

阮国钰 赵有恒 赵志昌 编

焊接材料 选择与使用

100问

中国标准出版社



402651

焊接材料选择与使用 100 问

阮国钰 赵有恒 赵志昌 编

中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

焊接材料选择与使用 100 问/阮国钰等编. -北京:中国
标准出版社,1997. 10
ISBN 7-5066-1387-5

I. 焊… II. 阮… III. 焊接材料-问答 IV. TS42-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 04037 号

中国标准出版社出版

北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

电 话:68522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 850×1168 1/32 印张 8½ 字数 242 千字

1997 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月第一次印刷

印数 1—1 800 定价 23.00 元

前 言

随着我国经济建设的发展和科学技术的进步,焊接已成为重要的金属加工工艺之一,广泛应用于各个工业部门,如航天、航空、核电、船舶、汽车、化工、机械、建筑、桥梁等。焊接技术的水平已成为一个国家工业发展水平的标志。

焊接材料的发展经历了手工焊条、实芯焊丝、药芯焊丝三个主要阶段,目前呈现出手工焊条用量逐年减少,实芯焊丝、药芯焊丝的用量逐年增加的趋势。

我国手工电焊条的年生产能力可达 100 万吨,实际产量超过 60 万吨,焊条品种超过 300 种,船用焊条已取得了中国 CCS、美国 ABS、日本 NK、英国 LR、挪威 DV 等国际权威船级社的认可,这标志我国焊条质量已达到或接近国际水平。

我国实芯焊丝的年生产能力为 15 万吨,和西欧相比,还有较大差距。

我国药芯焊丝的研制取得了较大的突破和进步,特别是北京市焊接材料厂合资企业生产的药芯焊丝,今年九月份获得了中国 CCS、美国 ABS、英国 LR、德国 GL、挪威(DV)等国的联合认可。现已大批量生产,并赢得了国内外用户的好评。

随着焊接材料发展,焊接材料的品种日益增多,

结构日益复杂,如何正确选择和使用焊接材料无疑是十分重要的。

本书根据最新的国家标准,及国内外最新的参考资料,编辑了包括焊条、焊剂、实芯焊丝、药芯焊丝在内的各种焊接材料的选择与使用说明,采用问题解答的方式,具有形式新颖、分类详细、查阅方便、内容充实、通俗易懂的特点。

在本书的编写过程中,得到了冶金部钢铁研究院尹士科教授级高工的精心指导和大力支持;吴树雄高级工程师为本书提供了宝贵的资料,同时还得到了哈尔滨焊接研究所赵立三、李春范高级工程师的大力帮助,在此表示感谢!

限于编者水平,会有不少错误和疏漏之处,敬请批评指正。

编 者

目 录

一、电焊条的基础知识 (1)

1. 焊条药皮的作用是什么? (1)
2. 焊条药皮有哪些类型? (4)
3. 氧化钛型焊条的特点是什么? (4)
4. 钛钙型焊条的特点是什么? (5)
5. 钛铁矿型焊条的特点是什么? (5)
6. 氧化铁型焊条的特点是什么? (5)
7. 纤维素型焊条的特点是什么? (6)
8. 低氢型焊条的特点是什么? (6)
9. 石墨型焊条的特点是什么? (7)
10. 盐基型焊条的特点是什么? (7)
11. 焊条药皮类型与焊接电源有什么关系? (7)
12. 什么是酸性焊条? (8)
13. 什么是碱性焊条? (8)
14. 酸性焊条和碱性焊条相比有哪些异同点? (8)
15. 什么是铁粉焊条? (9)
16. 什么是重力焊条? (10)
17. 什么是向下立焊焊条? (10)
18. 什么是超低氢焊条? (11)
19. 什么是高韧性焊条? (11)
20. 什么是耐吸潮焊条? (13)
21. 什么是低尘低毒焊条? (13)
22. 什么是盖面焊条? (15)
23. 什么是底层焊条? (15)

24. 什么是管状焊条?	(16)
25. 什么是高效率不锈钢焊条?	(16)
26. 什么是连续焊焊条?	(17)
27. 什么是水下焊条?	(21)
28. 什么是水下割条?	(22)
29. 什么是开槽割条?	(22)
30. 什么是躺焊焊条?	(23)
31. 什么是管接头全位置下行焊条?	(23)
32. 焊条按用途可分为几大类?	(24)
33. 选择电焊条的基本要点是什么?	(24)
34. 同种钢材、异种钢材焊接时焊条的选用要点有哪些?	(26)
35. 如何评定焊条的使用性能?	(28)

