



焊条、焊剂 制造手册

工艺、检验与质量管理

何少卿 吴国权 编著

HANTIAO
HANJI
ZHIZAO
SHOUCE

GONGYI JIANYAN
YU
ZHILIANG GUANLI



化学工业出版社



焊条、焊剂 制造手册

工艺、检验与质量管理

何少卿 吴国权 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊条、焊剂制造手册——工艺、检验与质量管理/何少卿, 吴国权编著. —北京: 化学工业出版社, 2009. 10
ISBN 978-7-122-06197-3

I. 焊… II. ①何…②吴… III. ①焊条-技术手册
②焊剂-技术手册 IV. TG42-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 114843 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 周梦华

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 25 1/4 字数 682 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着工业的发展,特别是随着钢铁工业的发展,焊接材料无论从质量上,还是数量上都已在国民经济建设中占有一定的地位。我国已经成为世界第一焊接材料生产大国,2008年国内焊材的需求量大约为350万吨,其中焊条、烧结焊剂的需求量大约为200万吨,依然占主导地位。焊接材料广泛应用于机械制造、冶金、石油化工、锅炉、压力容器、船舶、航天、核工业、水电、火电、建筑、海上钻井平台、桥梁等国民经济各个领域。

虽然我国的焊条产量很大,品种多达近400种,但是无论从焊条制造装备、工艺技术,还是产品品质、产品结构等方面,与国外先进水平相比还有一定的差距。为了把我国建设成世界焊接材料生产强国,依然需要广大焊接材料工作者研究焊接冶金基础理论,焊条药皮用矿物材料、冶金材料,焊条制造工艺,焊条检验方法等新的知识。

随着埋弧焊的发展,我国焊剂行业发展很快,2008年国内的焊剂产量高达20万吨。特别是烧结焊剂发展更快,自20世纪80年代我国引进烧结焊剂技术以来,经过广大焊接工作者的努力,消化吸收了软件、硬件技术以及制造工艺。到目前为止,国内的烧结焊剂制造厂已有30余家,产品品种多达40余种,超过了熔炼焊剂;产品质量也达到了一定的水准,有的产品经过了国际上主要船级社的认可;有的产品应用到国家重点工程,如“西气东输”、“京沪高速铁路”等;有的产品出口到东南亚等国家,可谓达到了较高的水平。尽管如此,焊剂的制造和检验技术仍需大幅度的提高,以满足工业发展的需要。

面对焊接材料行业出现的变化和挑战,为了更好地服务于国民经济建设,发挥焊接材料在国民经济建设中的作用,进一步提高焊接材料设计、制造的技术水平,编者根据国内近年来焊条、焊剂行业的新发展、新变化,并结合编者多年的焊条、焊剂设计、制造与技术管理等诸方面的实践经验,从原材料的要求、作用入手,在书中比较详细地叙述了焊条、焊剂的制造和检验及质量等方面的问题。

本书翔实系统地阐述了焊条、焊剂制造过程中涉及的原材料性能及对焊条、焊剂性能的影响;原材料的品质要求、检验和化学分析方法;产品制造所需要的主要设备,特别是烧结焊剂设备;产品检验(试验)方法以及质量管理等内容。本书涉及的大量的冶金材料、矿物产品及其试验(分析)方法、质量管理等标准和规范,均为最新版本。附录中列出了“质量手册、程序文件及质量管理体系所需的管理文件”。

希望本书能对提高焊条、焊剂的品质和制造技术水平尽到微薄之力。

本书在编写过程中得到了中国钢研科技集团公司尹士科教授级高级工程师、全国焊接标准化技术委员会焊材分会顾问吴树雄高级工程师的鼎力支持和帮助。此外,马彩玲、于志辉、王德生等同仁在编写过程中给予了大力支持,提供了相关资料,协助并参加编写工作。在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 概 论

1.1 焊条、焊剂的发展史	1	1.3.2 焊条的分类	8
1.1.1 国外焊条发展历程	1	1.3.3 焊条的型号及牌号	10
1.1.2 国内焊条发展的概况	2	1.4 焊剂的分类	16
1.1.3 焊剂的国内外发展概况	3	1.4.1 按焊剂的用途分类	17
1.2 焊条、焊剂的作用和基本要求	5	1.4.2 按焊剂的制造方法分类	17
1.2.1 焊条的基本要求	5	1.4.3 按焊剂的化学组成分类	18
1.2.2 焊剂的基本要求	6	1.4.4 按焊剂的化学性质分类	18
1.2.3 电渣焊用焊剂的要求	6	1.4.5 按熔渣的碱度分类	19
1.3 焊条的组成与分类	7	1.4.6 焊剂的牌号和型号	20
1.3.1 焊条的组成	7	1.4.7 焊剂的组成及组分	27

