

GAOZHI GAOZHUAN
SHISANWU
GUIHUA JIAOCAI



高职高专“十三五”规划教材

金工实训

JINGONG SHIXUN

主 编○陈 荏 雷 鸣 曾勇刚

副主编○钟怡帆 贾颖莲

主 审○何世松



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

前言

本书根据应用技术型本科教育及高等职业教育机械类专业《金工实训课程标准》的要求,结合多年的教学实践经验,并借鉴兄弟院校的成功经验编写而成。

本书按照生产与教学实际进行编排,满足职业技能鉴定的要求,内容符合岗位技术特点,贴近企业岗位实际工作要求。本书可作为应用技术型本科院校及高等职业院校机械类、近机械类“金工实训”课程的教材,也可供有关专业工程技术人员参考。

全书共 10 个项目,涵盖了钳工、普通机械加工、数控加工等内容。10 个教学项目分别为金工实训基础、钳工、焊接加工、铸造加工、锻造与冲压加工、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工及数控加工。各项目均根据各个工种的不同特点提出了学习目标及安全操作规程,并附有项目小结和思考题,以检验教学效果。

本书从应用技术型本科教育及高等职业教育的特点入手,按职业岗位群应掌握的知识和能力进行编写,以能力培养为核心,以知识运用为主线。按照基本理论“适度”“够用”的原则,本书在阐明原理的基础上,更加注重工程实践。各校可根据实际情况,安排 2~4 周的停课实训,全部采用理实一体化教学,以提高教学质量和教学效果。

学完本课程后,学生应了解机械制造的一般过程;熟悉机械零件的常用加工方法、主要设备、工夹量具的正确选用;初步具备对简单零件进行工艺分析和选择加工方法的能力;掌握各种简单零件机械加工的操作方法;培养劳动观念、创新精神和理论联系实际科学作风;初步建立质量、安全、成本、效率、团队及环保等工程意识。

本书由江西工业工程职业技术学院的陈蕊、宜春学院雷鸣、江西交通职业技术学院曾勇刚主编;龙江职业大学钟怡帆、江西交通职业技术学院贾颖莲担任副主编;全书由江西交通职业技术学院何世松教授主审。

本书在编写过程中,参考了兄弟院校的同类教材,一一列在了书后的参考文献中,在此一并对作者表示衷心的感谢!

限于编者专业水平和实践经验,书中定有不少疏漏和不足,恳请广大读者批评指正,以便再版时修正。

编者
2016 年 3 月

目 录

项目 1 金工实训基础知识	1
1.1 概述	1
1.2 工程材料	5
1.3 钢的热处理	12
1.4 切削加工的基本知识	20
1.5 切削刀具	25
1.6 量具	28
1.7 切削加工步骤	36
项目小结	38
思考题	38
项目 2 钳工	39
2.1 概述	39
2.2 钳工实训安全操作规程	40
2.3 钳工常用设备、工具和量具	41
2.4 划线	43
2.5 錾削	48
2.6 锯削	51
2.7 锉削	54
2.8 孔加工	59
2.9 螺纹加工	67
2.10 刮削	70
2.11 研磨	72
2.12 装配	74
项目小结	79
思考题	79
项目 3 焊接加工	80
3.1 概述	80
3.2 焊工基础知识	81
3.3 焊接和气割基本操作过程	93
3.4 其他焊接方法	95
项目小结	97
思考题	97
项目 4 铸造加工	99
4.1 概述	99

4.2	砂型铸造的工艺过程	101
4.3	铸造的基本技能操作	105
4.4	铸件的常见缺陷	116
4.5	特种铸造	117
	项目小结	118
	思考题	119
	项目 5 锻造与冲压加工	120
5.1	概述	120
5.2	机械自由锻造	125
5.3	胎模锻造	131
5.4	冲压	132
	项目小结	139
	思考题	140
	项目 6 车削加工	141
6.1	概述	141
6.2	卧式车床	144
6.3	车床附件及工件安装	148
6.4	车刀	154
6.5	车床操作	158
6.6	车削加工	162
	项目小结	169
	思考题	170
	项目 7 铣削加工	171
7.1	概述	171
7.2	铣床	173
7.3	铣刀	180
7.4	铣削加工	184
7.5	齿形加工	188
	项目小结	192
	思考题	192
	项目 8 刨削加工	193
8.1	概述	193
8.2	刨床	196
8.3	刨刀	198
8.4	工件的安装方法	199
8.5	刨削的基本操作过程	201
8.6	刨削类其他机床	203

