

山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材

建筑焊接与切割

Jianzhu Hanjie Yu Qiege

山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材编审委员会 组织编写

主编 王洪林

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材

附录 2 钢筋焊工考试合格证(略)

建筑焊接与切割

山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材编审委员会 组织编写

总主编:李 印 栾启亭

副总主编:张英明 祁忠华 刘 锦

总主审:王东升

主 编:王洪林

编审人员:(按姓氏笔画排序)

王洪林 石 剑 刘 锦

刘乐前 李 印 张英明

张健健 明宪永 周克勤



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书依据《山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核标准(试行)》的相关规定,介绍了建筑电气焊接(切割)工必须掌握的安全技术知识和操作技能。内容浅显易懂,突出了培训教材的实用性、实践性和可操作性。同时为了满足考核的需要,书后附了理论考试题库及答案。

本书共分六章,包括基础知识、焊接与切割概述、电焊、气焊与气割、安全技术与管理、典型事故案例。

本书既可作为建筑电气焊接(切割)工的考核培训教材,也可作为其常备参考书和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑焊接与切割/王洪林主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2012. 5

山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材

ISBN 978 - 7 - 5646- 1472 -0

I. ①建… II. ①王… III. ①建筑工程—焊接—技术培训—教材②建筑工程—切割—技术培训—教材
IV. ①TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 084401 号

- 书 名 建筑焊接与切割
组织编写 山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材编审委员会
主 编 王洪林
责任编辑 王江涛 吴学兵
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 日照报业印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 20 字数 499 千字
版次印次 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷
定 价 50.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

山东省建筑施工特种作业人员安全技术 考核培训教材编审委员会

主 任:宋瑞乾

副 主 任:罗云岭 高建忠 王克易

委 员:宋锡庆 李 印 张广奎 贾凤兴 刘玉涛 刘林江 王金玉
毕可敏 栾启亭 张业海 张英明 祁忠华 王东升 马全安
黄旭东 张 强 张 伟 牛效强 范国耀 王泉波 周建华
王 勇 张国波 王海洋 王连才 杨建平 李升江 崔永生
胡启勇 李 明 田华强 王传波 朱九州 孔 超 李增启
徐爱杰

总 主 编:李 印 栾启亭

副总主编:张英明 祁忠华 刘 锦

总 主 审:王东升

编审人员:(按姓氏笔画排序)

马 冰	马现来	王 乔	王曰浩	王东升	王钟玉	王泉波
王洪林	王海涛	王焕花	牛效强	邓丽华	申廷敏	邢新华
毕监航	朱九州	刘 锦	刘乐前	许 军	祁忠华	孙学光
杜海滨	李 印	李光晨	李建国	李绘新	吴秀丽	余大伟
邹积军	汪洪星	宋回波	张万令	张有国	张英明	张艳国
张健健	范国耀	明宪永	周克家	郝瑞民	胡其勇	姜玉东
贾述岗	殷 刚	栾启亭	郭丰伟	高新武	唐涵义	梁德东
薛玉晶						

主要编审单位:

山东省建筑施工安全监督站
山东省建筑安全与设备管理协会
济南市工程质量与安全生产监督站
青岛市建筑施工安全监督站
潍坊市建设工程质量建筑安全监督站
滨州市建筑施工安全监督站
山东建筑科学研究院
烟建集团有限公司
潍坊昌大建设集团有限公司
威海建设集团股份有限公司
山东天元建设集团有限公司
中建八局第一建设有限公司

前 言

《建设工程安全生产管理条例》规定,“垂直运输机械作业人员、安装拆卸工、爆破作业人员、起重信号工、登高架设作业人员等特种作业人员,必须按照国家有关规定经过专门的安全作业培训,并取得特种作业操作资格证书后,方可上岗作业”。《安全生产许可证条例》规定,“企业取得安全生产许可证,应当具备下列安全生产条件:……特种作业人员经有关业务主管部门考核合格,取得特种作业操作资格证书”。在建筑生产安全事故中,大多数与特种作业有关。因此,加强对特种作业人员的管理,是建筑安全生产工作的重要课题。为了切实落实特种作业人员管理制度,规范安全技术考核培训工作,我们组织编写了《山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材》系列丛书。

本套系列教材丛书主要依据山东省建筑工程管理局印发的《山东省建筑施工特种作业人员管理暂行办法》(鲁建管发[2008]12号)和《山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核标准(试行)》(鲁建管发[2009]4号)等编写,全套包括《特种作业安全生产知识》《施工现场临时用电》《普通脚手架》《起重司索与信号指挥》《塔式起重机》《施工升降机》《高处作业吊篮》和《建筑焊接与切割》等共8册,其中《特种作业安全生产知识》为通用本,其他分别适用于建筑电工、架子工、起重司索信号工、起重机械司机、起重机械安装拆卸工、高处作业吊篮安装拆卸工和建筑焊接切割工等不同建筑施工特种作业人员的安全技术考核培训。

本套系列教材丛书由山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材编审委员会组织编写,山东省建筑施工安全监督站、山东省建筑安全与设备管理协会负责具体组织,编写过程中得到了住房和城乡建设部质量安全监管司、上海市建设安全协会,以及山东省各市建筑工程管理部门、安全监督管理机构及相关建筑施工企业等单位的大力支持和热情帮助,在此表示感谢。

本册为《建筑焊接与切割》,适用于建筑电气焊接(切割)工的安全技术考核培训,由中建八局第一建设有限公司承担主要编写任务。

由于时间紧张、水平有限,书中难免存在错误和不足之处,真诚希望广大读者给予指正。

山东省建筑工程管理局
山东省建筑施工特种作业人员安全技术考核培训教材编审委员会
二〇一二年三月

288	.....	.....
288	.....	.....
288	.....	.....
288	.....	.....
288	.....	.....

