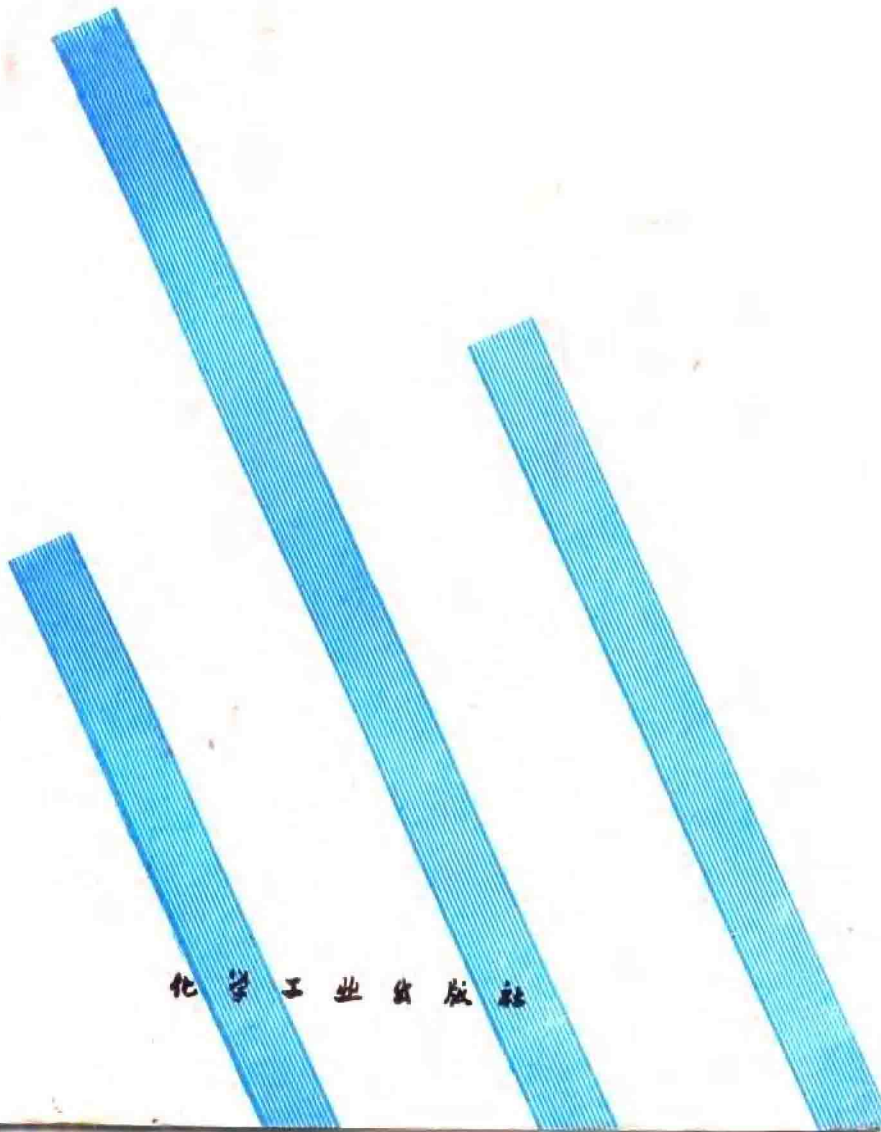


电焊条选用指南

吴树雄 编



化学工业出版社

电焊条选用指南

吴树雄 编

化学工业出版社

7-1003

内 容 提 要

本书系统地介绍了电焊条的基本知识，各类焊条的型号、牌号的编制方法，各种焊条的性能及应用范围，并从钢材、焊条及焊接工艺三者结合的应用角度介绍了各类焊条的选择及使用知识。还介绍了当前焊条研制和发展动向。

本书可供焊接结构设计人员、焊接工艺技术人员、广大焊工及电焊条购销人员阅读，也可作为高等学校、中等专业学校、技工学校焊接专业的辅助教材和电焊工的培训教材。

电焊条选用指南

吴 树 雄 编

责任编辑：任文斗

封面设计：郑小红

机械工业出版社 出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

北京通县曙光印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 $11^{7/8}$ 字数 304 千字