项目小结	205
思考题	205
 项目 9 磨削加工	207
9.1 概述	207
9.2 磨床	208
9.3 砂轮	211
9.4 磨削加工	214
项目小结	219
思考题	219
 项目 10 数控加工	220
10.1 概述	220
10.2 数控编程	223
10.3 数控车床	232
10.4 数控铣床基本操作过程	238
10.5 线切割	245
项目小结	250
思考题	250
 参考文献	252

项目 **1**

金工实训基础知识

学习目标:

1. 了解金工实训在教学中的地位 and 作用,掌握金工实训的内容、目的和要求。
2. 了解金工实训安全文明生产操作规程。
3. 了解常用金属材料和非金属材料的分类、性能和应用。
4. 掌握金属材料热处理方法、特点以及热处理设备的使用。
5. 掌握机械加工方法的实质、工艺特点和基本原理。
6. 掌握各种量具的使用方法。

1.1 概 述

1.1.1 金工实训在教学中的地位 and 作用

“金工实训”是一门实践性很强的技术基本课,是机制类专业学生熟悉加工生产过程、培养实践动手能力的实践性教学环节,是必修课。对于机械类各专业学生,“金工实训”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,“金工实训”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,“金工实训”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。

理工类学生的培养目标应具有专业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。金工实训是对大学生进行专业工程训练的重要环节之一。同学们必须给予这门课以足够的重视,充分地利用金工实训的机会,好好地提高自己的动手能力。在教师和有实践经验的技师指导下,掌握基本的机械加工流程和方法,解决生产中的一些实际问题,为以后学习设计相关机械产品和加工零件打下坚实的基础。

1.1.2 金工实训的主要内容

金工实训的主要内容是机械零件制造中的一般加工方法及其常用设备、工量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。

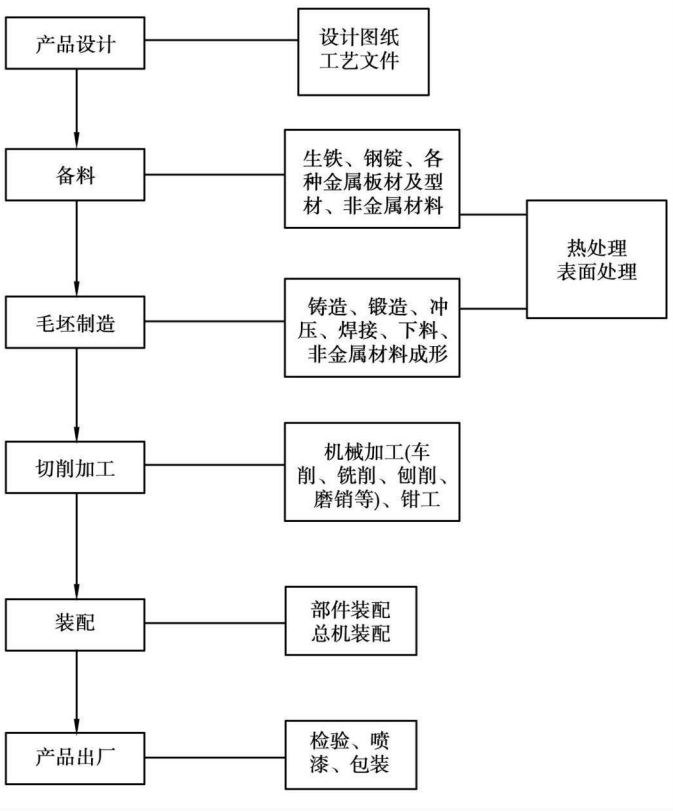


图 1.1 机械制造的一般过程

现将以上机械制造过程中的主要加工方法简介如下：

(1) 铸造

铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇进铸型里,经冷却凝固、清整处理后得到有预定形状、尺寸和性能的铸件的工艺过程。铸造毛坯因近乎成形,而达到免机械加工或少量加工的目的,降低了成本,并在一定程度上减少了制作时间。铸造是现代装置制造工业的基础工艺之一。

