

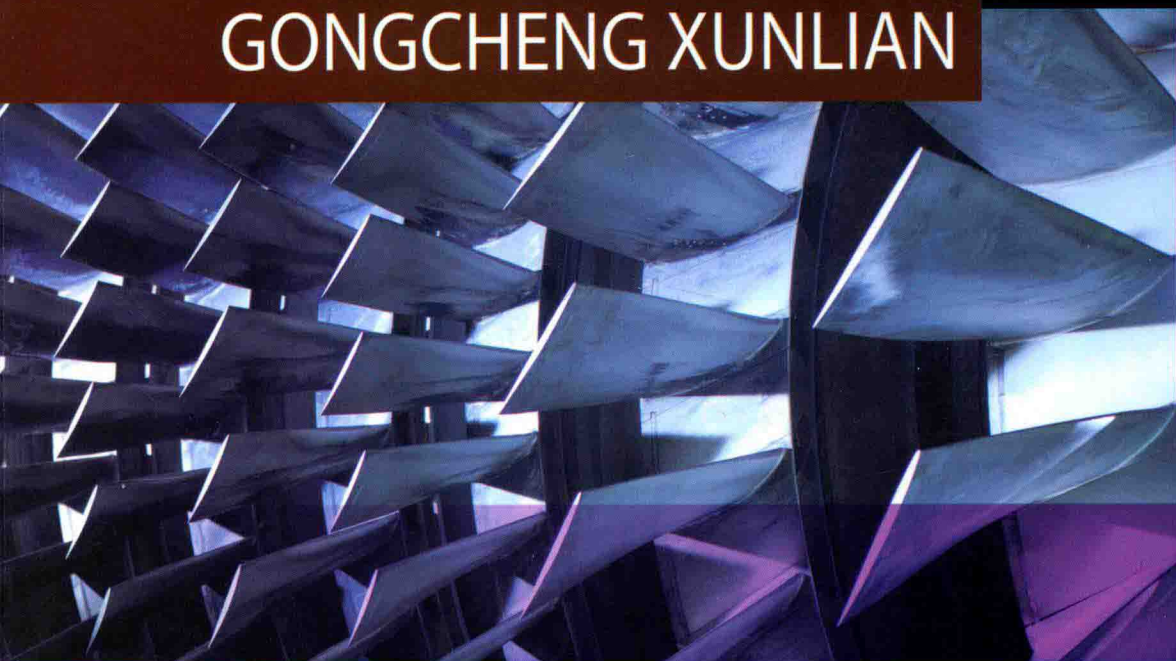
校企合作优秀教材

普通高等教育机械工程类“十二五”系列规划教材

总主编 马言召

工程训练

GONGCHENG XUNLIAN



主 审 包春江

主 编 刘 军 李 炳 陈 莲



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

企合作优秀教材

通高等教育机械工程类“十二五”系列规划教材

总主编 马言召

主 审 包春江

主 编 刘 军 李 炳 陈 莲

副主编 陈峥峰 穆以东 邵金发

工程训练

GONGCHENG XUNLIAN

常州大学图书馆
藏书章



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

图书在版编目(CIP)数据

工程训练/马言召总主编. -成都:西南交通大学出版社,2014.1

普通高等教育机械工程类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5643-2893-1

I. ①工… II. ①马… III. ①机械工程-基础-高等学校-教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 0123378 号

普通高等教育机械工程类“十二五”规划教材

工程训练

总主编 马言召

责任编辑	孟苏成
封面设计	唐韵设计
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	北京市昌平百善印刷厂
成品尺寸	185mm×260mm
印 张	23
字 数	538 千字
版 次	2014 年 2 月第 1 版
印 次	2014 年 2 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2893-1
定 价	35.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话:028-87600562

高等院校教育

教材研究与编审委员会

主 任:陈德怀

常务委员:胡宝华 李 雷 潘力锐 龚 波
夏 巍 丽 平 刘铁明 朱志峰

委 员:(排名不分先后)

江 敏	吴志全	刘庚碧	邓有林	朱长元
黄 海	韩丽莎	刘仁芬	张叶栩	刘志东
阳 源	初秀伟	李以渝	刘建国	徐春桥
禹利萍	周启胜	万智勇	李建宁	熊 婷
刘 涛	高 进	吴志明	郑 晖	叶春辉
李裕民	夏洁云	吴立炎	黄伟祥	钟建坤
喻凤生	侯德宏	武怀军	赵锦权	冯国敏
吴士田	彭继玲	李友云	蔡映红	郑明娥
陈灵仙	丁良南	刘 永	张洪雷	绳传冬
杨中纲	李庆东	田 嘉	李丰雪	张 华
赵海燕	王 军	郭伟伟	刁 俊	吴 坤
郑 涛	杨 耘	齐振东	顾美君	陈华平
张宏旭	姜胜中	霍义平	李志敏	诺 敏
龚云平	李 梅	沈易娟	袁 芬	魏 宁
郑 聪	刘 延	汤伟光	张海彬	李 霞
王志强	彭晓娟	那仁图亚		