第 2 章 焊条、焊剂用原辅材料

2.1 焊条制造用盘条、钢丝	29	能的影响	65
2.2 铁合金、纯金属类	32	2.4 人造材料和化工产品类	67
2.2.1 技术要求	32	2.5 有机物类	72
2.2.2 铁合金、纯金属类材料的 作用	38	2.6 材料的检验方法	73
2.3 焊条、焊剂制造用矿物类 材料	46	2.6.1 材料的取样方法	73
2.3.1 技术要求	46	2.6.2 化学分析方法	73
2.3.2 矿物类材料的物理、化学 性质	51	2.7 水玻璃	102
2.3.3 部分矿物材料对焊条焊接 工艺性能的影响	60	2.7.1 水玻璃物理化学性质	103
2.3.4 部分材料对焊剂焊接性 的影响	65	2.7.2 水玻璃生产原理、方法	108
		2.7.3 水玻璃对焊条、烧结焊剂 制造的影响	113
		2.7.4 水玻璃的检验	115
		2.7.5 水玻璃的储存和保管	119

第 3 章 焊条制造工艺

3.1 焊条生产工艺流程	120	要求	133
3.2 焊条盘条去锈	121	3.7.2 螺旋式焊条涂粉机	135
3.3 钢丝的拉拔	123	3.7.3 液压式焊条涂粉机	139
3.4 钢丝的校直切断	127	3.7.4 焊条涂粉机的辅助设备	140
3.5 水玻璃的制备	129	3.7.5 压涂焊条的质量要求及 影响因素	143
3.6 焊条涂料的配制	130	3.8 焊条的烘干和包装	145
3.7 焊条药皮的压涂成形	133		
3.7.1 焊条涂粉机对涂料性能的			

第 4 章 焊剂性能和制造工艺

4.1 焊剂性能	149	4.2.1 熔炼焊剂生产所需主要 设备	182
4.1.1 焊接熔渣	149	4.2.2 熔炼焊剂主要生产工 艺过程	184
4.1.2 焊剂的冶金性能	155	4.3 烧结焊剂生产工艺	189
4.1.3 焊剂的工艺性能	166	4.3.1 烧结焊剂生产所需主 要设备	189
4.1.4 典型焊剂性能分析	173	4.3.2 烧结焊剂生产工艺过 程	193
4.1.5 提高烧结焊剂韧性的 措施	178		
4.2 熔炼焊剂生产工艺	182		

第 5 章 焊条、焊剂的检验

5.1 制造过程检验	195	5.2 成品检验	198
5.1.1 焊条	195	5.2.1 焊条	198
5.1.2 焊剂	197	5.2.2 焊剂	244

第 6 章 焊条、焊剂的保管与选用

6.1 焊条的保管及选用	264	焊条选用	269
6.1.1 焊条的保管	264	6.1.4 焊条消耗量计算	273
6.1.2 焊条的选用要点	268	6.2 焊剂的使用及保管	279
6.1.3 常用钢材焊条电弧焊的		6.2.1 焊剂的运输与储存	279

6.2.2 焊剂的使用与烘干	279	选用	279
6.2.3 常用钢材埋弧焊的焊剂			

第 7 章 焊条、焊剂船级社认可程序及试验

7.1 焊条、焊剂认可形式及准备 ...	283	7.3 焊接材料的力学性能	290
7.1.1 焊条、焊剂产品的船级社认可项目	283	7.4 电弧焊焊条	292
7.1.2 工厂准备的资料	283	7.5 埋弧自动焊的焊丝-焊剂	296
7.1.3 认可试验一般规定	288	7.6 单面焊接双面成形的焊接材料	299
7.2 认可试验	288	7.7 不锈钢焊接材料	299
7.2.1 工厂认可（现场审核） ...	288	7.8 主要船级社简介	301
7.2.2 产品认可	290		

第 8 章 焊材行业质量管理体系

8.1 GB/T 19000—2000 (idt ISO 9000:2000)《质量管理体系 基础和术语》标准介绍	306	和文件审核的要点	321
8.1.1 八项质量管理原则	306	8.3 质量体系内部审核	325
8.1.2 质量管理体系基础知识 ...	310	8.3.1 内部审核的一般步骤	325
8.1.3 基本术语介绍	312	8.3.2 内部审核策划	326
8.2 质量管理体系文件编写和文件审核	318	8.3.3 内部审核实施	340
8.2.1 质量管理体系文件编写概述	318	8.3.4 内部审核报告	352
8.2.2 质量管理体系文件编写		8.4 质量手册、程序文件范本	355
		8.4.1 质量手册	355
		8.4.2 程序文件	355
		8.4.3 质量管理体系所需的管理文件	355

附录一 质量手册范本	356
附录二 程序文件范本	391
附录三 质量管理体系有效文件清单	404
参考文献	405

第 1 章

概论

1.1 焊条、焊剂的发展史

1.1.1 国外焊条发展历程

自 1900 年英国人 Strohmeyer 发明了薄皮涂料焊条以来, 经过 100 多年的发展, 世界绝大多数国家都已建立了研究和生产焊条的组织, 使焊条为工业的发展起到应有的作用。国外焊条发展历程见表 1-1。