目 录

1	基础知识	1
1.1	金属学基本知识	1
1.2	电工基础知识	17
1.3	燃烧与爆炸基础知识	34
2	焊接与切割概述	39
2.1	焊接与切割工艺的发展	39
2.2	焊接与切割分类	41
3	电焊	45
3.1	手工电弧焊	45
3.2	闪光对焊	111
3.3	电渣压力焊与二氧化碳保护焊	125
4	气焊与气割	135
4.1	原理及适用范围	135
4.2	所用气体、设备及工具	137
4.3	气焊工艺与操作技术	157
4.4	手工气割工艺与操作技术	172
5	安全技术与管理	183
5.1	概述	183
5.2	用电安全技术	184
5.3	防火、防爆安全技术	191
5.4	焊接与切割作业安全技术	198
5.5	手工焊接与切割职业卫生防护	206
6	典型事故案例	211
6.1	焊接、切割火灾事故	211
6.2	焊接、切割爆炸事故	215
6.3	焊接、切割触电事故	216
6.4	其他类型事故	221

建筑电气焊接(切割)工理论考试题库	225
附录	259
附录一 建筑电气焊接(切割)工安全技术考核标准(试行)	259
附录二 焊接与切割安全	265
附录三 钢筋焊接及验收规程	283
参考文献	310
1 建筑电气焊接(切割)工安全技术考核标准(试行)	1.1
1.1 范围	1.1.1
1.2 规范性引用文件	1.2.1
1.3 术语和定义	1.3.1
1.4 考核项目	1.4.1
1.5 考核方法	1.5.1
1.6 考核时间	1.6.1
1.7 考核地点	1.7.1
1.8 考核人员	1.8.1
1.9 考核记录	1.9.1
1.10 考核结果	1.10.1
1.11 考核合格	1.11.1
1.12 考核不合格	1.12.1
1.13 考核合格	1.13.1
1.14 考核合格	1.14.1
1.15 考核合格	1.15.1
1.16 考核合格	1.16.1
1.17 考核合格	1.17.1
1.18 考核合格	1.18.1
1.19 考核合格	1.19.1
1.20 考核合格	1.20.1
1.21 考核合格	1.21.1
1.22 考核合格	1.22.1
1.23 考核合格	1.23.1
1.24 考核合格	1.24.1
1.25 考核合格	1.25.1
1.26 考核合格	1.26.1
1.27 考核合格	1.27.1
1.28 考核合格	1.28.1
1.29 考核合格	1.29.1
1.30 考核合格	1.30.1
1.31 考核合格	1.31.1
1.32 考核合格	1.32.1
1.33 考核合格	1.33.1
1.34 考核合格	1.34.1
1.35 考核合格	1.35.1
1.36 考核合格	1.36.1
1.37 考核合格	1.37.1
1.38 考核合格	1.38.1
1.39 考核合格	1.39.1
1.40 考核合格	1.40.1
1.41 考核合格	1.41.1
1.42 考核合格	1.42.1
1.43 考核合格	1.43.1
1.44 考核合格	1.44.1
1.45 考核合格	1.45.1
1.46 考核合格	1.46.1
1.47 考核合格	1.47.1
1.48 考核合格	1.48.1
1.49 考核合格	1.49.1
1.50 考核合格	1.50.1
1.51 考核合格	1.51.1
1.52 考核合格	1.52.1
1.53 考核合格	1.53.1
1.54 考核合格	1.54.1
1.55 考核合格	1.55.1
1.56 考核合格	1.56.1
1.57 考核合格	1.57.1
1.58 考核合格	1.58.1
1.59 考核合格	1.59.1
1.60 考核合格	1.60.1
1.61 考核合格	1.61.1
1.62 考核合格	1.62.1
1.63 考核合格	1.63.1
1.64 考核合格	1.64.1
1.65 考核合格	1.65.1
1.66 考核合格	1.66.1
1.67 考核合格	1.67.1
1.68 考核合格	1.68.1
1.69 考核合格	1.69.1
1.70 考核合格	1.70.1
1.71 考核合格	1.71.1
1.72 考核合格	1.72.1
1.73 考核合格	1.73.1
1.74 考核合格	1.74.1
1.75 考核合格	1.75.1
1.76 考核合格	1.76.1
1.77 考核合格	1.77.1
1.78 考核合格	1.78.1
1.79 考核合格	1.79.1
1.80 考核合格	1.80.1
1.81 考核合格	1.81.1
1.82 考核合格	1.82.1
1.83 考核合格	1.83.1
1.84 考核合格	1.84.1
1.85 考核合格	1.85.1
1.86 考核合格	1.86.1
1.87 考核合格	1.87.1
1.88 考核合格	1.88.1
1.89 考核合格	1.89.1
1.90 考核合格	1.90.1
1.91 考核合格	1.91.1
1.92 考核合格	1.92.1
1.93 考核合格	1.93.1
1.94 考核合格	1.94.1
1.95 考核合格	1.95.1
1.96 考核合格	1.96.1
1.97 考核合格	1.97.1
1.98 考核合格	1.98.1
1.99 考核合格	1.99.1
2 建筑电气焊接(切割)工安全技术考核标准(试行)	2.1
2.1 范围	2.1.1
2.2 规范性引用文件	2.2.1
2.3 术语和定义	2.3.1
2.4 考核项目	2.4.1
2.5 考核方法	2.5.1
2.6 考核时间	2.6.1
2.7 考核地点	2.7.1
2.8 考核人员	2.8.1
2.9 考核记录	2.9.1
2.10 考核结果	2.10.1
2.11 考核合格	2.11.1
2.12 考核不合格	2.12.1
2.13 考核合格	2.13.1
2.14 考核合格	2.14.1
2.15 考核合格	2.15.1
2.16 考核合格	2.16.1
2.17 考核合格	2.17.1
2.18 考核合格	2.18.1
2.19 考核合格	2.19.1
2.20 考核合格	2.20.1
2.21 考核合格	2.21.1
2.22 考核合格	2.22.1
2.23 考核合格	2.23.1
2.24 考核合格	2.24.1
2.25 考核合格	2.25.1
2.26 考核合格	2.26.1
2.27 考核合格	2.27.1
2.28 考核合格	2.28.1
2.29 考核合格	2.29.1
2.30 考核合格	2.30.1
2.31 考核合格	2.31.1
2.32 考核合格	2.32.1
2.33 考核合格	2.33.1
