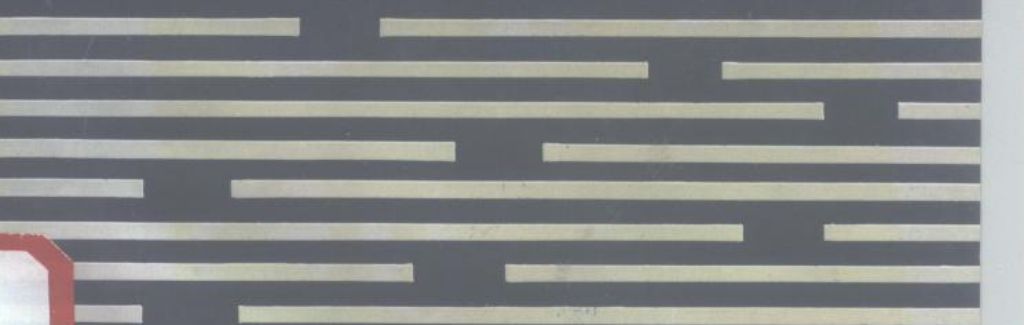


焊接材料选用指南

李亚江 杨虎重 任树全 编著



中国建材工业出版社

DV59/03
(京) 新登字 177 号

图书在版编目(CIP)数据

焊接材料选用指南/李亚江等编著—北京:中国

建材工业出版社,1996.9

ISBN 7-80090-536-5

I. 焊… I. 李… II. 焊接材料—技术手册 IV. TG42—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12992 号

责任编辑 宋彬

焊接材料选用指南

李亚江 杨虎重 任树全 编著

中国建材工业出版社出版(北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市社科印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/32 印张:5.875 字数:130 千字

1997 年 1 月第 1 版 1997 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:12.50 元

ISBN 7-80090-536-5 /TG·1

前 言

焊接技术已成为现代工业生产中一种不可缺少的加工方法,而且随着科学技术的发展,焊接材料的品种和数量也在不断增加,并受到各行各业(如机械、冶金、建筑、压力容器、管道、桥梁、船舶、航空航天和核动力工程等)的极大关注。

焊接材料是发展焊接技术的一个主要方面。焊接材料涉及的范围十分广泛,真正掌握其实质并能作正确地选择和使用并非易事。为了更好地了解 and 掌握各种焊接材料的分类、性能、用途和如何选用,本书从焊接生产实际出发,对当前广泛使用的各种焊接材料(焊条、焊丝、焊剂、保护气体、钎料、钎剂等)的分类、成分与性能特点、用途和选用等进行了简明的阐述。本书特点在于简明扼要、层次分明、系统性强、直观易懂,重点突出了各类焊接材料的选用,具有很好的适用性。

本书在内容选择上以实用为原则,只精选适应国内焊接技术发展状况的实用的焊材资料。书中采用新的国家标准和文献资料,力求概念清楚、数据可靠、便于查阅和具有较强的实用性,使读者对各类焊接材料有一个较全面的了解,有较强的指导作用。本书读者对象主要是焊接技术工人和大专院校学生,也可供有关工程技术人员参考。期望本书能对读者正确选择和使用焊材有所帮助。

本书承蒙山东工业大学邹增大教授审核,在撰写过程中得到冶金部钢铁研究总院尹士科教授级高工的悉心指导,在此特向他们以及书中所引用文献的作者们,一并致以衷心的感谢。

感谢。

限于作者水平,书中若有错误或不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

1996. 6

目 录

第一章 焊接材料概述.....	(1)
一、焊接材料的作用	(1)
二、焊接熔渣的作用	(2)
三、焊缝成分与性能	(3)
四、各国焊接材料发展现状	(7)
第二章 电焊条	(10)
第一节 电焊条的分类	(10)
一、按用途分类.....	(10)
二、按熔渣酸碱性分类.....	(11)
三、按药皮主要成分分类.....	(12)
四、按焊条性能分类.....	(14)
第二节 电焊条的组成	(14)
一、焊芯.....	(14)
二、药皮.....	(15)
第三节 电焊条的型号与牌号	(21)
一、电焊条的型号.....	(21)
二、电焊条的牌号.....	(41)
第四节 电焊条的选用	(51)
一、焊条选用原则.....	(51)
二、常用金属材料焊条的选用.....	(53)
第五节 焊材的使用及保管	(90)
一、焊材的烘干.....	(90)
二、焊材的管理.....	(91)

