

中等专业学校教材

# 材料工艺学

## (机械工程材料与热加工)

苏家麟 王毓敏 张雪峰

国防工业出版社

# 材料工艺学

(机械工程材料与热加工)

苏家麟 王毓敏 张雪峰

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

材料工艺学:机械工程材料与热加工/苏家麟等编.  
北京:国防工业出版社,1994  
ISBN 7-118-01204-1

I. 材… II 苏… III. 金属加工-工艺学-基本知识 IV  
.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 04302 号

材料工艺学

(机械工程材料与热加工)

苏家麟 王毓敏 张雪峰

责任编辑 赵克英

\*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京怀柔县王史山胶印厂印刷

\*

开本: 787×1092 1/16 印张 19 436 千字

1994 年 4 月第 1 版 1994 年 4 月第 1 次北京印刷 印数 1-2000 册

ISBN 7-118-01204-1/TG·79

定价: 8.75 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

## 出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定，我公司承担了全国高等学校和中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978~1990年，已编审、出版了三个轮次教材，及时供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神，“以全面提高教材质量水平为中心，保证重点教材，保持教材相对稳定，适当扩大教材品种，逐步完善教材配套”，作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想，组织我公司所属的八个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会，在总结前三轮教材工作的基础上，根据教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1991~1995年的“八五”（第四轮）教材编审出版规划。列入规划的，以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300余种。这批教材的评选推荐和编审工作，由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿，其一是从通过教学实践、师生反应较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的，其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的，其三是经过质量调查在前几轮组织编写出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会（小组）、教学指导委员会和有关出版社，为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能有缺点和不足之处，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，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

中国电子工业总公司教材办公室

## 前 言

本教材系按中国电子工业总公司的工科电子类专业教材 1991~1995 年编审出版规划,由电子工业部中等专业学校教材编审委员会工模具专业编审小组征稿,并推荐出版。责任编辑丁振明。

本教材由成都电子机械高等专科学校(原成都无线电机械学校)苏家麟担任主编,王毓敏、张雪峰参编;贵州无线电工业学校曹德普担任主审,李光明参审。

本教材是为中等专业学校工模具设计制造、机械制造等机械(冷加工)类专业开设的材料工艺学或金属工艺学、机械工程材料与热加工等课程教学的需要编写的,其主要内容为金属学与热处理、常用机械工程材料及金属热加工(铸造、锻压和焊接)等几大部分,共十九章。参考教学时数为 110 学时左右(包括实验)。

本教材针对中专机械(冷加工)类专业培养目标的需要,考虑较低年级学生缺乏生产实践和专业知识的实际情况,注意精选内容,控制理论深度(以“需要”和“够用”为度),着重讲清学生学习后续课程及从事本专业技术工作所需的本学科基本概念和基本知识。全书名词术语、计量单位、材料牌号和工艺数据等力求贯彻最新有关国家标准(GB)或部颁标准(如 YB、JB 等)。每章后均附有复习题,帮助学生复习掌握基本内容。书中有少量加深加宽内容(记有 \* \* 号),各校可根据需要选讲或留给学生自学。

本课程应安排在学生第一次下厂实习(钳工、铸造、锻造和焊接)后进行教学,有关实习操作内容另有实习教材讲授。考虑到部分学校实习条件暂不完备的情况,本教材对热加工实习的部分内容也作了简要介绍,各校讲授时应根据具体情况作必要的调整或补充。

《材料工艺学》课是机械制造(冷加工)类各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机械工程材料、金属热处理及各种热加工方法的基本知识,为学习后续课程和参加生产技术工作奠定必要的基础。

学生学完本课程应达到下列基本要求:

1. 懂得金属材料的性能及其与成分、组织间的关系;
2. 懂得改变金属材料性能的基本途径、原理和方法,并初步掌握热处理工序在工艺路线中安排的一般原则;
3. 初步掌握常用机械工程材料的主要性能及选用的一般原则;
4. 熟悉机械零件和工具的毛坯种类、生产方法、特点与选用;
5. 懂得铸件、锻件、焊接件与热处理零件结构工艺性的一般原则;
6. 初步具有一定的实验技能及分析解决有关问题的能力。

综上所述,本课是一门内容广泛,理论性和实践性较强的课程。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。

