

普通中等专业学校试用教材

金属工艺学

王雅然 主编

机械工业出版社

普通中等专业学校试用教材

金 属 工 艺 学

主编 王雅然

主审 王旭东 孟培祥 周家骅



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字054号

本书是根据机械工业部中等专业学校基础课教学指导委员会制定的“金属工艺学教学基本要求”编写的，属于普通中等专业学校教材。

本书以“成形、改性与金属工艺全过程”为主线，以“抓主线、抓本质、抓联系、抓特点、抓应用”为教学主导思想，配以成套的复习思考题。内容系统、精练、新颖是本书的主要特点。

本书共三篇：第一篇工程材料及其改性（机械工程材料）；第二篇毛坯成形及其选择（金属热加工基础）；第三篇零件成形及其装配（机械加工基础）。

本书可供中等专业学校、高等专科学校、职业中学、职工中专学校的冷加工类、热加工类、近机类、管理类等专业作为教材选用。本书有与之配套的辅助教材《金属工艺学实验与练习》。

金 属 工 艺 学

主编 王雅然

主审 王旭东 孟培祥 周家骥

责任编辑：董连仁 冯 铁 版式设计：王 颖

封面设计：方 芬 责任校对：肖新民

责任印制：路 琳

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

邮政编码：100037

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市房山区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×1092¹/₁₆·印张17.25·字数415千字

1994年8月北京第1版·1994年8月北京第1次印刷

印数 00 001—25 000 定价：11.30元

ISBN 7-111-04188-7/TG·906（课）

前 言

本书是根据机械工业部中等专业学校基础课教学指导委员会制定的“金属工艺学教学基本要求”编写的，属于普通中等专业学校教材。

本书的特点是以“成形、改性与金属工艺全过程”为主线，把教学内容系统地贯穿起来，大刀阔斧地砍去了不在主线上和远离主线的部分。书后附有一整套复习思考题，从反向启发诱导学生思考教材内容，充分展开学生的思维。

本书适应当前教改形势的需要，内容比较全面，覆盖的专业面较宽。全书分为三篇：工程材料及其改性（机械工程材料）；毛坯成形及其选择（金属热加工基础）；零件成形及其装配（机械加工基础）。机械制造专业可以细讲第一、二篇，第三篇可在实习中授课；热加工类专业可以粗讲第一篇，细讲第二、三篇；管理类、近机类专业等应通讲全书。本书适应培养应用型人才的要求，招收初中、高中毕业生的中等专业学校、职业中学，招收高中毕业生的职工中专学校和高等专科学校等都适宜选用。

针对本课程技术性、实践性强的特点，教材注意密切联系实际。针对覆盖知识面宽、综合性强的特点，教材安排了综合性教学章节。实验、练习题和综合性大作业等，将编入辅助教材《金属工艺学实验与练习》，与本书配套使用。本书全面贯彻国家规定实施的新标准。

本书由王雅然主编，参加编写的还有王建民、马中全、苏华、张文琴、宫成立、张兆隆、肖群燕、丁建生、陈长生、凌如晶、凌爱林等。

本书由王旭东副教授、孟培祥和周家骅高级讲师主审。全国高等专科学校和全国中等专业学校“金属工艺学”课程组组长康云武教授和司乃钧教授曾对本书提出过指导性意见。本书经机械工业部金工学科组审查通过。参加审稿的还有郭奕棣、董振峰、崔捧爱等。

本书在编写过程中，得到了机械工业部中专处和教材编辑室、基础课教学指导委员会及金工学科组的指导和帮助。不少金工界老师对书稿提出许多宝贵意见。在此，我们一并表示感谢。

由于我们水平有限，编写时间又短促，书中难免有缺点错误，恳切希望广大读者斧正。

编 者

1993年10月

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第一篇 工程材料及其改性 (机械工程材料)

第一章 钢铁材料生产简介	3	§ 3-1 纯金属的晶体结构	15
§ 1-1 炼铁	3	一、晶体与非晶体	15
一、炼铁的实质	3	二、晶格与晶胞	15
二、炼铁的基本过程	3	三、常见晶格类型	15
三、高炉产品	4	§ 3-2 纯金属的结晶	16
§ 1-2 炼钢	4	一、冷却曲线与过冷度	16
一、炼钢的实质	4	二、纯金属的结晶过程	17
二、炼钢的基本过程	4	三、金属的同素异构转变	17
三、炼钢的方法	4	四、晶体缺陷	18
四、钢的浇注	5	§ 3-3 合金的晶体结构	20
五、镇静钢和沸腾钢	5	一、固溶体	20
§ 1-3 钢材生产	6	二、金属化合物	21
一、板材和型材的轧制	6	§ 3-4 二元合金状态图	21
二、管材的生产	6	一、二元合金状态图的建立	21
三、线材的拉拔	6	二、匀晶状态图	22
复习思考题	7	三、共晶状态图	22
第二章 金属的力学性能	8	四、具有共析反应的状态图	24
§ 2-1 塑性与强度	8	五、合金力学性能与状态图的关系	24
一、力—伸长曲线	8	复习思考题	25
二、塑性的主要判据	9	第四章 铁碳合金	26
三、强度的主要判据	9	§ 4-1 铁碳合金的基本组织	26
§ 2-2 硬度	10	一、铁素体组织	26
一、布氏硬度试验	10	二、奥氏体组织	26
二、洛氏硬度试验	11	三、渗碳体组织	26
三、硬度判据的实用性	11	四、珠光体组织	26
§ 2-3 冲击韧性	12	五、莱氏体组织	27
一、金属夏比冲击试验	12	§ 4-2 Fe-Fe ₃ C 状态图	27
二、韧脆转变温度	13	一、Fe-Fe ₃ C 状态图分析	27
§ 2-4 疲劳	13	二、合金组织状态随温度的变化规律	29
一、疲劳现象	13	三、室温组织性能随成分的变化规律	30
二、疲劳极限	13	§ 4-3 碳钢	31
复习思考题	14	一、杂质元素对钢的影响	31
第三章 金属的晶体结构与结晶	15	二、常用碳钢	31
		复习思考题	37

