

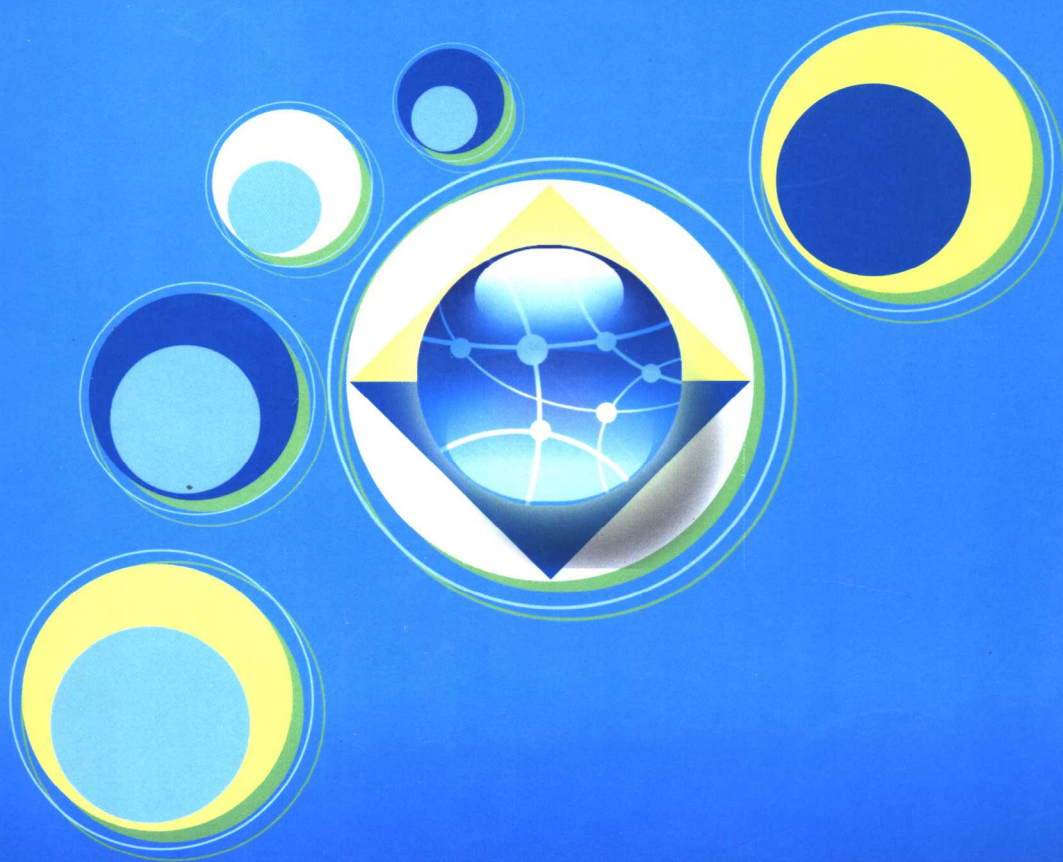


21st CENTURY
规划教材

全国高职高专数控模具规划教材

工程材料及热处理

张红英 朱怀忠 主编
游英杰 主审



科学出版社
www.sciencep.com



全国高职高专数控模具规划教材

工程材料及热处理

		张红英	朱怀忠	主 编
丁群燕	刘良瑞	陈彩霞	武生玉	副主编
			游英杰	主 审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以应用为主要目的,在参考有关院校教材的基础上,结合作者多年的教学实践而编写。全书共分9章,主要内容有:工程材料的性能,材料的结构与凝固,材料的强化和处理,碳钢,合金钢,铸铁与铸钢,有色金属及合金,非金属材料,机械零件的选材等。每章附有习题。

本书主要供高等职业院校和高等专科学校机电类(包括机械类和近机类)专业学生使用,亦可作为有关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热处理/张红英,朱怀忠主编. —北京:科学出版社,2005
(全国高职高专数控模具规划教材)

ISBN 7-03-015924-1

I.工… II.①张… ②朱… III.①工程材料—高等学校:技术学校—教材 ②钢—热处理—高等学校:技术学校—教材 IV.①TB3②TG161

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 078216 号

责任编辑:李昱颖/责任校对:耿 耘

责任印制:吕春珉/封面设计:万千广告公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2005年8月第一次印刷 印张:8 1/4
印数:1—3 000 字数:174 000

定价:12.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8208(VT04)

全国高职高专数控模具规划教材

编 委 会

主 任 李振格

副主任 (按姓氏笔画排序)