二、结构钢焊条 (36)

36. 结构钢焊条的型号是如何规定的?	(36)
37. 结构钢焊条的牌号是如何编制的?	(38)
38. 碳钢焊条的牌号有哪些?	(40)
39. 低合金高强钢焊条的牌号有哪些?	(62)
40. 低合金耐蚀钢焊条牌号有哪些?	(70)
41. 超低氢型高韧性低合金钢焊条牌号有哪些?	(78)
42. 普通低合金钢焊条牌号有哪些?	(82)
43. 特殊用途的低合金钢焊条牌号有哪些?	(84)
44. 结构钢焊条使用时的烘干温度是如何要求的?	(86)
45. 结构钢焊条焊接电流是如何规定的?	(86)
46. 结构钢焊条使用注意事项有哪些?	(87)
47. 如何按钢种强度来选择焊条?	(88)

三、低合金耐热钢及低温钢焊条 (90)

48. 钼及铬钼耐热钢焊条的牌号是如何编制的?	(90)
-------------------------------	--------

49. 钼及铬钼耐热钢焊条的牌号有哪些? (91)
50. 钼及铬钼耐热钢焊条使用注意事项有哪些? (102)
51. 低温钢焊条的牌号是如何编制的? (103)
52. 低温钢焊条的牌号有哪些? (103)
53. 低温钢焊条使用注意事项有哪些? (108)

四、不锈钢焊条 (109)

54. 铬不锈钢焊条的型号是如何编制的? (109)
55. 铬不锈钢焊条的牌号是如何编制的? (110)
56. 铬不锈钢焊条的牌号有哪些? (111)
57. 铬镍不锈钢焊条的牌号是如何编制的? (114)
58. 铬镍不锈钢焊条的牌号有哪些? (115)
59. 不锈钢焊条使用注意事项有哪些? (136)
60. 抗发红不锈钢焊条有什么特点? (137)

五、堆焊焊条 (139)

61. 堆焊焊条的型号是如何编制的? (139)
62. 堆焊焊条的牌号是如何编制的? (140)
63. 常用堆焊焊条的牌号有哪些? (141)
64. 工具及模具用堆焊焊条的牌号有哪些? (148)
65. 阀门堆焊焊条的牌号有哪些? (152)
66. 合金铸铁堆焊焊条的牌号有哪些? (154)
67. 特殊类型堆焊焊条的牌号有哪些? (158)
68. 堆焊焊条使用注意事项有哪些? (162)

六、铸铁及有色金属焊条 (164)

69. 铸铁焊条的型号有哪些? (164)
70. 铸铁焊条的牌号是如何编制的? (164)
71. 铸铁焊条的牌号有哪些? (165)
72. 铸铁焊条使用注意事项有哪些? (170)

73. 镍及镍合金焊条的牌号是如何编制的?	(170)
74. 镍及镍合金焊条的牌号有哪些?	(171)
75. 镍及镍合金焊条使用注意事项有哪些?	(174)
76. 铜及铜合金焊条的牌号是如何编制的?	(174)
77. 铜及铜合金焊条的牌号有哪些?	(175)
78. 铜及铜合金焊条使用注意事项有哪些?	(178)
79. 铝及铝合金焊条的牌号是如何编制的?	(178)
80. 铝及铝合金焊条的牌号有哪些?	(179)
81. 铝及铝合金焊条使用注意事项有哪些?	(182)

七、实芯焊丝和药芯焊丝 (183)

82. 焊丝是如何分类的?	(183)
83. 什么是实芯焊丝?	(184)
84. 实芯焊丝的牌号是如何编制的?	(184)
85. 实芯焊丝的牌号有哪些?	(185)
86. 什么是活性焊丝?	(206)
87. 什么是药芯焊丝?	(207)
88. 什么是自保护药芯焊丝?	(208)
89. 自保护药芯焊丝有什么特点?	(208)
90. 药芯焊丝的牌号是如何编制的?	(208)
91. 药芯焊丝的牌号有哪些?	(209)
92. 如何评价焊丝的质量?	(224)

八、烧结焊剂和熔炼焊剂 (227)

93. 焊剂的作用及分类有哪些?	(227)
94. 什么是烧结焊剂?	(227)
95. 什么是熔炼焊剂?	(227)
96. 什么是粘结焊剂?	(227)
97. 什么是磁性焊剂?	(228)
98. 焊剂牌号是如何编制的?	(228)

