

建筑钢结构职业技能培训教材

D I A N H A N G O N G

电焊工

浙江省建筑业行业协会钢结构分会 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

建筑钢结构职业技能培训教材

电 焊 工

浙江省建筑业行业协会钢结构分会 主编

浙江大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电焊工 / 浙江省建筑业行业协会钢结构分会主编. — 杭州:
浙江大学出版社, 2007. 1
ISBN 978-7-308-05108-8

I. 电… II. 浙… III. 电焊 - 技术培训 - 教材
IV. TG443

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 159598 号

电焊工

浙江省建筑业行业协会钢结构分会 主编

责任编辑 李桂云

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310028)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江省临安市曙光印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 14

字 数 358 千

版 印 次 2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-05108-8

定 价 25.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

序

近十年来,我国建筑钢结构不仅在数量上,而且在品质上、规模上、技术含量上都得到了迅猛的发展。作为发展基础之一的建筑钢结构大军的队伍建设,职工技能的培训和素质的提高,越来越显示出其重要性。人的因素第一,依然是成就事业的首要条件。

国家“十一·五”规划强调创新和人才开发,植根于拥有全国闻名钢结构企业的浙江省建筑业行业协会钢结构分会,顺应这个社会的需要,动员组织了一大批工作在建筑钢结构第一线的工程技术人员和高技能人才,编写出版有关建筑钢结构职业技能培训教材,是一个很有意义的举措,它必将推动和激发广大职工学习技能的热情,增强职工的学习能力和创新能力,实现企业的人才战略,从而提高企业的核心竞争力。

焊接技术对于建筑业来说是较新的一门专业技术,对建筑钢结构的整体质量占有较重要的位置,所以在建筑钢结构行业进行电焊工的培训是目前要解决的重要问题之一。本教材由一大批焊接专业高级人才编写,他们既有扎实的理论基础,又有在建筑钢结构企业多年生产实践的经验,内容比较符合当前焊接钢结构的生产实际和特点,充实完整,可读性和实用性都很好,作为建筑钢结构企业焊工培训的统一教材是需要的。

中国工程院院士

董石麟

2006年10月

前言

我国建筑钢结构,在实行改革开放的新经济政策前,由于钢产量不到两千万吨,且这些钢材主要用于国防和机械行业,而在建筑业中,明文规定“凡是可用其他材料代替的,均不用钢结构建造”,可见国家的政策是限制使用。在 20 世纪,钢筋混凝土结构成为中国的主导结构。

改革开放以后,我国经济得到了飞速的发展,钢产量自 1996 年起,连续多年超亿吨,这就使得建筑钢结构的发展有了坚实的物质基础,国家政策也从限制使用到鼓励使用,于是出现了建筑钢结构的快速发展。我国年产量为万吨以上的建筑钢结构企业已有近百家,东南网架、杭萧钢构、精工钢结构等企业的年产量甚至达到近 20 万吨,建筑钢结构已成为建筑业的朝阳产业,一个能拉动国民经济的新兴产业。

建筑钢结构的发展,对从事建筑业的电焊工不仅在数量上有着巨大的需求,在质量上也有愈来愈严格的要求,尽快培养出大量的合格的建筑钢结构电焊工已成为社会的需要。本电焊工培训教材正是顺应了这一社会需要。

鉴于历史原因,诸多电焊工培训教材均与机械行业联系在一起。尽管焊接技术有其共性,但建筑钢结构也有自身的特点。如:焊接工作量大、面宽,不仅有制作阶段的工厂焊接;还有安装阶段的现场焊接,包括:高空焊接、施焊条件和方法多变的焊接、杆件和节点种类繁多又多为非标准件且数量较大的焊接等。所以,一些持有压力容器焊工合格证的焊工,在从事建筑钢结构安装过程中,因不适应其节点施焊特点,而出现较高的返修率。为此,本电焊工培训教材,力争尽量结合建筑钢结构的特点,依据《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ81-2002)和《浙江省建筑钢结构焊工考试与管理规则》,针对现有建筑钢结构电焊工的 actual 水平详尽介绍,深入浅出,对口实用。