第五章 钢的热处理	38	复习思考题	63
§ 5-1 概述	38	第七章 铸铁	64
§ 5-2 钢在加热时的组织转变	38	§ 7-1 铸铁的石墨化	64
一、奥氏体的形成	38	一、铸铁的石墨化过程	64
二、奥氏体晶粒度及其控制	39	二、铸铁的分类	65
§ 5-3 钢在冷却时的组织转变	40	三、影响石墨化的因素	65
一、过冷奥氏体及其转变方式	40	§ 7-2 常用铸铁件	65
二、共析碳钢过冷奥氏体的等温转变	40	一、灰铸铁件	65
三、共析碳钢过冷奥氏体的连续冷却转变	42	二、球墨铸铁件	67
§ 5-4 退火与正火	44	三、可锻铸铁件	69
一、退火	44	复习思考题	71
二、正火	45	第八章 有色金属与粉末冶金材料	72
§ 5-5 淬火与回火	45	§ 8-1 铝及其合金	72
一、淬火	45	一、铝	72
二、回火	47	二、铝合金的分类及热处理	72
§ 5-6 其它热处理方法	48	三、常用加工铝合金	73
一、表面淬火	48	四、铸造铝合金	74
二、化学热处理	48	§ 8-2 铜及其合金	76
三、可控气氛热处理	49	一、铜	76
四、形变热处理	49	二、加工黄铜	76
五、真空热处理	49	三、加工青铜	77
六、激光热处理	49	四、铸造铜合金	78
§ 5-7 零件的热处理结构工艺性	49	§ 8-3 铸造轴承合金	79
一、结构工艺性的概念	49	一、轴承合金的理想组织	79
二、热处理工艺对零件结构的要求	50	二、常用铸造轴承合金	79
复习思考题	50	§ 8-4 粉末冶金材料	79
第六章 合金钢	52	一、粉末冶金过程	79
§ 6-1 合金元素对钢的影响	52	二、硬质合金	80
一、合金元素对钢的基本相的影响	52	复习思考题	81
二、合金元素对Fe-Fe ₃ C状态图的影响	52	第九章 非金属材料	82
三、合金元素对钢的热处理的影响	53	§ 9-1 高分子材料	82
§ 6-2 常用合金钢	54	一、高聚物的结构	82
一、低合金结构钢	54	二、高聚物的物理力学状态	83
二、合金结构钢	55	三、高聚物的基本性能	84
三、合金弹簧钢	55	四、常用高分子材料	86
四、滚动轴承钢	61	§ 9-2 其它非金属材料	86
五、合金工具钢与高速工具钢	61	一、陶瓷材料	86
六、不锈钢	62	二、复合材料	87
七、耐磨钢	63	复习思考题	88

第二篇 毛坯成形及其选择 (金属热加工基础)

