

中等专业学校教材

金属工艺学

成都无线机械学校 苏家麟 李学之 编



国防工业出版社

金属工艺学

成都无线机械学校

苏家麟 李学之 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书是中等专业学校机械类冷加工专业的“金属工艺学”课程用教材,也可供“金属材料与热处理”课和相近专业的“金属工艺学”课教学参考。

本书包括下列内容:

第一篇 钢铁材料生产概述;

第二篇 金属学与热处理(机械性能、金属和合金的结构及结晶、铁碳平衡图、塑性变形与再结晶、钢的热处理等);

第三篇 常用金属材料(碳钢、合金钢、铸铁、粉末冶金和有色金属等);

第四篇 热加工基础(铸造、锻压及焊接)。全书共计十八章。

本书的基本内容除满足本课教学大纲的基本要求外,为了照顾部分学校的较高要求,还编写了加深加宽内容,供教师选讲或学生自学。

金 属 工 艺 学

成都无线电机械学校

苏家麟 李学之 编

责任编辑 张赞宏

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

787×1092 1/16 印张20 1/2 477千字

1984年6月第一版 1984年6月第一次印刷 印数:00,001—11,000册

统一书号:15034·2731 定价:2.10元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从一九七七年底到一九八二年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材 159 种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人材的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于一九八二年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》、中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了一九八二~一九八五年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共 217 种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评和建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系由电子工业部中等专业学校《电子机械类专业》教材编审委员会《金属工艺学》编审小组评选审定，并推荐出版。

该教材由成都无线电机械学校苏家麟担任主编，贵州无线电工业学校曹德普担任主审。编审者是依据《金属工艺学》编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本课程的参考教学时数为120~130学时（包括实验），其主要内容为：钢铁材料生产概述、金属学与热处理、常用金属材料及热加工基础共计十八章。为了适应当前中专各校招生对象、学制、办学条件等不同的需要，本书除编入基本内容外，还编写了一部分加深加宽的内容（记有**号），供各校选讲或留给学生自学。

本课安排在第一次教学实习（钳工、铸造、锻造、焊接）之后进行教学，有关实习操作内容另有实习教材讲授，但为了保持本课教材内容的相对完整性，并照顾部分学校实习条件暂不具备的实际情况，部分锻、焊实习内容（如砂型制造、自由锻、气焊、手工电弧焊等）也简要地写入本书，各校讲授时可根据情况作必要的调整或增删。

为了便于学生复习，本书各章附有一些习题，其中有概念题、思考题和少数作业题，目的在于帮助学生巩固所学基本知识、培养分析问题和解决问题的能力。

本教材由苏家麟编写绪言、1~12章，李学之编写13~18章，苏家麟统编全稿。参加审阅工作的还有张跃基、张文绍、贺泽成、任兴元、谷翠珍、马迎珍及姜新桥等，此外，还有王毓敏、陈荣谦、林世英、叶行炜等为本书提出许多宝贵意见，黄有礼制作了部分金相照片，林伯清绘制了全部插图，在这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪言	1
----------	---

第一篇 钢铁材料生产概述

第一章 炼铁和炼钢	2
第一节 炼铁	2
第二节 炼钢	4
第二章 冶金加工产品	10
第一节 冶金加工产品的主要种类及 生产方法	10
第二节 钢的分类和常用钢牌号	13

第二篇 金属学与热处理

第三章 金属的机械性能及

试验方法	15
第一节 强度、塑性和拉力试验	15
第二节 硬度及硬度试验	17
第三节 韧性和冲击试验	22
第四节 金属疲劳的概念	24
第四章 金属的晶体结构与结晶	27
第一节 金属的晶体结构	27
第二节 金属的实际结构和晶体缺陷	31
第三节 金属的结晶	33
第五章 合金的结构与二元合金 平衡图	39
第一节 合金的相结构	39
第二节 二元合金平衡图的建立	43
第三节 二元合金平衡图的分析	44
第四节 合金性能与平衡图的关系	52
第六章 铁碳合金平衡图	54
第一节 铁碳合金的基本相	54
第二节 Fe-Fe ₃ C 平衡图的分析	55
第三节 铁碳合金的性能与组织成分 间的关系	62
第七章 金属的塑性变形与再结晶	64
第一节 金属的塑性变形	64
**第二节 合金的塑性变形与强化	67

第三节 塑性变形对金属组织和性能的 影响	69
第四节 冷变形金属在加热时组织和性能的 变化	71
第八章 钢的热处理	75
第一节 钢在加热时的组织转变	75
第二节 奥氏体在冷却时的转变	77
第三节 钢的退火与正火	87
第四节 钢的淬火	90
第五节 淬火钢的回火	98
第六节 钢的淬透性	103
第七节 钢的表面淬火	108
第八节 化学热处理	110