本教材共十一章,每章若干节,除各类焊工均需学习的第一、二、三、九、十、十一、十二章外,可根据培训对象选用电弧焊、埋弧焊等章进行培训,每章也有一些选修节(带*者),供学有余力者阅读。

本培训教材由浙江省建筑业行业协会钢结构分会组织编写,并由长期从事建筑钢结构专业的张凯声教授级高级工程师和毕业于焊

接专业和金属材料专业、在机械行业和建筑钢结构企业从事数十年工作、既有理论知识又有丰富实践经验的栾淑琴高级工程师(国际焊接工程师)、朱德根高级工程师(国际焊接工程师)、黄祖源高级工程师(国际焊接工程师)、许雄成研究员等共同编写。东南网架范希贤高级工程师、大地网架吴旗连高级技师、杭萧钢构沈军高级技师、精工钢构曾祥文高级技师、开元安装集团王金友技师、恒达钢构朱岳军高级工程师(国际焊接工程师)、浙江省建工集团林峰工程师以及越宫钢构副总经理董枫高级工程师等均审阅了书稿,并提出了宝贵意见,在此一并表示衷心的感谢。浙江省钢结构行业分会常务秘书陆俊和周寒彬也帮助做了核对和绘图工作。

本教材编写中参考了多种相关文献及资料,且主要参考了刘廷贵主编的《锅炉压力容器、压力管道焊工考试基础知识》一书,这里向各位原编者深表感谢。

本书的编写适用于建筑钢结构电焊工的培训教材,尚属首次,我们诚恳地希望专家和广大读者批评指正,期望通过实践,不断地完善本培训教材,为建筑钢结构的发展贡献出一分菲薄的力量。

编 者

2006年10月30日

目 录

第一章 常用钢材知识	(1)
第一节 钢的分类	(1)
第二节 钢材的基本性能	(3)
第三节 钢材的化学成分及其对钢材性能的影响	(6)
第四节 钢材的技术标准	(9)
* 第五节 钢的微观组织	(13)
* 第六节 钢的热处理	(14)
* 第七节 国内外建筑结构钢材对比	(16)
* 第八节 厚度方向性能钢材(Z向钢)	(19)
第二章 焊接材料	(20)
第一节 焊条	(20)
第二节 焊剂	(27)
第三节 焊丝	(32)
第四节 圆柱头焊钉	(37)
第五节 焊接用气体	(41)
第六节 焊接材料的管理	(44)
第七节 焊接材料的选用	(45)
第三章 焊接连接及焊缝的标注	(49)
第一节 焊接方法简述及其优缺点	(49)
第二节 焊接形式和焊缝种类	(51)
第三节 焊接连接的构造要求	(54)
第四节 焊接符号及焊缝的标注	(62)
第四章 电弧焊	(79)
第一节 焊接电弧	(79)
第二节 弧焊电源	(81)
第三节 电弧焊工艺	(83)
第四节 热影响区的组织与性能	(99)
第五章 埋弧焊	(102)
第一节 埋弧焊的工作原理	(102)
第二节 埋弧焊工艺	(103)
第三节 特殊高效埋弧焊简介	(109)
第四节 常用埋弧焊自动焊机简介	(110)
第六章 二氧化碳(CO₂)气体保护焊	(114)
第一节 CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡形式	(114)
第二节 CO ₂ 气体保护焊工艺	(116)
第三节 CO ₂ 气体保护焊的焊接设备	(120)
第七章 电渣焊	(123)