1989年8月第1版 1989年8月北京第1次印刷

印 数 1—5,750 册

ISBN 7-5025-0494-X/TB·2

定 价 6.35 元

前 言

随着科学技术的发展，焊接已成为重要的金属加工工艺之一，并广泛应用于车辆、桥梁、船舶、压力容器、化工设备及海洋工程等制造部门，在经济建设中占有重要地位。在各种电弧焊接方法中，手工电弧焊发展最早，由于这种方法简单，操作灵便，适用于各种焊接位置，易于掌握，因此使用范围极广。可以说，在工业的各个领域中很难找到一个不使用电焊条的部门。

电焊条是一种消耗量大、品种繁多的工业产品，目前国产焊条品种已超过200种。随着新钢种的不断涌现，焊条品种还将不断增多。此外，科学技术的发展，对焊接结构的质量，实际上也就是对电焊条的质量要求越来越高。

电焊条对焊接结构的质量影响极大。本书试图在钢材、焊条、焊接工艺三者有机结合的基础上，从应用的角度来阐述电焊条的选择和使用，希望能对生产现场的设计工作者、广大焊工及焊接技术人员有所帮助。

在编写过程中，曾得到甘肃省机械工程学会焊接分会郑承炎同志、冶金部钢铁研究总院尹士科高级工程师的大力支持，在此，谨表示感谢。

在编写本书时，对所引用重要参考文献的作者及提供有益帮助各位同志，一并表示感谢。

由于编者水平有限，又缺乏经验，书中难免有不少缺点和错误，欢迎批评指正。

编者

目 录

第一章 电焊条概论	(1)
一、电焊条的发展	(1)
二、电焊条的组成	(2)
三、电焊条的分类	(10)
四、电焊条的型号和牌号	(16)
五、电焊条的制造	(46)
第二章 电焊条的使用性能及其检测	(50)
一、电焊条的使用性能	(50)
二、电焊条使用性能的检测	(52)
第三章 电焊条的现场质量管理	(65)
第四章 电焊条的需用量	(77)
第五章 各种电焊条的选择和使用	(85)
一、选择电焊条的基本要点	(85)
二、低碳钢电焊条	(87)
三、低合金高强度钢电焊条	(111)
四、钼和铬钼耐热钢电焊条	(135)
五、不锈钢电焊条	(153)
六、低温钢用电焊条	(184)
七、堆焊用电焊条	(195)
八、铸铁用电焊条	(217)
九、铜、铝、镍及其合金电焊条	(230)
第六章 值得发展和推广使用的电焊条	(238)
一、低尘焊条	(238)
二、铁粉焊条	(244)
三、高韧性焊条	(247)
四、难吸潮焊条	(252)
五、高效不锈钢焊条	(253)
六、专用焊条	(255)

第七章 电焊条国外标准资料	(259)
一、焊条国标与外国类似标准对照表	(259)
二、国外标准中低碳钢与低合金钢焊条型号分类方法 要点	(261)
三、各国电焊条型号对照表	(296)
四、各国电焊条牌号对照表	(306)
五、日本电焊条标准摘录	(339)
六、各船级社对低碳钢及低合金钢船用焊条的性能 要求	(361)
七、焊条新旧型号对照表	(365)
参考文献	(373)

第一章 电焊条概论

现在，手工电弧焊用焊条在造船、建筑、石油化工、桥梁、车辆、机械、原子反应堆等各个工业领域中被广泛地采用，不仅用于制造新的产品，就连各种产品的修理，要想脱离手工焊接也几乎是不可能的了。

当前，焊接作为一种加工工艺获得了飞跃的发展，新的焊接方法不断出现。虽然气焊、电弧焊、接触焊、气体保护焊、埋弧焊、电子束焊等焊接方法都被广泛应用，但手工电弧焊因历史悠久，方法简单，仍作为最基本的焊接方法活跃在各个工业领域中。电焊条的生产在焊接材料生产中所占的比重仍处于压倒一切的领先地位。电焊条的消耗量很大，在工业比较发达的国家，电焊条产量约占钢产量的0.3~0.5%，占整个焊接材料产量的40~50%。我国由于焊接自动化和新的焊接设备及工艺方法应用较少，因而手工焊及电焊条占的比例更大些。目前，电焊条的产量约占钢产量的0.6~0.7%左右，占整个焊接材料产量的90%左右。

