

工程 材料

GONGCHENG CAILIAO

主编 王建民



电子科技大学出版社

工程材料

GONGCHENG CAILIAO

主编 王建民



学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程材料 / 王建民主编. —成都: 电子科技大学出版社,
2009.8

ISBN 978-7-5647-0338-7

I. 工… II. 王… III. 工程材料—高等学校—教材
IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 143348 号

工 程 材 料

主 编 王建民

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 曾 艺

责任编辑: 曾 艺 李述娜

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川经纬印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 16 字数 384 千字

版 次: 2009 年 8 月第一版

印 次: 2009 年 8 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-0338-7

定 价: 33.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

工程材料是一门技术基础课，是机械类、近机类等专业的必修课。学习工程材料的目的是为了选择它、用好它，材料用的是性能，材料在性能方面有哪些特点（比如强度高、硬度高、是塑性好还是韧性好等），就用它、发挥它的特点。材料的性能与成分有关，主要取决于材料内部的组织结构，不同的成分有不同的性能，同一成分的材料的不同组织结构也会有不同的性能，改变材料的内部组织结构，就会改变材料的性能。百炼改变了成分；千锤改变了组织结构，千锤百炼改变了材料的性能。因此，掌握了材料的内部组织结构也就知道了材料的性能。建立成分——组织结构——性能——应用这个循环，目的是为了应用，讲授的重点是组织结构。

我们把编写重点放在了材料的组织结构上，以强化为主线来讲解改变材料的组织结构的各种方法，从而改变材料的性能。希望学生抓住“强化方法”学材料；理解“组织结构”知性能；掌握“性能特点”会应用。

工程材料课程有两大特点，一是概念多、抽象、难理解；二是实践性强。针对它的特点我们提出了编写要求。希望编出一部：由浅入深，便于自学的教材；以强化为主线沟通各章节的内容，融会贯通的教材；实例多、实践性强便于应用的教材；表格多、数据准、标准新，可作为参考资料的教材；增强理论内容，有深度的教材；增加新材料、新技术、新工艺的内容，反映材料发展趋势的教材。

本书由河北工程大学王建民任主编并编写第一章；刘照编写第二章；李丽编写第三章；吴弘编写第四、第五章；王建民、王胜海编写第六章；李河宗、王建民编写第七章；高术振编写第八章；张建宇编第九、第十一章；郑立允编写第十章；牛兰芹编写有关实验内容。李丽、刘照参加统稿。

本书由北京科技大学倪晓东主审，并提出宝贵意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限并没有完全达到编写要求，为了今后的改进，望读者多提意见。

编 者

2009 年 4 月

目 录

第一章 材料的分类与钢铁生产	(1)
1.1 材料的分类	(1)
1.1.1 材料的发展史	(1)
1.1.2 材料的分类	(1)
1.2 钢铁材料生产简介	(3)
1.2.1 炼铁	(3)
1.2.2 炼钢	(4)
1.2.3 钢材生产	(6)
思考题	(6)
第二章 金属材料的力学性能	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 静态力学性能	(8)
2.2.1 金属材料的拉伸试验	(8)
2.2.2 金属材料的硬度试验	(12)
2.3 动态力学性能	(15)
2.3.1 冲击韧度	(16)
2.3.2 疲劳极限	(17)
2.3.3 材料的耐磨性能	(17)
2.4 断裂韧度	(18)
2.5 高低温性能	(19)
2.5.1 高温性能	(19)
2.5.1 低温性能	(20)
2.6 纯金属的性能特点	(20)
思考题	(21)
第三章 金属的结构与固溶强化	(22)
3.1 纯金属的结构	(22)
3.1.1 晶体与非晶体	(22)

3.1.2 晶格与晶胞·····	(22)
3.1.3 三种典型的金属晶体结构·····	(23)
3.1.4 立方晶系的晶面和晶向表示方法·····	(26)
3.2 纯金属的实际晶体结构·····	(27)
3.2.1 单晶体与多晶体的基本概念·····	(27)
3.2.2 晶体缺陷 ·····	(28)
3.3 合金的晶体结构·····	(30)
3.3.1 合金的基本概念·····	(30)
3.3.2 合金的相结构·····	(31)
3.3.3 固溶强化·····	(33)
思考题·····	(34)

