

焊接材料

速查手册



焦万才 张文明 姜振平 主编

HANJIECAILIAO
SUCHASHOUCE



辽宁科学技术出版社

焊接材料速查手册

焦万才 张文明 姜振平 主编

辽宁科学技术出版社

·沈 阳·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接材料速查手册/焦万才, 张文明, 姜振平主编.
沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2010. 2
ISBN 978 - 7 - 5381 - 5681 - 2

I . 焊… II . ①焦…②张…③姜… III . 焊接材料 - 技术手册 IV . TG42 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 244543 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社
(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 102mm × 140mm

印 张: 11.125

字 数: 460 千字

插 页: 4

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2010 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 恒英广告

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 5681 - 2

定 价: 23.00 元

联系电话: 024 - 23284360

邮购热线: 024 - 23284502

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/5681

前 言

焊接是现代工业中一项重要的工程技术，焊接材料的应用与生产是焊接领域的一项重要分支。我国是焊接材料生产和消耗的第一大国，近几年来，国内外的焊接材料在品种和数量方面都有了很大的变化。为了更好地掌握各种焊接材料的类型及特点，以及在工程中的正确选用等，我们编写了这本《焊接材料速查手册》。

本书在编写过程中，以实用性为原则，对我国常用的焊接材料（焊条、焊丝、焊剂、表面工程材料等）的分类、特点及应用给予了介绍，以便于读者查阅。为了满足不同读者的需求，本书对国外生产的部分焊接材料也进行了描述，对世界标准化组织（ISO）的一些焊接材料标准作了简单介绍。

本书的编写内容体现了当前焊接材料的发展状况，应用了最新的焊接材料标准，希望能够给焊接工程技术人员以及焊接操作者提供一定的帮助。

本书由焦万才、张文明、姜振平主编，参加编写的还有杨芙、何东辉、闫丰、司会、戴戈、高军、张军、张以鹏、王东良、吴拜、宋世旭、崔正辉、邱耀军、陈易、张赫、莫立东、张姝、魏成翠等。编者对提供帮助的焊接工程技术人员以及重要参考文献的作者表示感谢。由于水平和经验有限，难免有缺点和错误，欢迎指正。

目 录

前 言

第一章 焊接材料基础知识	1
第一节 焊接材料发展概述	1
一、世界各国焊接材料的发展	1
二、我国焊接材料发展态势	2
第二节 焊接材料的作用	3
一、焊接材料的合金元素对焊接性能的影响	3
二、有害杂质的控制	7
第三节 焊接材料的用量计算	11
一、焊条消耗量的制订	11
二、焊丝和焊剂消耗量的制订	27
三、保护气体消耗量的计算	28
第二章 电焊条	30
第一节 电焊条基础知识	30
一、电焊条的形状及规格	30
二、电焊条的组成及作用	31
三、焊条的分类	40
四、电焊条的生产及质量管理	44
第二节 焊条的型号及牌号	56
一、焊条的型号及编制方法	56
二、焊条的牌号及编制方法	76

第三节 碳钢及低合金钢焊条	89
一、碳钢焊条的性能及用途	89
二、低合金钢焊条的性能及用途	89
三、低温钢焊条的性能及用途	89
第四节 不锈钢电焊条	143
一、不锈钢焊条的特征及用途	143
二、不锈钢焊条的成分及熔敷金属力学性能	162
第五节 堆焊焊条	167
一、堆焊焊条的特征及用途	167
二、堆焊焊条的成分及堆焊层硬度	192
第六节 铸铁焊条	200
第七节 有色金属焊条及特殊焊条	207
第八节 焊条的选用	215
一、焊条的选用原则	215
二、碳钢及低合金钢焊条的选用	216
三、不锈钢焊条的选用	231
四、堆焊焊条的选用	237
五、铸铁焊条的选用	242
六、铜及铜合金焊条的选用	246
七、常用异种材料焊接时焊条的选用	247
第三章 焊丝与焊剂	254
第一节 焊丝的分类、型号及牌号	254
一、焊丝的分类及特点	254
二、焊丝的型号与牌号	258
第二节 焊丝的成分及特征	274

