



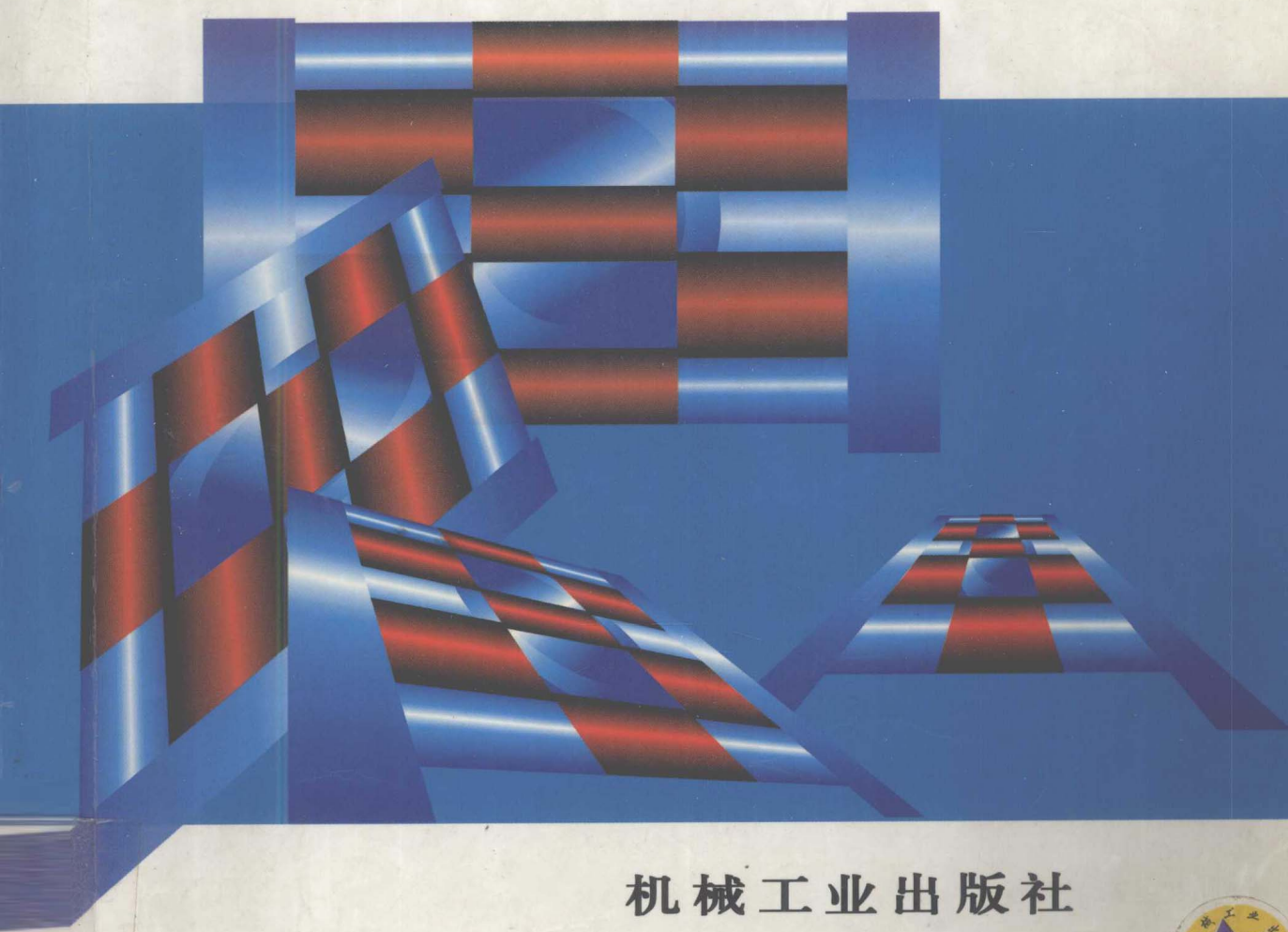
普通中等专业教育机电类规划教材

金属工艺学

第2版

机械工业中专基础课教学指导委员会金工学科组 组编

王雅然 主编



机械工业出版社



普通中等专业教育机电类规划教材

金 属 工 艺 学

第 2 版

机械工业中专基础课教学指导委员会金工学科组 组编

主编 王雅然

主审 孟培祥 李伟杰 龚庆寿



机 械 工 业 出 版 社

本书根据原机械工业部 1995 年制订的《金属工艺学教学大纲》对原版进行修订再版。

本书以“成形、改性与金属工艺全过程”为课程主线,以“抓主线、抓本质、抓联系、抓特点和抓应用”为教学主导思想。全书共分三篇,系统而简明地阐述了工程材料及其改性(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)的基本理论和基本工艺方法。

本书是机械制造类、热加工类、近机类、管理类等专业通用教材。中等专业学校、职业中学、职业中专和高等专科学校都可以选用。

与本书配套的辅助教材是机械工业出版社出版的《金属工艺学综合性训练与实验指导书》(王雅然主编)和《金工实习》(沈剑标等主编)。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/王雅然主编.--2版.--北京:机械工业出版社,1999.6

普通中等专业教育机电类规划教材
ISBN 7-111-06679-0

I. 金… II. 王… III. 金属加工-专业学校-教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 24305 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:董连仁 版式设计:张世琴 责任校对:崔培新

封面设计:方 芬 责任印制:闫 焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 8 月第 2 版第 13 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·18.75 印张·457 千字

定价:24.00 元



凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

第 2 版前言

本书是根据原机械工业部 1995 年制订的中等专业学校《金属工艺学教学大纲》对原版进行修订再版的。