2.34 考核合格	2.34.1
2.35 考核合格	2.35.1
2.36 考核合格	2.36.1
2.37 考核合格	2.37.1
2.38 考核合格	2.38.1
2.39 考核合格	2.39.1
2.40 考核合格	2.40.1
2.41 考核合格	2.41.1
2.42 考核合格	2.42.1
2.43 考核合格	2.43.1
2.44 考核合格	2.44.1
2.45 考核合格	2.45.1
2.46 考核合格	2.46.1
2.47 考核合格	2.47.1
2.48 考核合格	2.48.1
2.49 考核合格	2.49.1
2.50 考核合格	2.50.1
2.51 考核合格	2.51.1
2.52 考核合格	2.52.1
2.53 考核合格	2.53.1
2.54 考核合格	2.54.1
2.55 考核合格	2.55.1
2.56 考核合格	2.56.1
2.57 考核合格	2.57.1
2.58 考核合格	2.58.1
2.59 考核合格	2.59.1
2.60 考核合格	2.60.1
2.61 考核合格	2.61.1
2.62 考核合格	2.62.1
2.63 考核合格	2.63.1
2.64 考核合格	2.64.1
2.65 考核合格	2.65.1
2.66 考核合格	2.66.1
2.67 考核合格	2.67.1
2.68 考核合格	2.68.1
2.69 考核合格	2.69.1
2.70 考核合格	2.70.1
2.71 考核合格	2.71.1
2.72 考核合格	2.72.1
2.73 考核合格	2.73.1
2.74 考核合格	2.74.1
2.75 考核合格	2.75.1
2.76 考核合格	2.76.1
2.77 考核合格	2.77.1
2.78 考核合格	2.78.1
2.79 考核合格	2.79.1
2.80 考核合格	2.80.1
2.81 考核合格	2.81.1
2.82 考核合格	2.82.1
2.83 考核合格	2.83.1
2.84 考核合格	2.84.1
2.85 考核合格	2.85.1
2.86 考核合格	2.86.1
2.87 考核合格	2.87.1
2.88 考核合格	2.88.1
2.89 考核合格	2.89.1
2.90 考核合格	2.90.1
2.91 考核合格	2.91.1
2.92 考核合格	2.92.1
2.93 考核合格	2.93.1
2.94 考核合格	2.94.1
2.95 考核合格	2.95.1
2.96 考核合格	2.96.1
2.97 考核合格	2.97.1
2.98 考核合格	2.98.1
2.99 考核合格	2.99.1
3 建筑电气焊接(切割)工安全技术考核标准(试行)	3.1
3.1 范围	3.1.1
3.2 规范性引用文件	3.2.1
3.3 术语和定义	3.3.1
3.4 考核项目	3.4.1
3.5 考核方法	3.5.1
3.6 考核时间	3.6.1
3.7 考核地点	3.7.1
3.8 考核人员	3.8.1
3.9 考核记录	3.9.1
3.10 考核结果	3.10.1
3.11 考核合格	3.11.1
3.12 考核不合格	3.12.1
3.13 考核合格	3.13.1
3.14 考核合格	3.14.1
3.15 考核合格	3.15.1
3.16 考核合格	3.16.1
3.17 考核合格	3.17.1
3.18 考核合格	3.18.1
3.19 考核合格	3.19.1
3.20 考核合格	3.20.1
3.21 考核合格	3.21.1
3.22 考核合格	3.22.1
3.23 考核合格	3.23.1
3.24 考核合格	3.24.1
3.25 考核合格	3.25.1
3.26 考核合格	3.26.1
3.27 考核合格	3.27.1
3.28 考核合格	3.28.1
3.29 考核合格	3.29.1
3.30 考核合格	3.30.1
3.31 考核合格	3.31.1
3.32 考核合格	3.32.1
3.33 考核合格	3.33.1
3.34 考核合格	3.34.1
3.35 考核合格	3.35.1
3.36 考核合格	3.36.1
3.37 考核合格	3.37.1
3.38 考核合格	3.38.1
3.39 考核合格	3.39.1
3.40 考核合格	3.40.1
3.41 考核合格	3.41.1
3.42 考核合格	3.42.1
3.43 考核合格	3.43.1
3.44 考核合格	3.44.1
3.45 考核合格	3.45.1
3.46 考核合格	3.46.1
3.47 考核合格	3.47.1
3.48 考核合格	3.48.1
3.49 考核合格	3.49.1
3.50 考核合格	3.50.1
3.51 考核合格	3.51.1
3.52 考核合格	3.52.1
3.53 考核合格	3.53.1
3.54 考核合格	3.54.1
3.55 考核合格	3.55.1
3.56 考核合格	3.56.1
3.57 考核合格	3.57.1
3.58 考核合格	3.58.1
3.59 考核合格	3.59.1
3.60 考核合格	3.60.1
3.61 考核合格	3.61.1
3.62 考核合格	3.62.1
3.63 考核合格	3.63.1
3.64 考核合格	3.64.1
3.65 考核合格	3.65.1
3.66 考核合格	3.66.1
3.67 考核合格	3.67.1
3.68 考核合格	3.68.1
3.69 考核合格	3.69.1
3.70 考核合格	3.70.1
3.71 考核合格	3.71.1
3.72 考核合格	3.72.1
3.73 考核合格	3.73.1
3.74 考核合格	3.74.1
3.75 考核合格	3.75.1
3.76 考核合格	3.76.1
3.77 考核合格	3.77.1
3.78 考核合格	3.78.1
3.79 考核合格	3.79.1
3.80 考核合格	3.80.1
3.81 考核合格	3.81.1
3.82 考核合格	3.82.1
3.83 考核合格	3.83.1
3.84 考核合格	3.84.1
3.85 考核合格	3.85.1
3.86 考核合格	3.86.1
3.87 考核合格	3.87.1
3.88 考核合格	3.88.1
3.89 考核合格	3.89.1
3.90 考核合格	3.90.1
3.91 考核合格	3.91.1
3.92 考核合格	3.92.1
3.93 考核合格	3.93.1
3.94 考核合格	3.94.1
3.95 考核合格	3.95.1
3.96 考核合格	3.96.1
3.97 考核合格	3.97.1
3.98 考核合格	3.98.1
3.99 考核合格	3.99.1