本教材由苏家麟编写 1~10 章，王毓敏编写 11~15 章，张雪峰编写 16~19 章。在编写时引用了 1988 年出版的《金属工艺学》(苏家麟、李学之编)教材的部分文和图，插图为林伯清绘制，黄有礼制作了部分金相照片，在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免有一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 机械工程材料概述</b> ..... 1	第三节 钢的退火与正火 .....	65
第一节 机械工程材料的分类..... 1	第四节 钢的淬火 .....	67
第二节 钢铁冶炼概述..... 2	第五节 淬火钢的回火 .....	74
第三节 冶金加工产品..... 5	第六节 钢的淬透性 .....	79
第四节 钢的分类和常用钢牌号..... 8	第七节 钢的表面淬火 .....	82
复习题 .....	第八节 化学热处理 .....	85
	复习题 .....	89
<b>第二章 金属的力学性能及试验方法</b> ..... 11	<b>第七章 碳素钢</b> .....	92
第一节 强度、塑性和拉伸试验 ... 11	第一节 概述 .....	92
第二节 硬度及硬度试验 .....	第二节 碳素钢的牌号、性能和 用途 .....	93
第三节 韧性和冲击试验 .....	第三节 碳钢的选用 .....	96
第四节 金属疲劳的概念 .....	复习题 .....	99
复习题 .....		
	<b>第八章 合金钢</b> .....	100
<b>第三章 金属和合金的结构与结晶</b> ... 22	第一节 合金元素在钢中的作用 ... 100	
第一节 金属的晶体结构 .....	第二节 合金钢的分类和牌号表示 方法.....	105
第二节 金属的结晶 .....	第三节 合金结构钢.....	107
第三节 合金的相结构 .....	第四节 合金工具钢和高速工具钢 .....	113
第四节 二元合金平衡图基础 .....	第五节 特殊钢.....	121
复习题 .....	复习题 .....	124
	<b>第九章 粉末冶金与硬质合金</b> .....	126
<b>第四章 铁碳合金平衡图</b> .....	第一节 粉末冶金.....	126
第一节 铁碳合金的基本相 .....	第二节 硬质合金.....	127
第二节 Fe-Fe <sub>3</sub> C 平衡图的分析 .....	复习题 .....	130
第三节 铁碳合金的性能与组织成分间 的关系 .....		
复习题 .....	<b>第十章 铸铁</b> .....	132
	第一节 概述.....	132
<b>第五章 金属的塑性变形与再结晶</b> ... 49	第二节 灰铸铁.....	134
第一节 金属的塑性变形 .....	第三节 球墨铸铁.....	136
第二节 塑性变形对金属组织和性能的影响 .....	第四节 其他铸铁简介.....	137
第三节 冷变形金属在加热时组织和性能的变化 .....	复习题 .....	138
复习题 .....		
	<b>第十一章 精密合金</b> .....	140
<b>第六章 钢的热处理</b> .....	第一节 磁性合金.....	140
第一节 钢在加热时的组织转变 ... 56	第二节 其他精密合金.....	144
第二节 奥氏体在冷却时的转变 ... 58	复习题 .....	145

<b>第十二章 有色金属</b> .....	146	第四节 特种铸造	215
第一节 铝及铝合金	146	复习题	220
第二节 铜及铜合金	152	<b>第十七章 锻压</b> .....	224
第三节 滑动轴承合金	158	第一节 锻造概论	224
** 第四节 电真空材料	160	第二节 自由锻	229
复习题	162	第三节 模锻和胎模锻	236
<b>第十三章 非金属材料</b> .....	164	** 第四节 冲压	243
第一节 高分子材料的基本知识	164	** 第五节 锻压新工艺简介	248
第二节 塑料	167	复习题	250
第三节 橡胶	171	<b>第十八章 焊接</b> .....	251
第四节 胶粘剂	173	第一节 熔焊	252
第五节 陶瓷	174	第二节 熔焊质量分析	262
第六节 复合材料	176	第三节 电阻焊、摩擦焊与钎焊	268
复习题	177	第四节 常用焊接方法的应用	273
<b>第十四章 电镀与化学涂覆</b> .....	178	第五节 焊接件的结构工艺性	277
第一节 电镀	178	复习题	279
第二节 金属的热浸涂覆与化学涂覆	181	<b>第十九章 零件毛坯的选择</b> .....	280
第三节 电镀和化学涂覆标记	182	第一节 零件毛坯选择的基本原则	280
复习题	183	第二节 常用毛坯生产方法的比较	281
<b>第十五章 材料选用的初步知识</b> .....	184	第三节 常用零件的毛坯种类和选择举例	282
第一节 零件的失效	184	复习题	286
第二节 选材的一般原则和方法	186	<b>附录</b> .....	287
第三节 钢的选用举例	189	1. 常用钢的热处理规范	287
复习题	192	2. 图纸中标注热处理技术条件时采用的符号	289
<b>第十六章 铸造</b> .....	193	3. 电镀和涂覆代号表	289
第一节 砂型铸造	193	4. 自由锻锻件锻出条件、余量与公差	291
第二节 合金的铸造性能与熔铸特点	201	主要参考书目	292
第三节 铸造工艺图与铸件结构工艺性	205		