(2) 锻压

锻压是锻造和冲压的合称,是利用锻压机械的锤头、砧块、冲头或通过模具对坯料施加压力,使之产生塑性变形,从而获得所需形状和尺寸的制件的成形加工方法。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,从而具有优良的机械性能。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。

(3) 焊接

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、桥梁及船舶等。

(4) 下料

下料是指确定制作某个设备或产品所需的材料形状、数量或质量后,从整个或整批材料中取下一一定形状、数量或质量的材料的操作过程。例如,要制作一扇门,所测量的长宽高分别记录数值以后,从一整块木料上按长宽高分别切割下合适的木料作为门的各部分,这个过程称为下料。

(5) 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、吸震性、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。

(6) 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纸技术要求的零件。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、攻丝、套扣等,通常把钻床加工也包括在钳工的范围内。

(7) 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。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、淬火及回火等。

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、发黑及发蓝等。

(8) 装配

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。

按照国家教育部批准印发的《金工实训教学基本要求》,机械类专业金工实训应安排铸造、锻压(锻造和冲压)、焊接、车工、铣工、刨工、磨工、钳工及特种加工等工种的实训。

1.1.3 金工实训的目的和要求

(1) 金工实训的目的

培养学生的工程意识、动手能力、创新精神,提高综合素质。通过金工实训,使学生初步接触生产实际,对机械制造的过程有一个较为完整的感性认识,为学习机械制造基础及有关后继课程和今后从事机械设计与制造方面的技术工作打下一定的实践基础。使学生养成热爱劳动和理论联系实际的工作作风。拓宽知识视野、增强就业竞争力。

(2) 金工实训的基本要求

1) 基本知识要求

金工实训是重要实践教学环节,按大纲要求,完成车工、钳工、铸工及数控加工等各工种的基本操作训练,使学生了解机械制造的一般过程、机械零件常用加工方法及所用主要设备结构原理,工卡量具的使用。独立完成简单零件加工,培养学生的劳动观点,理论联系实际的工作作风和经济观点。实训报告(含实训总结)是金工实训质量考核的形式之一。

2) 能力培养要求

通过对学生进行工程实践技能的训练,学习机械制造工艺知识,提高动手能力;促使学生养成勤于思考、勇于实践的良好作风和习惯;鼓励并着重培养学生的创新意识和创新能力;结合教学内容,注重培养学生的工程意识、产品意识和质量意识,提高其工程素质。

3) 安全操作要求

在金工实训全过程中,始终强调安全第一的观点,进行入厂安全教育,宣讲安全生产的重要性,教育学生遵守劳动纪律和严格执行安全操作规程。

1.1.4 金工实训安全文明生产操作规程

①进入车间实训时,要穿好工作服,袖口扣紧,上衣下摆不能敞开,严禁戴手套,不得在开动的机床旁穿、脱换衣服或围布于身上,防止机器绞伤。所有学生必须戴好安全帽,女生要将长发盘入工作帽内,不得穿裙子、拖鞋、高跟鞋或戴围巾进入车间。

