

职业技能上岗培训教材

焊工

(高级)

朱学忠 主编
麻常选 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

职业技能上岗培训教材

焊工(高级)

朱学忠 主编

麻常选 主审

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊工(高级)/朱学忠主编. —北京:人民邮电出版社, 2003.10

职业技能上岗培训教材

ISBN 7-115-11529-X

I. 焊... II. 朱... III. 焊接—技术培训—教材 IV. TG4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 069937 号

内 容 提 要

本书依据中华人民共和国劳动和社会保障部最新颁布的《焊工国家职业标准》高级部分进行编写。全书共分 10 章, 主要内容包括铸铁、有色金属、异种金属、锅炉压力容器以及梁柱结构的焊接技术, 相关焊接设备的调试方法和焊接接头的检验方法。

本书的特点是将基础知识、工艺技术、操作技能巧妙地融入焊前准备、焊接过程和焊后检验 3 个过程中, 同时每章配有课后练习题, 符合岗前培训、鉴定和就业工作的需要。本书不仅可作为高级焊工上岗培训、职业鉴定教材, 同时也可供技工学校、职业学校师生学习参考和自学。

职业技能上岗培训教材

焊 工 (高级)

◆ 主 编 朱学忠

主 审 麻常选

责任编辑 刘 朋

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129264

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.75

字数: 324 千字

2003 年 10 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2003 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11529-X/TN · 2141

定价: 19.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

焊工职业技能上岗培训教材

编 委 会

主 任： 王杰恩 吕晓春

副 主 任： 胡本进 孙国旗 沙岩玉 王晓丹

委 员： 刘式达 陈增礼 王宗贵 张超英 朱学忠
巩华荣 李树岭 赵桂珍 姚予疆 唐素荣

执行委员： 李树岭 赵桂珍

丛书前言

中华人民共和国劳动和社会保障部于2000年5月颁发了《焊工国家职业标准》。该标准以操作焊接和气割设备,进行金属工件的焊接或切割成形人员为对象,共设初级、中级、高级、技师和高级技师等5个等级。

为了贯彻和实施这个标准,人民邮电出版社组织了高等职业院校和相关行业的技术专家和考评人员编写了这套《焊工职业技能上岗培训教材》。这套教材共3册,即《焊工(初级)》、《焊工(中级)》和《焊工(高级)》。每册书的内容严格按照《焊工国家职业标准》限定的范围,并且根据初级、中级、高级等级的知识要求和专业技能的要求来编写。

本套教材打破了以往教材理论知识与技能操作相分离的传统,吸取了最新的职业培训“一体化”教材的编写理念,将理论与实践技能融为一体。既突出了考核、鉴定的针对性和实用性,又兼顾了实践中的典型实例和新技术、新材料,符合就业人员上岗培训、鉴定和就业工作的需要。

本套教材不仅适合作为上岗培训、职业技能鉴定教材,同时也可供职业学校、技工学校师生和技术人员参考和自学。

由于时间仓促,不足之处在所难免,欢迎使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

焊工职业技能上岗培训教材编委会

前 言

为了贯彻和落实中华人民共和国劳动和社会保障部最新颁布的《焊工国家职业标准》(以下简称《标准》),适应我国焊工的职业技能鉴定要求,我们组织了一批有经验的专家和教师编写了这本书。书中紧扣《标准》规定的范围和知识技能要求,由浅入深、通俗易懂地阐述了高级焊工所需的基础知识、专业知识和操作技能等内容。

本书吸取了最新的职业培训“一体化”教材的编写理念,既突出了考核、鉴定的针对性和实用性,又注重系统性、典型性和先进性。体现了以职业活动为导向,以职业技能为核心的特点,符合培训、鉴定和就业工作的需要。

本书不仅适合作为职工上岗培训、职业技能鉴定培训的教材,也可作为职业学校、技工学校等师生的参考书和自学用书。

本书第1、2章由朱学忠编写,第3、4、5章由索一民编写,第6、7、8章由刘世海编写,第9、10章由黄国民编写。本书由麻常选、王宗贵和周莹审定,麻常选主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中缺点和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2016.10

