

铁路职业教育铁道部规划教材

# 金属工艺学

| 王英杰◎主编 王美玉◎副主编 |

TIELU ZHIYE JIAOYU TIEDAOBU GUIHUA JIAOCAI  
JINSHU GONGYIXUE

中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



铁路职业教育铁道部规划教材

# 金属工艺学

王英杰 主 编

王美玉 副主编

郭晓平 主 审

中国铁道出版社

2007年·北 京

## 内 容 简 介

全书共十章,主要阐述金属材料及加工过程简介,金属材料基础知识,钢材热处理,钢材的牌号及应用,铸铁的牌号及应用,非铁金属及其合金,金属铸造成形,金属锻压成形,金属焊接成形,金属切削加工基础等内容。

本书具有以下特点:第一,充实新知识、新工艺、新技术,简化过多的理论介绍;第二,突出职业教育特点,注重学生实践技能和综合应用能力的培养;第三,文字叙述精炼,通俗易懂,提纲挈领,图解形象直观;第四,每章配备了思考题,帮助学生复习和巩固所学内容。

本书主要面向职业教育的工科学生。此外,也可作为复退军人学历教育教材,还可作为职工培训及技工学校用教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学/王英杰主编. —北京:中国铁道出版社,2007.8

铁路职业教育铁道部规划教材

ISBN 978-7-113-08168-3

I. 金… II. 王… III. 金属加工—工艺学—职业教育—  
教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 112221 号

书 名: 金属工艺学

作 者: 王英杰 主编

责任编辑: 程东海 电话: 010-51873135

封面设计: 陈东山

责任校对: 汤淑梅

责任印制: 金洪泽

出版发行: 中国铁道出版社

地 址: 北京市宣武区右安门西街 8 号

邮政编码: 100054

网 址: [www.tdpress.com](http://www.tdpress.com)

电子信箱: 发行部 ywk@tdpress.com

印 刷: 北京市兴顺印刷厂

总编办 zbb@tdpress.com

版 次: 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 11.75 字数: 287 千

书 号: ISBN 978-7-113-08168-3/TH·126

定 价: 19.50 元

### 版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者发行部调换。

电 话: 市电 (010) 51873170 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504 路电 (021) 73187

# 前 言

针对目前职业技术教育缺少合适的《金属工艺学》教材状况,参照教育部颁发的职业学校金属工艺学教学大纲(试行),我们组织编写了本教材。

知识经济时代迫切需要具有综合素质高、实践能力强和创新能力突出的职业技术人才。突出能力教育必须以人的素质与能力为基础和核心,强调重视学习和掌握获取知识的方法,学会运用知识进行创造性的思考和实践,学会把知识有效地转化为素质和能力。对于职业教育要加强基础的认知学习,使学生有更大的柔性。“柔性”就是给予每个在校学生更大的发展空间和深层的受教育机会和能力,能够适应今后的工作需求和岗位变换。

本教材的教学目标是:

- (1)介绍金属材料的生产、性能、牌号及应用方面的知识。
- (2)介绍金属零件的各种成形加工方法和工艺特点,并初步具有选择毛坯和编制零件成形工艺规程的能力。
- (3)介绍各种主要成形加工方法所用设备(或工具),引导学生掌握一些主要设备(或工具)的基本操作方法。
- (4)培养综合应用能力,引导学生学会应用所学理论知识解决一些实际问题,初步使学生建立一定的解决实际问题的感性经验。
- (5)造就研究型学习环境,引导学生深入现场,相互交流和研讨。
- (6)培养信息素养,引导学生善于利用现代信息技术拓宽知识面。

新编《金属工艺学》在内容上尽量做到布局合理;在文字介绍方面做到通俗易懂、形象生动;在内容组织上注意逻辑性、系统性和层次分明,突出实践性;在时代性上尽量反映新技术、新材料、新工艺和新设备,使师生的认识在一定层次上跟上现代科技的发展。每章配有便于组卷的思考题,供学生复习和巩固所学基础知识。

本书主编:王英杰;副主编:王美玉。全书由王英杰拟定编写提纲和统稿。

绪论、第一章至第四章由王英杰编写;第五章由同金叶编写;第六章由王中才编写;第七章由陆俊华编写;第八章由石爱军编写;第九章由王美玉编写;第十章由孙曼曼编写。

本书由郭晓平主审;最后由《金属工艺学》教材编写组审定通过。

由于编写时间及编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。同时,本书在编写过程中参考了大量的文献资料,在此向文献资料的作者致以诚挚的谢意。

