



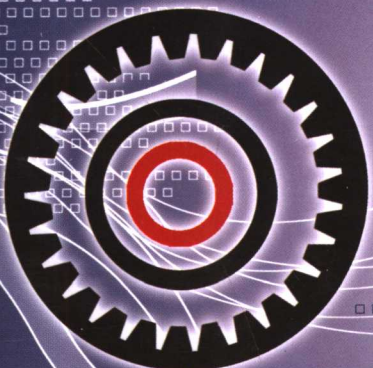
21世纪高等学校应用型规划教材

# 金工

# 实习

■ 主 审 杨 耀  
■ 主 编 张克义 张 兰  
■ 副主编 郭纪林 朱海燕 康芳茂

Jingong shixi



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TG  
46

2007

21 世纪高等学校应用型规划教材

# 金 工 实 习

主 审 杨 耀

主 编 张克义 张 兰

副主编 郭纪林 朱海燕 康芳茂

参 编 肖震宇 艾英东 旷宇新 文红民

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书是根据教育部新颁布的“高等学校工科金工实习教学基本要求”，结合作者多年的金工实习教学经验编写的。全书包括材料及成形加工、切削加工和现代加工技术三个模块，内容为工程材料与热处理、铸造、锻压、焊接、切削加工的基本知识、车削、铣削、刨削、磨削、钳工、数控车削、数控铣削、数控电火花线切割等共 11 章。

本书可作为高等学校及高等职业技术学校机械类、近机械类、非机械类专业金工实习教材，也可供有关专业工程技术人员和技术工人参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

金工实习 / 张克义, 张兰主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2007.2  
ISBN 978 - 7 - 5640 - 0986 - 1

I. 金… II. ①张…②张… III. 金属加工 - 实习 - 高等学校 - 教材  
IV. TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 008808 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

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

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 14.75

字 数 / 302 千字

版 次 / 2007 年 2 月第 1 版 2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 6000 册

定 价 / 27.00 元

责任校对 / 郑兴玉

责任印制 / 母长新

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

# 前 言

金工实习是高等工科院校各专业学生必修的一门实践性很强的技术基础课，它是培养学生实际工作和动手能力的课程。通过本课程的学习，能使学生了解金工实习的一般过程，典型零件的常用加工方法及所用主要设备的工作原理，了解现代制造技术在机械制造中的应用。在主要工种上具有独立完成简单零件加工制造的动手能力，对简单零件具有初步选择加工方法和进行工艺分析的能力。同时，结合实习内容，培养学生的创新意识，为培养应用型、复合型高级人才打下一定的理论与实践基础，并使学生在提高工程师素质方面得到提高和锻炼。

本教材在编写过程中重点把握工程材料及机械制造基础课的分工与配合，并注意单工种的工艺分析。主要内容有：锻造、锻压、焊接、钳工、车工、铣工、刨工、磨工、数控加工等 11 章。每章结合生产实践，选取了生产中的应用实例，以实践教学要求为基础，以实际应用为主线，把抽象零散的教材内容连接起来，说明该部分内容是什么，有什么作用。另外，本教材在材料牌号、技术条件、技术术语等方面均采用最新国家标准和法定计量单位，编写中注重程序化，即教师教课与学生实习按规范化的程序操作，教师讲一点，学生练一点；教师再讲一点，学生再练一点，如此反复进行。这种程序化的教与学结合，既有助于教师教学，又有助于学生学习。

本教材由南昌理工学院杨耀教授主审。

本教材的第 1、10、11 章由南昌理工学院张克义编写，第 2、3、4 章由华东交通大学康芳茂编写，第 5、6 章由南昌理工学院朱海燕编写，第 7、8 章、第 9 章由南昌理工学院张兰编写。南昌理工学院郭纪林、肖震宇、艾英东、旷宇新，南昌工程学院文红民参与了部分内容的编写。