三、焊接电流的选用	(92)
第三章 焊丝与保护气体	(94)
第一节 焊丝的分类	(94)
第二节 实芯焊丝	(95)
一、实芯焊丝的牌号与型号	(95)
二、实芯焊丝的选用	(103)
第三节 药芯焊丝	(112)
一、药芯焊丝的种类与特性	(113)
二、药芯焊丝的型号与牌号	(114)
三、药芯焊丝的选用	(117)
四、自保护药芯焊丝	(122)
第四节 保护气体	(122)
一、保护气体的特性	(122)
二、保护气体的选用	(126)
第四章 焊剂	(129)
第一节 焊剂的分类	(129)
一、按用途分类	(129)
二、按制造方法分类	(130)
三、按化学成分分类	(131)
四、按焊剂的化学性质分类	(131)
第二节 焊剂的型号	(132)
第三节 熔炼焊剂及选用	(135)
一、熔炼焊剂的牌号	(135)
二、熔炼焊剂的选用	(136)
第四节 烧结焊剂及选用	(139)

一、烧结焊剂的牌号	(139)
二、烧结焊剂的选用	(140)
第五节 焊剂与焊丝的组合	(141)
第五章 其它焊接材料	(143)
第一节 气焊熔剂(气剂)	(143)
一、气焊熔剂的种类	(143)
二、气焊熔剂的选用	(143)
第二节 钎焊熔剂(钎剂)与钎料	(143)
一、钎剂	(145)
二、钎料	(148)
三、钎料的选用	(158)
第三节 热喷涂材料	(161)
一、线(丝)材	(161)
二、合金粉末	(162)
参考文献	(173)

第一章 焊接材料概述

一、焊接材料的作用

焊接过程中的各种填充金属及为了提高焊接质量而附加的保护物质统称为焊接材料。随着焊接技术的迅速发展,焊接材料的应用范围日益扩大。而且,焊接技术的发展对焊接材料无论在品种和产量方面都提出了越来越高的要求。

焊接生产中广泛使用的焊接材料主要包括焊条、焊丝、焊剂和保护气体等。不同焊接工艺条件下采用的焊接材料的组合见表 1-1。

表 1-1 不同焊接工艺条件下采用的焊接材料

焊接工艺	焊接材料
手工电弧焊	电焊条(普通焊条、专用焊条)
气体保护焊	焊丝(实芯焊丝、药芯焊丝)+ 保护气体(活性气体、惰性气体、混合气体)
埋弧焊、电渣焊	焊丝+焊剂(熔炼焊剂、非熔炼焊剂)

上述几种焊接工艺方法的共同特点是以焊接材料作为焊缝填充金属的来源,依靠焊接材料来完成焊接过程对液态熔池的保护作用和冶金作用,以获得优质的焊缝金属^[1,2]。

各国焊条和焊丝产量的比例,在一定程度上反映了该国的焊接自动化水平。目前在欧、美等工业发达国家的焊接生产中,焊条产量在焊接材料中约占 60%,焊丝产量约占

40%^[2,3]。我国当前焊条产量约占焊接材料总产量的 85%^[4]，低于欧、美等工业发达国家。

目前我国生产的低碳钢焊条以钛钙型焊条为主，低合金高强度钢焊条以低氢型焊条为主，钛钙型和低氢型焊条约占焊条总量的 91%^[5,6]。

焊接材料的质量对保证焊接过程的稳定和获得满足使用要求的焊缝金属起着决定性的作用。归纳起来，焊接材料应具有以下作用^[2,6]：

- (1) 保证电弧稳定燃烧和焊接熔滴顺利过渡。
- (2) 在焊接过程中保护液态熔池金属，以防止空气侵入。
- (3) 进行冶金反应和过渡合金元素，调整和控制焊缝金属的成分与性能。
- (4) 防止气孔、裂纹等焊接缺陷的产生。
- (5) 改善焊接工艺性能，在保证焊接质量的前提下尽可能提高焊接效率。

二、焊接熔渣的作用

焊条药皮、焊剂和药芯焊丝中的药芯，在焊接过程中受热熔化后形成焊接熔渣。焊接熔渣在焊接冶金过程中具有十分重要的作用^[2,3,6]：

(1) 机械保护作用：药皮受热析出气体并形成熔渣，隔离空气，对液态熔池起保护作用，防止氮气等有害气体侵入焊接区域。熔渣凝固后的渣壳覆盖在焊缝表面，可以防止高温的焊缝金属被氧化，并可减慢焊缝金属的冷却速度。

(2) 冶金处理作用：与焊芯配合，通过冶金反应去除有害杂质(如 O、N、H、S、P 等)，保护或渗入有益的合金元素，使焊缝金属具有较强的抗气孔能力、抗裂性以及满足使用要求的