《金属工艺学》编写组  
2007年6月

# 目 录

|                    |    |
|--------------------|----|
| 绪 论                | 1  |
| 第一章 金属材料及加工过程简介    | 3  |
| 第一节 金属材料的分类        | 3  |
| 第二节 钢铁材料生产过程简介     | 4  |
| 第三节 机械产品制造过程简介     | 6  |
| 思考题                | 8  |
| 第二章 金属材料基础知识       | 9  |
| 第一节 金属材料的性能        | 9  |
| 第二节 金属材料晶体结构       | 19 |
| 第三节 纯金属的结晶过程       | 22 |
| 第四节 金属材料的同素异构转变    | 23 |
| 第五节 合金的相结构         | 24 |
| 第六节 合金结晶过程         | 25 |
| 第七节 金属材料铸锭组织特征     | 26 |
| 第八节 铁碳合金的基本组织      | 27 |
| 第九节 铁碳合金相图         | 30 |
| 思考题                | 33 |
| 第三章 钢材热处理          | 37 |
| 第一节 钢在加热时的组织转变     | 37 |
| 第二节 钢在冷却时的组织转变     | 39 |
| 第三节 退火与正火          | 40 |
| 第四节 淬 火            | 42 |
| 第五节 回 火            | 43 |
| 第六节 表面热处理与化学热处理    | 45 |
| 思考题                | 47 |
| 第四章 钢材的牌号及应用       | 50 |
| 第一节 杂质元素对钢材性能的影响   | 50 |
| 第二节 非合金钢的分类、牌号及用途  | 51 |
| 第三节 合金元素在钢中的作用     | 57 |
| 第四节 低合金钢和合金钢的分类与牌号 | 58 |
| 第五节 低合金钢           | 61 |
| 第六节 合 金 钢          | 62 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 思考题 .....                 | 67         |
| <b>第五章 铸铁的牌号及应用 .....</b> | <b>71</b>  |
| 第一节 铸铁概述 .....            | 71         |
| 第二节 常用铸铁 .....            | 72         |
| 第三节 合金铸铁 .....            | 77         |
| 思考题 .....                 | 78         |
| <b>第六章 非铁金属及其合金 .....</b> | <b>80</b>  |
| 第一节 铝及铝合金 .....           | 80         |
| 第二节 铜及铜合金 .....           | 84         |
| 第三节 钛及钛合金 .....           | 89         |
| 第四节 滑动轴承合金 .....          | 90         |
| 第五节 硬质合金 .....            | 92         |
| 思考题 .....                 | 93         |
| <b>第七章 金属铸造成形 .....</b>   | <b>96</b>  |
| 第一节 铸造成形概述 .....          | 96         |
| 第二节 砂型铸造 .....            | 97         |
| 第三节 金属铸造性能 .....          | 104        |
| 第四节 特种铸造简介 .....          | 107        |
| 思考题 .....                 | 109        |
| <b>第八章 金属锻压成形 .....</b>   | <b>111</b> |
| 第一节 锻压成形概述 .....          | 111        |
| 第二节 金属锻压加工基础知识 .....      | 112        |
| 第三节 金属锻造工艺 .....          | 116        |
| 第四节 冲 压 .....             | 120        |
| 思考题 .....                 | 123        |
| <b>第九章 金属焊接成形 .....</b>   | <b>126</b> |
| 第一节 焊接成形概述 .....          | 126        |
| 第二节 焊条电弧焊 .....           | 127        |
| 第三节 气焊与气割 .....           | 133        |
| 第四节 其他焊接方法简介 .....        | 137        |
| 第五节 常用金属材料的焊接 .....       | 141        |
| 思考题 .....                 | 143        |
| <b>第十章 金属切削加工基础 .....</b> | <b>145</b> |
| 第一节 切削加工运动分析及切削要素 .....   | 145        |
| 第二节 切削刀具 .....            | 147        |
| 第三节 金属切削过程中的物理现象 .....    | 151        |
| 第四节 金属切削机床的分类及编号 .....    | 154        |
| 第五节 车床及车削加工 .....         | 155        |
| 第六节 钻床及钻削加工、镗床及镗削加工 ..... | 165        |
| 第七节 刨床及刨削加工、插床及插削加工 ..... | 167        |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第八节 铣床及铣削加工····· | 170 |
| 第九节 磨床及磨削加工····· | 172 |
| 思考题·····         | 176 |
| 参考文献·····        | 179 |

# 绪 论

金属材料是人类社会发展重要的物质基础,人类利用金属材料制作了生产和生活用的工具、设备及设施,改善了人类生存的环境与空间,创造了丰富的物质文明和精神文明。科学家把金属材料比作现代工业的骨架。如果没有耐高温、高强度、高性能的钛合金等金属材料,就不可能有现代宇航工业的发展。同时,随着金属材料的广泛使用,地球上现有的金属矿产资源也越来越少。据估计,铁、铝、铜、锌、银等几种主要金属的储量,只能再开采 100~300 年。怎么办呢?一是向地壳的深部要金属;二是向海洋要金属;三是节约金属材料,寻找它的代用品。目前,世界各国都在积极采取措施,不断改进现有金属材料的加工工艺,提高其性能,充分发挥其潜力,从而达到节约金属材料的目的,如轻体汽车的设计,就是利用高强度钢材,达到减轻汽车自重、节约金属材料和省油目的的。

回顾历史,我国在金属材料及其成形加工方面具有辉煌的一页。我国曾是世界上使用和加工金属材料最早的国家之一。我国使用和加工铜的历史约有 4 000 多年,大量出土的青铜器,说明在商代(公元前 1600~1046 年)就有了高度发达的青铜加工技术。例如,河南安阳出土的司母戊大方鼎,体积庞大,花纹精巧、造型精美,达 875 kg,属商殷祭器。要制造这么庞大的精美青铜器,需要经过雕塑、制造模样与铸型、冶炼等工序,可以说司母戊大方鼎是雕塑艺术与金属冶炼技术的完美结合。同时,在当时的条件下要浇铸这样庞大的金属器物,如果没有大规模的劳动分工组织、精湛的雕塑艺术及铸造成形技术,是不可能完美地制造成功的。

