

实用电焊技术

高忠民 编著

金盾出版社

序

焊接技术是机械制造业、建筑业及其他行业的关键技术之一。大多数工业产品、建筑产品及能源、石油、化工、航空、航天、船舶、海洋工程和各种压力容器、管道等无不依靠焊接技术来完成,其中相当数量的设备和产品,如不采用焊接就不可能制造。工业发达国家一般钢产量的40%左右是经过焊接加工才成为工业产品的。在建筑施工中,焊接作业不论在工程量方面、质量要求方面,还是在技术先进性方面,都日益起到越来越重要的作用。我国的现代焊接科学技术,随着经济的发展,进步极为迅速。

在焊接生产中,电焊是最为主要的焊接技术。电焊一方面面临着新的焊接技术、工艺、设备和材料,另一方面面临着培养和壮大焊接生产、科研队伍的严峻问题。编写《实用电焊技术》的目的是:为读者解决电焊生产实际问题提供系统的技术资料,以减少不必要的重复性实验研究工作,引导读者正确选择和使用电焊的焊接方法和焊接设备,了解和掌握现代先进的电焊技术。

《实用电焊技术》的编写原则是:以电焊生产实践经验为主,在内容上突出先进性、科学性、可靠性和实用性。编者经过较长时间的准备,广泛收集反映现代电焊技术的资料,对电焊技术进行了全面、系统地叙述,以满足读者的需要。

《实用电焊技术》的编写特点是:执行国家和部颁最新的规范和标准,既是电焊生产的工具书,又是科研、教学用书。它密切结合焊接生产实践,能解决实际问题。

由于本书内容涉及的范围非常广泛,编写时间较短,限于编者水平,难免有不足和错误之处,敬请读者批评指正。

目 录

第一章 金属学基本知识	(1)
第一节 钢的分类及牌号	(1)
一、钢的分类	(1)
二、钢的牌号	(2)
第二节 合金元素在钢中的作用	(6)
第三节 钢中的有害杂质和有害气体	(7)
一、钢中的有害杂质	(7)
二、钢中的有害气体	(7)
第四节 钢的性能指标	(8)
一、钢的物理性能指标	(8)
二、钢的化学性能指标	(8)
三、钢材的力学性能指标	(9)
四、钢的工艺性能	(11)
第五节 钢的常见组织	(11)
一、钢的晶体结构	(11)
二、钢的常见组织	(12)
第六节 铁-碳平衡状态图和钢的热处理	(14)
一、铁-碳平衡状态图	(14)
二、钢的热处理	(15)
第七节 钢的焊接性	(16)
一、碳钢的焊接性	(16)
二、合金钢的焊接性	(17)
第二章 焊条电弧焊	(18)
第一节 焊条电弧焊的基础知识	(18)
一、焊条电弧焊的特点	(18)
二、焊条电弧焊的冶金特性	(18)
三、电弧特性	(25)
第二节 焊条电弧焊设备	(27)
一、焊条电弧焊对电焊机的基本要求	(27)
二、焊条电弧焊机的种类	(28)
三、焊条电弧焊机的选择	(42)
四、焊条电弧焊设备的使用、维护和常见故障排除	(43)

五、焊条电弧焊辅助设备及工具	(47)
第三节 电焊条	(54)
一、电焊条的分类及特性	(54)
二、电焊条的型号	(56)
三、电焊条的选用原则	(68)
四、电焊条的保管、使用与鉴定	(71)
第四节 焊条电弧焊的基本操作技术	(75)
一、引弧	(75)
二、运条	(76)
三、各种长度焊缝的焊接方法	(78)
四、收弧	(79)
五、各种位置的焊接技术	(79)
六、单面焊双面成形技术	(86)
第五节 焊条电弧焊焊接规范	(95)
一、焊条直径的选择	(95)
二、电源种类和极性的选择	(96)
三、焊接电流的选择	(96)
四、电弧电压	(97)
五、焊接层数	(98)
六、焊接速度	(98)
第六节 焊接接头	(98)
一、焊接接头和坡口形式	(98)
二、坡口形式的选择原则	(99)
三、焊缝符号	(100)
第七节 常用金属材料的焊条电弧焊	(102)
一、碳素钢的焊接	(102)
二、低合金结构钢的焊接	(109)
三、耐热钢的焊接	(113)
四、低温钢的焊接	(118)
五、不锈钢的焊接	(121)
六、铸铁的焊接	(126)
七、铸件的焊补技术	(129)
八、铜和铜合金的焊接	(135)
九、铝和铝合金的焊接	(138)
十、镍和镍合金的焊接	(140)
第八节 焊条电弧焊工艺实例	(144)
一、焊前的准备工作	(144)
二、金属结构焊接工艺实例	(146)
三、管、锅炉、压力容器焊接工艺实例	(148)

