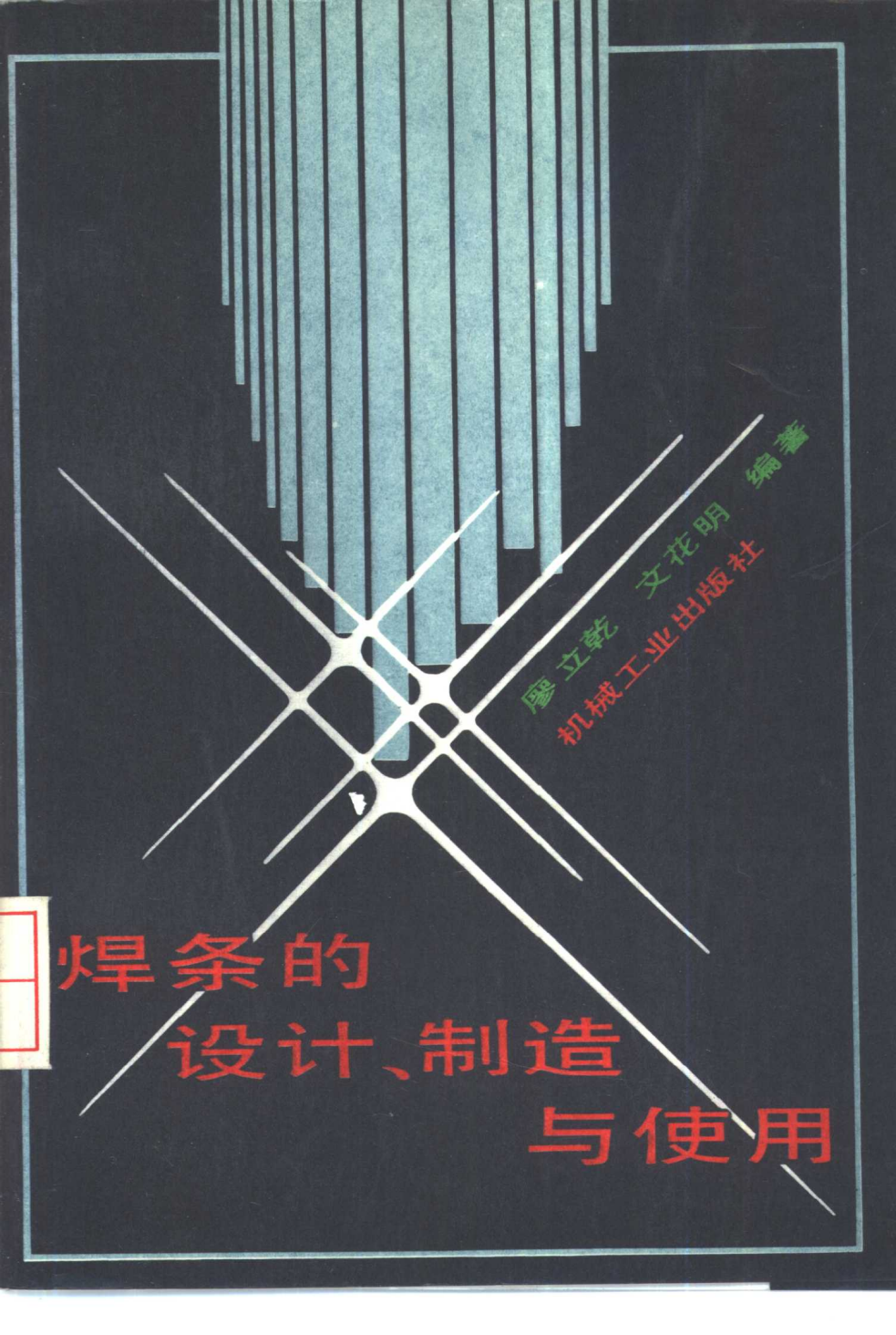




廖立乾 文花明 编著
机械工业出版社

焊条的
设计、制造
与使用

焊条的设计、制造与使用

廖立乾 编著
文花明



机械工业出版社

本书是一部系统介绍焊条设计制造的专业书。书中扼要论述了焊条设计与手工电弧焊的基础理论；列举了各类焊条的配方设计原理、成分范围以及调试方法；重点介绍了当前焊条制造工艺、设备结构特点和工作原理；对焊条制造过程中所产生的缺陷亦作了详尽的分析，并提出改进和解决的办法；对于焊条的技术检测，试验方法和焊条的保管、选用等方面均作了简略的论述。