早在公元前 6 世纪即春秋末期,我国就已出现了人工冶炼的铁器,比欧洲出现生铁早 1 900 多年,如 1953 年在河北兴隆地区发掘出的用来铸造农具的铁模子,说明铁制农具已大量地应用于农业生产中。同时,我国古代还创造了三种炼钢方法:第一种是从矿石中直接炼出的自然钢,用这种钢制作的刀剑在东方各国享有盛誉,后来在东汉时期传入欧洲;第二种是西汉期间经过“百次”冶炼锻打的百炼钢;第三种是南北朝时期的灌钢,即先炼铁,后炼钢的两步炼钢技术,这种炼钢技术我国比其他国家早 1 600 多年,直到明朝之前的 2 000 多年间,我国在钢铁生产技术方面一直是遥遥领先于世界。

1965 年在湖北省出土的越王勾践青铜剑,虽然在地下深埋了 2 400 多年,但是这把剑在出土时却没有一点锈斑,完好如初,而且刃口磨制得非常精细,说明当时已掌握了金属冶炼、锻造成形、热处理及防腐蚀技术。

在唐朝(约公元 7 世纪)时期,我国已应用锡焊和银焊技术,而此项技术欧洲直到公元 17 世纪才出现。

根据文字记载,公元 1668 年我国已使用直径 6.6 m 的镶片铣刀,该铣刀由牲畜带动旋转,用来加工天文仪上的铜环。

明朝宋应星所著《天工开物》一书中详细记载了古代冶铁、炼钢、铸钟、锻铁、淬火等多种金属材料的加工方法。书中介绍的锉刀、针等工具的制造过程与现代几乎一致,可以说《天工开物》是世界上阐述有关金属成形加工工艺内容最早的科学著作之一。

新中国成立后,我国在金属材料及其加工工艺理论研究方面有了突飞猛进的发展。2006



年钢铁产量突破 4 亿 t, 成为国际钢铁市场上举足轻重的“第一力量”, 有利地推动了我国机械制造、矿山冶金、交通运输、石油化工、电子仪表、航天航空等现代化工业的发展。同时, 原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、载人火箭、超导材料、纳米材料等重大项目的研究与试验成功, 都标志着我国在金属材料及其成形加工工艺方面达到了新水平。

历史充分说明, 我国在金属材料及其加工工艺方面取得了辉煌的成就, 为人类文明做出了巨大的贡献。

随着现代科学技术的发展, 金属材料及其加工工艺也出现了日新月异的发展。例如, 激光技术与计算机技术在机械零件加工过程中的应用, 使得机械零件加工设备不断创新, 零件的加工质量和效率不断提高, 如计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)和生产管理信息系统(MIS)的综合应用, 突破了传统的金属材料加工方法, 提高了金属材料加工工艺水平, 提高了机械产品的使用性能。

同时, 金属材料加工工艺水平的高低, 在某种程度上代表着一个国家的机械制造水平, 与国民经济的快速发展有着密切的关系。但是, 目前我国与发达国家相比, 在金属材料加工工艺方面还有一定的差距, 非常需要我们深入地研究有关金属材料加工工艺理论, 不断地学习和掌握新技术、新工艺、新设备和新材料, 为国家的现代化建设做贡献。

《金属工艺学》在内容编写方面注重通俗易懂, 在教学方法上注重对学生进行启发和引导, 培养学生的自学能力。同学们在学习本课程时, 要多联系自己在金属材料加工工艺方面的感性认识和生活经验, 多讨论、多交流、多分析和多研究, 特别是在实习中要勤于观察, 勤于实践, 做到理论联系实际, 这样才能更好地掌握教材中的基础知识, 做到全面发展。

# 第一章

## 金属材料及加工过程简介

金属材料在物理性能、化学性能、力学性能及工艺性能等方面具有优越的性能,广泛地应用机械制造、工程建设、交通、石油化工、农业、国防等领域,了解金属材料的分类、性能以及加工过程具有重要意义。

### 第一节 金属材料的分类

#### 一、金属材料的基本概念

金属材料是由金属元素或以金属元素为主要材料构成的,并具有金属特性的工程材料。它包括纯金属和合金两类。纯金属在工业生产中虽然具有一定的用途,但是,由于它的强度、硬度一般都较低,而且冶炼技术复杂,价格较高,因此在使用上受到很大的限制。目前在工农业生产、建筑、国防建设中广泛使用的是合金状态的金属材料。

合金是指两种或两种以上的金属元素或金属与非金属元素组成的金属材料,如普通黄铜是由铜和锌两种金属元素组成的合金,碳素钢是由铁和碳组成的合金。与组成合金的纯金属相比,合金除具有较好的力学性能外,还可以通过调整组成元素之间的比例,获得一系列性能各不相同的合金,从而满足工农业生产、建筑及国防建设上不同的性能要求。