力学性能。

(3)改善焊接工艺性能:焊条药皮中一般含有易电离物质,使电弧容易引燃,保证焊接电弧稳定燃烧,飞溅小,焊缝成形美观,易于脱渣,适于各种空间位置的焊接等。

焊接熔渣在一定条件下也可能产生不利的作用,如烧损焊缝金属中的合金元素、产生气孔、夹渣等焊接缺陷,造成脱渣困难而影响焊接生产率等^[2]。为了使焊接熔渣起到预期的良好作用,关键在于通过调整和控制熔渣的化学成分和数量,使其具有合适的物理化学性质。

三、焊缝成分与性能

合金元素对焊缝的组织与性能有重要的影响。为了使焊缝金属具有所要求的性能,必须保证有益的合金成分和严格控制有害杂质的含量。

1. 焊缝金属的合金化

焊缝金属的合金化就是把所需的合金元素通过焊材过渡到焊缝金属(或堆焊金属)中去。焊接中合金化的目的是补偿合金元素的烧损,消除焊接缺陷(裂纹、气孔等)和改善焊缝金属的组织性能等^[6]。

对金属焊接性影响较大的合金元素主要有:C、Mn、Si、Cr、Ni、Mo、Ti、V、Nb、Cu、B等。低合金钢焊接中提高热影响区淬硬倾向的元素有:C、Mn、Cr、Mo、V、W、Si等,降低淬硬倾向的元素有:Ti、Nb、Ta等。还应特别注意一些微量元素的作用,如B、N、Re等。

焊接中常用的合金化方式有:

- (1)应用合金焊丝或带极;
- (2)应用合金药皮或非熔炼焊剂;

(3)应用药芯焊丝或药芯焊条;

(4)应用合金粉末。

此外,还可通过从金属氧化物中还原金属元素的方式来合金化,如硅、锰还原反应。在实际生产中可根据具体条件和要求选择合金化方式。

焊接材料中的合金成分是决定焊缝成分的主要因素。改进和研制焊条、焊丝、焊剂时,必须根据焊接接头工作条件设计焊缝金属的最佳化学成分,以保证焊缝性能满足使用要求。

合金元素在钢中以及在焊缝中主要以固溶体和化合物两种形态存在。部分合金元素在 γ -Fe和 α -Fe中的最大溶解度、对焊接性的影响以及形成碳化物的倾向列于表1-2。该表仅是一般性的作用,实际应用中还应考虑合金元素之间存在的交互作用。

表 1-2 合金元素在钢中的作用及对焊接性的影响

元素	溶解度		对焊接性能的影响	形成碳化物情况		主要作用
	γ -Fe	α -Fe		生成倾向	在回火中作用	
Mn	全部固溶	3%	$C \leq 0.2\%$ 时, Mn=1%~2%对焊接性能影响不大	比铁稍强,比铬小	一般含量作用很小	强化;改善塑性;脱硫
Si	约2% (C0.35%时,可溶9%)	18.5%	降低焊接性能	石墨化	形成固体可保持硬度	强化;抗氧化;脱氧
P	0.5%	2.8% (与含碳量无关)	增加裂纹敏感性	无	—	强化低碳钢;抗大气腐蚀
Cu	8.5%	700℃时1%,室温0.2%	$Cu \leq 0.5\%$ ~0.6%时,对焊接性影响不大	石墨化	弱的二次硬化	抗大气腐蚀;强化

续表 1-2

元素	溶解度		对焊接性能的影响	形成碳化物情况		主要作用
	γ -Fe	α -Fe		生成倾向	在回火中作用	
Ti	0.75% (C 0.25%时, 1%)	约 6% (低温时减少)	降低淬硬倾向, 改善焊接性	最大	稍有二次硬化作用	细化晶粒; 能固定碳、氮 (TiC、TiN); 强脱氧; 抗腐蚀
Al	1.1%	36%	焊接性较差, 在 HAZ 出现白带组织	石墨化	—	强脱氧; 细化晶粒; 强固定氮; 抗氧化
Mo	约 3% (C 0.3%时, 8%)	37.5% (低温时减少)	恶化焊接性, 易产生裂纹	很强, 比 Cr 大	有二次硬化作用	细化晶粒; 提高耐热性; 抗回火脆性; 提高淬硬性
V	8.5% (C 0.20%时, 可溶 4%)	全部固溶	增加淬硬性, 降低焊接性	很强, 比 Ti、Nb 小	二次硬化作用最大	提高奥氏体晶粒长大温度; 淬硬性增加; 能固溶氮
Cr	12.8% (C 0.5%时可溶 20%)	全部固溶	增加淬硬性, 降低焊接性	比 Mn 大, 比 W 小	稍可防止软化	提高高温强度; 抗氧化; 抗腐蚀
Ni	全部固溶	10% (与含碳无关)	改善焊接性	石墨化	无 (甚微)	提高塑性、韧性; 改善低温韧性; 耐热性; 抗腐蚀
B	1140°C 可溶 0.02%, 室温时无溶解度	910°C 时可溶 0.081%, 室温时, 极微量	恶化焊接性	很强	—	提高淬透性; 强化; 细化晶粒; 脱氧、定氮
RE	—	—	改善焊接性	很强	—	细化晶粒; 脱硫、脱氢
N	全部固溶	590°C 时可溶 0.1%, 室温时只溶 0.001%	降低焊接性	无	二次硬化作用大, 有蓝脆现象	强化; 细化晶粒
Nb	2.0	1.8	改善焊接性	仅次于 Ti	当 Nb/C $\geq$ 20 时, 二次作用大	强化; 细化晶粒