99. 熔炼焊剂的牌号有哪些?	(229)
100. 烧结焊剂的牌号有哪些?	(242)
101. 烧结焊剂与熔炼焊剂有何区别?	(246)
102. 如何评价焊剂的工艺性能和质量?	(246)
103. 焊剂使用注意事项有哪些?	(247)
参考文献.....	(249)
附录1 代号和符号说明	(250)
附录2 北京市焊接材料厂焊接材料介绍	(251)

一、电焊条的基础知识

1. 焊条药皮的作用是什么？

焊条药皮具有以下三方面的作用：

(1) 保护作用：由于电弧的热作用使药皮形成熔渣和某种气体，从而隔离空气，保护着熔滴、熔池焊接区，防止空气中的氧气、氮气等有害气体侵入焊缝。

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，并获得了良好的焊缝成形。

(2) 冶金作用：在焊接过程中，进行冶金反应而最大限度地去除有害杂质(如氧、氮、氢、硫、磷)；并保护或添加有益的合金元素，使熔敷金属具有所要求的力学性能、较好的抗气孔性、抗裂性及其他特殊的性能(如耐蚀、耐热、耐磨等)。

(3) 改善焊接工艺性能的作用：保证电弧的集中、稳定，使熔敷金属容易过渡；焊条药皮可使得电弧容易引燃并能稳定地连续燃烧；减少焊接飞溅，使焊缝成形美观，易于脱渣，可适用于各种空间位置的施焊。

此外，在药皮中加入一定量的铁粉，可以改善焊接工艺性能、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，按照一定的配方比例进行混合而成，各种原料按其在焊条药中的作用，可分成以下几个类型：

(1) 造气剂 药皮中的有机物和碳酸盐，在电弧的高温作用下，分解并产生保护气体，从而起到隔空气的作用，防止氧和氮的侵入。常用的造气剂有大理石、白云石、菱苦土、碳酸钡、木粉、纤维素、淀粉及树脂等。

(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、白云石、菱苦土、金红石、萤石、长石、白泥、云母、石英、二氧化钛、钛铁矿、还原钛铁矿、铁砂及冰晶石等。

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

(4)合金剂 用来向焊缝中过渡合金元素和补偿焊接过程中合金元素的烧损,以确保熔敷金属获得要求的化学成分及力学性能。常用的合金剂有硅铁、锰铁、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。

(5)稳弧剂 使焊条引弧容易及在焊接过程中保持电弧稳定。主要是含有低电离电位元素(钾、钠)的物质,如金红石、钛铁矿、钾长石、水玻璃等。

(6)粘结剂 合使药皮粉料在压涂过程中具有一定的粘性,与焊芯粘结牢固,并使焊条在烘干过程中具有一定的强度,不产生药皮开裂现象。常用的粘结剂有钾水玻璃、钠水玻璃、钾钠混合水玻璃、锂水玻璃、及酚醛树脂等。钾水玻璃的稳弧性能较好,钠水玻璃的粘结性较好,锂水玻璃对于药皮的耐吸潮性有好处。

(7)成形剂 增加药皮粉料在压涂焊条过程的流动性、塑性、润滑性,以提高焊条的压涂质量、减少焊条偏心度。这些材料在吸水后具有膨胀的特性或具有一定弹性、滑性。如云母、碳酸钠、海泡石、膨润土、木粉、白泥、二氧化钛、滑石粉、白土、绢云母、藻朊酸盐及CMC等。

一种材料可以同时具有几种作用,如大理石,在电弧高温作用下分解为 CaO 和 CO_2 ; CaO 可以造渣, CO_2 起气体保护作用,所以大理石主要是起造渣剂和造气剂的作用。再如硅铁,它主要是脱氧剂,此外,多余的硅渗入焊缝,起合金剂的作用,同时,作为脱氧产物的 SiO_2 又可以造渣。