②严禁在车间内追逐、打闹、喧哗、阅读与实训无关的书刊以及听音乐、听广播等。

③应在指定的机床(工具)上进行实训。未经允许,不得启动其他机床、工具或电气开关。

④所用工具必须齐备、完好可靠,才能开始工作。严禁使用有裂纹、带毛刺、无手柄或手柄松动等不符合安全要求的工具,并严格遵守常用工具安全操作规程。

⑤工作中注意周围人员及自身的安全,防止因挥动工具、工具脱落、工件及铁屑飞溅造成伤害。两人以上工作时,要注意协调配合。

⑥钳工工具使用时,注意放置地方,以防伤害他人。

⑦用钳台夹持工件时,钳口不允许张得过大(不准超过最大行程的 $2/3$)。夹持原件或精密工件时,应用铜垫,以防工件坠落或损伤工件。

⑧夹持工作必须正确及夹紧,虎钳要爱护,不准乱敲乱打。夹持小而薄的工件时,注意手指。

⑨凿和铲工件及清理毛刺时,严禁对着他人工作。要戴好防护镜,以防止铁屑飞出伤人。使用手锤时,禁止戴手套。不准用扳手、锉刀等工具代替手锤敲打物件。不准用嘴吹或手摸铁屑,以防伤害眼和手。刮剔的工件不得有凸起凹下毛刺。

⑩钻小工件时,必须用夹具固定,不准用手拿着工件钻孔。使用钻床加工工件时,禁止戴手套操作。

⑪用汽油和挥发性易燃品清洗工件时,周围应严禁烟火及易燃物品、油桶、油盘,回丝要集中堆放处理。

⑫使用扳手紧固螺钉时,应检查扳手和螺钉有无裂纹或损坏。在紧固时,不能用力过猛或用手锤敲打扳手。大扳手需用套管加力时,应该特别注意安全。

⑬使用手提砂轮前,必须仔细检查砂轮片是否有裂纹,防护罩是否完好,电线是否磨损,是否漏电,运转是否良好。用后放置安全可靠处,防止砂轮片接触地面和其他物品。

⑭使用手锯要防止锯条突然折断,造成割伤事故;使用千斤顶要放平提稳,不顶托易滑地方以防发生意外事故。多人配合操作要有统一指挥及必要安全措施,协调行动。

⑮使用剪刀车剪铁片时,手要离开侧刀口。剪下边角料要集中堆放,及时处理,防止刺戳伤人。带电工件需焊补时,应切断电源施工。

⑯使用带电工具时,应首先检查是否漏电,工具完好正常才能使用。

⑰使用非安全电压的手电钻、手提砂轮时,应戴好绝缘手套,并站在绝缘橡皮垫上。在钻孔或磨削时,应保持用力均匀,严禁用手触摸转动的砂轮片和钻头。

⑱不得将手伸入已装配完的变速箱,主轴箱内检查齿轮,检查油压设备时禁止敲打。

⑲高空作业(3 m 以上)时,必须戴好安全带,梯子要有防滑措施。

⑳使用腐蚀剂时,要戴好口罩,耐腐蚀手套,并防止腐蚀剂倒翻。操作时,要小心谨慎,防止外溅。

㉑未经允许不得擅自将实验室内材料和工具带走。

㉒做到文明实训,工作完后,及时关闭电源,清点整理工具、量具,钳台上下清洁,及时保养工具、量具。

1.2 工程材料

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大支柱,而且能源和信息的发展都离不开材料。因此,世界各国都把研究、开发新材料放在突出的地位。工程材料中最典型的是金属材料和非金属材料。

1.2.1 材料的分类

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,工程材料有各种不同的分类方法。一般都把工程材料按化学成分,可分为金属材料、非金属材料、高分子材料和复合材料4大类。

(1) 金属材料

金属材料是最重要的工程材料,包括金属和以金属为基的合金。工业上把金属和其合金分为以下两大部分:

1) 黑色金属材料

黑色金属材料是指铁和以铁为基的合金(钢、铸铁和铁合金)。

2) 有色金属材料

有色金属材料是指黑色金属以外的所有金属及其合金。

应用最广的是黑色金属。以铁为基的合金材料占整个结构材料和工具材料的 90.0% 以上。黑色金属材料的工程性能比较优越,价格也较便宜,是最重要的工程金属材料。

有色金属按照性能和特点,可分为轻金属、易熔金属、难熔金属、贵金属、稀土金属及碱土金属。它们是重要的有特殊用途的材料。

(2) 非金属材料

非金属材料也是重要的工程材料。它包括耐火材料、耐火隔热材料、耐蚀(酸)非金属材料及陶瓷材料等。

(3) 高分子材料

高分子材料为有机合成材料,也称聚合物。它具有较高的强度、良好的塑性、较强的耐腐蚀性能,以及很好的绝缘性和质量轻等优良性能,在工程上是发展最快的一类新型结构材料。高分子材料种类很多,工程上通常根据机械性能和使用状态将其分为 3 大类:塑料、橡胶和合成纤维。