第一节 电渣焊的原理	(123)
第二节 电渣焊的特点	(123)
第三节 电渣焊的类型及其应用	(124)
第四节 电渣焊的电极材料和焊剂	(127)
第五节 非溶嘴电渣焊的工艺参数	(128)
第六节 非溶嘴电渣焊的操作要点	(130)
第八章 焊钉焊	(131)
第一节 概述	(131)
第二节 焊钉焊设备	(132)
第三节 焊钉焊工艺	(135)
第九章 焊接应力与变形	(138)
第一节 概述	(138)
第二节 焊接应力与变形的危害性	(138)
第三节 焊接应力和变形产生的原因	(139)
第四节 焊接应力的分类	(140)
第五节 焊接残余变形分类	(143)
第六节 减少焊接残余应力的方法	(145)
第七节 焊接变形的防止和矫正	(149)
第十章 焊接缺陷与焊接质量检验	(153)
第一节 焊缝缺陷	(153)
第二节 焊接质量检验	(164)
第十一章 焊接安全技术	(173)
第一节 电焊作业时的危险因素	(173)
第二节 安全用电知识	(174)
第三节 防火基本知识	(178)
第四节 防爆基本知识	(179)
第五节 气焊与气割安全	(182)
第六节 登高作业安全技术	(185)
第七节 焊接劳动卫生与防护	(186)
第十二章 焊接工艺评定与焊工考试	(192)
第一节 焊接工艺评定	(192)
第二节 焊工考试	(194)
附录一 ISO 标准(国际标准化组织)摘录	(198)
附录二 欧共体标准 EN10025(1993 修订本)摘录	(200)
附录三 日本标准《焊接结构用轧制钢材》JISG3106 - 1999 摘录	(202)
附录四 GB/T19879 - 2005 建筑结构用钢板(摘录)	(204)
附录五 中华人民共和国机械行业标准(JB/T7949 - 1999)	(206)
附录六 焊缝外观质量标准及尺寸允许偏差(GB50205 附录 A)	(209)
附录七 钢熔化焊接头的要求和缺陷分级(GB/T12469 - 1990)摘要	(211)
附录八 钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级(GB11345 - 1989)摘要	(213)
参考资料	(214)

第一章 常用钢材知识

钢材是指用于建筑钢结构工程中的各种型钢、钢板、钢筋、钢丝等。

钢材具有品质均匀致密、强度高、塑性和韧性好、能经受冲击和振动荷载等优点。钢材还具有优良的冷热加工性能,可以锻压、焊接和切割,便于装配。

采用各种型钢和钢板制作的钢结构,具有强度高、自重轻等特点,适用于大跨度结构、多层及高层结构、受动力荷载的结构和包括重型工业厂房在内的各种工业厂房结构。

第一节 钢的分类

一、按化学成分分类

1. 碳素钢

碳素钢的化学成分主要是铁,其次是碳,其含碳量为 $0.02\% \sim 2.06\%$,含碳量小于 0.25% 的为低碳钢,含碳量为 $0.25\% \sim 0.60\%$ 的为中碳钢,含碳量大于 0.6% 的为高碳钢。建筑钢结构工程中主要使用低碳钢。

2. 合金钢

合金钢是指在炼钢过程中,为改善钢材的性能,特意加入某些元素而制得的一种钢。按合金元素总含量不同,合金钢又分为低合金钢(合金元素总含量小于 5%)、中合金钢(合金元素总含量为 $5\% \sim 10\%$)、高合金钢(合金元素总含量大于 10%)。建筑钢结构工程主要应用低合金钢。

二、按冶炼时脱氧程度分类

1. 沸腾钢

沸腾钢指在炼钢时,仅加入锰铁进行脱氧,脱氧不完全,铸锭时有大量一氧化碳气体逸出,钢液呈沸腾状,故称沸腾钢,代号为“F”。

2. 镇静钢

镇静钢指在炼钢时,采用锰铁、硅铁和铝锭等进行脱氧,脱氧完全,铸锭时能平静地充满锭模并冷却凝固,故称镇静钢,代号为“Z”。

3. 半镇静钢

半镇静钢指其脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间,故称为半镇静钢。代号为“b”。

4. 特殊镇静钢

特殊镇静钢比镇静钢脱氧更彻底,代号为“TZ”。

从钢的质量看,特殊镇静钢优于镇静钢,镇静钢优于半镇静钢,半镇静钢优于沸腾钢,但沸腾钢因其成本低、产量高,故仍被广泛用于一般的建筑钢结构工程。

三、按有害杂质含量分类

按钢中有害杂质磷(P)和硫(S)含量的多少,钢材可分为以下几种:

- ①普通钢(磷含量不大于 0.045%,硫含量不大于 0.050%);
- ②优质钢(磷含量不大于 0.035%,硫含量不大于 0.035%);
- ③高级优质钢(磷含量不大于 0.025%,硫含量不大于 0.025%);
- ④特级优质钢(磷含量不大于 0.025%,硫含量不大于 0.015%)。

四、按用途分类

钢材按用途不同可分为以下几种:

- ①结构钢:主要用于工程结构及机械零件的钢,一般为低、中碳钢。
- ②工具钢:主要用于各种刀具、量具及模具的钢,一般为高碳钢。
- ③特殊钢:具有特殊的物理、化学及机械性能的钢,如不锈钢、耐热钢、耐酸钢、耐磨钢、磁性钢等。

钢材的产品一般分为型材、板材、线材和管材等。型材包括钢结构用的角钢、工字钢、槽钢、方钢、吊车轨等。板材包括用于建造房屋、桥梁及建筑机械的中、厚钢板和用于屋面、墙面和楼板的薄钢板。线材包括用于钢筋混凝土和预应力混凝土用的钢筋、钢丝和钢绞线等。管材包括用于管桁架和暖通给排水的各种圆钢管、方钢管和矩形钢管。

目前,常用的国产建筑钢材有碳素结构钢(GB700-88)和低合金结构钢(GB1591-1994)。

碳素结构钢常用的牌号是 Q235XX, Q 为代表屈服点的字母,后面的数值 235 为屈服点值,第一个 X 为质量等级符号, Q235 有 A、B、C、D 四个质量等级,第二个 X 为脱氧方法,分别为“F”、“b”、“Z”和“TZ”,“Z”和“TZ”一般予以省略。

如 Q235AF 表示屈服点为 235N/mm² 的 A 级沸腾钢, Q215B 表示屈服点为 215N/mm² 的 B 级镇静钢。

沸腾钢成本低、塑性好,镇静钢除上述两点外,在强度特性、抗冲击韧性、抗腐蚀稳定性和焊接性等方面均高于沸腾钢。镇静钢在工程中主要用于承受动力荷载或在负温下使用的焊接结构及其他重要结构中。

低合金结构钢常用的牌号为 Q345(16Mn),其屈服点为 345N/mm²,平均含碳量为

0.16%, 锰的平均含量在 1.6% 以下。

Q345(16Mn)与 Q235 比较,当结构由强度控制时,前者性价比要好得多,当由稳定和构造控制时,其优越性就要降低。目前,在大柱距、大跨度、大吊车吨位场合用 Q345(16Mn)较多;反之,用 Q235 比较普遍。

第二节 钢材的基本性能

一、抗拉性能

抗拉性能是钢材最重要的基本性能。根据低碳钢受拉时的应力-应变曲线(图 1.1),可了解到抗拉性能的下列特征指标。

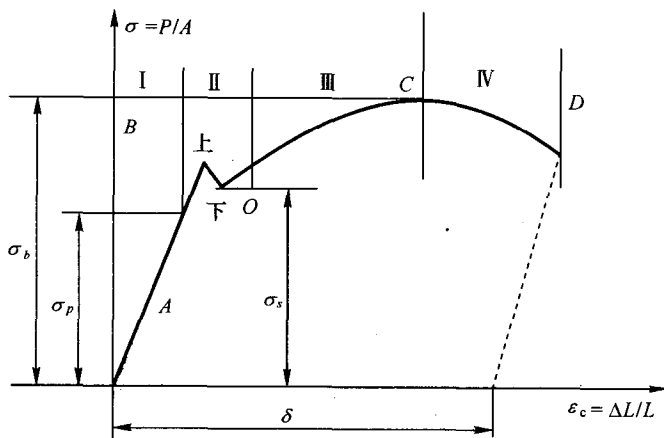


图 1.1 低碳钢受拉时的应力-应变曲线

1. 屈服强度

屈服强度是指钢材开始丧失对变形的抵抗能力,并开始产生大量塑性变形时所对应的应力。在屈服阶段,锯齿形的最高点所对应的应力称为屈服上限;锯齿形的最低点所对应的应力称为屈服下限。屈服上限与试验过程中的许多因素有关。屈服下限比较稳定,容易测试,所以规范中规定以屈服下限的应力值作为钢材的屈服强度,用 σ_s 表示。