本书可供从事焊条制造的专业人员、焊接工程技术人员、大中专院校焊接专业师生使用。

焊条的设计、制造与使用

廖立乾 编著
文花明

※

责任编辑：武江

封面设计：姚毅

※

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京龙华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

※

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $15\frac{7}{8}$ · 字数 352 千字

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数 0,001—3,200 · 定价：5.85 元

※

ISBN 7-111-00776-X/TG·183

前 言

随着我国电焊条制造业的发展为满足电焊条制造厂和技术学校专业培训的需要，早在70年代我们就依据焊接基础理论，并结合国内外制造电焊条状况和自己多年从事电焊条制造工作的实践经验，编写了《电焊条制造》试用讲义，通过多年来的教学试用，反映颇好。后来，同行业同志和行业会议急需专业培训教材，我们通过行业调查，得到了有关焊条厂的热情支持和宝贵的经验资料，历时五年，编著成《焊条的设计、制造与使用》一书。

全书基本上反映了国内外电焊条生产的概貌，内容全面系统，对生产具有指导作用，可供从事电焊条制造的专业人员和广大焊接工作者使用，也可供学校教学参考。

本书的第一、四章由文花明同志执笔，第二章由廖立乾同志执笔，第三章由两人合写，全书承白志跃同志审定。

本书在编写过程中，得到了中国电焊条公司、哈尔滨焊接研究所和株洲市电焊条厂及有关焊条厂同志的大力支持，并提供了宝贵的技术资料，特别是沈国良、吴树雄、郑汉强、顾建清、虞廷尧、张鼎勋、陈斌臣、邬国威、尹士科等同志给予了多方面的帮助，在此深表谢意。

电焊条制造是一项综合性的技术，它涉及到物理、化学、冶金、机械、电气等多方面的知识，由于我们水平有限，错误之处难免，恳请同志们批评指正。

作 者

1987年6月

目 录

概述.....	1
第一章 电焊条设计.....	3
第一节 电焊条设计原则、依据、方法.....	4
第二节 电焊条设计步骤.....	5
第三节 钛钙型药皮及典型配方 E 4303 设计.....	42
第四节 低氢型药皮及典型配方 E 5015、 E 5016 的设计.....	59
第五节 不锈钢焊条的配方设计.....	72
第六节 耐热钢焊条的配方设计.....	79
第七节 铸铁焊条的配方设计.....	81
第八节 堆焊焊条的配方设计.....	93
第九节 铁粉焊条的配方设计.....	96
第十节 高纤维素型药皮的应用.....	101
第十一节 盐基型药皮的应用.....	101
第十二节 低氢型圆管立向下焊条设计.....	102
第十三节 水下焊条设计.....	105
第十四节 低温钢焊条设计.....	107
第十五节 超低氢及耐吸潮焊条的简况.....	108
第二章 电焊条制造工艺.....	114
第一节 电焊条制造工艺流程.....	114
第二节 焊条盘条去锈.....	116
第三节 钢丝的拉拔.....	142
第四节 钢丝的校直切断.....	171
第五节 原材料的破碎和筛分.....	183

第六节 水玻璃的制备.....	198
第七节 焊条涂料的配制.....	208
第八节 焊条药皮的压涂成型.....	226
第九节 焊条的烘干和包装.....	261
第三章 焊条生产中的技术检验.....	277
第一节 焊条原材料的检验.....	277
第二节 焊条生产过程中的技术检验.....	279
第三节 焊条的成品检验与试验.....	289
第四章 电焊条的保管与选用.....	386
第一节 电焊条的保管.....	386
第二节 电焊条的使用注意事项.....	389
第三节 电焊条的选用.....	391
第四节 电焊条选用参考对照.....	395
附照片.....	490
参考文献.....	499