#### 二、金属材料的分类

金属材料分为钢铁材料(或称黑色金属)和非铁金属(或称有色金属)两大类,如图 1-1 所示。

(1)钢铁材料。以铁或以它为主形成的金属材料,称为钢铁材料,如钢和生铁。

(2)非铁金属。除钢铁材料以外的其他金属,都称为非铁金属,如金、银、铜、铝、镁、钛、锌、锡、铅等。

除此之外,在国民经济建设中,还出现了许多新型的高性能金属材料,如高温合金、粉末冶金材料、非晶态金属材料、纳米金属材料、单晶合金以及新型的金属功能材料(永磁合金、形状记忆合金、超细金属隐身材料、超塑性金属)等。

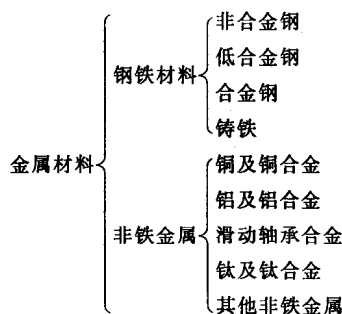


图 1-1 金属材料分类

## 第二节 钢铁材料生产过程简介

### 一、钢铁材料生产过程简介

钢铁是铁和碳的合金。钢铁材料按碳的质量分数  $w(\text{C})$  (含碳量) 大小进行分类, 可以分为工业纯铁 [ $w(\text{C}) < 0.0218\%$ ]; 钢 [ $w(\text{C}) = 0.0218\% \sim 2.11\%$ ] 和生铁 [ $w(\text{C}) > 2.11\%$ ]。

生铁由铁矿石经高炉冶炼后获得, 它是炼钢和铸造成形的主要原材料。

钢材是以生铁为主要原料, 将生铁装入高温炼钢炉里, 通过氧化作用降低铁液中碳和杂质元素的质量分数, 获得钢液, 然后将钢液浇铸成铸锭, 铸锭再经过热轧或冷轧后, 最终制成各种