第四章 纯金属的结晶与细晶强化·····(35)

4.1 结晶的基本概念·····	(35)
4.2 冷却曲线与过冷度·····	(36)
4.2.1 冷却曲线·····	(36)
4.2.2 冷却曲线的热力学分析·····	(37)
4.3 金属的结晶过程·····	(38)
4.3.1 形核·····	(38)
4.3.2 长大·····	(40)
4.4 晶粒大小及细晶强化·····	(40)
4.4.1 晶粒大小对性能的影响·····	(41)
4.4.2 晶粒度及其影响因素·····	(41)
4.4.3 控制晶粒度的措施·····	(41)
4.5 铸锭组织与缺陷·····	(43)
4.5.1 铸锭的宏观组织·····	(43)
4.5.2 铸锭结构的特性·····	(44)
4.5.3 铸锭的缺陷·····	(44)
4.6 金属的同素异晶转变·····	(45)
思考题·····	(46)

第五章 二元合金与合金化 (一) ·····(47)

5.1 合金的结晶及二元合金相图的建立·····	(47)
5.1.1 基本概念·····	(47)
5.1.2 二元合金相图的建立·····	(48)
5.2 二元合金相图的基本类型·····	(49)

5.2.1 匀晶相图及杠杆定律·····	(49)
5.2.2 共晶相图·····	(51)
5.2.3 二元包晶相图·····	(54)
5.2.4 形成稳定化合物的二元合金相图·····	(55)
5.2.5 具有共析反应的二元合金相图·····	(55)
5.3 铁碳合金相图·····	(55)
5.3.1 铁碳合金的基本相和组织·····	(56)
5.3.2 铁碳合金相图·····	(57)
5.3.3 含碳量对铁碳合金组织和性能的影响·····	(65)
5.3.4 铁碳相图的应用和局限性·····	(66)
5.4 非合金钢(碳钢)·····	(68)
5.4.1 钢的分类·····	(68)
5.4.2 钢的统一数字代号·····	(68)
5.4.3 碳素结构钢·····	(69)
5.4.4 优质碳素结构钢·····	(70)
5.4.5 碳素工具钢·····	(70)
5.4.6 铸钢·····	(73)
5.5 铸铁·····	(74)
5.5.1 铸铁的石墨化过程·····	(74)
5.5.2 铸铁的特点及分类·····	(76)
5.5.3 常用铸铁·····	(77)
思考题·····	(82)
第六章 金属的塑性变形与形变强化 ·····	(83)
6.1 金属的塑性变形·····	(83)
6.1.1 单晶体的塑性变形·····	(83)
6.1.2 多晶体金属的塑性变形·····	(87)
6.2 塑性变形对组织和性能的影响·····	(88)
6.2.1 加工硬化·····	(89)
6.2.2 显微组织的变化·····	(89)
6.2.3 织构现象的产生·····	(90)
6.2.4 残余内应力·····	(91)
6.3 回复与再结晶·····	(91)
6.3.1 变形金属在加热时的组织和性能的变化·····	(92)
6.3.2 金属的再结晶温度·····	(94)
6.3.3 再结晶退火后的晶粒度·····	(95)
6.4 金属的热加工·····	(96)



6.4.1 热加工与冷加工的区别·····	(96)
6.4.2 热加工对金属组织和性能的影响·····	(96)
思考题·····	(97)

第七章 钢的热处理与相变强化·····(98)

7.1 概述·····	(98)
7.2 钢在加热时的组织转变·····	(99)
7.2.1 奥氏体的形成·····	(99)
7.2.2 影响珠光体向奥氏体转变的因素·····	(100)
7.2.3 奥氏体晶粒的长大及其影响因素·····	(101)
7.3 钢在冷却时的组织转变·····	(102)
7.3.1 过冷奥氏体等温转变曲线·····	(102)
7.3.2 过冷奥氏体连续转变曲线·····	(111)
7.4 钢的退火和正火·····	(112)
7.4.1 退火和正火的目的·····	(112)
7.4.2 退火和正火操作及其应用·····	(112)
7.4.3 退火和正火的选择·····	(114)
7.5 钢的淬火·····	(115)
7.5.1 淬火的目的是·····	(115)
7.5.2 淬火温度的选择·····	(115)
7.5.3 淬火冷却介质·····	(116)
7.5.4 常用的淬火方法·····	(117)
7.5.5 钢的淬透性·····	(118)
7.6 钢的回火·····	(120)
7.7 钢的表面淬火·····	(121)
7.7.1 感应加热表面淬火·····	(122)
7.7.2 火焰加热表面淬火·····	(123)
8 钢的化学热处理·····	(123)
7.8.1 渗碳·····	(124)
7.8.2 氮化·····	(126)
7.9 热处理新技术·····	(127)
思考题·····	(128)