前 言

工程训练是机械类各专业学生必修的一门实践性很强的技术基础课。通过本课程的学习,使学生:了解机械制造的一般过程,熟悉典型零件的常用加工方法及其所用加工设备的工作原理,了解机械制造技术在机械制造中的应用;在主要工种上应具备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;了解一些先进制造技术和创新加工方法。同时,结合实习培养学生创新意识,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,并使学生在工程素养方面得到培养和锻炼。

在编写过程中本书注重把握理论课程与实践课程的分工和配合,并注意单工种工艺分析。全书分材料及成形、切削加工、数控技术及创新训练三个模块,共12章。每个模块的每个章节选取了生产中应用的实例,结合生产实践,以教学要求为基础,实际应用为主线,把抽象零散的教材内容连接起来。

本书以应用为目的,以实习所用为基础,以讲清概念、强化应用和加强训练为重点,具体为:

1) 在内容上删去了深奥难懂的工艺理论,突出了基础理论知识。注意了理论与生产实际相结合,已强化应用和加强实训为重点,突出应用能力的培养。

2) 在编写时力求应用性强,适用面放宽;内容丰富,文字简练;插图清晰。

本书的材料牌号、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。

本书共有十二章,由包春江担任主审并负责审稿工作;由马言召担任总主编并负责编写第一章至第三章;由曲鹏、赵岭、赵栋杰负责编写第四章至第六章;由刘军、李炳、陈莛担任主编并负责编写第七章至第十章;由陈峥峰、穆以东、邵金发担任副主编并负责编写第十一章至十二章。

本书不仅适合于本专科学生使用,也适用于独立学院、成人院校和社会工作者使用。

本书的编写和出版得到了西南交通大学出版社编辑部孟苏成及北京部(北京志远思博文化有限公司)辛振鹏、中国市场学会市场营销教育中心、北京科技大学等部门机构的支持,对教材的编写思路提出了大量宝贵意见,在编写过程中还借鉴和吸收了国内外专家和学者的研究成果,在此一并表示感谢。

编者虽尽全力减少每一处谬误,但限于水平有限,不足之处在所难免,恳望读者不吝赐教指正。

编 者

2014年1月

目 录

第1章 工程材料及热处理	(1)
1.1 工程材料	(1)
1.2 热处理	(8)
第2章 铸 造	(16)
2.1 铸造概述	(16)
2.2 造型与制芯	(31)
2.3 熔炼与浇注	(35)
2.4 铸造缺陷分析	(40)
第3章 塑性成形	(41)
3.1 概述	(41)
3.2 锻压	(43)
3.3 金属的加热与锻件的冷却	(45)
3.4 自由锻造	(52)
3.5 模锻	(58)
3.6 板料冲压	(64)
第4章 焊 接	(70)
4.1 焊接概述	(70)
4.2 电弧焊	(71)
4.3 气焊与气割	(78)
4.4 电阻焊及其他焊接方法	(91)
第5章 切削加工的基础知识	(98)
5.1 切削加工概述	(98)



5.2	切削要素	(99)
5.3	刀具几何角度及材料	(100)
5.4	零件切削加工步骤安排	(106)
第6章	车 削	(109)
6.1	车削概述	(109)
6.2	车刀	(112)
6.3	车床操作要点	(120)
6.4	车削工艺	(123)
6.5	车削综合工艺分析	(133)
第7章	铣削、刨削和磨削	(141)
7.1	铣削	(141)
7.2	刨削	(168)
7.3	磨削	(180)
第8章	钳 工	(201)
8.1	钳工概述	(201)
8.2	划线、锯削和锉削	(204)
8.3	钻孔、扩孔和铰孔	(222)
8.4	攻螺纹和套螺纹	(238)
8.5	装配	(245)
第9章	其他机床加工	(251)
9.1	齿轮加工	(251)
9.2	镗床、拉床加工	(253)
9.3	钻床	(255)
9.4	组合机床	(257)
第10章	数控加工	(259)
10.1	数控机床加工概述	(259)
10.2	数控机床编程基础	(265)
10.3	数控机床加工	(291)



第 11 章 特种加工	(302)
11.1 特种加工概述	(302)
11.2 电火花线切割	(303)
11.3 其他特种加工介绍	(313)
第 12 章 创新工程训练	(320)
12.1 快速成型	(320)
12.2 激光雕刻	(331)
参考文献	(358)

第 1 章 工程材料及热处理

1.1 工程材料

1.1.1 工程材料概述

材料、能源、信息是现代技术的三大支柱，而能源和信息的发展，在一定程度上又依赖于材料的进步。开发新材料可提高现有能源的利用率，促进信息技术的提高与发展。未来新型产业的发展，无不依靠材料的进步。由于材料在人类社会中的重要作用，许多国家已经把材料科学作为重点发展学科，而材料的品种、数量和质量也成了衡量一个国家科学技术和国民经济水平甚至国防力量的重要标志之一。

