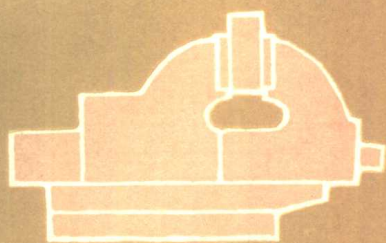
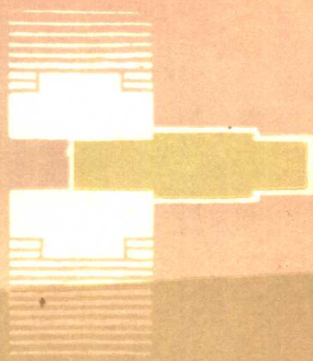


金属工艺学

(原《金属工艺基础》二次修订本)

刘 炼 叶寒芳 刘志刚



四川科学技术出版社

金属工艺学

(兼作职工培训教材)

刘 炼 叶寒芳 刘志刚

四川科学技术出版社

一九八五年·成都

责任编辑：崔泽海
周 军
梅 红

封面设计：曹辉禄

金 属 工 艺 学 (修订本)

四川科学技术出版社出版
新华书店重庆发行所发行
重 庆 新 华 印 刷 厂 印 刷

开本850×1168毫米 1/32 印张25.25 插页5 字数631千
1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷
印数：1—12,700册

书号：15298·47

定价：5.30元

前 言

本书是《金属工艺基础》一书的第二次修订本。原书是农林部1978年组织四川、湖南、甘肃、新疆等省、自治区农业机械化学校，为全国中等专业学校农业机械化、农业机械修理、林业机械、渔轮机管理等专业编写的教材。近年来，由于教育工作发展的需要，作者根据教育部1982年审定的中等专业学校金属工艺学教学大纲(试行草案)，重新编写，更名为《金属工艺学》。它可作为中等专业学校、技工学校机械类非机械制造专业的教材和干部职工培训教材，并可供有关厂矿企业的技术人员、青年工人学习参考。

全书分金属材料及热处理、热加工基础、互换性与技术测量、金属切削加工四篇，共二十二章。讲述了从钢铁冶炼到制造机械零件毛坯，再制成机械零件的主要生产环节及过程。按照教学大纲的要求，加强了基础理论知识。同时，对金属工艺学方面的新材料、新工艺、新技术也有适当反映，如连续铸锭、马氏体形态、中温碳氮共渗、粉末冶金、铝基轴承合金、压力铸造、气体保护焊、等离子弧焊、电解加工等。书中采用了新的国家标准及有关技术资料，如公差与配合(GB1800~1804—79)、形状和位置公差(GB1182~1184—80, GB1958—80)等。为了便于学生复习、巩固，书后列有复习思考题。全书教学参考时数(包括实验)为150学时，各学校、单位可根据不同专业的要求，适当选讲有关章节内容。

书中计量单位采用国际单位制(SI),并以国际代号表示。采用的标准、规范除保留原单位外,又增加了国际单位。书后附有部分国际单位制计量单位代号及其换算表,可供读者查阅。

本书由四川省农业机械化学校主编,其中绪论、第一章至第八章、第二十二章由刘炼编写;第九章至第十一章由叶寒芳编写;第十二章至第二十一章由刘志刚编写;书中插图由罗肇敏绘制。初稿完成后,由我会和四川科学技术出版社组织会审定稿。邀请了四川省农业机械研究所、成都无线电机机械学校、重庆钢铁工业学校、四川省轻工业学校、四川省机械工业学校、四川成都市农业机械化学校、四川涪陵地区农业机械化学校、四川内燃机厂技工学校的同志参加审查。编者修改后,又由易周才、任兴元、刘志琨、林长江四同志复审。在编写过程中,得到四川省农机局和有关学校、研究所、企业的热忱帮助和支持。在此,一并表示衷心的感谢。由于我们水平有限,书中一定存在不少缺点错误,恳请读者批评指正。

四川省农机学会

1983年4月

绪 论

在当代国民经济建设中，金属材料使用的范围很广，数量极大。通过冶炼得到的金属，被加工制成各种各样的机械零件，装配成机器，制成各种各样的工程构件，组合为桥梁、车辆、船舶、飞机和宇航飞船等。因此，研究金属材料及其加工，已经成为人们认识自然，改造自然越来越重要的任务之一。