第八章 合金钢与合金化(二)·····(130)

8.1 合金元素在钢中的作用·····	(130)
8.1.1 合金元素对钢中基本相的影响·····	(130)

8.1.2 合金元素对铁碳相图的影响·····	(131)
8.1.3 合金元素对钢热处理组织转变的影响·····	(132)
8.1.4 合金元素对钢的力学性能的影响·····	(134)
8.2 合金钢的分类与编号·····	(135)
8.2.1 分类·····	(135)
8.2.2 编号·····	(136)
8.3 合金结构钢·····	(138)
8.3.1 低合金高强度结构钢·····	(138)
8.3.2 合金渗碳钢·····	(138)
8.3.3 合金调质钢·····	(141)
8.3.4 合金弹簧钢·····	(142)
8.3.5 滚动轴承钢·····	(146)
8.3.6 高锰耐磨钢·····	(148)
8.4 合金工具钢·····	(149)
8.4.1 合金刀具钢·····	(149)
8.4.2 合金模具钢·····	(151)
8.4.3 合金量具钢·····	(155)
8.5 特殊性能钢·····	(155)
8.5.1 不锈钢·····	(155)
8.5.2 耐热钢·····	(159)
思考题·····	(161)
 第九章 有色金属与时效强化·····	 (163)
9.1 固溶与时效强化·····	(163)
9.1.1 固溶处理与时效·····	(163)
9.1.2 时效过程·····	(164)
9.1.3 时效处理的影响因素·····	(165)
9.1.4 时效强化的应用·····	(166)
9.2 铝及铝合金·····	(167)
9.2.1 纯铝·····	(167)
9.2.2 铝合金·····	(167)
9.3 铜及铜合金·····	(171)
9.3.1 纯铜·····	(171)
9.3.2 铜合金·····	(171)
9.4 镁合金·····	(174)
9.4.1 纯镁·····	(174)
9.4.2 镁合金·····	(175)

9.4.3 镁合金的热处理·····	(176)
9.4.4 镁合金的特点与应用·····	(177)
9.5 钛及钛合金·····	(178)
9.5.1 纯钛·····	(178)
9.5.2 钛合金·····	(178)
9.6 轴承合金·····	(179)
思考题·····	(181)

第十章 非金属材料及其他材料····· (182)

10.1 高分子材料·····	(182)
10.1.1 高分子材料的定义·····	(182)
10.1.2 高分子聚合物的组成·····	(182)
10.1.3 高分子聚合物的合成·····	(183)
10.1.4 高分子材料的命名及分类·····	(183)
10.1.5 工程塑料·····	(184)
10.1.6 合成橡胶与合成纤维·····	(190)
10.1.7 合成胶粘剂和涂料·····	(192)
10.2 陶瓷材料·····	(193)
10.2.1 陶瓷材料的分类·····	(194)
10.2.2 陶瓷的制造工艺·····	(195)
10.2.3 陶瓷的结构·····	(196)
10.2.4 常用工业陶瓷·····	(197)
10.2.5 金属陶瓷·····	(198)
10.3 复合材料·····	(201)
10.3.1 复合材料的定义·····	(201)
10.3.2 复合材料的分类·····	(202)
10.3.3 复合材料的性能特点·····	(202)
10.3.4 复合材料简介·····	(203)
10.4 纳米材料·····	(207)
10.4.1 纳米材料的性能特点·····	(207)
10.4.2 纳米材料的制备·····	(208)
10.4.3 几种纳米材料及其应用·····	(208)
思考题·····	(210)

第十一章 工程材料的选用····· (211)

