

第 1 章 概 述

任何材料,一般只有将其加工成一定形状和尺寸后,才具有特定的使用功能。顾名思义,材料成型即是将原材料加工成特定形状与尺寸零件(或毛坯)的方法。

1.1 材料成型专业涉及的技术领域

材料成型及控制工程(material molding and control engineering)专业是 1998 年国家教育部进行专业调整时新设立的专业,涵盖原金属材料与热处理(部分)、热加工工艺及设备、铸造(部分)、塑性成形工艺及设备、焊接工艺及设备(部分)等多个专业内容。新专业调整强调“厚基础、宽口径”,通过老专业合并来加强学科基础,拓宽专业面,从而改变老专业口径过窄、适应性不强的状况,培养出适合经济快速发展需要的人才,即由“专才”培养向“通才”培养模式转变。2012 年,教育部对 1998 年印发的普通高等学校本科专业目录进行了修订,材料成型及控制工程专业代码由 080302 调整为 080203。

材料成型及控制工程专业是一个具有机械学科典型特征和浓厚材料学科色彩的宽口径专业,主要研究各种材料成形的工艺方法、质量控制以及材料成形的机械化和自动化,是集材料制备与成形及过程自动化为一体的综合性学科。本书中常用到“成型”(molding)和“成形”(forming)两个词。作者认为,“成型”一词强调的是被加工零件形状与模具(或工具)型腔一致,即模具型腔对产品(制品)最终形状的作用;而“成形”则侧重毛坯变形成所需形状和尺寸产品(或制品)的过程及原理(机理)。一般情况下,本书使用“成形”一词。

材料成型是研究材料成形的机理、成形工艺、成形设备及相关过程控制的一门综合性应用技术,通过改变材料的微观结构、宏观性能和外部形状,满足各类产品的结构、性能、精度及特殊要求。按材料种类及形态不同,材料成型涉及如下内容。

1. 金属材料的塑性成形

金属塑性成形(plastic forming)方法是对坯料施加外力,使其产生塑性变形,改变尺寸、形状及性能,从而获得机械零件、工件或毛坯的成形方法。根据坯料的几何特点,金属塑性成形方法一般分为体积成形(如锻造、挤压)和板料成形(如冲压)两大类。锻造与冲压统称为锻压,是塑性成形的主要方法。锻造通常在坯料加热后进行,属于热加工。金属经锻造后能使晶粒细化、成分均匀、组织致密、保持流线、提高强度,承受重载及冲击载荷的重要零件多以锻件为毛坯。冲压一般不需加热,以薄板金属为原材,故又称为冷冲压或板料冲压。冲压件具有强度高、刚性好、结构轻等优点。

2. 金属材料的液态成形

金属的液态成形常称铸造(casting),是指将熔炼成液态的金属浇入事先制造好的铸型,凝固后获得一定形状和性能铸件的成形方法。它能最经济地制造出外形和内腔很复杂的零件(如各种箱体、机架、机床床身、发动机机体和缸盖等),而且液态成形件的形状、尺寸比较接近零件,节省金属材料和加工工时。生产中常用于各种尺寸、形状、重量毛坯的

制造。

3. 金属材料的连接成形

金属的连接成形(jointing),一般指焊接(welding),是通过加热、加压或加热加压,并且用或不用填充材料,使焊件达到原子结合的一种加工方法,所用能源可以是电能、机械能、化学能、声能或光能等。按焊接过程的特点,可将焊接分为熔化焊、压力焊和钎焊三大类。金属的连接成形广泛应用于航空航天、船舶重工、桥梁建造、汽车制造等行业。

4. 金属粉末成形

粉末成形属于粉末冶金范畴,它以金属粉末(或非金属粉末混合物)为原料,经成形和烧结操作可制造各种金属材料、复合材料及其零部件。常用的粉末成形方法有模压、轧制、挤压、温压、注射成形及粉浆浇注等。粉末成形在无机非金属材料加工领域应用也极为广泛。

5. 非金属材料成型

非金属材料是指除金属以外的其他一切材料,如塑料、合成橡胶、合成纤维、胶黏剂、陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料等,它们在各工业领域中有广泛应用。

