

电焊条选用指南

第二版

吴树雄 编著

化学工业出版社

电焊条选用指南

第二版

吴树雄 编著

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电焊条选用指南/吴树雄编著. -2 版. -北京: 化学工业出版社, 1996

ISBN 7-5025-1721-9

I. 电… II. 吴… III. 焊条-使用-指南 IV. TG422.1-62
中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 07806 号

电焊条选用指南

第二版

吴树雄 编著

责任编辑: 任文斗

封面设计: 郑文红

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 12¼ 字数 324 千字

1996 年 9 月第 2 版 2002 年 4 月北京第 5 次印刷

ISBN 7-5025-1721-9/TB·3

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

第二版前言

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,广泛用于各个工业部门,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,应用范围也最广,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。

电焊条是一种使用量大、品种繁多的工业用消耗材料,目前国产焊条品种已超过 300 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、焊接技术人员及广大焊工有所帮助。

《电焊条选用指南》于 1989 年出版,又于 1994 年修订出版,受到广大读者欢迎。从该书问世至今,国内外焊接材料取得了令人瞩目的发展,尽管 CO_2 气保焊丝、药芯焊丝在制造业中得到广泛使用,使电焊条在焊接材料中所占比重逐渐减少,但我国的电焊条行业伴随着改革开放,仍取得了长足的发展。此外,我国连续焊条的发明及推广应用,将引起焊接材料领域的重大变革,展现出电焊条将重现昨日辉煌的前景。

这期间,我国的《碳钢焊条》、《低合金钢焊条》、《不锈钢焊条》等国家标准及国外焊条标准相继修订;《全国焊接材料统一产品样本》(1996)新版本问世,又增添了许多焊条新品种。为了能更全面及时地反映这些标准变化及最新科技成果,故对《电焊条选用指南》一书作了全面修改。同时,结合生产实际需要,增加了“焊接条件对焊缝性能

的影响”、“阀门堆焊焊条”及“连续焊条”等章节,以便更好地满足生产、科研的需要。

本书编写过程中,曾得到甘肃省机械工程学会焊接分会郑承炎高级工程师、冶金部钢铁研究总院尹士科高级工程师的大力支持。修订再版时,尹士科先生又提供了由他主编的即将付印的《世界焊接材料手册》书稿及国外资料,中国焊接材料质量检测中心李春范、吴振祥高级工程师提供了许多技术资料。此外,还得到了侯立尊、杨翔云、郑汉强高级工程师的大力帮助、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。

吴树雄

1996年1月

目 录

第一章 电焊条概论	1
一、电焊条的发展	2
二、电焊条的组成	4
三、电焊条的分类	11
四、电焊条的型号和牌号	16
五、电焊条的制造	43
第二章 电焊条的使用性能及其检测	48
一、电焊条的使用性能	48
二、电焊条使用性能的检测	50
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 焊接条件对焊缝性能的影响	84
第六章 各种电焊条的选择和使用	90
一、选择电焊条的基本要点	90
二、低碳钢电焊条	92
三、低合金高强度钢电焊条	116
四、钼和铬钼耐热钢电焊条	141
五、不锈钢电焊条	158
六、低温钢用电焊条	193
七、堆焊用电焊条	204
八、铸铁用电焊条	230
九、铜、铝、镍及其合金电焊条	242
第七章 值得发展和推广使用的电焊条	249
一、低尘焊条	249
二、铁粉焊条	255

三、高韧性焊条	258
四、难吸潮焊条	262
五、高效不锈钢焊条	264
六、专用焊条	266
七、连续焊条	269
第八章 电焊条国外标准资料	277
一、焊条国标与外国类似标准对照表	277
二、国外标准中低碳钢与低合金钢焊条型号分类方法要点	279
三、各国电焊条型号对照表	309
四、各国电焊条牌号对照表	317
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	357
七、焊条新旧型号对照表	360
部分公司、厂家产品简介	367
参考文献	381