这次修订主要有四项内容：一是按课程主线调整了特种加工的位置，并增加了数控加工；二是更新了部分标准；三是各章作业中增加了综合题；四是对教材中某些概念及插图作了进一步说明。修订后仍然保留了原版教材的基本特色。

《金属工艺学综合性训练与实验指导书》（王雅然主编）和《金工实习》（沈剑标主编）作为辅助教材与本书配套。

这次修订仍由王雅然主编，参加修订的编者还有王建民、凌爱林、姜敏凤、肖群彦、任新梅、胡雅育、张兆隆、肖智清、宫成立、李东君、张绿叶、李顺、靳红星。这次修订由孟培祥、李伟杰、龚庆寿主审。参加审稿的还有陈文军、宋秀孚、姜永顺、王厚生、马中全、罗建军等。

本书在使用和修订的过程中，苏群荣、卢若薇、李国绩、司乃钧、贾明旭、谢慧玲、吴绯、李玉琴、李庆新、王明耀、曹凤占等给予过热情的帮助；原机械工业部中专基础课教学指导委员会、教材编辑室、中专金工学科组、江苏省金工研究会金工信息交流站等给予过有力的支持。在此我们一并表示谢意。

由于编者水平有限，书中一定还有不少缺点、错误，恳请广大读者指正。

编者

1998 年 4 月

第1版前言

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。本书以“成形、改性与金属工艺全过程”为课程主线，以“抓主线、抓本质、抓联系、抓特点和抓应用”为教学主导思想，简明而系统地阐述了金属工艺学的基本理论和基本工艺方法。

全书分为三篇：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）。机械制造类专业可以细讲第一、二篇，第三篇可以粗讲，也可以在实习中授课。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（农机、交通、铁路等）专业则应通讲全书。中等专业学校、职业中学、职业中专学校和高等专科学校等都可以选用本教材。

《金属工艺学实验与练习》是与本书配套使用的辅助教材。

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、肖群彦、丁建生、陈长生、凌如晶、凌爱林等。

本书由王旭东、孟培祥、周家骅主审。全国高等专科学校和全国中等专业学校的金属工艺学课程组组长康云武、司乃钧曾对本书提出过指导性意见。本书经机械工业部中专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。

本书在编写中得到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。许多金工界同行对本书提出过宝贵意见。在此我们一并表示感谢。