第十章 铸造成形	89	§ 10-1 铸造概述	89
----------------	----	-------------------	----

一、铸造成形的实质.....89	四、确定锻造温度范围、冷却和热处理规范122
二、铸造成形的主要特点及应用.....89	§ 11-5 零件结构的锻造工艺性123
§ 10-2 金属的铸造性能.....89	一、锻造性能对结构的要求124
一、金属的流动性.....90	二、锻造工艺对结构的要求124
二、金属的收缩性.....91	§ 11-6 板料冲压125
§ 10-3 砂型铸造工艺过程.....95	一、冲压成形概述125
一、造型材料.....95	二、冲压成形的基本工序126
二、造型方法.....95	三、零件结构的冲压工艺性128
三、熔炼和浇注.....98	四、冲压工艺举例130
四、落砂、清理、检验和后处理.....98	复习思考题130
§ 10-4 砂型铸造工艺设计简介.....98	第十二章 焊接与胶接成形.....131
一、选择分型面.....98	§ 12-1 焊接概述131
二、确定浇注位置.....99	一、焊接成形的实质131
三、确定主要工艺参数.....100	二、焊接成型的主要特点及应用131
四、绘制铸造工艺图和铸件图102	§ 12-2 金属的焊接性能132
§ 10-5 零件结构的铸造工艺性104	一、金属焊接性的概念132
一、铸造性能对结构的要求104	二、钢材的焊接性133
二、铸造工艺对结构的要求105	三、铸铁的焊接性133
§ 10-6 特种铸造107	四、铝及铝合金的焊接性133
一、金属型铸造107	五、铜及铜合金的焊接性134
二、压力铸造107	§ 12-3 手弧焊134
三、熔模铸造108	一、焊接电弧134
四、离心铸造108	二、焊接冶金过程特点135
复习思考题109	三、焊条135
第十一章 锻压成形.....110	四、焊接接头的组织性能137
§ 11-1 锻造概述110	§ 12-4 其他焊接方法138
一、锻造成形的实质110	一、埋弧焊138
二、锻造成形的主要特点及应用110	二、气体保护电弧焊138
§ 11-2 金属的锻造性能110	三、气焊139
一、金属塑性变形110	四、电阻焊139
二、回复与再结晶111	五、电渣焊140
三、冷加工与热加工112	六、钎焊140
四、锻造流线与锻造比112	§ 12-5 手弧焊工艺设计简介141
五、影响金属锻造性能的因素113	一、接头形式和坡口形式的确定141
§ 11-3 锻造工艺过程114	二、焊接位置的确定142
一、加热114	三、焊接工艺参数的确定143
二、成形115	四、其他工艺措施的确定144
三、冷却、检验与热处理119	五、绘制焊接结构图147
§ 11-4 自由锻造工艺设计简介120	§ 12-6 焊接结构工艺性150
一、绘制锻件图120	一、焊接结构材料的选择151
二、计算坯料的质量和尺寸120	二、焊缝布置的原则151
三、确定变形工序122	

§ 12-7 胶接成形	152	二、毛坯内在质量对比分析	155
一、胶接的概念	152	三、毛坯成形工艺对比分析	156
二、胶接原理	152	四、毛坯结构材料工艺性对比分析	157
三、常用胶粘剂	153	五、毛坯结构形状工艺性对比分析	157
四、胶接工艺	153	六、毛坯结构形状及应用对比分析	158
复习思考题	154	§ 13-2 毛坯选择	159
第十三章 毛坯分析与选择	155	一、毛坯的选择原则	159
§ 13-1 毛坯分析	155	二、毛坯选择举例	161
一、毛坯成形原理对比分析	155	三、同一零件毛坯选择的比较	161
		复习思考题	163
第三篇 零件成形及其装配 (机械加工基础)			
第十四章 公差配合基础知识	165	二、切削运动	201
§ 14-1 互换性与公差的概念	165	三、切削要素	202
一、互换性的概念	165	§ 15-2 金属切削刀具	203
二、加工误差的概念	165	一、刀具材料	203
三、公差的概念	166	二、车刀切削部分的几何参数	204
四、公差与配合标准	166	§ 15-3 金属切削过程中的物理现象	205
§ 14-2 圆柱形表面的公差与配合	167	一、切削变形	206
一、公差术语与尺寸公差带图	167	二、切削力	207
二、配合术语与配合图解	169	三、切削热	207
三、标准公差	175	四、刀具磨损	208
四、基本偏差	175	§ 15-4 提高切削加工质量和经济性的	
五、公差带与配合的选用顺序	176	途径	208
六、未注公差尺寸	182	一、提高工艺系统的刚度	208
七、公差带和配合性质的标注	184	二、合理选用刀具材料和刀具角度	209
§ 14-3 公差与配合的选择	185	三、合理选用切削用量	209
一、基准制的选择	185	四、使用切削液	210
二、公差等级的选择	186	五、改善工件材料的切削加工性	210
三、配合的选择	187	复习思考题	210
§ 14-4 形状与位置公差	190	第十六章 切削成形方法	211
一、基本概念	190	§ 16-1 机床的分类和编号	211
二、形状公差	191	一、机床的分类	211
三、位置公差	192	二、机床型号的编制方法	211
§ 14-5 表面粗糙度	195	§ 16-2 车削成形	213
一、表面粗糙度的评定	195	一、车床的功用和运动	213
二、表面粗糙度的标注	197	二、车床的组成和运动	214
三、表面粗糙度的选用	198	三、车床工作	216
复习思考题	199	四、车削加工的工艺特点	218
第十五章 切削成形原理	201	§ 16-3 镗、钻成形	219
§ 15-1 切削运动与切削要素	201	一、镗削成形	219
一、机械零件表面的形成	201	二、钻削成形	220