# 第一章 机械工程材料概述

人类使用材料已有很长的历史。如今，材料已不仅是工业生产的基础，而且是推动工业技术不断进步的重要保证。根据功能，材料可分为两大类：一类是以力学性能为主要使用性能或兼具一定物理、化学性能的材料，称为“结构材料”；另一类是具有特殊物理化学性能的材料，称为“功能材料”，如精密合金、超导材料、半导体材料等。本教材主要介绍机械工程中常用的结构材料。

## 第一节 机械工程材料的分类

工程材料有各种不同的分类方法。按化学成分，机械工程材料可粗略地分为金属材料和非金属材料两大类。

### 一、金属材料

金属材料包括纯金属和以金属为基的合金。一般又可分为黑色金属和有色金属等两大类。

黑色金属是铁（Fe）和以铁为基的合金，如纯铁、生铁和钢等。

有色金属是除黑色金属外的其他金属与合金，故又称非铁金属，如铜、铝、镁、钛等纯金属及铜合金、铝合金、镁合金等合金。

### 二、非金属材料

除金属材料外的其他材料称为非金属材料。机械工程中常用的非金属材料主要有高分子材料、陶瓷材料和复合材料等几类。

高分子材料是以高分子化合物为主要组分的一类有机材料。机械工程中主要使用各种人工合成的有机高分子化合物。常用的高分子材料有塑料、橡胶和胶粘剂等。

陶瓷材料是用天然硅酸盐矿（如粘土、石英、长石）或人工合成粉状原料（如氧化物、碳化物、氮化物等）经高温烧结而成的无机非金属材料。

复合材料是用两种或多种成分、性质不同的材料组合而成的材料。机械工程中常用以合成树脂、橡胶或金属为基体，以各种纤维、粒子、片状物为增强体构成的复合材料。

上述非金属材料由于资源丰富，原料价格较低，又有许多优良性能，近几十年发展很快，在机械工程中应用日异广泛。但是，在目前和今后相当长的时间内，金属材料在机械工程中仍然占有主导地位。因此，本书将着重介绍有关金属材料的基本知识。

## 第二节 钢铁冶炼概述

在机械工程中，生铁和钢是应用最广的金属材料。钢是C的质量分数<sup>①</sup>  $w_C < 2.06\%$  并含有少量Si（硅）、Mn（锰）、P（磷）、S（硫）等杂质元素的铁碳合金；而生铁是C的质量分数  $w_C > 2.06\%$ ，且含Si、Mn、P、S等杂质元素比钢多的铁碳合金。现代工业中，一般先用铁矿石等原料冶炼出生铁，再用生铁或加上废钢冶炼成钢。

### 一、炼铁

在铁矿石中，Fe多以氧化物的形式存在。铁矿石中除Fe的氧化物外，还含有其他元素的氧化物，如SiO<sub>2</sub>、MnO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>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。

#### 1. 炼铁的原料

炼铁原料主要有：铁矿石、燃料和熔剂。

(1) 铁矿石 铁矿石是提供铁(Fe)元素的主要原料。常用的铁矿石有磁铁矿(含Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)和赤铁矿(含Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等两种。

(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(CO、C)。现代炼铁主要使用焦炭作燃料。

(3) 熔剂 熔剂的作用是造渣，即熔剂与铁矿石中的脉石和焦炭的灰分化合生成熔点较低、流动性好而密度较小的炉渣，从而与铁水分离并从炼铁炉中除去。

#### 2. 高炉炼铁过程

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。炼铁时，炉料从高炉炉顶通过装料装置7装入炉内。被热风炉预热到900~1200℃高温的热空气经风管8和风嘴9吹入炉缸1，使焦炭燃烧，产生高温并生成CO。从高炉下部往上升的燃烧气体(含大量CO)，与自炉的上部往下降的铁矿石接触，使铁的氧化物按下列顺序逐步还原： $Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$ 。

在高炉中，刚还原出的铁基本上是纯铁(海绵状的铁)，但由于不断与高温的CO和炭接触，将吸收C元素而成为铁碳合金。同时，从铁矿石中还原出的部分Si、Mn、P和焦炭、矿石中的S等元素也渗入铁碳合金中。所以，高炉炼出的铁是生铁，而非纯铁。