概 述

焊接技术是在19世纪末、20世纪初发展起来的。1882年奥古斯特·德·迈李腾开始利用不熔化的碳精电极，1888年俄国人恩·格·斯拉维扬罗夫发明金属极电弧焊，1904年瑞典人奥斯卡尔·克杰尔贝格创建了世界上第一个电焊条厂。同期，欧美各国对电焊条药皮进行了大量的研究工作。1910年瑞典发明了矿物型厚药皮焊条，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、萤石等制造电焊条药皮。起初，电焊条是用手工蘸制。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电焊条。随着机械工业的不断发展，尤其是第二次世界大战以来，焊条生产获得了大发展，出现了许多新型药皮电焊条。

我国电焊条制造业真正建立是在解放以后，开始也是手工蘸制。1952年上海电焊条厂将原来应用于橡胶制品和陶瓷耐火材料制品上的螺旋挤压机引入焊条药皮涂压，开创了我国焊条机械化大生产的新局面，随后又引进了国外油压涂料机进行生产。至今，电焊条行业已拥有以光电管控制和电子秤计量的半自动和全自动的配粉生产线，高速拉丝机、切丝机和拉、切联动装置及高吨位的油压机、自动烘干炉等，大大地提高了焊条生产机械化和自动化的程度。在检测、试验等方面也逐渐向国际先进水平迈进，为确保产品质量和发展新产品奠定了良好的基础。

解放初期，我国曾发展过氧化矿物型焊条用来焊接低碳钢。相继又发展了钛型、钛铁矿型、钛钙型、氧化铁型、低氢型、纤维素型、石墨型、盐基型等药皮类型。当前，我国生产的低碳钢焊条以钛钙型为主，高强度结构钢焊条大多数采用低氢型药皮，二者约占焊条总产量的90%左右，而焊条与钢产量之比约为0.6%左右。在产品质量上，有不少品种已达到了国际先进水平。

目前，除西藏外，全国各省、市均有电焊条制造厂。焊条产品除能满足国内建设需要外，并有部分焊条出口。特别是在1979年以来，先后有20多个厂家的部分电焊条产品分别获得一个或几个国家（如英国、美国、法国、日本、联邦德国、挪威等）船级社的鉴定认可，这标志着我国电焊条制造水平又有了新的发展。

现在，我国电焊条的研制正围绕着以下几个方面发展：一是以提高生产效率为前提的铁粉焊条、重力焊条、立向下焊条、底层焊条等。二是以提高产品质量为中心的低尘、低毒、少害、超低氢、耐吸潮、高韧性焊条。三是配合新钢种的发展而匹配新型焊条。

第一章 电焊条设计

两块材料（同种或异种）通过加热或加压，或者两者并用，达到结合，造成永久性联接的工艺过程称作焊接。

手工电弧焊是熔焊工艺方法中的一种。手工电弧焊离不开电焊条。

电焊条系指在一定长度的金属丝外表，均匀地涂敷一定厚度的具有特殊作用（如稳弧、渣气保护、掺合金、脱氧、去硫、去磷等）涂料的焊接材料，简称为“焊条”。如图 1-1 所示。

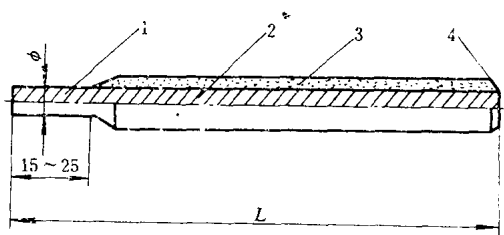


图 1-1 电焊条示意图

1—夹持端 2—焊芯 3—药皮 4—引弧端

图中夹持端（习惯上称作焊条尾部）裸露出焊芯，是便于焊钳夹持焊条，并用来作电极和导电的。焊芯是作为填充金属的主要部分。我们通常所说的焊条规格，实际上是指焊芯直径而言，如 $\phi 2$ ， $\phi 2.5$ ， $\phi 3.2$ ， $\phi 4$ ， $\phi 5$ 等，单位是mm。药皮是由具有不同物理和化学性质的细颗粒物质所