1) 塑料成型

工程塑料是常用的高分子材料。相对金属来说,塑料具有密度小、比强度高、耐腐蚀、电绝缘性好、耐磨和自润滑性好,以及透光、隔热、消声、吸振等优点。但也存在强度低、耐热性差、容易蠕变和老化等缺点。在工程塑料的成型工艺中常见的有注射成型(成型尺寸精确、形状复杂、薄壁或带金属嵌件的塑料制品)、挤出成型(成型热塑性塑料,生产各种板、管、棒、线等塑料制品)和压制成型(成型板、管和棒等塑料制品)。

2) 橡胶材料成型

橡胶是在室温下具有高弹性的高分子材料,用于制作轮胎、动静态密封件、减振防振件、传动件、运输胶带和管道、电缆和电工绝缘材料等。橡胶的成型工艺有塑炼、混炼、压延工艺、压出工艺、注塑成型等。

3) 陶瓷材料成型

陶瓷是由金属和非金属形成的无机化合物材料,性能硬而脆,与金属材料和工程塑料相比有更高的耐高温、耐蚀和耐磨性。利用陶瓷特有的物理性能可制造出种类繁多、用途各异的陶瓷材料,例如导电陶瓷、半导体陶瓷、压电陶瓷、绝缘陶瓷、磁性陶瓷、光学陶瓷等,也可利用某些精密陶瓷对声、光、电、热、磁、力、温度、湿度、射线等信息显示的敏感特性而制得各种陶瓷传感材料。

6. 3D 打印成形

3D 打印成形是近 30 年来发展起来的一门制造技术,早期称为快速原型制造或快速成型,是计算机辅助设计与制造、计算机数字控制、激光、精密伺服驱动等先进技术以及材料科学的集成。3D 打印成形基于离散和材料累加原理,并由 CAD 模型直接驱动完成任意复杂形状产品的快速制造,摆脱了传统的“去除”加工方法,而采用全新的“增材”成形方法,不需要传统的刀具、夹具以及多道加工工序,可实现任意复杂物体的快速、精密“自由制造”,解决了许多复杂结构物体的成形难题,能更好地响应市场需求,提高企业的竞争力。

1.2 材料成形在国民经济中的作用

材料成形技术在工业生产的各个行业都有广泛应用,尤其是对制造业来说更具有举足轻重的作用。制造业是生产和装配制成品的企业群体的总称,包括机械、运输工具、电气设备、仪器仪表、食品工业、服装、家具、化工、建材和冶金等,它在国民经济中占有很大的比重。统计资料显示,近年来我国制造业占国民生产总值(GDP)的比例已超过35%,同时,制造业的产品还广泛地应用于国民经济的诸多其他行业,对这些行业的运行产生着不可忽视的影响。因此,作为制造业的一项基础和主要的生产技术,材料成形技术在国民经济中占有十分重要的地位,并且在一定程度上代表着一个国家的工业技术发展水平。

采用铸造方法可以生产铸钢件、铸铁件及各种铝、铜、镁、钛及锌等有色合金铸件。我国已铸造出重约315t的大型厚板轧机的铸钢框架,重达260t的大型铸铁钢锭模,还铸出了 $30 \times 10^4 \text{ kW}$ 水轮机转子等复杂铸件,其尺寸精度达到国际电工学会规定的标准。采用铸造方法还可以铸造壁厚0.3mm、长度12mm、质量为12g的小型薄壁铸件。在机床和通用机械中铸件质量占70%~80%,风机、压缩机中铸件质量占60%~80%,农业机械中铸件质量占40%~70%,汽车中占20%~30%。

采用塑性成形方法,可生产各种金属(黑色金属和有色金属)及其合金的锻件和板料冲压件。塑性加工的零件和制品在汽车与摩托车中占70%~80%,在拖拉机和农业机械中占50%,在航空航天飞行器中占50%~60%,在仪表中占90%,在家用电器中占90%~95%,在工程与动力机械中占20%~40%。

采用连接方法生产独立的制件或产品虽然不如铸造和塑性成形方法多,但据国外权威机构统计,在各类工业制品中半数以上都需要采用一种或多种连接技术才能制成。在钢铁、汽车和铁路车辆、舰船、航空航天飞行器、原子能反应堆及电站、石油化工设备、机床和工程机械、电器与电子产品、家电以及桥梁、高层建筑、高铁、油气远距离输送管道、高能粒子加速器等许多重大工程中,连接技术都占据十分重要的地位,连接技术的应用十分广泛。