第三篇 常用的金属材料

第九章 碳素钢	119
第一节 概述	119
第二节 碳素结构钢	120
第三节 碳素工具钢	123
第四节 碳钢的选用	124
第十章 合金钢	128
第一节 合金元素在钢中的作用	128
第二节 合金钢的分类和牌号表示 方法	135
第三节 合金结构钢	137
第四节 合金工具钢和高速工具钢	143
第五节 特殊钢	152
**第六节 选用材料的一般原则	156
第十一章 粉末冶金与硬质合金	159
第一节 粉末冶金	159
第二节 硬质合金	161
第十二章 铸铁	165
第一节 铸铁的石墨化及影响因素	165
第二节 灰口铸铁	167
第三节 球墨铸铁	170
第四节 其它铸铁简介	171

****第十三章 金属磁性材料与精密****合金173****第一节 金属磁性材料173****第二节 精密合金176****第十四章 有色金属181****第一节 铜及铜合金181****第二节 铝及铝合金191****第三节 滑动轴承合金199******第四节 其它有色金属202****第十五章 电镀和化学涂覆207****第一节 电镀207****第二节 金属的热浸涂覆和化学涂覆210****第三节 电镀和化学涂覆标记211****第四篇 热加工基础****第十六章 铸造213****第一节 砂型铸造213****第二节 合金的铸造性能224****第三节 常用合金的熔铸特点229****第四节 铸件图与铸件的结构工艺性232****第五节 特种铸造240****第十七章 锻压251****第一节 锻造概论251****第二节 自由锻255****第三节 模锻267******第四节 板料冲压274******第五节 锻压新工艺简介279****第十八章 焊接284****第一节 电弧焊285****第二节 气焊与气割295****第三节 电阻焊298****第四节 钎焊301******第五节 其它焊接方法简介305****第六节 常用金属材料的焊接307****第七节 焊件的结构工艺性312******第八节 金属的无损探伤检验314****附录318****1. 常用钢的热处理规范318****2. 图纸中标注热处理技术条件时采用的
符号320****3. 电镀和涂覆代号表320****主要参考书目322**

绪 言

在机械制造和电子工业中,许多机器和电子机械产品的零件,都是用金属材料经多种方法加工制成的。金属材料一般由冶金厂生产,并以各种冶金产品的形式供给各部门使用。通常将金属材料直接进行切削、冲压等机械加工,或先用铸造、锻造、焊接等方法,把金属材料制成零件的毛坯,再进行切削加工,以得到所需的零件。为了改善金属的加工性能或零件的使用性能,在加工过程中常需进行热处理。最后,把各种零件装配成为机器和电子机械产品。

金属工艺学是机械专业的一门综合性技术基础课。它的目的是使学生系统地获得有关金属材料与热处理以及各种加工方法的基本知识,为学习其它有关课程和参加生产技术工作奠定必要的基础。本课程对机械制造冷加工类专业主要有以下内容:

1. 钢铁材料的生产——介绍炼铁、炼钢和冶金加工产品生产的基本方法及常用冶金产品的种类。

2. 金属学及热处理——介绍金属和合金的性能,以及性能与内部组织、化学成分的相互关系;并分析改善金属性能的基本方法(以热处理为主)、基本原理及其应用。

3. 常用金属材料——介绍常用金属材料的种类、牌号、成分、热处理以及性能和选用的基本知识。

4. 金属的热加工——介绍铸造、锻压和焊接的基本原理、基本工艺、主要特点及其应用。

有关切削加工方面的知识,因纳入教学实习(实习教材)和各有关专业 课中 讲授,故未列入本课内容。

本课主要使学生获得以下基本知识(或初步技能):

1. 金属材料的性能及其与成分、组织间的关系;

2. 改变金属材料性能的基本途径、原理和方法,以及热处理工序在工艺路线中安排的一般原则;

3. 常用金属材料的种类、牌号、主要性能及选用的一般原则;

4. 机械零件或工具的毛坯种类、生产方法、特点与选用;

5. 了解铸件、锻件、焊接件与热处理零件的结构工艺性;

6. 初步具有一定的实验技能以及分析问题和解决问题的能力。

从上可见,金属工艺学课是一门内容广泛,理论性和实践性较强的课程。由于材料和热处理以及加工工艺常成为影响机械产品质量的关键,因此,学习和掌握本课基本内容,对培养合格的机械制造工程技术人员是很必要的。