组成的紧密的混合物。引弧端（习惯上称作焊条头部），这一端头的药皮一般都磨有45°倒角，稍露焊芯，有的还涂上引弧剂，目的是为了便于引燃电弧。 L 系指焊条的长度。如200、250、300、350、400、450、500、650等，单位是mm。

设计电焊条，首先应掌握有关的焊接基础理论知识。而这些基础理论知识，在有关焊接专业教科书或专著中均已作了系统的讲述，故本书不多加重复。

电焊条在手工电弧焊焊接过程中，其物理、化学冶金及应是极其错综复杂的。但是，这些反应也有它的特性和规律。根据这些特性和规律，结合试验实践，来谈谈如何进行电焊条设计。

电焊条设计包括两个部分，即焊芯的设计和焊条药皮配方的设计。前者一般由冶金部门进行，故本书不作专题论述。后者则是本章将要全面介绍和讨论的。

设计电焊条，除了要求全面地掌握有关焊接基础理论知识外，还必须继承和掌握传统的、现行的典型药皮类型的特性、化学成分的组成、所选用各种原材料的技术指标要求；此外还要掌握好设计原则、设计依据、设计方法、设计步骤；并勇于验证实践等，才有所创新。现分述于下：

第一节 电焊条设计原则、依据、方法

一、设计原则

技术上必须可靠，制造上必须可能，经济效益好，卫生指标先进。

二、设计依据

1. 依据被焊母材的化学成分、机械性能或其他特殊要求（如高温、低温；高压、低压；耐磨耐腐蚀等等）。

2. 依据被焊工件的工作条件要求。

3. 依据施焊现场设备（如交、直流弧焊机）和施工条件（如室内、室外、高空、水下等）要求。

4. 依据电焊条制造工艺（如手工蘸制，机械涂压）和设备（如螺旋机、油压机）要求。

三、设计方法

电焊条的品种繁多，即使同一牌号的电焊条，由于规格不同，其药皮的配比组分仍然有所区别。为便于配方调试起见，在设计上宜选择 $\phi 4$ 作为突破口。这是因为其它规格的焊条，可以在以 $\phi 4$ 的配方基础上进行调整试验，有利于提高工作效能。

当前，电焊条的设计，一方面在于继承传统的优秀配方加以创新外，另一方面还采用了化学成分配比计算方法。此外还有优选法、正交设计法等等。详见有关专著，本书从略。

第二节 电焊条设计步骤

一、焊芯的选定

焊芯的选定取决于焊条设计技术要求，包括理化性能和合金元素的过渡量等。当前，我国焊接材料已发展到200余种，其中大多数品种系选用H08A焊芯，并借助焊条药皮过渡合金元素，以获得各种不同用途的焊条。但是，如不锈钢焊条、镍基铸铁焊条，有色焊条等，则是采用专用的特殊焊芯。有关制造电焊条用焊芯详见表1-1。

二、药皮类型选定

电焊条药皮配方的选定，除了探索新渣系、新粘结剂和创新产品外，一般都沿用下列几种类型的药皮而进行调整试

表 1-1 制造电焊

制造手工电弧焊焊芯用优质低碳钢

类 别	牌 号	化 学			
		C	Si	Mn	P
碳素钢	H08A	<0.10	<0.030	$0.30 \sim 0.55$	<0.030
	H08E	<0.10	<0.030	$0.30 \sim 0.55$	0.020