金属工艺学是研究金属材料的性能、以及对它们进行冷、热加工的各种工艺方法及其相互联系的一门学科。

我国是一个历史悠久的文明古国，有着使用、加工金属材料的丰富经验。根据考古资料证明，早在4000年以前，我国夏朝就开始使用铜器，至商朝(公元前1652~前1066年)铸造的铜器已经非常精致、美观。至春秋战国时代(公元前722~前221年)由熔炼铸铁发展到炼钢，这比西欧国家早了1800多年。近代出土的秦朝兵俑携带的铜兵器，历经数千年不锈，这有力地证实了当时已掌握高超的冶炼技术和精湛的表面保护处理方法。我国古代劳动人民和科学工作者对金属工艺学知识的积累和发展也做过非凡的工作，他们留下了不少重要的文献，其中最著名的有中秦时代的《考工记》(佚名)，宋代的《梦溪笔谈》(沈括)以及明代的《天工开物》(宋应星)等，这些书中记载着金属材料冶炼、铸造、锻造、焊接、热处理及切削等工艺方面的珍贵资料，我国古代劳动人民对人类文明的发展做出了巨大的贡献。

18世纪以后。由于封建制度的桎梏，帝国主义的侵略和剥削，

我国科学技术长期处于停滞阶段，逐步地落在他国之后。

中华人民共和国成立以来，我国的科学技术又有了新的发展，50年代起国家建设了一批批大型骨干企业，开创了现代工业的许多新部门和新领域，兴办了不少科研、教育单位，为建设繁荣富强的新中国奠定了基础。目前，与世界先进水平比较，我国科学技术还较落后，但我们相信在党的领导下，金属工艺学将与其它学科一起，在向四个现代化进军的征途中，得到更快的发展。

金属工艺学是培养工程技术人员所必需的一门以工艺为主的综合性的技术基础课。本课程的任务是：通过掌握金属工艺学的基础理论知识，为学习其它有关专业课程和从事工程技术工作打下必要的基础。

学习金属工艺学课程应达到以下要求：

1. 基本掌握常用金属材料的牌号、性能、应用范围、热处理方法及其选择使用的一般原则。
2. 了解各种主要加工方法的实质、工艺特点和应用范围。
3. 了解各种主要加工方法常用设备的工作原理和工艺范围。
4. 初步掌握公差配合的基本知识，能正确使用有关国家标准。
5. 具有选择毛坯，确定零件机械加工工艺过程的基本知识。

金属工艺学属于应用技术学科，实践性很强，涉及的知识面较宽。在学习中应充分利用实习、实验、参观，从中获得感性认识，并注意将所学的理论知识与我国目前生产的实际情况相联系。为了巩固所学知识和培养分析问题、解决问题的能力，还应认真完成实验报告书、课堂练习和课外作业，注意学会使用各种手册、国家标准等工具书及有关资料。

目 录

绪 论	(1)
第一篇 金属材料及热处理	(1)
第一章 钢铁冶炼	(1)
第一节 炼铁	(2)
第二节 炼钢	(7)
第二章 金属的机械性能	(14)
第一节 强度	(14)
第二节 塑性	(17)
第三节 硬度	(19)
第四节 冲击韧性	(23)
第五节 金属的疲劳	(25)
第六节 金属蠕变的概念	(26)
第三章 金属学基础	(29)
第一节 金属的晶体结构	(29)
第二节 合金的基本结构和组织	(39)
第三节 铁碳合金	(51)
第四节 碳素钢	(64)
第四章 钢的热处理	(74)
第一节 概述	(74)
第二节 钢在加热时的组织转变	(76)
第三节 钢在冷却时的组织转变	(81)