学习本课时,在内容上,既要注意理解基本概念和基本原理,又要注意掌握基本的工艺知识,逐步熟悉常用的技术名词、符号和材料牌号等;在学习方法上,既要重视从课堂上、书本上学习,又要重视从实验、现场参观等实践性教学环节中学习,课后要及时复习,认真完成必要的作业,使所学知识得以巩固。

第一篇 钢铁材料生产概述

金属材料具有许多优良的性能，故在国民经济各部门及日常生活中应用很广。

一般将金属材料分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属是铁和以铁为基的合金，如铁合金、生铁和钢等；有色金属是除黑色金属外的其他金属与合金，如铜、铝、锡、铅等纯金属，以及铜合金、铝合金、镁合金等合金。

在机械制造和工程结构中，生铁和钢是应用最广的金属材料。钢是含碳量低于2.06%并含有少量硅、锰、磷、硫等杂质元素的铁碳合金；而生铁是含碳量大于2.06%，且含硅、锰、磷、硫等杂质元素比钢多的铁碳合金。

第一章 炼铁和炼钢

现代工业中，一般先用铁矿石等原料冶炼成生铁，再用生铁或加上废钢冶炼成钢。

第一节 炼 铁

在铁矿石中，铁多以氧化物的形式存在。铁矿石中除铁的氧化物外，还含有其他元素的氧化物，如 SiO_2 、 MnO 、 Al_2O_3 等，称为脉石[●]。

炼铁的任务，就是把铁矿石中的铁从氧化物中还原出来，并与脉石分离，从而获得一定成分的生铁。

一、炼铁的原料

炼铁的原料主要有：铁矿石、燃料和熔剂。

1. 铁矿石

铁矿石有多种，常用的有磁铁矿（主要含 Fe_3O_4 ）和赤铁矿（主要含 Fe_2O_3 ）。脉石的主要成分是 SiO_2 和 Al_2O_3 ，故呈酸性。工业上，铁矿石的含铁量一般在30%以上就有开采价值。含铁45%以下的矿石（贫矿），开采后需经破碎、选矿和烧结（制团），提高含铁量并改善冶炼性能后，才能入炉冶炼。含铁量高的矿石（富矿）可直接入炉冶炼。

2. 燃料

燃料的作用是燃烧后造成炼铁所必需的高温，并提供还原剂。现代炼铁主要使用焦炭作燃料。焦炭是用碎烟煤在密闭的炉内高温加热而得到的干馏产物。炼铁用的焦炭有一定的要求，如强度高、发热量大、含硫量和灰分少等。

3. 熔剂

熔剂的作用是造渣，即用熔剂与铁矿石中的脉石和焦炭的灰分化合生成炉渣，从而

● 脉石也泛指有矿床的岩石。

与铁水分离并从炼铁炉中除去。由于大多数铁矿石中的脉石呈酸性，故常用熔剂是石灰石（ CaCO_3 ）。它在炼铁炉中受热后分解得到碱性氧化物 CaO ，再与脉石等化合成熔点较低、密度较小的炉渣。

二、炼铁炉及炼铁的主要化学变化

1. 炼铁炉（高炉）

炼铁是在高炉中进行的。高炉（见图 1-1）是两端较小、中间较大的圆形竖炉。炉壳用钢板焊成，内砌耐火砖。

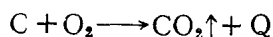
高炉主要由炉缸 1、炉腹 2、炉腰 3、炉身 4 和炉喉 5 等部分组成。在炉缸上部有风嘴 9 和风管 8。经热风炉预热后的空气经风管和风管吹入炉内，使燃料燃烧。在风嘴下方有出渣口 11，靠近炉底处有出铁口 10。在高炉的顶部有排气管 6 和装料装置 7（包括大料钟、小料钟）。两个料钟在装料时交替开启，以防炉内气体跑出。

高炉的大小以有效容积表示。有效容积是指出铁口中心线到炉喉上端之间高炉的容积。我国最大的高炉有效容积已达 4063m^3 ，炉高 113m，能装炉料 18000 t，一昼夜可出铁水 8000~10000 t。

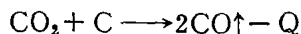
2. 炼铁的主要化学变化

在炼铁的过程中，炉料从高炉炉顶通过装料装置装入炉内。随着下部焦炭的燃烧和矿石、熔剂的消耗，炉料逐渐下降，受到预热而逐渐升高温度，并产生一系列的化学变化。现将其主要化学变化简介如下：

（1）燃料的燃烧 被热风炉预热到 $900\sim 1200^\circ\text{C}$ 的热空气经风嘴送入炉缸，使焦炭在炉子下部燃烧，放出热量，产生高温，其化学反应式为