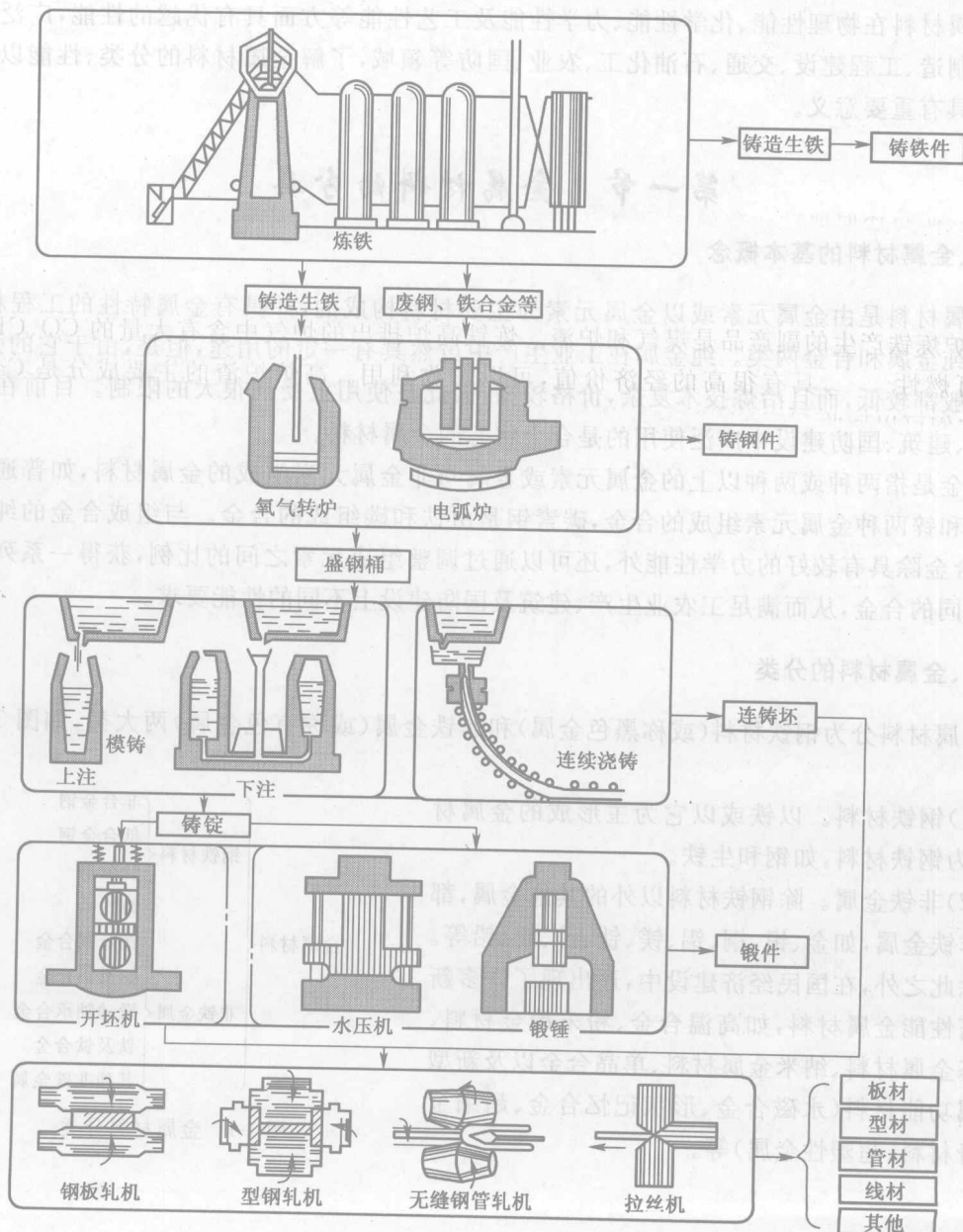


图 1-2 钢铁材料生产过程示意图

类型的钢材。图 1-2 为钢铁材料生产过程示意图。

## 二、炼 铁

铁的化学性质活泼,自然界中的铁,绝大多数是以含铁化合物形式存在的,如  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等。含铁比较多并且具有冶炼价值的矿物,如赤铁矿、磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿等称为铁矿石。铁矿石中除了含有铁的氧化物以外,还含有硅、锰、硫、磷等元素的氧化物杂质,这些杂质称为脉石。炼铁的实质就是从铁矿石中提取铁及其有用元素形成生铁的过程。现代钢铁工业炼铁的主要方法是高炉炼铁。高炉炼铁的炉料主要是铁矿石( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )、燃料(焦炭)和熔剂(石灰石)。

焦炭作为炼铁的燃料,一方面为炼铁提供热量,另一方面焦炭在不完全燃烧时所产生的  $\text{CO}$ ,又作为使氧化铁和其他金属元素还原的还原剂。熔剂的作用是使铁矿石中的脉石和焦炭燃烧后的灰分转变成密度小、熔点低和流动性好的炉渣,并使之与铁水分离,常用的熔剂是石灰石( $\text{CaCO}_3$ )。

在炼铁时,将炼铁原料分批装入高炉中,在高温和压力的作用下,经过一系列的化学反应,可以将铁矿石还原成铁。经高炉冶炼出的铁不是纯铁,其中溶有碳、硅、锰、硫、磷等杂质元素,这种铁称为生铁。生铁是高炉冶炼的主要产品。根据不同的需要,生铁可分为两类:铸造生铁和炼钢生铁。

高炉炼铁产生的副产品是煤气和炉渣。炼铁高炉排出的炉气中含有大量的  $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$  和  $\text{H}_2$  等可燃性气体,具有很高的经济价值,可以回收利用。高炉炉渣的主要成分是  $\text{CaO}$  和  $\text{SiO}_2$ ,它们可以回收利用,生成水泥、渣棉和渣砖等建筑材料。

## 三、炼 钢

炼钢是以生铁(铁液或生铁锭)或废钢为主要原料,再加熔剂(石灰石、萤石)、氧化剂( $\text{O}_2$ 、铁矿石)和脱氧剂(铝、硅铁、锰铁)等进行冶炼。炼钢的主要任务是把生铁熔化成液体,或直接将铁液注入到高温的炼钢炉中,利用氧化作用将碳及其他杂质元素减少到规定的化学成分范围之内,获得需要的钢种。所以,用生铁炼钢,实质上是一个氧化过程。

### 1. 炼钢方法

现代炼钢方法主要有氧气转炉炼钢法和电弧炉炼钢法。两种炼钢方法的热源及特点比较列于表 1-1 中。

表 1-1 氧气转炉炼钢法和电炉炼钢法的比较

| 炼钢方法 | 热 源      | 主要原料  | 主要生产特点                                    | 产 品      |
|------|----------|-------|-------------------------------------------|----------|
| 氧气转炉 | 氧化反应的化学热 | 生铁、废钢 | 冶炼速度快,生产率高,成本低。钢的品种较多,质量较好,适合于大量生产        | 碳素钢和低合金钢 |
| 电弧炉  | 电能       | 废钢    | 炉料通用性大,炉内气氛可以控制,脱氧良好,能冶炼难熔合金钢。钢的质量优良,品种多样 | 合金钢      |

### 2. 钢液脱氧

钢液中过剩的氧气与铁生成氧化物,对钢的力学性能会产生不良的影响,因此,必须在浇注前对钢液进行脱氧。按钢液脱氧程度的不同,钢材可分为特殊镇静钢(TZ)、镇静钢(Z)、半

镇静钢(b)和沸腾钢(F)。

镇静钢是脱氧完全的钢。钢液冶炼后期用锰铁、硅铁和铝块进行充分脱氧,钢液在钢锭模内平静地凝固。这类钢锭化学成分均匀,内部组织致密,质量较高。但钢锭头部容易形成的缩孔较深,轧制时需要切除,钢材浪费较大,如图 1-3(a)所示。

沸腾钢是指脱氧不完全的钢。钢液在冶炼后期仅用锰铁进行不充分脱氧。钢液浇入钢锭模后,钢液中的  $\text{FeO}$  和碳相互作用,使脱氧过程( $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO} \uparrow$ )继续进行,生成的  $\text{CO}$  气体引起钢液产生沸腾现象。凝固时大部分气体逸出,少量气体被封闭在钢锭内部,从而形成许多小气泡,如图 1-3(c)所示。这类钢锭一般不产生缩孔,切头浪费小。但是,钢的化学成分不均匀,组织不够致密,质量较差。