王贤涛 余小燕 张红英 陈志雄 柳舟通

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁晚景 王利荣 王希华 邓德清 刘美玲

李年芬 李昱颀 李雪早 何 伟 余冬蓉

陆全龙 周金元 徐江林 黄卫红 龚洪浪

程燕军 雷才洪 廖建刚 熊南峰

本书编写人员

主 编 张红英 朱怀忠

副主编 丁群燕 刘良瑞 陈彩霞 武生玉

撰稿人 (按姓氏笔画排序)

丁群燕 朱怀忠 刘良瑞 张红英 陈彩霞 武生玉

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,以进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,以增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,以进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,以加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,以建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,以完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业在改革中加速发展,使我国的经济建设和社会发展服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨、以就业为导向,正大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,并密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,深化管理体制和办学体制改革,使这一事业发展势头良好。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材,各类紧缺专业、热门专业教材,实训教材,以及引进的特色教材,其中包括如下三个部分:

1. 高职高专基础课、公共课教材系列

(1) 基础课教材系列

(2) 公共课教材系列

2. 高职高专专业课教材系列,又分

(1) 紧缺专业

——软件类专业系列教材

——数控技术类专业系列教材

——护理类专业系列教材

(2) 热门专业教材

——电子信息类专业系列教材

——交通运输类专业系列教材

- 财经类专业系列教材
- 旅游类专业系列教材
- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 建筑专业系列教材

3. 高职高专特色教材系列, 又分

- (1) 高职高专实训教材系列教材
- (2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据, 以方便教师授课为标准, 以理论知识为主体, 以应用型职业岗位要求为中心, 以素质教育、创新教育为基础, 以学生能力培养为本位, 力求突出以下特色:

1. 理念创新: 秉承“教学改革与学科创新引路, 科技进步与教材创新同步”的理念, 根据新时代对高等职业教育人才的需求, 出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

2. 方法创新: 摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法, 专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上, 引进国外先进的教材, 以确保符合职业教育的特色。

3. 特色创新: 加大实训教材的开发力度, 填补空白, 突出热点, 积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材, 提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持, 以方便教师教学与学生学习。对于部分专业, 组织编写“双证教材”, 注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新: 在教材的编写过程中, 力求反映知识更新和科技发展的最新动态, 新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中, 体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材时提出宝贵意见, 以便我们进一步做好修订工作, 出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

为适应高等职业技术教育的发展,满足培养技能型紧缺人才的需要,我们针对机械类及机电类各专业对材料知识的要求,并结合专业的知识结构特点及学生的基础和接受能力来组织本书的内容。

本书以讲清概念、强调应用为教学目的,遵循理论知识够用的原则,以工程材料的基本知识为基础,讲述了常见材料的组织结构、性能特点、用途、牌号表示、热处理及表面技术的基本知识。重点讲述金属材料的知识,涵盖了非金属材料 and 零件的选材原则、方法等内容,突出了知识的简洁性、实用性和系统性。

全书分为绪论和九章内容。绪论介绍了工程材料的分类、发展趋势及加工过程;第1~3章介绍了工程材料的基本知识,主要包括工程材料的性能、结构、结晶、强化和处理的基本理论;第4~7章介绍了常用金属材料的成分、组织、性能、热处理及应用;第8章介绍了非金属材料的分类、性能及用途等;第9章介绍了机械零件的失效分析、选材原则和实例分析。

本书的特点是:

- (1)涵盖面宽广。
- (2)内容简洁明了,容易学习。
- (3)实用性好,贴近生产实际。
- (4)适用专业面广,可作为机电、数控、模具、汽修、电气等机械类和近机类专业的通用教材,也可作为工程技术人员的参考学习资料。

由于编者的水平有限和时间仓促,失误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

绪论	1
0.1 工程材料的分类及发展趋势	1
0.1.1 工程材料简述	1
0.1.2 工程材料的分类	1
0.1.3 工程材料的发展趋势	2
0.2 工程材料的生产过程概述	2
0.2.1 钢铁材料的生产工艺过程	2
0.2.2 高分子材料	3
0.2.3 陶瓷材料	4
0.2.4 粉末冶金材料	4
0.2.5 复合材料	4
0.2.6 新型材料	5
习题	5
第1章 工程材料的性能	6
1.1 材料的力学性能	6
1.1.1 强度	6
1.1.2 塑性	8
1.1.3 硬度	9
1.1.4 冲击韧性	11
1.1.5 疲劳强度	12
1.2 材料的物理性能	13
1.2.1 密度	13
1.2.2 熔点	13
1.2.3 导热性	13
1.2.4 导电性	14
1.2.5 热膨胀性	14
1.2.6 磁性	14
1.3 材料的化学性能	15
1.3.1 耐蚀性	15
1.3.2 抗氧化性	15
1.4 金属的工艺性能	15
1.4.1 铸造性能	15
1.4.2 锻造性能	16
1.4.3 焊接性能	16
1.4.4 切削加工性能	16