中碳钢和高碳钢没有明显的屈服现象,规范规定以 0.2% 残余变形所对应的应力值作为名义屈服强度,用 $\sigma_{0.2}$ 表示。

屈服强度对钢材使用意义重大。一方面,当构件的实际应力超过屈服强度时,将产生不可恢复的永久变形;另一方面,当应力超过屈服强度时,受力较高部位的应力不再提高,而自动将荷载重新分配给某些应力较低部位。因此,屈服强度是确定容许应力的主要依据。

2. 抗拉强度(强度极限)

抗拉强度是钢材所能承受的最大拉应力,即当拉应力达到强度极限时,钢材完全丧失了对变形的抵抗能力而断裂。抗拉强度用 σ_b 表示。

抗拉强度虽然不能直接作为计算依据,但屈服强度与抗拉强度的比值,即“屈强比”(σ_s/σ_b)对工程应用有较大意义。屈强比愈小,反映钢材在应力超过屈服强度工作时的可靠性愈大,即延缓结构损坏过程的潜力愈大,因而结构愈安全。但屈强比过小时,钢材强度的有效利用率低,造成浪费。常用碳素钢的屈强比为 0.58~0.63,合金钢的屈强比为 0.65~0.75。

3. 伸长率

伸长率反映钢材拉伸断裂时所能承受的塑性变形能力,是衡量钢材塑性的重要技术指标。伸长率是以试件拉断后标距长度的增量与原标距长度之比的百分率来表示。伸长率按下式计算:

$$\delta_n = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中 L_1 ——试件拉断后标距部分的长度(mm);

L_0 ——试件的原标距长度(mm);

n ——长或短试件的标志,长试件 $n=10$,短试件 $n=5$ 。

钢材拉伸时塑性变形在试件标距内的分布是不均匀的,颈缩处的伸长较大,故试件原始标距(L_0)与直径(d_0)之比愈大,颈缩处的伸长值在总伸长值中所占比例愈小,计算所得伸长率也愈小。通常钢材拉伸试件取 $L_0=5d_0$,或 $L_0=10d_0$,其伸长率分别以 δ_5 和 δ_{10} 表示。对于相同钢材, $\delta_5 > \delta_{10}$ 。

通常,钢材是在弹性范围内使用的,但在应力集中处,其应力可能超过屈服强度,此时,将产生一定的塑性变形,可使结构中的应力产生重新分布,从而使结构免遭破坏。

二、冷弯性能

冷弯性能是指钢材在常温条件下,承受弯曲变形的能力,另外它也是反映钢材缺陷的一种重要工艺性能。

钢材的冷弯性能以试验时的弯曲角度和弯心直径为指标来表示。

钢材冷弯时弯曲角度愈大,弯心直径愈小,则表示对冷弯性能的要求愈高。试件弯曲处若无裂纹、断裂及起层等现象,则认为其冷弯性能合格。

钢材的冷弯性能与伸长率一样,也是反映钢材在静荷载作用下的塑性,而且冷弯是在更苛刻的条件下对钢材塑性的严格检验,它能反映钢材内部组织是否均匀,是否存在内应力及夹杂物等缺陷。在工程中,冷弯试验还被用作对钢材焊接质量进行严格检验的一种手段。