本教材由张克义负责统稿，张兰、郭纪林校稿。在编写过程中，吸收了许多教师的宝贵意见，在此一并表示由衷的谢意。

本教材在编写过程中参考和引用了其他一些教材中的部分内容和插图，所用参考文献均已列于书后，在此，对有关出版社和作者表示衷心感谢。

限于编者的水平和经验，书中难免有错误之处，敬请广大读者批评指正，以便再版时修正和完善。

编 者

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第1章 绪论 .....          | (1)  |
| 1.1 概述 .....          | (1)  |
| 1.2 工程材料 .....        | (4)  |
| 1.3 热处理工艺 .....       | (10) |
| 1.4 小结 .....          | (16) |
| 1.5 思考题 .....         | (16) |
| 第2章 铸造 .....          | (17) |
| 2.1 铸造实习安全技术 .....    | (17) |
| 2.2 砂型铸造的基础知识 .....   | (18) |
| 2.3 铸造的基本操作过程 .....   | (21) |
| 2.4 铸件的常见缺陷 .....     | (32) |
| 2.5 特种铸造 .....        | (33) |
| 2.6 铸造综合训练题 .....     | (35) |
| 2.7 小结 .....          | (35) |
| 2.8 思考题 .....         | (36) |
| 第3章 锻压 .....          | (38) |
| 3.1 锻压实习安全技术 .....    | (38) |
| 3.2 锻压基础知识 .....      | (39) |
| 3.3 自由锻造基本操作过程 .....  | (44) |
| 3.4 胎模锻造基本操作过程 .....  | (48) |
| 3.5 冲压基本操作过程 .....    | (50) |
| 3.6 锻压综合训练题 .....     | (55) |
| 3.7 小结 .....          | (55) |
| 3.8 思考题 .....         | (56) |
| 第4章 焊接 .....          | (57) |
| 4.1 焊接和气割实习安全技术 ..... | (57) |

|            |                       |              |
|------------|-----------------------|--------------|
| 4.2        | 焊接基础知识 .....          | (58)         |
| 4.3        | 焊接和气割基本操作过程 .....     | (69)         |
| 4.4        | 其他焊接方法 .....          | (72)         |
| 4.5        | 焊接综合训练题 .....         | (74)         |
| 4.6        | 小结 .....              | (74)         |
| 4.7        | 思考题 .....             | (75)         |
| <b>第5章</b> | <b>切削加工基本知识 .....</b> | <b>(76)</b>  |
| 5.1        | 概述 .....              | (76)         |
| 5.2        | 刀具材料和几何角度 .....       | (81)         |
| 5.3        | 量具 .....              | (84)         |
| 5.4        | 切削加工的一般步骤 .....       | (91)         |
| 5.5        | 小结 .....              | (93)         |
| 5.6        | 思考题 .....             | (94)         |
| <b>第6章</b> | <b>车工 .....</b>       | <b>(95)</b>  |
| 6.1        | 车削实习安全技术 .....        | (95)         |
| 6.2        | 概述 .....              | (96)         |
| 6.3        | 卧式车床 .....            | (96)         |
| 6.4        | 车刀的安装 .....           | (99)         |
| 6.5        | 工件的安装及所用附件 .....      | (101)        |
| 6.6        | 车床操作要点 .....          | (107)        |
| 6.7        | 车削基本操作过程 .....        | (110)        |
| 6.8        | 车削综合训练题 .....         | (117)        |
| 6.9        | 小结 .....              | (119)        |
| 6.10       | 思考题 .....             | (119)        |
| <b>第7章</b> | <b>铣工 .....</b>       | <b>(120)</b> |
| 7.1        | 铣削实习安全技术 .....        | (120)        |
| 7.2        | 概述 .....              | (121)        |
| 7.3        | 铣床 .....              | (123)        |
| 7.4        | 铣削基本操作过程 .....        | (130)        |
| 7.5        | 铣削综合训练题 .....         | (133)        |
| 7.6        | 小结 .....              | (135)        |
| 7.7        | 思考题 .....             | (135)        |