材料是人类生活和生产所必须的物质基础。人类的活动离不开材料，从日常用品到高技术产品，从简单的手工工具到复杂的航天器，都是用各种材料制作而成的。纵观人类历史，每一种新材料的出现并得以利用，都会推动社会生产力的巨大发展。材料的发展水平和利用程度已成为人类文明进步的标志之一。例如，没有半导体材料的工业化生产，就不可能有目前的计算机技术；没有高温高强度的结构材料，就不可能有今天的航空航天工业；没有光导纤维，也就没有现代化的光纤通信。

材料的发展经历了从天然到合成，从简单到复杂，从低级到高级的发展历程。近半个世纪以来，材料的研究逐步获得重视，材料科学理论得到迅速发展，这些都促进了新材料的开发研制和生产。借助于金相光学显微镜及 X 射线，人类开始了晶体微观结构的研究。之后，电子显微镜以及后来出现的各种先进分析工具的发明，使得人们能够在更小的微观尺度了解材料内部结构。一些与材料有关的基础学科的发展，又有力地推动了材料研究的深化。

材料按用途可分为工程材料和功能材料。工程材料按用途又可分为建筑工程材料、机械工程材料、电工材料等；若按原子聚集状态分，可分为单晶体材料、多晶体材料和非晶体材料；若按材料的化学成分和结构特点分，可分为金属材料、非金属材料、高分子材料和复合材料四大类，如图 1-1 所示。

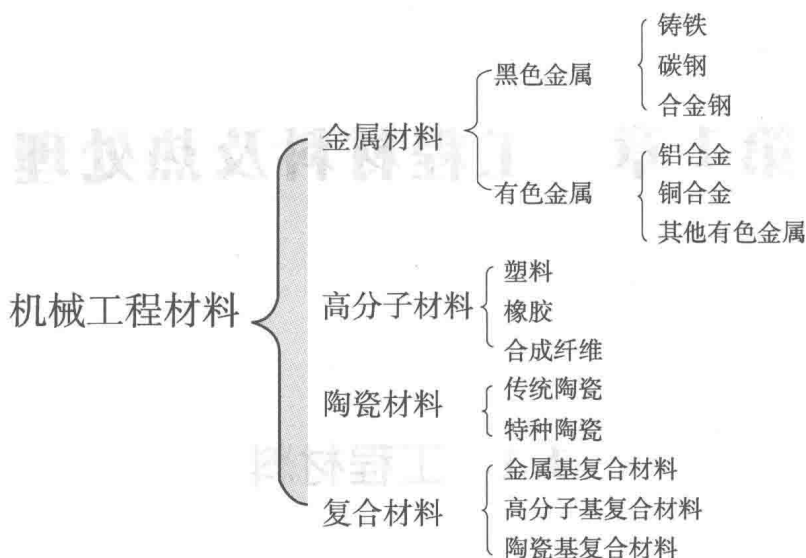


图 1-1 机械工程材料分类

1.1.2 金属材料

金属材料是以金属键为主的材料，具有良好的导电性、导热性、延展性和金属光泽，是目前用量最大、应用最广泛的工程材料。金属材料分为黑色金属和有色金属两类。黑色金属是指铁、锰、铬及其合金（即钢铁材料）。2010 年世界黑色金属年产量已达约 14 亿吨，其中以 Fe 为基的合金——钢和铸铁应用最广，占整个结构和工具材料的 80% 以上。黑色金属具有优良的机械性能，价格也较便宜，是最重要的工程金属材料。有色金属是指除黑色金属之外的所有金属及其合金。有色金属的种类很多，根据其特性不同又可分为轻金属、重金属、贵金属、稀有金属、易熔合金、稀土金属和碱土合金等。它们是重要的特殊用途的材料。

1.1.2.1 材料的性能

材料的性能一般分为使用性能和工艺性能两大类。所谓材料的使用性能主要是指材料制成零件或构件后为保证正常工作及一定使用寿命应具备的性能，如力学性能等。所谓材料的工艺性能则是指材料在加工成零件或构件过程中材料应具备的适应加工的性能，包括铸造性能、可锻造性能、焊接性能、切削加工性能及热处理性能等。材料的这些性能不仅是设计工程机件（或构件、零件、工件）选用材料的重要依据，同时还是控制、评定产品质量优劣的标准。