目 录

第 1 章 焊接材料	1
1.1 铸铁焊条	1
1.2 有色金属的焊丝及焊条	5
1.2.1 铜及铜合金焊条和焊丝	5
1.2.2 铝及铝合金焊丝和焊条	8
1.2.3 钛及钛合金焊条和焊丝	10
1.3 异种金属焊接用焊丝及焊条	10
1.3.1 低碳钢与低合金钢焊接用焊丝及焊条	11
1.3.2 奥氏体不锈钢与珠光体钢焊接用焊丝及焊条	11
1.3.3 奥氏体不锈钢与铁素体钢焊接用焊条及焊丝	12
1.3.4 不锈钢复合钢板焊接用焊条及焊丝	13
1.3.5 珠光体耐热钢与低碳钢焊接用焊条及焊丝	14
练习题	14
第 2 章 焊接工件	17
2.1 铸铁	17
2.1.1 铸铁的种类及应用	17
2.1.2 铸铁的焊前准备及坡口要求	21
2.2 有色金属及合金	23
2.2.1 铜及铜合金	23
2.2.2 铝及铝合金	27
2.3 异种金属	34
2.3.1 异种金属的特性	34
2.3.2 异种金属的焊前准备及坡口要求	36
练习题	37
第 3 章 焊接设备的调试	39
3.1 各种焊机的调试	39
3.1.1 焊机调试的内容	39
3.1.2 几种常用焊机的调试	40
3.2 辅助设备的调试	42
3.2.1 焊接操作机的调试	42
3.2.2 焊接滚轮架的调试	46
练习题	49

第4章 焊接接头试验	51
4.1 焊接接头的力学性能试验	51
4.1.1 拉伸试验	51
4.1.2 弯曲试验	53
4.1.3 冲击试验	55
4.1.4 硬度试验	56
4.1.5 压扁试验	57
4.2 焊接接头焊接性试验	58
4.2.1 焊接冷裂纹试验法	58
4.2.2 焊接热裂纹试验法	62
4.2.3 焊接再热裂纹试验法	64
4.2.4 层状撕裂试验方法	65
4.3 焊接接头试验样坯的截取及试样的制备	66
4.3.1 焊接接头试验样坯的截取	66
4.3.2 试样的制备	70
练习题	71
第5章 特殊材料的焊接	74
5.1 铸铁的焊接	74
5.1.1 灰铸铁的焊接	74
5.1.2 球墨铸铁的焊接	77
5.2 有色金属及合金的焊接	77
5.2.1 铝及铝合金的焊接	77
5.2.2 铜及铜合金的焊接	79
5.2.3 钛及钛合金的焊接	82
5.3 异种金属的焊接	86
5.3.1 异种金属的焊接性	86
5.3.2 珠光体钢和奥氏体不锈钢的焊接	88
5.3.3 不锈钢复合钢板的焊接	90
5.3.4 低碳钢与低合金钢的焊接	93
练习题	94
第6章 焊接方法的运用	98
6.1 手工电弧焊各种位置的焊接	98
6.1.1 平板对接仰焊位单面焊双面成形	98
6.1.2 管对接水平固定单面焊双面成形	100
6.1.3 骑座式管板的仰焊位置单面焊双面成形	102
6.1.4 小直径管垂直固定加障碍手弧焊的单面焊双面成形	104

6.1.5 小直径管水平固定加障碍混合焊的单面焊双面成形	105
6.1.6 小直径管 45°倾斜固定单面焊双面成形	107
6.2 其他焊接方法各种位置的焊接	109
6.2.1 二氧化碳气体保护焊	109
6.2.2 手工钨极氩弧焊	110
练习题	115
第 7 章 典型容器和结构的焊接	117
7.1 锅炉及压力容器的焊接	117
7.1.1 锅炉及压力容器焊接的特点、分类及要求	117
7.1.2 压力容器结构的焊接	119
7.2 梁及柱的焊接	142
7.2.1 梁的焊接	142
7.2.2 柱的焊接	154
练习题	157
第 8 章 焊接缺陷分析	161
8.1 特殊材料的焊接缺陷分析	161
8.1.1 铸铁焊接缺陷产生的原因及防止措施	161
8.1.2 有色金属及合金焊接缺陷产生的原因及防止措施	163
8.2 典型容器和结构焊接缺陷产生的原因及防止措施	168
8.2.1 锅炉压力容器缺陷产生的原因及防止措施	168
8.2.2 梁和柱焊接缺陷产生的原因及防止措施	168
练习题	172
第 9 章 焊接检验	174
9.1 渗透试验	174
9.1.1 渗透试验的种类、应用和原理	174
9.1.2 渗透试验的操作步骤	177
9.1.3 渗透试验的探伤剂	179
9.1.4 缺陷判别、分级与记录	183
9.1.5 煤油试验	185
9.1.6 氨气试验	186
9.2 压力试验	186
9.2.1 水压试验	186
9.2.2 气压试验	187
练习题	188