因此，正确地选择和使用电焊条就显得非常重要。

一、电焊条的发展

1892年俄罗斯人斯拉维扬诺夫研究成功了现行的金属电弧焊接法的实用化方案。特别是、1904年瑞典人奥斯卡尔·克杰尔贝格（Oscar Kjellberg）建造了世界上第一个焊条厂——ESAB公司的OK焊条厂。同期，欧美各国对焊条的药皮作用都分别进行了大量的研究，1910年瑞典发明矿物型厚药皮焊条，1919年美国发明用纸缠在焊芯上，提出了纤维素型焊条的初型，1921年英国人提出用大理石-萤石制造焊条药皮。

开始，焊条全是手工沾制，1917年欧洲依·纳·乔内斯发明用机械压制焊条，1927年美国开始用机械大量生产焊条。随着冶

金工业和机械工业的不断发展，尤其是第二次世界大战以来，焊条生产也得到了大发展，出现了许多新的药皮类型及焊条品种，性量也进一步完善。1964年，日本研制成功“无害”焊条，70年代又开发了低尘焊条、超低氢焊条和难吸潮焊条等，把焊条质量提高到一个新的水平。

我国的电焊条制造始于1949年，开始是采用半机械气动焊条压涂机，后来研制了螺旋式连续压涂机，并有了切丝机，送丝机等生产附属设备。所生产的焊条主要以氧化矿物型为主的低碳结构钢电焊条。1956年以后开始大量采用机器制造焊条，焊条品种也逐步扩大，钛铁矿型、钛型、钛钙型和低氢型等类型焊条相继出现。目前，全国三十个省、自治区及直辖市中，除西藏外，各地都有了不同规模的焊条厂，年产量已达40余万吨，有力地促进了经济建设的发展。

在产量规模上，年产量超过1万吨焊条的工厂已有十多家。在品种上，也由解放初期的仿制发展到独立研制。目前正式列入焊接材料统一产品样本的焊条品种已有200多种。在产品质量上，从过去只能用于一般焊接结构到基本上能满足国内各项重大建设项目的配套，并且还能部分出口，远销40多个国家和地区。船用焊条已取得了中国的ZC、英国的LR、美国的ABS、挪威的NV及日本的NK等国际比较权威的船级社的认可。碳钢、低合金钢焊条及不锈钢焊条标准已等效采用相应的美国标准（ANSI/AWS A5.1等）。这些都标志着我国的焊条质量已达到一定水平，电焊条行业已成为国民经济中一个重要的、不可缺少的配套部门。