四、碳弧气刨	(157)
第三章 气体保护焊	(165)
第一节 气体保护焊概述	(165)
一、气体保护焊的优点	(165)
二、气体保护焊的分类及其应用	(165)
第二节 二氧化碳气体保护焊	(168)
一、二氧化碳气体保护焊的特点和应用	(168)
二、焊接设备	(168)
三、焊接规范和操作工艺	(169)
四、药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊	(172)
第三节 钨极惰性气体保护焊(TIG 焊)	(176)
一、手工钨极氩弧焊焊接设备	(177)
二、机械化钨极氩弧焊焊接设备	(181)
三、脉冲钨极氩弧焊焊接设备	(182)
四、TIG 焊坡口选择	(183)
五、常用金属材料的 TIG 焊	(186)
六、手工钨极氩弧焊基本操作技术	(199)
七、手工钨极氩弧焊管焊接工艺	(201)
第四节 熔化极惰性气体保护焊(MIG 焊)	(205)
一、熔化极惰性气体保护焊保护气体分类及特点	(206)
二、熔化极气体保护焊焊接设备	(209)
三、不锈钢的 MIG 焊	(214)
四、铝及铝合金的 MIG 焊	(215)
五、铜及铜合金的 MIG 焊	(218)
六、钛及钛合金的 MIG 焊	(220)
第四章 埋弧焊	(222)
第一节 埋弧焊的原理、特点及应用	(222)
一、埋弧焊的工作原理	(222)
二、埋弧焊的特点	(222)
三、埋弧焊的应用范围	(224)
第二节 埋弧焊设备	(224)
一、埋弧焊电源	(224)
二、埋弧焊机	(226)
三、埋弧焊机辅助设备	(229)
四、埋弧焊机的使用、维护和常见故障的排除.....	(230)
第三节 埋弧焊用焊接材料	(232)
一、焊丝	(232)
二、焊剂的分类	(233)
三、焊剂的牌号和化学成分	(234)

四、常用焊丝与焊剂的匹配	(236)
第四节 埋弧焊焊接工艺	(238)
一、埋弧焊焊接工艺参数及其影响	(238)
二、埋弧焊前准备工作	(240)
三、单面焊双面成形埋弧自动焊	(240)
四、对接焊缝双面机械化埋弧焊	(245)
五、多层机械化埋弧焊	(247)
六、对接环缝机械化埋弧焊	(247)
七、其他机械化埋弧焊	(248)
八、埋弧焊的主要缺陷及其防止措施	(252)
第五节 常用金属材料的埋弧焊	(253)
一、低碳钢埋弧焊	(253)
二、低合金钢埋弧焊	(254)
三、不锈钢埋弧焊	(261)
四、镍基耐蚀合金埋弧焊	(262)
五、铜及铜合金埋弧焊	(265)
第五章 电渣焊	(269)
第一节 电渣焊设备	(269)
一、电渣焊分类和电渣焊设备的组成	(269)
二、电渣焊机的型号、性能和操作	(272)
三、电渣焊焊接过程控制	(277)
第二节 电渣焊用焊接材料	(278)
一、电极材料	(278)
二、管极涂料	(279)
三、焊剂	(280)
第三节 常用金属材料的电渣焊	(281)
一、碳素钢和低合金钢的电渣焊	(281)
二、铝及钛合金的电渣焊	(285)
第四节 电渣焊工艺与实例	(286)
一、多丝电渣焊的焊接方法	(286)
二、熔嘴电渣焊的焊接方法	(287)
三、厚度为 30mm 和 40mm 的 16Mn 板材直缝管极电渣焊	(288)
四、轧钢机机架的电渣焊	(290)
五、电渣焊焊接接头的缺陷及预防措施	(291)
第六章 等离子弧焊接与等离子弧切割	(293)
第一节 等离子弧的形成及应用特点	(293)
一、等离子弧的形成和类型	(293)
二、等离子弧的应用特点	(294)
第二节 等离子弧焊接与切割设备	(295)