习题	17
第2章 材料的组成结构与凝固	18
2.1 纯金属的晶体结构与结晶	18
2.1.1 纯金属的晶体结构	18
2.1.2 纯金属的结晶	19
2.1.3 金属的同素异构转变	20
2.2 合金的晶体结构及结晶	21
2.2.1 合金的晶体结构	21
2.2.2 合金的结晶	21
2.3 铁碳合金	21
2.3.1 铁碳合金的基本组织	22
2.3.2 Fe-Fe ₃ C 相图分析	22
2.3.3 Fe-Fe ₃ C 相图的应用	26
习题	27
第3章 材料的强化和处理	28
3.1 钢铁材料的热处理	28
3.1.1 钢的热处理原理	28
3.1.2 钢的热处理工艺	31
3.2 材料的表面技术	37
3.2.1 表面淬火	38
3.2.2 气相沉积	39
3.2.3 钢的化学热处理	41
3.3 热处理工艺的应用	43
3.3.1 热处理零件的结构工艺性	43
3.3.2 零件的热处理技术条件	43
3.3.3 热处理工序位置的确定	46
习题	46
第4章 碳钢	48
4.1 钢中常存杂质元素的影响	48
4.1.1 锰的影响	48
4.1.2 硅的影响	48
4.1.3 硫的影响	48
4.1.4 磷的影响	49
4.1.5 氧的影响	49
4.1.6 氮的影响	49
4.1.7 氢的影响	49
4.2 碳钢的分类、编号和用途	49
4.2.1 碳钢的分类	49
4.2.2 碳钢的编号与用途	52
习题	53

第5章 合金钢	54
5.1 合金元素在钢中的作用	54
5.1.1 溶于铁素体	54
5.1.2 形成合金碳化物	54
5.1.3 阻碍奥氏体晶粒长大	55
5.1.4 提高钢的淬透性	55
5.1.5 提高钢的回火稳定性	55
5.2 合金钢的分类及编号	56
5.2.1 合金钢的分类	56
5.2.2 合金钢的编号	56
5.3 合金结构钢	57
5.3.1 普通低合金钢	58
5.3.2 合金渗碳钢	59
5.3.3 合金调质钢	59
5.3.4 合金弹簧钢	61
5.3.5 滚动轴承钢	62
5.4 合金工具钢	63
5.4.1 合金刀具钢	63
5.4.2 量具钢	65
5.5 特殊性能钢	67
5.5.1 不锈钢	67
5.5.2 耐热钢	68
5.5.3 耐磨钢	68
5.6 模具钢	69
5.6.1 冷作模具钢	69
5.6.2 热作模具钢	72
习题	73
第6章 铸铁与铸钢	74
6.1 概述	74
6.1.1 铸铁的石墨化	74
6.1.2 铸铁的分类	75
6.2 灰铸铁	76
6.2.1 灰铸铁的成分、组织、性能和用途	76
6.2.2 灰铸铁的变质处理	78
6.2.3 灰铸铁的热处理	78
6.3 球墨铸铁	79
6.3.1 球墨铸铁的成分、组织、性能和用途	79
6.3.2 球墨铸铁的热处理	80
6.4 蠕墨铸铁	82
6.5 可锻铸铁	83