1. 使用性能

金属材料在使用时抵抗外界作用的能力称为使用性能。

（1）力学性能：如强度、塑性、韧性等。

（2）化学性能：如抗腐蚀、抗氧化等。

（3）物理性能：如电磁性能等。

2. 工艺性能

金属材料适应实际生产工艺要求的能力称为工艺性能。

工艺性能主要包括：铸造性、锻造性、深冲性、冷弯性、切削性、淬透性、焊接



性等。

使用性能是指产品在服役过程中的可靠性，而工艺性能是指材料是否易于生产和制造。两者既有联系又相互区别，有时一致，有时矛盾。例如，一些要求强度硬度高、耐热性能好的材料，却难于用铸造、压力加工、机械加工等成形工艺制造。因此，一方面需要改进加工工具或加工制作方法，另一方面要改善材料的工艺性能。

1.1.2.2 黑色金属

重点讨论由95%以上Fe元素加C元素组成的Fe、C合金。

1. 铁的内部结构

将铁水缓冷到其凝固点1534℃以下，铁水就开始结晶，直到全部结晶成固态铁为止，温度才又继续下降。结晶形成的固体是由许多小颗粒组成，每个小颗粒具有不规则的外形，叫晶粒。

每个晶粒内部都是由无数个原子按一定的规律排列而成。若将各个原子的中心用线条连接起来，组成一个空间格子，可用来说明原子排列的规律性，这种空间格子叫“晶格”。

常见的金属晶格形式有面心立方、体心立方及密排六方。纯Fe在从液态到达熔点(1534℃)之后首先形成长程有序排列的体心立方晶格结构，称为 δ 铁。温度进一步降低到1390℃之后，体心立方的晶格排列转变为面心立方排列，称为 γ 铁。到910℃以下再次转变为体心立方排列，称为 α 铁。这种在固态下晶体结构随温度发生改变的现象叫“同素异构转变”。它是钢铁能够进行多种热处理而改变其性能的重要依据。

2. 碳的存在形式

固溶体：就是由两种或两种以上的化学元素，在固态下互相溶解构成的单一均相物质。

铁素体：碳溶解在体心立方晶格Fe原子之间形成的固溶体，是低碳钢在常温时的主体相。

奥氏体：碳溶解在面心立方晶格Fe原子之间形成的固溶体，是碳钢在高温时的组织。

渗碳体：铁碳合金中的碳不能全部溶入铁素体、奥氏体中时，“剩余”的碳与铁形成的铁碳化合物(Fe_3C)的晶体组织。

石墨：铸铁中的C>2.06%，奥氏体最大溶碳量2.06%，剩余的C以石墨形式存在。

3. 铸铁

含碳量大于2.06%的铁碳合金。真正有工业应用价值的铸铁其含碳量一般为2.5%~6.67%。铸铁的主要成分除铁之外，碳和硅的含量也比较高。由于铸铁中的含碳量较高，使得其中的大部分碳元素已不再以 Fe_3C 化合物存在，而是以游离的石墨存在。

性能特点：可焊性、塑性、韧性和强度均比较差，一般不能锻造，但它却具有优良的铸造性、减摩性、切削加工性能，价格便宜。

用途：常用作泵机座、低压阀体等材料；地下低压管网的管子和管件。

根据铸铁中石墨的形状不同将铸铁分为灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁。

灰口铸铁：石墨以片状形式存在于组织中的铸铁称之为灰口铸铁。灰口铸铁浇铸后缓冷得到的组织为铁素体和游离石墨共存，断口呈灰色，灰口铸铁也因此而得名。灰口铸铁的各项机械性能均较差，工程上很少使用。

可锻铸铁：经过长时间石墨化退火，使石墨以团絮状存在于铸铁组织中，此类铸铁称为可锻铸铁。性能特点：强度、塑性、韧性均优于灰口铸铁，其延伸率可达12%；但可锻铸铁制造工艺复杂，价格比较高。由于可锻铸铁具有一定的塑性，故“可锻”的名称也由



此而出，其实它仍为不可锻。用途：可锻铸铁在工程上常用作阀门手轮以及低压阀门阀体等。

根据断面颜色或组织的不同，可锻铸铁又分为黑心可锻铸铁、白心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁三种。常用的是黑心可锻铸铁。

球墨铸铁：是通过在浇注前向铁水中加入一定量的球化剂进行球化处理，并加入少量的孕育剂以促进石墨化，在浇注后直接获得具有球状石墨结晶的铸铁。性能特点：球墨铸铁的各项性能指标均优于可锻铸铁，比可锻铸铁价格便宜。用途：可代替可锻铸铁用在较苛刻条件下，用途更广泛。

4. 碳素钢

碳素钢：含碳量小于等于 2.06% 的铁碳合金称为碳素钢。

(1) 普通碳素钢。

普通碳素钢与优质碳素钢相比，由于它的有害杂质元素 S、P 含量相对较高，综合机械性能和耐蚀性较差，故不宜用在较重要的场合，但普通碳素钢价格便宜，故工程上常用于各种钢构架、支吊架等，而流体输送管道上使用时常给与一定的限制。