在钢结构设计规范 GB50017—2003 的 3.3.3 强制性条文中规定,焊接承重结构以及重要的非焊接承重结构采用的钢材还应具有冷弯试验的合格保证。

三、冲击韧性

冲击韧性是指钢材抵抗冲击荷载的能力。钢材的冲击韧性用试件冲断时单位面积上所吸收的能量来表示。冲击韧性按下式计算：

$$\alpha_k = \frac{W}{A}$$

式中 α_k ——冲击韧性(J/cm²)；

W ——试件冲断时所吸收的冲击能(J)；

A ——试件槽口处最小横截面积(cm²)。

影响钢材冲击韧性的主要因素有：化学成分、冶炼质量、冷作及时效、环境温度等。

钢材的冲击韧性随温度的降低而下降，其规律是：开始冲击韧性随温度的降低而缓慢下降，但当温度降至一定的范围(狭窄的温度区间)时，钢材的冲击韧性骤然下降很多而呈脆性，即冷脆性，这时的温度称为脆性转变温度(图 1.2)。脆性转变温度越低，表明钢材的低温冲击韧性越好。为此，在负温下使用的结构，设计时必须考虑钢材的冷脆性，应选用脆性转变温度低于最低使用温度的钢材，并满足规范规定的 -20℃ 或 -40℃ 条件下冲击韧性指标的要求。

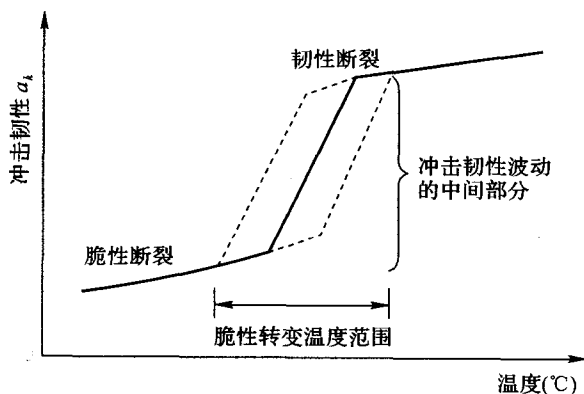


图 1.2 钢的脆性转变温度

四、硬度

硬度是指钢材抵抗硬物压入表面的能力。硬度值与钢材的力学性能之间有着一定的相关性。

我国现行标准测定金属硬度的方法有：布氏硬度法、洛氏硬度法和维氏硬度法等。常用的硬度指标为布氏硬度和洛氏硬度。

1. 布氏硬度

布氏硬度试验是按规定选择一个直径为 $D(\text{mm})$ 的淬硬钢球或硬质合金球，以一

定荷载 $P(N)$ 将其压入试件表面,持续至规定时间后卸去荷载,测定试件表面上的压痕直径 $d(mm)$ 。

2. 洛氏硬度

洛氏硬度试验是将金刚石圆锥体和钢球等压头,按一定试验力压入试件表面,以压头压入试件的深度来表示硬度值(无量纲),称为洛氏硬度,代号为 HR。

洛氏硬度法的压痕小,所以常用于判断工件的热处理效果。

五、焊接性(也称可焊性)

焊接是各种型钢、钢板、钢筋等钢材的主要连接方式,通过焊接使两块分离的钢材熔化连接成一体,并能达到焊接接头的强度大于被焊钢材的强度。所以,焊接性是钢材对焊接加工的适应性,指在一定的焊接工艺条件下能获得优质焊接接头的难易程度。焊接性好的钢材,焊接质量易于保证。含碳量小于 0.20% 的碳素钢具有良好的焊接性。含碳量增加,钢材强度提高,但同时钢材的塑性、韧性、冷弯性能及抗锈能力下降,增加冷脆,使钢材的焊接性能显著下降,所以焊接结构要求含碳量控制在 0.12% ~ 0.20%,并希望变化幅度愈小愈好,这时焊接性越有保证,力学性能也稳定。

六、防火和抗锈蚀性能

钢材虽然属于不燃烧材料,但在火灾发生时的高温作用下,其力学性能如屈服强度等都会随温度升高而急剧降低,所以裸露的钢结构防火性能极差,其耐火极限仅为 15 分钟,因此对有防火要求的建筑要慎用,如采用就得考虑防火措施,以达到该建筑物要求的梁、柱耐火极限。根据这一特点,在原有处于受荷状态的结构上施焊,一定事先要采取加固措施,以防结构失稳破坏。

