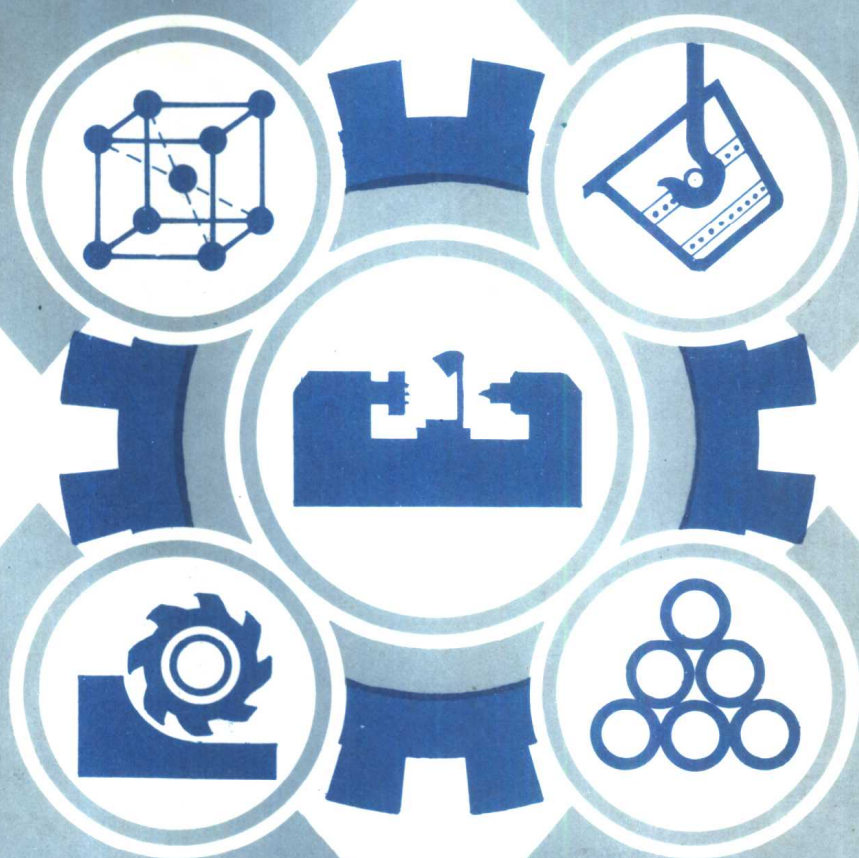


高等学校教材

工程材料及机械制造基础

郑章耕 主编



兵器工业出版社

工程材料及机械制造基础

郑章耕 主编

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

内 容 提 要

本书是以《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》为依据,并结合经济学和专业管理类各专业的教学需要编写的试用教材。

全书分三篇。第一篇为“工程材料”(钢、铁的生产、金属及合金的基础知识、铁碳合金、钢的热处理、常用的金属材料、金属材料的管理、非金属材料),第二篇为“热加工工艺基础”(铸造、压力加工、焊接、材料和毛坯的选择、金属材料的腐蚀和防护);第三篇为“机械加工工艺基础”(公差与配合、金属切削加工工艺基础知识、切削机床、夹具和切削加工方法及机械加工工艺规程的制定)。

本书可作为高等工业学校经济学和工业管理等非机械工程专业教材,也可供职工大学、电视大学及机械专业师生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及机械制造基础/郑章耕主编. —北京:兵器工业出版社,1995.5
ISBN 7-80038-833-6

I.工… I.郑… III.①工程材料②机械制造 IV.①TB3②TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03522 号

兵器工业出版社出版

(北京市海淀区车道沟10号)

新华书店总店科技发行所发行

各地新华书店经销

三河市新艺印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:22.25 字数:541千字

1995年5月第1版 1995年5月第1次印刷

ISBN 7-80038-833-6/JH·54(课)

印数:0~3000

定价:15.35元

前 言

本书是以国家教育委员会工程材料及机械制造基础课程指导小组制定的《工程材料及机械制造基础课程教学基本要求》为依据,并结合经济学和工业管理各专业的教学需要而编写的试用教材。其内容按机械制造典型的工艺流程编排。对金属材料、毛坯制造、机械加工的原理及工艺、作了系统、综合的介绍;并对钢铁生产、非金属材料、金属材料管理及金属制件的防护进行了简明的叙述。此外,在评介材料和各种工艺方法时,均引入经济性概念。为了适应市场经济发展的需要,反映现代科学和生产技术的发展,本书增加了新工艺、新技术的比重,以扩大知识面。本书着重考虑到经济学和工业管理的需要:即对企业的生产过程,既要有全面、系统的综合了解,又要掌握住经济管理者所必备的生产技术基础理论的知识。因而其内容既具有相当的广度,又有一定的深度。本着对教学内容进行执意探求的精神,发挥集体的智慧,编写了这本篇幅比较适中、内容比较全面、深度比较适当的教材。它可以满足经济学和工业管理者对生产技术知识的基本需要,又能为进一步学习有关专业技术知识打下必要的基础。