在炼铁过程中，熔剂与脉石和焦炭灰分化合生成液态炉渣，浮于铁水表面，每隔一定

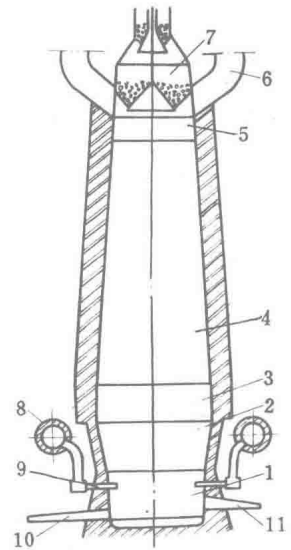


图1-1 高炉的构造示意图

1—炉缸；2—炉腹；3—炉腰；  
4—炉身；5—炉喉；6—排气管；  
7—装料装置；8—风管；9—风嘴；  
10—出铁口；11—出渣口。

<sup>①</sup> 习惯所说的“含碳量”指“碳的质量(重量)百分浓度”，现改为“C(碳)的质量分数”，符号用 $w_C$ 。 $w$ 表示某物质的质量分数(质量百分浓度)，下角标表示元素种类，此法也适用于其他元素，例如Si的质量分数可用 $w_{Si}$ 表示。

时间由出渣口 11 放出，而液态生铁则由出铁口 10 处放出。

### 3. 高炉的主要产品

高炉炼铁的主要产品是生铁，主要有以下两种：

(1) 炼钢生铁 这类生铁 Si 的含量较低 ( $w_{\text{Si}}=0.6\%\sim 1.75\%$ )，断口呈白色，又称白口生铁。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 Si 的含量较高 ( $w_{\text{Si}}=1.25\%\sim 3.75\%$ )，断口呈灰色，又称灰口生铁。硬度较低，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。

## 二、炼钢

钢和生铁都是铁碳合金，但钢的 C 的质量分数  $w_{\text{C}}<2.06\%$  (大多在  $0.1\%\sim 1.3\%$ )，Si、Mn、P、S 等元素的质量分数一般也比生铁低。因此，炼钢的主要任务就是根据所炼钢种的要求，把生铁的 C 和其他元素的质量分数降低到规定范围，得到化学成分和温度均符合要求的钢液。

### 1. 炼钢过程

炼钢过程是在约  $1700^{\circ}\text{C}$  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 C、Si、Mn、P 等元素氧化成氧化物，以气体或炉渣的形式排除。为了尽可能减少钢中的 P、S，炼钢时加入生石灰 (CaO)，造成渣性炉渣，使钢液中的  $\text{P}_2\text{O}_5$  和 FeS 与渣中的 CaO 反应，分别生成磷酸钙 ( $\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5$ ) 和硫化钙 (CaS) 进入渣中，连同炉渣被除去。

在 C 及其他元素氧化的同时，部分 Fe 也被氧化成 FeO，若留在钢中，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)。一般是在钢水中加入脱氧剂——锰铁、硅铁和铝等，利用 Mn、Si、Al 与 FeO 反应，生成 MnO、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等氧化物，绝大部分进入炉渣被除去。

炼钢过程进行到钢液的化学成分与温度均达到要求时，便可出钢，送去浇注。

### 2. 常用的炼钢方法

根据炼钢设备和工艺的不同，现代炼钢方法常用的有氧气顶吹转炉炼钢、平炉炼钢和电弧炉炼钢等三种。

(1) 氧气顶吹转炉炼钢 所用转炉的形状见图 1-2，炉壳用钢板制成，内砌碱性耐火砖 (如镁砖、白云石砖)。整个炉体在冶炼过程中可倾转到所需的各种位置。炼钢时，将液态生铁 (也可加部分废钢) 装入炉中，把转炉转至吹炼位置 (图 1-2)，从炉口插入氧枪吹入纯氧，将铁水中的 C、Mn、Si、P 等迅速氧化，放出大量的热，使废钢熔化并造成炼钢高温，不需燃料。为除去钢中的 P、S，冶炼过程中加入造渣材料 (CaO 等)。待 C、Si、Mn 等元素降至一定范围后，停止吹氧并抽出氧枪，取样分析，合格后即可出钢。脱氧剂一般在出钢时倒入盛钢桶中。

氧气顶吹转炉炼钢的生产速度快，每炉钢一般只需  $25\sim 45\text{min}$ ；且钢中氮、氢等有害气体少，钢的质量较高；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 平炉的结构示意图见图 1-3。平炉的熔炼室 (炉膛) 1 由炉底、前后墙和炉顶构成。内砌耐火砖，外面用钢结构加固。前墙上有装料口 8，后墙炉底处有出钢