|                     |       |
|---------------------|-------|
| <b>第8章 刨工</b>       | (137) |
| 8.1 刨工实习安全技术        | (137) |
| 8.2 概述              | (138) |
| 8.3 刨削的基本操作过程       | (143) |
| 8.4 刨削类其他机床         | (146) |
| 8.5 刨削综合训练题         | (148) |
| 8.6 小结              | (150) |
| 8.7 思考题             | (150) |
| <b>第9章 磨工</b>       | (152) |
| 9.1 磨床实习安全技术        | (152) |
| 9.2 概述              | (153) |
| 9.3 砂轮              | (155) |
| 9.4 磨削基本操作过程        | (157) |
| 9.5 磨削综合训练题         | (161) |
| 9.6 小结              | (163) |
| 9.7 思考题             | (163) |
| <b>第10章 钳工</b>      | (164) |
| 10.1 钳工实习安全技术       | (164) |
| 10.2 概述             | (164) |
| 10.3 钳工工作台和台虎钳      | (165) |
| 10.4 画线基本操作过程       | (166) |
| 10.5 錾削基本操作过程       | (171) |
| 10.6 锯切基本操作过程       | (173) |
| 10.7 锉削基本操作过程       | (176) |
| 10.8 钻孔、扩孔和铰孔基本操作过程 | (179) |
| 10.9 攻螺纹和套螺纹基本操作过程  | (185) |
| 10.10 刮削基本操作过程      | (187) |
| 10.11 装配基本操作过程      | (189) |
| 10.12 小结            | (191) |
| 10.13 思考题           | (192) |
| <b>第11章 数控加工</b>    | (193) |
| 11.1 概述             | (193) |
| 11.2 数控编程的方法        | (195) |

---

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 11.3 数控铣床基本操作过程 ..... | (205) |
| 11.4 数控车床基本操作过程 ..... | (212) |
| 11.5 线切割基本操作过程 .....  | (218) |
| 11.6 小结 .....         | (223) |
| 11.7 思考题 .....        | (223) |
| 参考文献 .....            | (228) |

# 第1章 绪 论

## 基本要求

1. 了解金工实习的地位和作用、目的和要求。
2. 了解常用金属及非金属材料的应用。
3. 了解钢铁材料的常用热处理工艺。

## 1.1 概 述

### 1.1.1 金工实习在教学计划中的地位和作用

理工科大学培养的学生应具有工程技术人员的全面素质,即不仅具有优秀的思想品质、扎实的理论基础和专业知识,而且,还要有解决实际工程技术问题的能力。金工实习是对大学生进行工程训练的重要环节之一。它是在校办实习工厂内,在教师和有实践经验的技师指导下进行的,学生通过亲身实践,学习机械制造的实用知识,掌握一定的操作技能,培养动手能力,并且尝试解决生产中的一些实际问题。显然,这样的工程训练,对于按照工程技术人员的培养大学生,具有非常重要的作用。

因此,传授机械制造基本知识和基本技能的金工实习,就成为绝大多数工科专业以及部分理科专业大学生的必修课。对于机械类各专业学生,金工实习还是学习其他有关技术基础课程和专业课程的重要必修课。其中,金工实习与工程材料和机械制造基础(即金属工艺学)课程有着特殊的关系,金工实习既是金属工艺学课程的必修课,又是它的实践环节和重要组成部分。

### 1.1.2 金工实习的内容

金工实习的基本内容是机械制造中的一般加工方法及其常用设备、工具的操作方法和一些初步的工艺知识。

机械制造的一般过程,如图1-1所示。

现将以上机械制造过程中的主要加工方法简介如下:

铸造,是把熔化的金属液浇注到预先制作的铸型型腔中,待其冷却凝固后获得零件毛坯的方法。铸造是获得零件毛坯最重要的方法,在一般机械中,铸件的质量一般占总质量的50%以上。各种机械的机体、底座、机架、箱体、工作台等主体部件大都采用铸件。由于铸