一、等离子弧焊接设备	(295)
二、等离子弧切割设备	(301)
第三节 等离子弧焊接	(305)
一、等离子弧焊的接头形式	(305)
二、等离子弧焊焊件的装配与夹紧	(306)
三、等离子弧焊的基本方法	(307)
四、双弧现象	(310)
五、常用金属等离子弧焊工艺参数和等离子弧焊气体的选择	(310)
六、等离子弧焊工程实例	(312)
第四节 等离子弧切割	(315)
一、等离子弧切割的分类	(315)
二、等离子弧切割气体的选择和常用金属材料等离子弧切割工艺参数	(316)
三、等离子弧切割操作步骤和工程实例	(321)
第五节 等离子弧焊接与切割质量分析	(322)
一、等离子弧焊接缺陷及防止措施	(322)
二、等离子弧切割缺陷及防止措施	(323)
第七章 热喷涂	(326)
第一节 热喷涂的特点和分类	(326)
一、热喷涂特点	(326)
二、热喷涂分类	(326)
第二节 电弧喷涂和等离子喷涂设备	(328)
一、电弧喷涂设备	(328)
二、等离子喷涂设备	(328)
第三节 热喷涂工艺	(329)
一、工件表面的制备	(330)
二、工件的预热	(331)
三、喷涂工作层	(331)
四、喷后处理	(332)
五、喷涂层缺陷及防止	(333)
六、喷涂工程实例	(334)
第四节 热喷涂材料	(335)
一、热喷涂材料的分类和选用	(335)
二、常用热喷涂材料的牌号、成分及性能	(336)
第八章 电阻焊	(342)
第一节 点焊	(342)
一、点焊过程和点焊设备	(342)
二、点焊工艺	(348)
三、常用金属材料的点焊	(352)
四、点焊接头质量	(359)

第二节 缝焊	(360)
一、缝焊的基本形式和缝焊设备	(360)
二、缝焊工艺	(361)
三、常用金属材料的缝焊	(364)
四、缝焊接头质量	(370)
第三节 凸焊	(370)
一、凸焊过程和凸焊设备	(371)
二、凸焊接头准备	(373)
三、凸焊焊接参数	(374)
第四节 对焊	(376)
一、电阻对焊	(376)
二、闪光对焊	(378)
三、对焊设备	(382)
第九章 异种金属焊接技术	(384)
第一节 异种金属焊接原理	(384)
一、异种金属的焊接性	(384)
二、异种金属焊接的主要困难	(385)
三、异种金属焊接接头	(386)
四、异种金属的焊接方法	(389)
第二节 异种钢的焊接	(390)
一、碳素钢与低合金结构钢的焊接	(390)
二、锅炉钢与低合金结构钢的焊接	(397)
三、碳素钢与不锈钢的焊接	(400)
四、异种不锈钢的焊接	(412)
五、低合金结构钢与不锈钢的焊接	(417)
六、复合钢板的焊接	(422)
第三节 铸铁与钢的焊接	(428)
一、铸铁与钢的焊接性	(428)
二、灰铸铁与碳素钢的焊接	(431)
三、可锻铸铁与碳素钢的焊接	(435)
四、球墨铸铁与碳素钢的焊接	(437)
五、铸铁与不锈钢的焊接	(438)
第四节 钢与有色金属的焊接	(439)
一、钢与铜的焊接	(439)
二、钢与铝的焊接	(443)
第十章 堆焊	(446)
第一节 堆焊焊缝	(446)
一、堆焊的意义	(446)
二、堆焊焊缝及其冶金特点	(446)