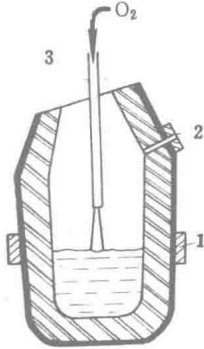


图 1-2 氧气顶吹转炉示意图  
1—托圈；2—出钢口；3—氧枪。

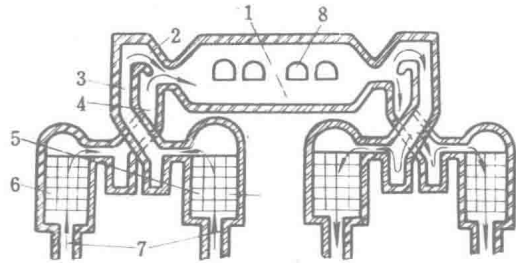


图 1-3 平炉构造示意图  
1—炉膛；2—炉头；3—空气上升道；4—煤气上升道；  
5—空气蓄热室；6—煤气蓄热室；7—烟道；8—装料口。

口(图上未画出)。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。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。

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 $300\text{t}$ 平炉一般约为 $7\text{h}$ ),建厂投资大和燃料的热效率不高。因而,我国已不再新建平炉。

(3) 电弧炉炼钢 电弧炉的构造示意图见图 1-4。它的炉壁大多用碱性耐火材料制成。三根石墨电极从炉盖上插入炉内。通电后,电极与炉料间产生电弧发热,炉温可达 $2000^{\circ}\text{C}$ 。炼钢的主要原料是废钢。电弧炉炼钢的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);能加入生石灰等造渣材料造成高碱度炉渣,加以炉温高,故能很好地去 $\text{P}$ 、 $\text{S}$ 和脱氧,从而炼出高质量的钢。还能冶炼转炉和平炉不能生产的一些合金钢(如含易氧化或难熔合金元素的钢)及特殊合金。但炼钢成本较高。

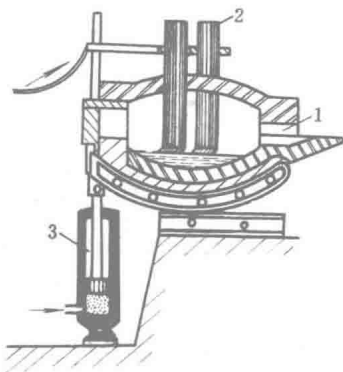


图 1-4 电弧炉构造示意图  
1—出钢口；2—电极；3—油泵。

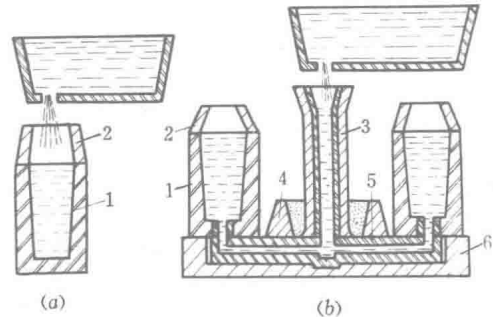


图 1-5 模铸法示意图  
(a) 上铸法；(b) 下铸法。  
1—钢锭模；2—保温帽；3—中心注  
管；4—压圈；5—流钢砖；6—底盘。

采用上述炼钢方法得到的钢液，都或多或少地含有氢(H)、氧(O)、氮(N)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，近年来已采用钢液真空处理和向钢液吹入氩(Ar)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

钢的铸锭方法有模铸法和连续铸钢法等两种。

模铸法是将钢水从钢锭模上口注入，见图 1-5 (a)，或从模底流入钢锭模，见图 1-5 (b)，待其凝固后脱模成为钢锭。

连续铸钢法见图 1-6。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)。钢水在结晶器中迅速凝固成坯壳，再从结晶器下口拉出，经二次冷却区 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，再被切割器 6 切成一定长度的钢坯。连续铸钢法由于节省钢锭模和庞大的初轧设备，没有单个钢锭的切头损失，可节约大量金属，且生产率高，故应用日益广泛。

#### 2. 镇静钢与沸腾钢

根据钢水脱氧程度的不同，可分为镇静钢、沸腾钢和半镇静钢等三类。

(1) 镇静钢 钢液用锰铁、硅铁和铝充分脱氧，浇注到锭模中后能平静地凝固。这种钢的成分和性能比较均匀，组织比较致密，质量较高。但因钢锭上部产生集中缩孔，轧钢前必须切除，故成材率较低，成本较高。大多机械制造用钢是镇静钢。

(2) 沸腾钢 钢液只用锰铁脱氧，脱氧不完全，注入锭模时，残留的 FeO 与 C 发生反应，不断生成 CO 气体，使钢液出现沸腾现象。由于钢锭中有许多小气孔，没有集中缩孔，轧钢前切除量很少，成材率较高，成本较低。但沸腾钢钢锭内杂质较多，成分不均匀，质量不如镇静钢。