1 基础知识

1.1 金属学基本知识

1.1.1 金属学基本概念

众所周知,所有的物质都是由化学元素组成的,这些化学元素按性质可分成两大类:

第一大类是金属。所谓金属,就是具有一定光泽,富有延展性和良好导电性、导热性、可加工性等特点的一类物质。常见的金属元素有铁、铝、铜、铬、镍、钨等。

第二大类是非金属。非金属元素不具备金属元素的特征,通常条件下为气体、脆性固体或液体。常见的非金属元素有氧、氢、氮、碳、硫、磷、溴等。

合金是通过熔炼、烧结或其他方法,以一种金属为基础,加入其他金属或非金属而获得的具有金属特性的一类材料。施工现场所使用的金属材料主要以合金为主,很少使用纯金属,原因是合金通常比纯金属具有更好的力学性能和工艺性能,而且成本一般较低。习惯上,我们把建筑施工现场所使用的合金材料统称为金属材料。

金属材料是建筑施工生产的主要材料之一。金属材料在房屋建筑中获得广泛应用,主要是由于它具有房屋建筑及施工生产所需要的物理、化学和力学性能,并且可以用较为简便的工艺方法进行加工,亦即具有所需要的工艺特性。

建筑施工中,较常见的金属材料主要是钢材,有钢筋、钢板、槽钢、工字钢、角钢和薄壁钢管等。钢筋按外形可分为光圆钢筋、变形钢筋和钢绞线等;按其屈服强度可分为 235、300、335、400 和 500 等强度等级。

金属材料的性能与其成分、组织以及加工工艺间的关系是非常密切的,金属学就是在此基础上发展起来的一门研究金属及合金材料的成分、组织、加工工艺与性能间的内在关系,以及在各种条件下的变化规律的应用科学。在建筑施工现场,通过对金属学知识的学习和掌握,对于我们提高正确了解材料性能、合理选定加工工艺、妥善安排工艺路线等方面的能力具有重要意义。

1.1.1.1 晶体的概念

所谓晶体,是指其原子(更确切些说是离子)呈规则排列的物体。各种金属及其合金都是晶体。晶体之所以具有这种规则的原子排列,主要是各原子之间的相互吸引力与排斥力相平衡的结果。由于晶体内部原子排列的规律性,有时甚至可以见到某些物质的外形也具有规则的轮廓,如水晶、食盐及黄铁矿等,但包括钢在内的金属晶体一般看不到这种规则的外形。

为了便于分析各种晶体中的原子排列规律,人们常把各原子用假想的线段连接起来,形

成的表示晶体中原子排列形式的空间格子称为晶格。显然,由于晶体中原子重复排列具有规律性,因此可以从其晶格中确定一个最基本的几何单元来表达其排列形式的特征,我们把这种能够完全代表晶格中原子排列形式特征的最基本的几何单元称为晶胞,晶胞的各边尺寸叫做晶格常数。

各种晶体物质,或其晶格形式不同,或其晶格常数不同,主要与其原子构造、原子间的结合力(或称结合键)的性质有关;由于晶格形式及晶格常数不同,因此不同晶体便表现出不同的物理、化学和力学性能。

晶体中,所有基本颗粒都按共同的规律排列,这样的晶体称为单晶体。由许多杂乱无章排布的单晶体所组成的晶体称为多晶体。多晶体中的每一个小的单晶体称为晶粒。晶粒之间的边界称为晶界。单晶体与多晶体的结构示意图如图 1-1 所示。普通金属材料都是多晶体,在钢材的晶体结构,即多晶体的晶界处,由于晶格排列方向极不一致,犬牙交错,相互咬合,从而加强了金属的结合。金属的晶粒越细,其力学性能就越好。

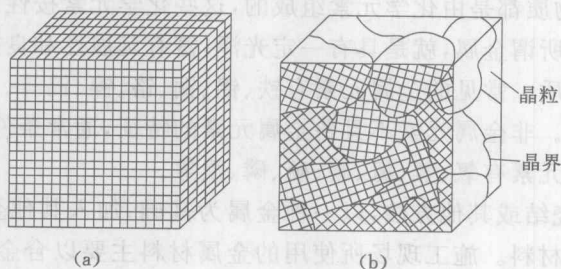


图 1-1 单晶体与多晶体的结构示意图

(a) 单晶体; (b) 多晶体

综上所述,金属的各项性能除了与其化学成分有关外,还与金属的晶体结构有关。化学成分相同的两种金属,若晶体结构不同,则力学性能就不同,甚至会有很大差别。

1.1.1.2 金属晶格

金属晶体与非金属晶体的不同,主要归因于其原子构造与原子间结合键的差异。我们知道,一切金属元素,在其原子构造上的共同特点是其价电子数目少,与原子核间的结合力小,因而金属晶体中的原子结合形成所谓“金属键”,其特点是所有原子都失去其电子变为正离子,在晶体中有规则地排列起来(实际上每个正离子在各晶格结点上还做轻微的高频率振动,而不是固定不变的),而所有游离的自由电子则穿梭于各离子之间做高速运动,形成所谓“电子云”,电子云与各离子间的引力使金属晶体被结合起来,而离子与离子间及电子与电子间的斥力则与这种引力相平衡,使金属处于稳定的晶体状态。

由于金属晶体中有大量的自由电子存在,使金属能区别于非金属而具有良好的导电和导热性能;正由于金属晶体是借助于其电子云与各离子间公有引力结合的,使得金属能区别于非金属不仅具有良好的塑性,而且还具有高强度等优良的力学性能;同时,也正由于这种坚强的金属键存在,使得金属晶体大都具有紧密排列的趋向,以致原子排列组合形式的数目大为减少,只有少数几种高度对称的晶格形式。

