X_2 X_3 —H $\times \times \times$	411.9~647.2	≥ 398.1	



表 1-2 X_2 数字的含义

焊剂型号	试样状态
HJX10X3-H×××	焊态
HJX11X3-H×××	焊后热处理状态

表 1-3 X_3 数字的含义

焊剂型号	试验温度	冲击韧性(J/cm ²)
HJX ₁ X ₂ 0-H×××	—	无要求
HJX ₁ X ₂ 1-H×××	0	≥34.3
HJX ₁ X ₂ 2-H×××	-20	
HJX ₁ X ₂ 3-H×××	-30	
HJX ₁ X ₂ 4-H×××	-40	
HJX ₁ X ₂ 5-H×××	-50	
HJX ₁ X ₂ 6-H×××	-60	

根据上述规定,例如,HJ401—H08A 型号表明此焊剂与 H08A 焊丝配合使用,按所规定的母材及焊接工艺焊接试板,在焊态取力学性能试样测试, $\sigma_b = 410 \sim 550\text{MPa}$, $\sigma_5 \geq 330\text{MPa}$, $\sigma_5 \geq 22\%$,在 0°C 时冲击值 $\geq 34.3\text{J/cm}^2$,均能满足 GB5293—85 的要求。

(三)焊剂的分类

根据不同的标准,焊剂可以分为不同的类别,主要体现在:

1. 按化学成分分类

按化学成分不同,可以分为以下两种:

(1)按主要成分含量分类,如表 1-4 所示。



表 1-4 焊剂按主要成分含量分类

按 SiO_2 含量		按 MnO 含量		按 CaF_2 含量	
焊剂类型	含量(%)	焊剂类型	含量(%)	焊剂类型	含量(%)
高硅	>30	高锰	>20	高氟	>20
中硅	$10\sim30$	中锰	$15\sim30$	中氟	$10\sim30$
低硅	<10	低锰	$2\sim15$	低氟	<10
		无锰	<2		

(2)按酸碱度分为酸性焊剂、中性焊剂和碱性焊剂。

2. 按制造方法分类

按制造方法不同,可分为如下三类:

(1)烧结焊剂

此种焊剂是将各种粉料按配方比例混拌均匀,加水玻璃调成湿料,在 $750\sim1000^\circ\text{C}$ 温度下烧结,再经破碎、过筛而成。

(2)陶质焊剂

陶质焊剂是将各种粉料按配方比例混拌均匀,加水玻璃调成湿料,将湿料制成一定尺寸的颗粒,经 $350\sim500^\circ\text{C}$ 温度烘干即可使用。

(3)熔炼焊剂

这种是按配方比例称出所需原料,经干混均匀后进行熔化,随后注入冷水中或浇冷板上使之粒化,再经干燥、捣碎和过筛等工序而成。

熔炼焊剂按其颗粒结构又可分为结晶状焊剂(颗粒具有结晶体特点)、浮石状焊剂(颗粒呈泡沫状)和玻璃状焊剂(呈透明状颗粒)。

(四)焊剂的牌号

焊剂的牌号主要体现在:

1. 烧结焊剂

●SJ 表示烧结焊剂;

●如表 1-5 所示,牌号第 1 位数字表示溶渣系列;



表 1-5 烧结焊剂第一位数字熔渣系列

焊剂牌号	渣系类型	主要化学成分(质量分数)(%)
SJ1××	氟碱型	$\text{CaF}_2 \geq 15$ $\text{SiO}_2 \leq 20$ $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO} + \text{CaF}_2 > 50$
SJ2××	高铝型	$\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 20$, $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} > 45$
SJ3××	硅钙型	$\text{CaO} + \text{MgO} + \text{SiO}_2 > 60$
SJ4××	硅锰型	$\text{MnO} + \text{SiO}_2 > 50$
SJ4××	铝钛型	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_3 > 45$
SJ4××	其他型	—

●牌号第 2、3 位数字表示同一溶渣系列类型不同牌号的焊剂，按 01~09 顺序编排。

2. 熔炼焊剂

●HJ 表示熔炼焊剂；

●如表 1-6 所示，牌号第 1 位数字表示焊剂中 MnO 的含量；

表 1-6 熔炼焊剂牌号第一位数字系列

牌号	焊剂类型	氧化锰平均含量(%)	牌号	焊剂类型	氧化锰平均含量(%)
HJ1××	无锰	<2	HJ3××	中锰	15~30
HJ2××	低锰	2~15	HJ4××	高锰	>30

●如表 1-7 所示，牌号第 2 位数字表示焊剂中 SiO_2 、 CaF_2 的含量；

表 1-7 熔炼焊剂第二位数字系列

牌号	焊剂类型	SiO_2 含量(%)	CaF_2 含量(%)
HJ×1×	低硅低氟	<10	<10
HJ×2×	中硅低氟	10~30	<10
HJ×3×	高硅低氟	>30	<10
HJ×4×	低硅中氟	<10	10~30