(3) 半镇静钢 其特点介于以上两种钢之间。

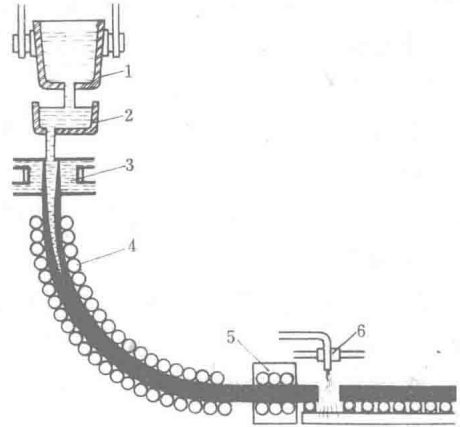


图 1-6 弧形连续铸钢法示意图

## 第三节 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类。常用冶金产品类型见图 1-7。冶金加工产品是将金属铸锭经轧制等压力加工方法加工成的各种规格的金属料。常用的冶金加工产品有板材、带材、型材、管材和金属丝等几大类。

### 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。

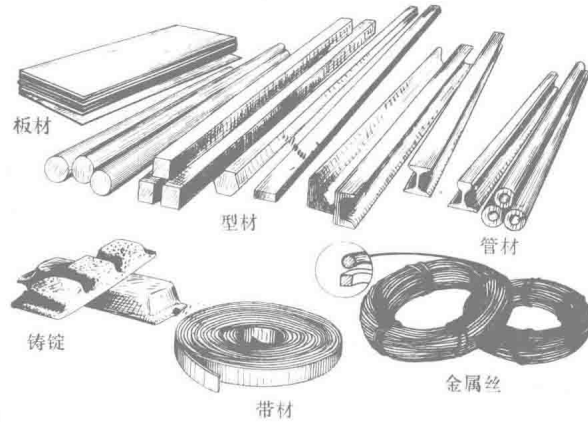


图 1-7 常用冶金产品

### 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(见图 1-8), 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, 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, 生产率高, 成本低, 大多钢材为热轧。因高温下金属表面产生氧化皮, 故热轧材表面质量较差, 尺寸波动大。冷轧是将热轧坯料去掉氧化皮后, 在室温下进行轧制。冷轧材尺寸较准确, 表面较光洁。

轧制的钢板按厚度分为薄钢板和厚钢板两种。薄钢板厚度  $\delta \leq 4\text{mm}$ , 分热轧板和冷轧板; 钢板厚度  $\delta > 4\text{mm}$ , 一般是热轧板。为了防锈, 有些薄钢板表面镀锌(白铁皮), 或镀锡(马口铁皮)。为了特殊需要, 还可制成不同材料的复合钢板, 如不锈钢—普通钢、塑料—钢复合板等。

带材的厚度较薄(一般不大于几毫米), 宽度较窄(不大于几百毫米), 而长度很大(可达 10m 以上)。

板材和带材的用途很广, 可直接加工成零件, 或焊接成壳体, 重量较轻。

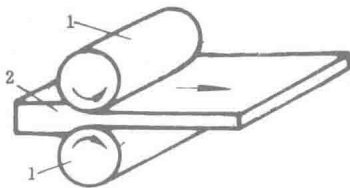


图 1-8 板材和带材轧制示意图

1—光轧辊; 2—钢坯。

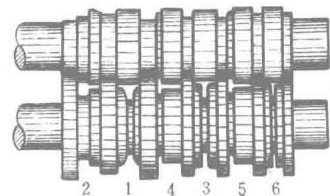


图 1-9 型槽轧辊及其孔型

### 2. 型材及其轧制

型材在专门的型材轧机上轧制。轧辊(型槽轧辊)上有各种形状的型槽, 两个轧辊的型槽对合成一定的孔型, 见图 1-9。坯料顺次通过不同的孔型, 经多次轧制, 逐渐变形成为一定规格的型材。