(2) 优质碳素钢。

优质碳素钢中的有害杂质元素 S、P 比普通碳素钢低，不仅如此，二者的冶炼方法也多有不同，普通碳素钢多用成本最低的转炉冶炼，而优质碳钢则采用平炉或纯氧顶吹转炉冶炼，脱氧较好，杂质含量较低，故其综合机械性能、耐蚀性等均优于普通碳素钢。优质碳素钢与高级优质碳素钢相比，价格不高，且是工程上应用最广泛的碳素钢。

(3) 高级优质碳素钢。

高级优质碳素钢各方面性能略优于优质碳素钢，但价格较高，工程上用的并不多。一般情况下，如果采用优质碳素钢不能满足使用条件要求时，将考虑选用相应的合金钢而不用高级优质碳素钢。高级优质碳素钢在优质碳素钢的牌号后加 A。

5. 合金钢

为了提高钢的机械性能、工艺性能或物理化学性能，通常有意识地向钢中加入一些合金元素，由此得到的钢就叫合金钢。合金钢与碳素钢相比，具有较高的强度，较好的耐热性，较好的耐低温性能，较好的耐腐蚀性能等优点。故合金钢是压力管道中常用的也是很重要的材料。

常用合金钢：低合金钢、调质钢、不锈钢、耐热钢和低温钢。

1.1.2.3 有色金属

1. 铝合金

特点：经过不同的压力加工方式生产成材，由于比强度高，在航空工业中占有特殊的地位。按照是否经过热处理可以分为：非热处理强化变形铝合金及热处理强化变形铝合金。

非热处理强化变形铝合金的特点：采用固溶强化和冷加工强化，成分和组织单一，具有优良的抗腐蚀性能，良好的塑性与焊接性。典型的非热处理强化变形铝包括：铝锰防锈铝合金；铝镁防锈铝合金。

热处理强化铝合金通过固溶强化和时效强化，铝合金强度显著提高。典型的热处理强化变形铝合金包括：硬铝、锻铝、超硬铝、铝锂合金。

2. 镁合金

镁合金储量丰富，占地壳 2.1%，仅次于 Al 和 Fe，占第三位。其体积质量小，为



1.74 g/cm³，是工业用金属中最轻的一种。熔点 650℃，在熔化温度极易氧化燃烧。具有密排六方点阵，冷塑性变形能力很差。在 250 ~ 350℃ 有较好的塑性，可进行挤压、锻造、轧制，在 HF 及矿物油和大气中有较高的抗腐蚀性。在淡水和海水中抗腐蚀性差。

镁合金按生产工艺可分为变形镁合金和铸造镁合金两大类。许多镁合金既可以铸造，又可以变形。

变形镁合金牌号：如 MB1，MB2，MB15 等。

铸造镁合金牌号：如 ZM1，ZM3，ZM5 等。

3. 铜合金

工业纯铜具有较高的导电性和导热性，仅次于银。冷形变后电导率下降小，可在冷加工状态用作导电材料。杂质元素会降低导电性和导热性。工业纯铜耐蚀性好，可在大气、淡水、水蒸气及海水中工作。无磁性，可用于制造不受磁场干扰的磁学仪器，塑性极高。

二元黄铜为铜 - 锌合金，Zn ≤ 36% 时为单相 α 固溶体，Zn 起固溶强化作用。塑性好，能承受冷热塑性变形。但在 200 ~ 700℃ 存在低塑性区。Zn 含量在 36% ~ 46% 时为双相组织。468℃ 以上：α + β（β 为以电子化合物 CuZn 为基的固溶体），可形变。468℃ 以下：α + β'（β 有序化后为 β'），不可形变。强度上升，塑性下降。

多元黄铜是在二元黄铜的基础上加入其他合金元素的黄铜。常用合金元素：Si，Al，Sn，Pb，Mn，Fe，Ni 等。

青铜是铜和 Sn，Al，Si，Be，Mn，Zr，Ti 等合金的通称。按成分可分为锡青铜和特殊青铜。锡青铜是人类历史上最早应用的合金。铝青铜有良好的力学性能、耐蚀性和耐磨性，是应用最广泛的一种特殊青铜。

白铜是以 Ni 为主要合金元素的铜合金，可分为结构白铜和电工白铜。

1.1.3 非金属材料

非金属材料包括除金属材料以外几乎所有的材料，主要有各类高分子材料（塑料、橡胶、合成纤维、部分胶黏剂等）、陶瓷材料（各种陶器、瓷器、耐火材料、玻璃、水泥及近代无机非金属材料等）等。本章主要介绍高分子材料、陶瓷材料。

工程材料仍然以金属材料为主，这大概在相当长的时间内不会改变。但近年来随着高分子材料、陶瓷等非金属材料的急剧发展，在材料的生产和使用方面均有重大的进展，非金属材料正在越来越多地应用于各类工程中。非金属材料已经不是金属材料的代用品，而是一类独立使用的材料，有时甚至是一种不可取代的材料。

