

高等学校教材

CAILIAO

# 材料成型基础

曾珊琪 丁毅 主编



CAILIAO  
CHENGXING  
JICHU



化学工业出版社

高等学校教材

# 材料成型基础

曾珊琪 丁毅 主编



化学工业出版社

·北京·

本教材主要内容分为金属材料成型、非金属材料成型及复合材料成型三大部分。金属材料成型是以金属工艺学内容为基础,以讲述各种毛坯成型方法的原理、工艺过程以及零件结构工艺性为主。非金属材料成型和复合材料成型重点讲述各种材料成型方法的原理、工艺过程、特点和应用等。新增材料先进成型技术独成一章,从理论上提高对材料成型实质的认识,突出材料成型的新材料、新工艺、新技术和新进展,以扩大学生知识面为目的。

本书共分6章,内容涉及金属液态成型、金属塑性成型、金属连接成型、非金属材料成型、材料先进成型技术。

本书作为高等工科院校机械类专业本科学生的基本教材,适用于32~36教学学时。也可作为工科近机类专业和高等工业职业技术学校、继续教育学院等机械类专业学生的教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

材料成型基础/曾珊琪,丁毅主编. —北京:化学工业出版社,2011.7  
高等学校教材  
ISBN 978-7-122-11742-7

I. 材… II. ①曾…②丁… III. 工程材料-成型-工艺 IV. TB3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第130249号

---

责任编辑:杨菁  
责任校对:陈静

文字编辑:王琪  
装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:三河市延风印装厂  
787mm×1092mm 1/16 印张14 字数361千字 2011年8月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:29.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

《材料成型基础》是机械类专业的一门综合性专业基础课程。主要研究机器零件和工业产品的成型方法。本教材根据现代机械工业所需专业人才的培养目标和《材料成型基础》课程教学大纲的基本要求,结合高等教育教学改革的宗旨,以培养社会应用型人才为重点,以提高学生综合能力为目标而编写。

本教材根据现代工程材料的发展及材料成型技术在工业生产中的应用特点,全书内容分为金属材料成型、非金属材料成型及复合材料成型三大部分。金属材料成型以金属工艺学内容为基础。非金属材料成型和复合材料成型以材料成型原理和工艺过程、特点和应用为主要内容,图文并茂,相互结合。本教材特点是将新增材料先进成型技术独成一章,从理论上提高对材料成型实质的认识,突出材料成型的新材料、新工艺、新技术和新进展,以适应现代科技飞速发展对人才培养的需要。

全书共分6章,总课时为32~36教学学时。第1章简述工程材料成型的基本概念和分类方法,并对主要成型方法率先列表比较,以期望学生在本课程学习开始时就有明确的目标,为后续章节奠定基础。第2章较全面地阐述金属液态成型的工艺性能、常用的铸造合金的生产和铸造方法、工艺规程的制定以及铸件结构工艺性等。第3章着重讲述金属塑性成型的工艺性、锻造和冲压成型方法、设备的选择和工作原理、工艺规程的制定和塑性成型件结构工艺性等。第4章概述金属连接成型方法;以焊接为主,重点讲述常用焊接方法的工艺流程、金属材料焊接性能的判断和焊件结构工艺性等,以及机器零件毛坯的选用原则。第5章着重讲述高分子材料、无机非金属材料 and 复合材料的成型原理和工艺过程、成型设备的工作原理、成型特点和应用。第6章简述材料先进成型技术。

本教材内容繁多,涉及面广,考虑到教学学时有限,前5章的编写在教学大纲要求的基础上内容尽可能精练、便于组织课堂教学。根据具体学时情况,第6章材料先进成型技术的编写尽可能深入浅出、图文结合、通俗易懂,便于作为学生自学内容,以扩大知识面为主要目的,使学生能够全面地熟悉并掌握材料成型的基础知识,能够获得选材、选毛坯、选方法的能力和了解材料先进成型技术发展的趋势和现状。

本教材由曾珊珊、丁毅主编,参加编写的人员有:陕西科技大学丁毅(第2章、第3章、第4章、第5章),陕西科技大学曾珊珊(第1章、第6章),参加编写的还有研究生向颖。全书由曾珊珊统稿。

本教材在编写过程中,总结了作者多年的教学和实践经验及体会,吸取了许多高等院校及科研院所同人的教学科研经验,博采众长,并参考了相关的著作和文献所提供的宝贵经验、素材和信息,对教材的编写给予了极大的启发和帮助,在此表示最衷心的感谢!还要感谢马盈盈、陈艳、李婧等对本教材的文字、图片整理及文中内容的校对给予的帮助和支持!感谢在编写过程中给予我鼓励和支持的所有人!

由于编者的时间有限,书中遗漏之处在所难免,敬请读者批评指正!

