

吴树雄 编著

电焊条选用 指南

第三版



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

电焊条选用指南

第三版

吴树雄 编著

化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·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. —3 版. —北京: 化学工业出版社, 2003.7

ISBN 7-5025-4518-2

I. 电… II. 吴… III. 焊条-基本知识 IV. TG422.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 056905 号

电焊条选用指南

第 三 版

吴树雄 编著

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 郑捷

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(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
中国纺织出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21¼ 字数 534 千字

2003 年 10 月第 3 版 2003 年 10 月北京第 8 次印刷

ISBN 7-5025-4518-2/TH·120

定 价: 44.00 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

京工商广临字 2003-003 号

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CO₂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的各位同志,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

第三版前言

《电焊条选用指南》自 1996 年出版第二版以来，受到了广大读者的热烈欢迎。时隔 7 年，国内外的经济、技术均发生了许多变化。由于焊接机械化、自动化的不断发展，电焊条在整个焊接材料构成中所占比重正逐渐减少。工业发达国家中，焊条所占比重已不足 50%，日本甚至已降到 20% 以下，而我国现在约为 75% 左右，焊条年产量达到 100 万吨，成为世界第一焊条生产大国。

目前我国焊条生产的主要问题，仍然是产品质量和品种发展，一些专用焊条或对质量有较高要求的焊条仍需从国外进口。在焊条的研究上，具有我国自主知识产权的基础技术相当缺乏。焊条生产企业对产品开发的投入严重不足，缺乏技术创新能力，加上目前国内高等院校及科研机构对焊条研究的淡出，使这种技术上的“底气不足”矛盾在一段时期内将更为突出。

随着国内改革开放的深入发展及我国加入世界贸易组织 (WTO)，为了适应我国与国外技术合作及经济交流的迫切需要，书中增加了对国外焊条的性能及发展动向的介绍，介绍了《堆焊焊条》、《铝及铝合金焊条》等最新标准，选列了国际标准化组织 (ISO) 及欧盟 (EN) 等国外标准资料，借以对我国的焊条研究及开发提供借鉴。此外，还增加了“管道焊接用焊条”及“镍基合金焊条”等内容，以便更好地满足生产、科研的需要。

本书第三版编写过程中，尹士科、徐斌、马大卫、王增新、陶玉慧、王松海、颜何智、张楷林、李美珍、王正娥、姚玉碧、阮国钰、陈义岗、李颖、张海琳及匡金秀等给予了大力支持，提供了相关技术资料，协助及参与编写工作，在此致以衷心感谢。

作为已从事焊条研制及生产 40 多年的焊接工作者，作者谨以本书及《焊丝选用指南》(与尹士科合著) 献给我国的焊接材料行业，衷心祝愿她发展得更为强大，更好地服务于我国的现代化建设。

吴树雄

2003 年 3 月

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、牌号的编制方法及其性能和应用范围，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 1996 年以来国内外焊条标准的最新变化和最新科研成果以及当前焊条研制和发展动向，而且结合我国进入 WTO 和改革开放后经济迅猛发展的实际，大量介绍了国外著名厂商的各类焊条的典型性能。该书内容新颖、信息量大、实用性强，是一部颇具参考价值的工具书。