§ 16-4 刨、铣成形	221	时间定额	245
一、刨削成形	222	七、编制工艺卡片	246
二、铣削成形	223	§ 18-4 基本表面的加工方案	246
复习思考题	227	一、外圆表面	246
第十七章 磨削成形方法	229	二、内圆表面	247
一、磨床的功用和运动	229	三、平面表面	248
二、磨床的组成和运动	229	四、成形表面	249
三、磨削过程	231	§ 18-5 基本类型零件加工工艺要点	249
四、磨削加工的工艺特点及应用	235	一、轴杆类零件的加工工艺要点	249
五、光整加工	235	二、饼块盘套类零件的加工工艺要点	250
复习思考题	235	三、机架箱体类零件的加工工艺要点	250
第十八章 切削加工工艺过程	237	§ 18-6 零件结构的切削加工工艺性	252
§ 18-1 基本概念	237	一、切削加工对零件结构的要求	252
一、生产过程和工艺过程	237	二、改进零件切削加工工艺性的基本 原则	252
二、切削加工工艺过程	237	复习思考题	254
三、工艺设备和工艺装备	238	第十九章 装配	256
四、生产纲领和生产类型	238	一、装配工艺过程	256
§ 18-2 工件的安装	239	二、装配单元系统图	256
一、选择定位基准	240	三、减速器的装配工艺	257
二、工件的定位原理	241	四、零件结构的装配工艺性	259
三、装夹知识	243	复习思考题	261
§ 18-3 切削加工工艺的拟定	243	第二十章 特种加工	262
一、技术要求分析	243	一、电火花加工	262
二、选择毛坯	244	二、电解加工	263
三、工艺分析	244	三、超声波加工	264
四、拟定加工顺序	244	四、激光加工	264
五、确定各工序的机床、装夹方法、加 工方法、测量方法及有关工夹量具	245	复习思考题	265
六、确定各工序加工余量、切削用量和		参考文献	266

绪 论

人类的生产过程是将原材料转变为成品的过程。生产目的不同,选择的原材料、加工方法和转变过程也不同。通常将改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程,称为工艺过程。《金属工艺学》是论述关于从矿石到机器这个金属工艺全过程的学问,是研究金属的冶炼、性能、加工方法和加工工艺等问题的一门课程。

一、课程的性质、地位和任务

本课程是一门综合性的技术基础课,是机械类、近机类和管理类等专业的必修课。本课程清楚地表达了金属工艺全过程中各个生产环节之间的相互联系,简明地概括了机械制造过程的整个面貌,为各专业提供了必须的基础知识。

金属工艺全过程可以划分为原材料、毛坯、零件和装配四个大的生产环节。铸造、锻压、焊接等专业分别研究毛坯的铸造、锻压、焊接等成形工艺方法;机械制造专业主要研究零件的切削成形及装配工艺方法;热处理专业主要研究改善材料性能的工艺方法。显然,各类专业都必须对机械制造全过程有个总体认识,了解机械类各专业在机械制造过程中的位置及前、后生产环节之间的关系;还必须对各种成形工艺、改性工艺的实质、特点及应用有个明确认识,使学生初步具有选材料、选方法及分析零件结构工艺性的能力。

通过本课程的学习,学生将获得关于金属工艺全过程中工程材料及其改性、毛坯成形及其选择、零件成形及其装配等方面的基础知识。

二、课程主线和教学主导思想

毛坯和零件的成形是本课程所要阐述的一个重要内容。如铸造、锻压、焊接、切削加工等都属于成形方法。毛坯和零件的改性是本课程所要阐述的另一重要内容。通过调整化学成分或适当的热处理工艺能改善金属的组织性能。成形工艺也会影响工件的组织性能。因此,本课程的主线可以概括为“成形、改性与金属工艺全过程”。利用这条主线把教学内容穿起来,就突出了教材的系统性。大刀阔斧地砍去不在主线和远离主线的内容,使教材内容得到科学地精选。

本课程的教学主导思想是紧抓课程主线,通过典型的工艺方法如砂型铸造、自由锻造、手弧焊、车削加工、普通热处理等,把成形工艺、改性工艺中最基本最主要最实用的内容突出出来,讲透本质,讲清联系,讲出反映本质和联系的主要特点及应用场合。这一思想也可以概括为五抓:即抓主线,抓本质,抓联系,抓特点,抓应用。

三、课程特点和教学方法

针对本课程技术性强、实践性强的特点,在编写教材时注意到密切联系实际。所谓联系实际,包括联系实验实际、生产实际和专业实际。对于实验,将编写《金属工艺学实验与练习》作为辅助教材与本教材配套使用。教材中的实例取之于中小型机械厂,以便组织现场教学。教材中引用的数据和资料都是实用可靠的。实习教学是课堂教学的实践基础,必须安排在课堂教学之前。教材还注意到同《金属工艺学实习教材》在内容上的配合与衔接。

针对本课程覆盖知识面宽、综合性强的特点,教材安排了综合性教学章节。另外,辅助

教材《金属工艺学实验与练习》中还编写了综合性训练内容。

四、金属工艺学发展史简介

勤劳智慧的我国人民在金属工艺方面曾经有过辉煌的成就。在公元前16~11世纪的商朝,青铜的冶铸技术就相当精湛。在公元前5世纪的春秋时期,制剑技术已经很高明。1965年在湖北省江陵县出土的春秋越王勾践的宝剑,仍然金光闪闪,寒气逼人,说明了当时的锻造和热处理技术。明朝(1368~1644)宋应星编著的《天工开物》一书中载有冶铁、炼钢、铸钟、锻铁(熟铁)、焊接(锡焊和银焊)、淬火等多种金属成形与改性的工艺方法。这是世界上最早的有关金属工艺的著作之一。但是,长期的封建社会严重地束缚了科学技术的发展,造成了我国与先进国家之间很大的差距。