11.1 机械零件的失效分析·····	(211)
---------------------	---------

11.1.1 失效的形式·····	(201)
11.1.2 失效的原因·····	(219)
11.1.3 失效分析的方法·····	(220)
11.2 选材的基本原则与方法·····	(222)
11.3 选材实例——汽车材料的选用·····	(226)
11.3.1 材料与汽车能耗·····	(226)
11.3.2 汽车车身的选材·····	(227)
思考题·····	(230)
 实验 I 铁碳合金平衡组织观察·····	 (231)
 实验 II 碳钢的热处理及硬度测定·····	 (235)
 参考文献·····	 (242)

第一章 材料的分类与钢铁生产

1.1 材料的分类

能源、信息和材料是现代文明的三大支柱，而材料又是一切技术发展的物质基础。材料是指制造人类社会能接受的、经济的有用物品的物质。

1.1.1 材料的发展史

人类社会发展的历史阶段常常用当时主要使用的材料来划分。从古代到现在人类使用材料的历史共经历了七个时代，各时代的开始时为：

石器时代（公元前 10 万年）

青铜器时代（公元前 3000 年）

铁器时代（公元前 1000 年）

水泥时代（公元 0 年）

钢时代（1800 年）

硅时代（1950 年）

新材料时代（1990 年）

纵观现代各种工程用材、各种机械产品，大部分用的还是金属材料。为什么金属材料至今还被广泛应用？因为其性能优越，具有发展潜力。金属材料的主导地位仍将延续下去。

1.1.2 材料的分类

材料是指制造人类社会能接受的、经济的有用物品的物质。工程材料是指材料领域中与工程有关的材料，主要应用于机械制造、航空航天、化工、建筑与交通等部门。

按其应用领域可分为机械工程材料、建筑工程材料、电子工程材料、航空材料等；按其性能特点可分为结构材料和功能材料：结构材料是指承受外加载荷而保持其形状和结构稳定的材料，是以强度、刚度、韧性、硬度、疲劳强度等力学性能为主，兼有一定的物理、化学性能；功能材料是指具有一种或几种特定功能的材料，用于非承载目的的材料，是以声、光、电、磁、热等物理、化学、生物性能的材料。功能材料是能源、计算机、通信、电子、激光等现代科学的基础，在未来的社会发展中具有重大的战略意义，如：贮氢材料、梯度功能材料、纳米金属材料、智能金属材料等。结构材料用量极大，是当代社会的主要材料，是本书讨论的重点；功能材料目前用量虽小，但却是高新技术的关键，是知识密集、技术密集、附加值高的新材料。

工程上通常按材料的化学属性以其最基本结构单元——原子间的主要化学键可将材料

分为金属材料、高分子材料、陶瓷材料及复合材料四大类。钢铁、陶瓷、塑料和玻璃钢分别为这四种材料的典型代表。

1. 金属材料

金属材料是用量最大、用途最广的主要工程材料；历来占据材料消费的主导地位，并预计在未来的相当长时间内还将延续下去。它包含两大类型：黑色金属和有色金属。

(1) 黑色金属材料——主要是指钢铁材料。

钢：按化学成分分碳素钢、合金钢等；按品质分普通、优质、高级优质钢等；按金相组织分珠光体、贝氏体、马氏体和奥氏体钢等；按用途分工程结构、工具、特殊性能、专用用钢等；按冶炼方法分平炉、转炉、电炉、沸腾炉钢等。

铸铁：按石墨形态及性能又分为灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、蠕墨铸铁、特殊性能铸铁等。

(2) 有色金属——常分五大类，分别为：①轻金属 ($\rho < 4.5 \text{ g/cm}^3$)，如铝、镁、钠、钙等；②重金属 ($\rho > 4.58 \text{ g/cm}^3$)，如铜、镍、铅、锌等；③贵金属，如金、银、铂、铑等；④类(半)金属，如硅、硒、锗、硼等；⑤稀有金属，如钛、锂、钨、钼、镭等。

金属材料的基本特性：a. 金属键，常规法生产的为晶体结构；b. 常温下固体熔点较高；c. 金属光泽；d. 纯金属范性大、展性、延性大；e. 强度较高；f. 导热、导电性好；g. 空气中易氧化，如钢、铁等生成氧化膜，合金可改性抗氧化。