第二节 堆焊填充材料的选择	(448)
一、铁基堆焊金属	(448)
二、钴基堆焊金属	(456)
三、镍基堆焊金属	(457)
四、铜基堆焊金属	(458)
五、碳化钨堆焊金属	(461)
第三节 常用的堆焊工艺	(462)
一、焊条电弧堆焊	(462)
二、埋弧堆焊	(464)
三、熔化极气体保护电弧堆焊	(465)
四、振动堆焊	(467)
五、钨极氩弧堆焊	(467)
六、等离子弧堆焊	(468)
七、电渣堆焊	(470)
第四节 堆焊操作技术要点	(472)
一、清理母材金属	(472)
二、母材金属预热	(472)
三、确定堆焊焊接工艺参数	(473)
四、堆焊后的处理	(474)
五、保证堆焊质量采取的措施	(475)
第五节 堆焊实例	(475)
一、阀门密封面堆焊	(475)
二、焊条电弧堆焊修复齿轮	(477)
三、25 钢 CO ₂ 气体保护堆焊	(478)
四、粉末等离子弧堆焊实例	(478)
五、挖掘机铲斗和齿的堆焊	(480)
第十一章 焊接应力和焊接变形	(481)
第一节 焊接应力和焊接变形产生的原因及危害性	(481)
一、焊接应力和焊接变形产生的原因	(481)
二、焊接应力和焊接变形的危害性	(482)
第二节 焊接应力	(483)
一、焊接应力及其分布	(483)
二、焊接应力的降低和调整	(485)
三、消除焊接残余应力的方法	(487)
第三节 焊接变形	(489)
一、焊接变形的种类	(489)
二、焊接残余变形的估算方法	(490)
三、防止焊接变形的措施	(492)
四、焊接变形的矫正	(494)

第十二章 焊接缺陷和焊接检验	(497)
第一节 焊接缺陷	(497)
一、焊接缺陷的分类	(497)
二、焊接缺陷的产生原因、危害和防止措施.....	(497)
第二节 焊接检验	(506)
一、焊接检验的内容	(506)
二、焊接检验方法	(507)
三、焊接质量检验	(510)
第十三章 电焊安全技术	(518)
第一节 电焊作业的危害因素	(518)
一、触电	(518)
二、电弧辐射	(518)
三、焊接烟尘	(519)
四、有害气体	(519)
五、放射性物质	(520)
六、高频电磁场	(520)
七、噪声	(520)
第二节 电焊安全技术	(521)
一、焊接安全用电	(521)
二、焊条电弧焊安全技术	(523)
三、气体保护焊安全技术	(525)
四、埋弧焊安全技术	(525)
五、等离子弧焊接与切割安全技术	(526)
六、电阻焊安全技术	(526)
七、碳弧气刨安全技术	(526)
八、容器焊接作业安全技术	(527)
九、电焊工高处作业安全技术	(527)
十、焊接作业的防火防爆措施	(528)
十一、触电急救	(528)
第三节 焊接劳动保护	(529)
一、电焊辐射防护措施	(530)
二、高频电磁场的防护措施	(531)
三、焊接烟尘和有毒气体的防护措施	(531)
四、放射性防护措施	(532)
五、噪声防护措施	(533)
附录	
附录一 常用钢的种类、牌号、力学性能及焊接性.....	(534)
附录二 常用灰口铸铁和球墨铸铁的牌号及力学性能.....	(537)
附录三 焊接接头的基本形式与基本尺寸(GB 985—88)	(538)

第一章 金属学基本知识

第一节 钢的分类及牌号

一、钢的分类

钢是以铁为主要元素,含碳量一般在 2% 以下,并含有其他元素的金属材料。钢可按化学成分、用途和质量分类。

(一)按化学成分分类

钢按化学成分分类可分为碳素钢和合金钢。

1. 碳素钢

碳素钢是以铁为基本成分的铁碳合金。实际上,碳素钢中除以碳为主要合金元素外,还含有少量的有益元素锰和硅。锰含量一般小于 1%,硅含量都在 5% 以下。此外,碳素钢中还含有少量杂质元素硫和磷,并限制其含量。

碳素钢按含碳量分低碳钢(含碳量小于 0.30%)、中碳钢(含碳量 0.30%~0.60%)、高碳钢(含碳量大于 0.60%)。

2. 合金钢

合金钢是在碳素钢的基础上人为地加入铬、锰、钛、钼、钨、钒等合金元素,以提高钢的性能。合金钢中合金元素总量小于 5% 的称为低合金钢;合金元素总量在 5%~10% 的称为中合金钢;合金元素大于 10% 的称为高合金钢。

(二)按用途分类

钢按用途分类可分为结构钢、工具钢和特殊性能钢。

1. 结构钢

结构钢用于制造工程结构(如桥梁、船舶、高压容器、网架结构等)和机械零件(如轴、齿轮等)。工程结构用钢的含碳量一般都在低碳钢范围内,在轧制或正火状态下使用,很少进行热处理,工程结构钢适于焊接。机械零件用钢大多数需要进行热处理。