编 者  
2011年7月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 材料的种类和选用原则 .....	1
1.1.1 材料的种类 .....	1
1.1.2 材料的选用原则 .....	1
1.2 材料的成型方法 .....	3
1.2.1 材料成型方法的分类 .....	3
1.2.2 材料成型的作用和特点 .....	4
1.2.3 材料成型方法的选择 .....	5
1.3 本课程的内容和任务 .....	6
<b>第 2 章 金属液态成型</b> .....	8
2.1 金属液态成型的工艺性能 .....	8
2.1.1 合金流动性 .....	8
2.1.2 合金收缩性.....	10
2.1.3 合金吸气性和偏析性.....	14
2.2 常用铸造合金.....	15
2.2.1 铸铁.....	15
2.2.2 铸钢.....	21
2.2.3 铸造有色合金.....	23
2.3 砂型铸造.....	26
2.3.1 造型方法.....	27
2.3.2 铸造工艺图的绘制.....	30
2.3.3 常用的铸造工艺符号及表示方法.....	34
2.4 特种铸造.....	35
2.4.1 熔模铸造.....	35
2.4.2 金属型铸造.....	37
2.4.3 压力铸造.....	38
2.4.4 离心铸造.....	40
2.4.5 各种铸造方法的比较.....	40
2.5 铸件结构工艺性.....	41
2.5.1 铸造工艺对铸件结构的要求.....	41
2.5.2 合金铸造性能对铸件结构的要求.....	45
2.5.3 组合铸件的应用.....	48
复习题 .....	49
<b>第 3 章 金属塑性成型</b> .....	52
3.1 金属的塑性变形.....	53
3.1.1 塑性变形的实质.....	53

3.1.2	塑性变形后金属的组织 and 性能	55
3.1.3	金属的塑性成型性能	57
3.2	自由锻造	59
3.2.1	自由锻的工序	59
3.2.2	自由锻工艺规程的编制	59
3.2.3	自由锻件的结构工艺性	65
3.3	模型锻造	65
3.3.1	胎模锻造	66
3.3.2	锤上模锻	67
3.3.3	压力机上模锻	73
3.4	板料冲压	75
3.4.1	分离工序	76
3.4.2	变形工序	79
3.4.3	冲模的分类和结构组成	81
3.4.4	板料冲压件结构设计	83
	复习题	86
<b>第4章</b>	<b>金属连接成型</b>	<b>89</b>
4.1	金属连接方法的概述	89
4.1.1	铆接	89
4.1.2	胶接	90
4.1.3	胀接	91
4.1.4	焊接	91
4.2	手工电弧焊	92
4.2.1	手工电弧焊的焊接过程	92
4.2.2	手工电弧焊冶炼过程的特点	93
4.2.3	电焊条	94
4.2.4	焊接接头金属组织与性能的变化	96
4.2.5	焊接应力与变形	98
4.3	其他焊接方法简介	101
4.3.1	埋弧自动焊	101
4.3.2	气体保护焊	103
4.3.3	电渣焊	105
4.3.4	电阻焊	106
4.3.5	摩擦焊	108
4.3.6	钎焊	108
4.4	常用金属材料的焊接性能	109
4.4.1	金属材料的焊接性	109
4.4.2	碳钢的焊接	110
4.4.3	合金结构钢的焊接	111
4.4.4	奥氏体不锈钢的焊接	112
4.4.5	铸铁的焊补	112
4.4.6	有色金属的焊接	113

4.5	焊接结构设计 .....	113
4.5.1	焊接结构材料的选择 .....	113
4.5.2	焊接方法的选择 .....	114
4.5.3	焊接接头工艺设计 .....	114
4.5.4	焊接缺陷检验 .....	118
4.6	机器零件毛坯的选择 .....	119
4.6.1	选择毛坯类型的原则 .....	119
4.6.2	常用机械零件的毛坯类型 .....	120
4.6.3	毛坯选择实例 .....	123
	复习题 .....	124
<b>第5章</b>	<b>非金属材料成型</b> .....	<b>127</b>
5.1	高分子材料的成型 .....	127
5.1.1	塑料的成型 .....	127
5.1.2	橡胶制品的成型 .....	134
5.1.3	合成纤维成型 .....	138
5.1.4	胶黏剂的胶接成型 .....	143
5.2	无机非金属材料的成型 .....	145
5.2.1	工业陶瓷的成型 .....	145
5.2.2	玻璃制品的成型 .....	152
5.3	复合材料的成型 .....	160
5.3.1	复合材料的基础知识 .....	160
5.3.2	聚合物基复合材料成型 .....	163
5.3.3	金属基复合材料成型 .....	164
5.3.4	陶瓷基复合材料成型 .....	167
5.3.5	碳/碳基复合材料成型 .....	167
	复习题 .....	168
<b>第6章</b>	<b>材料先进成型技术</b> .....	<b>170</b>
6.1	概述 .....	170
6.1.1	现代成型理论研究的内容 .....	170
6.1.2	成型方式分类 .....	170
6.1.3	现代材料成型技术的发展趋势 .....	170
6.2	快速成型技术 .....	171
6.2.1	快速成型技术概述 .....	171
6.2.2	光固化成型 .....	174
6.2.3	分层物体成型 .....	175
6.2.4	选择性激光烧结 .....	176
6.3	液态金属精密成型 .....	178
6.3.1	消失模精密铸造 .....	178
6.3.2	半固态铸造成型技术 .....	181
6.3.3	反重力铸造 .....	182
6.4	金属材料塑性精确成型 .....	185
6.4.1	精密塑性体积成型 .....	185