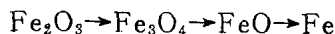
CO_2 上升时，与炉内赤热的焦炭作用生成 CO ，其化学反应式为



CO 是主要的还原剂，使铁和其他一些元素逐渐从氧化物中还原。

（2）铁的还原 从炉的下部往上升的高温 CO 气体，与自炉的上部往下下降的铁矿石接触，使铁的氧化物逐步还原。在高炉下部的高温区域，焦炭中的碳元素也能直接起还原作用。

铁从氧化物中还原的次序为：



刚还原出来的铁呈海绵状，称为海绵铁，基本上是纯铁。

（3）铁的增碳 海绵铁与 CO 相遇，吸收一部分碳元素而成为铁碳合金，这一作用称为增碳。由于熔点下降，铁碳合金在 $1200\sim 1300^\circ\text{C}$ 熔化。在熔化下滴的过程中，液态合金与赤热的焦炭接触，大量进行增碳，使含碳量大为提高。

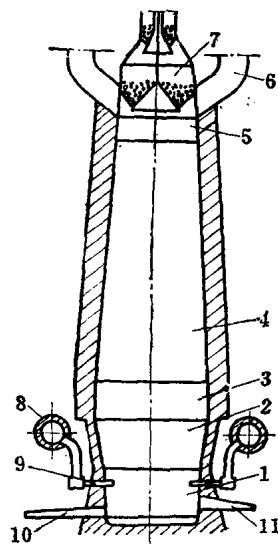


图1-1 高炉的构造示意图

(4) 杂质元素的渗入 铁矿石中的 SiO_2 和 MnO ，一部分进入炉渣，一部分在高温区域还原成 Si 、 Mn ；矿石中的磷化物，则几乎全部被还原成磷。这些元素都渗入铁碳合金中。焦炭和矿石中的硫，一部分也以 FeS 的形式渗入合金中。所以高炉炼出的铁并非纯铁，而是生铁。

(5) 造渣 炼铁时，熔剂与脉石和焦炭灰分化合成为熔点较低、密度较小的炉渣，浮于铁水表面。这一过程，称为造渣。通过造渣，还可使部分硫化物进入渣中，从而减少生铁中有害杂质——硫的含量。

三、高炉的主要产品

高炉的主要产品是生铁，其次还有煤气、炉渣等副产品。生铁可分为以下几种：

1. 炼钢生铁

这类生铁含硅量较低，一般在 $(0.6 \sim 1.75)\%$ ，断口呈白色，又称白口铁。性质硬而脆，难于切削加工，主要用作炼钢的原料。

2. 铸造生铁

这类生铁含硅量较高 $(1.25 \sim 3.75)\%$ ，断口呈灰色，又称灰口铁。性质较软，便于铸造和切削加工。一般铸成铁锭，供铸造车间熔化后铸造机械零件毛坯——铸铁件。

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 $[\text{Mn}(45 \sim 85)\%]$ 、含硅较多的硅铁 $[\text{Si}(10 \sim 18)\%]$ 等。它们主要用作炼钢的合金料及脱氧剂。

高炉炼铁的副产品有煤气和炉渣。高炉煤气含有较多的 CO ，可用作燃料；炉渣可作炉渣水泥、渣砖和筑路材料，有的炉渣还可提取某些贵重金属。

第二节 炼 钢

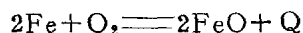
钢和生铁都是铁碳合金，但钢的含碳量低于 2.06% [大多在 $(0.1 \sim 1.3)\%$]，硅、锰、磷、硫等元素的含量一般也比生铁低。因此，炼钢的主要任务就是根据所炼钢种的要求，把生铁的含碳量和其他元素的含量降低到规定范围，得到化学成分和温度均符合要求的钢液。

一、炼钢的基本原理和主要化学反应

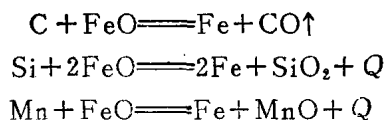
炼钢过程是在约 1700°C 的高温下，把炉料熔化成液体来进行的。炼钢过程基本上是一个氧化精炼过程。它的基本原理是用不同来源的氧（如空气中的氧、纯氧、铁矿石中的氧），把铁水中多余的碳、硅、锰、磷等元素氧化，然后除去。炼钢过程的主要化学反应如下：