钢材在大气作用下会产生锈蚀,锈蚀的程度与建筑物周围的环境(温度、湿度、腐蚀性介质的含量等)和钢材的材质有关。低合金钢的抗锈蚀能力优于碳素结构钢,室外钢构的锈蚀速度约为室内钢构的 4 倍,有防锈涂层的钢构的锈蚀速度比无涂层的约慢 3 ~ 5 倍。锈蚀将减小结构有效截面,影响结构的安全度,所以对钢构要进行防锈处理,根据周围环境和使用要求,进行相应的涂装保护措施。

第三节 钢材的化学成分及其对钢材性能的影响

钢材中除了主要化学成分铁(Fe)以外,还含有少量的碳(C)、硅(Si)、锰(Mn)、磷(P)、硫(S)、氧(O)、氮(N)、钛(Ti)、钒(V)等元素,这些元素虽然含量少,但对钢材性能有很大影响。

一、碳

碳是决定钢材性能的最重要元素。碳对钢材性能的影响如图 1.3 所示:当钢中含碳量在 0.8% 以下时,随着含碳量的增加,钢材的强度和硬度提高,而塑性和韧性降低;但当含碳量在 1.0% 以上时,随着含碳量的增加,钢材的强度反而下降。随着含碳量的增加,钢材的焊接性能变差(含碳量大于 0.3% 的钢材,可焊性显著下降),冷脆性和时效敏感性增大,耐大气锈蚀性下降。