6.4.2	板料精密成型 .....	191
6.4.3	金属材料的超塑性成型 .....	194
6.5	金属连接成型新技术 .....	196
6.5.1	高能束焊接成型 .....	196
6.5.2	特种焊接成型 .....	199
6.5.3	焊接机器人 .....	200
6.6	金属粉末材料成型技术 .....	204
6.6.1	金属粉末的制备 .....	205
6.6.2	金属粉末成型 .....	208
6.6.3	金属粉末成型新技术 .....	209
6.6.4	料坯的烧结及气体保护 .....	211
6.6.5	金属粉末压坯的后处理 .....	213
6.6.6	金属粉末材料的应用 .....	214
<b>参考文献</b> .....		215



# 第 1 章 绪 论

人类生活中的一切物质，例如物品、器件、构件、机器等都是用各种材料制成的。材料是人类社会赖以生存的物质基础。将原材料转变成所需要的具有一定形状、尺寸和使用功能的物质（毛坯或成品）的制造方法称为材料成型。材料成型技术是现代制造业重要的一部分。材料成型技术的发展是人类社会进步的保障。

## 1.1 材料的种类和选用原则

### 1.1.1 材料的种类

工程上应用的材料种类很多，大致可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料。图 1-1 所示为材料分类框图。

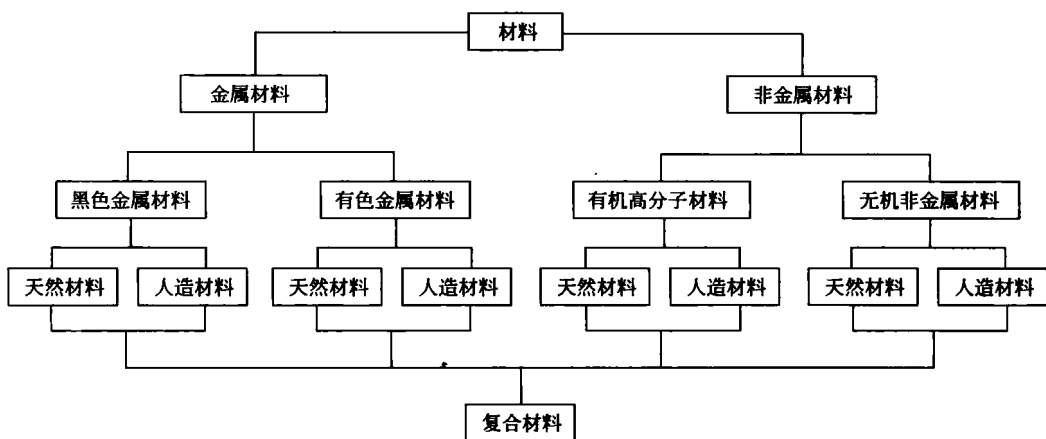


图 1-1 材料分类框图

金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料指钢和铸铁；黑色金属材料以外的金属都称为有色金属材料，工业上常用的有色金属材料有铜合金、铝合金、钛合金及镁合金等。

非金属材料分为有机高分子材料（简称高分子材料）和无机非金属材料。高分子材料主要指塑料、树脂、橡胶、合成纤维、涂料等高聚物（聚合物）材料。无机非金属材料主要包括陶瓷、玻璃、胶凝材料（水泥、石灰和石膏等）、混凝土、耐火材料等硅酸盐材料。

复合材料是由基体材料与增强材料组成的。根据不同的基体材料可分为聚合物基复合材料、金属基复合材料、无机非金属基复合材料三种。

### 1.1.2 材料的选用原则

在所有机器或产品的设计和制造过程中，都要先经过合理的选材，既要保证零件在工作中的使用性能和寿命，还要求材料有较好的工艺性和经济性，在保证质量的前提下达到提高

生产率、降低成本的生产效果。

### 1.1.2.1 材料的性能和应用特点

金属材料、高分子材料和陶瓷材料是工程材料中应用最多的材料。由于这三类材料各具不同的性能和特点，因此在工程上有不同的用途。

高分子材料中塑料的强度、弹性模量、疲劳抗力以及韧性都比较低，但减振性较好，可用于制造不承受高载荷的减振零件；又由于其密度很小，适于制造要求重量轻和受力小的物件；与其他材料组成摩擦副，其摩擦系数小，耐磨性较好；塑料还具有较好的化学稳定性，可广泛用于制作耐腐蚀零件。橡胶材料可以产生相当大的弹性变形，是很好的密封材料。高分子材料在机械工程中常用于制造轻载传动的齿轮、轴承和密封垫圈等。