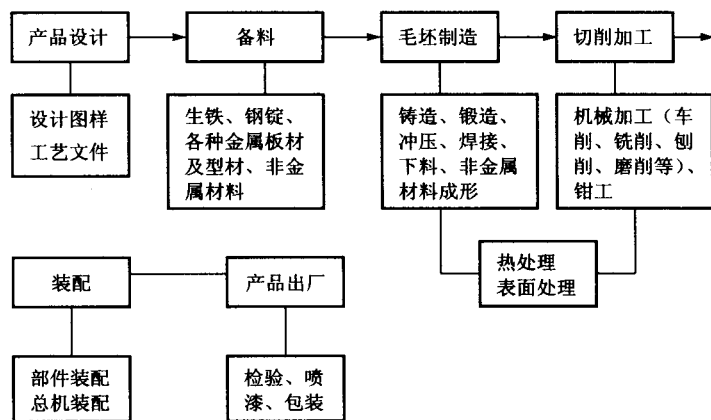


图 1-1 机械制造的一般过程

造属于金属在液态下成形的，因此，铸造的突出优点是可以生产各种形状复杂的零件毛坯，特别是具有复杂内腔的零件毛坯。此外，铸件成本低廉也是它获得广泛应用的重要原因。

锻压，是利用冲击力或压力使加热后的金属坯料产生塑性变形，从而获得零件毛坯的又一重要的加工方法。锻压属于金属在固态下流动成形的方法，因而锻件的结构复杂程度往往不及铸件。但是，锻件具有良好的内部组织，从而具有优良的力学性能。因此，各种机械中的传动零件和承受重载及复杂载荷的零件大都采用锻件。

冲压，是利用冲床和专用模具，使金属板料产生塑性变形或分离，从而获得零件的加工方法。冲压通常在常温下进行。冲压件具有质量小、刚性好、尺寸精度高等优点，在很多情况下冲压件可直接作为零件使用。各种机械和仪器、仪表中的薄板成形件，以及生活用品中的金属制品绝大多数都是冲压件。

焊接，是利用加热或同时再施加压力，使两块分离的金属件通过原子间的结合，形成永久性连接的一种加工方法。除制造零件毛坯外，焊接更多地应用于制造各种金属结构件，如锅炉、容器、机架、桥梁、船舶等。

非金属材料成形，在各种机械的零件和构件中，除采用金属材料外，还有非金属材料，如木材、玻璃、橡胶、陶瓷、皮革等。近年来，随着高分子化学工业突飞猛进的发展，以工程塑料为主体的合成高分子材料在各种机械中所占的比重迅速增长。工程塑料以其强度较高，化学稳定性、绝缘性、耐磨性、吸振性、成形和加工性好，以及轻巧美观、原料来源丰富等一系列优点而受到人们的普遍重视。

非金属材料的成形方法因材料的种类不同而异。工程塑料主要采用注塑法成形，它是将颗粒状的塑料原材料，在注塑机上加热熔融后注入专用模具的型腔内，冷却后即得到塑料制品。橡胶制品通过塑炼—混炼—成形—硫化等过程制成。陶瓷制品是利用天然或人工合成的

粉状化合物,经过成形和高温烧结而成的。

切削加工,其任务是利用切削工具(如车刀、砂轮、锉刀等)从毛坯上切除多余材料,从而获得形状、尺寸及表面粗糙度符合图样技术要求的零件。切削加工包括机械加工和钳工两大类。机械加工是在切削机床上进行的,常用的切削机床有车床、铣床、镗床、刨床、磨床等,相应的加工方法称为车削、铣削、镗削等。钳工一般是采用手工工具对毛坯或半成品进行加工的,包括锯割、锉削、刮削、錾削、攻螺纹、套螺纹等,通常把钻床加工也包括在钳工的范围內。

热处理和表面处理,上述各种加工方法都是以材料的成形为主要目的或唯一目的,热处理或表面处理则以改变材料的性能或表面状态为目的。热处理是将零件毛坯或半成品加热到一定温度后,施以某种方式的冷却,以改变材料的内部组织,从而得到所需的力学性能的加工方法。为满足不同的使用要求和加工要求,重要的机械零件在制造过程中大都要经过热处理。常用的热处理方法有退火、正火、淬火和回火等。