表 1-1 国外焊条发展历程

年代	发明人/国别/公司	焊条发展大事记
1900	英国人 Strohmeyer	发明了薄皮涂料焊条
	伦敦的奎赛电弧焊公司 (Quasi-Arc Company)	开始生产焊条
1904	瑞典	获得一项关于焊条药皮方面的专利 建立了世界上第一个焊条厂——ESAB 公司的 OK 焊条厂
1907		获得一项关于焊条药皮方面的专利, 提出了焊条药皮不仅可起到稳弧作用, 还可起到其他作用, 从而使焊条电弧焊取得了一个重大的进步
1910		矿物型(石棉和氧化铁)厚药皮焊条
1912	奥斯卡尔·克杰尔贝格 (O. Kjellberg)	发明了药皮的混合物, 并提到在焊条药皮中用铁合金粉末作为渗合金的方法代替焊芯的合金化
1917	欧洲依·纳·乔内斯	发明了用机械压制焊条
1919	美国里也平·斯密斯	发明用纸缠在焊芯上的焊条, 熔渣很少, 焊缝金属韧性良好, 是纤维素型焊条的雏形, 也是气体保护型(有机物型)焊条的发展基础
1921~1923	英国专利中(专利号 192857)	首次提出用石灰石和氟石来作为焊条药皮, 也是最早的碱性低氢型焊条
1926	美国的 A. O. Smith 公司	发明了用电弧焊接用金属电极外使用挤压方式涂上起保护作用的药皮(即手工电弧焊焊条)的生产方法
1927	美国	开始大量用机械来压制生产焊条。在第二次世界大战前美国以生产 AWS E6020 焊条为主

续表

年代	发明人/国别/公司	焊条发展大事记
1941 年以前	日本	除碳钢焊条外,大部分焊条厂采用手工沾制生产焊条
1945		普遍采用机械压制焊条
1950		低碳钢焊条品种从单一的钛铁矿型焊条,开始向多样化方向发展,研制开发了高纤维素型焊条、氧化铁型焊条,并进一步完善改进了钛铁矿型焊条
1951		生产了低氢型焊条和高钛型焊条
1953		研制成氧化钛型平角焊焊条和钛钙型焊条
1964		研制成功了低尘、低毒型“无害”焊条
1970		开发了超低氢、高韧性和难吸潮的焊条,把焊条的质量提高到了一个新的水平
1959	美国	大量生产高效铁粉焊条,从而明显地提高了焊条电弧焊的生产效率。美国是一个多品种焊条生产国家,但主要是以使用钛型、高纤维素型和低氢型焊条为主。为了提高焊接效率,可在钛型和低氢型焊条中加入一定量的铁粉,如 E7018、E7024 等

1.1.2 国内焊条发展的概况

我国焊条制造业开始于 1950 年,采用手工沾制或采用半机械化压涂机生产焊条。1952 年上海焊条厂制造了螺旋压涂机,直至 1956 年,全国才开始大量用机械压涂焊条,并有了切丝机、送丝机等生产附属设备,生产品种开始以氧化物型为主。但在 1957 年以前,我国低碳钢焊条的质量和产量均不能满足国内焊接生产的需要,主要依靠进口来解决。

随着钢铁工业、机械工业的建立和发展,我国焊条工业也迅速发展起来。1958 年天津焊条厂由几个小厂合并而成,成为当时国内最大的焊条厂,上海有上海焊条厂、亚洲焊条厂、上海有色金属焊接材料厂和中国焊条厂(原名斌诚焊条厂,1969 年内迁至自贡改名为自贡中国焊条厂),除此之外,还有沈阳焊条厂、锦州焊条厂、丹东焊条厂、哈尔滨锅炉厂焊条车间(1965 年迁兰州改名为长虹焊条厂)、山西机床厂焊条车间等。1958 年新建的焊条厂有株洲、上海电力、哈尔滨、常州、保定八一等 10 多个焊条生产厂。但在 1966 年以前,我国焊条的生产基本集中在上海、天津两地,其产量约占总产量的 80%。目前除西藏外,全国各省、市有不同规模的焊条制造厂 600 多家,年产量超过 100 万吨,有力地促进了我国经济建设的发展。

从焊条品种和质量的发展来看,1958 年以前,焊条配方的技术水平很低,低碳钢焊条多半是钛铁矿型、锰型和氧化铁型,也有少量仿前苏联 УОНИ-13 碱性低氢型焊条。1957 年上海斌诚焊条厂用铁白粉作主要原料仿制瑞典 OK50P 焊条,1958 年天津焊条厂引进金红石后,试制以金红石为主的 OK50P 焊条,1959 年投入批量生产,我国的低碳钢焊条基本上立足于国内,在产量和质量方面已有很大的提高。

随之相继开发了低合金钢焊条、不锈钢焊条、耐热钢焊条、堆焊焊条、铸铁焊条和有色金属焊条,列入 1997 年《焊接材料产品样本》的焊条已达 11 大类 368 个品种。十几年来,特种焊条的品种增加很多,据不完全统计,目前的焊条品种超过 400 种。在产品质量上,不仅可以满足经济发展的需要,而且还能部分出口,远销 40 多个国家和地区。