各种合金元素的交互影响是十分复杂的,为了获得综合性能优良的焊缝金属,在焊材研制过程中应注意合金元素在焊缝金属中的存在形态、强化作用、对组织转变的影响等,通过计算、综合考查和试验来调整焊缝的合金成分。

2. 有害杂质的控制

杂质对焊缝金属的性能和金属焊接性有十分重要的影响,其中影响较大的有害杂质主要是 O、N、H、S、P 等。

O、N、H 元素对焊缝金属的主要影响是导致脆化、产生气孔和裂纹^[3],降低焊缝金属的塑性和韧性。

常用焊材熔敷金属中 O、N、H 的含量列于表 1-3^[2,6]。

表 1-3 常用焊材熔敷金属中 O、N、H 的含量^[2,6]

类 别	氧含量(%)	氮含量(%)	扩散氢含量(cm ³ /100g)
H08A 焊丝	0.01~0.02	—	0.2~0.5
光焊丝电弧焊	0.15~0.30	0.08~0.228	—
纤维素焊条	0.090	0.013	35.8
钛型焊条	0.065	0.015	39.1
钛钙型焊条	0.05~0.07	—	—
钛铁矿型焊条	0.101	0.014	30.1
低氢型焊条	0.02~0.03	0.010	4.2
埋弧焊	0.03~0.05	0.002~0.007	4.40
CO ₂ 气体保护焊	0.02~0.07	0.008~0.015	0.04
惰性气体保护焊	0.0017	0.0068	—
药芯焊丝 CO ₂ 焊	—	0.015~0.040	—
气焊	0.045~0.05	0.015~0.020	5.00

对于有害杂质(O、N、H、S、P)的控制,主要从工艺措施(限制来源)和冶金措施(转化为不溶状态或转移至熔渣中)两方面入手^[3]。对于 N 和 H 的控制,须清除焊件和焊接材料附着的油、锈、氧化膜及水分,烘干焊材(焊条、焊剂)并应加强保

护,防止空气侵入焊接区域。对于氧的控制,可在药皮、药芯或焊剂中添加脱氧铁合金,限制气氛的氧化性(即减少 CO_2 或 O_2),还应尽可能创造条件实现 Mn-Si 联合脱氧。

S、P 杂质是在焊缝中极易造成偏析的元素,可形成低熔点共晶,促使焊缝中形成热裂纹或脆化。焊缝金属 S、P 含量的控制主要从限制焊材中的 S、P 杂质含量入手,一般应分别控制在 0.03% 以下。

四、各国焊接材料发展现状

涂料焊条目前在世界各国焊接材料生产中仍占较大的比例。在焊条的使用方面,美国目前主要使用钛型、高纤维型和低氢型焊条,为了提高熔敷效率,在钛型和低氢型焊条药皮里加入一定量的铁粉。在欧洲主要是钛型、钛钙型和低氢型焊条,但北欧低氢型焊条比例较高,而且和美国一样,发展高效率铁粉焊条。日本用于低碳钢的焊条药皮类型主要是钛铁矿型、钛钙型和铁粉氧化铁型,用于高强度、特殊钢和表面堆焊的几乎都是低氢型焊条。

世界各国在埋弧焊焊接材料(焊丝、焊剂)的使用方面近年来变化不大。欧、美埋弧焊焊剂的用量一直保持在约占焊材总量的 11%~15% 之间,其中烧结焊剂的用量在逐渐增加,熔炼焊剂的用量逐渐减少。目前,在欧、美及日本等工业发达国家,烧结焊剂的使用量已占全部焊剂的使用量的 70% 以上,且品种齐全,形成系列。日本近年来烧结焊剂的使用比例随着造船业的不景气有所下降,但带极堆焊中,仍大量使用烧结焊剂。