(4) 复合材料

复合材料就是用两种或两种以上不同材料组合的材料,其性能是其他单质材料所不具备的。复合材料可由各种不同种类的材料复合组成。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,是特殊的工程材料,具有广阔的发展前景。

1.2.2 金属材料

(1) 金属材料的性能

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。金属材料的性能分为使用性能和工艺性能,见表 1.1。

表 1.1 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,如抗腐蚀性能等	
	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 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 及抗剪强度 τ_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 $\delta_s, \delta_{10}(\%)$ 和断面收缩率 $\psi(\%)$, δ 和 ψ 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 $\alpha_k(\text{J}/\text{cm}^2)$ 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		

(2) 金属材料的分类

金属材料按照用途可分为两大类,即结构材料和功能材料。结构材料通常是指工程上对硬度、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、热及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、非晶和微晶材料及形状记忆合金等。

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、生物材料及航空材料等多种类别。工程上常用的金属材料主要有黑色及有色金属材料等。

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,就像炒菜时放入佐料,含量不多但味道鲜美。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、耐热钢及超高强度钢等。

人们可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

碳素钢是近代工业中使用最早、用量最大的基本材料。目前,碳素钢的产量在各国钢总产量中的比重,约保持在80%,它不仅广泛应用于建筑、桥梁、铁道、车辆、船舶和各种机械制造工业,而且在近代的石油化学工业、海洋开发等方面,也得到大量使用。

碳素钢含碳的质量分数小于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

合金钢是指钢里除铁、碳外,加入其他的合金元素。在普通碳素钢基础上添加适量的一种或多种合金元素而构成的铁碳合金。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,常见的有铝、铜、钛、镁、锌、铅等及其合金。尽管有色金属的产量和使用不及黑色金属,但由于它具有某些特殊性能,目前已成为现代工业中不可缺少的材料。

1.2.3 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、耐磨性、抗腐蚀性、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。高分子材料既包括人们常见的塑料、橡胶和纤维(它们被称为 3 大合成材料),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、电机及电气等行业得到了广泛的应用。

高分子材料按特性分为橡胶、纤维、塑料、高分子胶粘剂、高分子涂料及高分子基复合材料等。

1) 橡胶

橡胶是一类线型柔性高分子聚合物。其分子链间次价力小,分子链柔性好,在外力作用下可产生较大形变,除去外力后能迅速恢复原状。有天然橡胶和合成橡胶两种。

2) 高分子纤维

高分子纤维分为天然纤维和化学纤维。前者是指蚕丝、棉、麻、毛等。后者是以天然高分子或合成高分子为原料,经过纺丝和后处理制得。纤维的次价力大、形变能力小、模量高,一般为结晶聚合物。

3) 塑料

塑料是以合成树脂或化学改性的天然高分子为主要成分,再加入填料、增塑剂和其他添加剂制得。其分子间次价力、模量和形变量等介于橡胶和纤维之间。通常按合成树脂的特性分为热固性塑料和热塑性塑料;按用途又分为通用塑料和工程塑料。

4) 高分子胶粘剂

高分子胶粘剂是以合成天然高分子化合物为主体制成的胶粘材料。它分为天然和合成胶粘剂两种。应用较多的是合成胶粘剂。

5) 高分子涂料

高分子涂料是以聚合物为主要成膜物质,添加溶剂和各种添加剂制得。根据成膜物质不同,可分为油脂涂料、天然树脂涂料和合成树脂涂料。

6) 高分子基复合材料

高分子基复合材料是以高分子化合物为基体,添加各种增强材料制得的一种复合材料。它综合了原有材料的性能特点,并可根据需要进行材料设计。

7) 功能高分子材料

功能高分子材料除具有聚合物的一般力学性能、绝缘性能和热性能外,还具有物质、能量和信息的转换、传递和储存等特殊功能。已实用的有高分子信息转换材料、高分子透明材料、高分子模拟酶、生物降解高分子材料、高分子形状记忆材料以及医用和药用高分子材料等。