由于我们水平有限，编写时间短促，书中难免有缺点错误，恳请读者斧正。

编者

1993年10月

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

绪论

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	4	第四节 退火与正火	55
第一节 炼铁	4	第五节 淬火与回火	57
第二节 炼钢	5	第六节 表面淬火、化学热处理及其它	61
第三节 钢材生产	7	第七节 零件结构的热处理工艺性	62
作业一	8	作业五	64
第二章 金属的力学性能	9	第六章 合金钢	64
第一节 塑性与强度	9	第一节 合金元素对钢的影响	67
第二节 硬度	11	第二节 合金结构钢	75
第三节 韧性及疲劳	20	第三节 合金工具钢与高速工具钢	77
作业二	22	第四节 特殊性能钢	79
第三章 金属的晶体结构与结晶	24	作业六	80
第一节 纯金属的晶体结构	24	第七章 铸铁	80
第二节 纯金属的结晶	25	第一节 铸铁的石墨化	81
第三节 合金的晶体结构	29	第二节 常用铸铁件	86
第四节 二元合金相图	30	作业七	87
作业三	34	第八章 非铁金属	87
第四章 铁碳合金	36	第一节 铝及其合金	92
第一节 铁碳合金的基本组织	36	第二节 铜及其合金	94
第二节 Fe-Fe ₃ C 相图	37	第三节 铸造轴承合金与粉末冶金材料	96
第三节 碳钢	41	作业八	97
作业四	48	第九章 非金属材料	97
第五章 钢的热处理	49	第一节 高分子材料	101
第一节 概述	49	第二节 其它非金属材料	103
第二节 钢在加热时的组织转变	49	作业九	
第三节 钢在冷却时的组织转变	51		

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	104	第四节 砂型铸造工艺设计简介	113
第一节 铸造概述	104	第五节 特种铸造	119
第二节 金属的铸造性能	104	第六节 零件结构的铸造工艺性	121
第三节 砂型铸造工艺过程	110	作业十	125

第十一章 锻压成形	126	第三节 焊条电弧焊	151
第一节 锻造概述	126	第四节 焊条电弧焊工艺设计简介	155
第二节 金属的锻造性能	126	第五节 其它焊接方法	164
第三节 锻造工艺过程	130	第六节 焊接结构工艺性	167
第四节 自由锻造工艺设计简介	136	第七节 胶接成形	169
第五节 零件结构的锻造工艺性	140	作业十二	171
第六节 板料冲压成形	142	第十三章 毛坯分析与选择	172
作业十一	147	第一节 毛坯分析	172
第十二章 焊接与胶接成形	148	第二节 毛坯选择	176
第一节 焊接概述	148	作业十三	179
第二节 金属的焊接性能	149		

第三篇 零件成形及其装配 (机械加工基础)

第十四章 公差与配合基本知识	181	第四节 刨削与铣削成形	243
第一节 互换性与公差的概念	181	作业十六	250
第二节 圆柱形表面的公差与配合	183	第十七章 磨具切削成形方法	251
第三节 公差与配合的选择	200	作业十七	258
第四节 形状与位置公差	205	第十八章 数控加工与特种加工	259
第五节 表面粗糙度	212	第一节 数控加工	259
第六节 机械零件的检测	216	第二节 特种加工	264
作业十四	219	作业十八	267
第十五章 切削成形原理	221	第十九章 切削加工工艺过程	268
第一节 切削运动与切削要素	221	第一节 基本概念	268
第二节 金属切削刀具	223	第二节 工件的装夹	270
第三节 金属切削过程中的物理现象	226	第三节 切削加工工艺的拟定	274
第四节 提高切削加工质量及经济性的途径	229	第四节 基本表面的加工方案	277
作业十五	230	第五节 基本类型零件加工工艺要点	280
第十六章 刀具切削成形方法	232	第六节 零件结构的切削加工工艺性	283
第一节 机床的分类与编号	232	作业十九	286
第二节 车削成形	234	第二十章 机械装配	288
第三节 镗削与钻削成形	240	作业二十	293
		参考文献	293

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，选择的原材料和加工方法及生产过程的安排也不同。通常，将改变加工对象的形状、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