钢的熔炼化学成分

类 别	牌 号	化 学			
		C	Si	Mn	P
奥氏体	H0Cr21Ni10	<0.06	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H00Cr21Ni10	<0.03	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H1Cr24Ni13	<0.12	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H1Cr24Ni13Mo2	<0.12	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H1Cr26Ni21	<0.15	$0.2 \sim 0.59$	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H0Cr26Ni21	<0.08	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H0Cr19Ni12Mo2	<0.08	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H00Cr19Ni12Mo2	<0.03	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H00Cr19Ni12Mo2Cu2	<0.03	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H0Cr20Ni14Mo3	<0.06	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H0Cr20Ni10Ti	<0.06	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H0Cr20Ni10Nb	<0.08	<0.60	$1.00 \sim 2.50$	<0.030
	H1Cr21Ni10Mn6	<0.10	$0.20 \sim 0.60$	$5.00 \sim 7.00$	<0.030
铁素体型	H0Cr11	<0.06	$0.30 \sim 0.70$	$0.30 \sim 0.70$	<0.030
	H1Cr17	<0.10	<0.50	<0.60	<0.030
马氏体型	H1Cr13	<0.12	<0.50	<0.60	<0.030
	H1Cr5Mo	<0.12	$0.15 \sim 0.35$	$0.10 \sim 0.70$	<0.030

条用焊芯

热轧圆盘条GB3429—82

成 分, %

S	Ni	Cr	—	Cu
≤0.030	≤0.30	≤0.20	—	≤0.20
≤0.020	≤0.30	≤0.20	—	≤0.20

GB4241—84

成 分				
S	Ni	Cr	Mo	其 他
≤0.020	9.00~11.00	19.50~22.00	—	—
≤0.020	9.00~11.00	19.50~22.00	—	—
≤0.020	12.00~14.00	23.00~25.00	—	—
≤0.020	12.00~14.00	23.00~25.00	2.00~3.00	—
≤0.020	20.00~22.50	25.00~28.00	—	—
≤0.020	20.00~22.50	25.00~28.00	—	—
≤0.020	11.00~14.00	18.00~20.00	2.00~3.00	—
≤0.020	11.00~14.00	18.00~20.00	2.00~3.00	—
≤0.020	11.00~14.00	18.00~20.00	2.00~3.00	Cu 1.00~2.50
≤0.020	13.00~15.00	18.50~20.50	3.00~4.00	—
≤0.020	9.00~10.50	18.50~20.50	—	9 × C ₉₀ ~ 1.00 Ti
≤0.020	9.00~11.00	19.00~21.50	—	10 × C ₉₀ ~ 1.00 Nb
0.020	9.00~11.00	20.00~22.00	—	—
≤0.030	≤0.60	13.00~15.00	—	—
≤0.030	—	15.50~17.00	—	—
≤0.030	—	11.50~13.50	—	—
≤0.030	≤0.30	4.00~6.00	0.40~0.60	—

验。

1. 典型药皮的组成及特性

(1) 钛型

1) 药皮组成物用量范围 (%) [1]

硅酸盐	20 ~ 35
碳酸盐	4 ~ 12
二氧化钛	45 ~ 60
铁合金	10 ~ 12
有机物	0 ~ 9

2) 药皮成分范围 (%) [1]

SiO_2	15 ~ 31
TiO_2	24 ~ 48
MnO	5 ~ 7
FeO	4 ~ 22
MgO	≈ 5
Al_2O_3	4 ~ 6
CaO	< 10
挥发成分	< 12

3) 焊接熔渣凝固温度范围 (°C) 1320 ~ 1420

4) 举例

高钛钠型 (E 4312)。药皮中含氧化钛约30%左右, 还含有少量的纤维素、锰铁、硅酸盐及钠水玻璃等, 电弧稳定, 再引弧容易, 熔深较浅, 渣覆盖良好, 脱渣容易, 焊波整齐, 适用于全位置焊接, 焊接电流为交流或直流正接, 但熔敷金属塑性及抗裂性能较差, 这类焊条主要焊接一般的低碳钢结构, 薄板结构, 也可用于盖面焊。

高钛钾型 (E 4313)。药皮在与 E 4312型焊条相似的基

础上采用钾水玻璃作粘结剂，电弧比 E 4312 稳定，工艺性能，焊缝成型比 E 4312 好。这类焊条适用于全位置焊接，焊接电流为交流或直流正、反接，主要焊接一般的低碳钢结构，薄板结构，也可用于盖面焊。