第 10 章 安全检查	190
10.1 置换动火与带压不置换动火	190
10.2 登高焊接与切割的安全知识	191
本章附录：中华人民共和国国家标准 GB9448-88《焊接与切割安全》	191
练习题	206
参考文献	207

第1章 焊接材料

1.1 铸铁焊条

一、铸铁焊条的种类

1. 根据熔敷金属的化学成分分类

根据熔敷金属的化学成分铸铁焊条可分为镍基、铸铁基、钢及合金钢基三大类。

2. 根据焊条药皮类型分类

根据焊条药皮类型铸铁焊条可分为钛钙型、低氢型和石墨型三大类,其中大部分为石墨型药皮焊条。用石墨型药皮焊条焊接时,除了烟雾较大外,还能使焊缝金属获得较多的游离碳或碳化物,焊接工艺性能较好(飞溅少,熔深较浅,引弧容易),适用于交流或直流焊接。

3. 根据可焊铸铁材料种类及焊接要求分类

根据可焊铸铁材料种类及焊接要求,铸铁焊条可分为以下3类。

① 一般灰铸铁焊条:其主要型号有EZFe(Z100)、EZV(Z116)、EZV(Z117)、EZG-2(Z208)、EZNi-1(Z308)、EZNiFe-1(Z408)、EZNiCu(Z508)、EZCuFe(Z612)和EZCuFe(Z607)等。

② 用于高强度铸铁焊后需进行锤击的焊条:其具体型号有EZV(Z116)、EZV(Z117)和EZNiFe-1(Z408)等。

③ 球墨铸铁焊前要预热 $500^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$,焊后要进行正火或退火处理的焊条:具体型号有EZCQ(Z238)和EZCQ(Z238SnCu)。

4. 根据焊后焊缝加工性能要求分类

根据焊后焊缝加工性能要求铸铁焊条可分为以下4类。

① 焊后不能进行切削加工的焊条:其主要型号有EZFe(Z100)、EZCuFe(Z607)和Z112Fe等。

② 焊前预热,焊后有可能进行切削加工的焊条:其主要型号有EZC(Z208)等。

③ 焊前预热处理后可以切削加工的焊条:其主要型号有EZCQ(Z238)和EICQ(Z238SnCu)。

④ 冷焊后可以切削加工的焊条:其主要型号有EZV(Z116)、EZNi-1(Z308)、EZNiFe-1(Z408)、EZCuFe(Z612)和EZNiCu(Z508)等。