2. 工具钢

工具钢用于制造各种工具、模具、刀具和量具。工具钢含碳量高,要求硬度较高。

3. 特殊性能钢

特殊性能钢指不锈钢、耐热钢、耐磨钢等,一般均具有较高含量的合金元素。

(三)按质量优劣分类

钢按质量优劣可分为普通质量钢、优质钢和特殊质量钢。

1. 普通质量钢

普通质量钢中磷的含量不大于 0.045%,硫的含量不大于 0.55%。

2. 优质钢

优质钢中磷的含量不大于 0.040%，硫的含量不大于 0.040%。

3. 特殊质量钢

特殊质量钢中磷的含量不大于 0.035%，硫的含量不大于 0.030%。

此外，钢按脱氧程度的不同分为沸腾钢、半镇静钢、镇静钢和特殊镇静钢；钢按冶炼方法分平炉钢、转炉钢和电炉钢。

二、钢的牌号

(一) 碳素结构钢和低合金钢的牌号

这类钢分为通用钢和专用钢两大类。

1. 通用结构钢

通用结构钢采用代表屈服点的拼音字母“Q”，屈服点数值(单位为 MPa)和规定的质量等级、脱氧方法等符号表示，按顺序组成牌号。如碳素结构钢牌号为“Q235AF”和“Q235BZ”，低合金结构钢牌号表示为“Q345C”和“Q345D”等。牌号的技术含义如图 1-1 所示。

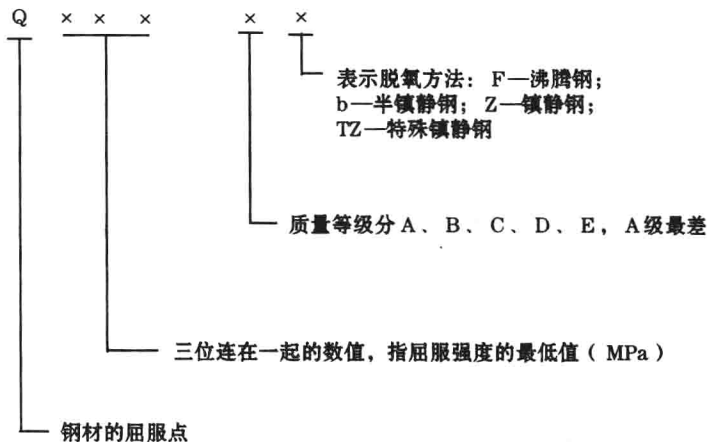


图 1-1 通用结构钢牌号含义

碳素结构钢中，表示镇静钢的符号“Z”和表示特殊镇静钢的符号“TZ”可以省略。例如，质量等级分别为 C 级和 D 级的 Q235 钢，其牌号为“Q235CZ”和“Q235DTZ”，可以省略为“Q235C”和“Q235D”。

低合金高强度结构钢分别为镇静钢和特殊镇静钢，在牌号的组成中没有表示脱氧方法的符号。

2. 专用结构钢

专用结构钢一般采用代表钢屈服点的符号“Q”、屈服点数值(单位为 MPa)和代表产品用途的符号等表示。例如，压力容器用钢牌号表示为“Q345R”；焊接气瓶用钢牌号表示为“Q295HP”；锅炉用钢牌号表示为“Q390g”；桥梁用钢表示为“Q420q”。耐候钢是抗大气腐蚀用的低合金高强度结构钢，其牌号表示为“Q340NH”。

优质碳素结构钢采用阿拉伯数字或阿拉伯数字和规定的符号表示，以二位阿拉伯数字表示平均含碳量(以万分之几计)。例如，平均含碳量为 0.08% 的沸腾钢，其牌号为“08F”；平均含碳量为 0.10% 的半镇静钢，其牌号为“10b”。镇静优质碳素钢一般不标符号。例如平均含碳量

为 0.45% 的镇静钢,其牌号为“45”。

较高含锰量的优质碳素结构钢,在表示平均含碳量的阿拉伯数字后加锰元素符号。例如,平均含碳量为 0.50%,含锰量为 0.70%~1.00% 的钢,其牌号表示为“50Mn”。

高级优质碳素结构钢,在牌号后加“A”。例如,平均含碳量为 0.20% 的高级优质碳素结构钢,其牌号为“20A”。特级优质碳素钢,在牌号后加“E”。例如,平均含碳量为 0.45% 的特级优质碳素结构钢,其牌号表示为“45E”。