陶瓷材料刚度好、硬度高、脆性较大；熔点高（2000℃以上），具有极高的化学稳定性、尺寸稳定性；具有良好的电绝缘性，少数陶瓷还具有半导体的特性；高温下不易氧化，并对酸、碱、盐具有良好的耐腐蚀能力。此外，陶瓷还具有特殊的光学性能。工业上的陶瓷主要用于制作耐高温、耐磨、绝缘等零件和也可以制作切削刀具以及各种功能制品。

金属材料具有优良的综合力学性能，强度高、韧性好、疲劳抗力高、工艺性好，多用来制造重要的机器零件和工程结构件。目前，金属材料特别是钢材仍然是在机械工程上应用最广泛的结构材料。

新型高强度复合材料，由于比强度（材料抗拉强度与密度之比）、比模量（材料的弹性模量与密度之比）比其他材料高得多，所以对于航空航天器、交通运输工具等，在保证安全的前提下，可以满足其减轻自重的要求。一些复合材料可以满足减摩、耐磨、耐高温、耐腐蚀等使用性能的要求。随着制造技术的改进，成本的降低，复合材料在许多工业部门已逐渐得到广泛的应用。

### 1.1.2.2 材料的选用原则

为了满足工业产品或零件的技术要求，在合理选择产品或零件的材料时，必须遵守以下三个基本原则。

（1）根据材料的使用性能选择 材料的使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能。在设计零件选材时，应考虑零件的力学性能要求和工作条件，以确保零件的使用寿命。

零件的工作条件往往是很复杂的。工作中的零件所受外载荷的类型包括静载荷、冲击载荷和交变载荷等。根据外载荷的不同形式又分为拉伸载荷、压缩载荷、弯曲载荷、剪切载荷及扭转载荷等。零件的工作温度包括低温、室温、高温、交变温度等。环境介质条件包括是否加润滑剂，是否接触酸、碱、盐、海水、粉尘、磨粒等。此外，有时还有特殊性能的要求，如导电性、磁性、导热性、热膨胀性、辐射、密度等。不同的零件受力形式和大小及环境条件不同或有特殊性能要求时，选材时对材料性能的考虑也不同。

（2）根据材料的工艺性能选择 材料的工艺性能是指材料在加工中所表现出来的性能，金属材料主要有铸造性能（包括流动性、收缩、偏析和吸气性等）、锻造性能（包括塑性和变形抗力）、焊接性能（包括焊接接头产生工艺缺陷的敏感性及焊接接头的使用性能）、热处理性能（包括淬透性、淬火变形、开裂倾向、过热敏感性、耐回火性等）和切削加工性能。在选材中，应考虑零件的结构形状和加工特征，来保证零件的加工工艺性。

高分子材料的加工性能主要指良好的可塑性、可挤压性、可纺性和可延性。这些加工性能为高分子材料提供了适于多种多样加工技术的可能性，也是高分子材料能得到广泛应用的重要原因。陶瓷材料的主要工艺性能包括可浇注性、可压制性、可挤压性、可塑性等。

金属材料的加工比较复杂，在液态成型方式下应主要考虑选择铸造性能好的合金；在塑

性成型工艺中应考虑选择塑性好、变形抗力小的合金；如果采用焊接结构件，则应选用低碳钢或低碳合金钢。而铜合金、铝合金的焊接性能都不够好。

高分子材料的成型工艺不适合切削加工，因为其导热性差，在切削过程中不易散热，使工件温度急剧升高，导致热固性树脂变焦，热塑性塑料变软。

陶瓷材料成型后，除了可以用碳化硅、金刚石砂轮磨削外，几乎不能进行其他切削加工。

零件的热处理可以使材料获得良好的切削加工性和保证零件最终的使用性能。例如，钢的硬度在170~230HBS范围内具有较好的切削加工性，中碳钢采用正火或调质等热处理工艺可以控制在这个硬度值范围内，高碳钢可以采用球化退火。当零件要求具有高硬度和耐磨性时，采用高碳钢经淬火加低温回火的热处理工艺可以达到目的。由于碳钢的淬透性差，淬火时容易变形与开裂，因此制造高强度、大截面及形状复杂的零件时，可以选用淬透性好的合金钢。

(3) 根据材料的经济性选择 在满足零件使用要求的前提下，选择成本低廉的材料，以保证零件生产的经济性。零件的总成本包括材料本身的价格、加工费及其他一切费用。有时甚至还包括运费与安装费用。

在金属材料中，碳钢和铸铁的价格比较低廉，而且加工方便。因此在能满足零件力学性能的前提下，选用碳钢和铸铁可降低成本。低合金钢由于强度比碳钢高，工艺性能接近碳钢，因此选用低合金钢代替碳钢会获得更经济的效果。