本书的内容按教学时数 108 学时编写的,使用时可根据实际时数适当增减。

参加本书编写的有:郑章耕(第一、九、十、十五章及十一章的第二节),崔凤琴(第二、三、四章及第五章的第六节),王德隆(第五章的第一至五节、七节,第六章及第十一章的第一节)。翁志武(第七、八、十二章),吴大勋(第十三、十四、十六、十八章),夏华(第十七章)。全书由郑章耕主编。

本书第一、二篇由陈天佐主审,第三篇由徐季陆主审。

由于编者学识水平所限,本书错误不妥之处难免,恳请读者批评指正。

编者

1994 年 6 月

EAC94/14

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 工程材料

第一章 钢铁的生产	3
第一节 炼铁.....	3
第二节 炼钢.....	6
第二章 金属及合金的基础知识	11
第一节 金属材料的性能	11
第二节 金属和合金的晶体结构与结晶	17
第三章 铁碳合金	29
第一节 纯铁的同素异构转变	29
第二节 铁碳合金的基本组织	29
第三节 铁碳合金相图	30
第四章 钢的热处理	38
第一节 概述	38
第二节 钢在加热时的组织转变	38
第三节 钢在冷却时的组织转变	40
第四节 钢的热处理工艺	44
第五章 常用的金属材料	54
第一节 碳素钢	54
第二节 合金钢	57
第三节 铸铁	66
第四节 有色金属及其合金	71
第五节 金属磁性材料	87
第六节 钢材	90
第七节 有色金属材.....	111
第六章 金属材料管理	119
第一节 金属材料的订购.....	119
第二节 金属材料的验收.....	121
第三节 金属材料的储存.....	128
第七章 机械工種非金属材料	131
第一节 高分子材料的基础知识.....	131
第二节 工程塑料.....	135

第三节 塑料成型工艺.....	137
第四节 其它非金属材料.....	138

第二篇 热加工工艺基础

第八章 铸造生产.....	142
第一节 砂型铸造.....	143
第二节 合金的铸造性能.....	153
第三节 常用合金铸件生产.....	155
第四节 铸件的结构工艺性.....	156
第五节 特种铸造.....	158
第九章 压力加工.....	163
第一节 金属的塑性变形.....	163
第二节 自由锻.....	167
第三节 模锻.....	173
第四节 板料冲压.....	176
第五节 压力加工先进工艺简介.....	180
第十章 焊接.....	184
第一节 电弧焊.....	184
第二节 其它常用的焊接方法.....	194
第三节 常用金属材料的焊接.....	200
第四节 焊接结构工艺性.....	203
第十一章 材料和毛坯的选择.....	207
第一节 材料的选择.....	207
第二节 毛坯的选择.....	210
第十二章 金属材料的腐蚀和防护.....	213
第一节 金属的腐蚀.....	213
第二节 金属制件的防护方法.....	215
第三节 电镀和化学涂覆的标记.....	217

第三篇 机械加工工艺基础

第十三章 公差与配合.....	219
第一节 互换性与加工精度.....	219
第二节 公差与配合的基本知识.....	220
第三节 公差与配合标准的应用.....	224
第四节 形状与位置公差.....	226
第五节 表面粗糙度.....	229
第十四章 金属切削加工工艺基础知识.....	233

第一节	切削运动与切削要素·····	233
第二节	刀具的几何角度·····	235
第三节	金属切削过程·····	239
第十五章	金属切削机床基础知识 ·····	246
第一节	金属切削机床的分类及型号·····	246
第二节	机床的传动·····	250
第三节	普通车床传动系统·····	255
第四节	牛头刨床的传动系统·····	258
第五节	机床的液压传动系统简介·····	259
第六节	自动机床及数控机床简介·····	261
第十六章	机床夹具基础知识 ·····	264
第一节	概述·····	264
第二节	工件的定位·····	267
第三节	工件的夹紧·····	271
第四节	典型夹具举例·····	273
第十七章	金属切削加工方法 ·····	276
第一节	车削加工·····	276
第二节	钻削和镗削加工·····	286
第三节	铣削加工·····	291
第四节	刨削加工·····	296
第五节	拉削加工·····	298
第六节	磨削加工·····	300
第七节	齿轮的齿形加工·····	306
第八节	特种加工·····	308
第十八章	机械加工工艺规程的制定 ·····	313
第一节	基本概念·····	313
第二节	工艺规程的制定·····	317
第三节	零件机械加工的结构工艺性·····	318
第四节	基准及其选择·····	319
第五节	工艺路线的拟定·····	322
第六节	确定加工余量和工序尺寸及公差·····	325
第七节	切削用量的选择和机动时间的计算·····	327
第八节	工艺文件·····	330
第九节	典型零件工艺过程·····	332
第十节	工艺方案的技术经济分析·····	336
第十一节	机械制造新技术·····	337
参考文献	·····	347