二、铸铁焊条的型号、性能和用途

常用铸铁焊条的型号、性能及用途见表1-1-1。

1. 冷焊用铸铁焊条

(1) 焊缝熔敷金属为铸铁的石墨型焊条

① EZC (Z208)为低碳钢芯石墨型铸铁焊条。此焊条适用于焊补中小型灰铸铁件的各类缺陷，而且焊条制造方便，成本低。

表 1-1-1 常用铸铁焊条的型号、性能及用途

牌号	焊条型号	药皮类型	焊接电源	焊芯主要成分	主要用途
Z100	EZFe	氧化铁型	交、直流	碳钢	一般用于不预热工艺、灰铸铁件非加工面的补焊
—	EZFe-1	—	—	纯铁	—
—	EZFe-2	低氢型	直流	低碳钢	
J422	E4303	钛钙型	交、直流	低碳钢	
J506	E5016	低氢钾型	交、直流	低碳钢	
Z116	EZV	低氢钾型	直流	碳钢(高钒药皮)	用于高强度灰铸铁件及球墨铸铁件的补焊，可加工
Z117	EZV	低氢钠型	直流	碳钢(高钒药皮)	
Z112Fe	EZFe	钛钙铁粉型	交、直流	碳钢	用于一般灰铸铁件非加工面的补焊
Z208	EZC	石墨型	交、直流	碳钢	
Z238	EZCQ	石墨型	交、直流	碳钢(药皮加球化剂)	用于球墨铸铁件的补焊
Z248	EZCQ	石墨型	交、直流	铸铁	用于灰铸铁件的补焊
Z308	EZNi-1	石墨型	交、直流	纯镍	用于重要灰铸铁薄壁件和需加工的补焊件的焊接，切削性能良好
Z408	EZNiFe-1	石墨型	交、直流	镍铁合金	用于高强度灰铸铁件及球墨铸铁件的补焊，切削性能尚好
Z508	EZNiCu	石墨型	交、直流	镍铜合金	用于强度要求不高的灰铸铁件的补焊，切削性能尚好
—	EZNiFeCu	石墨型	交、直流	镍铁铜合金	用于不预热工艺及重要灰铸铁、球墨铸铁件的焊补
Z607	EZCuFe	低氢型	直流	纯铜(药皮内含铁粉)	用于一般灰铸铁件非加工面的补焊，切削性能较差
Z612	EZCuFe	钛钙型	交、直流	铜包铁芯	

② EZCQ (Z248)为铸铁芯石墨型焊条，焊芯为直径是 6~12mm 的铸铁棒，药皮为石墨型药皮，这种焊条多由铸造生产厂家自制。这种焊条焊芯的成分中含较多的碳(其含量为 3.0%~3.5%)、硅(其含量为 4.5%~5.0%)等，主要适用于补焊大厚度(壁厚大于 10mm)铸件的加工面和非加工面上的缺陷。

用这两种焊条补焊结构简单的铸件时，若缺陷位于铸件端面及边缘上，可采用局部预热工艺，焊后缓冷，可使接头不产生白口及淬硬组织，硬度、加工性能与母材相近，颜色与母材一致，也不容易产生裂纹。对于结构简单的小型铸件可不进行预热，采用大电流断续焊接，焊后保温，可以得到较好的效果。

(2) 焊缝熔敷金属为钢的焊条

① EZFe (Z100)为钢芯氧化型药皮铸铁焊条。这种焊条氧化性强，焊接时可将熔池中的

碳和硅氧化,使焊缝成为碳钢。此焊条可与母材较好地熔合,易于生产,成本低,但因氧化性强、熔深大,溶池中的碳、硅含量难以降低,且接头白口较宽并有淬硬倾向。

② EZFe (Z112Fe)为钢芯钛钙型铁粉焊条。由于药皮中加入了大量铁粉,增大了焊条的熔敷速度,使熔池中碳、硅的浓度得到稀释,可降低焊缝中碳和硅的含量。焊接操作工艺得当,可获得淬火倾向较小、硬度在 350HBS 以下的焊缝金属。但单层焊接时,焊缝的平均含碳量仍较高,属于高碳钢,难以加工,又因其收缩率与母材相差较大,容易产生剥离裂纹。此焊条与铸铁母材熔合较好,工艺性能优良,易于成批生产,价格便宜。

③ EZFe-1 为纯铁型药皮焊条。熔敷金属中含碳量很低,故可以稀释熔池中碳、硅的浓度,焊缝金属具有较好的塑性和抗裂性。但单层焊接时效果差,且半熔化区白口严重,加工困难。

④ EZFe-2 为低熔点低氢型铸铁焊条。这种焊条性能与 EZFe 焊条相近。因药皮熔点较低,增大了焊条的熔化速度,降低了熔深,母材熔化得较少,使熔池中碳、硅的稀释效果更好,增大了焊缝的塑性,与母材熔合较好,但半熔化区白口严重,加工困难。