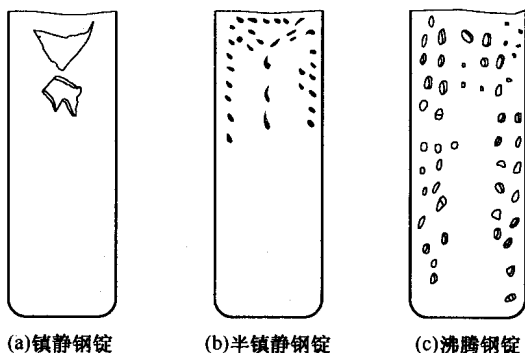


图 1-3 镇静钢锭、半镇静钢锭和沸腾钢锭的剖面示意图

半镇静钢的脱氧程度和性能状况介于镇静钢和沸腾钢之间。特殊镇静钢脱氧质量优于镇静钢,其内部材质均匀,非金属夹杂物含量少,能满足特殊需要。

### 3. 钢液浇注

钢液经脱氧后,除少数用来浇铸成铸钢件外,其余都浇铸成铸锭或连铸坯。铸锭一般用于轧钢或锻造大型锻件。连铸坯是采用连铸法生产的,连铸法由于生产率高,钢坯质量好,节约能源,生产成本低等优点,目前在钢铁企业得到广泛采用。

### 4. 钢材类型

炼钢形成的钢锭经过轧制最终形成板材、管材、型材、丝材及其他类型钢材。

(1)板材。板材一般分为厚板和薄板。4~60 mm 为厚板,常用于造船、锅炉和压力容器;板材厚度在 4 mm 以下的为薄板,分为冷轧钢板和热轧钢板。薄板轧制后可直接交货或经过酸洗镀锌或镀锡后交货使用。

(2)管材。管材分为无缝钢管和有缝钢管两种。无缝钢管用于石油、锅炉等行业;有缝钢管是采用带钢焊接制成,用于制作煤气及自来水管道等。焊接的钢管生产率较高、成本低,但质量和性能与无缝钢管相比稍差些。

(3)型材。常用的型材有方钢、圆钢、扁钢、角钢、工字钢、槽钢、钢轨等。

(4)丝材。线材是用圆钢或方钢经过冷拔制成的。其中的高碳钢丝用于制作弹簧丝或钢丝绳,低碳钢丝用于捆绑或编织等。

(5)其他类型钢材。其他类型钢材主要是指要求具有特种形状与尺寸的异形钢材,如车轮轮箍、齿轮轮坯等。

## 第三节 机械产品制造过程简介

机械产品的制造过程一般分为机械产品设计、机械产品制造与机械产品使用三个阶段,如图 1-4 所示。

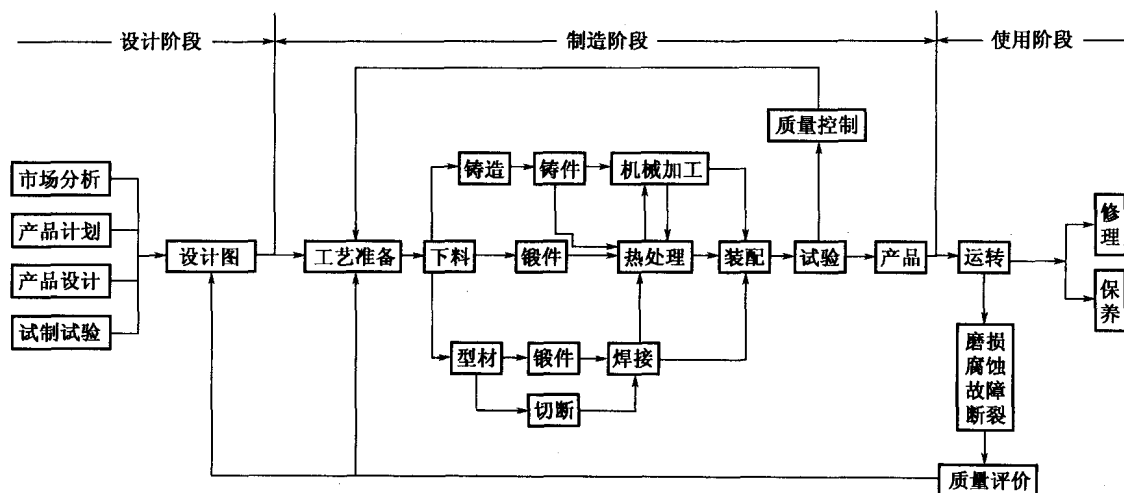


图 1-4 机械产品制造过程的三个阶段

### 1. 机械产品设计阶段

在机械产品设计阶段企业首先要从市场需求、产品性能、生产数量等方面出发，制定出机械产品的研制规划。首先进行产品总体设计，然后再进行部件设计，画出装配图和零件图。然后设计人员根据机械零件服役条件、性能及环境保护等要求，合理选择金属材料及加工方法，如在高温氧化性气氛环境中工作的受力零件，应选择耐热性高的耐热钢；如果零件的形状复杂，则应选择铸造成形。同时，不同的机械产品有不同的性能要求，如汽车必须满足动力性能、控制性能、操纵性能、安全性能、涂装性能，以及使用起来舒适、燃料消耗低、噪声小等要求。在满足了机械产品性能和成本要求的前提下，则由工艺部门编制成形加工工艺规程或工艺图，并交付生产部门生成。在设计过程中要特别重视零件性能要求、服役条件、金属材料选择及其成形加工方法的相互协调，保证机械产品生产过程中高质量、高效益和高效率。