型材的品种很多, 可分为简单断面和复杂断面两类, 见图 1-10。简单断面有圆形

(圆钢)、方形(方钢)、六角形(六角钢)、扁方形(扁钢)和直角形(角钢)。复杂断面有工字形(工字钢)、槽形(槽钢)、钢轨及其他异形断面。

还有一类冷弯型钢,是用冷轧薄钢板冷弯而成,其断面形状见图 1-11。它比热轧型钢重量轻而承载能力大,可节约钢材。

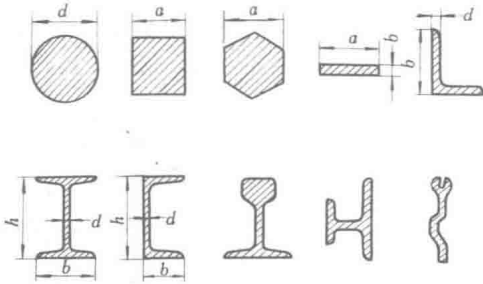


图 1-10 常用型材断面举例

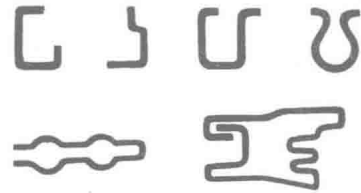


图 1-11 冷弯型钢断面举例

型钢用途很广,如圆钢可直接切削成机械零件或锻造成零件毛坯——锻件;工字钢、槽钢、角钢可用于焊接机械和工程结构(如建筑、桥梁、车辆等)。

### 3. 管材及其轧制

钢管分为焊接钢管和无缝钢管两大类。焊接钢管是用钢板卷成管坯后焊接而成;无缝钢管则是用实心钢坯经穿孔机穿孔后轧制而成(无焊缝)。热轧无缝钢管直径较大( $\phi 32 \sim 630$ ),管壁较厚(2.5~75mm),有多种规格。直径较小、壁厚较薄或要求表面光洁、尺寸精确的无缝钢管需用冷轧法或冷拉法生产。

钢管多用于输送水、气、油等流体,但制造枪筒、炮筒及某些空心轴类零件,也要用到无缝钢管。

### 二、冷拉及其主要产品

在常温下,将金属坯料通过一定形状的模孔拉出,使其断面减小、长度增加的方法称为冷拉或冷拔(见图 1-12)。

冷拉在专门的冷拉机上进行。根据产品的断面形状和尺寸,可以一次或若干次拉过一系列逐渐减小的模孔来得到产品。

冷拉的优点是产品尺寸精确、表面光洁,生产率较高。它主要用来生产不能用轧制法获得的直径小于 6mm 的线材、异形管、薄壁管和各种断面形状的型材(见图 1-13)。冷拉也用来精整直径较大的圆钢、六角钢等棒材和无缝钢管,使其尺寸精确、表面光洁,这种钢材称为冷拉钢。

### 三、挤压及其主要产品

将金属坯料放在挤压筒内,在强大外力  $P$  的作用下,使金属从挤压筒另一端的模孔中挤出,从而获得所需断面形状尺寸的产品,这种加工方法称为挤压(见图 1-14)。

挤压大多在高温下进行(热挤),主要用于生产有色金属的型材、管材(其形状见图 1-15)。有些断面很复杂的型材,如航空和电子工业中用作设备框架或散热器的铝型材

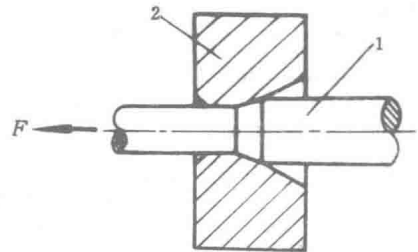


图 1-12 冷拉(冷拔)示意图

1—坯料; 2—冷拉模。

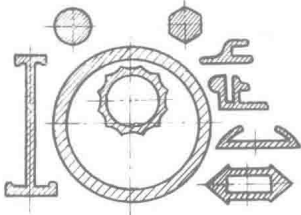
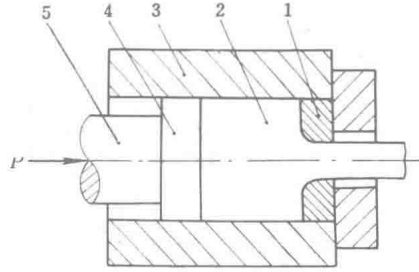


图 1-13 冷拉产品的断面举例

图 1-14 挤压示意图  
1—挤压模；2—坯料；3—挤压筒；  
4—挤压垫；5—挤压棒。

(见图 1-16)，也用挤压法生产。采用这类型材制造设备和机械零件，可大为节省机械加工并减轻重量。

我国冶金工业生产的各类冶金加工产品均有一定的品种规格，可查阅有关的国家标准 (GB) 或冶金工业部标准 (YB)。不过，为简化材料的供应、技术管理工作，许多厂根据本厂产品特点制订有“材料标准”，限定使用某些品种规格的冶金加工产品，应尽量遵守。