表面处理是在保持材料内部组织和性能不变的前提下,改善其表面性能(如耐磨性、耐腐蚀性等)或表面状态的方法,常用的有表面热处理、电镀、发黑、发蓝等。

装配,是将加工好的零件按一定顺序和配合关系组装成部件和整机的工艺过程。装配后,调试、上漆及最终检验合格,即成机械产品。

按照国家教委批准印发的“金工实习教学基本要求”,机械类专业金工实习应安排铸造、锻压(锻造和冲压)、焊接、车工、铣工、刨工、磨工、钳工、特种加工等工种的实习。

### 1.1.3 金工实习的目的和要求

学习工艺知识、增强实践能力、培养良好的思想和作风,这是金工实习的目的,也是金工实习的3项基本要求。

① 学习工艺知识。金工实习中,学生要学习机械制造的各种主要加工方法、所用设备、刀具、卡具、量具的基本结构、工作原理和使用方法,了解不同材料和不同类型零件的加工方法和基本工艺过程。与一般的理论课程不同,学生在金工实习中,主要是通过自己的亲身实践来获取知识。这些知识都是非常具体、生动而实际的。这些实际知识,对于机械类各专业学生学习后续课程乃至以后的工作,都是十分必要的基础知识。

② 增强实践能力。对于理工科的大学生来说,具有一定的动手能力,具备在实践中学习的能力,以及运用所掌握的知识和技能,独立分析和亲手解决工艺技术问题的能力是很重要的。这种能力主要通过实习、实验、作业、课程设计、毕业设计等实践性的课程或教学环节来培养。金工实习是其中的一门重要课程。在金工实习中,学生亲自动手操作各种机床设备,使用各种刀具、卡具、量具,尽可能结合生产进行各个工种的操作培训。在有条件的情况下,还要安排综合性训练、工艺设计等训练环节。

③ 培养良好的思想和作风。对于多数大学生来说,参加金工实习是他们第一次走进工厂,走进生产第一线,拜劳动者为师,向工人师傅学习,并以普通劳动者的身份参加创造物质财富的劳动,同时接受社会化生产的熏陶,并进行组织性、纪律性的教育。他们将亲身感受到劳动的艰辛,体验到劳动成果的来之不易,增强对劳动人民的思想感情。所有这些,对于大学生形成坚定正确的政治方向、艰苦奋斗的创业精神、勤奋创新的工作态度和严谨求实的科学作风,必将起到重要的作用。

## 1.2 工程材料

工程材料中最典型的是金属材料和非金属材料。

工程材料是人类生产与生活的物质基础,是社会进步与发展的前提。当今社会,材料、信息和能源技术已构成了人类现代社会大厦的3个支柱,而且能源和信息的发展都离不开材料,所以,世界各国都把研究、开发新材料放在突出的地位。

### 1.2.1 金属材料

金属材料是人类社会可接受、能经济地制造有用器件(或物品)的固体物质。工程材料是在各工程领域中使用的材料。工程上使用的材料种类繁多,有许多不同的分类方法。按化学成分、分子组织结构的特点,可将工程材料分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类,见表1-1。

表 1-1 工程材料的分类

| 金属材料        |              | 非金属材料    |                        | 复合材料                             |
|-------------|--------------|----------|------------------------|----------------------------------|
| 黑色金属材料      | 有色金属材料       | 无机非金属材料  | 有机高分子材料                |                                  |
| 碳素钢、合金钢、铸铁等 | 铝、镁、铜、锌及其合金等 | 水泥、陶瓷、玻璃 | 合成高分子材料(塑料、合成纤维、合成橡胶等) | 天然高分子材料(木材、纸、纤维、皮革等)             |
|             |              |          |                        | 金属基复合材料、塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等 |

金属材料可分为黑色金属材料和有色金属材料,黑色金属材料主要是铁基金属合金,包括碳素钢、合金钢、铸铁等。有色金属材料包括轻金属及其合金、重金属及其合金等。而非金属材料可分为陶瓷等无机非金属材料 and 有机高分子材料。有机高分子材料包括塑料、橡胶及合成纤维等。由上述两种或两种以上不同化学性质或不同组织结构的材料经人工合成后,获得的多相材料称为复合材料。