二、电焊条的组成

简单地说，电焊条就是在金属丝（即焊芯）表面涂上适当厚度药皮的手弧焊用的熔化电极。

焊条的外形如图1-1所示，为了便于引弧，焊条的引弧端应

倒角，露出焊芯金属；为使焊钳与焊芯保持良好的接触，应把夹持端处的药皮仔细地

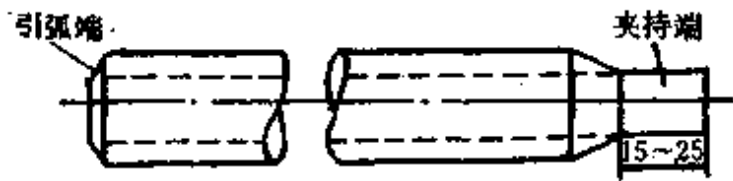


图1-1 焊条的外形

清理干净。对于低氢型焊条，焊缝的头部容易产生气孔，为了便于引弧及防止气孔，

可按图 1-2 所示对焊条的引弧端进行特殊加工处理，(a)、(b) 为减小引弧端处焊芯截面，提高电流密度，使电弧容易产生，并增加保护作用。

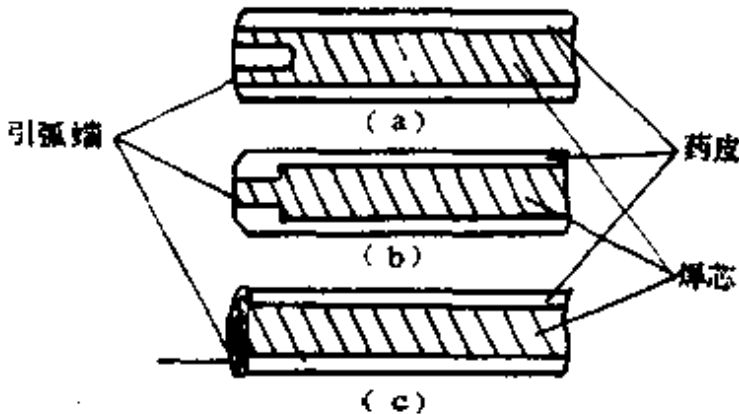


图1-2 低氢焊条的引弧端加工一例

(c) 在引弧端处涂一层引弧剂（主要由石墨、有机物等组成），以便于引弧。

普通焊条的断面形状，如图1-3所示。图1-3 (b) 和 (c) 均

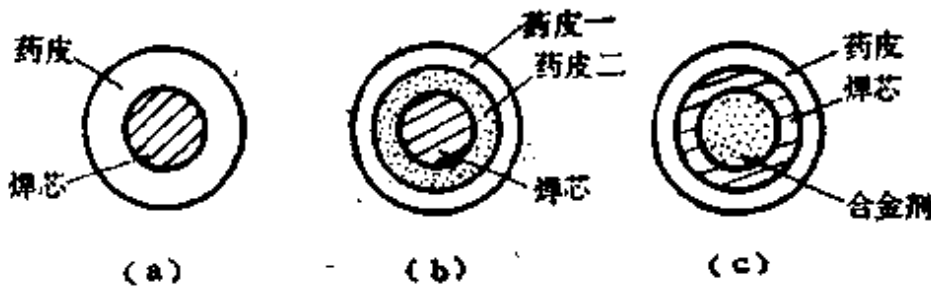


图1-3 焊条的断面形状

为特殊的断面形状。(b) 是一种双层药皮焊条，主要是为了改善低氢焊条的工艺性能，两层药皮按不同成分配方。如某厂生产的双层药皮的J427焊条，其药皮配方：第一层药皮的配方为大理石46%，石英砂9%，钛铁15%，硅铁3%，锰铁2%；第二层药皮的配方为萤石18%，大理石7%。(c) 的焊芯为一空心管，外面包复药皮，管子中心填充合金剂或涂料，这种产品已在含有

多量合金粉的耐磨堆焊焊条中采用。

各种焊条的药皮都有一定的厚度，通常用“药皮重量系数”来表示焊条药皮在焊条中所占的重量比例：

$$\text{药皮重量系数 } K (\%) = \frac{\text{药皮重量}}{\text{带药皮的这部分焊芯重量}} \times 100\%$$

一般药皮重量系数为35~55%，随焊条药皮类型及使用目的而异，对于为提高焊接效率而在药皮中加入大量铁粉的高效铁粉焊条或通过药皮渗合金的某些堆焊焊条，药皮重量系数可在100%以上。

下面叙述焊芯和药皮的作用及组成。

(一) 焊芯

焊芯的作用主要是导电，在焊条端部形成电弧。同时，焊芯靠电弧热熔化后，冷却形成具有一定成分的熔敷金属。

目前，焊条的品种已有几百种，但用于制造焊条的焊芯种类不过数十种。为了保证熔敷金属具有所需的合金成分，一般可通过两种掺合金方法来达到：一种是利用低碳钢芯，通过药皮来过渡，这种方法主要用在低碳钢焊条、低合金钢焊条及堆焊焊条等；另一种是利用合金芯，再通过药皮来补充少量合金元素，这种方法主要用在不锈钢焊条、有色金属焊条及高合金钢焊条。当

表1-1 各种电焊条所用的焊芯

电 焊 条 种 类	所 用 焊 芯
低碳钢焊条	低碳钢焊芯(H08A等)
低合金高强度焊条	低碳钢或低合金钢焊芯
低合金耐热钢焊条	低碳钢或低合金钢焊芯
不锈钢焊条	不锈钢或低碳钢焊芯
堆焊用焊条	低碳钢或合金钢芯
铸铁焊条	低碳钢、铸铁、非铁合金焊芯
有色金属焊条	有色金属焊芯