许多焊条生产企业的焊条已取得了中国(CCS)、英国(LR)、美国(ABS)、挪威(DNV)、日本(NK)、法国(BV)、德国(GL)、韩国(KR)等国际上有权威船级社的认可。

我国焊接材料标准化工作的进展,促进了焊接材料的发展。我国焊接材料标准化工作是从焊条标准开始的,经历了三个发展阶段:第一阶段是采用前苏联的标准体系,1967年首次制定焊接材料国家标准,只有碳钢、低合金钢标准,1976年修订和制定了GB 980—76《焊条分类及型号编制方法》、GB 981—76《低碳钢和低合金高强钢焊条》、GB 982—76《钼和铬钼耐热钢焊条》、GB 983—76《不锈钢焊条》、GB 984—76《堆焊焊条》、GB 1225—76《焊条检验、包装和标记》标准;第二阶段是等效(非等效)采用国外先进标准,焊条采用了美国标准进行了制定和修订,1985年等效修订一次,1995年在等效的基础上进行了修订,历经了20余年;第三阶段是逐步向国际标准化组织靠近,个别焊条标准已经采用。焊条标准制定、修订历程见表1-2,形成了比较完整的焊接材料标准体系。

表 1-2 焊条标准制定、修订历程

标准名称	第一阶段			第二阶段		第三阶段
	1967年	1976年	1983年	1985年	1995年	
碳钢焊条	制定	修订	—	等效采用 AWS A5.1 标准修订	等效采用 AWS A5.1 标准修订	—
低碳钢和低合金高强钢焊条	制定	修订	—	作废		—
钼和铬钼耐热钢焊条	制定	修订	—	作废		—
不锈钢焊条	制定	修订	—	等效采用 AWS A5.4 修订	等效采用 AWS A5.4 修订	—
堆焊焊条	制定	修订	—	修订	2001年等效采用 AWS A5.13 修订	—
焊条检验、包装和标记	制定	修订	—	作废		—
低合金钢焊条	—	—	—	等效采用 AWS A5.5 修订	等效采用 AWS A5.5 修订	—
铸铁焊条及焊丝	—	—	—	1988年参照采用 AWS A5.15 制定		—
铜及铜合金焊条	—	—	制定	1995 修订		—
铝及铝合金焊条	—	—	制定	2001年非等效采用 AWS A5.3 修订		—
镍及镍合金焊条	—	—	—	1992年等效采用 AWS A5.11 制定		修改采用 ISO 14172 标准

目前现行的焊条标准如下:

GB/T 5117—1995《碳钢焊条》

GB/T 5118—1995《低合金钢焊条》

GB/T 983—1995《不锈钢焊条》

GB/T 10044—2004《铸铁焊条及焊丝》

GB/T 984—2001《堆焊焊条》

GB/T 3670—1995《铜及铜合金焊条》

GB/T 3669—2001《铝及铝合金焊条》

GB/T 13814—2008《镍及镍合金焊条》

1.1.3 焊剂的国内外发展概况

20世纪30年代初期发明了埋弧焊焊接方法,同时前苏联研制并开始使用熔炼焊剂,熔炼焊剂的使用为焊接行业开辟了新纪元,大大地提高了焊接效率。

焊剂是具有一定粒度的颗粒状物质,焊接时能够熔化形成熔渣和气体,是埋弧焊和电渣

焊不可缺少的焊接材料。在焊接过程中,焊剂的作用相当于焊条药皮,熔化形成熔渣,对焊接熔池起保护、冶金处理和改善焊接工艺性能的作用,焊剂与焊丝相组合,即为埋弧焊和电渣焊所需的焊接材料。

随着熔炼焊剂应用领域的不断扩大,采用少数的几种焊丝配合熔炼焊剂焊接受到了限制。几乎不能实现熔敷金属的合金化,特别是不断出现的新钢种以及对焊缝金属有特殊要求时,由于没有匹配的焊丝,使用熔炼焊剂很难保证焊缝的质量。

解决焊缝金属合金化问题,除使用合金焊丝外,其他途径是通过焊剂进行合金化。曾在熔炼焊剂中加入炉料渣和锰铁、硅铁、铬铁等铁合金,制成机械混合物。使用这种机械混合物的焊剂,焊接不稳定,原因是由于混合物的密度、颗粒尺寸和颗粒外形不同,在运输和焊剂使用过程中造成分离。焊缝金属成分波动较大,焊接质量达不到要求。此外,这种焊剂混合物不是熔炼出来的,易粘在一起,颗粒度不能满足要求,透气性不好,电弧不稳定,不具有实际的应用价值。