⑤ E4303 与 E5016 为普通结构钢焊条。采用这种焊条用不预热工艺来焊接铸铁近年来得到了一定的应用,并且焊缝与母材熔合较好,可以补焊小范围的铸件非加工面的缺陷。

用这几种焊条焊接灰铸铁时,焊缝金属为碳钢或合金钢。为保证熔池中碳、硅含量的稀释效果,使焊缝具有较好的塑性,必须减小熔合比,缩短高温停留时间。为此,焊接时一般均不采用预热补焊工艺,且尽量采用小电流及交流或直流反接法施焊,并用多道、分段、断续或分散焊接法焊接。

(3) 镍基铸铁焊条

镍基铸铁焊条有 Z308、Z408、Z508 等牌号,此类焊条的型号、特点和用途见表 1-1-1。

① EZNi-1(Z308):此焊条采用小电流,不预热方式补焊铸铁时,半熔化区白口宽度约为 0.05~0.1mm,呈断续状分布。焊缝强度与灰铸铁接近,但塑性好,有利于切削加工,具有较好的抗裂性能。因镍属于稀有元素,所以价格昂贵。

② EZNiFe-1(Z408):用此焊条焊接时焊缝中镍和铁基本各占一半,焊缝强度较高(400MPa 以上),塑性也较好,伸长率为 10%~20%,线膨胀率较小,接头有较好的抗裂性。因含镍量比纯镍焊条低,半熔化区白口层较用纯镍焊条时宽,接头硬度也略高一些,但仍可机械加工。焊条成本比纯镍焊条低,而且在高温下或腐蚀条件下为长期工作的铸件补焊时,熔合性比同类焊条中其他焊条好。此种焊条多用于补焊高强度灰铸铁件、球墨铸铁件不重要部位及可锻铸铁件的缺陷。

③ EZNiCu-1、EZNiCu-2(Z508):这种焊条的焊芯中通常约含 70%的 Ni 和 30%的 Cu,也称之为蒙乃尔焊条,目前已逐渐被其他铸铁焊条代替。

④ EZNiFeCu:此焊条是国家标准中新列入的一种铸铁焊条。从化学成分上看,它综合了镍铁焊条与镍铜焊条的优点,克服了镍铜焊条易产生裂纹的缺点,焊缝金属既有较高的强度和塑性,又有较好的抗裂性。焊缝中碳、硅含量较高,镍、铜非碳化物形成元素含量接近 50%~70%(质量分数),有利于提高半熔化区的石墨化程度,可降低白口层的宽度,改善焊缝的加工性能和抗冷裂性能。

(4) 铜基铸铁焊条

① Z607:为铜芯铁粉焊条,药皮为低氢型,铁粉占药皮重量的一半左右。

② Z612：为铜芯铁皮焊条，以纯铜芯外包低碳钢皮作为焊芯，采用钛钙型药皮，也有以钢芯外包纯铜皮或外套纯铜管为焊芯的铸铁焊条。在缺少专用铸铁焊条时，为了应急修补铸件缺陷，还可以将普通低碳钢焊条外包纯铜皮或缠绕纯铜丝，或将一根低碳钢焊条与1~2根纯铜或黄铜丝捆扎在一起，用焊条末端点焊以保证通电良好，进行铸件补焊。不管采用哪一种形式，都应该保证熔敷金属中Cu的含量为80%、Fe的含量为20%左右，其组织是以铜为主的铜铁机械混合物。此类焊条对气孔的敏感性较大，焊缝的颜色与铸铁相差甚大，所以这类焊条多用于低强度铸铁件非加工面的冷焊。

2. 热焊及半热焊用焊条

电弧热焊及半热焊用的焊条主要为石墨化型，目前常用的有两种，一种是铸铁芯石墨化焊条(Z248)，另一种是钢芯石墨化焊条(Z208)。前者通过焊芯和药皮共同向焊缝过渡C、Si等石墨化元素，而后者主要通过药皮向焊缝过渡石墨化元素。热焊虽然减小了焊接接头的冷却速度，但焊缝熔池在1150℃~1250℃结晶区间内的冷却速度仍比砂型铸造时快得多，产生白口的倾向仍很大。为了防止出现白口以及控制焊缝的硬度，应严格控制焊缝中C、Si的含量，如表1-1-2所示。