表1-2 常用焊芯的化学成分

%

钢 号	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	其它	S P	
								≤	≤
H08A	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.3			0.030	0.030
H08E	≤0.10	0.30~0.55	≤0.03	≤0.20	≤0.3			0.025	0.025
H08Mn	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.3			0.040	0.040
H08MnA	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.3			0.030	0.030
H10Mn2	≤0.12	1.50~1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.3			0.040	0.040
H08Mn2Si	≤0.11	1.70~2.10	0.65~0.95	≤0.20	≤0.3			0.040	0.040
H08MnSi	≤0.14	0.80~1.10	0.60~0.90	≤0.20	≤0.3			0.030	0.040
H10MnSiMo	≤0.14	0.90~1.20	0.70~1.10	≤0.20	≤0.3	0.15~0.25		0.030	0.040
H08MnMoA	≤0.10	1.20~1.60	≤0.25	≤0.2	≤0.3	0.30~0.60	Ti 0.15	0.030	0.030
H08Mn2MoA	0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.2	≤0.3	0.50~0.70	Ti 0.15	0.030	0.030
H08CrMoA	≤0.10	0.40~0.70	0.15~0.35	0.80~1.10	≤0.30	0.40~0.60		0.030	0.030
H0Cr14	≤0.06	0.30~0.70	0.30~0.70	13.00~15.00	≤0.60			0.030	0.030
H00Cr19Ni9	≤0.03	1.0~2.0	≤1.00	18.00~20.00	8.00~10.00			0.020	0.030
H0Cr19Ni9	≤0.06	1.0~2.0	0.50~1.00	18.00~20.00	8.00~10.00			0.020	0.030
H0Cr19Ni9Si2	≤0.06	1.0~2.0	2.00~2.75	18.00~20.00	8.00~10.00			0.020	0.030
H0Cr19Ni11Mo3	≤0.06	1~2	0.30~0.70	18.00~20.00	10.00~12.00	2.00~3.00		0.020	0.030
H1Cr25Ni13	≤0.12	1~2	0.30~0.70	23.00~26.00	12.00~14.00			0.020	0.030
H1Cr25Ni20	≤0.15	1~2	0.20~0.50	24.00~27.00	17.00~20.00			0.020	0.030
H1Cr20Ni10Mn6	≤0.12	5~7	0.30~0.70	18.00~22.00	9.00~11.00			0.030	0.040

然，这种区分也不是绝对的，利用低碳钢芯，同样可以制成不锈钢焊条。但无论在什么样的情况下，焊芯的成分都直接影响熔敷金属的成分和性能，因此，要求焊芯尽量减少有害元素的含量。随着冶金工业的发展，对焊芯中有害元素含量的控制要求越来越严，除了通常的S、P外，有些焊条已要求焊芯控制As、Sb、Sn等元素。

表1-1列出的是通常各种电焊条所用的焊芯。表1-2是常用焊芯的化学成分。

焊芯除了铸造焊芯外，一般可在平炉、转炉或电炉中冶炼，也可用高频炉熔化某些合金，铸成钢锭后热轧，再拉拔到所需的尺寸切断而成。

焊条国标中规定的各种焊条的基本尺寸，列于表1-3，而每根焊芯的重量列于表1-4。

表1-3 焊条尺寸

mm

焊 条 直 径		焊 条 长 度	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
1.6	±0.05	200 250	±2.0
2.0		250 300	
2.5		350 400	
3.2		400 450	
4.0		500 650	
5.0			
6.0(5.8)			
8.0			

表1-4 一根焊芯的重量

焊芯尺寸 (直径×长度), mm	重量, g
1.6×200	3.0
2.0×250	6.1
2.5×300	11.3
3.2×350	21.8
4.0×400	39.2
5.0×400	61.6
5.8×400	82.4

(二) 药皮

焊条药皮又可称为涂料, 把它涂到焊芯上主要是为了便于焊接操作, 以及保证熔敷金属具有一定的成分和性能。药皮的主要作用是:

- (1) 保证电弧的集中、稳定, 使熔滴金属容易过渡;
- (2) 在电弧的周围造成一种还原性或中性的气氛, 以防止空气中的氧和氮等进入熔敷金属;
- (3) 生成的熔渣均匀地覆盖在焊缝金属表面, 减缓了焊缝金属的冷却速度, 并获得良好的焊缝外形;
- (4) 保证熔渣具有合适的熔点、粘度、比重等, 使焊条能进行全位置焊接或容易进行特殊的作业, 例如向下立焊等;
- (5) 药皮在电弧的高温作用下, 发生一系列冶金化学反应; 除去氧化物及S、P等有害杂质, 还可加入适当的合金元素, 以保证熔敷金属具有所要求的机械性能或其它特殊的性能 (如耐蚀、耐热、耐磨等)。