1.1.3.1 高分子材料

高分子材料又称为高聚物，通常，高聚物根据机械性能和使用状态可分为橡胶、塑料、合成纤维、胶黏剂和涂料等五类。各类高聚物之间并无严格的界限，同一高聚物，采用不同的合成方法和成型工艺，可以制成塑料，也可制成纤维，比如尼龙就是如此。而像聚氨酯一类的高聚物，在室温下既有玻璃态性质，又有很好的弹性，所以很难说它是橡胶还是塑料。

1. 塑料

按照应用范围，塑料分为 3 种。

1) 通用塑料

通用塑料主要包括聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等六



大品种。这一类塑料的特点是产量大、用途广、价格低，它们占塑料总产量的 $3/4$ 以上，大多数用于日常生活用品。其中，以聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯这四大品种用途最广泛。

2) 工程塑料

工程塑料是指能作为结构材料在机械设备和工程结构中使用的塑料。它们的机械性能较好，耐热性和耐腐蚀性也比较好，是当前大力发展的塑料品种。这类塑料主要有：聚酰胺、聚甲醛、有机玻璃、聚碳酸酯、ABS 塑料、聚苯醚、聚砒、氟塑料等。

3) 特种塑料

具有某些特殊性能，满足某些特殊要求的塑料。这类塑料产量少，价格贵，只用于特殊需要的场合，如医用塑料等。

2. 橡胶

橡胶是具有高弹性的轻度交联的线型高聚物，它们在很宽的温度范围内处于高弹态。一般橡胶在 $-40 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 范围内具有高弹性，某些特种橡胶在 -100°C 的低温和 200°C 高温下都保持高弹性。橡胶的弹性模数很低，只有 1 MN/m^2 ，在外力作用下变形量可达 $100\% \sim 1000\%$ ，外力去除又很快恢复原状。橡胶有优良的伸缩性，良好的储能能力和耐磨、隔音、绝缘等性能，广泛用于制作密封件、减振件、传动件、轮胎和电线等制品。

纯弹性体的性能随温度变化很大，如高温发黏、低温变脆，必须加入各种配合剂，经加温加压的硫化处理，才能制成各种橡胶制品。硫化剂加入量大时，橡胶硬度增高。硫化前的橡胶称为生胶，硫化后的橡胶有时也称为橡皮。

3. 合成纤维

凡能保持长度比本身直径大 100 倍的均匀条状或丝状的高分子材料称为纤维，包括有天然纤维和化学纤维。其中，化学纤维又分为人造纤维和合成纤维。人造纤维是用自然界的纤维加工制成，如叫“人造丝”、“人造棉”的粘胶纤维和硝化纤维、醋酸纤维等。合成纤维以石油、煤、天然气为原料制成，发展很快。目前，产量最多的六大品种是：涤纶，又叫的确良，高强度、耐磨、耐蚀、易洗快干，是很好的衣料。尼龙，在我国称为锦纶，强度大、耐磨性好、弹性好，主要缺点是耐光性差。腈纶，在国外称为奥纶、开司米纶，它柔软、轻盈、保暖，有人造羊毛之称。维纶，原料易得，成本低，性能与棉花相似且强度高，缺点是弹性较差，织物易皱。丙纶是后起之秀，发展快，纤维以轻、牢、耐磨著称，缺点是可染性差，日晒易老化。氯纶难燃、保暖、耐晒、耐磨，弹性也好，由于染色性差，热收缩大，限制了它的使用。

4. 合成胶黏剂

胶黏剂统称为胶，它以黏性物质为基础，并加入各种添加剂组成。它可将各种零件、构件牢固地胶接在一起，有时可部分代替铆接或焊接等工艺。由于胶黏工艺操作简便，接头处应力分布均匀，接头的密封性、绝缘性和耐蚀性较好，且可连接各种材料，所以在工程中应用日益广泛。

5. 涂料

涂料就是通常所说的油漆，这是一种有机高分子胶体的混合溶液，涂在物体表面上能干结成膜。涂料主要有三大基本功能：一是保护功能，起着避免外力碰伤、摩擦，防止腐蚀的作用；二是装饰功能，起着使制品表面光亮美观的作用；三是特殊功能，可作为标志使用，如管道、气瓶和交通标志牌等。

涂料是由黏接剂、颜料、溶剂和其他辅助材料组成。其中，黏接剂是主要的膜物质，



一般采用合成树脂作黏接剂,它决定了膜与基体层黏接的牢固程度;颜料也是涂膜的组成部分,它不仅使涂料着色,而且能提高涂膜的强度、耐磨性、耐久性和防锈能力;溶剂是涂料的稀释剂,其作用是稀释涂料,以便于施工,干结后挥发;辅助材料通常有催干剂、增塑剂、固化剂、稳定剂等。