用途：结构材料，如机床、机械设备、工程交通工具；导体材料，如电线芯(铜)工具等。

2. 无机非金属材料

按成分，化学结构和用途分四大类：混凝土、玻璃、硅及耐火材料陶瓷(器)。其中陶瓷又分为：传统陶瓷(天然硅酸盐矿，各中黏土烧制而成)和特种陶瓷(人工化合物：氧化物、氮化物、硼化物、碳化物)。

基本特性：以陶瓷为例(其他有较大差别)a. 离子键、共价键及其混合键；b. 硬而脆；c. 熔点高、耐高温抗氧化；d. 导热、导电性差；e. 耐化学腐蚀性好；f. 耐磨；g. 成型方式为粉末制坯、烧制成型。

用途：建筑卫生陶瓷，如瓷砖、浴缸等；工程结构陶瓷，如反应釜(耐酸、耐腐蚀)、绝缘瓷瓶；功能陶瓷，如磁性、导电材料。

3. 高分子材料

按主链结构分为碳链—C—C—C、杂链—C—N—C=O—C—O—C—等；按使用性质分为塑料橡胶、合成纤维、黏合剂、涂料等。

基本特性：a. 共价键，部分范氏键；b. 分子量大，无明显熔点，有玻璃化转变温度 T_g 和粘流温度 T_f ；c. 力学状态有三态，分别为玻璃态、高弹态、黏流态；d. 比重小；e. 绝缘性好；f. 优越的化学稳定性；g. 成型方法多。

用途：结构材料，如电视机壳体、冰箱壳体、轴承、机械零件等；绝缘材料，如漆包线、电缆、绝缘版、电器零件等；建筑材料，如贴面板、地贴；包装材料，如塑料袋、薄膜、泡沫塑料等；涂装，如涂料等；黏合剂；日用，如织物(衣服)胶鞋等；运输，如轮胎、传送带等。

4. 复合材料

金属、高分子、陶瓷材料各有优缺点，若将以上两种或两种以上的材料微观地组合在一起形成的材料，并且具有与其组成不同的新的性能的材料便是复合材料。复合材料发挥了其组成材料的各自长处，又在一定程度上克服了它的弱点，因而是一种新型的优异材料。

按性能分为结构复合材料、功能复合材料；按增强剂形状及增强机理分为粒子增强、纤维增强复合材料；按基体材料分为树脂基复合材料、金属基复合材料和陶瓷基复合材料。

基本性质：a. 抗疲劳性能良好；b. 结构件减震性好；c. 比强度和比量高；d. 耐烧能性和耐高温性能好；e. 具有良好的减摩、耐磨和耐润滑性能。

用途：对于无机—高分子玻璃纤维增强塑料（玻璃钢），可用于汽车、游艇等；碳纤维增强塑料可用于飞机机翼、高尔夫球棍、撑竿跳等；金属—陶瓷复合材料可用于飞机螺旋桨叶等；高分子—高分子复合材料，如橡胶增韧塑料，可用于抗冲 PSABS 树脂等减震材料，硼连续纤维增强的铝基复合材料制成管材做航天飞机结构桁架等。

1.2 钢铁材料生产简介

钢铁材料是应用最广泛的金属材料，是现代工业特别是机械制造业的支柱。钢铁材料通常是通过冶炼和轧制获得的。要研究钢铁材料的组织性能，就要从钢铁材料来源说起。

1.2.1 炼铁

铁是钢铁材料的基本组成元素。自然界的铁以各种氧化物的形式存在，并且同其他元素的化合物混在一起。炼铁本质上是把铁从其氧化物中还原出来，并且同其他元素的化合物相分离。

炼铁的原料主要有铁矿石、焦炭和石灰石，各种原料应配成一定比例，才能使炼铁可行且经济。

1. 炼铁的基本过程

高炉是现代炼铁的主要设备。高炉炼铁如图 1-1 所示。炉料不断从进料口大、小钟加入炉内，空气经热风炉预热后从进风口吹入炉中。在冶炼过程中，炉料充满高炉，并不断下降；吹入炉中的空气与化学反应生成的气体组成炉气并沿着炉料的缝隙上升。冶炼一定时间，先打开出渣口排渣，再打开出铁口出铁。从炉顶排出的废气（高炉煤气）经煤气出口回收。炼铁的基本过程包括燃料的燃烧、铁的还原和增碳、杂质的混入、选渣等。