金属工艺学是一门综合性的技术基础课，是机械类、近机类等专业的必修课。它清楚地表达了金属工艺过程中各个生产环节之间的相互关系，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、零件和机械装配等四大生产环节。铸造、锻造和焊接等热加工类专业是研究毛坯成形工艺的专业；机械制造类冷加工专业是研究零件成形及机械产品成形的专业；热处理类专业是研究工程材料及其改性的专业；管理类专业则是研究管理机械产品生产全过程的专业。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，了解本专业研究的生产环节与前后生产环节的关系，还应该对各种成形工艺、改性工艺的本质、特点及应用有明确的认识。学生学完金属工艺学，将全面了解从矿石到机器这个金属工艺全过程中关于成形和改性的理论，初步具有为机械制造选材料、选方法和分析结构工艺性的能力。

二、课程主线和教学主导思想

毛坯、零件和机器的成形是金属工艺学要阐述的一项重要内容。铸造、锻造和焊接是毛坯的主要成形方法；切削加工是零件的主要成形方法；装配则是机器的成形方法。毛坯、零件和机器的改性是金属工艺学要阐述的另一项重要内容。通过调整金属材料的化学成分及热处理工艺可以改善毛坯和零件的工艺性能和使用性能；通过成形工艺中的改性措施如变质处理、提高锻造比和多层焊接等也能改善毛坯和零件的使用性能；装配后通过调整和试车可以改善机器的使用性能。因此，金属工艺学的课程主线可以概括为“成形、改性与金属工艺全过程”。利用课程主线把教学内容穿起来，就突出了教材的系统性。删去不在主线上和远离主线的部分，就使教材内容得到科学的精选。紧抓“成形”和“改性”两个基本点阐述金属工艺全过程，是本书的基本思路，也应该是实施金工课教学的基本思路。

紧抓课程主线，通过典型的工艺方法如炼铁、炼钢、钢的热处理、砂型铸造、自由锻造、焊条电弧焊、车削加工、外圆磨削、轴类零件的切削加工工艺和减速器的装配工艺等，把成形工艺和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、讲明反映本质和联系的各种工艺的主要特点及应用场合，构成金属工艺学教学主导思想。这一思想可以概括为抓主线、抓本质、抓联系、抓特点和抓应用。在教和学中都必须处处体现课程主线和教学主导思想。

三、课程特点和教学方法

1. 加强实践性环节

金属工艺学具有技术性和实践性强的特点。其内容与实际生产和生活密切相关。

本书与《金属工艺学综合性训练与实验指导书》配套使用。按指导书指导学生训练及实验是加强实践性环节的重要举措。

在教学中要注意对实习教学和实验教学中观察到的现象及测试的数据进行定性分析,以加深对课程基本理论的理解;要注意把现场教学和参观教学中看到的设备特点、工艺特点和感兴趣的现象与课程的基本理论构成联系,以加深对课程实用性的认识。对于每个实践性教学环节,教师都要根据教学大纲、教材和实际情况编写出实践教学指导书发给学生,并注意指导学生完成有分析、有结论的书面报告,要求学生在报告书上写出自己的体会和意见。

实习教学是课堂教学的实践基础。必须在课堂教学之前按《金工实习》安排好实习教学。

2. 加强综合性训练

金属工艺学具有知识面宽和综合性强的特点。本教材中安排了综合性教学章节和综合性作业题。如果学生认真完成每一次作业,并按《综合性训练与实验指导书》完成一次(或两次)部分训练和一次整体训练,就表明达到了教学基本要求。

在教学中应通过分析和综合对比,加深对课程内容内在联系的认识。例如,对于车削、钻削、刨削、铣削和磨削等五种切削加工方法。可以把磨削看成是使用无数个刀刃的密齿回转刀具的铣削;铣削可以看成是使用多刃刀具以回转运动方式的刨削;刨削可以看成是在无限大直径的工件外圆表面上的车削;钻削也可以看成是使用两把内孔车刀车孔。这样,五种基本切削加工方法都可以看成是车削加工的演变和发展。