金属的晶格形式,最常见的只有三种类型,分别是体心立方晶格、面心立方晶格和密排六方晶格。

(1) 体心立方晶格

体心立方晶格的晶胞是由 8 个原子构成的立方体,并在其立方体的体积中心还有一个原子,因其晶格常数相等,故通常只用一个常数即可表示。其构造如图 1-2 所示。这类晶格形式的钢一般都具有相当大的强度和较好的塑性。

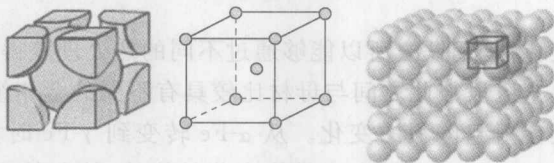


图 1-2 体心立方晶格示意图

(2) 面心立方晶格

面心立方晶格的晶胞也是由 8 个原子构成的立方体,但在立方体的每一面的中心还有一个原子。其构造如图 1-3 所示。这类晶格形式的钢一般都具有很好的塑性。

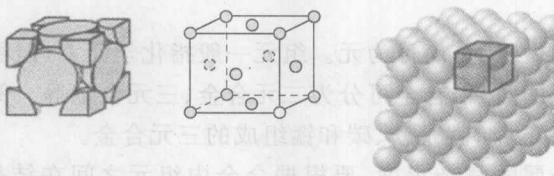


图 1-3 面心立方晶格示意图

(3) 密排六方晶格

密排六方晶格的晶胞是由 12 个原子构成的六方柱体,上下底面中心处各有一个原子,上下两个六方面的中间也有 3 个原子。其构造如图 1-4 所示。

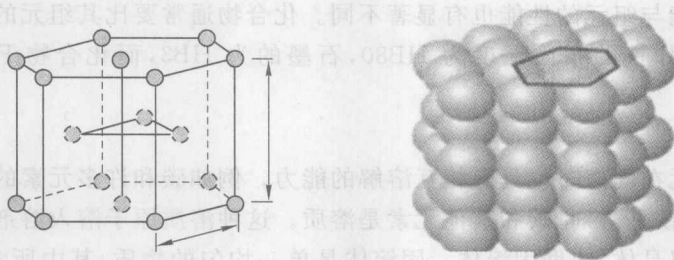


图 1-4 密排六方晶格示意图

有些金属的晶格结构会随着温度的变化而发生变化,即由一种晶格转变为另一种晶格,这种晶格之间的转变现象叫做金属的同素异构转变。如纯金属铁。

铁属于立方晶格,纯铁在常温至 $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 其原子呈体心立方晶格排列,称为 α 铁($\alpha\text{-Fe}$);在 $912\text{ }^{\circ}\text{C}$ 转变为 γ 铁($\gamma\text{-Fe}$)时,就变为面心立方晶格;再升温至 $1\,394\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,转变为 δ 铁($\delta\text{-Fe}$),面心立方晶格又重新转变为体心立方晶格。同素异构转变都是可逆转变,冷却过程发生相反转变。如图 1-5 所示。

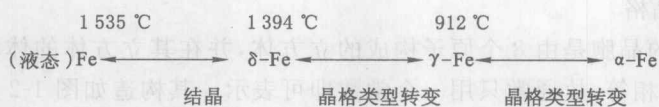


图 1-5 铁立方晶格转变温度图

铁的晶格的这一变化,是钢铁之所以能够通过不同的热处理获得不同性能的基础,也是焊接时热影响区中的各个区段彼此之间与母材比较具有不同的金相组织的依据之一。

铁的同素异构转变会引起体积的变化。从 α -Fe 转变到 γ -Fe 时大约收缩 1%，从 γ -Fe 转变为 δ -Fe 时，体积反而增加。这是由于晶格变化的缘故，体积的少量变化可能引起明显的内应力。

在晶格结点上的原子并不是固定不变的,原子常围绕某一固定的位置做轻微的振动。随着温度的增高,振动的范围也就增大,因而晶格有了膨胀,这就是金属热胀冷缩的原因。当温度升高到熔点后,原子的振动范围显著增大,而且全部脱离原有位置,这意味着金属已经熔化。

1.1.1.3 合金组织

组成合金的元素叫做组元,简称为元。组元一般指化学元素,但稳定化合物也可以看成是一个组元。按照组元的数目,合金可分为二元合金、三元合金等。例如 45 号钢,就是铁和碳组成的二元合金;16Mn 钢,就是铁、碳和锰组成的三元合金。

合金的结构比纯金属的复杂程度,要根据合金内组元之间在结晶时的相互作用而定。两种或两种以上的组元相互作用可以形成化合物、固溶体和机械混合物三种基本组成物。

(1) 化合物

化合物就是组成合金的各种元素,按一定的整数比化合而成,而且具有一定的金属特性的一种新的物质。它具有与组元原来晶格不同的特殊的新晶格。例如 Fe_3C 就是铁和碳组成的化合物。

化合物的性能与组元的性能也有显著不同。化合物通常要比其组元的熔点高、硬度高、脆性大、塑性低。如铁的布氏硬度为 HB80, 石墨的为 HB3, 而化合物 Fe_3C 的硬度可达到 HB800。

(2) 固溶体

有些合金组元在固态时也具有相互溶解的能力。例如碳和许多元素的原子就能溶解到铁的晶格里,这时铁是溶剂,碳和其他元素是溶质。这种溶质原子溶入溶剂晶格而仍保持溶剂晶格类型的金属晶体,叫做固溶体。固溶体是单一均匀的物质,其中所含的组元,即使在显微镜下充分放大,也不能区别出来。如图 1-6 所示为固溶体的示意图。

根据组元相互溶解能力的不同,固溶体可分为有限固溶体和无限固溶体两种。大多数组元的溶解能力是有限的,而且有限固溶体的饱和溶解度还随温度的变化而有所变化,通常温度愈高,溶解度愈高。