1775年,英国人威尔肯逊为了制造瓦特发明的蒸汽机,制造了汽缸镗床。这台金属机床的问世,标志着人类进入了开始用机器代替手工操作的时代。

最初的机床只适于生产批量不大的产品,即所谓单件小批生产。后来,为了满足生产批量很大的产品(如汽车)的要求,即所谓大批量生产的要求,制成了自动机床。随着生产的发展,人们又用自动传送带把多台自动机床连接成一条加工线,并且按照一定的程序和节拍来自动加工,这就是自动生产线。自动生产线为大批量生产部门实现自动化生产开辟了广阔的前景。

中小批量生产的产品在机械产品中占75%~85%。数控机床的诞生解决了中小批量生产实现自动化的问题。

计算机进入机械制造领域后,用一台大型计算机能够控制多台数控机床(群控系统)。将计算机辅助设计系统、计算机辅助制造系统和生产管理信息系统等综合成一个有机整体,称为计算机集成制造系统。该系统实际上是一个无工人的全自动工厂。日本已经有了这样的工厂。

机械制造业已经进入高科技时代,我们必须坚持改革开放的方针,努力赶超世界先进水平。

第一篇 工程材料及其改性

(机 械 工 程 材 料)

第一章 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。钢铁材料通常是经过冶炼和轧制获得的。

§ 1-1 炼 铁

一、炼铁的实质

自然界的铁以各种化合物的形式存在，并且同其它元素的化合物混在一起。把铁从它的化合物中还原出来，同其它元素的化合物相分离，这就是炼铁的实质。

二、炼铁的基本过程

炼铁的主要设备是高炉。高炉炼铁的基本过程包括燃料的燃烧、氧化铁的还原和铁的增碳、杂质的混入、造渣等。

高炉炼铁的原料是铁矿石、燃料和熔剂。在铁矿石中铁以各种化合物的形式存在 (Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 等)，还混有其他废石 (SiO_2 、 Al_2O_3 等)。焦炭是高炉冶炼用的燃料，焦炭燃烧能获得必须的温度和还原剂。高炉冶炼时，石灰石熔剂与铁矿石中的废石、焦炭燃烧后形成的灰分进行化学反应，生成比铁液密度小的熔渣。熔渣浮在铁水上面，从而利用出渣口、出铁口的高低位置不同使铁与渣相分离。

高炉炼铁过程如图 1-1 所示。炉料不断从进料口 2 加入炉内，空气经热风炉 4 预热后从进风口 5 吹入炉中。在冶炼过程中，炉料充满高炉，并不断下降；炉气由吹入炉内的空气与化学反应生成的气体组成，不断沿着炉料中的缝隙上升。冶炼一定时间后，先打开出渣

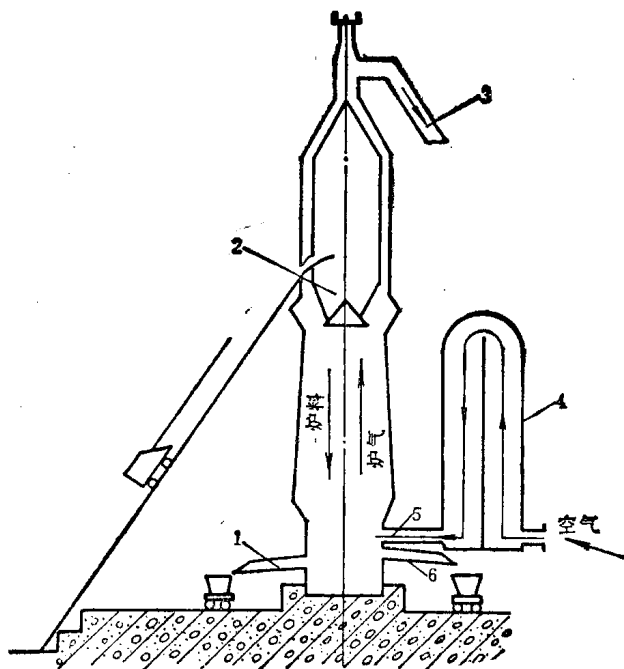


图1-1 高炉炼铁过程

1—出铁口 2—进料口 3—煤气出口 4—热风炉
5—进风口 6—出渣口

口 6 排渣，再打开出铁口 1 出铁。从炉顶排出的废气（高炉煤气）经煤气出口 3 回收。

高炉炼铁时，炽热的固体炭（焦炭）燃烧生成的 CO 与铁矿石之间进行还原反应，不断把铁从铁矿石中还原出来。铁水在高炉里沿炉料缝隙向下流动的过程中，与焦炭和 CO 充分接触，从而使碳渗入铁中。最后形成的铁水中碳的质量分数 w_C 在 4% 左右。另外，由炉料中带入高炉内的硅、锰、硫、磷等杂质也会混入铁中。因此，高炉冶炼出的铁不是纯铁，铁中还溶有碳、硅、锰、硫、磷等元素，称为生铁。