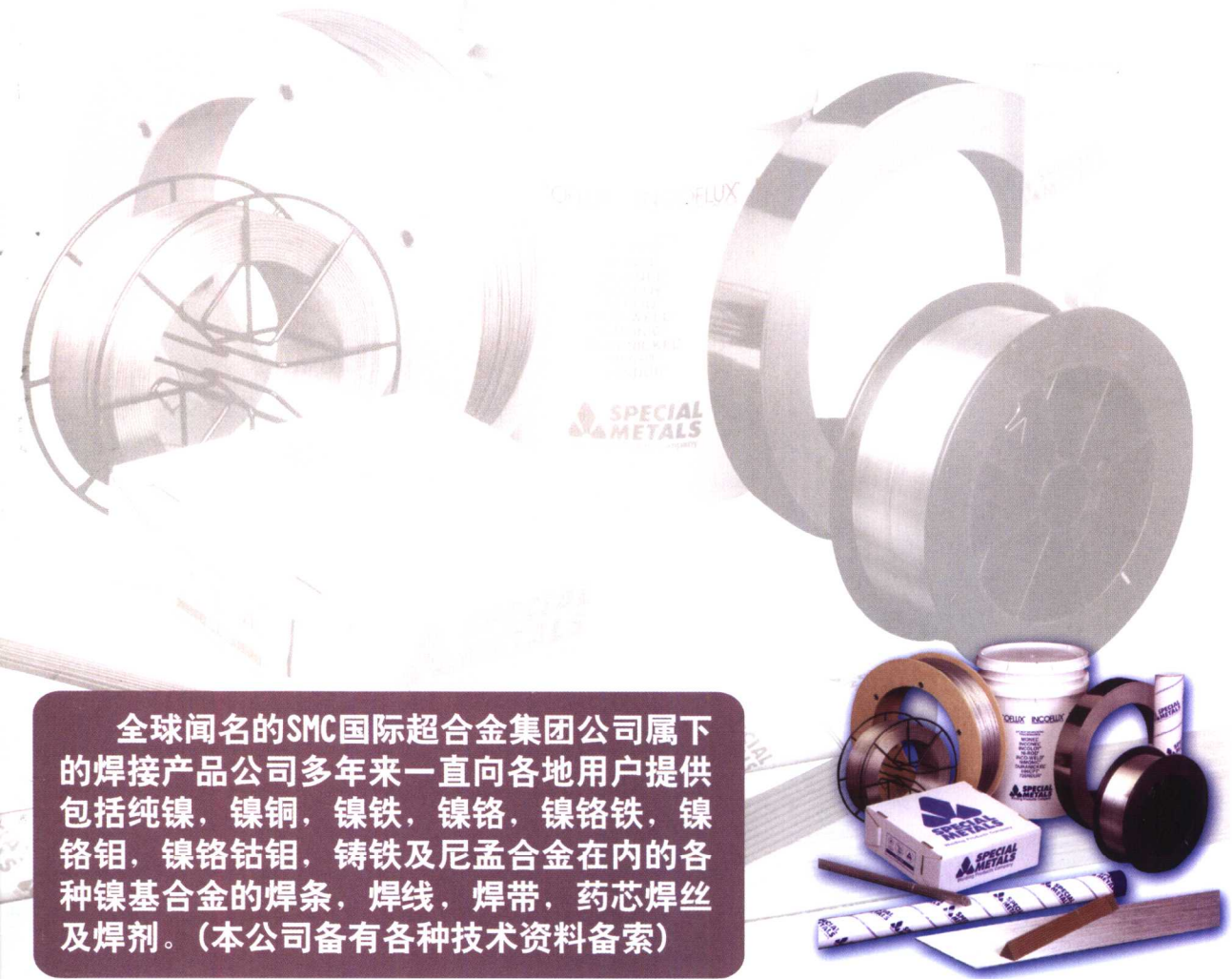
本书可供焊接结构设计人员、焊接工艺技术人员、焊条研发人员、广大焊工及电焊条购销人员阅读，也可作为高等学校、中等专业学校、技工学校焊接专业的辅助教材和电焊工的培训教材。

镍基合金焊材+质量+性能+技术服务+库存

只有



做得到!



全球闻名的SMC国际超合金集团公司属下的焊接产品公司多年来一直向各地用户提供包括纯镍，镍铜，镍铁，镍铬，镍铬铁，镍铬钼，镍铬钴钼，铸铁及尼孟合金在内的各种镍基合金的焊条，焊线，焊带，药芯焊丝及焊剂。(本公司备有各种技术资料备案)

SMC国际超合金集团焊接产品公司(A/P)