6.6 铸钢	84
习题	84
第7章 有色金属及其合金	85
7.1 铝及铝合金	85
7.1.1 工业纯铝	85
7.1.2 铝合金概述	85
7.1.3 变形铝合金	86
7.1.4 铸造铝合金	88
7.2 铜及铜合金	90
7.2.1 工业纯铜	90
7.2.2 黄铜	91
7.2.3 青铜	92
7.2.4 白铜	93
7.3 粉末冶金材料及其他有色金属	94
7.3.1 粉末冶金材料	94
7.3.2 硬质合金	95
7.3.3 轴承合金	95
7.3.4 其他非铁合金	97
习题	98
第8章 非金属材料	99
8.1 高分子材料	99
8.1.1 塑料	99
8.1.2 橡胶与胶黏剂	102
8.2 陶瓷	103
8.2.1 陶瓷的分类与性能	103
8.2.2 常用工业陶瓷	104
8.3 复合材料	104
8.3.1 复合材料的分类	105
8.3.2 复合材料的性能	105
8.3.3 常用复合材料	105
习题	106
第9章 机械零件的选材	107
9.1 机械零件的失效分析	107
9.1.1 机械零件常见的失效形式	107
9.1.2 机械零件失效的原因	108
9.2 机械零件的选材原则	109
9.2.1 使用性能原则	109
9.2.2 工艺性原则	110
9.2.3 经济性原则	111
9.2.4 选材的一般步骤和应注意的问题	111

9.3 典型零件选材及工艺分析	112
9.3.1 齿轮	112
9.3.2 轴	114
习题	117
主要参考文献	118

绪 论

0.1 工程材料的分类及发展趋势

0.1.1 工程材料简述

在现实生活中,无论是经济文化、科学技术、国防科技、生产加工,还是人们的衣食住行都离不开材料。材料是人类生产生活的物质基础。它可以直接反映出人类社会的文明程度。在人类发展的历史长河中就有石器时代、青铜器时代、铁器时代等以材料命名的时代。也正是由于材料的发展和使用,才使得人类社会不断发展到现代科学技术高度发达的今天。

不同的材料,甚至组成完全相同但经不同工艺加工的材料,可能表现出截然不同的性能。根据光学显微镜、X射线技术、电子显微镜等仪器的观察结果,材料性能是由其组织、结构所决定。一般而言,材料的结构是指材料中原子的结构及原子间的具体结合方式。而组织是指用肉眼或不同放大倍数显微镜所观察到的形貌。

工程材料主要介绍材料的化学成分、组织、性能以及应用方面的一般规律,为工程结构和机器零件的设计和使用提供正确选材和合理用材的基本原则、方法和知识,同时也为某些机械设计、制造和工艺专业及学科提供必要的理论基础。

0.1.2 工程材料的分类

工程材料的种类很多,用途极为广泛,分类方法有很多种,如图0.1所示。按工业工程分为机械工程材料、土建工程材料和电工材料等;按物质结构分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和复合材料等;按用途分有结构材料 and 功能材料等。本书主要涉及的是机械工程材料,并按物质结构及用途进行简明阐述。在机械工程材料中金属材料目前仍是最主要的材料,尤其是钢铁材料在机械工程中依然占首要地位。本书重点阐述的内容仍放在钢铁材料方面。近年来,非金属材料尤其是高分子材料发展迅速,在机械工程中的地位不断上升,对此本书专设一章加以介绍。

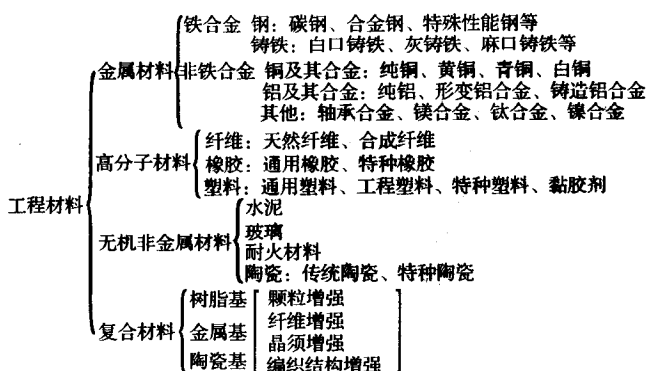


图 0.1 工程材料的分类

0.1.3 工程材料的发展趋势

18 世纪后,随着物理学、化学、力学等科学的发展,尤其是显微镜的发明并用于金属材料的研究中,使金属材料成为一个独立的金属学科体系。从此金属材料的生产和应用由感性经验阶段进入理论指导阶段,产生了最初的金属理论。直到 20 世纪,由于 X 射线技术、电子显微镜技术、同位素技术等 in 材料科学中的应用成功,使材料科学进入了新的时代,推出了“位错”、“断裂物理”、“纳米技术”、“生物材料”等一系列新的金属理论。由于现代科学技术的发展促使和支持了材料工业的迅速发展,新材料、新工艺不断涌现。而且伴随着金属材料的发展,一些非金属材料、复合材料也迅速发展起来,弥补了金属材料性能的某些不足。在机械制造业中这些新材料的份额逐渐在增加。金属材料和非金属材料及复合材料构成了完整的工程材料体系。除结构材料外,功能性材料如高温超导材料、激光材料、磁性材料、电子材料、形状记忆材料、生物材料等也在迅速发展。材料科学技术的发展和应用,促进了机械制造业的飞跃。现代设计和制造的机械已经发展到机电一体化阶段,高新产品所应用的新材料更是超乎我们的想像。