应注意,每种材料在药皮中可能同时有种作用,但有主次之分,在

选择原材料时,必须抓住主要作用,兼顾其次要作用,同时还必须注意某些材料会带来一些有害作用,如氧化、增氢、增硫、增磷等。

表 1-1 列举了部分原材料在焊条药皮中的作用。

表 1-1 药皮材料的作用

材料名称	主要成分	造 气	造 渣	脱 氧	合 金 化	稳 弧	粘 结	成 形	增 氢	增 硫	增 磷	氧 化
金红石	TiO ₂		△			○		△				
钛白粉	TiO ₂		△			○		△				
钛铁矿	TiO ₂ FeO		△			○						△
赤铁矿	Fe ₂ O ₃		△			○				○	○	○
锰 矿	MnO ₂		△								○	○
大理石	CaCO ₃	△	△			○						○
菱苦土	MgCO ₃	△	△			○						○
白云石	MgCO ₃ +CaCO ₃	△	△			○						○
石英砂	SiO ₂		△									
长 石	SiO ₂ Al ₂ O ₃ K ₂ O+Na ₂ O		△			○						
白 泥	SiO ₂ Al ₂ O ₃ H ₂ O		△				○	△				
云 母	SiO ₂ Al ₂ O ₃ H ₂ O K ₂ O		△			○		△	○			
滑 石	SiO ₂ Al ₂ O ₃ MgO		△					○				
萤 石	CaF ₂		△					○				
碳酸钠	Na ₂ CO ₃		○			○		△				
碳酸钾	K ₂ CO ₃		○			△						
锰 铁	Mn		○	△	△							
硅 铁	Si		○	△	△							
钛 铁	Ti		○	△								

注:△——主要作用 ○——次要作用

2. 焊条药皮有哪些类型？

焊条药皮是由多种原材料组成的,按照药皮的主要成分可以确定焊条药皮类型。如药皮中以钛铁矿为主的称为钛铁矿型;当药皮中含有30%的以上的二氧化钛及20%的以下的钙、镁的碳酸盐时,就称为钛钙型;当药皮含有15%以上的有机物及30%左右的氧化钛,就称为纤维素型。

但低氢型药皮是以熔敷金属中含氢量最低作为其主要特征命名的,低氢型药皮根据粘结剂的不同可以进一步化分为低氢钾型和低氢钠型,低氢钾型使用的粘结剂为钾水玻璃或以钾为主的钾钠水玻璃,可以交直流两用;低氢钠型使用的粘结剂为钠水玻璃或以钠为主的钾钠水玻璃,只能使用直流电源。

焊条药皮分类见1-2。

表 1-2 焊条药皮分类

药皮类型	药皮主要成分
钛型	氧化钛 $\geq 35\%$
钛钙型	氧化钛 30%以上,钙、镁的碳酸盐 20%以下
钛铁矿型	钛铁矿 $\geq 30\%$
氧化铁型	多量氧化铁及较多的锰铁脱氧剂
纤维素型	有机物 15%以上,氧化钛 30%左右
低氢型	钙、镁的碳酸盐和萤石
石墨型	多量石墨
盐基型	氯化物和氟化物

3. 氧化钛型焊条的特点是什么？

在这类药皮中, TiO_2 的含量达35%左右,还含有一些铝酸盐、锰铁和纤维素等,碱性氧化物的含量很少,一般不超过百分之十。该类焊条的焊接工艺性能优良,电弧柔和、稳定,再引弧性良好,脱渣容易,焊道

成形美观,熔深较浅,多用于单道焊或盖面部位的焊接。可采用交、直流电源,适用全位置焊接。由于熔渣为酸性渣,焊缝金属的塑性、韧性较差,抗裂性能比较差,故不适于焊接重要结构和大厚度产品,主要用于焊接一般的碳钢结构,特别是薄板结构。另外,氧化钛型药皮的熔渣粘度和熔点较高,熔渣特性易于满足向下立焊的要求,故这类焊条可用于向下立焊,如 J421X 就是专门用于向下立焊的焊条。

4. 钛钙型焊条的特点是什么?

在这类药皮中, TiO_2 的含量达 30%, 碳酸盐的含量达 10%~20%, 并含有较多的硅酸盐, 还含有少量的纤维素, 常采用锰铁脱氧, 其焊接工艺性能同氧化钛型焊条相当。虽然脱渣性, 特别是坡口内的脱渣性能有所下降, 但焊缝金属的塑性和韧性有一定改善, 向不上立焊时焊道平坦, 不易产生咬边等缺陷。该焊条也适于重要的低碳钢及低合金钢结构, 是国内应用最广泛的焊条类型。

5. 钛铁矿型焊条的特点是什么?

药皮中含钛铁矿 30% 左右, 硅铝酸盐含量较多, 碳酸盐含量适中, 用锰铁脱氧, 还含有少量纤维素。这类焊条的电弧吹力大、熔深大, 熔滴呈喷射过渡, 熔渣流动性适中, 该焊条可交直两用, 适于全位置焊接, 焊道成形美观, 脱渣容易, 焊缝金属的力学性能良好, 冲击韧性较高, 抗裂性能较好, 可用于较重要的结构焊接。焊条的成本是各类焊条中最低的。

6. 氧化铁型焊条的特点是什么?