1. 碳及杂质元素的氧化

进入铁水中的氧一般先使一部分铁 (Fe) 氧化成氧化亚铁 (FeO)，其化学反应式为



FeO 再使碳及其他元素氧化，其化学反应式为

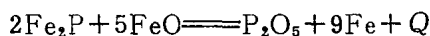


上述反应生成的 CO 是气体，很容易从铁水排至炉气中而被除掉。其他氧化物通过造渣反应，基本上进入炉渣而被除去。

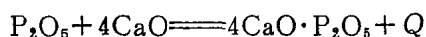
2. 造渣及去磷、硫

氧化反应中生成的酸性氧化物 (SiO_2) 与碱性氧化物 (MnO 、 FeO)，可互相作用成为炉渣浮在钢水面上。为了尽可能除去磷、硫，应在炼钢时加入石灰 (CaO)，造成碱性炉渣 (碱度 $\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 2$)，以产生下列的去磷、去硫反应：

(1) 去磷 铁水中的 Fe_2P 先与渣中的 FeO 作用，生成 P_2O_5 ，即

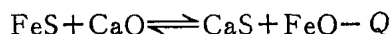


P_2O_5 再与渣中的石灰化合成稳定的磷酸钙，即



可见，去磷需要较高碱度的氧化性渣 (含 FeO 多)。

(2) 去硫 铁水中的 FeS 在渣中与石灰 (CaO) 反应，生成硫化钙，即

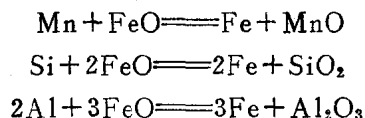


CaS 能稳定地存在于渣中，从而被除去。从反应式可见，去硫需要炉温高和高碱度的非氧化渣 (含 FeO 很少)。

为了造碱性渣去磷、硫，炼钢炉的炉壁需用碱性耐火材料 (主要成分为 MgO 、 CaO 等)，这种炼钢炉称为碱性炼钢炉，现在用得最多。若用酸性耐火材料 (主要成分为 SiO_2)，则称为酸性炼钢炉。因不能造碱性渣去磷、硫，对炼钢原料要求严格，一般较少使用。

3. 脱氧

炼钢时，当碳及其他元素氧化至规定范围后，钢水中仍含有大量的氧 (FeO)，若不除去，将使钢的性能变坏 (脆性增大)。因此，炼钢的最后阶段必须进行脱氧 (除去 FeO)。较常用的脱氧方法是往钢水中加入脱氧剂——锰铁、硅铁或铝等，利用 Mn 、 Si 、 Al 易与氧结合的特性来夺取 FeO 中的氧。脱氧反应式如下



生成的 MnO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 等氧化物，绝大部分进入炉渣而被除去，极少部分可能以硅酸盐 (如 $\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ 等) 或单独氧化物 (如 Al_2O_3) 的形式残留在钢中，成为非金属夹杂物，对钢的质量仍有不良影响。

二、常用的炼钢方法

根据炼钢设备和工艺的不同，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几种。

1. 氧气转炉炼钢法

此法常用氧气顶吹转炉炼钢，转炉的形状如图 1-2 所示，其外部是用钢板制成的炉

壳，里面砌有碱性耐火砖（如镁砖、白云石砖）。整个炉体靠托圈上的两根耳轴支承在支座上，并可用倾转机构使其倾转到冶炼过程中所需的各种位置。

氧气顶吹转炉炼钢的原料，主要是液态生铁（约 $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ），也可加一部分废钢（或铁矿石）。原料装入炉中后，把转炉转至吹炼位置（见图1-2），并将氧枪（吹氧管）从炉口插入炉内进行吹氧，氧气压力为 $8\sim 12\text{kgf/cm}^2$ 。氧气将铁水中的碳、锰、硅、磷等迅速氧化，放出大量的热，使废钢熔化并造成炼钢的高温，不需燃料。吹炼时炉口冒出火焰和浓烟。为了除去铁水中的磷和硫，还需加入一定量的造渣材料，如石灰和萤石（ CaF_2 ）等。

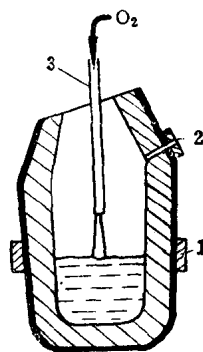


图1-2 氧气顶吹转炉示意图

1—托圈；2—出钢口；3—氧枪。

待碳、锰、硅等元素降至一定范围后，炉口停止冒出火焰。此时停止吹氧并抽出氧枪，倾转炉体进行取样分析和测量温度。当钢液成分和温度都达到要求后即可出钢。脱氧剂（锰铁、硅铁或铝等）一般在出钢时加入盛钢桶中。