专用优质碳素结构钢,采用阿拉伯数字代表平均含碳量(万分之几)和代表产品用途的符号表示。例如,平均含碳量为 0.20% 的锅炉用钢,其牌号表示为“20g”。

根据需要,通用低合金高强度结构钢的牌号也可以采用二位阿拉伯数字(表示平均含碳量,以万分之几计)和合金元素符号,按顺序表示;专用低合金高强度结构钢的牌号也可以采用二位阿拉伯数字(表示平均含碳量,以万分之几计)和合金元素符号及代表产品用途的符号,按顺序表示。

(二)合金结构钢的牌号

合金结构钢牌号采用阿拉伯数字和合金元素符号表示。用二位阿拉伯数字表示平均含碳量(以万分之几计),放在牌号头部。合金元素的表示方法为:平均含量小于 1.50% 时,牌号中仅标明元素,一般不标明含量;平均合金含量为 1.50%~2.49%、2.50%~3.49%、3.50%~4.49%、4.50%~5.49%……时,在合金元素后相应写成 2、3、4、5……例如,碳、铬、锰和硅的平均含量分别为 0.30%、0.95%、0.85%、1.05% 的合金结构钢,其牌号表示为“30CrMnSi”;碳、铬、镍的平均含量分别为 0.20%、0.75%、2.95% 的合金结构钢,其牌号表示为“20CrNi3”。

高级优质合金结构钢,在牌号尾部加符号“A”表示。例如“30CrMnSiA”。特级优质合金结构钢,在牌号尾部加符号“E”表示,例如“30CrMnSiE”。

专用合金结构钢,在牌号头部(或尾部)加规定的代表产品用途的符号表示。例如,碳、铬、锰、硅的平均含量分别为 0.30%、0.95%、0.85%、1.05% 的柳螺钢,其牌号表示为“ML30CrMnSi”。

(三)不锈钢和耐热钢的牌号

不锈钢和耐热钢牌号采用合金元素符号和阿拉伯数字表示,易切削不锈钢和耐热钢在牌号头部加“Y”。一般用一位阿拉伯数字表示平均含碳量(以千分之几计);当平均含碳量不小于 1.00% 时,采用二位阿拉伯数字表示;当含碳量的上限小于 0.1%,以“0”表示含碳量;当含碳量上限不大于 0.03%,大于 0.01% 时(超低碳),以“03”表示含碳量;当含碳量上限不大于 0.01% 时(极低碳),以“01”表示含碳量。含碳量没有规定下限时,采用阿拉伯数字表示含碳量的上限数字。合金元素的表示方法同合金结构钢。例如,平均含碳量为 0.20%,含铬量为 13% 的不锈钢,其牌号表示为“2Cr13”;含碳量上限为 0.08%,平均含铬量为 18%,含镍量为 9% 的铬镍不锈钢,其牌号表示为“0Cr18Ni9”;含碳量上限为 0.12%,平均含铬量为 17% 的加硫易切削铬不锈钢,其牌号表示为“Y1Cr17”;平均含碳量为 1.10%,含铬量为 17% 的高碳铬不锈钢,其牌号表示为“11Cr17”;含碳量上限为 0.03%,平均含铬量为 19%,含镍量为 10% 的超低碳不锈钢,其牌号表示为“03Cr19Ni10”;含碳量上限为 0.01%,平均含铬量为 19%,含镍量为 11% 的极低碳不锈钢,其牌号表示为“01Cr19Ni11”。

(四)焊接用钢的牌号

焊接用钢包括焊接用碳素钢、焊接用合金钢和焊接用不锈钢等,其牌号表示方法是在上述

钢牌号头部加符号“H”。例如，“H08”、“H08Mn2Si”、“H1Cr19Ni9”。高级优质焊接用钢，在牌号尾部加符号“A”。例如，“H08A”、“H08Mn2SiA”。

在钢的牌号中常用的化学元素符号详见表 1-1。在牌号中表示产品名称、用途、特性和工艺方法的符号见表 1-2。

表 1-1 常用化学元素符号

元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号	元素名称	化学元素符号
铁	Fe	锂	Li	钐	Sm
锰	Mn	铍	Be	铀	Ac
铬	Cr	镁	Mg	硼	B
镍	Ni	钙	Ca	碳	C
钴	Co	锆	Zr	硅	Si
铜	Cu	锡	Sn	硒	Se
钨	W	铅	Pb	碲	Te
钼	Mo	铋	Bi	砷	As
矾	V	铯	Cs	硫	S
钛	Ti	钡	Ba	磷	P
铝	Al	镧	La	氮	N
铌	Nb	铈	Ce	氧	O
钽	Ta	钕	Nd	氢	H