表 1-1-2 焊缝中 C 和 Si 的含量范围

方 法	化学成分的质量分数(%)		
	C	Si	C + Si
热焊	3.0~3.8	3.0~3.8	6.0~7.6
半热焊	3.3~4.5	3.0~3.8	6.5~8.3
不预热焊	4.0~5.5	3.5~4.5	7.5~10.0

3. 球墨铸铁焊条

采用球墨铸铁手弧焊时，按所用焊条的不同焊缝可分为同质焊缝和异质焊缝两种形式。

(1) 同质焊缝的焊条

同质焊缝即球墨铸铁焊缝。同质焊缝的焊条分为两类：一类是球墨铸铁芯外涂球化剂和石墨型药皮，通过焊芯和药皮共同向焊缝过渡球化剂的焊条，如Z258；另一类是低碳钢芯外涂球化剂和石墨型药皮，通过药皮使焊缝中的石墨球化的焊条，如Z238。

Z258焊条采用钇基稀土或镁作为球化剂，球化能力强，焊条直径为4~10mm，特别适用于补焊厚大件的缺陷。

Z238焊条是低碳钢芯、石墨型药皮的焊条。由于药皮中加有镁、铈等元素，所以适合焊接球墨铸铁。因为镁砂(MgO)的熔点高(2800℃)，在电弧高温下分解出的镁来不及氧化就强迫过渡到焊缝中去，从而起到球化的作用，将石墨由片状聚集成球状。实践证明，单独使用镁砂时，球状石墨较大但不圆；单独使用稀土合金时，球状石墨小而圆。在药皮中同时使用镁砂和稀土铈，可获得比单独使用一种元素时球化效果更好的焊缝。

镁可以强烈阻碍石墨化，同时还能提高奥氏体的稳定性，焊缝中加镁后其淬硬倾向会增加。如果在药皮中再加入铝和氧化铁，利用它们在电弧中的放热反应，提高熔池温度，降低冷却速度，可大大降低淬硬倾向。

用Z238焊条补焊球墨铸铁后，为了改善机加工性能，可以进行正火处理。若将焊件加

热至 900℃ ~ 920℃，保温 2.5h 后随炉冷却至 730℃，再保温 2h，然后取出空冷，所得组织一般为铁素体加球状石墨或珠光体加球状石墨。属于此类的焊条还有 Z238SnCu、Z238Fe，其中 Z238SnCu 为低碳钢芯强石墨化药皮焊条。

(2) 异质焊缝的焊条

异质焊缝指焊接球墨铸铁时焊缝组织不是球墨铸铁。异质焊缝的焊条主要有 Z408 (镍铁焊条)及 Z116、Z117 (高钒钢焊条)等牌号。近年来、在 Z408 焊条的基础上，国内研制的新 Z408 及球 Z408 焊条，可用于焊接球墨铸铁。新 Z408 焊条在 Z408 焊条的基础上适当地调整了焊缝中碳、硅、锰等元素的含量，使焊缝获得共晶成分。另外加少量稀土元素，由于它们的净化、球化和细化晶粒作用，大大地提高了焊缝的抗热裂性及力学性能，冷焊的接头有良好的加工性。球 Z408 焊条是在 Z408 焊条的基础上加入适量的稀土、镁和铋，调整了碳、硅、锰的含量，使石墨球化，并消除了晶间石墨和共晶相，焊缝金属的强度、塑性和抗裂性都有一定程度的提高。

1.2 有色金属的焊丝及焊条

1.2.1 铜及铜合金焊条和焊丝

一、常用铜及铜合金焊丝和焊条

1. 常用铜及铜合金焊丝

铜及铜合金焊丝除了要满足焊丝的一般工艺要求和冶金要求外，最重要的是控制其中杂质的含量和提高其脱氧能力，以避免热裂纹和气孔的出现。我国常用的焊丝标准牌号及其主要化学成分见表 1-2-1。近年来我国和美、俄等国都已研制出采用单个或复合元素钛、锆、硼作为更有效的脱氧剂的铜和铜合金焊丝，这些焊丝在气体保护焊中得到了很广的应用(见表 1-2-2)。