此外, 在焊条药皮中加入一定量的铁粉, 可以提高熔敷效率。

焊条药皮可以采用氧化物、碳酸盐、硅酸盐、有机物、氟化

物、铁合金及化工产品等上百种原料粉末，按照一定的配方比例进行混合而成。各种原料根据其在焊条药皮中的作用，可分成下列几类。

(1) 稳弧剂 使焊条容易引弧及在焊接过程中能保持电弧稳定燃烧。作为稳弧剂的材料大都是含有一定量的低电离电位元素的物质，如金红石、二氧化钛、钛铁矿、还原钛矿、钾长石、水玻璃（含有钾、钠等碱土金属的硅酸盐），此外还有铝镁合金等。

(2) 造渣剂 焊接时能形成具有一定物理化学性能的熔渣，保护焊接熔池及改善焊缝成形。熔渣的碱度对焊接工艺性能及焊缝金属理化性能均有很大的影响。主要的造渣剂大都是碳酸盐、硅酸盐、氧化物及氟化物。如大理石、萤石、白云石、菱苦土、长石、白泥、云母、石英砂、金红石、二氧化钛、钛铁矿、还原钛铁矿、铁砂及冰晶石等。有些材料对熔渣的粘度、流动性影响很大，可以起到稀渣的作用，如萤石、冰晶石、锰矿等。

(3) 脱氧剂 通过焊接过程中进行的冶金化学反应，以降低焊缝金属中的含氧量，提高焊缝性能。主要是含有对氧亲和力大的元素的铁合金及金属粉，如锰铁、硅铁、钛铁、铝铁、镁粉、铝镁合金，硅钙合金及石墨等。

(4) 造气剂 在电弧高温作用下，能进行分解，放出气体，以保护电弧及熔池，防止周围空气中的氧和氮的侵入。常用的造气剂有碳酸盐及有机物。如大理石、白云石、菱苦土、碳酸钡、木粉、纤维素、淀粉及树脂等。

(5) 合金剂 用来补偿焊接过程中合金元素的烧损及向焊缝过渡合金元素，以保证焊缝金属获得必要的化学成分及性能等。常用各种铁合金及金属粉作为合金剂，如锰铁、硅铁、铬铁、铝铁、钒铁、铌铁、硼铁、金属锰、金属铬、镍粉、钨粉、稀土硅铁等。

(6) 增塑润滑剂 增加药皮粉料在焊条压涂过程的塑性、

滑性及流动性，以提高焊条的压涂质量，减少偏心度。这些材料通常都具有一定的吸水后膨胀的特性或具有一定的弹性、滑性。如云母、合成云母、滑石粉、白土、二氧化钛、白泥、木粉、膨润土、碳酸钠、藻朊酸盐及CMC等。

(7) 粘接剂 使药皮粉料在压涂过程中具有一定的粘法，能与焊芯牢固地粘接，并使焊条药皮在烘干后具有一定的强度。主要的粘接剂有水玻璃（钾、钠及锂水玻璃）及酚醛树脂等。

当然，以上仅是根据每种材料的主要作用进行简单的分类，

表1-5 常用材料在焊条药皮中的作用

材 料 名 称	主要成分	稳定 电弧	造渣	脱 氧	氧 化	气体 保护	掺合 金	增塑 润滑	药皮 粘接
大理石	CaCO_3	○	△		△	○			
萤石	CaF_2		○						
金红石	TiO_2	○	○						
二氧化钛	TiO_2	○	○					△	
钛铁矿	TiO_2, FeO	○	○		△				
长石	$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{R}_2\text{O}$	○	○						
云母	$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$		○					○	
锰铁	Mn		△	○			○		
硅铁	Si		△	○			○		
钛铁	Ti		△	○					
金属铬	Cr						○		
镍粉	Ni						○		
木粉、淀粉	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$			△		○		△	
钾水玻璃	$\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$	○	△						○
钠水玻璃	$\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$	○	△						○