一般来说,各种切削加工方法的本质区别是:车削具有单向连续的主运动,工作时基本上无惯性冲击;刨削具有直线往复主运动,工作时有惯性冲击,有空行程;铣削时,以多刃刀具和回转主运动进行不连续切削,也有冲击和振动;磨削以砂轮的回转主运动和微量进给运动来实现精加工;钻削则属于半封闭切削,排屑、冷却和润滑都比较困难,只能对工件进行粗加工。

3. 展开思维教学法

市场经济具有瞬息万变的特点,工程技术人员必须具有活跃的应变思维能力。职业教育的主要任务是培养学生的这种能力。展开思维教学法是解放学生思想,开发学生智力,使学生聪明起来,具有应变思维能力的教学方法。

“抓心展思”和“多向展思”是展开思维教学法的两个基本点。所谓“抓心展思”是指抓住教材的每个核心内容,展开学生的逻辑思维。例如,抓住“成形与改性”这个核心去思考金属工艺全过程,去思考每个工艺环节的本质、与工艺过程的联系、主要特点及应用。又如,抓住零件“表面成形”这个核心,去思考切削加工质量的主要标准(公差和表面粗糙度)、切削成形原理和切削成形方法、零件切削成形工艺和零件结构的切削工艺性。对于复杂的问题,常常需要把问题层层展开,并且层层抓心,分析清楚。

所谓“多向展思”是指从纵向、横向和反向等多方向叙述、启发和诱导,展开学生的逻辑思维。例如,在讲授机械制造概貌时,按金属工艺全过程,纵向叙述材料、毛坯、零件和机器等四个生产大环节展开思维;在讲授机械零件制造工艺时,按选材料、选毛坯、粗加工、半精加工、精加工和光整加工等六个环节展开思维;在讲授粗加工阶段时,按选择粗基准、加工精基准、加工主要表面和次要表面等若干个环节展开思维;在讲授每道加工工序时,按定位、夹紧、加工和拆卸等若干个环节展开思维。通过一系列纵向叙述给人以水到渠成的感觉。

纵向思维是一种比较单纯的认识过程。不同层次不同类别的纵向程序容易混淆不清。为此,还必须展开同层次不同类别对比分析的横向思维过程。在《金属工艺学综合性训练与实验指导书》和本教材中的综合题都有启发和诱导学生横向思维的考虑。

纵向和横向思维构成的思维平面仍然是比较肤浅的,通过反向思维才能深化认识,形成思维体。在编写的《金属工艺学综合性训练与实验指导书》和本教材中的一系列思考题都有反向思维的考虑。

全方位地展开思维教学能最大限度地解放学生的思想,把学生从教材中及教师那里解放出来,从学校里解放出来,把学生培养成为贴近社会和市场,具有活跃的应变思维能力的人才。

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学方面曾有过辉煌的成就。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时期越王勾践的宝剑,仍然星光闪闪,寒气逼人。可见当时的铸造、热处理和防锈蚀技术已经很高。明朝(1368~1644 年)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)和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方面的著作之一。但是,长期的封建社会严重束缚了科学技术的发展,造成了我国与工业发达国家之间的很大差距。

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,即单件小批量生产方式。随着人类文明的进步,人们开始认识到分工与协作的意义,认识到按照专业化方式组织生产可以大大提高劳动生产率。于是,单件小批量生产方式在一些部门(如汽车制造厂)开始被大批量生产方式所代替。人们通过自动传送带把多台机床联系起来,并且按照一定的程序和节拍加工,这就是切削加工生产线或自动生产线。这种大批量生产方式又促进了互换性生产和测量技术的发展。

近年来,由于科学技术的急剧进步和市场竞争的日趋激烈,使得产品的品种不断增加,精度不断提高,而产品替代周期不断缩短。因此,中小批量的产品在机械产品中占 75%~85%。数控机床和数控加工技术就是在这样的背景下诞生并发展起来的,从而解决了中小批量机械产品的生产自动化问题。

当前,我国正在推进的 CIMS(计算机集成制造系统)工程,将生产指挥、产品工程设计、制造自动化或柔性制造系统、质量保证系统等,通过计算机网络及数据库等技术集成为一个有机的整体,已经在一些企业中取得了显著的经济效益。