绪 论

什么是机械制造业？

机械制造业通常称为机械工业。它是将以金属为主的原材料，经过不同的加工方法以获得各种技术装备的加工制造业。机械工业的主要任务是为国民经济各部门（包括农业、轻工业、重工业、交通运输业、商业）以及为国际上其他国家提供各种技术装备。国民经济各部门的发展，依赖于机械工业是否能够不断地提供先进的装备，以促进其技术改造和技术进步，从而影响到整个国民经济的发展。因此，机械工业是国民经济的先导工业，世界各工业化国家都是将它作为战略产业而超前发展，在国民经济中占有极为重要的地位。

我国的机械工业，经过 40 多年的建设，已经成为一个门类齐全、布局展开，具有一定规模和技术水平的产业部门。目前机械工业的企业数、总产值、职工人数、固定资产、利税总额均占全国工业的四分之一左右，在社会主义现代化建设中发挥着巨大的作用。党的十三大给机械工业提出了明确的战略任务，这就是“振兴机械、电子工业，为现代化建设提供越来越多的先进技术装备”和“着重推进大规模生产的产业技术装备现代化，使农业、能源、原材料、交通、通讯、机械制造等重点产业主干部分的技术面貌有明显的改善”。为了实现这一战略目标，机械工业需要加快和深化改革，并依靠科学进步，通过新产品开发，引进先进技术，加强基础研究，努力提高技术水平。围绕着国家重点任务，着重解决产品的质量、品种、水平、成套和经济效益等问题。使机械工业能面向国内外市场，更好地适应国民经济的发展和提高人民生活水平的需要，并在满足社会需要的过程中，得到自身的发展和振兴。

本课程的内容与任务。

《工程材料及机械制造基础》是一门研究制造机械所用材料及加工方法的综合性技术基础课。它是为经济学和工业管理类专业学生提供有关机械工业生产技术基本知识。其内容是介绍由金属材料经过毛坯制造（铸、锻、焊）、热处理、切削加工至成品装配等机械制造一般工艺流程的基本规律和工艺方法。现代机械工业管理，如计划、物资、财务、销售、劳动管理等，无一不和生产技术互相密切联系，更不用说技术、生产、质量、科研等管理了。因此，经济学和工业管理类的学生除要掌握本专业的知识外，还必须具有较宽广的生产技术方面的知识，才能在诸如新产品开发、组织生产、计划协调、经济活动分析等生产经营中，发挥管理人员应有的作用。

本课程的基本要求如下：

1. 掌握常用工程材料（其中以金属材料为主）的成分、组织、性能和用途及选择；
2. 了解机械工业毛坯生产、机械加工方法的基本原理与一般规律；
3. 懂得研究和解决一般生产技术问题的思路；
4. 具有初步运用技术经济观点进行金属材料管理和生产组织的能力。

对于经济学和工业管理类专业学生而言，最后一点尤为重要。因此学习本课程时，应对机械工业生产有全面、系统的认识，要求能从整体上了解机械制造中的选材，各种加工过程的相互联系。以提高企业经济效益为目标，对工艺方案、加工方法进行技术经济的综合比较，选择出最佳方案。而不能将各种加工方法自成体系，分割堆砌。为了培养学生这方面的能力，如有条

件,在本课程末可安排一次综合性大型作业(课程设计),内容为对简单的零件按不同生产批量进行材料选择、确定毛坯工艺方法、制定机械加工工艺规程、进行技术经济分析等。

应当指出,本课程内容极为广泛,知识覆盖面大,实践性强。特别是科学的发展、技术的进步,使机械制造的材料、工艺都得到巨大的发展,新材料、新工艺、新技术不断涌现。在有限时数内,对有关的新技术,本课程难以过多的涉及。这方面的知识宜在课外用录相或专题报告作普及性介绍。本课程着重介绍那些最基本、应用最广泛、具有代表性的材料及工艺,为学生学习经济管理类专业课程和参加工作实践,在生产技术知识方面,奠定初步的基础。

本课程的教学目的:使学生初步掌握金属材料、机械加工工艺、热处理、铸造、锻造、焊接、钳工、钣金、木工、油漆等工艺的基本知识,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用。

本课程的教学内容:金属材料、机械加工工艺、热处理、铸造、锻造、焊接、钳工、钣金、木工、油漆等工艺的基本知识,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用。

本课程的教学内容:金属材料、机械加工工艺、热处理、铸造、锻造、焊接、钳工、钣金、木工、油漆等工艺的基本知识,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用。

本课程的教学内容:金属材料、机械加工工艺、热处理、铸造、锻造、焊接、钳工、钣金、木工、油漆等工艺的基本知识,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用;使学生初步了解机械产品的生产过程,并能初步应用。