1938年前苏联 K. K. 赫连诺夫认为必须消除机械混合物颗粒成分的不均匀现象,从而提出了生产非熔炼焊剂,即陶瓷焊剂和烧结焊剂的雏形。

非熔炼焊剂是将各种粉料按配方规定的比例搅拌在一起,然后加入胶黏剂制成湿料,再把湿料制成具有一定尺寸的颗粒,经烘干后形成均匀的机械混合物。烘干温度在 400~500℃的焊剂称为黏结焊剂(也称陶瓷焊剂),烘干温度在 700~900℃的焊剂称为烧结焊剂。

我国焊剂的发展历程分为两个阶段,第一阶段是熔炼焊剂的发展历程;第二阶段是非熔炼焊剂的发展历程。

我国自从第一个五年计划期间从前苏联引进埋弧焊技术以来,熔炼焊剂的生产技术有了很大的发展。但是,在生产设备和生产工艺等方面,没有更大的进步。特别是在品种上,依然以 HJ431(前苏联的 AH-348A 牌号)为主,占熔炼焊剂的 80%以上,据不完全统计,列入 1997 年《焊接材料产品样本》的熔炼焊剂的品种有 22 种,目前的品种可达 30 几种,但仍不能满足现代化发展的需要。虽然自主开发了 HJ107、HJ152、HJ211、HJ331、HJ380 等低合金钢用焊剂,但用量不大,焊接工艺性能不太理想。目前,我国对熔炼焊剂的研究开发、生产、环境污染、能耗等诸多问题处于随意状态,致使我国的熔炼焊剂发展受到制约,落后于发达国家的现有水平。

非熔炼焊剂按生产的烘干温度分成陶瓷焊剂(黏结焊剂)和烧结焊剂两种。20 世纪 60~80 年代,非熔炼焊剂处于研究、试验和推广应用阶段,主要是研究所、大中专院校开始研究和试验非熔炼焊剂,取得了很多研究成果。

20 世纪 80 年代末期,锦州焊条厂从瑞士奥立康(Oerlikon)焊接工业有限公司引进了埋弧焊用烧结焊剂生产线,并引进了 SJ101(原牌号 OP122)氟碱型、SJ301(原牌号 OP143)硅钙型、SJ501(原牌号 OP185)铝钛型 3 种碱性、中性、酸性烧结焊剂。该项目的引进和近 20 年的消化吸收,在我国埋弧焊领域起到了相当大的推进作用,从而结束了我国不能生产烧结焊剂的历史。从此国内的烧结焊剂,无论是生产设备、工艺,还是配方设计方面,焊剂质量等都有了迅猛的发展。到目前为止,已经形成了 15 万~20 万吨/年的生产能力;列入 1997 年《焊接材料产品样本》的烧结焊剂的品种有 27 种,过去的十几年中,又开发了 10 几种,目前的品种多达 40 余种,已经超过了熔炼焊剂的种类。

焊剂产品标准化工作从 1985 年开始,1985 年参照采用 AWS A5.17—80《碳素钢埋弧焊用焊丝及焊剂规程》标准,制定了 GB/T 5293—1985《碳素钢埋弧焊用焊剂》,1999 年等效 AWS A5.17—89《碳钢埋弧焊用焊丝及焊剂规程》,修订了 GB/T 5293—1999《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》标准;1990 年参照采用 AWS A5.23—80《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊

剂规程》标准，制定了 GB/T 12470—1990《低合金钢埋弧焊用焊剂》，2003 年修订了 GB/T 12470—2003《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》标准；1999 年参照日本 JIS Z3324—1988《不锈钢埋弧焊实心焊丝及焊剂》标准，制定了 GB/T 17854—1999《埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂》标准。

1.2 焊条、焊剂的作用和基本要求

焊接材料是焊接时所消耗材料（包括焊条、焊丝、焊剂、气体、电极、钎料、衬垫等）的通称。

焊条是在焊芯表面涂上适当厚度药皮的电弧焊用的熔化电极。由焊芯及药皮两部分组成，其作用简述如下。

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；另一种是利用合金或合金钢芯，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。利用纯镍焊丝，也可以制成各种镍合金焊条。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 N、H、O、As、Sn、Sb、Pb 等元素。

把涂料压涂到焊芯上称为焊条药皮，它便于焊接操作，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，使熔滴金属容易向熔池过渡。
- ② 在电弧的周围造成一种还原性或中性的气氛，以防止空气中的水分、氧和氮等有害气体进入熔池。
- 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，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、铁合金或纯金属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，可分成稳弧剂、造渣剂、脱氧剂、造气剂、合金剂、增塑润滑剂和胶黏剂等。

1.2.1 焊条的基本要求

- ① 焊缝金属应具有良好的力学性能或其他物理性能。如结构钢、不锈钢、耐热钢等焊

条,均要求焊缝金属具有规定的抗拉强度等力学性能或耐蚀、耐热等物理性能。

② 焊条的熔敷金属应具有规定的化学成分,以保证其使用性能的要求。

③ 焊条应具有良好的工艺性能。如电弧稳定、飞溅小、脱渣性好、焊缝成形好、生产效率高、低尘低毒等特性。

④ 要求焊条具有良好的抗气孔、抗裂纹能力。

⑤ 焊条应具有良好的外观(表皮)质量。药皮应均匀、光滑地包覆在焊芯周围。偏心度应满足标准的规定。药皮无开裂、脱落、气泡等缺陷,磨头、磨尾圆整,尺寸符合要求,焊芯应无锈迹,药皮与焊芯应具有一定的结合强度及一定的耐潮性。