0.2 工程材料的生产过程概述

0.2.1 钢铁材料的生产工艺过程

钢铁材料是以铁和碳元素为主要成分,同时含有其他元素的金属材料。在现代的所有工程材料中,钢铁材料是使用量最大、应用面最广的金属材料。

1. 炼铁

高炉炼铁的主要原料是铁矿石、焦炭、石灰石。炼铁时,把铁矿石、焦炭、石灰石按一定配比装入高炉内,同时把预热过的空气从进风口鼓入炉内。在冶炼过程中,铁矿石中的铁被还原出来,成为生铁。高炉炼铁是铁的冶金过程,其产物主要是生铁。由于高炉炼铁时用焦炭作为还原剂和热源,冶炼出的生铁中碳的质量分数约为 4.3%,并含有锰、硅、硫、磷等杂质元素。根据含硅量的高低,生铁可分为两大类:硅的质量分数高于 1.5% 的称为铸造生铁,低于 1.5% 的称为炼钢生铁。

2. 炼钢

由于冶炼出的生铁中含有过多的碳和杂质元素,其性能不能达到生产上的要求,工业上还有一个炼钢的过程。炼钢的基本原料是生铁和废钢,根据材料及工艺要求,还需加入各种铁合金或金属、各种造渣剂等辅助材料。将生铁和废钢、合金及辅料加入转炉、平炉或电弧炉中进行脱碳,降低铁液中的含碳量,并去除大部分有害元素,同时调整成分,从而得到合格的钢液。除原材料对钢的质量有影响外,炼钢设备和工艺对钢的性能也有一定的影响,所以应按不同钢种及其质量要求,合理地制定炼钢工艺并选择合适的炼钢炉。

3. 钢锭及型材的生产

把炼好的钢液浇注到锭模中凝固,形成钢锭,这种生产方式称为模铸。钢锭脱模后,多数又加热到一定温度,再轧制成棒坯、方坯或板坯等,称为半成品。

目前,越来越多的半成品由连铸方式生产,即将钢液浇注到连铸机的结晶器中,随着钢液的凝固,拉出各种形状的半成品长钢坯。连铸是钢铁工业发展的趋势,它和传统的模铸相比,具有可简化生产工序,提高生产效率、提高金属收缩率、降低能耗、铸坯质量好,性能稳定,内部组织均匀、致密,偏析少等优点。

随后半成品经各种压力加工工序——热轧、冷轧、锻压、挤压和拉拔等,制成棒、板、钢轨、管材、线材等型材。钢材热轧的效率,产量大,成本低,是生产各种钢材最主要的方法。但在高温下钢表面产生氧化皮,使热轧钢材表面粗糙,尺寸波动大。所以,生产表面质量优良和尺寸精确的板、管、带以及薄壁管、薄钢带等精细产品,均采用冷轧方法。型材可以作为成品,广泛应用于各个领域。

钢铁冶炼的金属产品主要为生铁、各种铁合金、钢锭和型材。

4. 钢铁材料的铸、锻、焊等热加工成形

钢厂生产的各种形状的型材,已是经过压力加工成形的材料。下面讲述钢铁材料的铸、锻、焊等其他成形过程。

为了得到形状复杂、成本低廉而批量不大的钢铁零件或结构,一般都要采用铸造成形方法。铸造时所用的金属炉料一般有铸造生铁、含有其他元素的铁合金以及废钢。其中铸造生铁和铁合金都是钢铁冶金生产的成品,废钢主要是型材生产过程中产生的下脚料。将这些原料通过铸造的方法生产出铸件。

根据需要,也可采用锻压的方法生产锻压件。锻压件的原料是钢铁冶金生产的钢锭或型材,也可以是铸造的毛坯。通过锻压,用固态塑性变形的方式将各种坯料加工成所需的结构和形状。