金属材料的性能分为使用性能和工艺性能,见表1-2。

表 1-2 金属材料的性能

| 性能名称 |      |                          | 性能内容                                                                                                                 |
|------|------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用性能 | 物理性能 |                          | 包括密度、熔点、导电性、导热性及磁性等                                                                                                  |
|      | 化学性能 |                          | 金属材料抵抗各种介质的侵蚀能力，如抗腐蚀性等                                                                                               |
|      | 力学性能 | 强度                       | 在外力作用下材料抵抗变形和破坏的能力，分为抗拉强度 $\sigma_b$ 、抗压强度 $\sigma_{bc}$ 、抗弯强度 $\sigma_{bb}$ 及抗剪强度 $\tau_b$ ，单位均为 MPa                |
|      |      | 硬度                       | 衡量材料软硬程度的指标，较常用的硬度测定方法有布氏硬度（HBS、HBW）、洛氏硬度（HRC）和维氏硬度（HV）等                                                             |
|      |      | 塑性                       | 在外力作用下材料产生永久变形而不发生破坏的能力。常用指标是断后伸长率 $\delta_5$ 、 $\delta_{10}$ （%）和断面收缩率 $\psi$ （%）， $\delta$ 和 $\psi$ 越大，材料塑性越好      |
|      |      | 冲击韧度                     | 材料抵抗冲击力的能力。常把各种材料受到冲击破坏时，消耗能量的数值作为冲击韧度的指标，用 $\alpha_k$ （J/cm <sup>2</sup> ）表示。冲击韧度值主要取决于塑性、硬度，尤其是温度对冲击韧度值的影响更具有重要的意义 |
| 疲劳强度 |      | 材料在多次交变载荷作用下而不致引起断裂的最大应力 |                                                                                                                      |
| 工艺性能 |      |                          | 包括热处理工艺性能、铸造性能、锻造性能、焊接性能及切削加工性能等                                                                                     |

金属材料按照用途可分为两大类, 即结构材料和功能材料。结构材料通常指工程上对强度、强度、塑性及耐磨性等力学性能有一定要求的材料, 主要包括金属材料、陶瓷材料、高分子材料及复合材料等。功能材料是指具有光、电、磁、热、声等功能和效应的材料, 包括半导体材料、磁性材料、光学材料、电介质材料、超导体材料、非晶和微晶材料、形状记忆合金等。

金属材料按照应用领域还可分为信息材料、能源材料、建筑材料、生物材料和航空材料等多种类别。

黑色金属材料中使用最多的是钢铁, 钢铁是世界上的头号金属材料, 年产量高达数亿吨。钢铁材料广泛用于工农业生产及国民经济各部门, 例如, 各种机器设备上大量使用的轴、齿轮、弹簧, 建筑上使用的钢筋、钢板, 以及交通运输中的车辆、铁轨、船舶等都要使用钢铁材料。通常所说的钢铁是钢与铁的总称。实际上钢铁材料是以铁为基体的铁碳合金。当碳的质量分数大于 2.11% 时称为铁, 当碳的质量分数小于 2.11% 时称为钢。

为了改善钢的性能, 人们常在钢中加入硅、锰、铬、镍、钨、钼及钒等合金元素。它们有着各自的作用, 有的提高强度, 有的提高耐磨性, 有的提高抗腐蚀性能等。在冶炼时有目的地向钢中加入合金元素就形成了合金钢。合金钢中合金元素含量虽然不多, 但具有特殊的作用。合金钢种类很多, 按照性能与用途不同, 合金钢可分为合金结构钢、合金工具钢、不锈钢、耐热钢、超高强度钢等。

人们可以按照生产实际提出的使用要求,加入不同的合金元素而设计出不同的钢种。例如,切削工具要求硬度及耐磨性较高,在切削速度较快、温度升高时其硬度不降低。按照这样的使用要求,人们就设计了一种称为高速工具钢的刀具材料,其中含有钨、钼、铬等合金元素。普通钢容易生锈,化工设备及船舶壳体等的损坏都与腐蚀有关。据不完全统计,全世界因腐蚀而损坏的金属构件约占其产量的10%。人们经过大量试验发现,在钢中加入13%的铬元素后,钢的抗蚀性能显著提高。在钢中同时加入铬和镍,还可以形成具有新的显微组织的不锈钢,于是人们设计出了一种能够抵抗腐蚀的不锈钢。