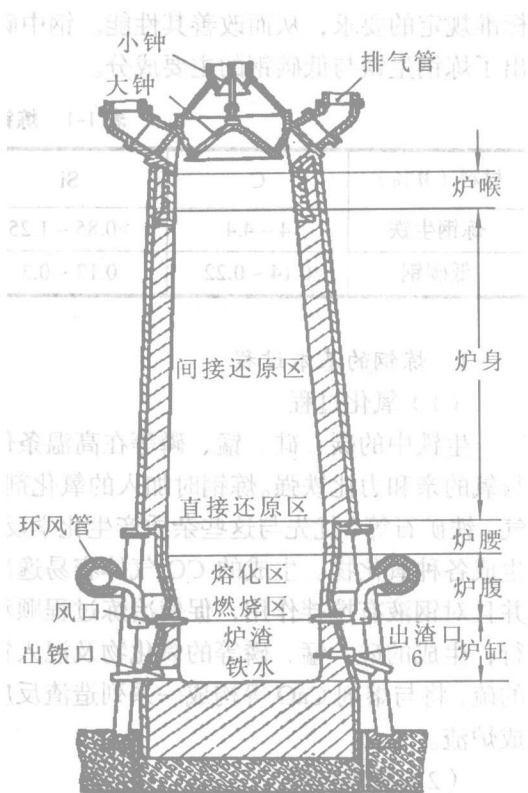


图1-1 高炉炼铁

炼铁采用的燃料主要是焦炭。焦炭燃烧产生的热量为冶炼提供了高温条件。高温焦炭及其燃烧生成的 CO 气体还起到还原剂的作用。

炼铁时，焦炭和 CO 不断地把铁从铁矿石中还原出来，同时碳也溶入铁。最终炼成的铁中的碳的质量分数达 4% 左右。另外，炉料中的硅、锰、硫、磷等杂质也会溶入铁中。

炼铁时，焦炭燃烧形成的灰粉及矿石中的废石与铁混在一起。通常，加入石灰石同灰粉、废石等构成造渣反应，使之成为熔点较低、密度较小的熔渣，浮在铁液上面。只要使出渣口稍高于出铁口，就能使铁与渣分离。

2. 高炉产品

高炉冶炼的铁不是纯铁，而是含有碳、硅、锰、硫、磷等元素的合金，称为生铁。生铁是高炉的主要产品。按含硅量不同，生铁分为炼钢生铁和铸造生铁。炼钢生铁的含硅量较低， $W_{Si} < 1.25\%$ ，主要用于炼钢；铸造生铁的含硅都较高， $W_{Si} = 1.25\% \sim 3.2\%$ ，主要用于铸造。

高炉冶炼的副产品主要有炉渣和高炉煤气。炉渣是制造水泥的原料；高炉煤气经净化可作为气体燃料使用，如加热热风炉及作为民用管道煤气等。

1.2.2 炼钢

生铁中含有较多的杂质，使得生铁的性能常常不能满足加工和使用的要求。炼钢的本质，是利用氧化的办法清除生铁中的硅、锰、硫、磷等杂质和过量的碳，使化学成分达到标准规定的要求，从而改善其性能。钢中碳及各种杂质的含量比生铁要低得多。表 1-1 列出了炼钢生铁与低碳钢的主要成分。

表 1-1 炼钢生铁与低碳钢的成分

材料 (W%)	C	Si	Mn	P	S
炼钢生铁	4 ~ 4.4	>0.85 ~ 1.25	>0.50	>0.25 ~ 0.4	>0.05 ~ 0.07
低碳钢	0.14 ~ 0.22	0.12 ~ 0.3	0.4 ~ 0.65	0.05	0.055

1. 炼钢的基本过程

(1) 氧化过程

生铁中的碳、硅、锰、磷等在高温条件下与氧的亲合力比铁强。炼钢时加入的氧化剂(氧气、铁矿石等)优先与这些杂质产生化学反应，生成各种氧化物。生成的 CO 气体容易逸出，并且对钢液有搅拌作用，促使冶炼过程顺利进行；生成的硅、锰、磷等的氧化物及混入铁中的硫，将与熔剂 CaO 等构成一系列造渣反应生成炉渣。