中国上海南京西路1266号恒隆广场 1802-1804室 邮编 200040

Tel: 86-21-62881808x222

Fax: 86-21-32290052

<http://www.smc-wpc.com>

86-21-62882398x098

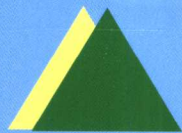
Mobile: (86) 13801967442

e-mail: dma@jaiwpc.com

*1998年本公司将INCO ALLOY INTERNATIONAL兼并，联合组成今天的Special Metals Corporation (在国内称为 SMC 超合金集团)，以下是该集团属下焊接产品公司所使用的主要注册商标:

INCONEL® INCOLOY® INCOFLUX® INCO-CORED® INCO-WELD® MONEL®
NDUR-ALL™ NI-ROD® NILO® NIMONIC® DURANICKEL® 686CPT® 725NDUR®
 ® TRADE MARK OF SPECIAL METALS CORPORATION

HAL 53/03



HYUNDAI

韩国现代焊接材料株式会社

实力雄厚 全身心投入 为您服务

韩国现代焊接材料株式会社是您的最佳选择

焊接材料主要产品系列：电焊条、实芯焊丝、药芯焊丝、埋弧焊丝、埋弧焊剂

焊接设备主要产品：氩弧焊机、气体保护焊机、埋弧焊机、点焊机、焊接机器人等



中国总部·上海代表处

上海市徐汇区漕宝路80号上海光大会展中心D805室 邮编：200235

电话：(021)64082562/64325030/64325129/64325920 传真：(021)64082554 E-mail: cswoo@hdweld.co.kr

大连代表处

地址：大连市人民路26号中国人寿大厦2112室

电话：0411-2654798 2650999×2112

传真：0411-2593748

邮编：116001

广州代表处

地址：广州市天河北路5-9号正升大厦1207室

电话：020-87556077 87556078

传真：020-87552595

邮编：510075

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.....	3
三、电焊条的分类.....	7
四、电焊条的型号和牌号.....	12
五、电焊条的制造.....	40
第二章 电焊条的使用性能及其检测	44
一、电焊条的使用性能.....	44
二、电焊条使用性能的检测.....	45
第三章 电焊条的现场质量管理	55
第四章 电焊条的需用量	63
第五章 焊接条件对焊缝性能的影响	68
第六章 各种电焊条的选择和使用	72
一、选择电焊条的基本要点.....	72
二、低碳钢电焊条.....	74
三、低合金高强度钢电焊条.....	89
四、钼和铬钼耐热钢电焊条.....	119
五、不锈钢电焊条.....	129
六、低温钢电焊条.....	158
七、堆焊电焊条.....	167
八、铸铁电焊条.....	190
九、铜、铝、镍及其合金电焊条.....	200
第七章 值得发展和推广使用的电焊条	217
一、低尘焊条.....	217
二、铁粉焊条.....	221
三、高韧性焊条.....	223
四、难吸潮焊条.....	225
五、高效不锈钢焊条.....	226
六、专用焊条.....	227
七、连续焊条.....	229
第八章 国内外电焊条研究开发的最新进展	234
第九章 国内外电焊条标准	253
一、国内外电焊条标准对照.....	253
二、国外标准中电焊条型号分类方法要点(摘录).....	254
三、国内外电焊条型号对照.....	280

四、国内外电焊条牌号对照.....	285
五、日本电焊条标准摘录.....	294
六、各船级社对低碳钢及低合金钢船用焊条的性能要求.....	303
七、电焊条新旧型号对照.....	305
附录 1 填充金属的选用	311
附录 2 焊接材料的分类	329
部分公司产品简介	333
参考文献	338

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，就连各种产品的修理，也几乎不可能脱离焊接。当前，焊接作为一种加工工艺获得了飞速发展，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，具体分类如图 1-1 所示。