根据原子在晶格上的分布形式, 固溶体可分为置换固溶体和间隙固溶体。如果某一元素晶格上的原子部分地被另外一种元素的原子替代, 就称为置换固溶体; 如果另外一种元素的原子挤入元素的晶格之间的空隙中, 就称为间隙固溶体。

由于各种元素的原子大小不一,化学性质也不尽相同,当溶质原子溶入溶剂中时,会造

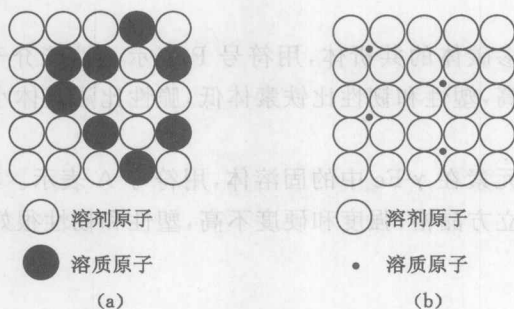


图 1-6 固溶体示意图

(a) 置换固溶体; (b) 间隙固溶体

成溶剂晶格的畸变。这种畸变使金属晶格在塑性变形时,晶面之间的相对滑移阻力增加,表现为固溶体的强度和硬度较纯金属的高。

(3) 机械混合物

有时组成合金的各组元在固态下既互不溶解,又不形成化合物,而是按一定的重量比例,以混合方式存在,形成各组元晶体的机械混合物。各组元的原子仍按自己原来的晶格类型来结成晶体,在显微镜下可以区别出各组元的晶粒。

机械混合物既可以是纯金属、固溶体或化合物各自的混合物,也可以是它们之间的混合物。

钢和铁都是经常以机械混合物的类型存在的。机械混合物合金往往比单一固溶体合金有更高的强度和硬度,但塑性和可锻性不如单一的固溶体,因此,钢在锻造时总是先把钢加热转变成为单一固溶体,然后进行锻造。

1.1.1.4 铁碳合金组织与相图

(1) 铁碳合金组织

钢铁材料是建筑施工现场应用范围最广的合金,它们都是以铁和碳组成的复杂合金。在铁碳合金中,不同的铁碳合金成分和不同的温度下,得到的铁碳合金微观组织是不同的,具有不同的力学性能。凡是含碳量小于 2.11% 的铁碳合金,可称为钢。钢的微观组织主要有铁素体、渗碳体、珠光体、奥氏体、马氏体、莱氏体、贝氏体以及魏氏组织等。

① 铁素体

铁素体是含碳量很低的铁,也就是碳溶于 α -Fe间隙中形成的固溶体,用符号F或 α 表示。由于 α -Fe体心立方晶格中的间隙很小,容纳的碳原子数量有限,在727℃时溶碳量最大,可达0.0218%,在600℃时溶碳量约为0.0057%,在室温时溶碳量几乎等于零。因此,铁素体的强度非常低,但塑性非常好。钢材在常温下都是铁素体和渗碳体的机械混合物,钢材中铁素体含量多时,强度较低、塑性较好。

② 渗碳体

渗碳体是铁和碳的金属化合物,钢中的碳大都以渗碳体形式存在。渗碳体硬度高、脆性大,硬度为 HB800。随着钢材中含碳量的增加,渗碳体数量相应增加。施工现场常用于焊接的碳素钢,其渗碳体占 10% 以下,其余为铁素体。在低碳钢中铁素体占 90% 以上,渗碳体更少。

③ 珠光体

珠光体是铁素体和渗碳体的共析体,用符号 P 表示。性能介于铁素体和渗碳体之间,即硬度和强度比铁素体高,塑性和韧性比铁素体低,脆性比渗碳体小。

④ 奥氏体

奥氏体是碳和其他元素在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的固溶体,用符号 A 表示。在一般钢材中,只有高温时存在。奥氏体为面心立方晶格,强度和硬度不高,塑性和韧性很好。奥氏体的另一特点是没有磁性。

⑤ 马氏体

马氏体是碳原子在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的过饱和固溶体,用符号 M 表示。马氏体具有体心立方晶格,是含碳量较高的钢淬火后得到的一种组织。马氏体又硬又脆,硬度随含碳量增加而增加,只有要求硬度高的零件才希望获得马氏体组织。

⑥ 莱氏体

莱氏体是奥氏体和渗碳体的机械混合物,用符号 Ld 表示。分为低温莱氏体和高温莱氏体。莱氏体的性能与渗碳体相似,硬度高、塑性差。

⑦ 贝氏体

贝氏体是过饱和的铁素体和细小渗碳体组成的机械混合物,用符号 B 表示。它是奥氏体冷却到约 $550\sim 240\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中温区共析转变产物,介于珠光体和马氏体之间的一种组织,塑性很差。

⑧ 魏氏组织

在奥氏体晶粒较粗大,冷却速度适宜时,钢中的先共析相以针片状形态与片状珠光体混合存在的复相组织,称为魏氏组织,一般可通过退火或正火进行消除。

(2) 铁碳合金相图

铁碳合金相图是反映合金在极缓慢加热(或冷却)条件下,不同成分的铁碳合金在不同温度时所具有的状态或组织的图形。该图形是研究钢铁的成分、组织和性能之间关系的理论基础,也是制定各种热加工工艺的依据,如图 1-7 所示。

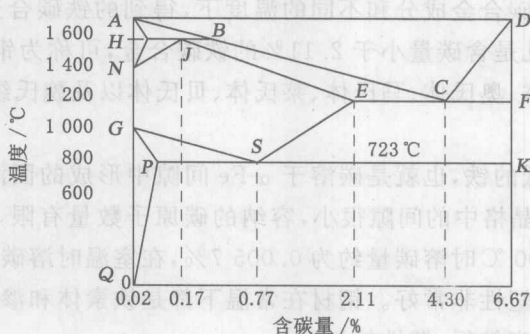


图 1-7 铁—碳平衡状态图

Fe_3C 中碳的含量为 6.67%, 由于含碳量超过 6.67% 的铁碳合金脆性很大, 没有使用价值, 所以, 有实际意义并被深入研究的铁碳合金相图只是含碳量为 0~6.67% 的 $\text{Fe}-\text{Fe}_3\text{C}$ 部分。