注：○—主要的作用；△—次要的作用。

实际上，一种材料同时可以具备几种作用。如大理石，在电弧高温作用下分解为 CaO 及 CO_2 ， CO_2 起保护作用， CaO 可以造渣，因此，大理石主要起造气剂和造渣剂的作用。再如锰铁，它主要是脱氧剂，但除了脱氧外，多余的锰将渗入焊缝，起合金剂的作用，同时，作为脱氧产物的 MnO 又可以造渣。

最常用的几种材料在焊条药皮中的作用列于表 1-5。

三、电焊条的分类

电焊条的分类方法很多，可以从不同角度对电焊条进行分类。从焊接冶金角度，按熔渣的碱度可将焊条分为酸性焊条和碱性焊条；按焊条药皮的主要成分可将焊条分为钛钙型焊条、钛铁矿型焊条、低氢型焊条、铁粉焊条等；从标准化角度，可按照焊条的特点（如熔敷金属抗拉强度、化学组成类型等），将焊条分成许多类型及不同等级，从而确定焊条的各种型号；从用途角度，又可将焊条分为结构钢焊条、耐热钢焊条及不锈钢焊条等十大类。现将各种分类方法分别叙述如下。

（一）按熔渣的碱度分类

在实际生产中通常将焊条分为两大类——酸性焊条和碱性焊条（又称低氢型焊条）。它们主要是根据熔渣的碱度，亦即熔渣中酸性氧化物和碱性氧化物的比例来划分，当熔渣中酸性氧化物占主要比例时为酸性焊条，反之即为碱性焊条。

从焊接工艺性能来比较，酸性焊条电弧柔软，飞溅小，熔渣流动性和覆盖性均好，因此，焊缝外表美观，焊波细密，成形平滑；碱性焊条的熔滴过渡是短路过渡，电弧不够稳定，熔渣的覆盖性差，焊缝形状凸起，且焊缝外观波纹粗糙，但在向上立焊时，容易操作。

酸性焊条的药皮中含有较多的氧化铁、氧化钛及氧化硅等，氧化性较强，因此在焊接过程中使合金元素烧损较多，同时由于焊缝金属中氧和氢含量较多，因而塑性、韧性较低，酸性焊条一

般均可以交直流两用。典型的酸性焊条是J422。

碱性焊条的药皮中含有多量的大理石和萤石：并有较多的铁合金作为脱氧剂和渗合金剂，因此药皮具有足够的脱氧能力。再则，碱性焊条主要靠大理石等碳酸盐分解出二氧化碳作保护气体，与酸性焊条相比，弧柱气氛中氢的分压较低，且萤石中的氟化钙在高温时与氢结合成氟化氢（HF），从而降低了焊缝中的含氢量，故碱性焊条又称为低氢型焊条。但由于氟的反电离作用，所以为了使碱性焊条的电弧能稳定燃烧，一般只能采用直流反接（即焊条接正极）进行焊接，只有当药皮中含有多量稳弧剂时，才可以交直流两用。用碱性焊条焊接时，由于焊缝金属中氧和氢含量较少，非金属夹杂物也少，故具有较高的塑性和冲击韧性。一般焊接重要结构（如承受动载荷的结构）或刚性较大的结构，以及可焊性较差的钢材均采用碱性焊条。典型的碱性焊条是J507。

常温时，每100g熔敷金属中的扩散氢含量，碱性焊条为1～10ml，酸性焊条则为17～50ml。

各种焊条焊缝金属的含氧量（从焊缝金属中非金属氧化物FeO、MnO、SiO₂折算的总氧量）分别为：

纤维素型、氧化钛型、钛铁矿型为0.06～0.100%；

氧化铁型为0.100～0.130%；

低氢型为0.028～0.040%。

（二）按焊条药皮的主要成分分类

焊条药皮由多种原料组成，按照药皮的主要成分可以确定焊条的药皮类型。如药皮中以钛铁矿为主的称为钛铁矿型，当药皮中含有30%以上的二氧化钛及20%以下的钙、镁的碳酸盐时，就称为钛钙型。唯有低氢型例外，虽然它的药皮中主要组成为钙、镁的碳酸盐和萤石，但却以焊缝中含氢量最低作为其主要特征而予以命名的。对于有些药皮类型，由于使用的粘接剂分别为钾水玻璃（或以钾为主的钾钠水玻璃）或钠水玻璃，因此，同一