(2) 脱氧过程

在氧化过程中大量的铁也被氧化成 FeO。

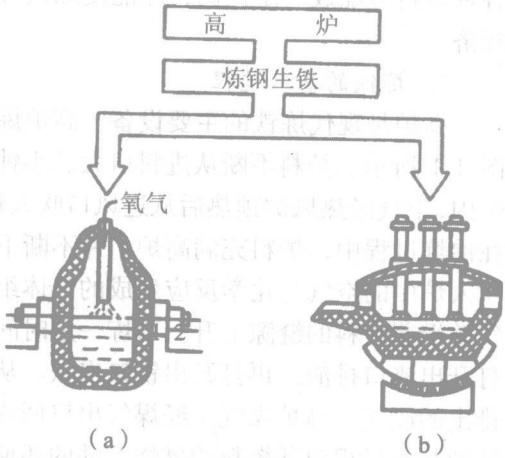


图 1-2 常用炼钢方法

(a) 氧气顶吹转炉 (b) 电弧炉

钢中存在的 FeO 将使其力学性能下降, 高温时更容易脆断。因此, 在冶炼后期必须往钢液中加入脱氧剂 (硅铁、锰铁、金属铝等)。脱氧剂与 FeO 产生反应, 生成炉渣。

2. 炼钢方法

(1) 转炉炼钢法

常见氧气顶吹转炉炼钢法如图 1-2 (a) 所示。炉体可以绕转轴转动。每炼完一炉钢都要把炉体倾倒, 倒出钢液。冶炼时以纯氧作为氧化剂, 直接利用吹氧管从炉顶向炉中吹入氧气, 依靠化学反应产生的热量就可冶炼, 不需要外加热源。

转炉炼钢法生产率高, 几十分钟就能炼一炉钢。但必须以液态炼钢生铁为主要原料。杂质被氧化产生的热量不仅使生铁液温度提高到钢的熔点, 还能使加入的废钢熔化, 重新冶炼成好钢。废钢的加入量甚至可以达到每炉钢的 35%。

氧气顶吹转炉通常用于冶炼各种碳钢。

(2) 电炉炼钢法

常见电弧炉炼钢法如图 1-2 (b) 所示。冶炼时以铁矿石或纯氧为氧化剂, 以转炉钢或 (和) 废钢为原料, 以电弧为热源。电炉炼钢法的冶炼温度高, 比较纯炉而言, 炉料能够冶炼高级优质钢和含有高熔点金属元素 (如钨、铝、钛等) 的合金钢。

3. 镇静钢和沸腾钢

炼好的钢常浇注成钢锭或连铸成钢坯。如图 1-3 (a) 所示是使用钢锭铸型浇注钢锭; 图 1-3 (b) 所示是使用连铸机浇注钢坯。浇注时, 钢液在一个用水冷却的铸型中凝固, 再用夹辊夹持移动, 并按要求的长度切断。

也好在炼钢脱氧过程中, 通过控制脱氧剂的种类和加入量可以控制钢的脱氧程度。通常按脱氧是否完全把钢分为镇静钢与沸腾钢。

(1) 镇静钢

镇静钢是脱氧 (脱氧剂主要用硅铁或铝) 完全的钢。浇注时不发生碳氧反应, 钢液在型腔中平静地上升。凝固后在钢锭头部形成一个倒锥形的缩孔, 如图 1-4 (a) 所示。镇静钢钢锭组织致密, 但轧制钢材时必须切除具有缩孔的头部, 故成材率较低。

(2) 沸腾钢

沸腾钢是脱氧 (脱氧剂主要用锰铁) 不完全的钢。浇注时有碳氧反应, 生成大量 CO 气体, 呈现沸腾现象。通常是盖上铁板, 使上层钢液先凝固成薄壳方停止沸腾。最终钢锭内充满气孔, 但头部不出现大的缩