转炉的大小是以每炉所能炼钢的重量（t）表示，我国已有150 t转炉。

氧气顶吹转炉炼钢的生产速度很快，从装料到出钢一般只需25~45 min左右。由于采用纯氧吹炼，钢中含氮、氢等有害气体少，钢的质量较高，能炼优质碳素钢及部分合金钢。加以成本低、建厂投资少，因而是现代主要发展的炼钢方法。

2. 平炉炼钢法

平炉的结构示意图见图1-3。平炉的熔炼室（炉膛）1由炉底、前后炉墙和炉顶构成。它们是用不同的耐火砖砌成，外面用钢结构加固。前墙上有几个装料口8，后墙炉底处有出钢口（图上未画出）。蓄热室的作用是使煤气（或天然气）和空气预热至 1100°C 左右，使之在熔炼室内燃烧后能达到炼钢所需的高温。炼钢时，空气和煤气同时通过左端或右端各自的蓄热室进行预热，然后经上升道在炉头处会合进入熔炼室燃烧。燃烧后的高温废气，经过另一端的炉头、上升道等进入蓄热室，把蓄热室加热到 $1200\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 后，从烟道排入烟囱。每隔几分钟，左右两端蓄热室的作用交换一次。

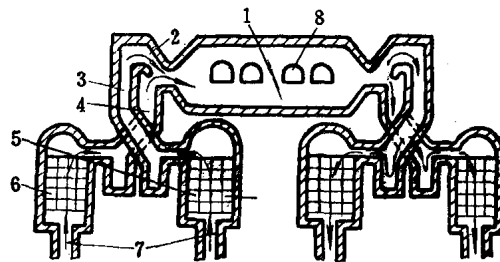


图1-3 平炉构造示意图

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。

平炉的大小也是以每炉所炼钢的重量（t）表示。目前我国大平炉已达500 t。一般多用碱性平炉。

平炉用的主要原料是废钢和铁水（或生铁块）。另外加入铁矿石作氧化剂，石灰石和萤石作造渣剂，以及硅铁、锰铁等脱氧剂。

平炉炼钢的过程，大致包括补炉、装料、熔化、精炼、脱氧和出钢等。整个冶炼过程比较容易控制，能冶炼出多种优质钢。但其缺点是冶炼时间长（如300 t平炉一般为

7 h 左右), 建厂投资大和燃料的热效率不高。

目前, 平炉仍是我国炼钢生产的主要设备。为了充分发挥其生产潜力, 正在进行若干技术改造, 如大量使用吹氧强化冶炼, 采用高发热值燃料, 革新平炉结构等。

3. 电炉炼钢法

对于转炉和平炉不能生产的一些高级优质合金钢、特殊钢及特殊合金 (如耐热合金), 需用电炉冶炼。最常用的炼钢电炉是电弧炉 (见图 1-4), 它的炉壁用耐火材料制成, 一般用碱性电炉。炉盖上有三个电极孔, 三根石墨电极插入炉内。通电后, 电极与炉料间产生电弧发热进行冶炼, 炉温可达 2000°C 。电弧炉的大小也是用每炉炼钢的重量来表示, 一般为 $3\sim 20\text{ t}$ 。

碱性电弧炉氧化炼钢法是现在电弧炉炼钢的主要方法。它的主要原料是废钢, 其冶炼工艺过程是: 补炉、装料、熔化期、氧化期、还原期、出钢。其主要特点是: 炉内气氛可以控制 (没有空气和燃料燃烧的火焰); 能在熔化期和氧化期中, 加入石灰、铁矿石和氧化铁皮等造成高碱度的氧化性炉渣, 促进氧化过程进行, 并有效地去除钢中的磷和气体、夹杂物等; 扒除氧化性炉渣后, 在还原期加入石灰、炭粉等材料, 造成高碱度还原性炉渣, 加以炉温高, 能很好地脱氧和去硫, 从而得到高质量的钢。还能冶炼含易氧化元素和难熔元素的合金钢。但钢的成本较高。

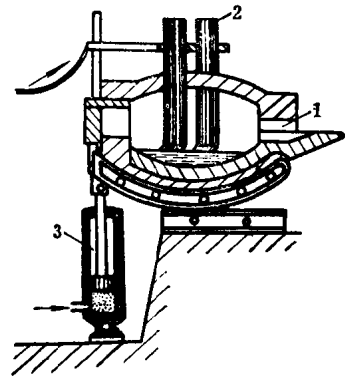


图1-4 电弧炉构造示意图

1—出钢槽; 2—电极; 3—油泵。

上述炼钢方法所得到的钢液, 都或多或少地含有氢、氧、氮等气体和各种非金属夹杂物, 对钢的质量有一定影响。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的新技术, 或采用电渣重熔法、真空电弧重熔法等先进的炼钢方法。