⑥ 为保护环境、保障焊工安全健康,焊条的发尘量和有毒气体应符合有关标准的规定。

1.2.2 焊剂的基本要求

焊剂是焊接时,能够熔化形成熔渣和气体,对熔化金属起保护和冶金处理作用的一种颗粒状物质,具有类似焊条药皮作用的焊接消耗材料。主要是由矿物类材料和少部分的脱氧剂、合金剂组成。

① 焊剂应具有良好的冶金性能 焊剂配以适宜的焊丝,选用合理的焊接参数,使焊缝金属具有适宜的化学成分和良好的力学性能,以满足产品的设计要求,同时,焊剂还应有较强的抗气孔和抗裂纹能力。

② 焊剂应具有良好的焊接工艺性能 在规定的参数下进行焊接,焊接过程中应保证电弧燃烧稳定,熔合良好,过渡平滑,焊缝成形好,脱渣容易。

③ 焊剂应具有较低的含水量和良好的抗潮性 出厂焊剂中含水质量分数不得大于0.20%。焊剂在温度250℃、相对湿度70%的环境条件下,放置24h,吸潮率不应大于0.15%。

④ 控制焊剂中机械夹杂物 焊剂中碳粒、铁屑、原料颗粒及其他夹杂物的质量分数不应大于0.30%,其中碳粒与铁合金凝珠的质量分数不应大于0.20%。

⑤ 焊剂应有较低的硫、磷含量 焊剂中硫、磷的质量分数一般为: $S \leq 0.06\%$, $P \leq 0.08\%$ 。

⑥ 焊剂应有一定的颗粒度 焊剂的粒度一般分为两种,一种是普通粒度,为2.5~0.45mm(8~40目);另一种是细粒度,为1.18~0.28mm(14~60目)。小于规定粒度的细粉一般不大于5%,大于规定粒度的粗粉一般不大于2%。

1.2.3 电渣焊用焊剂的要求

为了使电渣焊过程能够稳定进行并得到良好的焊接接头,电渣焊用焊剂除具有焊剂的一般要求外,还应具有如下特殊要求:

① 熔渣的电导率应在合适的范围内。熔渣的电导率应适宜,若电导率过低,会使焊接无法进行;若电导率过高,在焊丝和熔渣之间可能引燃电弧,破坏电渣过程。

② 熔渣的黏度应适宜。熔渣的黏度过小,流动性过大,会使熔渣和金属流失,使焊接过程中断;黏度过大,会形成咬边和夹渣等缺陷。

③ 控制焊剂的蒸发温度。不同用途的焊剂,其组成不同,沸点也不同。熔渣开始蒸发的温度决定于熔渣中最易蒸发的成分。氟化物的沸点低,可降低熔渣开始蒸发的温度,使产

生电弧的可能性增大,从而降低电渣过程的稳定性,并形成飞溅。

另外,焊剂还应具有良好的脱渣性、抗热裂性和抗气孔能力。

焊剂中的 SiO_2 含量增多时,电导率降低,黏度增大; TiO_2 增多时,电导率增大,黏度降低。

1.3 焊条的组成与分类

1.3.1 焊条的组成

焊条由焊芯和药皮两部分组成。焊条的外形如图 1-1 所示,焊条的断面形状如图 1-2 (a) 所示,图 1-2 (b)、(c) 为特殊的断面形状。图 1-2 (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,两层药皮由不同的成分组成。图 1-2 (c) 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,这种形式主要用于含有较多合金粉的耐磨堆焊焊条上。

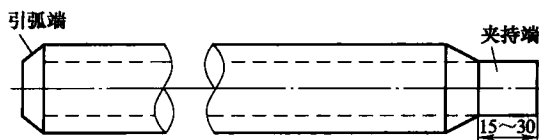


图 1-1 焊条的外观

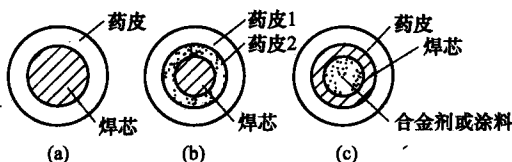


图 1-2 焊条的断面形状

(1) 焊芯

焊芯是指焊条中被药皮包覆的金属芯。通常根据被焊金属材料的不同,选用相应的焊丝作为焊芯。

焊条电弧焊时,焊芯的作用:一是传导焊接电流产生电弧;二是焊芯熔化形成焊缝中的填充金属。焊芯作为填充金属约占整个焊缝金属的 50%~70%,所以焊芯的化学成分将会直接影响焊缝金属的成分和性能。因此用于焊芯的钢丝都是经特殊冶炼的,且单独规定了它的牌号和成分,这种焊接钢丝称为焊丝。国家标准规定的焊接用钢丝有 44 种之多。常用的低碳钢及一般低合金高强度钢焊条基本上以 H08A 钢作焊芯,对 S、P 控制要求严格时,采用 H08E 钢作焊芯。一些低合金高强度钢焊条,为了从焊芯过渡合金元素以提高焊缝金属质量而采用各种特定成分的焊芯。