有色金属包括铝、铜、钛、镁、锌、铅及其合金等,虽然它们的产量及使用量不如钢铁材料多,但由于具有某些独特的性能和优点,从而使其成为当代工业生产中不可缺少的材料。

此外,为了适应科学技术的高速发展,人们还在不断推陈出新,进一步发展新型的、高性能的金属材料,如超高强度钢、高温合金、形状记忆合金、高性能磁性材料以及储氢合金等。

### (1) 碳素钢

碳素钢是指碳的质量分数小于2.11%并含有少量硅、锰、硫、磷等杂质元素所组成的铁碳合金,简称碳钢。其中锰、硅是有益元素,对钢有一定强化作用;硫、磷是有害元素,分别增加钢的热脆性和冷脆性,应严格控制。碳钢的价格低廉、工艺性能良好,在机械制造中应用广泛。

### (2) 合金钢

为了改善和提高钢的性能,在碳钢的基础上加入其他合金元素的钢称为合金钢。常用的合金元素有硅、锰、铬、镍、钨、钼、钒、稀土元素等。合金钢还具有耐低温、耐腐蚀、高磁性、高耐磨性等良好的特殊性能,它在力学性能、工艺性能要求高、形状又比较复杂的大截面零件和有特殊性能要求的零件方面,得到了广泛应用。

### (3) 铸铁

碳的含量大于2.11%的铁碳合金称为铸铁。由于铸铁含有的碳和杂质较多,其力学性能比钢差,不能锻造。但铸铁具有优良的铸造性、减振性及耐磨性等特点,加之价格低廉、生产设备和工艺简单,是机械制造中应用最多的金属材料。据资料表明,铸铁件占机器总质量的45%~90%。

### (4) 有色金属及其合金

有色金属的种类繁多,虽然其产量和使用不及黑色金属,但由于它具有某些特殊性能,目前已经成为现代工业中不可缺少的材料。

## 1.2.2 非金属材料

### (1) 高分子材料

高分子材料是以高分子化合物为主要成分的材料。这类材料具有较高的强度、弹性、耐

摩性、抗腐蚀性和绝缘性等优良性能,生活中有很多东西是用塑料做的,如包装用的塑料袋,装饮料的塑料瓶、塑料桶,计算机显示器外壳、键盘;各种车辆的轮胎都是用橡胶做的;钢铁的表面要涂涂料以防腐,家具的表面要刷油漆以美观,导线要有塑料或橡胶包皮以绝缘;人们穿的衣服是纤维做的,它们也许是天然的棉花、羊毛,也许是人造的涤纶、腈纶等,所有这些都是高分子材料。高分子材料既包括常见的塑料、橡胶和纤维(它们被称为3大种合成材料),也包括经常用到的涂料和黏合剂,以及日常较少见到的所谓功能高分子材料,如用于水净化的离子交换树脂、人造器官等。在机械、仪表、电机、电气等行业得到了广泛的应用。

### 1) 塑料

塑料是以分子量较大的合成树脂为主要成分,加入适量的添加剂后形成的一种能加热融化、冷却后保持一定形状不变的材料。如有机玻璃。合成树脂是由低分子化合物经聚合反应所获得的高分子化合物,如聚乙烯、聚氯乙烯、酚醛树脂等,树脂受热可软化,起黏结作用,塑料的性能主要取决于树脂。绝大多数塑料是以所用的树脂名称来命名的。

加入添加剂的目的是弥补塑料的性能不足。添加剂有填料、增强材料、增塑剂、固化剂、润滑剂、着色剂、稳定剂及阻燃剂等。

塑料是一类产量最大的高分子材料,其品种繁多,用途广泛。仅就体积而言,全世界的塑料产量已超过钢铁。

塑料按使用性能可分为通用塑料、工程塑料和耐热塑料3类。通用塑料的价格低、产量高,占塑料总产量的3/4以上,如聚乙烯、聚氯乙烯等。工程塑料是指用来制造工程结构件的塑料,其强度大、刚度高、韧性好,如聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等。通用塑料改性后,也可作为工程塑料使用。耐热塑料工作温度高于150~200℃,但成本高。典型的耐热塑料有聚四氟乙烯、有机硅树脂、芳香尼龙及环氧树脂等。