三、钢的铸锭

炼钢得到的钢液, 除少数直接铸成零件毛坯——钢铸件外, 绝大部分是先浇铸成钢锭, 然后再通过轧制等压力加工方法, 制成钢材或大型锻件。

1. 铸锭方法

(1) 模铸法 将钢水注入钢锭模内, 待其凝固后脱模成为钢锭。钢锭模用铸铁制造, 内有斜度以便于钢锭脱模。

按浇注工艺, 模铸法又分为上铸法和下铸法。上铸法是将盛钢桶中的钢水直接从钢锭模上口注入, 每次只铸一个钢锭, 见图 1-5(a)。下铸法是将钢水注入中心注管 3, 通过底盘 6 上的流钢砖 5, 从模底流入钢锭模 1 中。一次可铸几个到几十个钢锭。

上铸法的设备和准备工作比较简单, 钢水收得率也高, 但钢水冲击模底, 飞溅至模壁, 影响钢锭表面质量。下铸法钢水在模内平稳上升, 钢锭表面质量好, 且一次可铸多个钢锭。但钢水必须流经中心注管和流钢砖, 不仅增加耐火材料消耗, 还会增加钢水中的非金属夹杂物 (耐火材料微粒), 降低钢的质量。上铸法和下铸法各有优缺点, 一般

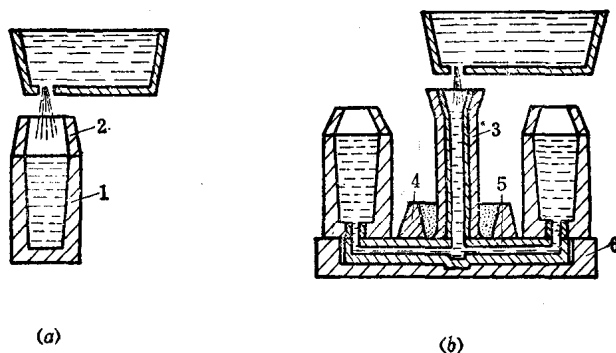


图1-5 模铸法示意图

(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。

根据工厂的生产条件和钢种特点选用。

(2) 连续铸钢法 常用的弧形连续铸钢法如图 1-6 所示。盛钢桶 1 的钢水经中间罐 2 注入结晶器 3 (结晶器是用水冷却的无底铜质模子)。钢水从结晶器上口注入, 迅速冷却凝固成坯壳, 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, 进一步冷却凝固。钢铸坯由拉辊矫直机 5 夹持着移动并矫平, 再用切割器 6 切成一定长度的钢坯, 以备轧钢机轧制。

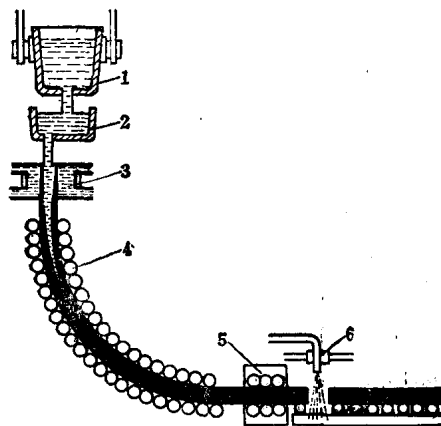


图1-6 弧形连续铸钢法示意图

通过改变结晶器, 连续铸钢法可铸出不同截面形状与尺寸的钢坯, 节省了钢锭模和庞大的初轧设备; 由于连续铸坯没有单个模铸钢锭的切头损失, 可节约大量金属, 显著地提高劳动生产率并改善工人劳动条件。这种先进的铸钢方法, 应用已日益广泛。

2. 镇静钢与沸腾钢

根据钢的脱氧程度和铸锭时表现的不同, 可将钢分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢三类。

(1) 镇静钢 钢液用锰铁、硅铁和铝充分脱氧, 浇注到锭模中能安静平稳地凝固, 这种钢称为镇静钢。它的成分和性能比较均匀, 组织比较致密。但是, 由于钢液凝固时收缩, 会在钢锭上部产生集中缩孔, 见图 1-7(a)。轧钢前必须切去钢锭的缩孔部分, 故成材率较低, 成本较高。因镇静钢质量较好, 故大多数机械制造用钢是镇静钢。