第一篇 工程材料

在机械制造业中,用以制造各种机械结构、机械零件和工、模具的材料统称为机械工程材料。机械工程材料分为金属材料和非金属材料。金属材料具有许多优良的性能,是最重要的机械工程材料。金属材料又分为黑色金属和有色金属。黑色金属是指铁和以铁为基的合金,如钢、铸铁和铁合金;有色金属是除黑色金属以外的其它金属与合金,如铜、铝、镁、锡、锌、钛等纯金属及其合金。非金属材料包括高分子材料、陶瓷材料和复合材料。

钢和铁是应用最广的金属材料。工业、农业、交通运输、建筑和国防等各部门都离不开钢和铁。因此,钢和铁的生产对国民经济各部门的发展具有极其重要的意义。

第一章 钢铁的生产

钢和铁都属于铁碳合金。理论上钢是 w_c (碳的质量分数)低于2.11%并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质的铁碳合金;生铁是 w_c 大于2.11%且含硅、锰、硫、磷等杂质比钢多的铁碳合金。实际上,钢的 w_c 一般在1.4%以下,生铁的 w_c 则在2.5%~4.0%之间。

钢铁的生产包括将铁矿石炼成生铁,将生铁炼成钢,把炼成的钢浇注成钢锭。

第一节 炼 铁

炼铁就是把铁矿石中的铁从氧化物中还原出来并与脉石分离,从而获得一定成份的生铁。

一、炼铁的原料

炼铁的主要原料有铁矿石、燃料和熔剂。

(一) 铁矿石

铁矿石多是由铁的氧化物、脉石(多为 SiO_2 、 Al_2O_3)和杂质(硫、磷)组成。

1. 磁铁矿 它的主要化学成分是 Fe_3O_4 ,有磁性,多为黑色。这种矿石质地坚硬而细密较难还原。

2. 赤铁矿 它的化学成分是 Fe_2O_3 ,呈赤红色,一般没有磁性。这种矿石质地较松,较易还原。

工业上开采的铁矿石,铁的质量分数(w_{Fe})一般在30%以上。 w_{Fe} 在45%以下的为贫矿,开采后要经破碎选矿和烧结成块后才能冶炼。 w_{Fe} 在45%以上的为富矿,可直接入炉冶炼。

(二) 燃料

炼铁用的主要燃料为焦炭。其作用是燃烧产生热量,提供炼铁所需要的高温并作为还原剂。炼铁用的焦炭应具有强度高、发热量大、含磷、硫和灰分少,并有足够的气孔率等。

(三) 熔剂

矿石中的脉石、焦炭燃烧后的灰分,一般是熔点较高的酸性氧化物。为了使还原出来的铁与它们分开,必须加入熔剂,使其与脉石、灰分相互作用,造成熔点低、流动性好和密度小的熔渣,从而使铁分离出来。常用的熔剂是石灰石(CaCO_3)。

二、高炉及炼铁原理

(一) 高炉

炼铁用的主要设备是高炉,如图 1-1 所示。它主要由炉缸 5、炉腹 4、炉腰 3、炉身 2 和炉喉 1 等组成。高炉的大小是以有效容积表示。有效容积是指从出铁口中心线到炉喉上端之间高炉的容积。我国大型高炉有效容积已达 4063 m^3 ,炉高 113 m,能装炉料 18000 t,一昼夜能炼铁(8000~10000) t。

(二) 炼铁过程及主要化学变化

在炼铁过程中,炉料(矿石、燃料和熔剂)从炉顶的装料装置 9 加入,并不断地向下运动。经热风炉预热后的空气通过风管 10 和风嘴 6 从炉子下部鼓入,使燃料燃烧,产生热量和还原气氛。炉气不断地向上运动,炉料不断地向下运动,受到高温炉气的预热而升温并产生一系列的物理、化学变化,使矿石中的铁逐渐被还原,并熔化为铁水,从炉子底部的出铁口 7 流出。矿石中的脉石及焦炭燃烧产生的灰分,在高温下与熔剂作用生成炉渣,从出渣口放出,并与铁水分开,这样就得到了生铁。

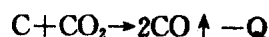
炼铁时在高炉内发生下列主要的物理、化学过程:

1. 燃料的燃烧

当被预热到赤热的焦炭降到风嘴时,与鼓入并预热到 $900\sim 1200\text{ }^\circ\text{C}$ 的热风相遇,发生剧烈燃烧,放出热量使炉缸中心的温度可达 $1800\sim 1900\text{ }^\circ\text{C}$,其反应式为



CO_2 上升时又立即与赤热的焦炭发生反应,生成 CO :



CO 是使铁和其它一些元素的氧化物还原的主要还原剂。

2. 铁的还原及增碳

矿石中铁的氧化物在高炉冶炼中被 CO 逐级还原:

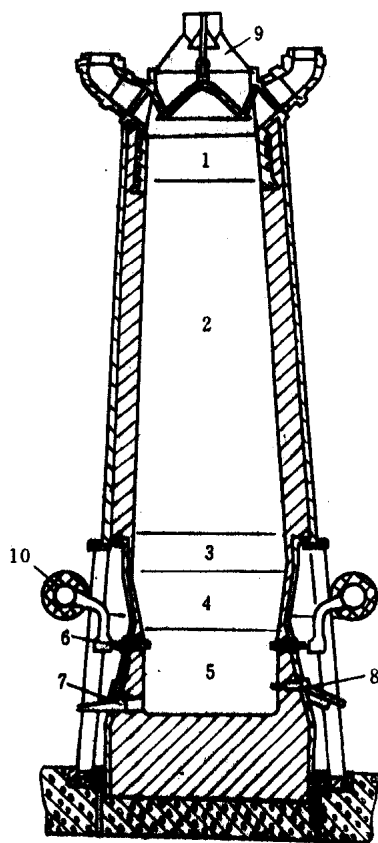
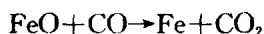
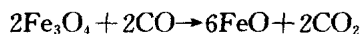
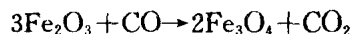


图 1-1 高炉炉体纵剖面图

1—炉喉; 2—炉身; 3—炉腰; 4—炉腹;
5—炉缸; 6—风嘴; 7—出铁口;
8—出渣口; 9—装料装置; 10—风管

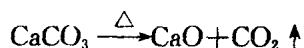


刚还原出来的纯铁呈海绵状,又称海绵铁,它在高温下会从CO和焦炭中吸收一部分炭,使 w_c 达到3%~3.5%,这一作用称为增碳。于是就炼成低熔点(约1200℃)的生铁,并熔化成铁水滴入炉缸。

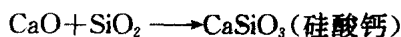
生铁中除了含铁和碳外,还含有Si、Mn、P和S等元素,这是因为矿石中的 SiO_2 、 MnO 以及磷化物(主要是磷酸钙)等,在高温下也会还原成Si、Mn、P等进入铁水中。而焦炭和矿石中所含的硫,一部分也以 FeS 形式渗入铁水中。

3. 熔剂的分解与造渣

熔剂在高温下发生分解:



在高温下, CaO 与脉石和焦炭中灰分作用,形成熔点较低、密度较小的硅酸盐炉渣:



这种炉渣在1400~1500℃温度下,具有相当的流动性,能顺利地滴入炉缸,浮在铁水表面,并从出渣口排出。

三、炼铁的产品及主要技术经济指标

(一) 炼铁产品

高炉炼铁的主要产品是生铁,副产品是高炉煤气和炉渣。高炉生铁根据用途不同可分为:

1. 炼钢生铁 这类生铁中 w_{Si} 较低(0.6%~1.75%),其中碳以 Fe_3C 的形式存在,断口呈银白色,故又称白口生铁。性能硬而脆,难于机械加工,主要用于炼钢原料。

2. 铸造生铁 其中 w_{Si} 较高(1.25%~3.75%),碳主要以石墨形式存在,断口呈暗灰色,故又称灰口铁。性质较软,便于铸造和切削加工,主要用于铸造工业。

3. 高炉铁合金 炼铁时加入其他原料,可以炼成含有较多合金元素的铁合金,称为高炉铁合金。如含锰多的锰铁($w_{\text{Mn}}=45\% \sim 85\%$),含硅多的硅铁($w_{\text{Si}}=10\% \sim 15\%$)等。它们主要用作炼钢的合金剂和脱氧剂。

高炉副产品炉渣中含有50%左右的 CaO ,可用于生产炉渣水泥、渣砖等建筑材料。而高炉煤气含有大量的 CO 、 CH_4 和 H_2 ,是可燃性气体,可用于炼焦、炼钢和各种加热炉等。

(二) 主要技术经济指标

高炉生产的主要技术经济指标有:生铁合格率、高炉利用系数、焦比和冶炼强度等。

1. 生铁合格率 指符合国家标准规定的合格生铁质量占所产生的生铁总质量的百分比,即:

$$\text{生铁合格率} = \frac{\text{合格生铁质量}(t)}{\text{生铁总质量}(t)} \times 100\%$$

生铁合格率是考核高炉产品质量的主要技术经济指标,一般生铁合格率应在99%以上。

2. 高炉利用系数 指高炉单位有效容积每昼夜(d)生产合格生铁的质量:

$$n = m_p / V_n$$

式中 m_p —— 高炉每昼夜生产合格生铁的质量(t/d);