第一章 电焊条概论

现在,电弧焊接在造船、建筑、石油化工、桥梁、车辆、机械、核反应堆等多个领域中被广泛地采用,不仅用于制造新的产品,就连各种

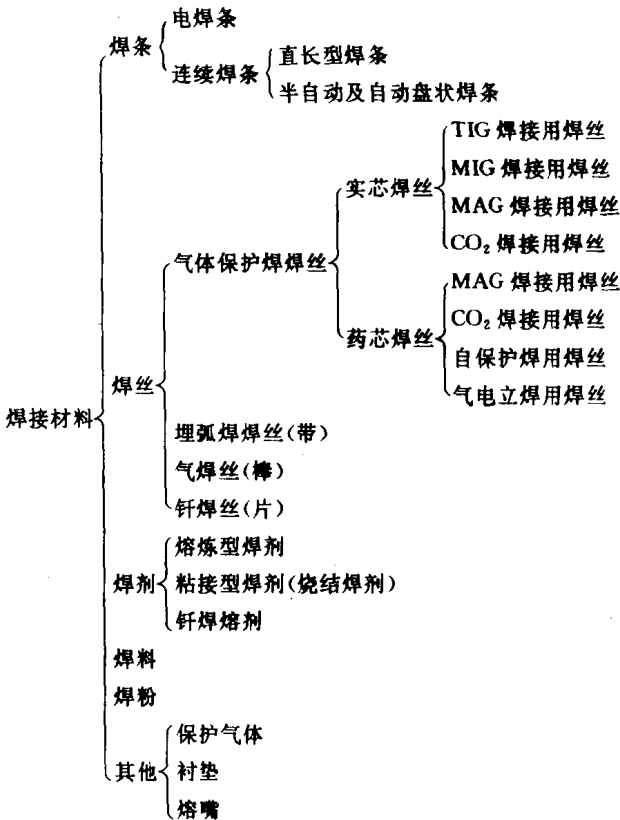


图 1-1 焊接材料分类

产品的修理,要想脱离焊接也几乎是不可能的。当前,焊接作为一种

加工工艺获得了飞速的发展,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、电子束焊接方法都被广泛应用,但手工电弧焊因方法简单、灵活方便,仍作为最基本的焊接方法活跃在各个工业领域中。

焊接材料一般包括焊条、焊丝、焊剂、焊粉及焊料,具体分类示于图 1-1。

就大多数国家而言,电焊条的生产在焊接材料生产中所占的比重仍处于领先地位。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 0.2%~0.4%,由于各种高效焊接工艺的不断f展,制造业中广泛采用气体保护焊,使实芯焊丝及药芯焊丝的用量快速增长,而电焊条在整个焊接材料产量中的比重正逐步减少,目前约占 20%~50%。我国由于焊接自动化和新的焊接设备及工艺方法应用尚处于全面推广应用阶段,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%左右,占全部焊接材料产量的 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·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,焊条生产也得到了很大发展,出现了许多新的药皮类型及焊条品种,性能也进一

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,全国除西藏外,各省、自治区及直辖市都有了不同规模的焊条厂,有些焊条厂从国外引进了生产设备、制造工艺和配方技术,有力地推动了焊条行业技术水平的提高。

在产量规模上,年产量超过一万吨焊条的工厂已有十多家,1994年全国焊条产量已超过60万吨,历年来焊条产量列于表1-1。以1994年为例,各类焊条的实际构成比例大致为:普通结构钢焊条90.7%,低氢型结构钢焊条6.8%,堆焊、耐热钢焊条0.25%;不锈钢焊条1.11%;镍基焊条0.05%;有色及其他焊条1.1%。在焊条品种上,也由解放初期的仿制发展到独立研制各类焊条。目前正式列入焊接材料统一产品样本的焊条品种已达300种,各种类型焊条的品种数变化列于表1-2。特别需要指出的是,我国还以独创的“先涂后切”工艺成批生产出了直径为 $\phi 0.8\sim 1.4\text{mm}$ 的特细焊条,并发明了具有良好冶金特性、优异的操作性能、超常的熔透能力及高的劳动生产率的连续涂层焊条,为世界焊接材料的发展作出了重大贡献。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,并且每年还能有约5万吨焊条出口,远销40多个国家和地区。船用焊条已取得中国CCS、英国LR、美国ABS、挪威NV、及日本NK等国际权威船级社的认可。碳钢焊条、低合金钢焊条及不锈钢焊条标准自1985年起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或接近国际水平,电焊条行业已成为国民经济中的一个重要的、不可缺少的配套部门。

表 1-1 历年电焊条产量

万吨

年份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
产量	31.0	38.6	51.7	45.9	37.7	40.7	47.6	55.1	62.5	63.7

表 1-2 历年来焊条品种数

年份	品 种										
	结构钢	耐热钢	不锈钢	堆焊	低温钢	铸 铁	镍及镍合金	铜及铜合金	铝及铝合金	特殊用途	合计
1977	40	18	34	52	4	12	2	3	3	6	164
1987	94	24	48	58	4	17	5	4	3	6	263
1996	107	27	55	63	7	20	7	6	4	7	303

注：按全国统一产品样本统计。

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 1-2 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清理干净。对于低氢型焊条，焊缝的头部容易产生气

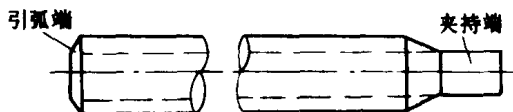


图 1-2 焊条的外形

孔，为了便于引弧及防止气孔，可按图 1-3 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。(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。