选材时还应考虑国内的资源条件、生产情况、国家标准，从实际情况出发，全面考虑力学性能、工艺性能和生产成本等方面的问题。

## 1.2 材料的成型方法

### 1.2.1 材料成型方法的分类

随着工程材料种类的增多和材料加工技术的快速发展，现代制造产品的材料已不仅仅是金属材料，越来越多的高分子材料、无机非金属材料以及复合材料得到广泛的应用，相应的材料成型方法有金属的成型（包括铸造成型、塑性成型和焊接成型）（图1-2）、高分子材料的成型（图1-3）、无机非金属材料的成型（图1-4）以及复合材料的成型（图1-5）等。

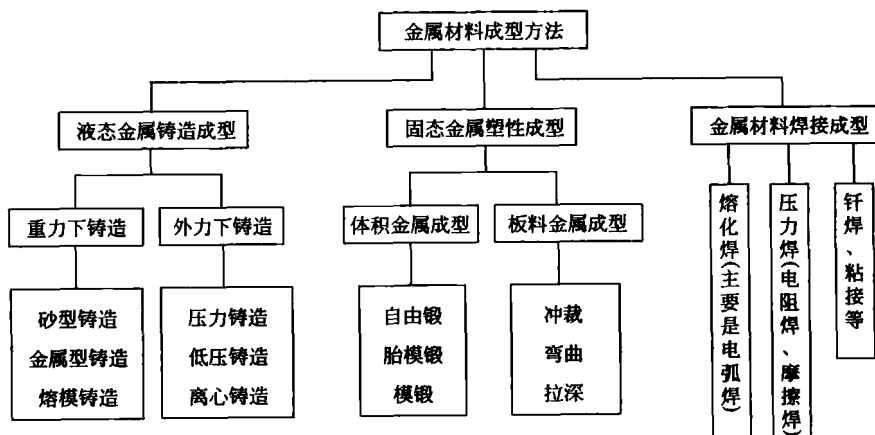


图 1-2 金属的成型方法分类

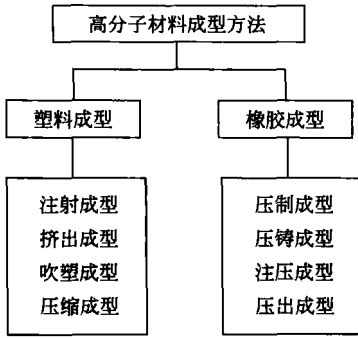


图 1-3 高分子材料成型方法分类

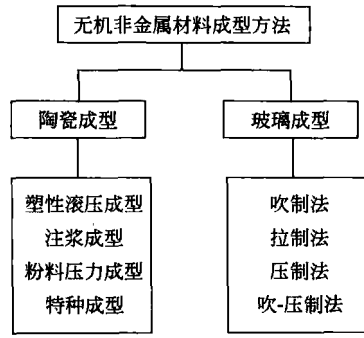


图 1-4 无机非金属材料成型方法分类

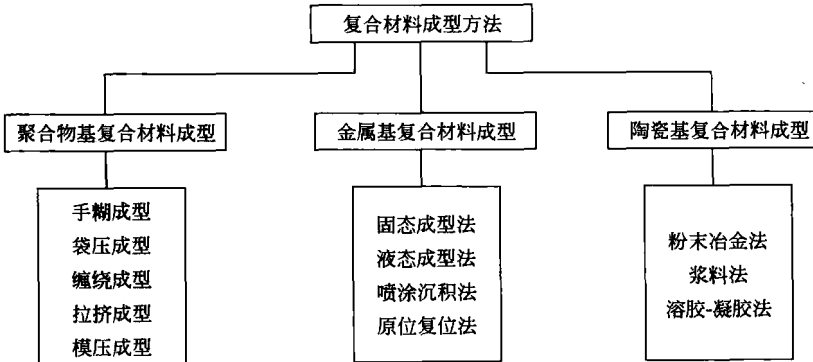


图 1-5 复合材料成型方法分类

金属液态成型又称铸造，是将液态金属浇注到与零件形状相适应的铸型型腔中，待其冷却凝固后，获得一定形状、尺寸和性能的金属件的工艺方法。

固态金属塑性成型包括锻造和冲压，是一种利用锻压设备对金属坯料施加压力，使坯料或铸锭产生塑性变形，以获得一定力学性能、一定几何尺寸、形状和质量的锻件或冲压件的加工方法。