一、碳钢及低合金钢焊丝	274
二、不锈钢焊丝	290
三、堆焊用焊丝	295
四、有色金属焊接用焊丝	304
五、铸铁焊丝	307
六、对焊丝的技术要求	308
第三节 焊剂	311
一、焊剂的分类及特点	311
二、焊剂的型号与牌号	314
三、焊剂的成分及工艺特点	321
四、气焊熔剂	348
第四节 焊丝与焊剂的选用	351
一、埋弧焊焊丝与焊剂的选用	351
二、电渣焊焊丝与焊剂的选用	360
三、气体保护焊焊丝的选用	363
第四章 焊接用气体和电极	375
第一节 焊接用气体的特征及用途	375
一、二氧化碳气体 (CO_2)	375
二、氩气 (Ar) 和氦气 (He)	378
三、氧气 (O_2)	384
四、乙炔 (C_2H_2)	389
五、液化石油气	391
六、氢气 (H_2) 和氮气 (N_2)	392
第二节 焊接用气体的选用	394
第三节 焊接用电极	407

一、钨极氩弧焊及等离子弧焊用电极	407
二、碳弧气刨用电极	415
三、电阻焊用电极	418
第五章 钎料与钎剂	426
第一节 钎料	426
一、钎料的分类	426
二、钎料的型号与牌号	428
三、软钎料的特征及用途	431
四、硬钎料的特征及用途	436
第二节 钎剂	467
一、对钎剂的基本要求	467
二、钎剂的分类	468
三、钎剂的组成及特征	470
第三节 钎料与钎剂的选用	481
一、碳钢、低合金钢钎焊材料的选用	487
二、不锈钢钎焊材料的选用	489
三、铸铁钎焊材料的选用	492
四、铜及铜合金钎焊材料的选用	493
五、工具钢和硬质合金的钎焊材料选用	496
第四节 钎焊材料的使用及保管	498
一、钎焊材料的使用要点	498
二、钎焊材料的储存	499
三、钎焊材料的安全注意事项	499
第六章 热喷涂材料	502
第一节 热喷涂材料的分类	502

一、按材料形状分类	502
二、按材料成分分类	503
三、按材料性质分类	504
四、热喷涂涂层材料的命名方法	508
第二节 热喷涂材料的性能及用途	514
一、对热喷涂材料的要求	514
二、热喷涂用线材的性能及用途	515
三、热喷涂用合金粉末的性能及用途	521
第三节 热喷涂材料的选用	529
一、热喷涂工艺	529
二、热喷涂材料的选用	533
第四节 热喷涂材料的使用及保管	534
一、线材的保管	534
二、粉末的保管	535
第七章 国外焊接材料及相关标准	537
第一节 国外电焊条	537
一、瑞典伊萨公司	537
二、美国林肯公司	557
三、我国焊条新旧型号对照	565
四、国内外焊条型号及牌号对照	573
第二节 国外焊丝与焊剂	581
一、瑞典伊萨集团的焊丝	581
二、美国林肯公司的焊丝	595
三、德国焊丝	601
四、国外典型焊剂	618

五、国内外焊丝、焊剂对照	618
第三节 国际标准化 (ISO) 焊接材料标准	648
一、焊条标准	648
二、焊丝及焊剂标准	676
三、电弧和切割用保护气体	687
四、电弧焊接与切割 - 钨极	689
五、ISO 焊接材料标准目录	691
附录	693
参考文献	702

第一章 焊接材料基础知识

第一节 焊接材料发展概述

一、世界各国焊接材料的发展

焊接材料行业是在 20 世纪内发展起来的。1892 年，俄罗斯人斯拉维扬诺夫研究成功金属电弧焊接的实用化方案。1904 年，瑞典人奥斯卡·凯吉尔伯格建立了世界上第一个涂料焊条厂，即现在著名的瑞典伊萨公司（ESAB 公司），1917 年开始用机械化方法压制和生产电焊条。

电焊条产业是从 20 世纪 20 年代发展起来的；埋弧自动焊的焊丝和焊剂产业是从 20 世纪 40 年代发展起来的；CO₂ 气体保护焊的实心焊丝产业是从 20 世纪 50 年代发展起来的；20 世纪 70 年代以后发展了气体保护焊药芯焊丝。