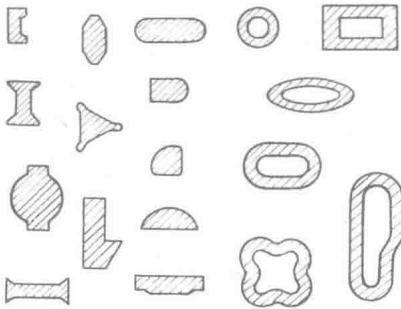


图 1-15 挤压产品的断面举例

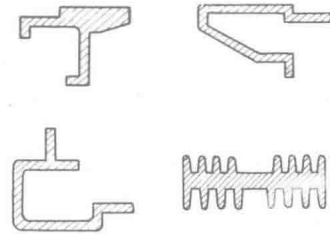


图 1-16 复杂断面的挤压铝型材举例

#### 第四节 钢的分类和常用钢牌号

工业用钢的钢种很多，为便于生产和使用，有必要进行科学的分类，并将每种钢用一定的符号——牌号表示。

##### 一、钢的分类

通常从钢的化学成分、用途和质量三方面分类。

##### 1. 按钢的化学成分分类

按钢的化学成分可分为碳素钢 (碳钢) 与合金钢两大类。

碳钢是 C 的质量分数  $w_C < 2.06\%$ 、并含有少量 Si、Mn、P、S 等杂质元素的铁碳合金。工业用的碳钢实际 C 的质量分数  $w_C < 1.35\%$ 。

按 C 的质量分数的多少习惯上又把碳钢分为下列三类：

低碳钢  $w_C < 0.25\%$  ( $w_C < 0.02\%$  则称为工业纯铁)；



中碳钢  $w_C = (0.25 \sim 0.6)\%$ ;

高碳钢  $w_C > 0.6\%$ 。

合金钢是在冶炼时有意加入一种或多种合金元素以改善性能的钢。

## 2. 按钢的用途分类

按钢的用途一般分为下列三类：

结构钢 主要用作建筑工程结构和机械零件的钢；

工具钢 主要用作各种工具的钢；

特殊钢 具有某些特殊性能和特殊用途的钢。

## 3. 按钢的质量分类

P、S 一般对钢的性能有害，冶炼时应严格控制。根据 S、P 的质量分数的高低，可将钢分为：

普通钢 S、P 的质量分数较高 ( $w_S \leq 0.050\%$ ,  $w_P \leq 0.045\%$ )；

优质钢 S、P 的质量分数较低 ( $w_S$ 、 $w_P$  均  $\leq 0.035\%$ )；

高级优质钢 S、P 的质量分数最低 ( $w_S \leq 0.02\%$ ,  $w_P \leq 0.030\%$ )。

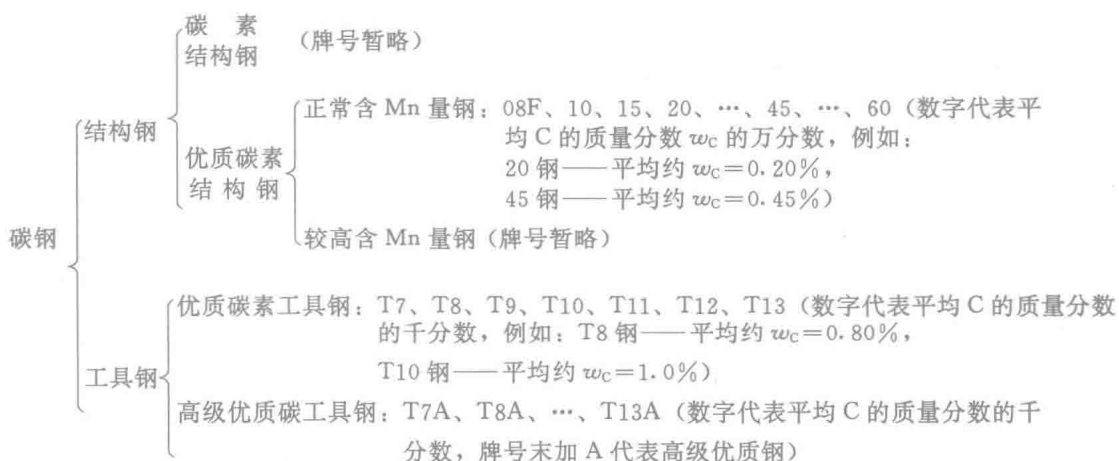
S、P 的质量分数愈低，对钢的冶炼要求愈高，成本相应提高。

## 二、常用碳素钢的牌号举例

关于钢铁产品牌号表示方法，GB221-79 有专门规定。下面仅举例初步介绍几种常用碳素钢的牌号表示方法，以便今后逐步熟悉。

碳素钢的牌号用阿拉伯数字和汉语拼音字母相结合的方法表示。数字是钢的编号或平均 C 的质量分数，字母代表钢的种类或冶炼方法。例如，T 代表碳素工具钢（碳——Tan），F 代表沸腾钢（沸——Fei）等。

常用碳素钢的种类和牌号如下：



## 复 习 题

1. 工程材料一般分为哪几类？
2. 什么是生铁，什么是钢？
3. 简述生铁和钢的获得方法。