V_n ——高炉的有效容积(m^3);

n ——高炉利用系数($t/m^3 \cdot d$)。

高炉利用系数是衡量高炉生产率的重要指标,先进炉的利用系数可达 $2 (t/m^3 \cdot d)$ 以上。

3. 冶炼强度 指高炉每昼夜装入炉内的焦炭质量与其有效容积之比值:

$$I = m_c / V_n$$

式中 m_c ——每昼夜装入的焦炭质量(t/d);

V_n ——高炉的有效容积(m^3);

I ——冶炼强度($t/d \cdot m^3$)。

冶炼强度是反映炉料下降放慢和冶炼速度的技术经济指标。

4. 焦比 指每炼 $1 t$ 合格生铁所消耗的焦炭质量:

$$k = m_c / m_p$$

式中 m_c ——每昼夜装入的焦炭质量(t/d);

m_p ——高炉每昼夜生产合格生铁的质量(t/d);

k ——焦比。

焦比是高炉生产的主要消耗指标,一般大型高炉的焦比 k 为 $0.4 \sim 0.5$ 。

高炉生产要求实现高的冶炼强度、利用系数和低焦比,以提高经济效益。

第二节 炼 钢

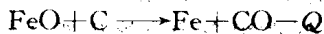
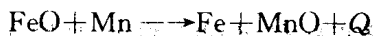
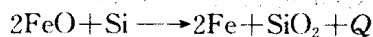
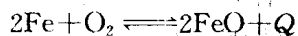
高炉炼出的生铁,含有较多的碳及磷、硫等有害杂质,机械性能差,只有少数可直接用于生产铸件。为了适应机械制造的广泛用途,绝大多数生铁还必须进一步精炼成钢。

一、炼钢的基本原理及过程

炼钢的基本原理是氧化过程。现代工业炼钢过程是在 $1500 \sim 1700^\circ C$ 高温下,把炉料(主要是生铁)熔化成液体,然后吹入不同来源的氧(纯氧或空气中氧、铁矿石中氧),把铁水中的碳、硅、锰、磷、硫等元素通过氧化减少到规定的范围。炼钢过程发生下列化学反应:

(一) 碳及杂质元素的氧化

进入铁水中的氧先使部分铁氧化成 FeO ,再通过 FeO 氧化碳及其它元素。即:

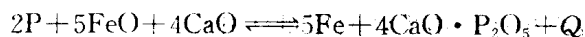


上述反应生成的 CO 气体直接从溶液中排至炉气中除掉,其它氧化物通过造渣反应,进入炉渣除去。

(二) 造渣及去磷、硫

磷与硫在钢中通常是有害的。为去除磷、硫,在炼钢时加入石灰(CaO)造成碱性炉渣(碱度 $CaO/SiO_2 > 2$),以发生去磷、去硫反应。

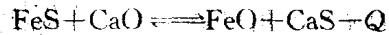
1. 去磷



生成的 $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 是稳定的化合物,它牢固地固结在渣中,便于去除。可见去磷需要高碱度的氧化性渣(含 FeO 多)。

2. 去硫

硫在钢中以 FeS 形式存在,当炉渣中有足够的 CaO 时,则发生如下反应:

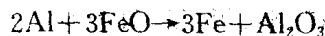
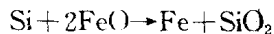
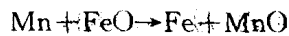


CaS 不溶于钢水中,形成稳定的熔渣浮于表面以去除。从反应式可知,去硫需要高温、高碱度的非氧化渣(含 FeO 很少)。

为了造碱性渣去磷、硫,炼钢炉壁需用碱性耐火材料(主要成分为 MgO)砌制,这种炼钢炉称为碱性炉,使用最多。若用酸性耐火材料(主要成分为 SiO_2),则称酸性炉。因不能去磷、硫,对炼钢原材料要求严格,一般较少使用。

(三) 脱氧

由于炼钢是氧化过程,在熔炼结束时,钢液仍有 FeO 存在,使钢的性能严重变坏。因此,炼钢的末期必须进行脱氧。常用的脱氧方法是往钢水中加入脱氧剂硅铁、锰铁或铝,发生下列反应:



生成的氧化物绝大部分进入炉渣被除去。当钢液的成分与温度达到规定要求时,便可出钢。

二、常用的炼钢方法

现代常用的炼钢方法有氧气转炉炼钢,平炉炼钢和电炉炼钢等。

(一) 氧气转炉炼钢

氧气转炉炼钢是用喷枪直接向金属液供氧,使碳和其它杂质元素进行氧化,并靠元素氧化放出的热来加热金属液的一种炼钢方法。按供氧方式不同,有顶吹、底吹和顶底结合吹炼等。目前以氧气顶吹转炉应用最广,如图 1-2 所示。它利用喷枪从熔池上方吹入高压工业纯氧气流,在熔池内造成强烈的搅拌,使金属液中的碳、硅、锰、磷等元素迅速氧化,放出大量的热,使废钢熔化并造成炼钢高温,不需燃料。