我国的焊条制造始于 1949 年，开始是采用半机械气动焊条压涂机生产焊条。1952 年研制成功了螺旋式压涂机，用来生产焊条。1956 年以后开始大量采用机械化方式进行焊条生产，钛铁矿型、钛型、钛钙型和低氢型等类型的焊条相继研制成功并得到广泛应用。

近年来，随着焊接自动化水平的提高，焊条产量在焊接材料总产量中所占的比例逐年下降，气体保护焊实心焊

丝与药芯焊丝所占的比例逐年上升。总的发展趋势是手弧焊焊条在整个焊接材料中的比例不断下降，自动化焊接材料所占的比例不断增长。

二、我国焊接材料发展态势

(1) 焊接自动化进展推动焊材品种结构的调整。

(2) 钢铁科技进步促使焊材品种更新换代和品质提升。

(3) 对量大面广的普通焊材，应提倡优质优价的市场取向。

(4) 推进与钢厂的合作，解决焊丝品种短缺的问题。

我国焊材发展的主要瓶颈，是气体保护实心焊丝及埋弧焊实心焊丝的品种和品质满足不了市场的需求。包括各种不同强度级别的高强钢焊丝、耐热钢焊丝、低温钢焊丝、耐大气腐蚀钢焊丝、不锈钢焊丝等。目前国内外厂家推出的所谓无镀铜焊丝，应该称为特种涂层焊丝，由于各厂家涂层成分不同和表面处理方式的差异，焊丝的性能也有不同。性能优良的涂层和表面处理工艺，不但起防锈和润滑的作用，焊接时不产生铜烟尘，而且可提升焊丝的电弧稳定性和减少焊接飞溅。目前，国内外厂家对这种焊丝涂层和表面处理工艺仍在不断改进中，期望这种焊丝与精确控制电弧过渡的数字化逆变焊机相配合，可以实现高效率、低飞溅的大电流 CO_2 焊接，达到相当于药芯焊丝焊接的工艺效果，是今后的发展方向。

第二节 焊接材料的作用

一、焊接材料的合金元素对焊接性能的影响

焊接材料中合金元素是影响焊缝组织和性能的重要因素，随着合金成分和含量的变化，焊缝的组织 and 性能将发生相应的改变。为了保证焊缝金属具有所要求的成分和性能，必须保证严格控制焊接材料中的合金元素。合金元素对焊接性能的影响如下。

①碳 (C)。对焊接性能及焊缝金属组织性能的影响主要表现在提高强度和硬度，但随着强度和硬度的提高，焊缝金属的塑性和韧性下降。

②锰 (Mn)。来自生铁及脱氧剂。Mn 有很好的脱氧能力，能消除钢中的 FeO ，还能与 S 形成 MnS ，以消除 S 的有害作用。这些反应产物大部分进入炉渣而被除去，小部分残留于钢中成为非金属夹杂物。因此，Mn 能改善钢的品质，降低钢的脆性，能提高钢的热加工性能。Mn 除了形成 MnO 和 MnS 作为杂质存在于钢中以外，在室温下 Mn 能溶于铁素体中，对钢有一定的强化作用。

③硅 (Si)。也来自生铁与脱氧剂。Si 的脱氧能力比 Mn 强，是主要的脱氧剂，能消除 FeO 夹杂对钢的不良影响。Si 能与 FeO 作用形成 SiO_2 ，然后进入炉渣而被排除。Si 处理形成 SiO_2 除作为杂质存在于钢中以外，在室温下，Si 大部分溶于铁素体中，因此，Si 对钢有强化作用。

④铬 (Cr)。是不锈钢中的主加元素, Cr 与氧生成 Cr_2O_3 保护膜, 防止氧化; 但 Cr 与 C 能形成 Cr_{23}C_6 , 是导致不锈钢晶间腐蚀的主要原因。在低合金钢中, Cr 含量小于 1.6%, 能提高钢的淬透性, 不降低冲击韧性。

⑤镍 (Ni)。在钢中加入镍, 可以提高钢的强度和冲击韧性, Ni 与 Cr 配合加入效果更佳。一般增加低合金钢中的 Ni 含量会提高钢的屈服强度, 但钢中 Ni 含量较高时热裂纹 (主要是液化裂纹) 倾向明显增加。