注：混合稀土元素符号用“RE”表示

表 1-2 钢和铁碳合金产品名称及表示符号

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉字	汉语拼音			
炼钢用生铁	炼	LIAN	L	大写	牌号头
铸造用生铁	铸	ZHU	Z	大写	牌号头
球墨铸铁用生铁	球	QIU	Q	大写	牌号头
脱碳低磷生铁	脱炼	TUO LIAN	TL	大写	牌号头
含钒生铁	钒	FAN	F	大写	牌号头
耐磨生铁	耐磨	NAI MO	NM	大写	牌号头
碳素结构钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
低合金高强度钢	屈	QU	Q	大写	牌号头
耐候钢	耐候	NAI HOU	NH	大写	牌号尾
保证淬透性钢			H	大写	牌号尾
易切削非调质钢	易非	YIFEI	YF	大写	牌号头

续表 1-2

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉字	汉语拼音			
热锻用非调质钢	非	FEI	F	大写	牌号头
易切削钢	易	YI	Y	大写	牌号头
电工用热轧硅钢	电热	DIAN RE	DR	大写	牌号头
电工用冷轧无取向硅钢	无	WU	W	大写	牌号中
电工用冷轧取向硅钢	取	QU	Q	大写	牌号中
电工用冷轧取向高磁感硅钢	取高	QU GAO	QG	大写	牌号中
(电讯用)取向高磁感硅钢	电高	DIAN GAO	DG	大写	牌号头
电磁纯铁	电铁	DIAN TIE	DT	大写	牌号头
碳素工具钢	碳	TAN	T	大写	牌号头
塑料模具钢	塑模	SU MO	SM	大写	牌号头
(滚珠)轴承钢	滚	GUN	G	大写	牌号头
焊接用钢	焊	HAN	H	大写	牌号头
钢轨钢	轨	GUI	U	大写	牌号头
铆螺钢	铆螺	MAO LUO	ML	大写	牌号头
锚链钢	锚	MAO	M	大写	牌号头
地质钻探钢管用钢	地质	DI ZHI	DZ	大写	牌号头
船用钢			采用国际符号		
汽车大梁用钢	梁	LIANG	L	大写	牌号尾
矿用钢	矿	KUANG	K	大写	牌号尾
压力容器用钢	容	RONG	R	大写	牌号尾
桥梁用钢	桥	QIAO	q	小写	牌号尾
锅炉用钢	锅	GUO	g	小写	牌号尾
焊接气瓶用钢	焊瓶	HAN PING	HP	大写	牌号尾
车辆车轴用钢	辆轴	LIANG ZHOU	LZ	大写	牌号头
机车车轴用钢	机轴	JI ZHOU	JZ	大写	牌号头
管线用钢			S	大写	牌号头
沸腾钢	沸	FEI	F	大写	牌号尾
半镇静钢	半	BAN	b	小写	牌号尾
镇静钢	镇	ZHEN	Z	大写	牌号尾
特殊镇静钢	特镇	TE ZHEN	TZ	大写	牌号尾
质量等级 A			A	大写	牌号尾

续表 1-2

名 称	采用的汉字及汉语拼音		采用符号	字 体	位 置
	汉字	汉语拼音			
质量等级 B			B	大写	牌号尾
质量等级 C			C	大写	牌号尾
质量等级 D			D	大写	牌号尾
质量等级 E			E	大写	牌号尾

注:没有汉字及汉语拼音的,采用符号为英文字母。

第二节 合金元素在钢中的作用

1. 碳(C)

碳是钢的主要强化元素之一。随着钢的含碳量的增加,钢的强度、硬度、淬硬倾向、低温脆化倾向增加,塑性、韧性和抗腐蚀性能降低。含碳量对钢的焊接性影响极大。一般说,随着含碳量的增加,焊缝金属和焊接热影响区产生焊接裂纹的倾向增加,焊接性变差。当含碳量高于 0.25% 时,焊接性即已开始变差。

2. 锰(Mn)