通常所说的焊条直径和长度就是指焊芯的直径和长度。焊条直径有多种规格,生产中应用最多的是 $\phi 3.2\text{mm}$ 、 $\phi 4.0\text{mm}$ 、 $\phi 5.0\text{mm}$ 三种规格。

(2) 药皮

药皮是焊条的重要组成部分,也是决定焊条和焊接质量的重要因素。一般说来,焊条药皮是由矿石、铁合金或纯金属、化工物料和有机粉末混合均匀后黏结在焊芯上。

① 药皮的作用 焊条的药皮在焊接过程中起着极为重要的作用,主要是:

a. 保护作用 在焊接过程中,某些物质(如有机物、碳酸盐等)受热分解出气体(如 CO_2 等)或形成熔渣起到气保护或渣保护作用,使熔滴和熔池金属免受有害气体(如大气中的 O_2 、风等)的影响。

b. 冶金处理作用 同焊芯配合,通过冶金反应脱氧,去氢,去除硫、磷等有害杂质或

添加有益的合金元素，以得到所需的化学成分，改善组织，提高性能。

c. 改善焊接工艺性能 通过焊条药皮不同物质的合理组配（即药皮配方设计），有助于提高焊条的操作工艺性能，促使电弧燃烧稳定，减少飞溅，改善脱渣、焊缝成形和提高熔敷效率等。

② 药皮的组成 焊条药皮的组成成分相当复杂，一种焊条药皮配方中，组成物通常有十几种之多，主要分为矿物类、铁合金及金属粉、有机物和化工产品四类。根据药皮组成物在焊接过程中所起的作用可将其分为如下7类：

a. 造气剂 主要作用是形成保护气氛，以隔绝空气。常用的造气剂有淀粉、木粉等有机物和方解石（大理石）、白云石、菱镁矿等碳酸盐类矿物质。

b. 造渣剂 主要作用是在熔化后形成具有一定物理、化学性能的熔渣，覆盖在熔池和焊缝表面，起机械保护和冶金处理作用。常用造渣剂有方解石（大理石）、萤石、还原钛铁矿、钛铁矿、金红石、赤铁矿等。

c. 脱氧剂 主要作用是使焊缝金属脱氧，以提高焊缝的力学性能。常用的脱氧剂有锰铁、硅铁、钛铁、铝粉、铝镁合金等。

d. 合金剂 其作用是向焊缝添加有益的合金元素，以提高焊缝的力学性能或使焊缝获得某些特殊性能（如耐蚀、耐磨等）。根据需要可选用各种铁合金，如锰铁、硅铁、钼铁等或粉末状纯金属，如金属锰、金属铬、镍粉、钨粉、钼粉等。

e. 稳弧剂 主要起稳定电弧的作用。一般多采用易电离的物质，如碱金属及碱土金属的化合物，如碳酸钾、碳酸钠、钛酸钾等。

f. 胶黏剂 用以将各种粉剂黏附在焊芯周围。常用的是水玻璃。

g. 增塑剂 用以改善涂料的塑性和滑性，使焊条压涂机在压涂焊条药皮时，有利于挤压和成形，故又称为成形剂。常用的增塑剂有白泥、云母、糊精、铁白粉、钛酸钾等。

1.3.2 焊条的分类

(1) 按熔渣酸碱性分类

可将焊条分为酸性焊条和碱性焊条两大类。熔渣以酸性氧化物为主的焊条称为酸性焊条。熔渣以碱性氧化物和氟化钙为主的焊条称为碱性焊条。在碳钢焊条和低合金钢焊条中，低氢型焊条（包括低氢钠型、低氢钾型和铁粉低氢型）是碱性焊条；其他涂料类型的焊条均属酸性焊条。

碱性焊条与强度级别相同的酸性焊条相比，其熔敷金属的塑性和韧性高、扩散氢含量低、抗裂性能强。因此，当产品设计或焊接工艺规程规定用碱性焊条时，不能用酸性焊条代替。酸性焊条和碱性焊条的特性对比见表1-3。

表 1-3 酸性焊条和碱性焊条的特性对比

酸性焊条	碱性焊条
药皮组分氧化性强	药皮组分还原性强
对水、锈产生气孔的敏感性不大，焊条使用前经 150~200℃ 烘干 1h	对水、锈产生气孔的敏感性大，要求焊条使用前经 300~400℃ 烘焙 1~2h
电弧稳定，可用交流或直流施焊	由于药皮中含有氟化物，恶化电弧稳定性，须用直流施焊，只有当药皮中加稳弧剂后，方可交直流两用
焊接电流较大	焊接电流较小，比同规格酸性焊条小 10% 左右