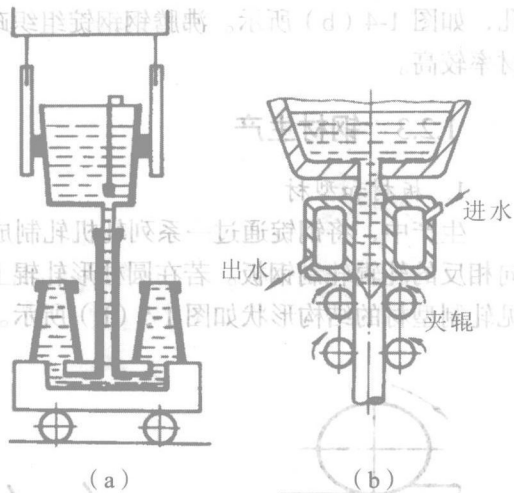


图 1-3 钢的浇注

(a) 型铸; (b) 连铸

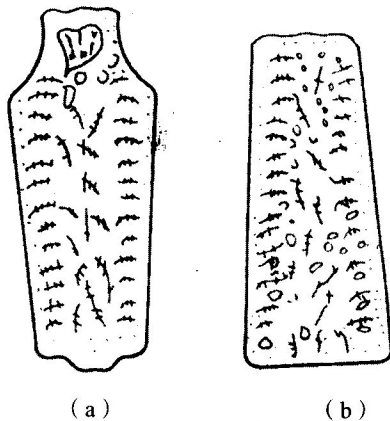


图 1-4 钢锭

(a) 镇静钢; (b) 沸腾钢

孔,如图 1-4 (b) 所示。沸腾钢钢锭组织疏松,但轧制钢材时不必切除较大的头部,故成材率较高。

1.2.3 钢材生产

1. 板材和型材

生产中,将钢锭通过一系列轧机轧制成板材和型材。如图 1-5 (a) 所示是使用两个转向相反的轧辊轧制钢板。若在圆柱形轧辊上加工出各种孔型,就可以轧制相应的型材。常见轧制型材的结构形状如图 1-5 (b) 所示。

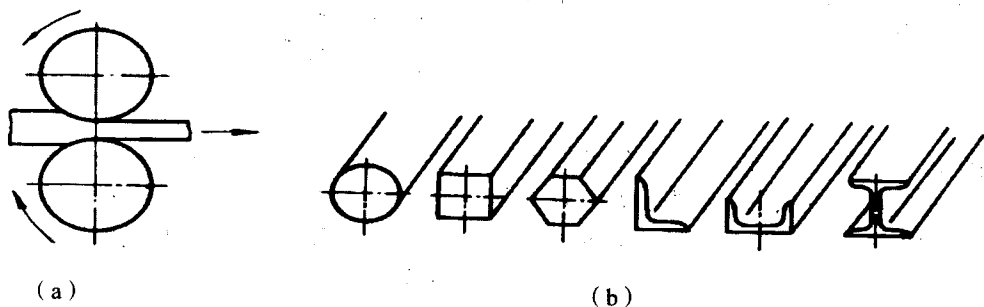


图 1-5 轧制板材和型材

2. 管材

通过成形辊把带钢弯成管形,再通过焊接辊焊接成有缝管材;也可以先用斜轧穿孔机在实心管坯上穿孔,如图 1-6 所示。然后再用一种特殊的方法(如周期式轧管法)轧至所需尺寸的管材,通常称为无缝管材。

3. 线材

直径在 6mm 以下的线材多采用拉丝机生产,坯料通过一个带漏斗形模孔的拉丝模拉成所需尺寸线材,如图 1-7 示。拉丝时材料会硬化,常通过中间加热使之软化。

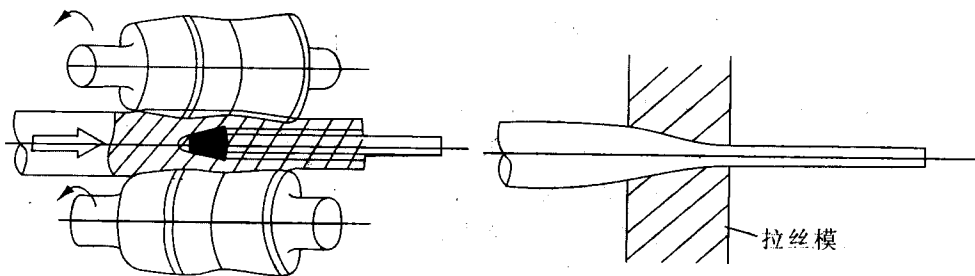


图1-6 斜轧穿孔

图1-7 拉丝

思考题

1. 金属材料有什么特点?为什么金属材料至今被广泛应用?