金属焊接成型是用加热或加压等手段，使分离的两部分金属材料，借助于金属间原子的结合与扩散作用，而牢固地连接起来，成为不可拆卸的连接方式的工艺方法。

注射成型也称注塑成型，是指受热熔化的材料由高压射入模具型腔，经冷却固化后，得到成品的方法。

模压成型又称压制成型或压缩成型，是先将粉状、粒状或纤维状的材料放入加热的模具型腔中，然后闭模加压而使其成型并固化的工艺。

## 1.2.2 材料成型的作用和特点

### 1.2.2.1 材料成型的作用

材料成型主要用于各种型材的生产以及零件毛坯或零件的成型。其大部分成型工艺都是在模具中实现的。

金属液态成型生产的铸件在一般机器生产中占总质量的 40%~80%。塑性成型生产的钢锻件、钢板冲压件、各类有色金属的锻件和板料冲压件以及塑料件与橡胶制品等，在仪表和家用电器中占 90%。连接成型中的焊接在大型结构件或框架结构件成型中是不可缺少的工艺方法。焊接在汽车和铁路车辆，船舶，航空航天飞行器，原子能反应堆及电站，石油化工设备等制造行业应用极为广泛。

工业产品中,绝大多数的非金属材料制品都是采用成型工艺制成的,例如塑料件的注射成型、橡胶件的压铸成型、陶瓷件的注浆成型等。

### 1.2.2.2 材料成型的特点

与机械切削加工比较,材料成型加工有如下特点。

(1) 材料一般在热态下通过模具或模型成型,生产周期短,质量稳定,能一次成型外形和内腔复杂的制件。产品尺寸规格的一致性较好。

(2) 材料利用率高。避免或减少切削加工的大量切屑。以生产锥齿轮为例,切削加工的材料利用率为41%,采用铸、锻成型的材料利用率为68%,采用精铸或精锻的材料利用率为83%,通常零件越复杂,采用成型加工的材料利用率越高。

(3) 生产效率高。材料成型过程适用于采用机械化、自动化流水作业,可实现大批量的生产。

(4) 产品性能好。例如,金属材料通过塑性成型加工可以使材料内部形成合理分布的纤维组织,有利于提高材料的力学性能。

(5) 成型加工零件的尺寸精度较切削加工低,表面粗糙度值比切削加工零件的表面粗糙度值大。

### 1.2.3 材料成型方法的选择

#### 1.2.3.1 机器零件的分类

(1) 机器零件按结构形状和用途不同分类 可分为以下四大类。

① 饼块盘套类零件 如齿轮、带轮、飞轮、模具模板、滑动轴承、套环等。

② 轴杆类零件 如机床主轴、丝杠、光杠、凸轮轴、曲轴、模具顶杆等。

③ 箱体支架类零件 如机床变速箱、机床床身、电机座、机架、轴承座、汽缸体、泵体等。

④ 薄板类零件 如汽车覆盖件、结构件、防护罩、油箱、密封垫、垫圈、车灯罩等。

(2) 按零件材料种类分类 可分为铸铁件、钢件、塑料件、橡胶件、陶瓷件、有色金属件等。

(3) 按材料成型方法分类 可分为铸件、锻件、冲压件、焊接件、注塑件、压制件等。

#### 1.2.3.2 成型方法的选用原则

零件毛坯或成品的成型方法应根据零件材料的种类、力学性能、毛坯或成品的结构形状、生产批量、生产条件和经济合理性来选择。其选择原则归纳如下。

(1) 根据材料的种类选择成型方法。例如,铸铁件只能选择铸造,难以切削加工的高性能材料可以采用熔模铸造,橡胶制品多采用压制成型。

(2) 根据材料的力学性能要求选择成型方法。例如机床主轴、变速齿轮等重要零件的毛坯多采用锻造,可提高零件的力学性能。一般受力较小的固定轴可以选用型材(圆棒料)为毛坯。