1.1.3.2 陶瓷材料的分类

无机非金属材料按照成分和结构,主要分为无机玻璃、玻璃陶瓷和陶瓷材料三大类。无机玻璃与酸性氧化物和碱性氧化物的高黏度的复杂固体物质,具有无定形结构。玻璃陶瓷又叫玻璃晶体材料,是在无机玻璃完全或部分结晶的基础上得到的,结构处于玻璃和陶瓷之间。陶瓷材料是由成型矿物质高温烧制(烧结)的无机物材料。陶瓷材料可分为传统陶瓷、特种陶瓷和金属陶瓷等三种。

传统陶瓷是以黏土、长石和石英等天然原料,经过粉碎、成型和烧结制成,主要用作日用、建筑、卫生以及工业应用(绝缘、耐酸、过滤陶瓷)等。

特种陶瓷是以人工化合物为原料制成,如氧化物、氮化物、碳化物、硅化物、硼化物和氟化物瓷以及石英质、刚玉质、碳化硅质过滤陶瓷等。这类陶瓷具有独特的力学、物理、化学、电、磁、光学等性能,满足工程技术的特殊需要,主要用于化工、冶金、机械、电子、能源和一些新技术中。

金属陶瓷是由金属和陶瓷组成的材料,它综合了金属和陶瓷两者的大部分有用的特性。按照这种材料的生产方法,以前常将其归属于陶瓷材料一类,现在则多将其算作复合材料。

1.1.4 复合材料

复合材料是用两种或多种组分按一定方式组合而成的材料,它的许多性能都优于单组分材料。先进复合材料是指用纤维、织物、晶须及颗粒等增强基体材料所制成的高级材料。按基体材料的不同,先进复合材料可分为树脂基复合材料、金属基复合材料、碳基复合材料、陶瓷基复合材料;按增强剂不同,可分为纤维增强复合材料、晶须增强复合材料等。按功能又可分为导电复合材料、导磁复合材料、阻尼复合材料、屏蔽复合材料等。

如现代航空发动机燃烧室中耐热温度最高的材料就是通过粉末冶金法制备的氧化物粒子弥散强化的镍基合金复合材料。很多高级游艇、赛艇及体育器械等都是由碳纤维复合材料制成的,它们具有密度低、弹性好、强度高、优良性能。

复合材料优于它的组合材料,由于其结合键非常复杂,因此,它在强度、刚度和耐蚀性方面比单纯的金属、陶瓷和聚合物都优越,是一类特殊的工程材料,具有广泛的发展前景。

军事上应用较广的先进复合材料主要有以下几种:

1. 树脂基纤维复合材料

树脂基纤维复合材料是以纤维为增强剂、以树脂为基体的复合材料,所用的纤维有碳纤维、芳纶纤维、超高模量聚乙烯纤维等,基体主要是环氧树脂等有机材料。

2. 陶瓷基复合材料和碳/碳复合材料

陶瓷基复合材料和碳/碳复合材料属于耐热结构复合材料。陶瓷基复合材料具有密度低、抗氧化、耐热、比强度和比模量高的特性,工作温度在 $1\,250\sim 1\,650^{\circ}\text{C}$ 。



1.2 热处理

1.2.1 热处理工艺

热处理就是利用金属材料在固态范围内的加热、保温和冷却以改变其组织，获得所要求的性能。金属热处理是机械制造中的重要工艺之一，与其他加工工艺相比，热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能，热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料，钢铁显微组织复杂，可以通过热处理予以控制，所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外，铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学、物理和化学性能，以获得不同的使用性能。

热处理在机械行业的各个领域应用非常广泛：在各种机床上约有 80% 的零件需要进行热处理；各种工具、量具和刀具等 100% 需要经过热处理，才会具有比较好的使用性能。

金属热处理工艺一般包括加热、保温、冷却三个过程，有时只有加热和冷却两个过程。这些过程互相衔接，不可间断。

加热是热处理的重要工序之一。金属热处理的加热方法很多，最早是采用木炭和煤作为热源，进而应用液体和气体燃料。电的应用使加热易于控制，且无环境污染。利用这些热源可以直接加热，也可以通过熔融的盐或金属，以至浮动粒子进行间接加热。

金属加热时，工件暴露在空气中，常常发生氧化、脱碳（即钢铁零件表面碳含量降低），这对于热处理后零件的表面性能有很不利的影响。因而金属通常应在可控气氛或保护气氛中、熔融盐中和真空中加热，也可用涂料或包装方法进行保护加热。

加热温度是热处理工艺的重要工艺参数之一，选择和控制加热温度，是保证热处理质量的主要问题。加热温度随被处理的金属材料 and 热处理的目的不同而异，但一般都是加热到相变温度以上，以获得高温组织。另外，转变需要一定的时间，因此当金属工件表面达到要求的加热温度时，还须在此温度保持一定时间，使内外温度一致，使显微组织转变完全，这段时间称为保温时间。采用高能密度加热和表面热处理时，加热速度极快，一般就没有保温时间，而化学热处理的保温时间往往较长。