铁粉钛型（E 5014，E 4324，E 5024）。药皮均在与 E 4313 型焊条药皮相似的基础上添加了铁粉，熔敷效率较高。其中 E 5014 适用于全位置焊接，焊缝表面光滑，焊波整齐，脱渣性很好，角焊缝略凸，焊接电流为交流或直流正、反接。这类焊条主要焊接一般的低碳钢结构。而 E 4324、E 5024 与 E 5014 不同的是，铁粉量稍多，药皮较厚，熔敷效率更高，适宜于平焊和平角焊，飞溅少，熔深浅，焊缝表面光滑，焊接电流为交流或直流正、反接。

（2）钛钙型

1）药皮组成物用量范围（%）（1）

硅酸盐	25 ~ 40
碳酸盐	15 ~ 22
二氧化钛	35 ~ 45
钛铁矿	0 ~ 25
铁合金	10 ~ 15
有机物	0 ~ 3

2）举例

钛钙型（E 4303、E 5003）。药皮中含30%以上的氧化钛和20%以下的钙或镁的碳酸盐矿。熔渣流动性良好，脱渣容易，电弧稳定，熔深适中，飞溅少，焊波整齐。这类焊条适用于全位置焊接，焊接电流为交流或直流正、反接，主要焊接较重要的低碳钢结构。

铁粉钛钙型（E 4323）。药皮在与 E 4303 相似的基础上

添加了铁粉。溶敷效率高，适用于平焊，平角焊，焊接工艺性能和焊接电流相似于 E 4303。这类焊条主要焊接较重要的低碳钢结构。

(3) 钛铁矿型

1) 药皮组成物用量范围 (%) [1]

硅酸盐	30 ~ 45
碳酸盐	0 ~ 18
二氧化钛	0 ~ 12
钛铁矿	25 ~ 40
铁合金	13 ~ 20
有机物	0 ~ 5

2) 药皮成分范围 (%) [1]

SiO_2	23 ~ 38
TiO_2	10 ~ 18
MnO	10 ~ 19
FeO	7 ~ 25
MgO	1 ~ 8
Al_2O_3	3 ~ 9
CaO	4 ~ 8
挥发物	2 ~ 10

3) 焊接熔渣凝固温度范围 (°C) 1130 ~ 1260

4) 举例

钛铁矿型 (E 4301、E 5001)。药皮中含钛铁矿大于或等于30%，熔渣流动性良好，电弧稍强，熔深较深，渣覆盖良好，脱渣容易，飞溅一般，焊波整齐。这种药皮类型可变幅度较大，可配制出具有不同工艺性能特点的焊条。这类焊条适用于全位置焊接，焊接电流为交流或直流正、反接，主

要焊接较重要的低碳钢结构。

(4) 氧化铁型

1) 焊条药皮组成物用量范围 (%) [1]

硅酸盐	35 ~ 45
碳酸盐	0 ~ 3
二氧化钛	0 ~ 12
铁矿石	29 ~ 35
铁合金	24 ~ 30
有机物	0 ~ 5

2) 焊条药皮成分范围 (%) [1]

SiO_2	35 ~ 40
TiO_2	< 1
MnO	16 ~ 18
FeO	30 ~ 35
MgO	< 5
Al_2O_3	< 4
CaO	< 3
挥发物	< 2

3) 焊接熔渣凝固温度范围 (°C) 1180 ~ 1350

4) 举例

氧化铁型 (E 4320)。药皮中含有多量的氧化铁及较多的锰铁脱氧剂，电弧吹力大，熔深较深，电弧稳定，再引弧容易，熔化速度快，渣覆盖好，脱渣性好，焊缝致密，略带凹度，飞溅稍大。这类焊条不宜焊薄板，而适用于平焊及平角焊，焊接电流为交流或直流正接，主要焊接重要的低碳钢结构。

氧化铁型 (E 4322)。药皮及工艺性能基本与 E 4320 相