(2) 陶瓷材料

陶瓷材料是用天然或合成化合物经过成形和高温烧结制成的一类无机非金属材料。它具有高熔点、高硬度、高耐磨性、耐氧化等优点。可用作结构材料、刀具材料,由于陶瓷还具有某些特殊的性能,又可作为功能材料。

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。

新型陶瓷按其使用性能来分类,可分为结构陶瓷、工具陶瓷和功能陶瓷等。

1) 结构陶瓷

① 氧化铝陶瓷

其主要组成物为 Al_2O_3 ,一般含量大于45%。氧化铝陶瓷具有各种优良的性能。耐高温,一般可在1600℃长期使用,耐腐蚀,高强度,其强度为普通陶瓷的2~3倍,高者可达5~6倍。其缺点是脆性大,不能接受突然的环境温度变化。用途极为广泛,可用作坩埚、发动机火花塞、高温耐火材料、热电偶套管及密封环等,也可作刀具和模具。

② 氮化硅陶瓷

其主要组成物是 Si_3N_4 ,这是一种高温强度高、高硬度、耐磨、耐腐蚀并能自润滑的高温陶瓷,线膨胀系数在各种陶瓷中最小,使用温度高达1400℃,具有极好的耐腐蚀性,除氢氟酸外,能耐其他各种酸的腐蚀,并能耐碱、各种金属的腐蚀,具有优良的电绝缘性和耐辐射性。可用作高温轴承、在腐蚀介质中使用的密封环、热电偶套管,也可用作金属切削刀具。

③ 碳化硅陶瓷

其主要组成物是 SiC ,这是一种高强度、高硬度的耐高温陶瓷,在1200~1400℃使用仍能保持高的抗弯强度,是目前高温强度最高的陶瓷。碳化硅陶瓷还具有良好的导热性、抗氧化性、导电性及高的冲击韧度,是良好的高温结构材料,可用于火箭尾喷管喷嘴、热电偶套管、炉管等高温下工作的部件;利用它的导热性可制作高温下的热交换器材料;利用它的高硬度和耐磨性制作砂轮、磨料等。

④ 六方氮化硼陶瓷

其主要成分为 BN ,晶体结构为六方晶系,六方氮化硼的结构和性能与石墨相似,故有“白石墨”之称。它的硬度较低,可进行切削加工,具有自润滑性,可制成自润滑高温轴承、玻璃成形模具等。

2) 工具陶瓷

① 硬质合金

其主要成分为碳化物和黏结剂,碳化物主要有 WC、TiC、TaC、NbC、VC 等,黏结剂主要为钴(Co)。硬质合金与工具钢相比,硬度高(高达 87~91HRA),热硬性好(1 000℃左右耐磨性优良)。用作刀具时,切削速度比高速钢提高 4~7 倍,寿命提高 5~8 倍。其缺点是硬度太高、性脆,很难被机械加工。因此,常制成刀片并镶焊在刀杆上使用,硬质合金主要用于机械加工刀具;各种模具,包括拉伸模、拉拔模、冷镦模;矿山工具、地质和石油开采用各种钻头。

② 金刚石

天然金刚石(钻石)作为名贵的装饰品,而合成金刚石在工业上广泛应用,金刚石是自然界最硬的材料,还具备极高的弹性模量;金刚石的导热率是已知材料中最高的;金刚石的绝缘性能很好。金刚石可用作钻头、刀具、磨具、拉丝模、修整工具;金刚石工具进行超精密加工,可达到镜面光洁度。但金刚石刀具的热稳定性差,与铁族元素的亲和力大,故不能用于加工铁、镍基合金,而主要加工非铁金属和非金属,广泛用于陶瓷、玻璃、石料、混凝土、宝石、玛瑙等的加工。