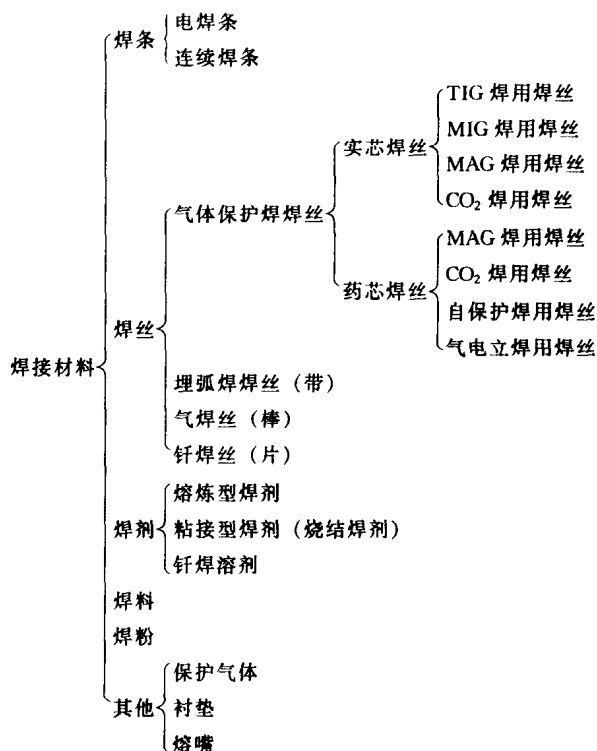


图 1-1 焊接材料分类

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不断发展，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重更大些，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 75%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, 20世纪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。

日本、美国和西欧等工业发达国家, 在过去15~20年中, 完成了强强联合和资产重组, 组建了许多跨国公司。例如, 日本伯乐-蒂森公司, 包含德国蒂森 (Thyssen)、比利时苏多凯 (Soudokay)、奥地利伯乐 (Böhler)、德国UTP等著名焊材企业; 液化空气集团由法国沙福 (SAF)、瑞士奥利康 (Oerlikon) 及意大利富乐 (FRO) 三家组成规模庞大的国际集团——ALW; 美国ITW集团也包含了几家著名焊材公司的品牌, 如合伯特 (Hobart)、麦凯 (Mckay)、三角 (Tri-Mark)。而且这些集团公司通过产品重组, 使集团中各子公司的优质名牌产品为整个集团公司所用, 充分发挥了产品优势, 提升了产品竞争力。

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, 经过近几年的资产重组及强强联合, 已形成了年产焊条10万吨以上的天津大桥、天津金桥及四川大西洋三个大型焊条生产企业集团。年产焊条1万吨以上的企业有15家。中国台湾天泰、美国林肯、日本神钢也先后在中国内地建立了焊材生产基地。2001年全国焊条产量已超过100万吨, 占世界焊条总产量1/4以上, 成为世界第一焊条生产大国, 历年电焊条产量见表1-1。各类焊条的构成比例大致为: 普通结构钢焊条约87%, 低氢型结构钢焊条约7.5%, 不锈钢焊条约1.4%。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, 基本能满足从一般机械到高压容器、舰艇、海洋平台等重要工程建设的需要。目前正式列入焊接材料统一产品样本的焊条品种已超过300种, 各种类型焊条的品种变化见表1-2。我国还以独创的“先涂后切”工艺成批生产了直径为 $\phi(1.0\sim 1.4)$ mm的特细焊条。

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10万吨焊条出口。船用焊条已取得了中国CCS、英国LR、美国ABS、挪威NV及日本NK等国际知名船级社的认可。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一个重要的、不可缺少的配套部门。

当然, 我国虽然是一个焊条生产大国, 但不是焊条生产强国。各焊条厂忙于降成本、拼价格, 产品开发投入少、普通焊条多, 致使专用焊条品种少, 质量一直未能有重大突破。—

些质量要求高的焊条还需依靠进口。加上高等院校大都退出普通焊材的研究领域，科研单位也减少了常规焊材开发的投入，使量大面广的焊材研究和生产水平与国外的差距进一步加大。近来，面对加入世界贸易组织（WTO）后的新形势，我国焊条行业中有影响的企业已经开始意识到形势的严峻，积极联合国内各方面力量，确立以实现技术创新、提高产品的技术含量为目标，加强企业技术中心建设，建立新型的技术创新运行机制，以促使企业长期稳定、健康发展。

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	
年份	1995		1996	1997		1998		1999		2000	2001
产量	60		60	72		82		88		90	100