转炉的大小是以每炉能炼钢的质量来表示,一般在 200 t 以下,最大的为 400 t。

氧气转炉炼钢的生产率高,每小时产钢(100~400) t;设备费用低,不需外加热源、成本低;钢中有害气体氮、氢、氧少,钢的质量较高,主要用于炼优质碳钢和部分合金钢。

(二) 平炉炼钢

平炉炼钢是以生铁液、废钢为原料,气体燃料为热源,炉气和铁矿石供氧使碳及杂质氧化

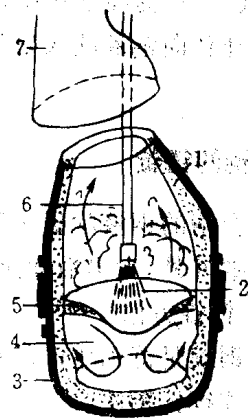


图 1-2 纯氧顶吹转炉炼钢示意图

1—耐火材料; 2—超音速纯氧; 3—炉体;
4—熔液; 5—炉渣; 6—喷枪; 7—排烟罩

的一种炼钢方法,如图 1-3 所示。气体燃料和空气分别经蓄热室预热至 1100℃ 左右进入炉膛燃烧,获得炼钢所需的高温。这种炼钢方法对原材料的适应性较广,100% 的生铁或 100% 废钢均可冶炼,且冶炼过程平稳,钢的品种质量也易控制,主要用于炼碳素钢和低合金钢。但由于冶炼时间长(几小时炼一炉),生产率低、成本高,已逐渐为转炉所取代。

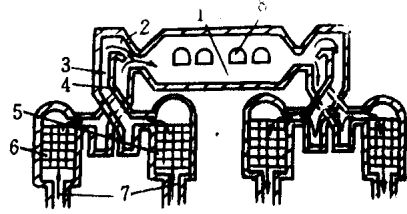


图 1-3 平炉构造示意图

平炉的大小也是以每炉所炼的钢的质量(t)来表示。目前我国平炉已大至为 500t。一般为碱性平炉。

1—炉膛; 2—炉头; 3—空气上升道; 4—煤气上升道;
5—空气蓄热室; 6—煤气蓄热室; 7—烟道; 8—装料口

(三) 电弧炉炼钢

电弧炉炼钢是以电能供热,利用废钢为原料,加入铁矿石等对碳及杂质元素进行氧化的炼钢方法,如图 1-4 所示。三根石墨电极插入炉内,通电后,电极与炉料间产生高温电弧进行加热冶炼。

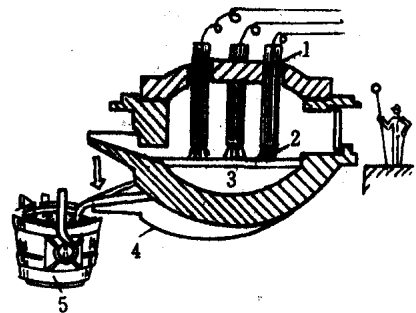


图 1-4 电弧炉炼钢示意图

电弧炉炼钢能有效地去除磷、硫、氧、氮、氢等有害杂质,故钢的质量高。主要用于冶炼高级优质合金钢。但耗电量大,生产率低,成本高。

1—石墨电极; 2—电弧; 3—液层钢液;
4—出钢位置; 5—盛钢桶

电弧炉的容量一般在 20 t 以下,也有(300~400) t 大型电炉。熔炼时间为(1.5~2.5) h。

上述炼钢方法所炼的钢,都或多或少地含有氢、氮、氧等气体和各种非金属夹杂物,影响了钢的质量。为了进一步提高钢的质量,近年来已开始采用钢液真空处理和向钢液吹入氩气进行精炼,或采用电渣重熔法、真空电弧重熔法等先进的精炼方法。

三、钢的铸锭

冶炼合格的钢液除极少数直接浇铸成铸钢件外,绝大多数是浇铸成钢锭。钢锭除少数用于锻造大型锻件外,大多数通过轧制等压力加工制成钢材。

(一) 铸锭方法

浇铸钢锭是炼钢生产的最后一个环节,这一环节的好坏直接影响钢的质量。常用的方法有模铸法和连续铸钢法。

1. 模铸法 是把钢液经浇注系统从下部或直接从上部浇入金属锭模内,冷凝后脱模成钢锭,如图 1-5 所示。这种方法适应性强,是传统的铸锭方法。但锭模准备工作复杂,劳动条件差,轧制时切头切尾多,浇注系统的废料损失大,成材率低,现已逐渐被连续铸钢法所替代。

2. 连续铸钢法 图 1-6 是弧形连续铸钢法示意图。钢桶 1 中的钢液经中间罐 2 连续不断地浇入铜质水冷结晶器 3 中,迅速冷凝成坯壳,再从结晶器下口拉出,进入装有喷水冷却装置的二次冷却区 4 完全冷却凝固。铸钢坯再由拉辊矫直机 5 夹持移动并矫直,再经切割器 6 定尺