这类药皮中含有大量的氧化铁, 还含有硅铝酸盐、金红石和纤维素等, 采用锰铁脱氧。这类焊条电弧稳定且吹力大, 熔深较大; 焊条的熔化速度快、再引弧容易, 脱渣性良好, 但飞溅较大。可用于焊接较重要的低碳钢结构, 但不适于焊接薄板结构。

7. 纤维素型焊条的特点是什么？

药皮中木粉、淀粉、纤维素等有机物达 30% 左右，还含有适量的 TiO_2 、石棉等，采用锰铁脱氧。焊接过程中有机物分解产生大量气体，以保护电弧和熔池金属故可称之为气保护型焊条，因为依靠气体保护，造渣剂可以减少，药皮厚度变薄，焊接时电弧吹力强、熔深大，脱渣容易，但飞溅较多。该焊条适于全位置焊接，主要用于向下立焊，特别是在管道焊接中应用较广。焊接时最好采用直流电源反极性；焊接电流应尽可能小一些，否则药皮过热，有机物将提前分解，熔池保护不充分，容易出现焊接缺陷。纤维素焊条在美国应用相当广泛，我国正在推广使用过程中。

8. 低氢型焊条的特点是什么？

这类焊条不是按照药皮中主要原材料命名的，它表征的是熔敷金属中扩散氢含量少。药皮中主要含有碳酸盐和萤石之类的氟化物，熔渣的碱度高，也称作碱性焊条。造渣成分有 CaO 、 CaF_2 、 MgO 、 SiO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 等。脱氧剂可采用锰铁、硅铁、钛铁、铝、镁、钙等，通常采用二、三种脱氧剂复合脱氧，为了减少氢来源，尽量少加或不加含有结晶水的矿物及有机物。焊条制造时，烘干温度较高。以便进一步去除药皮中的水分，降低氢的来源。

焊接时熔滴呈粗滴过渡，与其它渣系的焊条相比，电弧电压较低，电弧稳定性较差，焊道呈凸型，焊波较粗，该类焊条的焊接工艺性能一般，飞溅较大，脱渣容易，但引弧性很差，若采用钾水玻璃或钾钠水玻璃作粘结剂，再加入其它稳弧物质，焊条的稳弧性会明显提高，适于直流或交流电源，可进行全位置焊接。

低氢型焊条的焊缝金属机械性能明显优于其它类型的焊条。所以，重要的结构的焊接及对焊缝力学性能要求较高的产品，都应采用低氢型焊条。这样既可以得到所要求的焊缝强度，又可以保证熔敷金属具有良好的韧性，以满足高强度钢的要求，特别是高韧性的要求。

低氢型焊条的另一个重要优点是熔敷金属的扩散氢含量很低，为

其他类型药皮的五分之一至十分之一。扩散氢低,对改善抗冷裂纹的能力有着重要作用。因此,大厚度或刚性结构应采用低氢型焊条施焊,否则会在焊缝中或热影响区产生冷裂纹,随着钢种或焊缝强度的提高,允许的扩散氢量要降低。因此,为避免产生焊接冷裂纹,焊接高强度钢时应采用超低氢焊条。国外,焊条药皮吸潮后,熔敷金属中的扩散氢量要明显提高,这也是造成焊接冷裂纹的重要原因之一。为此一是要严格保管好焊条,防止药皮吸潮;二是要开发耐吸潮焊条,提高药皮的抗吸潮能力。

9. 石墨型焊条的特点是什么?

药皮中含有多量石墨,通常用于铸铁或堆焊焊条。采用低碳钢焊芯时,焊接工艺性较差,飞溅较多,烟雾较大,熔渣少,适用于平焊。采用有色金属焊芯时,就能改善其工艺性能,但电流不宜过大。

10. 盐基型焊条的特点是什么?

药皮中含有多量氯化物和氟化物,主要用于铝及铝合金焊条,吸潮性强,焊前要烘干,药皮熔点低,熔化速度快。采用直电源,焊接工艺性较差,短弧操作,熔渣有腐蚀性,焊后需用热水清洗。

11. 焊条药皮类型与焊接电源有什么关系?

药皮类型与焊接电源的关系见表 1-3。

表 1-3 药皮类型与焊接电源的关系

药皮类型	焊接电源种类	药皮类型	焊接电源种类
不属于已规定的类型	不规定	纤维素型	直流或交流
钛型	直流或交流	低氢钾型	直流或交流
钛钙型	直流或交流	低氢钠型	直流
钛铁矿型	直流或交流	石墨型	直流或交流
氧化铁型	直流或交流	盐基型	直流