⑥钛 (Ti)。与 O 的亲合力很大, 以微小颗粒氧化物的形式弥散分布于焊缝中, 可以促进焊缝金属晶粒细化。Ti 与 C 形成的 TiC 粒子对焊缝起弥散强化作用。Ti 与 B 同时加入对焊缝性能的影响最佳, 低合金钢焊缝中, Ti、B 含量的最佳范围为: $\text{Ti} = 0.01\% \sim 0.02\%$, $\text{B} = 0.002\% \sim 0.006\%$ 。

⑦钼 (Mo)。低合金钢焊缝中加入少量的 Mo, 不仅能提高强度, 同时也能改善韧性。向焊缝中再加入微量 Ti, 更能发挥 Mo 的有益作用, 使焊缝金属的组织更加均匀, 冲击韧性显著提高。对于 Mo - Ti 系焊缝金属, 当 $\text{Mo} = 0.20\% \sim 0.35\%$, $\text{Ti} = 0.03\% \sim 0.05\%$ 时, 可得到均匀的细晶粒铁素体组织, 焊缝具有良好的韧性。

⑧钒 (V)、铌 (Nb)。适量的 Nb 和 V 可以提高焊缝的冲击韧性。 $\text{Nb} = 0.03\% \sim 0.04\%$, $\text{V} = 0.05\% \sim 0.1\%$, 可使焊缝金属具有良好的韧性。但采用 Nb、V 来细化焊缝, 当焊后不再进行正火处理时, Nb 和 V 的氮化物以微细共格沉淀相存在, 焊缝的强度大幅度提高, 致使焊缝的

韧性下降。

合金元素在钢以及在焊缝中主要以固溶体和化合物两种形态存在。部分合金元素对焊接性能的影响以及形成碳化物的倾向见表 1-1。该表列出的仅是一般性的作用，实际应用中还应考虑合金元素之间存在的交互作用。

表 1-1 合金元素对焊接性能的影响及形成碳化物的倾向

元素	对焊接性能的影响	形成碳化物情况		主要作用
		生成倾向	在回火中作用	
Mn	$C \leq 0.2\%$ 时, $Mn = 1\% \sim 2\%$ 对焊接性能影响不大	比 Fe 稍强, 比 Cr 小	一般含量作用很小	强化, 改善塑性, 脱硫
Si	降低焊接性能	石墨化	形成固溶体可保持硬度	强化, 抗氧化, 脱氧
P	增加裂纹敏感性	无	—	强化低碳钢, 抗大气腐蚀
Cu	$Cu \leq 0.5\% \sim 0.6\%$ 时, 对焊接性能影响不大	石墨化	弱的二次硬化	抗大气腐蚀, 强化
Ti	降低淬硬倾向, 改善焊接性能	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

续表

元素	对焊接性能的影响	形成碳化物情况		主要作用
		生成倾向	在回火中作用	
Al	焊接性能较差, 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	恶化焊接性能, 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	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	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	改善焊接性能	石墨化	无 (甚微)	提高塑性、韧性, 改善低温韧性、耐热性, 抗腐蚀

续表

元素	对焊接性能的影响	形成碳化物情况		主要作用
		生成倾向	在回火中作用	
B	恶化焊接性能	很强	—	提高淬透性, 强化, 细化晶粒, 脱氧、定氮
Re	改善焊接性能	很强	—	细化晶粒, 脱硫、脱氢
N	降低焊接性能	无	二次硬化作用大, 有蓝脆现象	强化, 细化晶粒
Nb	改善焊接性能	仅次于 Ti	当 $Nb/C \geq 20$, 二次硬化作用大	强化, 细化晶粒

二、有害杂质的控制

杂质对焊缝金属的性能和金属焊接性能有十分重要的影响, 影响较大的有害元素主要有 S、P、N、H、O 等。

①硫 (S)。是由生铁及燃料带入钢中的杂质。S 在钢中几乎不能溶解, 能与铁形成化合物, 在钢中以 FeS 形式存在, FeS 与 Fe 形成熔点较低的共晶体 (熔点为 985°C)。当钢在 1200°C 左右进行热加工时, 分布于晶界的低熔点的