(3) 根据零件结构形状选择成型方法。铸造适用于具有复杂型腔的缸体、箱体、壳体类零件的生产;曲轴、凸轮轴适合采用铸造成型;壳型热塑性塑料制品多选用注射成型。

(4) 根据生产批量选择毛坯成型方法。例如,模型锻适于大批量生产,自由锻适于单件小批量生产。砂型铸造生产率低,而压力铸造生产率高。

(5) 尽量根据本企业的生产和设备条件,选择合适的成型方法。

(6) 不同的成型工艺方案,需要不同的装备、模具、生产条件等,应对各种方法进行技术经济分析,选择性价比高的成型方法。

### 1.2.3.3 成型方法的比较

表 1-1 为各主要成型方法的比较。

表 1-1 主要成型方法的比较

序号	比较内容	铸 造	塑性压力加工 (锻造、冲压)	焊 接	注 塑
1	材料及其成型特点	液态金属成型	固态金属塑性成型	金属焊接成型	塑料注射成型
2	对原材料性能的要求	液态下的流动性好、凝固时的收缩率低	塑性好、变形抗力小	强度高、塑性好、液态下的化学稳定性好	塑料加热、加压时可塑性好
3	制品的材料种类	铸铁、铸钢、各类有色金属	中低碳钢、合金钢、有色金属薄板	低碳钢、低合金结构钢	热塑性塑料、热固性塑料
4	制品的组织特征	晶粒较粗、疏松,杂质排列无方向性	晶粒细小、致密,杂质呈方向性排列	焊缝区为铸造组织,熔合、过热区晶粒较粗	对热塑性塑料产品,分子结构呈链状或树枝状;对热固性塑料产品,分子结构呈网状
5	制品的力学性能特征	铸铁件的力学性能较差,但减振、耐磨性能好;铸钢件的力学性能好	力学性能优于相同成分的铸钢件	焊缝的力学性能可达到或接近母材金属	塑料件的力学性能较钢铁件的力学性能差
6	零件的结构特征	形状不受限制,可相当复杂	形状较铸件简单,冲压件的结构轻巧	尺寸、形状不受限制,结构轻巧	结构轻巧,形状可相当复杂
7	材料利用率	高	低,但冲压件较高	较高	高
8	生产周期	长	长,但自由锻短	短	较短
9	生产成本	较低	较高,冲压件的批量越大,其成本越低	较高	低
10	主要适用范围	铸铁件用于受力不大及承压为主,或要求有减振、耐磨性能的零件;铸钢件用于承受重载且形状复杂的零件;有色金属铸件用于受力不大、要求重量轻的零件	锻件用于承受重载及动载的重要零件;冲压件用于以薄板成型的各种零件	主要用于制造各种金属构件(尤其是框架结构件),部分用于制造零件的毛坯及修复废旧零件	日用塑料制品、家用电器零件,轿车、飞行器零件,建筑装饰材料,包装与防护材料等

## 1.3 本课程的内容和任务

《材料成型基础》是一门研究机器零件和工业产品成型方法的综合性专业基础课。该课程内容的阐述和分析是以提高质量、生产率和经济性为宗旨,介绍了工程材料各种成型工艺方法;材料成型方法和制造工业的相互联系;材料成型工艺流程方面的基础知识。本课程应安排在完成《工程制图》、《工程力学》、《工程材料》等课程的学习及《工程实训》之后开设。

本课程学习的主要目的是培养学生具有选择材料、选择结构、选择成型方法的能力,为后续机械类专业课的学习打下良好的知识基础,为将来就业及从事工程技术工作奠定良好的工程技术知识基础。

本课程学习的主要内容包括：各种成型工艺方法本身的规律性及其在制造业中的应用和相互联系；材料的成型工艺过程和机器零件的结构工艺性；常用工程材料性能对成型工艺的影响；工艺方法的综合比较等。

本课程的特点是：实践性很强，与工业实际生产密切相关；课程包含内容多，涉及了材料成型的各种工艺方法，其中概念性知识多、工程术语繁多；叙述性内容多。

本课程的学习任务是：在已学课程的理论知识及工程实训的感性认识基础上，熟悉常用工程材料性能的应用特点；掌握各种成型方法的原理、特点及应用范围；掌握选择材料成型方法的基本原则。了解材料成型方法的工艺过程及装备；了解各种机器零件的结构工艺性；了解材料先进成型技术的发展趋势及新成型方法的基本原理和应用。

## 第2章 金属液态成型

金属液态成型也称铸造，其实质是将液态金属浇注到与零件形状相适应的铸型型腔中，待其冷却凝固后，获得具有一定形状、尺寸和性能金属件的方法。用液态成型方法生产的金属件称为铸件。铸件主要用于机器零件的毛坯，精密铸件可直接用作机器的零件。

在各类机械中，铸件所占比重很大，例如，机床、内燃机、重型机器中铸件占质量分数为70%~90%，拖拉机、农业机械为40%~70%，汽车为20%~30%。铸造在工业生产中得到广泛应用，是因为其具有以下诸多优点。

(1) 可以铸造出内腔和外形很复杂的金属件。铸件形状和尺寸与零件很接近，减少切削加工余量和加工工时，精密铸件几乎不需要切削加工。

(2) 适用性很广，可用于各种合金；生产的铸件重量可由几克到数百吨；壁厚由0.5mm到1m左右；轮廓尺寸从几毫米到几十米。

(3) 使用的原材料来源广泛，价格低廉，铸件成本较低。

液态成型也给铸件带来一些缺点，如铸件组织疏松、晶粒粗大，内部易产生各种缺陷。因此铸件的力学性能比相同材料锻件的力学性能低；铸造工序较多，其中一些工艺过程较难控制，使得铸件质量不够稳定；工人劳动强度较大，劳动条件较差。