表 1-2-1 常用铜及铜合金焊丝标准牌号及其主要化学成分

牌 号	名 称	主要化学成分及其质量分数(%)	熔点(℃)	主 要 用 途
HS201	特别纯铜焊丝	Sn(1.1)、Si(0.4)、Mn(0.4)、Cu(其余)	1050	纯铜氧弧焊或气焊(和水焊剂 CJ301 配用)、埋弧焊(和焊剂 431 或者 150 配用)
HS202	低磷铜焊丝	P(0.3)、Cu(其余)	1060	纯铜气焊或碳弧焊
HS220	锡黄铜焊丝	Cu(59)、Sn(1)、Zn(其余)	886	黄铜气焊或惰性气体保护焊，铜及铜合金钎焊
HS221	锡黄铜焊丝	Cu(60)、Sn(1)、Si(0.3)、Zn(其余)	890	黄铜气焊、碳弧焊，铜、白铜、铜及灰铸铁钎焊
HS222	铁黄铜焊丝	Cu(58)、Sn(0.9)、Fe(0.8)、Zn(其余)	860	黄铜气焊、碳弧焊，铜、白铜及灰铸铁钎焊

续表

牌 号	名 称	主要化学成分及其质量分数(%)	熔点(℃)	主 要 用 途
HS224	硅黄铜焊丝	Cu(62)、Si(0.5)、Zn(其余)	905	黄铜气焊、碳弧焊、铜、白铜及灰铸铁钎焊
非国标牌号 (SCuAl)	铝青铜焊丝	Al(7~9)、Mn(≤ 2.0)、Cu(其余)		铝青铜的 TIG 核 MIG 焊或在焊条电弧焊时作为焊芯
非国标牌号 (SCuSi)	硅青铜焊丝	Si(2.75~3.5)、Mn(1.0~1.5)、Cu(其余)		硅青铜及黄铜的 TIG 和 MIG 焊
非国标牌号 (SCuSn)	锡青铜焊丝	Sn(7~9)、P(0.15~0.35)、Cu(其余)		锡青铜的 TIG 焊或手工焊用焊芯

表 1-2-2

国内外用于气体保护焊的铜合金焊丝

焊丝种类	牌 号	主要化学成分及其质量分数(%)	主 要 用 途	备 注
纯铜	ECuR _{cu} (美)	Cu + Ag (≥ 98.8)、Sn(1.0)、Mn(0.5)、 Si(0.5)、P(0.15)	纯铜 TIG 焊、MIG 焊	E-MIG 用
黄铜	ЖОКС9-0-0.3 (俄)	Sn(0.7~1.1)、Si(0.2~0.4)、Cu(其余)	黄铜的各种焊接方法	R-TIG 用或焊条芯用
硅青铜	ECuSi (美)	Si (2.8~4.0)、Sn (1.5)、Mn (0.5)、 Fe (0.5)、Cu + Ag (其余)	硅青铜、小厚度黄铜 MIG 焊	
锡青铜	ECuSn-A、RCuSn-A (美)	Sn(4.0~9.0)、P(0.1~0.35)、Cu + Ag(其余)	锡含量低于 8% 的锡青铜 TIG 焊、锡青铜、低锌黄铜手弧焊	
青铜	Б _{PHHT} (前苏联)	Ni(0.5~0.8)、Zn(1.4~1.6)、Ti(0.1~0.2)、 Cu(其余)	青铜气保护焊	
铝青铜	ECuAl-A2、 RCuAl-A2 (美)	Fe(1.5)、Al(7.0~11.0)、Cu + Ag(其余)	铝青铜 MIG 焊、TIG 焊、铝青铜、硅青铜、低锌黄铜焊条电弧焊	
白铜	中国非标准	Ni(3~3.5)、Ti(0.1~0.3)、Si(0.2~0.3)、 Mn(0.2~0.3)、Fe(<0.5)、Cu(其余)	白铜、青铜气保护焊	
白铜	ECuNiRCuNi (美)	Mn(1.0)、Fe(0.6)、Si(0.5)、Ni + Co(≥ 29.0)、 Ti(0.6)、Cu + Ag(其余)	白铜 MIG 焊、TIG 焊、手弧焊	
白铜	МНЖКТ5-1-0.2-2.2 (俄)	Ni(5~5.5)、Fe(1.0~1.4)、Si(0.15~0.3)、 Ti(0.1~0.3)、Mn(0.3~0.8)、Cu(其余)	白铜、异种铜合金、铜钢异种接头气电焊	