### 2. 机械产品制造阶段

绝大多数的机械产品或机械零件是由原材料经过某些成形加工方法获得的。目前常用的机械产品或机械零件成形加工方法主要有：铸造、压力加工、焊接、粉末冶金、切削加工、特种加工等。

机械产品设计完成后，生产部门将根据成形工艺规程与机械零件图进行加工，然后进行装配。通常不能根据设计图直接进行成形加工，而应根据设计图绘制出制造图，再按制造图进行加工。这是由于设计图绘制出的是零件加工完成后的最终状态图，而制造图则是表示在制造过程中某一工序完成时的状态，两者是有差异的。因此，在加工时需要根据制造图准备合适的金属坯料，并进行预定的成形加工。准备好金属材料后，可以根据机械零件的结构特点，采用铸造、锻造、机械加工、热处理等不同的成形加工方法，然后分别在各类车间分工，逐步进行成形加工。零件成形加工完成后再装配成部件或整机。机械产品装配完后，要按设计要求进行各种试验，诸如，空载试验与负荷试验、力学性能试验、使用寿命试验及其他单项试验等。整机验收合格后，则可进行涂装、包装和装箱，最后投入市场。

### 3. 机械产品使用阶段

出厂的机械产品一经投入使用，其磨损、腐蚀、故障及断裂等就会接踵而来，并暴露出设计和制造过程中存在的质量问题。一个好的机械产品除了应注重设计功能、外观特征和制造工

艺外,还应经常注意收集与积累使用过程中零件失效的资料,据此反馈给制造、设计部门,以进一步提高机械产品的质量。这样做不仅能使机械产品获得良好的可靠性,而且还能赢得良好的信誉和市场。

## 思考题

### 一、名词解释

1. 金属材料; 2. 合金; 3. 钢铁材料; 4. 非铁金属; 5. 钢铁。

### 二、填空题

1. 金属材料一般可分为\_\_\_\_\_材料和\_\_\_\_\_材料两类。

2. 钢铁材料是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及 Si、Mn、S、P 等杂质元素组成的金属材料。

3. 生铁是由铁矿石原料经\_\_\_\_\_而获得的。高炉生铁一般分为\_\_\_\_\_生铁和\_\_\_\_\_生铁两种。

4. 现代炼钢方法主要有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

5. 根据钢液脱氧程度的不同,钢可分为\_\_\_\_\_钢、\_\_\_\_\_钢、\_\_\_\_\_钢和\_\_\_\_\_钢。

6. 机械产品的制造过程一般分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三个阶段。

7. 钢锭经过轧制最终会形成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_等产品。

### 三、判断题

1. 钢和生铁都是以铁碳为主的合金。( )

2. 高炉炼铁过程是使氧化铁还原,获得纯生铁的过程。( )

3. 用锰铁、硅铁和铝粉进行充分脱氧后,可获得镇静钢。( )

4. 电弧炉主要用于冶炼高质量的合金钢。( )

### 四、简答题

1. 炼铁的主要原料有哪些?

2. 炼钢用的原料有哪些?

3. 镇静钢和沸腾钢之间有何差异?

### 五、观察与调研

观察钢铁材料在社会生活与生产中的应用,调查一下我国当年的钢铁产量。

# 第二章

## 金属材料基础知识

### 第一节 金属材料的性能

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能。使用性能是指金属材料为保证机械零件或工具正常使用应具备的性能,即在使用过程中所表现出的特性,它包括力学性能、物理性能和化学性能等。工艺性能是指金属材料在制造机械零件或工具的过程中,适应各种冷、热加工的性能,也就是金属材料采用某种加工方法制成成品的难易程度,它包括铸造性能、压力加工性能、焊接性能、热处理性能及切削加工性能等,如某种金属材料采用焊接方法容易得到合格的焊件,就说明该金属材料的焊接工艺性能好。

在机械制造过程中,为了设计制造具有较强竞争力的产品,必须了解和掌握金属材料的各种性能,以便使机械产品在设计、选材和制造等方面体现出最优化。

#### 一、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属在力作用下所显示的与弹性和非弹性反应相关或涉及应力—应变关系的性能,如弹性、强度、硬度、塑性、韧性等。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。物体受外力作用后导致物体内部之间相互作用的力称为内力,而单位面积上的内力则为应力 $\sigma$ (MPa 或  $\text{N}/\text{mm}^2$ )。应变 $\epsilon$ 是指由外力所引起的物体原始尺寸或形状的相对变化(%)。