用焊接进行连接时,原料可以是铸造毛坯、锻压毛坯,也可以是型材。

为了满足零件或结构的最终性能要求,或是为了成形加工需要,对钢铁件还应进行各种各样的热处理。

5. 机械加工

经过铸、锻、焊成形的零件毛坯,一般都要进行机械加工,获得最终的结构、形状、尺寸及精度,使毛坯转化为零件。

0.2.2 高分子材料

高分子化合物是由低分子化合物组成,是大量低分子的聚合物,简称高聚物。

有机材料都是以基本有机原料为基础生产出来的。基本有机原料都是天然的资源,如农林产品、煤、石油和天然气等。这些有机原料经过脱氢、裂解和合成等化学加工,而得到甲醇、甘油、乙醛、丙酮、苯酚、氯乙烯等低分子有机化合物。低分子有机化合物经过加聚或缩聚反应,由单体结合而成高聚物,成为高分子化合物。

例如,合成树脂的生产工艺流程包括原料的制备、催化剂的配制、单体的聚合、分离、回收精制、后处理等。根据聚合方式的不同,合成树脂的生产工艺流程可分为本体聚合流程、悬浮聚合流程、乳液聚合流程、溶液聚合流程和气相聚合流程等。

一般有机高分子材料的成形都是与其合成反应同时进行。其成形方式多样,有注射成形、吹塑成形、模压成形等,有的甚至还可以采用粉末压制后再烧结成形。高分子材料也可以采用车、铣、刨、磨等机械加工方法成形。

0.2.3 陶瓷材料

所谓陶瓷是指以天然硅酸盐或人工合成化合物为原料,经过制粉、配料、成形、高温烧结而制成的无机非金属材料。

陶瓷材料的一般工艺流程为:主要成分和掺杂成分→混合→预烧合成→粉碎→造粒→成形→烧结→冷加工。

工业陶瓷分为普通陶瓷和特种陶瓷两大类。普通陶瓷是指黏土类陶瓷,由黏土、长石、石英等烧制而成,其质地坚硬、耐腐蚀、不氧化、不导电,能耐一定的高温,加工成形性好。工业使用的普通陶瓷主要有:绝缘用的电瓷、耐酸碱化学瓷、承载的结构零件用瓷等。

特种陶瓷有氧化铝陶瓷、氧化硅陶瓷、碳化硅陶瓷、氮化硼陶瓷等,主要用于高温、机械、电子、宇航、医学工程等领域。

0.2.4 粉末冶金材料

粉末冶金材料是用金属粉末、金属与非金属粉末作原料,通过配料、压制成形、烧结和后处理等工艺过程而形成的材料。

粉末冶金的步骤有:一是原料粉末的制备,二是粉末成形为所需形状的坯块,三是坯块的烧结,四是产品的后序处理。

成形的目的是制得一定形状和尺寸的压坯,并使其具有一定的密度和强度。成形的的方法基本上分为加压成形和无压成形。加压成形中应用最多的是模压成形。

烧结是粉末冶金工艺中的关键性工序。成形后的压坯通过烧结使其得到所要求的最终性能。除普通烧结外,还有松装烧结、熔浸法、热压法等特殊的烧结工艺。

烧结后的处理,可以根据产品要求的不同,采取多种方式。如精整、浸油、机加工、热处理及电镀等。有些材料在烧结后要进行硫化处理。硫及大部分硫化物都具有一定的润滑性能,特别是在干摩擦的条件下,具有很好的抗咬合性。因此经硫化处理的产品一般作为减磨材料应用。

粉末冶金工艺有许多优点。由于用粉末冶金方法能压制成最终尺寸的压坯,而不需要或很少需要随后的机械加工,故能大大节约金属,降低产品成本。绝大多数难熔金属及其化合物、硬质合金、多孔材料、金属陶瓷等只能用粉末冶金方法来制造。

0.2.5 复合材料

复合材料是由两种以上性能不同的物质组成的固体材料。复合材料一般有两个基本相:一相是连续相,称为基体;另一相是分散相,称为增强剂。复合材料的性能取决于各相的性能、相的比例、各相间界面的性质,以及增强剂的几何特征。其中增强剂的几何特征包括增强剂的尺寸、形状及其在基体中的分布和取向等因素。

复合材料的非金属基体主要有合成树脂、碳、石墨、橡胶、陶瓷;金属基体主要有铝、镁、铜及它们的合金;增强材料主要有玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、碳化硅纤维、有机纤维、石棉纤维、晶须、金属丝及硬质颗粒等。

一般来说,对于以颗粒、晶须、短纤维为增强体的复合材料,基体的成形方法,也适用于以该类材料为基体的复合材料;而以连续纤维为增强体的复合材料,其成形