锰是强化元素之一,能溶于铁素体中,起固溶强化作用,提高钢的强度和硬度。锰又是一种良好的脱氧和脱硫剂。焊接时经常利用锰来进行脱氧和脱硫。锰在钢中的含量小于 2% 时,可以使钢的强度明显提高,并能提高钢在低温下的冲击韧性。

锰有增加晶粒长大的倾向,因此锰会增大钢对淬火过热的敏感性。

3. 硅(Si)

当硅含量小于 1% 时,对钢有强化作用。硅是强脱氧剂,可提高钢在高温下的抗氧化性。焊接时硅易形成高熔点夹杂物残留在焊缝中。

4. 钼(Mo)

钼能提高钢的强度、硬度,能细化晶粒,也能防止回火脆化的现象产生。钼能提高高温强度、蠕变强度和持久强度。含钼量小于 0.6% 时,可提高钢的塑性,减小产生焊接裂纹的可能性。钼能提高冲击韧性,同时还能提高钢的抗氢腐蚀性能。

5. 铬(Cr)

铬可以提高钢的抗氧化性和耐腐蚀性。含铬的钢具有回火脆性,在焊接时易产生裂纹,因此含铬量高的钢可焊性变差。

6. 钒(V)

钒能提高钢的强度,可以细化晶粒,降低晶粒长大倾向。钒能提高淬硬性,并有时效硬化作用,同时也具有回火脆性。

7. 钛(Ti)

钛是强烈的脱氧剂。在含钛的低合金钢中,含钛量为 0.08%~0.15%。钛可以提高钢的强度,细化晶粒,提高韧性,改善硫的偏析程度。含钛量小于 0.2% 时,可降低产生焊接裂纹和过

热倾向,有利于改善钢的焊接性。

8. 铌(Nb)

铌能与碳形成碳化物,与铁等元素形成金属间的化合物,呈弥漫状态分布,强化铁素体,细化晶粒。在含锰的钢中加入铌可降低冷脆倾向。

第三节 钢中的有害杂质和有害气体

一、钢中的有害杂质

1. 硫(S)

硫是钢中的主要的有害杂质之一。硫几乎不溶于钢,与铁化合生成硫化铁。硫化铁又与铁形成低熔点共晶物,其熔点仅为 988℃。在铸锭及焊缝金属凝固时,这些低熔点共晶物残留在枝晶之间最后凝固,产生的收缩应力容易使其处于液态时拉开而形成裂纹。

当钢中硫的含量较高时,即使铸锭在凝固时未产生裂纹,当在锻造及轧钢热加工中,低熔点物质熔化,也会沿晶界开裂形成裂纹。这种现象称为钢的热脆性。

对于焊接,钢中的硫是非常有害的。当焊接材料本身含硫量高或母材含硫量高时,都会使焊缝金属含硫量偏高,使焊缝金属在凝固时容易产生焊接热裂纹。含硫量高的钢材在焊接时,除焊缝金属产生热裂纹外,因硫化物受热熔化,在焊接热影响区也容易产生液化裂纹。

2. 磷(P)

磷是钢中的另一种有害杂质。钢中的磷可以溶解在铁素体内形成固溶体,使其强度和硬度提高。但磷原子溶于铁素体晶格以后使晶格产生很大的畸变,导致冲击韧性大大降低使材料变脆。但这种不利影响只在低温下才出现,而高温下并不产生,因此,不妨碍热加工。这种现象称为钢的冷脆性。

磷使钢的焊接性恶化,使焊缝金属和焊接热影响区易出现裂纹。

二、钢中的有害气体

1. 氧(O)

钢中超出溶解度的氧以夹杂物的形式存在,降低钢的强度、塑性、韧性,使钢的脆性转变温度明显提高,降低钢材的疲劳强度和冷加工性能。

2. 氢(H)

氢使钢产生白点,引起氢脆现象,严重降低钢的韧性。焊接时焊缝金属所吸收的氢当含量较高时易产生冷裂纹。

3. 氮(N)

氮在铁素体中的溶解度很低,当钢中没有与氮可化合生成氮化物的元素如铝、钛、锆时,大部分氮与铁形成又硬又脆的氮化铁,大大降低钢材的疲劳强度和冷加工性能。

上述氧、氢、氮这些气体在钢中都是有害的。其中一部分是从炼钢的原材料带入的,另一部分是从空气中吸收的。