按塑料受热后的性能,可分为热塑性塑料和热固性塑料。热塑性塑料加热时可熔融,并可多次反复加热使用。热固性塑料经一次成形后,受热不变形、不软化,但只能塑压一次,不能回用。

### 2) 橡胶

橡胶按原料来源分为天然橡胶和合成橡胶。一般在-40~+80℃范围内具有高弹性,通常还具有储能、隔音、绝缘、耐磨等特性。橡胶材料广泛用于制造密封件、减振件、传动件、轮胎和导线等。

### 3) 合成纤维

合成纤维是指呈黏流态的高分子材料,经过喷丝工艺制成的。合成纤维一般都具有强度高、密度小、耐磨、耐腐蚀等特点,不仅广泛用于制作衣料等生活用品,在工农业、交通、国防等部门也有重要用途。常用的合成纤维有涤纶、锦纶和腈纶等。

### (2) 陶瓷材料

陶瓷材料是金属与非金属元素间的化合物，陶瓷是一种古老的材料。传统的陶瓷一般是指陶器、瓷器及建筑用瓷。然而在现代材料科学中，却赋予陶瓷的概念以崭新的意义。

陶瓷材料与其他材料相比，它具有耐高温、抗氧化、耐腐蚀、耐磨耗等优异性能，而且它可以用于各种特殊功能要求的专门功能材料，如压电陶瓷、铁电陶瓷、半导体陶瓷及生物陶瓷等。特别是随着空间技术、电子信息技术、生物工程、高效热机等技术的发展，陶瓷材料正显示出独特的作用。

人们把许多用于现代科学与技术方面的高性能陶瓷称为新型陶瓷或精细陶瓷。新型陶瓷在很多方面突破了传统陶瓷的概念和范畴，是陶瓷发展史上一次革命性的变化。例如，原料由天然矿物发展为人工合成的超细、高纯的化工原料；工艺由传统手工工艺发展为连续、自动，甚至超高温、超高压及微波烧结等新工艺；性能和应用范围由传统的仅用于生活和艺术的简单功能产品，发展为具有电、声、光、磁、热和力学等多种功能综合起来的高科技产品。

新型陶瓷按化学成分主要可分为以下几种。

- ① 氧化物陶瓷。主要包括氧化铝、氧化锆、氧化镁、氧化铍、氧化钛等。
- ② 氮化物陶瓷。主要有氮化硅、氮化铝、氮化硼等。
- ③ 碳化物陶瓷。它们是碳化硅、碳化钨、碳化硼等。

新型陶瓷按其使用性能来分类，可分为结构陶瓷和功能陶瓷两大类。

### (3) 复合材料

复合材料是由两种或两种以上不同化学性质或不同组织结构的材料组合而成的多相材料，即基体材料和增强材料复合而成的。复合材料保留了组成材料各自的优点，获得单一材料无法具备的优良综合性能。它们是按照性能要求而设计的一种新型材料。复合材料已成为当前结构材料发展的一个重要趋势。玻璃纤维增强树脂基为第一代复合材料，碳纤维增强树脂基为第二代复合材料，金属基、陶瓷基及碳基等复合材料则是目前正在发展的第三代复合材料。

复合材料的种类繁多，按基体分为金属基和非金属基两类。金属基主要有铝、镁、钛、铜等及其合金；非金属基主要有合成树脂、碳、石墨、橡胶、陶瓷、水泥等。按使用性能分，有结构复合材料和功能复合材料。

#### 1) 纤维增强材料

纤维增强材料指纤维、丝、颗粒、片材、织物等。纤维增强材料包括玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、芳纶纤维、碳化硅纤维、氮化硅纤维、晶须（丝状单晶，直径很细，强度很高）、颗粒等。

#### 2) 树脂基复合材料

树脂基（又称聚合物基）复合材料以树脂为黏结材料，纤维为增强材料，其强度高、弹性模量大，耐疲劳、耐腐蚀、耐烧蚀、吸振性好、绝缘性好。