金属液态成型的方法有砂型铸造和特种铸造。特种铸造主要包括熔模铸造、金属型铸造、压力铸造和离心铸造等。

在液态成型中，金属性能、铸造方法、工艺条件以及铸件结构等因素都会影响铸件的质量，为获得合格铸件，应在各方面进行合理选择。

### 2.1 金属液态成型的工艺性能

金属液态成型的工艺性能在生产中称为合金的铸造性能或称可铸性，用来衡量合金在铸造中获得合格铸件的难易程度。

合金的铸造性能以合金的流动性、收缩性、吸气性和偏析等为综合衡量指标，其中流动性和收缩性对铸件的质量影响较大。

#### 2.1.1 合金流动性

##### 2.1.1.1 流动性及其对铸件质量的影响

液态金属充满铸型的能力称为合金流动性。合金流动性好，易充满铸型，能获得外形完整、轮廓清晰、尺寸精确、薄而复杂的铸件；有利于合金凝固收缩时得到补缩；有利于非金属杂质及气体上浮和排除；能避免铸件产生气孔、渣眼、冷隔和浇不足等缺陷(图2-1)。

##### 2.1.1.2 影响流动性的因素

(1) 化学成分 位于共晶成分附近的合金，凝固温度低，结晶间隔窄，流动性好。而结



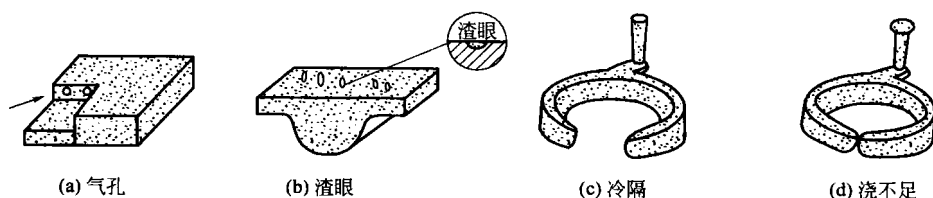


图 2-1 流动性不好常见的缺陷

晶间隔宽的合金流动性差。因为共晶合金在恒温下结晶，凝固是由液态合金的表层向中心逐层推进的，其结晶前沿比较平滑 [图 2-2(a)]，对液态合金流动的阻力小，所以流动性好。在一定温度范围内结晶的合金，凝固时需经过较宽的既有液体又有树枝状晶体的两相区，其结晶前沿凹凸不平 [图 2-2(b)]，对内部液体的流动阻力较大，所以流动性较差。合金结晶范围越大，两相区越宽，树枝状晶体也越多，液态金属越早停止流动，则合金流动性越差。

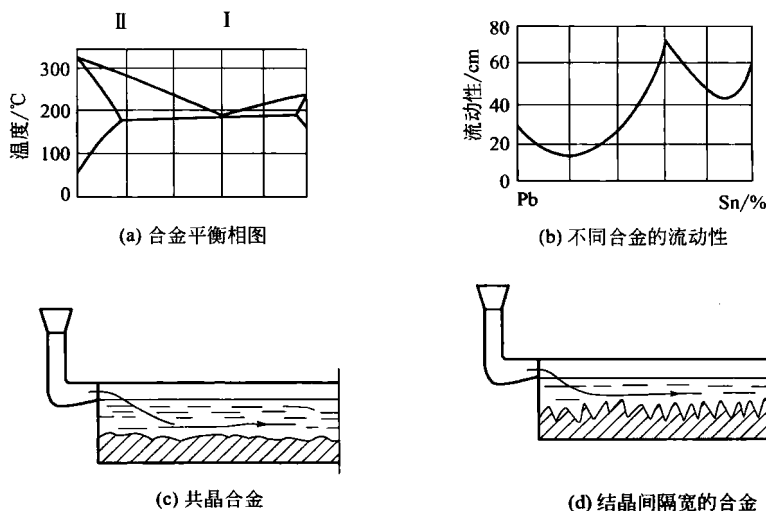


图 2-2 不同结晶特征的合金流动性示意图

铸铁中的硅和磷可以提高铁水的流动性，而硫降低铁水的流动性。在常用铸造合金中，铸铁和有色金属的流动性比铸钢好。

(2) 浇注条件 在一定范围内，浇注温度越高、金属液黏度越低、产生的热量越多、金属冷却速度越慢，则金属在铸型中保持液态的时间越长。但超过一定范围，浇注温度越高、液态合金收缩越大、吸气越多、氧化越严重，合金流动性反而降低。当浇注速度越快、充型越快时，合金流动性越好。液态合金在流动方向上所受压力越大、充型能力越高时，流动性越好。

(3) 铸型条件和铸件结构 铸型导热速度越快、液态合金凝固越快，则流动性越差；铸型为砂型时若水分过多、排气不畅、透气性不好，浇注时铸型中易产生大量气体，增加铸型阻力，则使合金流动性变差；浇注系统结构越复杂、直浇口越低、内浇口截面越小、铸型内腔越粗糙，则液态金属的流动性越差。

当铸件结构壁厚过小、壁厚急剧变化、有大的水平面时，则金属液的流动性较差。

### 2.1.1.3 合金流动性的测值方法

合金流动性值的大小，通常以螺旋形流动性试样的长度来衡量。如图 2-3 所示，将金属