第四节	钢的退火与正火	(91)
第五节	钢的淬火	(96)
第六节	钢的回火	(107)
第七节	表面热处理	(111)
第八节	热处理缺陷及其防止	(124)
第五章	合金钢	(127)
第一节	合金元素在钢中的作用	(127)
第二节	合金钢的分类与编号	(133)
第三节	合金结构钢	(134)
第四节	合金工具钢	(147)
第五节	特殊性能钢	(154)
第六章	铸铁	(158)
第一节	铸铁的石墨化及影响因素	(159)
第二节	灰口铸铁	(163)
第三节	可锻铸铁	(167)
第四节	球墨铸铁	(170)
第五节	合金铸铁	(175)
第七章	有色金属及其合金	(177)
第一节	铜及铜合金	(178)
第二节	铝及铝合金	(187)
第三节	轴承合金	(194)
第四节	粉末冶金及其材料	(201)
第八章	机械零件的选材及典型零件的热处理	(205)
第一节	机械零件的选材	(205)
第二节	制定热处理工艺的一般原则	(209)
第三节	典型零件的热处理	(211)
第二篇	热加工基础	(215)
第九章	铸造	(215)

第一节	砂型铸造	(217)
第二节	合金的铸造性能	(237)
第三节	常用合金铸件的生产	(243)
第四节	铸件的清理和常见缺陷	(255)
第五节	铸件结构工艺性	(258)
第六节	特种铸造	(266)
第十章	金属压力加工	(274)
第一节	金属塑性变形的基本原理	(276)
第二节	金属的加热	(284)
第三节	自由锻造	(288)
第四节	模型锻造	(300)
第五节	冷冲压	(309)
第十一章	焊接	(318)
第一节	手工电弧焊	(319)
第二节	气焊与气割	(345)
第三节	其它焊接方法	(359)
第四节	常用金属材料的焊接	(373)
第五节	焊接应力和变形	(382)
第六节	常见的焊接缺陷和焊缝质量检验	(386)
第三篇	互换性与技术测量	(390)
第十二章	光滑圆柱形结合的公差与配合	(390)
第一节	互换性的基本概念	(390)
第二节	公差与配合的基本概念	(392)
第三节	光滑圆柱形公差与配合标准的组成及其特点	(403)
第四节	公差与配合的应用	(430)
第五节	公差与配合一九五九年国家标准简介	(440)
第十三章	技术测量基础知识	(446)

第一节	技术测量	(446)
第二节	量块的基本知识	(450)
第三节	常用量具的结构和使用	(452)
第十四章	形状和位置公差与表面光洁度	(468)
第一节	形状和位置公差	(468)
第二节	表面光洁度	(507)
第四篇	金属切削加工	(515)
第十五章	金属切削原理与金属切削机床的基础知识 ..	(516)
第一节	刀具材料	(516)
第二节	基本定义	(521)
第三节	金属切削过程的物理现象	(530)
第四节	车刀几何参数的合理选择	(540)
第五节	切削用量的合理选择	(551)
第六节	金属切削机床概述	(554)
第十六章	车削加工	(560)
第一节	C620-1型普通车床	(564)
第二节	车床的主要工作	(577)
第三节	车削加工的精度分析	(608)
第十七章	钻削及镗削加工	(614)
第一节	钻削加工	(614)
第二节	镗削加工	(629)
第十八章	刨削、插削及拉削加工	(634)
第一节	刨削加工	(634)
第二节	插削加工	(649)
第三节	拉削加工	(651)
第十九章	铣削加工	(653)
第一节	铣床	(655)
第二节	铣削加工	(661)

第三节	万能分度头及其工作	(673)
第二十章	磨削加工	(683)
第一节	概述	(683)
第二节	砂轮	(685)
第三节	磨床工作	(693)
第四节	光整加工	(704)
第二十一章	圆柱齿轮加工	(711)
第一节	仿形法加工圆柱齿轮	(712)
第二节	展成法加工圆柱齿轮	(719)
附:	金属加工的新工艺	(727)
第二十二章	工艺过程的基本知识	(730)
第一节	基本概念	(731)
第二节	工艺过程的制定	(741)
第三节	工艺过程分析实例	(749)
第四节	零件切削加工的结构工艺性	(757)
复习思考题		(762)
部分国际单位制计量单位代号及其换算		(781)
附表I	汉语拼音字母	(783)
附表II	外文 字母	(784)
附表III	化学元素周期表中部分元素的晶体结构、 原子直径及核外电子分布总表.....	(785)
附表IV	一般钢种硬度及强度换算值	(787)
附表V	常用磨具参考表	(790)
附图		(793)