从各国焊接材料的发展来看,近年来国外焊丝生产的增长速度较快,涂料焊条所占的比例有所下降,气体保护焊焊丝

的品种和数量正在逐年增加,而且特别引人注意的是药芯焊丝的发展。在实芯焊丝的使用方面,日本大量采用的是 CO_2 气体保护焊,美国则大量采用混合气体保护焊。

我国焊接材料生产能力,特别是自动焊接用焊丝的生产能力,近年来有了明显发展,表 1-4 列出我国近年来焊接材料产量的变化^[4]。由该表可以看出,我国焊材生产中焊条的年产量占焊材总量的比例在逐年减少,由 80 年代中期的 90% 以上降低到 90 年代初期的 85% 左右,预计今后数年间,这种变化仍将延续下去。

表 1-4 我国近年来焊接材料产量的变化(万吨)^[4]

年份	焊条	实芯焊丝 (气保焊用)	药芯焊丝	埋弧焊丝	埋弧焊剂	总产量
1985	31.0	—	0.05	1.65	1.82	34.5
1986	38.6	0.50	0.05	1.57	1.73	42.5
1987	51.7	0.77	0.065	1.65	1.82	56.0
1988	45.9	0.85	0.067	1.79	1.97	50.6
1990	40.7	1.35	0.07	1.93	2.12	46.2
1991	47.6	2.00	0.07	2.15	2.37	54.2
1992	49.1	2.90	0.10	2.48	2.73	57.3
1993	51.3	4.10	0.10	2.56	2.82	60.9

我国的焊材工业是建国后发展起来的,目前全国共有 200 多家焊条厂,其中大型焊条厂有十几家,中型焊条厂 40 余家。焊条牌号和品种达 300 多个,焊条的年产量已突破 50 万吨,年生产能力达 100 万吨^[4]。埋弧焊在我国应用较早,但发展缓慢。随着各种自动和半自动焊接方法的推广应用,焊丝和焊剂的品种逐渐增多,使用量也逐年扩大。1985 年以后,我国埋弧焊丝和焊剂的产量逐年增多,目前焊丝年产量达 2.5

万吨左右,焊剂年产量约 2.8 万吨^[4]。埋弧焊焊剂仍以熔炼型焊剂为主,约占焊剂总产量的 85%,但烧结焊剂的用量在逐渐增多。根据国家焊接材料质量监督检验中心的统计,我国 1987 年烧结焊剂的消耗量(不包括进口的烧结焊剂)仅 300 吨左右,而 1991 年烧结焊剂的消耗量已接近 3000 吨,约占全部焊剂消耗量的 20%左右。

我国的气体保护焊实芯焊丝开始发展缓慢,1985 年后才有了较快的发展,目前国内已有 60 多家焊丝生产厂,年生产能力可达 15 万吨。我国药芯焊丝的研制始于 60 年代中期,但很长时间内没有实现批量生产。1985 年后有几个厂家先后从国外引进了药芯焊丝生产设备,目前我国药芯焊丝的总生产能力可达每年 6000 吨^[4]。

为适应我国经济发展的需要,应尽快提高我国焊接自动化水平,调整我国焊接材料的构成比例,大力发展自动或半自动焊接材料。预计今后数年我国药芯焊丝的产量和品种将会有较快的发展。

第二章 电焊条

电焊条广泛用于机械制造、造船、建筑、石油化工、桥梁、锅炉及压力容器等各工业领域。电焊条是一种消耗量大、品种繁多的工业产品,在全部焊材中所占比重最大,目前国产电焊条已有 300 余种^[4,7]。而且,随着新钢种的不断涌现,焊条品种还将不断增多。电焊条行业已成为我国国民经济发展的一个不可缺少的配套部门。

第一节 电焊条的分类

电焊条的分类方法很多,可分别按用途、熔渣的碱度、焊条药皮的主要成分、焊条性能特征等不同角度对电焊条进行分类。

一、按用途分类

我国现行的焊条分类方法,主要是根据焊条国家标准和原机械工业部编制的《焊接材料产品样本》按用途进行分类^[7,8]。电焊条按用途可分为十大类(见表 2-1),表中还列出焊条型号按化学成分进行分类的方法以便于比较。

各大类焊条按主要性能的不同还可分为若干小类,如结构钢焊条,又可分为低碳钢焊条、普低钢焊条、低合金高强钢焊条等。有些焊条同时可以有多种用途。