(续)

牌号	焊剂类型	SiO ₂ 含量(%)	CaF ₂ 含量(%)
HJ×5×	中硅中氟	10~30	10~30
HJ×6×	高硅中氟	>30	10~30
HJ×7×	低硅高氟	<10	>30
HJ×8×	中硅高氟	10~30	>30
HJ×9×	其他	—	—

●牌号第3位数字表示同一类型焊剂的不同牌号,按0~9顺序排列;

●当生产两种颗粒度焊剂时,对细颗粒焊剂在其后面加X字。

(五)使用焊剂时的注意事项

焊剂使用时必须注意以下事项:

1. 焊剂的烘干

●焊剂使用前必须进行烘干

烘干要求见表1-8所示。

表1-8 焊剂烘干温度及要求

焊剂类型	烘干温度 (℃)	烘干时间 (h)	烘干后在大气中 允许放置时间(h)
熔炼焊剂(玻璃状)	150~350	1~2	12
熔炼焊剂(浮石状)	200~350	1~2	12
烧结焊剂	100~350	1~2	5

●烘干的时候,焊剂要求均匀且厚度不得大于30mm。

2. 焊剂的回收

●回收焊剂的时候,须经筛选、分类,去除渣壳、灰尘等杂质,再经烘干与新焊剂按比例(一般回用焊剂不得超过40%)混合使用,不得单独使用。

●回收焊剂中,粉末含量不得大于5%。

●回收使用次数不得多于3次。



二、焊丝

(一)焊丝的种类、型号、成分和性能

下面主要介绍两种型号焊丝的成分和性能:

1. CO_2 焊的焊丝种类、型号、成分和性能

CO_2 焊的各项指数见表 1—9。

2. 埋弧焊的焊丝种类、型号、成分和性能

在埋弧焊中焊丝作为填充金属,对焊缝金属质量有直接的影响。按照焊丝的成分和用途不同,可分为碳素结构钢、合金结构钢和不锈钢 3 大类,其牌号可参阅表 1—10。

埋弧焊所用焊丝的直径通常为 2mm、3mm、4mm、5mm 和 6mm。焊丝在使用时,表面要清洁,不应有氧化皮、铁锈及油污等杂质。

(二)焊丝的正确使用和保管

焊丝的正确使用和保管方法如下:

- 焊丝表面必须光滑平整,如果焊丝生锈,必须用焊丝除锈机除去表面氧化皮后才能使用。

- 如果是同一型号的焊丝,当使用 $\text{Ar}-\text{O}_2-\text{CO}_2$ 为保护气体焊接时,熔敷金属中的 Mn、Si 和其他脱氧元素的含量会大大减少,在选择焊丝和保护气体时应以注意。

- 通常情况下,实芯焊丝和药芯焊丝对水分的影响不敏感,不需做烘干处理。

- 焊丝一般以焊丝盘、焊丝卷及焊丝筒的形式供货。

- 焊丝购货后应存放于专用焊材库(库中相对湿度应低于 60%)。

- 对于已经打开包装的未镀铜焊丝或药芯焊丝,如果没有专用焊材库,则必须在半年内使用。



表 1—9 常用二氧化碳气体保护焊焊丝的化学成分及用途

焊丝牌号	化学成分(质量分数)(%)								用途	相当 GB	
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ti	Al	S 不大于			P 不大于
MG49-N	≤0.1	1.3~1.6	0.5~0.8	0.2~0.55	Ni:0.3~0.6			0.03	0.03	焊接耐热钢、某些低合金钢	—
MG50-4	≤0.15	1~1.5	0.65~0.85	—	—		—	0.035	0.025	焊接低碳素钢及低合金钢	ER50-4
MG49-1	≤0.11	1.8~2.1	0.65~0.95	—	—		—	0.03	0.03		ER49-1
MG50-3	≤0.15	0.9~1.4	0.45~0.75	—	—		—	0.035	0.025		ER50-3
MG49-C	≤0.16	1.4~1.9	0.55~1.1	—				0.03	0.03	船舶、桥梁焊接用	ER49-G
MF50-6	0.06~0.15	1.4~1.85	0.8~1.15	—	Cu≤0.5		—	0.035	0.025	用于碳钢及 500MPa 高强度钢焊接	ER50-6
MG50-G	≤0.15	0.85~1.6	0.4~1	—	—	—	—	0.03	0.03	适于高速焊接及薄板焊接	ER50-G
MG59-G	0.04~0.07	1.3~1.6	0.6~0.3	—	0.3~0.6	Ti:0.1~0.14		0.03	0.03	用于 500MPa 低合金高强度钢焊接	