传统的金属工艺方法,在其自身技术不断发展的同时,与其它相关技术紧密配合,必将构筑起人类文明新的辉煌。

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。钢铁材料通过冶炼和轧制获得。

第一节 炼 铁

铁是钢铁材料的基本组成元素。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。炼铁本质上是把铁从其化合物中还原，并且同其它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。

一、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 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；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 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。

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。

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

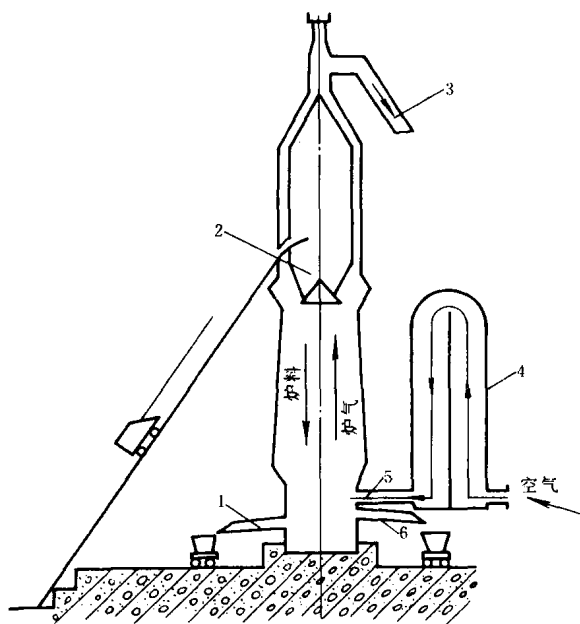


图 1-1 高炉炼铁

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

还起到还原剂的作用。

炼铁时，焦炭和 CO 不断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。

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。

二、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， $w_{\text{Si}} < 1.25\%$ ，主要用于炼钢；铸造生铁的含硅量较高， $w_{\text{Si}} = 1.25\% \sim 3.2\%$ ，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。

第二节 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	$w_{\text{C}} \times 100$	$w_{\text{Si}} \times 100$	$w_{\text{Mn}} \times 100$	$w_{\text{P}} \times 100$	$w_{\text{S}} \times 100$
炼钢生铁	4~4.4	$>0.85 \sim 1.25$	>0.50	$>0.25 \sim 0.40$	$>0.05 \sim 0.07$
低碳钢	0.14~0.22	0.12~0.3	0.4~0.65	0.05	0.055

一、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）将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。钢中存在 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。

二、炼钢方法

1. 转炉炼钢法

常见氧气顶吹转炉炼钢法如图 1-2a 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 1-2b 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，炉料比较纯净，化学成分容易控制，冶炼过程可以调节。电炉能够冶炼高级优质钢和含有高熔点金属元素（如钨、钼、钛等）的合金钢。

三、镇静钢和沸腾钢

炼好的钢常浇注成钢锭或连注成钢坯。图 1-3a 所示是使用钢锭铸型浇注钢锭；图 1-3b 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。

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 1-4a 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。