表 1-2 各种类型焊条的品种变化

年 份	品 种										合计
	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	
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；为了使焊钳与焊芯保持良好接触，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，图（a）、（b）所示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（c）所示为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。

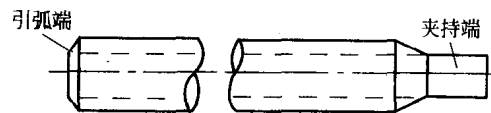


图 1-2 焊条的外形

普通焊条的断面形状，如图 1-4 所示，图（b）、（c）所示为特殊的断面形状，图（b）所示为一种双层药皮焊条，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。例如，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

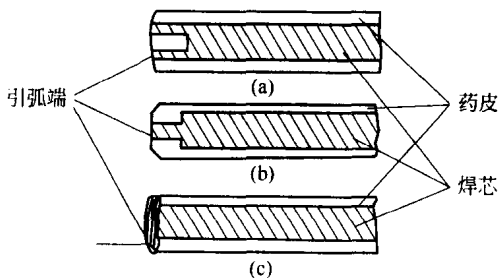


图 1-3 低氢焊条的引弧端加工

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%。图 1-4 (c) 所示的焊芯为一空心管，外面包覆药皮，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。

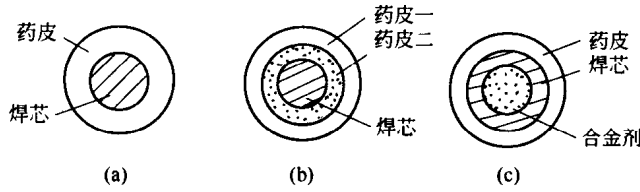


图 1-4 焊条的断面形状

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

$$\text{药皮质量系数 } K(\%) = \frac{\text{药皮质量}}{\text{带药皮的这部分焊芯质量}} \times 100\%$$

一般药皮质量系数为 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，药皮质量系数可在 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。

通常各种电焊条所用的焊芯见表 1-3。常用焊芯的化学成分（见表 1-4）。

表 1-3 各种电焊条所用的焊芯

电焊条种类	所用焊芯	电焊条种类	所用焊芯
低碳钢焊条	低碳钢焊芯(H08A 等)	堆焊用焊条	低碳钢或合金钢芯
低合金高强度焊条	低碳钢或低合金钢焊芯	铸铁焊条	低碳钢、铸铁、非铁合金焊芯
低合金耐热钢焊条	低碳钢或低合金钢焊芯	有色金属焊条	有色金属焊芯
不锈钢焊条	不锈钢或低碳钢焊芯		

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见表 1-5，每根焊芯的质量见表 1-6。

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			0.020	0.020
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 ^① 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 ^① 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		Nb10×C%≈ 1.0	0.020	0.030
H00Cr19Ni12Mo2	≤0.03	1.0~2.50	≤0.60	18.00~ 20.00	11.00~ 14.00	2.00~3.00		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		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

① Ti 为加入量。

注：本表摘自 GB/T 3429—1994、GB 4241—1984。

表 1-5 各种焊条的基本尺寸

/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、2.5		250~300	
3.2、4.0、5.0		350~450	
6.0(5.8)、8.0		500 650	

注：对于重力焊条，焊条长度可达 700 mm、900 mm；对于特细焊条，焊条直径可为 φ0.8、φ1.0、φ1.2、φ1.4 mm。

表 1-6 每根焊芯的质量

焊芯尺寸(直径×长度)/mm	质 量/g	焊芯尺寸(直径×长度)/mm	质 量/g
1.6×200	3.0	4.0×400	39.2
2.0×250	6.1	5.0×400	61.5
2.5×300	11.3	5.8×400	82.4
3.2×350	21.8		

(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、黏度、密度等，使焊条能进行全位置焊接或容易进行特殊的作业，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。有些材料对熔渣的黏度、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、海泡石、绢云母、藻朊酸盐及 CMC 等。

(7) 黏结剂 使药皮粉料在压涂过程中具有一定的黏性，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。主要的黏结剂有水玻璃（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。例如，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。

常用材料在焊条药皮中的作用见表 1-7。

表 1-7 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。

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