表 1—10 焊接用焊丝的牌号、代号及化学成分

钢种	钢 号		化学成分(%)									
	序 号	牌 号	代 号	碳	锰	硅	铬	镍	钼	钒	硫	磷
碳素结构钢	1	焊 08	H08	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.02	≤0.30	—	—	0.040	0.040
	2	焊 08 高	H08A	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.02	≤0.30	—	—	0.030	0.030
	3	焊 08 特	H08E	≤0.10	≤0.30~0.55	≤0.03	≤0.02	≤0.30	—	—	0.025	0.025
	4	焊 08 锰	H08Mn	≤0.10	0.80~1.10	≤0.04	≤0.02	≤0.30	—	—	0.040	0.040
	5	焊 08 锰高	H08MnA	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.02	≤0.30	—	—	0.030	0.030
	6	焊 15 高	H15A	0.11~0.18	0.35~0.65	≤0.03	≤0.02	≤0.30	—	—	0.030	0.030
	7	焊 15 锰	H15Mn	0.11~0.18	0.80~1.10	≤0.07	≤0.02	≤0.30	—	—	0.040	0.040
合金结构钢	8	焊 10 锰 2	H10Mn ₂	≤0.12	1.50~1.910	≤0.07	≤0.20	≤0.30	—	—	0.040	0.040
	9	焊 08 锰 2 硅	H08Mn ₂ Si	≤0.11	1.70~2.10	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30	—	—	0.040	0.040
	10	焊 08 锰 2 硅高	H10Mn ₂ SiA	≤0.11	1.80~2.10	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30	—	—	0.030	0.030
	11	焊 08 锰硅	H10MnSi	≤0.14	0.80~1.10	0.60~0.90	≤0.20	≤0.30	—	—	0.030	0.030



(续)

钢种	序号	钢号		化学成分(%)										硫	磷
				碳	锰	硅	铬	镍	钼	钒	钛	铜	不大于		
		牌号	代号												
合金结构钢	12	焊 10 锰硅钼	H10MnSiMo	≤0.14	0.90~1.20	0.70~1.10	≤0.20	≤0.30	0.15~0.25	—	—	0.030	0.040		
	13	焊 10 锰钼高	H10MnSiMoTiA	0.08~0.12	1.00~1.30	0.40~0.70	≤0.20	≤0.30	0.20~0.40	—	钛 0.05~0.15	0.025	0.030		
	14	焊 08 锰钼高	H08MnMoA	0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~0.70	—	钛 0.15(加入量)	0.030	0.030		
	15	焊 08 锰 2 钼高	H08Mn2MoA	0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~0.70	—	钛 0.15(加入量)	0.030	0.030		
	16	焊 10 锰 2 钼钒高	H10Mn2MoA	0.08~0.13	1.70~2.00	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~0.80	—	钛 0.15(加入量)	0.030	0.030		
	17	焊 08 锰 2 钼钒高	H08Mn2MoA	0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.50~0.70	0.06~0.12	钛 0.15(加入量)	0.030	0.030		



(续)

钢种	钢 号		化学成分(%)									
	序号	牌号	代号	碳	锰	硅	铬	镍	钼	钒	硫	磷
合金结构钢	18	焊10钒2 钼钒高	H10Mn2MoA	0.08~0.13	1.70~2.00	≤0.40	≤0.20	≤0.30	0.60~0.80	0.06~0.12	0.030	0.030
	19	焊08铬钼高	H08CrMoA	≤0.10	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤30	0.40~0.60	—	0.030	0.030
	20	焊13铬钼高	H13CRM0A	0.11~0.16	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.15~0.25	—	0.025	0.030
	21	焊18铬钼高	H18CrMoA	0.15~0.22	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.15~0.25	—	0.025	0.030
	22	焊08铬钼钒高	H08CrMoVA	≤0.10	0.40~0.70	0.15~0.35	1.00~1.30	≤0.30	0.50~0.70	0.15~0.35	0.030	0.030
	23	焊08铬镍 2钼高	H08CrMoA	0.05~0.10	0.50~0.85	0.10~0.30	0.70~1.00	1.40~1.80	0.20~0.40	—	0.025	0.025
	24	焊30铬锰硅高	H30CrMnSiA	0.25~0.35	0.86~1.10	0.90~1.20	0.80~1.10	≤0.30	—	—	0.025	0.030
	25	焊10铬钼高	G10MoCrA	≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	0.45~0.65	≤0.30	0.40~0.60	—	0.030	0.030
	26	焊1铬5钼	H1Cr5Mo	≤0.12	0.40~0.70	0.15~0.35	4.00~6.00	≤0.30	0.40~0.60	—	0.030	0.030