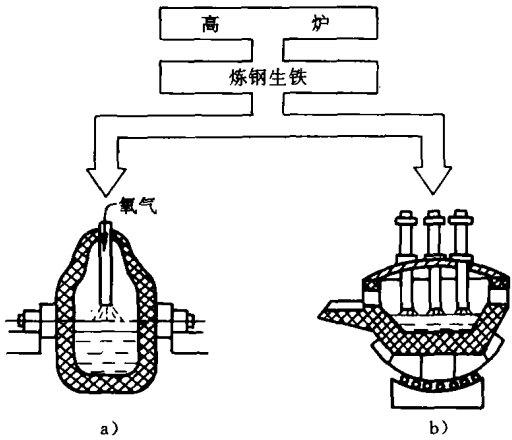


图 1-2 常用炼钢法

a) 氧气顶吹转炉 b) 电弧炉

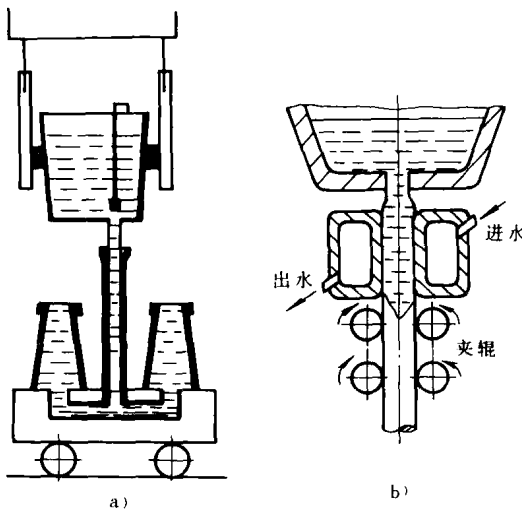


图 1-3 钢的浇注

a) 型铸 b) 连铸

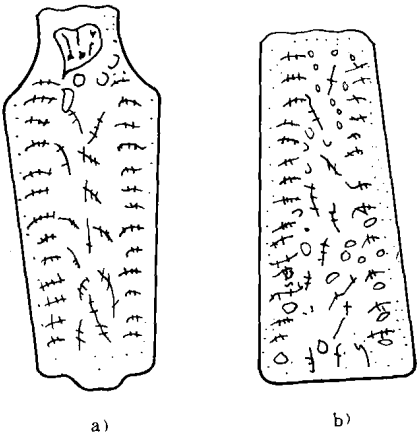


图 1-4 钢锭

a) 镇静钢 b) 沸腾钢

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孔,如图 1-4b 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。

第三节 钢材生产

一、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。图 1-5a 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 1-5b 所示。

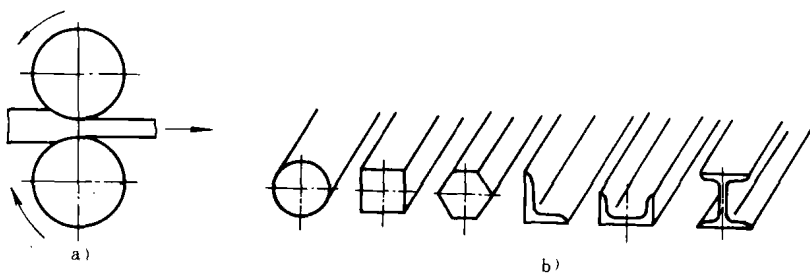


图 1-5 轧板和型材

a) 轧板 b) 常见型材

二、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。

三、线材

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

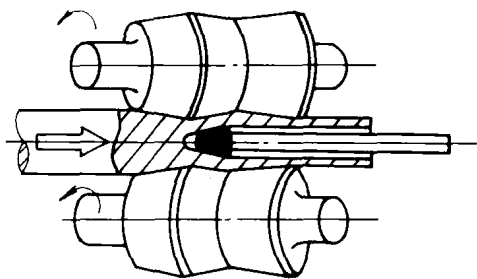


图 1-6 斜轧穿孔

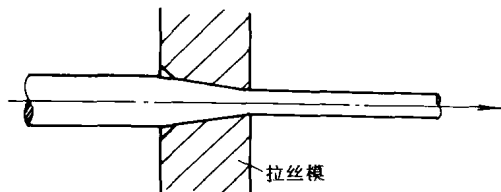


图 1-7 拉丝

作 业 一

一、综合题

填下表比较炼铁、炼钢、轧制、拉丝等生产方式的特点。

钢铁材料生产方式的比较

生产方式	原 料	设 备	原 理	基本过程	产品及其应用
炼 铁					
炼 钢					
轧 制					
拉 丝					

二、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，生铁中为什么含有碳、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，钢中是否还含有碳、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，被拉丝机拉成线材。板材、型材、管材、线材等的成形方法与其性能有什么联系？

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、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。金属力学性能判据是金属零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。

第一节 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。塑性和强度的判据通过拉伸试验测定。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 2-1a 所示。力-伸长曲线由拉伸试验机自动绘出。