切割成钢坯供轧制使用。与模铸法相比,这种方法质量好,生产率高,切头损失小,成材率高,自动化程度高,劳动条件好,是先进的铸锭方法。

(二) 铸锭的结晶组织及缺陷

钢液在金属锭模或结晶器中凝固时,由于冷却条件的不同,造成铸锭结晶组织上的不均匀性。如图 1-7 所示。其组织从表到里由细等轴晶粒层、柱状晶粒层和粗等轴晶粒层组成。由于柱状晶粒层的前沿及柱状晶彼此相遇处较为脆弱,并常富集易熔杂质和非金属夹杂物,在铸锭热加工时易沿这些弱面开裂,所以生产上应注意控制柱状晶粒层的扩展。

在铸锭凝固过程中,还可能产生缩孔、疏松、偏析、气泡、夹杂和裂纹等铸造缺陷。

(三) 镇静钢、沸腾钢、半镇静钢

根据钢水脱氧程度的不同,可将钢锭分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢三种,如图 1-8 所示。

1. 镇静钢 钢液在浇注前用锰铁、硅铁和铝进行充分脱氧,钢水在锭模内平静地凝固。这种钢锭化学成分均匀、组织致密、质量较高。但由于钢锭顶部形成相当深的集中缩孔,轧制时必须切除,因而材料利用率低。

2. 沸腾钢 钢液在熔炼末期仅用锰铁脱氧,由

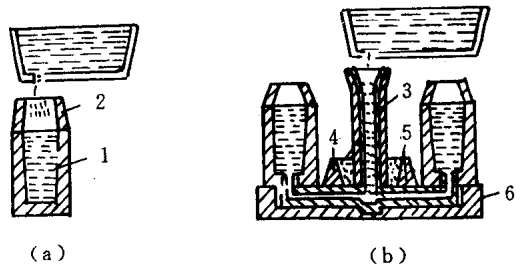


图 1-5 模铸法示意图

(a) 上铸法

(b) 下铸法

1—钢锭模; 2—保温帽; 3—中心注管
4—压圈; 5—流钢砖; 6—底盘

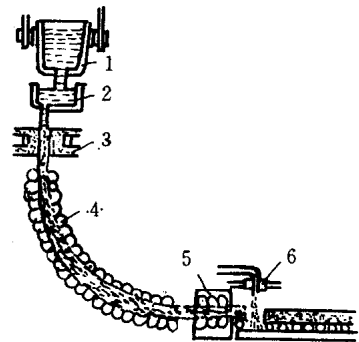


图 1-6 弧形连续铸钢法示意图

1—钢桶; 2—中间罐; 3—结晶器;
4—二次冷却区; 5—矫直机; 6—切割器

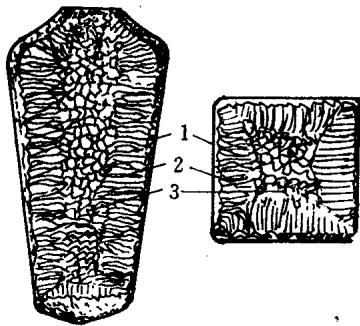


图 1-7 钢锭组织示意图

1—表层细晶粒层; 2—柱状晶粒层;
3—中心等轴晶粒层

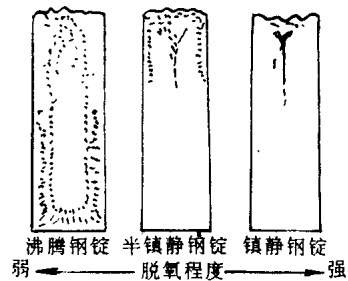


图 1-8 镇静钢锭、沸腾钢锭、半镇静钢锭

于脱氧不充分,钢液中残留的 FeO 在钢锭模内继续与碳反应生成 CO 气体使钢液产生沸腾现象。凝固后部分 CO 残留在钢锭内部,形成许多小气泡。因为这些小气泡所占据的容积抵消了

钢水的凝固收缩,所以沸腾钢不产生集中缩孔。钢锭利用率高,而且还省了脱氧费用,故成本低。但沸腾钢的成分不均匀,致密度差,质量较差。一般用于不重要的机械零件。

3. 半镇静钢 其特点是介于镇静钢和沸腾钢两者之间。

复习题

1. 什么是生铁? 什么是钢?
2. 炼铁的主要原料有哪些? 各有什么作用?
3. 简述高炉内生铁形成过程。为什么高炉内炼出来的铁是生铁而不是纯铁?
4. 试述高炉炼铁的产品及主要经济指标?
5. 炼钢的主要任务是什么? 试比较转炉、平炉、电弧炉炼钢的特点。
6. 比较镇静钢和沸腾钢。