2. 常用铜及铜合金焊条

这种焊条分为纯铜焊条和青铜焊条两类，目前应用较多的是青铜焊条。由于黄铜中的锌容易蒸发，因而极少采用焊条电弧焊，必要时可采用青铜焊条。

对于铜及铜合金焊条，基本上可根据母材的合金成分来选择相应的焊条。常用的铜及铜合金焊条见表 1-2-3。

表 1-2-3

常用铜及铜合金焊条

材料类别	焊条型号(牌号)	材料类别	焊条型号(牌号)
纯铜	ECu(T107)	磷青铜	ECuSn-B(T227)
	ECuSi-B(T207)	硅青铜	ECuSi-B(T207)
	ECuSn-B(T227)	高锰铝青铜、铜合金	ECuMnSiNi(T247)
黄铜	ECuSn-B(T227)、ECuSi-B(T207)	白铜	T307
铝青铜、铜合金	ECuAl-C(T237)	—	—

焊条的焊芯采用氩弧焊或 TIG 焊用的标准焊丝,成分与被焊材料相对应,药皮大多数采用低氢型配方。

① 由于芯棒的强度低,很少采用直径小于 3mm 的铜芯焊条。

② 硅铁、硅铜、稀土硅等合金在配料前需进行钝化处理,防止合金表面直接与水玻璃接触。

③ 用作粘结剂的钠水玻璃中需加入 0.2%~0.3% 的高锰酸钾(质量分数)。

④ 压制好的焊条要采用 40℃~200℃ 的分级缓慢烘干,最高烘干温度不得超过 200℃,以防止焊芯退火变软。

常用国产铜和铜合金焊条及其药皮配方见表 1-2-4 和表 1-2-5。

表 1-2-4

常用国产铜与铜合金焊条

型 号	药皮类型	焊接电源	焊缝主要成分及其质量分数(%)	焊缝金属性能	主 要 用 途
ECu	低氢型	直流反接	纯铜(Cu>99)	$\sigma_b \geq 176\text{MPa}$, $\alpha > 120$	在大气及海水介质中具有良好的耐腐蚀性,用于焊接脱氧或无氧铜结构件
ECuSi	低氢型	直流反接	硅青铜(Si=3, Mn<1.5, Sn<1.5, 其余为 Cu)	$\sigma_b > 340\text{MPa}$, $\delta_5 > 20\%$, 110~130HV	适用于纯铜、硅青铜及黄铜的焊接以及化工管道等内衬的堆焊
ECuSnB	低氢型	直流反接	磷青铜(P≤0.3, Sn=8, 其余为 Cu)	$\sigma_b \geq 270\text{MPa}$, $\delta_5 > 20\%$, 80~115HV	适用于焊接纯铜、黄铜、磷青铜以及堆焊磷青铜轴衬、船舶推进器叶片等
ECuAl	低氢型	直流反接	铝青铜(Mn≤2, Al=8, 其余为 Cu)	$\sigma_b > 410\text{MPa}$, $\delta_5 > 15\%$, 120~160HV	用于铝青铜及其他铜合金、铜合金与钢的焊接以及铸件焊补

表 1-2-5

常用国产铜焊条的药皮配方

焊条牌号	配料名称及其质量分数(%)										
	大理石	萤石	石英	钛白粉	冰晶粉	菱苦土	铝铜	硅铜(锰铁)	石墨(电解锰)	纯碱	水玻璃
ECu	45	15	10	5	—	—	10	10	—	1.5	28~34
ECuSnB	40	18	15	—	7	5	4	—	3	2	30~35
ECuAl	40	24	15	—	8	5	—	8	1	2	28~34