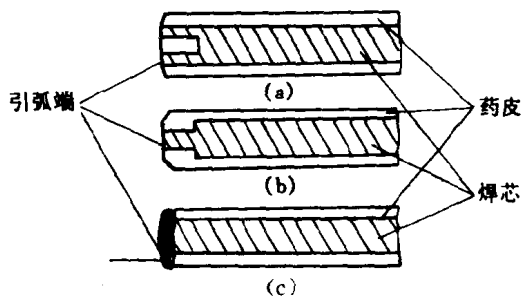


图 1-3 低氢焊条的引弧端加工一例

普通焊条的断面形状,如图 1-4 所示。图 1-4(b)和(c)均为特殊的断面形状。(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。

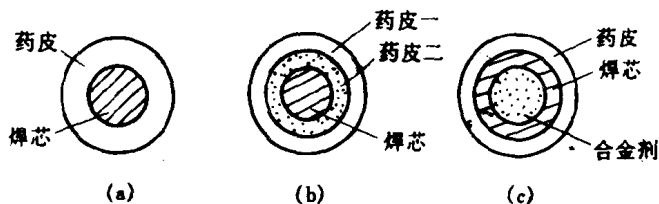


图 1-4 焊条的断面形状

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掺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格,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1-3列出的是通常各种电焊条所用的焊芯。表1-4是常用焊芯的化学成分。

表 1-3 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 1-4 常用焊芯的化学成分

钢 号	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	其 他	%	
								S	P
H08A	≤0.10	0.30~0.60	≤0.03	≤0.20	≤0.30			0.030	0.030
H08E	≤0.10	0.30~0.60	≤0.03	≤0.20	≤0.30			0.025	0.025
H08C	≤0.10	0.30~0.60	≤0.03	≤0.10	≤0.10			0.015	0.015
H08MnA	≤0.10	0.80~1.10	≤0.07	≤0.20	≤0.30			0.030	0.030
H10Mn2	≤0.12	1.50~1.90	≤0.07	≤0.20	≤0.30			0.035	0.035
H08Mn2Si	≤0.11	1.70~2.10	0.65~0.95	≤0.20	≤0.30			0.035	0.035
H08MnSi	≤0.11	1.20~1.50	0.40~0.70	≤0.20	≤0.30			0.035	0.035
H10MnSiMo	≤0.14	0.90~1.20	0.70~1.10	≤0.20	≤0.30	0.15~0.25		0.035	0.035
H08MnMoA	≤0.10	1.20~1.60	≤0.25	≤0.20	≤0.30	0.30~0.50	*Ti 0.15	0.030	0.030
H08Mn2MoA	0.06~0.11	1.60~1.90	≤0.25	≤0.20	≤0.30	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
H00Cr21Ni10	≤0.03	1.0~2.50	≤0.60	19.50~22.00	9.00~11.00			0.020	0.030
H0Cr21Ni10	≤0.06	1.0~2.50	≤0.60	19.50~22.00	9.00~11.00			0.020	0.030
H0Cr21Ni10Nb	≤0.08	1.0~2.50	≤0.60	19.00~21.50	9.00~11.00		Nb ₁₀ ×C%~1.0	0.020	0.030
H0Cr19Ni12Mo2	≤0.06	1.0~2.50	≤0.60	18.00~20.00	11.00~14.00	2.00~3.00	Nb ₁₀ ×C%~1.0	0.020	0.030
H1Cr24Ni13	≤0.12	1.0~2.50	≤0.60	23.00~25.00	12.00~14.00			0.020	0.030
H1Cr26Ni21	≤0.15	1.0~2.50	0.20~0.59	25.00~28.00	20.00~22.00			0.020	0.030
H1Cr20Ni10Mn6	≤0.10	5.0~7.0	0.20~0.60	20.00~22.00	9.00~11.00			0.020	0.030

注：本表摘自 GB/T 3429-94、GB 4241-84。

* Ti 为加入量。

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 1-5,每根焊芯的重量列于表 1-6。

表 1-5 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			
3.2		350 400	
4.0			
5.0		400 450	
6.0(5.8)			
8.0		500 650	

注:对于重力焊条,焊条长度可达 700,900mm;

对于特细焊条,焊条直径可为 ϕ 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4mm。

表 1-6 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	61.5
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、密度等,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力学性能或其他特殊的性能(如耐蚀、耐热、耐磨等)。

此外,在焊条药皮中加入一定量的铁粉,可以改善焊接工艺性能或提高熔敷效率。

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、还原钛铁矿、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、钼铁、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、海泡石、绢云母、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性,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,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 1-7。