图中的纵坐标表示温度,横坐标表示成分,即铁碳合金中碳的百分含量。例如,在横坐标的左端,碳含量为零,即为纯铁;在 E 点对应的合金成分是含碳量约为 2.11% 和铁的质量分数为 97.89%,这里是钢与生铁的分界点。

铁碳合金图上有六条重要的线,其意义如下:

① $ABCD$ 线,这条线温度最高,它表示液体合金在冷却时开始凝固结晶的温度,故称液相线。这条线说明,纯铁在 1538°C 凝固结晶,随着钢中含碳量的增加,铁碳合金的凝固结晶温度降低。

② $AHJECF$ 线,它表示液态合金在冷却时全部凝固结晶为固溶体的温度,称为固相线。

③ HJB 水平线,在此线温度发生包晶转变: $L + \delta \rightarrow \gamma$,转变产物是奥氏体,称为包晶反应线(1495°C)。

④ GS 线,表示含碳量低于 0.77% 的钢在缓慢冷却条件下由奥氏体中开始析出铁素体的温度,反之,在加热时, GS 线为铁素体转变为奥氏体的终了温度,用 A_3 符号表示。

⑤ ES 线,表示含碳量为 0.77%~2.11% 的钢在缓慢冷却条件下由奥氏体开始沉淀渗碳体的温度,用 AC_m 符号表示。

⑥ PSK 水平线,它表示所有含碳量的钢在缓慢冷却时,奥氏体全部转变为珠光体的温度,相当于 727°C 。反之,在缓慢加热条件下,该线表示由珠光体转变为奥氏体的温度,用 A_1 符号表示。

图中 E 点为钢与生铁的分界点。 S 点为共析点。正对 S 点成分的钢,称为共析钢其组织全部为珠光体; S 点左边的钢称为亚共析钢,其组织为铁素体和珠光体两部分,离 S 点越远,则铁素体越多,珠光体越少; S 点右边的钢称为过共析钢,其组织由珠光体和渗碳体两部分组成,离 S 点越远,则渗碳体越多。

根据铁碳合金相图,以含碳量为 0.2% 的低碳钢为例,说明它从液态冷却到常温过程中其组织结构变化情况:当液态钢冷却至 AC 线时,开始凝固,从钢液中生成奥氏体晶核,并不断长大;当温度下降到 AE 线时,钢液全部凝固为奥氏体;当温度下降到 $GS(A_3)$ 线时,从奥氏体中开始析出铁素体晶核,并随温度的下降,晶核不断长大;当温度下降到 $PSK(A_1)$ 线时,剩余未经转变的奥氏体转变为珠光体;从 A_1 下降至常温,其组织为铁素体+珠光体,不再变化。如图 1-8 所示。

1.1.2 钢的分类及牌号

随着生产科学技术的发展,各种不同焊接金属材料越来越多。钢材是建筑施工中最常用的焊接材料,为了保证焊接结构的安全可靠,焊工有必要掌握钢等常用金属材料的基本性能和焊接特性。

1.1.2.1 钢的分类

在金属学中,钢和铁统称为铁碳合金,主要由铁和碳两种元素构成。在工业中,将含碳量小于 0.0218% 的铁碳合金称为纯铁,含碳量在 0.0218%~2.11% 的铁碳合金称为钢,含碳量在 2.11%~6.67% 的铁碳合金称为铸铁。

钢中除了铁、碳以外,一般还含有少量其他元素,如锰、硅、硫、磷等。锰、硅是炼钢时作为脱氧剂而加入的,称为常存元素;硫、磷是由炼钢原料带入的,称为杂质元素。

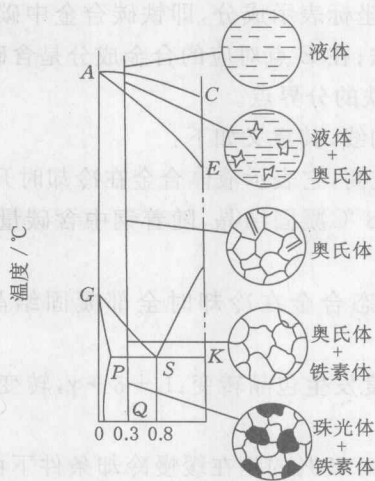


图 1-8 低碳钢由高温冷却下来的组织变化示意图

(1) 按化学成分分类

① 碳素钢

碳素钢不含有特意加入的合金元素，除铁以外，主要还含有碳、硅、锰、硫、磷等几种元素，这些元素的总量一般不超过 2%。

按含碳量多少，碳素钢又可分为：

- a. 低碳钢，含碳量小于 0.25%；
- b. 中碳钢，含碳量为 0.25%~0.60%；
- c. 高碳钢，含碳量大于 0.60%。

② 合金钢

合金钢是在碳素钢基础上添加适量的一种或多种合金元素而构成的铁碳合金。这种钢中，一般都会根据需要添加不同的元素，如铬、镍、钛、钼、钨、钒、硼等。另外，如果碳素钢中锰的含量超过 0.8%，或硅的含量超过 0.5%时，这种钢也称为合金钢。

根据合金元素的多少，合金钢又可分为：

- a. 普通低合金钢，合金元素总含量小于 5%；
- b. 中合金钢，合金元素总含量为 5%~10%；
- c. 高合金钢，合金元素总含量大于 10%。

(2) 按用途分类

① 结构钢

结构钢是指符合特定强度和可成形等级的钢，按用途不同分为建造用钢和机械用钢两类。建造用钢用于建造锅炉、船舶、桥梁、厂房和其他建筑物；机械用钢用于制造机器或机械零件。