续表

酸性焊条	碱性焊条
可长弧操作	须短弧操作,否则易引起气孔及增加飞溅
合金元素过渡效果差	合金元素过渡效果好
焊缝成形较好,除氧化铁型外,熔深较浅	焊缝成形尚好,容易堆高,堆焊较深
熔渣结构呈玻璃状	熔渣结构呈岩石结晶状
脱渣较方便	坡口内第一层脱渣较困难,以后各层脱渣较容易
焊缝的常、低温冲击韧度一般	焊缝的常、低温冲击韧度较高
除氧化铁型外,抗裂性能较差	抗裂性能好
焊缝中含氧量高,易产生白点,影响塑性	焊缝中扩散氢含量低
焊接时烟尘少	焊接时烟尘多,且烟尘中含有害物质较多

(2) 按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,焊条药皮类型分类见表 1-4。

表 1-4 焊条按药皮类型分类

药皮类型		药皮的主要成分	电 流 种 类
1	钛型	氧化钛 $\geq 35\%$	直流或交流
2	钛钙型	氧化钛 $\geq 30\%$,碳酸钙、碳酸镁 20%以下	直流或交流
3	钛铁矿型	钛铁矿 $\geq 30\%$	直流或交流
4	氧化铁型	大量氧化铁及较多的锰铁脱氧剂	直流或交流
5	纤维素型	有机物 15%以上,氧化钛 30%左右	直流或交流
6	低氢钾型	萤石、碳酸钙、脱氧剂、合金剂	交流或直流
7	低氢型钠	萤石、碳酸钙、脱氧剂、合金剂	直流反接
8	石墨型	大量石墨	直流或交流
9	盐基型	氯化物和氟化物	直流
0	特殊型		直流或交流

(3) 按焊条的用途分类

根据焊条的用途进行分类,具有一定的实用性,通常可分为十大类,见表 1-5。

表 1-5 焊条按用途分类

序 号	焊 条 类 别	牌号代号	
		拼音	汉字
1	结构钢焊条	J	结
2	钎及铬钼耐热钢焊条	R	热
3	铬不锈钢焊条	G	铬
	铬镍不锈钢焊条	A	奥
4	堆焊焊条	D	堆
5	低温钢焊条	W	温
6	铸铁焊条	Z	铸
7	镍及镍合金焊条	N	镍
8	铜及铜合金焊条	T	铜
9	铝及铝合金焊条	L	铝
10	特殊用途焊条	TS	特

(4) 按焊条的性能特征分类

按焊条的性能特征可将焊条分为低尘低毒焊条、铁粉高效焊条、超低氢焊条、立向下焊条、底层焊条、耐吸潮焊条、水下焊条、重力焊条及躺焊焊条等。

1.3.3 焊条的型号及牌号

对于一种焊条，通常可以用型号及牌号来反映其主要性能特点及类别。焊条型号是以焊条国家标准为依据，反映焊条主要特性的一种表示方法，如 E5015。

(1) 焊条的型号

① 碳钢及低合金钢焊条型号 根据 GB/T 5117—1995《碳钢焊条》和 GB/T 5118—1995《低合金钢焊条》的规定，焊条型号的主体结构由字母“E”和四位数字组成。

碳钢焊条型号结构和含义如下：

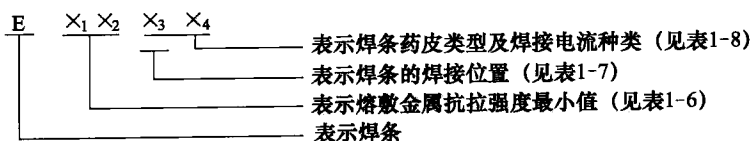


表 1-6 焊条熔敷金属抗拉强度 (X₁X₂)

焊条类别	X ₁ X ₂	熔敷金属抗拉强度 R _m /MPa
碳钢焊条 (GB/T 5117—1995)	43	420
	50	490
低合金钢焊条 (GB/T 5118—1995)	50	490
	55	540
	60	590
	70	690
	75	740
	80	780
	85	830
	90	880
	10	980

① 熔敷金属抗拉强度大于 980MPa 时，X₁X₂ 应标记为 E100X。

焊条型号在第 4 位数字之后若有附加符号“R”，表示耐吸潮焊条；附加符号“M”，表示耐吸潮和力学性能有特殊规定的焊条；附加符号“-1”，表示对冲击性能有特殊规定的焊条。

低合金钢焊条第 4 位数字后的后缀字母（如 A₁、B₁、C₁、A₂、B₂、…）为熔敷金属化学成分分类代号并以短画“-”与前面数字分开，如还有其他附加化学成分，则可直接用化学元素符号表示，并以短画“-”与前面后缀字母分开。

低合金钢焊条型号结构和含义如下：