第一篇 金属材料及热处理

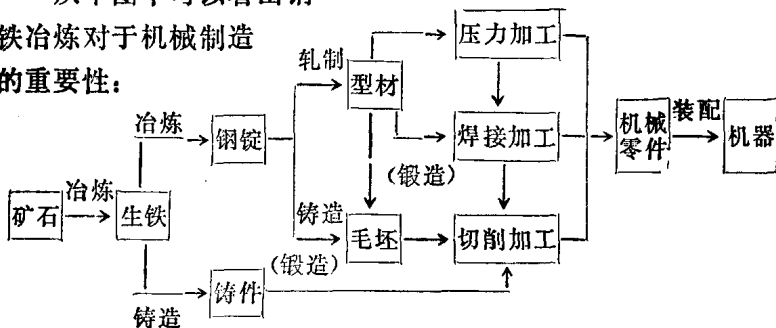
工业上使用的金属材料分为两大类：即黑色金属，包括铁、锰、铬及铁基合金，如生铁、钢和铁合金等；有色金属，指除黑色金属以外的其它金属与合金，常见的如铜、铝及其合金等。

金属材料是现代工业使用最广泛的材料，在机械行业中金属材料制品约占90%以上。因此金属材料的研究、生产和应用，在我国社会主义现代化建设中有着特别重要的意义。

第一章 钢铁冶炼

钢铁材料被广泛用来制作各种工程构件及机器设备，在建筑、交通、电子、轻工、机器制造、石油化工等部门，有着极其重要的地位。一个现代化的国家必须有强大的钢铁工业作为经济建设、国防建设的可靠支柱。

从下图中可以看出钢铁冶炼对于机械制造的重要性：



第一节 炼 铁

炼铁就是把铁从铁矿石中分离出来，以获得一定成分的生铁。铁(Fe)在天然矿石中主要以铁的氧化物形式存在，炼铁时铁矿石加热至一定的温度，Fe通过还原剂(CO)从氧化物中还原出来。矿石中存在的其它元素的氧化物，如 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MnO_2 等称为脉石，则通过加入石灰石(CaCO_3)、白云石($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)等熔剂，形成熔点低、比重小的熔渣，与铁分离。

一、炼铁的原材料

(一) 铁矿石

铁矿石的主要种类有：磁铁矿(Fe_3O_4)，含铁量一般在40~70%的范围内；赤铁矿(Fe_2O_3)，含铁量为30~65%。其次为菱铁矿(FeCO_3)和褐铁矿($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)，它们的含铁量较低，约为37~50%。通常称含铁量大于45%的铁矿石为富矿，小于45%的铁矿石为贫矿。富矿石可以直接进入高炉冶炼，贫矿石则需进行适当处理(破碎、选矿、烧结等)后，才能进行冶炼。

(二) 燃 料

主要是焦炭。这种焦炭称为冶金焦，含有较低的灰分及低的硫、磷等有害物质；同时，它还必须具有较高的发热值，及足够的强度，在高炉内才能顺利地燃烧，发出大量的热能，获得炼铁所需的高温及还原剂。为了保证冶金焦的质量，钢铁厂使用的焦炭往往是自己专门生产的。

(三) 熔 剂

熔剂的作用是：与铁矿石中的脉石和焦炭中的灰分，在炼铁过程中形成熔点低、比重小的熔渣。熔渣易与铁水分离，从炼铁炉中除去后，可以提高铁的纯度及质量。由于铁矿石中的脉石多为酸性氧化物，所以常用碱性熔剂，如石灰石、白云石等。它们在炼铁炉中，受热分解成碱性氧化物(如CaO)。

(四) 空 气

空气是助燃的，要使燃料进行燃烧，并形成足够的还原剂——CO，必须向高炉中输送大量空气。这种空气需经预热至600~900℃，再送至高炉内，以便提高炉温。在炼铁炉旁耸立的便是预热空气的热风炉。

(五) 耐火材料

现代炼铁炉，称为高炉。高炉内熔炼生铁是在高温下进行的，其局部温度可达1800℃以上，因此与炉料接触的炉衬，必须用耐火材料修筑。高炉常用的耐火材料有耐火粘土砖与高铝砖。