③ 立方氮化硼(CBN)

其具有立方晶体结构,其硬度高,仅次于金刚石,具热稳定性和化学稳定性比金刚石好。它可用于淬火钢、耐磨铸铁、热喷涂材料和镍等难加工材料的切削加工。可制成刀具、磨具、拉丝模等。

其他工具陶瓷尚有氧化铝、氧化锆、氮化硅等陶瓷,但从综合性能及工程应用均不及上述 3 种工具陶瓷。

3) 功能陶瓷

功能陶瓷通常具的特殊的物理性能,涉及的领域比较多。常用功能陶瓷的特性及应用见表 1.2。

表 1.2 常用功能陶瓷

种 类	性能特征	主要组成	用 途
介电陶瓷	绝缘性	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Mg}_2\text{SiO}_4$	集成电路基板
	热电性	$\text{PbTiO}_3, \text{BaTiO}_3$	热敏电阻
	压电性	$\text{PbTiO}_3, \text{LiNbO}_3$	振荡器
	强介电性	BaTiO_3	电容器
光学陶瓷	荧光、发光性	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{CrNd}$ 玻璃	激光
	红外透过性	CaAs, CdTe	红外线窗口
	高透明度	SiO_2	光导纤维
	电发色效应	WO_3	显示器
磁性陶瓷	软磁性	$\text{ZnFe}_2\text{O}_4, \gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$	磁带、各种高频磁心
	硬磁性	$\text{SrO}, 6\text{Fe}_2\text{O}_3$	电声器件、仪表及控制器件的磁芯
半导体陶瓷	光电效应	$\text{CdS}, \text{Ca}_2\text{S}_x$	太阳电池
	阻抗温度变化效应	VO_2, NiO	温度传感器
	热电子放射效应	LaB_6, BaO	热阴极

(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、陶瓷及水泥等。按使用性能,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)及颗粒等。

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。

树脂基复合材料包括玻璃纤维增强热固性塑料、玻璃纤维增强热塑性塑料、石棉纤维增强塑料、碳纤维增强塑料、芳纶纤维增强塑料及混杂纤维增强塑料等。

3) 碳-碳复合材料

碳-碳复合材料是指用碳纤维和石墨纤维或其织物作为碳基体骨架,埋入碳基质中增强基质所制成的复合材料。碳-碳复合材料可制成碳度高、刚度好的复合材料。在1300℃以上,许多高温金属和无机耐高温材料都失去强度,唯独碳-碳复合材料的强度还稍有升高。其缺点是垂直于增强方向的强度低。

4) 金属基复合材料

金属基复合材料是以金属、合金或金属间化合物为基体,含有增强成分的复合材料,与树脂基复合材料相比,金属基复合材料有较高的力学性能和高温强度,不吸湿,导电、导热,无高分子复合材料常见的老化现象。

1.2.4 材料的应用

从现阶段汽车零件的质量构成比来看,黑色金属占75%,有色金属占5%,非金属材料占10%~20%。汽车使用的材料大多数为金属材料。

黑色金属材料有钢板、钢材和铸铁。钢板大多采用冲压成形,用于制造汽车的车身和大梁;钢材的种类有圆钢和各种型钢。

黑色金属的强度较高、价格低廉,所以使用较多。按黑色金属使用场合的不同,对其性能的要求也不同。例如,汽车车身需使钢板作较大的弯曲变形,应选择容易进行变形处理的钢板;如果外观差,就影响销售,应选择表面美观、易弯曲的钢板。与之相反,车架厚而要求强度高,价格应低廉。因此,应采用表面美观、要求不高且较厚的钢板。

有色金属材料以铝合金应用最广,用作发动机的活塞、变速箱壳体、带轮等。铝合金由于质量轻、美观,今后将更多地用于制造汽车零件。铜主要用于电气产品、散热器等方面。铅、锡