(2) 沸腾钢 钢液脱氧不完全 (只用锰铁), 注入锭模时, 钢液中的氧继续与碳发生反应, 不断产生出 CO 气体, 使钢液出现沸腾现象, 故称为沸腾钢。

沸腾钢钢锭内部杂质较多, 化学成分不均匀, 且有许多小气泡, 见图 1-7(b), 虽然经过热轧后气泡可以焊合, 但质量仍不如镇静钢。不过, 沸腾钢钢锭表面有一定厚度

的致密层，杂质很少，轧成的钢板表面质量较好；钢锭没有集中缩孔，轧制前切除量很少，成材率较高，加以脱氧剂用得少，故成本低。

(3) 半镇静钢 其特点介于上二种钢之间。

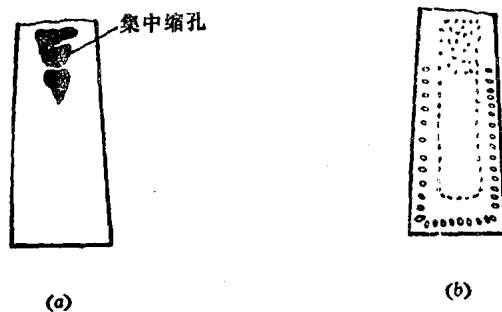


图1-7 镇静钢与沸腾钢钢锭结构示意图

(a) 镇静钢钢锭；(b) 沸腾钢钢锭。

习 题

1. 什么是生铁，什么是钢？
2. 简述高炉内生铁形成的过程，并着重说明为什么高炉炼出的铁不是纯铁而是生铁。
3. 高炉主要产品——生铁有哪几类？各有何主要用途？
4. 简述炼钢的基本原理、主要化学反应及其作用。
5. 试对比三种常用炼钢方法的热源、主要原料及生产特点。
6. 钢液怎样铸成钢锭？
7. 什么是镇静钢、沸腾钢和半镇静钢？对比其质量和成本。

第二章 冶金加工产品

冶金厂供给用户的冶金产品，主要有金属铸锭和冶金加工产品两大类，其形状见图2-1。

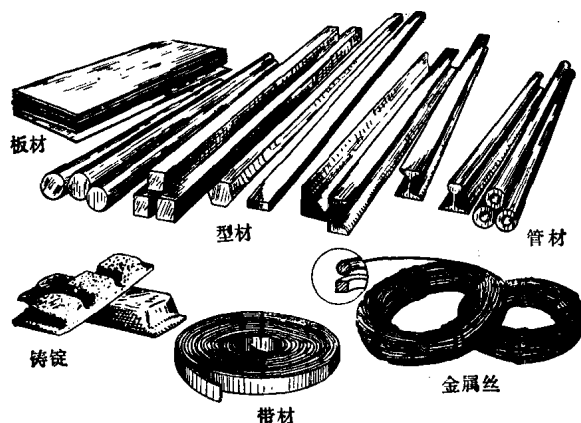


图2-1 常用冶金产品

金属铸锭，是将冶炼成一定化学成分的金属浇铸成的铸锭，如铸造生铁锭、青铜铸锭、铸铝锭等。一般供机械厂铸造车间重新熔化后铸造零件毛坯（铸件）用。

冶金加工产品，是将冶炼成一定化学成分的金属浇铸成锭后，再经轧制等压力加工方法加工成的各种规格的金属料。常用冶金加工产品有板材、带材、管材、型材和金属丝等几大类。

第一节 冶金加工产品的主要种类及生产方法

一、轧制及其主要产品

轧制是生产冶金加工产品的主要方法，90%左右的钢是轧制成材使用的。轧制的产品称为轧材，主要有板材、带材、型材和管材。

1. 板材、带材及其轧制

把金属坯料送入轧机上两个反向旋转的光轧辊中辗压（图2-2），经过若干对轧辊之间的不同间隙，逐步变成所需厚度的板材和带材。

按照轧制时金属是否加热，轧制分为热轧和冷轧。热轧是把金属坯料加热到高温后进行轧制。热轧生产率高，产量大，成本低，大部分钢材都采用热轧制成。但在高温下金属表面产生氧化皮，故热轧材表面粗糙，尺寸波动大，而且细薄的轧材无法热轧。所以对于要求表面质量优良和尺寸精确的轧材，和某些细薄产品，需采用冷轧。冷轧是将热轧到一定尺寸后的坯料，去掉氧化皮后，在室温下进行轧制。

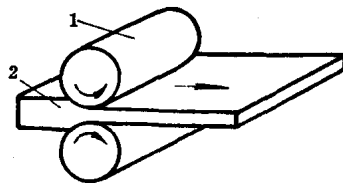


图2-2 板材和带材轧制示意图

1—光轧辊；2—钢坯。