冷却也是热处理工艺过程中不可缺少的步骤，冷却方法因工艺不同而不同，主要是控制冷却速度。一般退火的冷却速度最慢，正火的冷却速度较快，淬火的冷却速度更快。但还因钢种不同而有不同的要求，例如空硬钢就可以用正火一样的冷却速度进行淬硬。

金属热处理工艺大体可分为整体热处理、表面热处理和化学热处理三大类。根据加热介质、加热温度和冷却方法的不同，每一大类又可区分为若干不同的热处理工艺。同一种金属采用不同的热处理工艺，可获得不同的组织，从而具有不同的性能。钢铁是工业上应用最广的金属，而且钢铁显微组织也最为复杂，因此钢铁热处理工艺种类繁多。

整体热处理是对工件整体加热，然后以适当的速度冷却，以改变其整体力学性能的金屬热处理工艺。钢铁整体热处理大致有退火、正火、淬火和回火四种基本工艺。



1. 退火

将金属加热到一定温度,保持足够时间,然后以适宜速度冷却(通常是缓慢冷却,有时是控制冷却)的一种金属热处理工艺。退火处理是用来消除钢材在焊接、铸造或锻造后遗留下来的粗晶组织和内应力,降低硬度,增加塑性和韧性,消除偏析。退火的种类可分为三种:

(1) 完全退火和等温退火。完全退火又称重结晶退火,一般简称为退火,这种退火主要用于亚共析成分的各种碳钢和合金钢的铸、锻件及热轧型材,有时也用于焊接结构。一般常作为一些不重要工件的最终热处理,或作为某些工件的预先热处理。

(2) 球化退火。球化退火主要用于过共析的碳钢及合金工具钢(如制造刀具、量具、模具所用的钢种)。其主要目的在于降低硬度,改善切削加工性,并为以后淬火作好准备。

(3) 去应力退火。去应力退火又称低温退火(或高温回火),这种退火主要用来消除铸件、锻件、焊接件、热轧件、冷拉件等的残余应力。如果这些应力不予消除,将会引起钢件在一定时间以后,或在随后的切削加工过程中产生变形或裂纹。

2. 正火

正火又称常化,是将工件加热至 A_{c3} 或 A_{cm} 以上 $30 \sim 50^{\circ}\text{C}$,保温一段时间后,从炉中取出在空气中或喷水、喷雾或吹风冷却的金属热处理工艺。其目的在于使晶粒细化和碳化物分布均匀化。正火与退火的不同点是正火冷却速度比退火冷却速度稍快,因而正火组织要比退火组织更细一些,其机械性能也有所提高。另外,正火炉外冷却不占用设备,生产率较高,因此生产中尽可能采用正火来代替退火。对于形状复杂的重要锻件,在正火后还需进行高温回火($550 \sim 650^{\circ}\text{C}$)。高温回火的目的在于消除正火冷却时产生的应力,提高韧性和塑性。

3. 淬火

淬火是将钢加热至超过临界温度以上,保温一定时间后,在水、油或其他无机盐、有机水溶液等淬冷介质中快速冷却,使其得不到稳定的组织。目的是为了获得马氏体以提高工件的硬度和耐磨度。淬火后钢件变硬,但同时变脆。

4. 回火

回火是将淬火后的钢重新进行不超过临界温度(G_{S} 线)时加热,使之得到较为稳定的组织。根据对零件机械性能的具体要求,回火的加热温度分为低、中、高温三种。目的:消除淬火后工件的内应力,并降低材料的脆性。钢件在淬火后,几乎总是跟着回火。根据工件性能要求的不同,按其回火温度的不同,可将回火分为以下几种:

(1) 低温回火($150 \sim 250^{\circ}\text{C}$):低温回火所得组织为回火马氏体,其目的是在保持淬火钢的高硬度和高耐磨性的前提下,降低其淬火内应力和脆性,以免使用时崩裂或过早损坏。它主要用于各种高碳的切削刀具、量具、冷冲模具、滚动轴承以及渗碳件等,回火后硬度一般为 $\text{HRC}58 \sim 64$ 。

(2) 中温回火($350 \sim 500^{\circ}\text{C}$):中温回火所得组织为回火屈氏体。其目的是获得高的屈服强度~弹性极限和较高的韧性。因此,它主要用于各种弹簧和热作模具的处理,回火后硬度一般为 $\text{HRC}35 \sim 50$ 。

(3) 高温回火($500 \sim 650^{\circ}\text{C}$):高温回火所得组织为回火索氏体。习惯上将淬火加高温回火相结合的热处理称为调质处理,其目的是获得强度、硬度和塑性、韧性都较好的综合机械性能。因此,高温回火广泛用于汽车、拖拉机、机床等的重要结构零件,如连杆,螺栓、齿轮及轴类。回火后硬度一般为 $\text{HB}200 \sim 330$ 。