金属材料力学性能是评定金属材料质量的主要判据,也是金属构件设计时选材和进行强度计算的主要依据。金属力学性能指标有强度、塑性、硬度、韧性和疲劳强度等。

##### 1. 强度

强度是金属材料抵抗永久变形和断裂的能力。金属材料的强度指标可以通过拉伸试验测得。金属材料抵抗拉伸力的强度指标主要有屈服点、规定残余伸长强度、抗拉强度等。

拉伸试验是指用静拉伸力对试样进行轴向拉伸,测量拉伸力和相应的伸长,并测其力学性能的试验。拉伸时一般将拉伸试样拉至断裂。试验过程中通常采用圆柱形拉伸试样,如图2-1所示。拉伸试样分为短试样和长试样两种。长拉伸试样 $L_0=10d_0$ ;短拉伸试样 $L_0=5d_0$ 。图2-1(a)为拉伸试样拉断前的状态,图2-1(b)为拉伸试样拉断后的状态。 $d_0$ 为拉伸试样的原始直径, $d_1$ 为拉伸试样断口处的直径。 $L_0$ 为拉伸试样的原始标距, $L_1$ 为拉断拉伸试样对接后测出的标距长度。拉伸力 $F$ 和试样伸长量 $\Delta L$ 之间的关系曲线,称为力—伸长曲线。图2-2所示为退火低碳钢的力—伸长曲线图。完整的力—伸长曲线包括:弹性变形、屈服阶段、变形强化阶段、颈缩与断裂四个阶段。

在拉伸的开始阶段,力—伸长曲线图中为一条斜直线 $Oe$ ,在该阶段当拉伸力增加时,试样



伸长量  $\Delta L$  也呈正比增加。当去除拉伸力后试样伸长变形消失,恢复其原来形状,其变形表现为弹性变形。图中  $F_p$  是试样保持弹性变形的最大拉伸力。

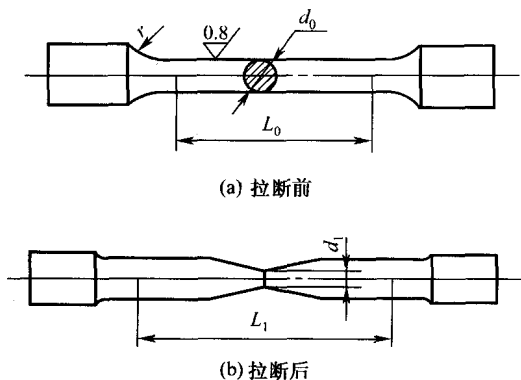


图 2-1 圆形拉伸试样

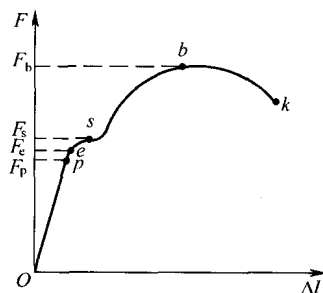


图 2-2 退火低碳钢力—伸长曲线

当拉伸力不断增加,超过  $F_p$  时,试样将产生塑性变形,去除拉伸力后,变形不能完全恢复,塑性伸长将被保留下来。当拉伸力继续增加到  $F_s$  时,力—伸长曲线在  $s$  点后出现一个平台,即在拉伸力不再增加的情况下,试样也会明显伸长,这种现象称为屈服现象。拉伸力  $F_s$  称为屈服拉伸力。

当拉伸力超过屈服拉伸力后,试样抵抗变形的能力将会增加,此现象为冷变形强化,即抗力增加现象。在力—伸长曲线上表现为一段上升曲线,即随着塑性的增大,试样变形抗力也逐渐增大。

当拉伸力达到  $F_b$  时,试样的局部截面开始收缩,产生颈缩现象。由于颈缩使试样局部截面逐渐缩小,最终导致试样被拉断。颈缩现象在力—伸长曲线上表现为一段下降的曲线。 $F_b$  是试样拉断前能承受的最大拉伸力,称为极限拉伸力。

(1) 屈服点和规定残余伸长应力。屈服点是指拉伸试样在拉伸试验过程中力不增加(保持恒定)仍然能继续伸长(变形)时的应力。屈服点用符号  $\sigma_s$  表示。屈服点是工程技术上重要的力学性能指标之一,也是大多数机械零件选材和设计的依据。屈服点  $\sigma_s$  可用下式计算:

$$\sigma_s = F_s / S_0$$

式中  $\sigma_s$ ——屈服点,MPa;

$F_s$ ——拉伸试样屈服时的拉伸力,N;

$S_0$ ——拉伸试样原始横截面积,mm<sup>2</sup>。

工业上使用的部分金属材料,如高碳钢、铸铁等,在进行拉伸试验时,没有明显的屈服现象,也不会产生颈缩现象,这就需要规定一个相当于屈服点的强度指标,即规定残余伸长应力。

规定残余伸长应力是指拉伸试样卸除拉伸力后,其标距部分的残余伸长与原始标距的比值达到规定的百分比时的应力,用符号  $\sigma_r$  表示。例如, $\sigma_{r0.2}$  表示规定残余伸长率为 0.2% 时的应力。

(2) 抗拉强度。抗拉强度是指拉伸试样拉断前承受的最大标称拉应力,用符号  $\sigma_b$  表示。 $\sigma_b$  可用下式计算:

$$\sigma_b = F_b / S_0$$

式中  $\sigma_b$ ——抗拉强度,MPa;