耐火粘土砖的组成： Al_2O_3 为30~46%， SiO_2 为50~65%，属弱酸性耐火材料。它能抵抗酸性熔渣的侵蚀作用，耐火度在1610~1730℃之间。

高铝砖是含 Al_2O_3 48%以上的耐火材料，属于中性耐火材料，对酸性或碱性熔渣均有较好的抗蚀作用，耐火度为1750~1790℃。

另外在高炉的炉缸及炉底有时还需使用一部分耐火度更高(3000℃)的炭砖。

二、炼铁的过程

炼铁是在高炉内进行的，高炉的结构如图1-1所示。

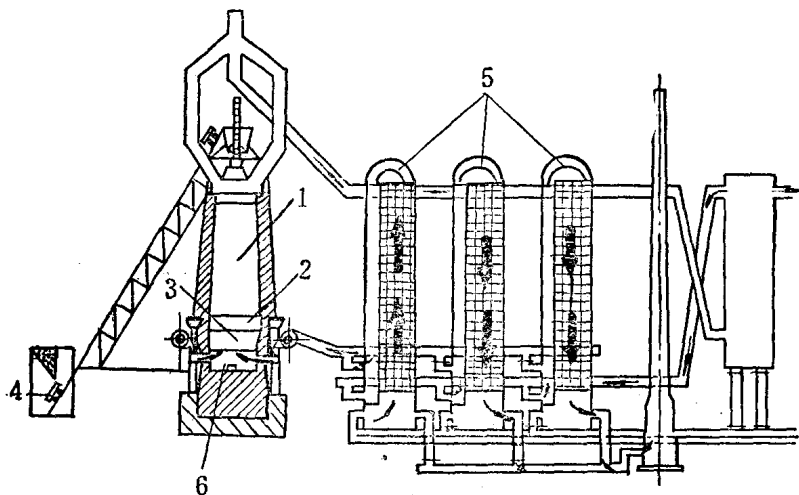


图1-1 高炉的生产过程示意图

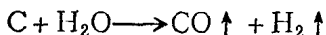
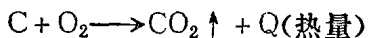
1. 炉身 2. 炉腰 3. 炉腹 4. 送料车 5. 热风炉 6. 炉缸

铁矿石、焦炭、熔剂等炉料，用上料车从高炉顶部送入，分层填满炉身上部，熔炼时炉料下降，热的炉气上升，在炉腰及炉腹的高温区，炉料即被熔化，熔化的生铁及熔渣集于最下方的炉缸，分别由出铁口和出渣口放出。

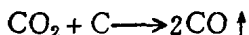
高炉炼铁主要有以下几个过程：

(一) 燃料的燃烧

炉料在高炉内先被热的炉气预热，下降至风口附近，赤热的焦炭与含水的热空气产生下列反应：



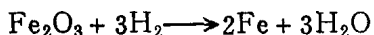
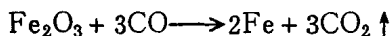
此时，产生的大量热量，使炉心温度上升至1800℃左右，同时CO₂气体上升时与赤热的焦炭相遇，被碳夺走一部分氧形成CO：



CO与H₂都是还原性气体，它们与下降的铁矿石接触，使Fe和其它一些元素逐渐从氧化物中还原。

(二) 铁的还原

铁矿石中的氧化物产生的还原反应如下：



铁的还原过程从高炉上部就开始了，越向下降，还原出来的铁就越多。还原反应在600~950℃的条件进行得最快。

(三) 铁的增碳

最初还原出来的铁是海绵状的，含碳量不高，一般≤1%。它随后吸收焦炭中的碳，形成含碳量达3~4.5%的铁碳合金。这一作用称为增碳，其中的碳大多数以化合物Fe₃C形式存在：



纯铁的熔点较高(1538℃)，形成铁碳合金后熔点降低，在约1200~1300℃熔化，滴入炉缸。在熔化下滴过程中，铁碳合金继续进行增碳。

(四) 造渣及除硫

炼铁时，炉料中的熔剂与脉石和焦炭灰分形成易熔的炉渣，由于比铁水轻又互不溶解，所以浮于铁水表面。这个过程称为造渣。炼铁时，要定时排出熔渣。

石灰石在冶炼中还有除去部分有害杂质硫的作用。硫在矿石