② 工具钢

工具钢是指用于制造切削刀具、量具、模具和耐磨工具的合金钢，具有较高的耐磨性、适当的韧性和较高的硬度，且在高温下能保持高硬度的特性。

③ 特殊性能钢

特殊性能钢是指具有特殊物理或化学性能的钢,一般用于制造除要求具有一定的力学性能外,还要求具有特殊性能的零件,如不锈钢、耐酸钢、耐热钢、磁钢等。

(3) 按品质分类

① 普通钢

普通钢又称普通碳素钢,其对含碳量、性能范围,以及磷、硫和其他残余元素含量的限制较宽,其含硫量为 $0.045\% \sim 0.050\%$,含磷量不超过 0.045% 。

② 优质钢

优质钢的含硫量为 $0.030\% \sim 0.035\%$,含磷量不超过 0.035% 。

③ 高级优质钢

高级优质钢的含硫量为 $0.020\% \sim 0.030\%$,含磷量为 $0.025\% \sim 0.030\%$ 。

一般情况下,钢材的几种分类方法可以混合使用,按照化学成分和用途综合分类如图 1-9 所示。

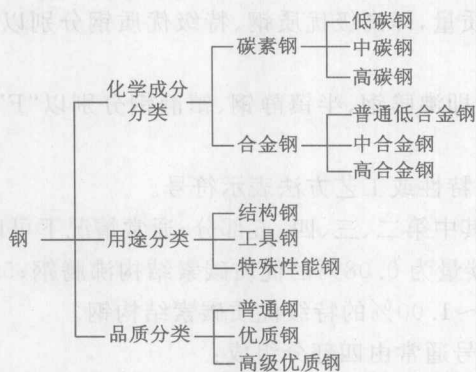


图 1-9 钢材的分类

例如,碳素结构钢既是按照化学成分分类中的碳素钢,同时也是按照用途分类中的结构钢,这是一种综合分类方式,这种分类方式更符合人们的称谓习惯。

1.1.2.2 钢的牌号

在我国,所有钢都按照《钢铁产品牌号表示方法》(GB/T 221—2008)和《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)规定的牌号表示方法表示。

牌号采用汉语拼音字母或英文字母、化学元素符号和阿拉伯数字相结合的方法表示,即用汉语拼音字母、英文字母表示产品的名称、用途、特性或工艺方法;用化学元素符号表示合金元素的种类;用阿拉伯数字表示钢材中碳元素、合金元素的含量及屈服点数值、公称厚度值、最大允许铁损值、电磁性能级别或不同牌号的顺序号。

表示钢材的名称、用途、特性或工艺方法时,一般从产品名称中选取有代表性的汉语拼音首字母或英文单词的首字母,当和另一产品所取字母重复时,改取第二个字母或第三个字母,或同时选取两个(或多个)汉字或英文单词的首字母。如沸腾钢用“F”(沸),焊接用钢用“H”(焊),锚链钢用“M”(锚),铆螺钢不再用“M”,而用“ML”(铆螺)。

以下选取几种常用钢材的牌号编写方法予以示例:

(1) 碳素结构钢和低合金钢的牌号通常由四部分组成:

第一部分:前缀符号+强度值(以 N/mm^2 或 MPa 为单位),其中通用结构钢前缀符号为代表屈服强度的拼音字母“Q”。

第二部分:钢的质量等级,用英文字母 A、B、C、D、E……表示。

第三部分:脱氧方式,即沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢分别以“F”、“b”、“Z”、“TZ”表示。镇静钢、特殊镇静钢表示符号通常可以省略。

第四部分:产品用途、特性及工艺方法表示符号。

其中第二、三、四部分通常情况下可以省略,必要时予以标注。

如 Q235AF 钢,“Q”为屈服点字母,“235”表示钢材的屈服强度为 235 N/mm^2 ,“A”表示该钢材的质量等级为 A 级,“F”表示该钢材为沸腾钢。

(2) 优质碳素结构钢的牌号通常由五部分组成:

第一部分:以两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)。

第二部分:较高含锰量的优质碳素结构钢,加锰元素符号 Mn。

第三部分:钢材冶金质量,即高级优质钢、特级优质钢分别以 A、E 表示,优质钢不用字母表示。

第四部分:脱氧方式,即沸腾钢、半镇静钢、镇静钢分别以“F”、“b”、“Z”表示,但镇静钢表示符号通常可以省略。

第五部分:产品用途、特性或工艺方法表示符号。

同碳素结构钢一样,其中第二、三、四、五部分,通常情况下可以省略,必要时标注。

如 08F,表示平均含碳量为 0.08% 的优质碳素结构沸腾钢;50MnE,表示平均含碳量为 0.50%、含锰量为 0.07%~1.00% 的特级优质碳素结构钢。

(3) 合金结构钢的牌号通常由四部分组成:

第一部分:以两位阿拉伯数字表示平均碳含量(以万分之几计)。

第二部分:合金元素含量,以化学元素符号及阿拉伯数字表示。

第三部分:钢材冶金质量,即高级优质钢、特级优质钢分别以 A、E 表示,优质钢不用字母表示。

第四部分:产品用途、特性或工艺方法表示符号,通常情况下可以省略,必要时予以标注。

如 25Cr2MoVA,表示平均含碳量为 0.25%、含铬量为 1.50%~2.49%、含钼量和含钒量均小于 1.50% 的高级合金结构钢。

钢材中的一些特殊合金元素,如 V、Al、Ti、B、Re(稀土元素)等,虽然它们的含量很低,但由于在钢材中起到很重要的作用,所以也标注在钢的牌号中。如 20MnVB 钢,尽管其中的钒和硼含量很少,但也应该予以标出。

在建筑施工现场所用的钢筋,按照《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007/XG1—2009)的要求,施工场所使用的热轧带肋钢筋(俗称螺纹钢)使用单独的牌号表示方法。如 HRB335、HRB400 和 HRB500,其中 335、400 和 500 分别表示该型号钢筋的屈服强度为 335 MPa、400 MPa 和 500 MPa,HRB 表示是热轧带肋钢筋。图 1-10 为热轧带肋钢筋铭牌。

热轧带肋钢筋的主要化学成分和碳当量见表 1-1。