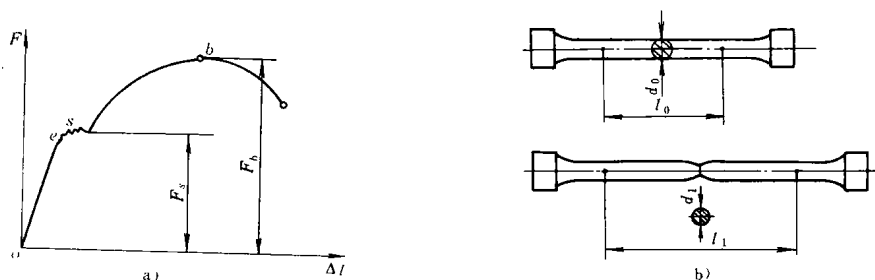


图 2-1 力-伸长曲线和拉伸试样

a) 力-伸长曲线 b) 拉伸试样

试验时先将被测金属材料制成标准试样，如图 2-1b 上图所示。试样的直径为 d_0 ，标距的长度为 l_0 。然后将试样装夹在拉伸试验机上，缓慢增加拉伸力。试样标距的长度将逐渐增加，直至被拉断。再把两段试样对接起来，标距将增至 l_1 ，断裂处截面的直径减至 d_1 ，如图 2-1b 下图所示。

图 2-1a 所示是低碳钢试样的力-伸长曲线。曲线的 oe 段近乎一段斜线，表示受力不大时试样处于弹性变形阶段。若卸除拉伸力 F ，试样将完全恢复到原始的形状及尺寸。当拉伸力 F 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，试样的塑性变形量仍增加，称为屈服现象。屈服后曲线又呈上升趋势，表

示试样的材料得到强化,恢复了抵抗拉伸力的能力。 b 点表示试样抵抗拉伸力的最大能力。这时试样上的某个部位横截面将发生局部收缩,称为缩颈现象。随后,试样承受拉伸力的能力迅速减小而破断。

二、塑性的主要判据

1. 断后伸长率

断后伸长率是指试样拉断后标距的伸长与原始标距的百分比,用符号 δ 表示。即

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

式中 l_1 ——试样拉断后对接的标距长度;

l_0 ——试样原始标距长度。

拉伸试样的原始标距 l_0 与原始直径 d_0 之间通常有一定的比例关系。 $l_0 = 10d_0$ 时,称为长试样; $l_0 = 5d_0$ 时,称为短试样。使用长试样测定的断后伸长率用符号 δ_{10} 表示,通常写成 δ ;使用短试样测定的断后伸长率用符号 δ_5 表示。同一种材料的短试样断后伸长率 δ_5 大于长试样的断后伸长率 δ_{10} 。

2. 断面收缩率

断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处横截面积的最大缩减量与原始横截面积的百分比,用符号 ψ 表示。即

$$\psi = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100\%$$

式中 S_0 ——试样原始横截面积;

S_1 ——试样拉断后缩颈处最小横截面积。

断面收缩率不受试样尺寸的影响,比较确切地反映了金属材料的塑性。

塑性直接影响到零件的成形加工及使用。例如,钢的塑性较好,能通过锻打成形,而灰铸铁塑性极差,不能进行锻打。力-伸长曲线表明,金属材料经明显塑性变形(屈服)后得到强化。因此,塑性好的零件超载时仍有强度储备,比较安全。

三、强度的主要判据

1. 屈服点与规定残余伸长应力

屈服点是指试样在试验过程中力不增加(保持恒定)仍能继续伸长(变形)时的应力,用符号 σ_s 表示。即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0}$$

式中 F_s ——试样屈服时所承受的拉伸力。

不少金属材料在拉伸试验中没有明显的屈服现象,难以测出屈服点。此时可用规定残余伸长应力表示屈服点。规定残余伸长应力是指试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长达到规定的原始标距百分比时的应力。表示此应力的符号应附以角注说明,例如,经常使用的 $\sigma_{r0.2}$ 表示残余伸长率达 0.2% 时的应力。

机械零件在工作时一般不允许产生明显的塑性变形。因此,屈服点 σ_s 或规定残余伸长应力 $\sigma_{r0.2}$ 是机械零件选材和设计的依据。

2. 抗拉强度