三、高炉产品

生铁是高炉生产的主要产品，按其含硅量的不同，分为炼钢生铁和铸造生铁。炼钢生铁的含硅量较低， $w_{Si} < 1.25\%$ ，用于炼钢生产；铸造生铁的含硅量较高， $w_{Si} = 1.25\% \sim 3.2\%$ ，用于铸造生产。

高炉冶炼的副产品是炉渣和高炉煤气。炉渣是制造水泥的原料；高炉煤气经净化后可以作为燃料加热热风炉等。

§ 1-2 炼 钢

一、炼钢的实质

钢中碳和各种杂质的含量比生铁要低很多，见表 1-1。生铁的成分特点使得其性能常常不能满足加工和使用的要求。因此，必须把生铁炼成钢。炼钢的实质就是通过氧化、造渣和形成气体等途径来降低生铁中碳和各种杂质的含量。

表 1-1 炼钢生铁与低碳钢的成分

材 料	$w_C \times 100$	$w_{Si} \times 100$	$w_{Mn} \times 100$	$w_P \times 100$	$w_S \times 100$
炼钢生铁	4~4.4	>0.85~1.25	>0.50	>0.25~0.40	>0.05~0.07
低碳钢	0.14~0.22	0.12~0.3	0.4~0.65	0.05	0.055

二、炼钢的基本过程

1. 氧化过程

生铁中的碳、硅、锰、磷等在高温下同氧的亲合力比铁强，故可通过氧化去除钢中的上述杂质。利用氧化剂（氧气、铁矿石等）与碳、硅、锰、磷进行反应。生成的 CO 气体逸出时，CO 对钢液有强烈的搅拌作用，有利于清除有害气体和夹杂物。生成的硅、锰、磷的氧化物及混入铁中的硫，则需通过加入熔剂 CaO 等构成一系列的造渣反应，使其以熔渣的形式去除，这就是氧化过程。

2. 脱氧过程

使用氧化剂氧化生铁中的杂质时，大量的铁被氧化成 FeO。FeO 将使钢的力学性能下降，在高温时这种影响尤其严重。另外，FeO 还会与钢中的碳发生碳氧反应，生成 CO 气体。若凝固时 CO 来不及逸出，则留在钢中会影响钢的致密度。因此，在炼钢后期必须往钢水中加入硅铁、锰铁、金属铝等脱氧剂，去除 FeO 中的氧。这就是脱氧过程。

三、炼钢的方法

1. 转炉炼钢法

转炉炼钢法的转炉炉体可以绕转轴转动，每炼完一炉钢都要把炉体倾倒，倒出炼好的钢水。现在，广泛采用氧气顶吹转炉炼钢法，如图1-2 a 所示。其主要特点是，以纯氧作为氧化剂，直接利用吹氧管，从炉顶往炉中吹氧气。在冶炼时不需要外加热源，依靠化学反应产生的热量可保证冶炼温度。这种炼钢方法生产率高，几十分钟就能炼好一炉钢，但必须以液态生铁为主要原料，不能大量地采用废钢作原料。

2. 平炉炼钢法

平炉炼钢法如图1-2 b 所示。其主要特点是以铁矿石为氧化剂，利用燃料如煤气在炉膛内燃烧保证冶炼温度。炉料

可以全是废钢、全是生铁，或废钢与生铁混用。这种炼钢方法冶炼时间长，成分容易控制。但平炉结构复杂、投资大，有被氧气顶吹转炉炼钢法取代的趋势。

平炉炼钢法和氧气顶吹转炉炼钢法受冶炼条件的限制，钢的质量难以进一步提高，也难以冶炼含有钨、钼、钛等高熔点成分的合金钢。转炉钢和平炉钢一般用于工农业生产中。

3. 电炉炼钢法

常见的电弧炉炼钢法如图1-2 c 所示。其主要特点是以铁矿石或以吹入炉内的纯氧为氧化剂，以平炉钢或转炉钢为主要原料，以电弧热为热源，因此，炉料比较纯净。这种炼钢方法冶炼温度高，冶炼过程可以调节，化学成分容易控制，能够炼出含有钨、钼、钛等元素的合金钢和高级优质钢。电炉钢主要用于制作特殊用途构件和重要构件。

四、钢的浇注

出炉的钢液常常是浇铸成钢锭或连铸成钢坯。图1-3 a 所示是用钢锭模浇铸成钢锭的情形。图1-3 b 所示是用水冷模浇铸成钢坯的情形。钢水凝固成钢坯后被夹辊夹持下降，可按要求的长度切断。

五、镇静钢和沸腾钢

1. 镇静钢

镇静钢是脱氧完全的钢。钢水在冷却过程中不发生碳氧反应，在钢锭模中平静地上升。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，故钢锭的成材率低。