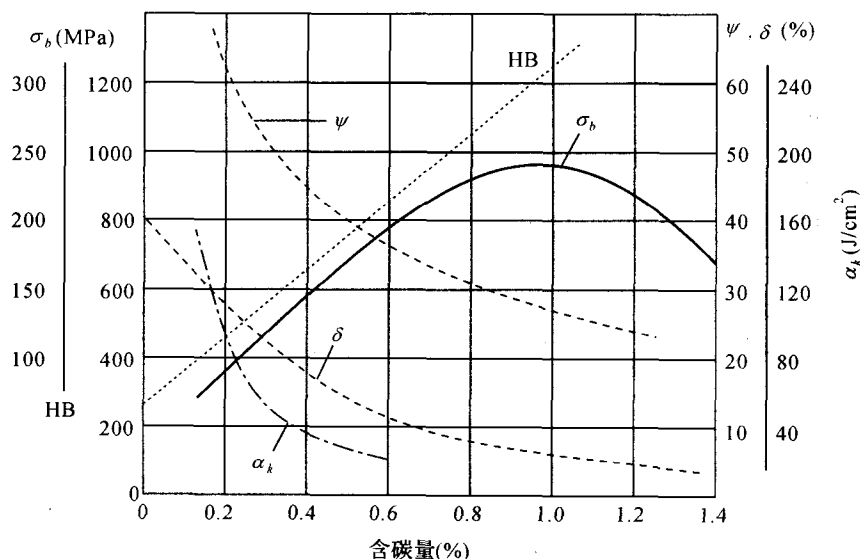


图 1.3 含碳量对碳素钢性能的影响

σ_b ——抗拉强度; α_k ——冲击韧性; δ ——伸长率; Ψ ——断面收缩率; HB——硬度

一般建筑钢结构工程所用碳素钢均为低碳钢,即含碳量小于 0.25%;建筑钢结构工程所用低合金钢,其含碳量小于 0.20%。

二、硅

硅是作为脱氧剂而存在于钢中,是钢中的有益元素。硅含量较低(小于 1.0%)时,能提高钢材的强度,而对塑性和韧性无明显影响。

三、锰

锰是炼钢时用来脱氧去硫而存在于钢中的,是钢中的有益元素。锰有很强的脱氧去硫能力,能消除或减轻氧、硫所引起的热脆性,大大改善钢材的热加工性能,同时能提

高钢材的强度和硬度。锰是我国低合金结构钢中的主要合金元素。

四、磷

磷是钢中很有害的元素。随着磷含量的增加,钢材的强度、屈强比、硬度均提高,而塑性和韧性显著降低。特别是温度愈低,对塑性和韧性的影响愈大,显著加大钢材的冷脆性。

磷也使钢材的可焊性显著降低。但磷可提高钢材的耐磨性和耐蚀性,故在低合金钢中可配合其他元素作为合金元素使用。

五、硫

硫是钢中很有害的元素。硫的存在会加大钢材的热脆性,降低钢材的各种机械性能,也使钢材的可焊性、冲击韧性、耐疲劳性和抗腐蚀性等均降低。

以上为除铁元素外的钢材五大元素,理化试验时需要对上述五大元素的含量进行复验。还有一些元素的影响,这里不予叙述。

在评价钢材焊接性时,1991年的焊接规程第2.0.3条中规定,碳当量小于或等于0.45%的其他钢号,可按JGJ81规定施焊。2002版本中,该条文被收录在2.0.1中的建筑钢结构工程的焊接难度区分原则表中,并有所变动。但仍然是将碳当量作为判断焊接性的最简便的方法之一。

碳当量的计算公式为:

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni + Cu}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5} (\%) (\text{适用于非调质钢})$$

C、Mn、Ni、Cu、Cr、Mo、V 分别为碳、锰、镍、铜、铬、钼、钒的含量(%)。

当 $C_E < 0.4\%$ 时,钢材焊接性优良,淬硬倾向不明显,焊接时不必预热; $C_E = 0.4\% \sim 0.6\%$ 时,钢材的淬硬倾向逐渐明显,需要采取适当预热和控制线能量等工艺措施; $C_E > 0.6\%$ 时,淬硬倾向更强,属于较难焊的材料,需要采取较高的预热温度和严格的工艺措施。

在JGJ81 - 2002 中, C_E 作为区别焊接难度的指标之一,一般焊接难度的 $C_E < 0.38$,较难的在 $0.38 \sim 0.45$, $C_E > 0.45$ 为焊接难度高的材料。

第四节 钢材的技术标准

一、建筑钢结构应用的主要钢种

1. 碳素结构钢

(1) 碳素结构钢的牌号及其表示方法

根据国家标准《碳素结构钢》(GB700-88)规定,碳素结构钢分 5 个牌号,即 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275。按其硫、磷杂质含量由多到少分为 A、B、C、D 4 个质量等级。碳素结构钢的牌号表示是由代表屈服点的字母 Q、屈服点数值、质量等级(A、B、C、D)、脱氧程度(F、b、Z、TZ)等 4 个部分按顺序组成。镇静钢和特殊镇静钢在钢的牌号中 Z 和 TZ 予以省略。如 Q235-A·F,表示此碳素结构钢是屈服点为 235MPa(235 N/mm²)的 A 级沸腾钢;Q235-C,表示此碳素结构钢是屈服点为 235MPa(235 N/mm²)的 C 级镇静钢。

(2) 碳素结构钢的技术要求

按照国家标准《碳素结构钢》(GB700-88)规定,碳素结构钢的技术要求如下:

①化学成分:各牌号碳素结构钢的化学成分应符合表 1.1 的规定。

②力学性能:碳素结构钢的强度、冲击韧性等指标应符合表 1.2 的规定,冷弯性能应符合表 1.3 的要求。

表 1.1 碳素结构钢的化学成分

牌号	质量等级	化学成分(%)					脱氧方法
		C	Mn	Si	S	P	
				≤			
Q195		0.06~0.12	0.25~0.50	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
Q215	A	0.09~0.15	0.25~0.55	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B				0.045		
Q235	A	0.14~0.22	0.30~0.65 ^①	0.30	0.050	0.045	F、b、Z
	B	0.12~0.20	0.30~0.70 ^②		0.045		
	C	≤0.18	0.35~0.80		0.040	0.040	Z
	D	≤0.17			0.035	0.035	TZ
Q255	A	0.18~0.28	0.40~0.70	0.30	0.050	0.045	Z
	B				0.045		
Q275		0.28~0.38	0.50~0.80	0.35	0.050	0.045	Z

注:①②Q235A、B 级沸腾钢的锰含量上限为 0.60%。