2. 沸腾钢

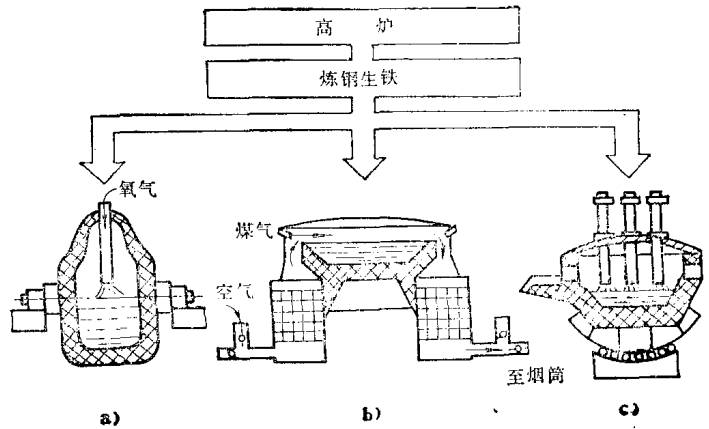


图1-2 常用炼钢方法

a) 氧气顶吹转炉 b) 平炉 c) 电弧炉

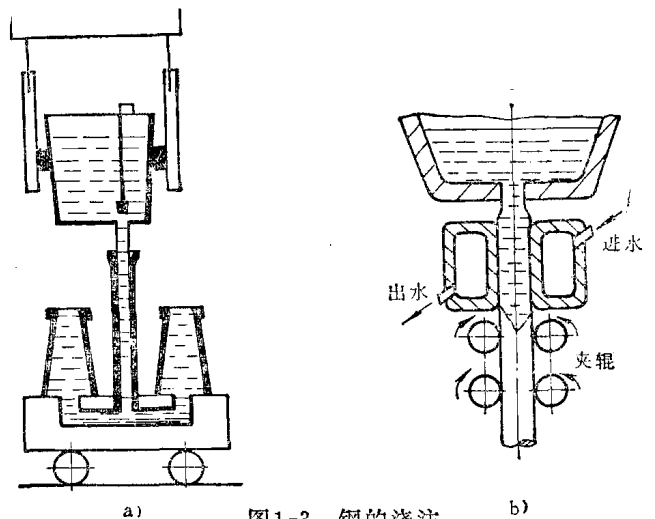


图1-3 钢的浇注

a) 浇铸钢锭 b) 连铸钢坯

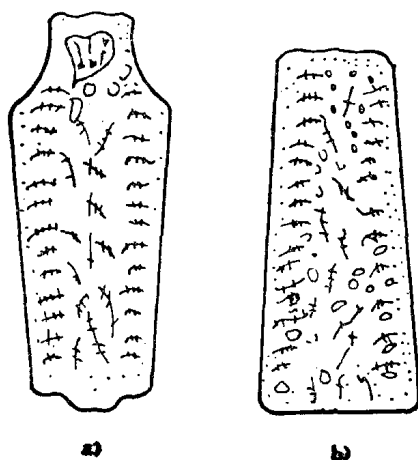


图1-4 钢锭

a) 镇静钢 b) 沸腾钢

沸腾钢是脱氧不完全的钢。钢水在冷却过程中会发生碳氧反应，生成大量的 CO 气体，出现沸腾现象。通常要加盖铁板，使上层钢水很快凝固成薄壳，停止沸腾。全部钢水凝固后，残存在钢锭内的气体形成气孔。钢锭头部不会出现大的缩孔，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头部，钢锭的成材率高。

§ 1-3 钢 材 生 产

一、板材和型材的轧制

板材和型材是使用轧机将钢锭轧制成的。图1-5 a 所示是两个转向相反的轧辊轧制钢板。若在圆柱形轧辊上加工成各种孔型，就可以轧制成各种型材。常见型材的结构形状如图1-5b所示。

二、管材的生产

管材的成形加工可以通过成形辊把带钢弯成管形，再通过焊接辊焊成管材；也可以先用斜轧穿孔机给实心管坯穿孔，如图1-6所示，再用一种特殊的方法将其轧至成所需要的尺寸。

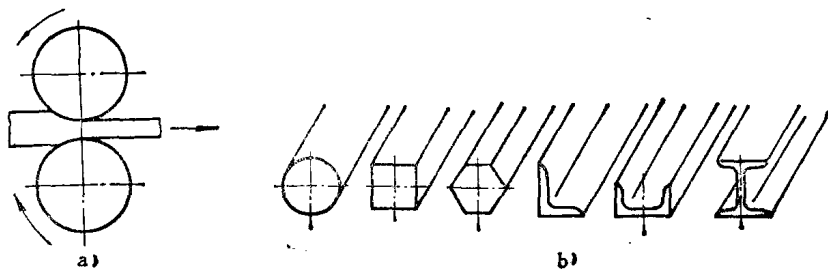


图1-5 轧板和常见轧材

a) 轧板 b) 常见轧材

三、线材的拉拔

直径在6mm 以下的线材难以轧制成形，常常需要使用拉拔模生产，如图1-7所示。拉拔时材料会硬化，可以通过中间加热使材料软化。通过一系列的拉拔模孔，拉成需要的尺寸。

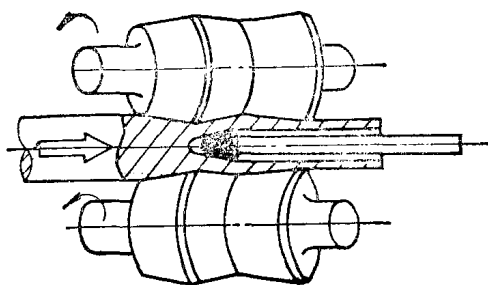


图1-6 轧管（斜轧穿孔）

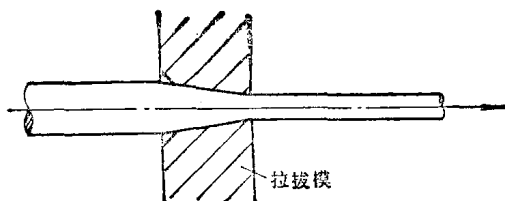


图1-7 拉拔

复习思考题

1. 人类开始有了制造固态产品的意识之后，可能思考出哪几种可选用的材料？石材、木材、铜材、铁材、钢材、合金钢材、高分子材料等的使用与人类文明有什么联系？
2. 为什么说钢铁材料是机械制造业的支柱？
3. 铁矿石在高炉中冶炼成生铁，生铁中为什么还溶有碳、硅、锰、硫、磷等元素？它们对生铁的性能有什么影响？
4. 生铁在炼钢炉中冶炼成钢，钢中是否还有碳、硅、锰、硫、磷等元素？浇注钢锭时为什么有时有沸腾现象，有时没有沸腾现象？沸腾现象对钢锭的致密程度及成材率有什么影响？
5. 钢锭被轧机轧制成板材、型材。型材被轧机轧制成管材，被拉拔机拉拔成线材。板材、型材、管材、线材的成形方法与材料性能之间有什么联系？

第二章 金属的力学性能

金属力学性能,是指金属在力作用下所显示与弹性和非弹性反应相关或涉及应力—应变关系的性能。弹性是指物体在外力作用下改变其形状和尺寸,当外力卸除后物体又回复到其原始形状和尺寸的特性。应力是指物体受外力作用后所导致物体内部之间相互作用力(称为内力)与截面积的比值。应变是指由外力所引起的物体原始尺寸或形状的相对变化,通常以百分数(%)表示。

金属力学性能主要指强度、塑性、硬度、冲击韧性和抗疲劳性等。表征和判定金属力学性能所用的指标和依据,称为金属力学性能判据。金属力学性能的判据是金属构件选材和设计的主要依据。金属受力特点不同,将表现出各种不同的行为,显示出各种不同的力学性能。

§ 2-1 塑 性 与 强 度

塑性是指断裂前材料发生不可逆永久变形的能力。强度是指金属抵抗永久变形和断裂的能力。塑性和强度的判据是通过拉伸试验测定的。拉伸试验是指用静拉伸力对试样轴向拉伸,测量力和相应的伸长,一般拉至断裂,测定其力学性能的试验。通过拉伸试验绘制的力—伸长曲线,可以计算出塑性和强度的主要判据。

一、力—伸长曲线

力—伸长曲线是指拉伸试验中记录的拉伸力与伸长的关系曲线,如图2-1 a所示。力—伸长曲线一般是由拉伸试验机自动绘出。试验前,将被测金属材料先制成一定形状和尺寸的标准试样,如图2-1 b中上图所示。图中 d_0 为试样的原始直径, l_0 为试样的原始标距长度。试验时,将试样装夹在拉伸试验机上缓慢增加拉伸力,试样的伸长量也逐渐增加。拉断后,将试样对接起来。试样的标距长度增为 l_1 ,断裂处的截面直径减为 d_1 ,如图2-1 b中下图所示。

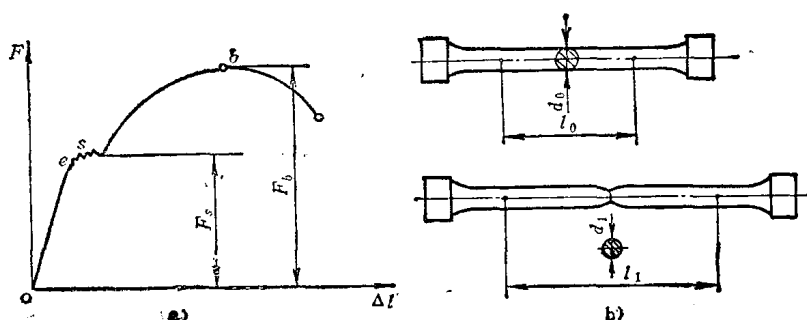


图2-1 力—伸长曲线和拉伸试样

a) 力—伸长曲线 b) 拉伸试样

图2-1 a所示是低碳钢试样的力—伸长曲线。曲线上的 oe 段近似于一条斜直线,表示试样处于弹性变形阶段。若卸除拉伸力 F ,试样能完全恢复到原来的形状和尺寸。当拉伸力继续增加时,试样将产生塑性变形,并且在 s 点附近,曲线上出现一段水平(或有波动)线段。这时拉伸力不增加,试样的塑性变形量增加,称为屈服现象。屈服后曲线又呈上升趋势