以载货汽车为例,一辆汽车由数十个部件、上万个零件装配而成。其中发动机上的汽缸体、汽缸套、汽缸盖、离合器壳体、手动(自动)变速箱壳体、后桥壳体、活塞、活塞环、化油器壳体、油泵壳体等,采用铸铁、铸铝和铝合金铸造或压铸工艺生产;连杆、曲轴、气门、齿轮、同步器、万向节、十字轴、半轴、前桥及板簧零件,采用模锻工艺生产;车身、车门、车架、油箱等,经冲压和焊接制成;车内饰件、仪表盘(部分汽车)、方向盘、灯罩(部分)等,采用注塑生产;而轮胎为橡胶压制件。总之,一辆汽车有80%~90%的零件是经成形工艺生产的。

总之,金属材料约有70%以上需经铸、锻、焊成形加工才能获得所需制件,非金属材料也主要依靠成型方法才能加工成半成品或最终产品。因此,材料成形是整个制造技术的一个重要领域,是国民生产中极为重要且不可替代的组成部分,可以毫不夸张地说,没有先进的材料成形技术,就没有现代制造业。

1.3 材料成形工艺的分类与特点

根据材料的种类、形态、成形原理及特点,成形工艺可按图 1.1 所示分类。

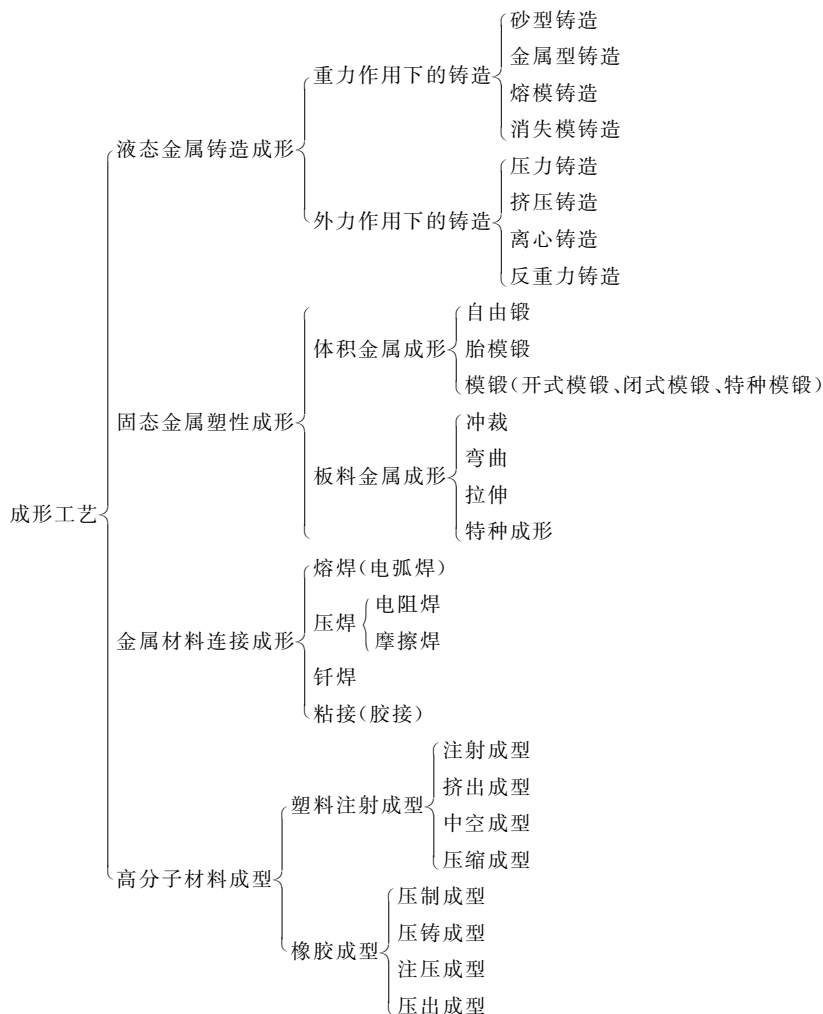


图 1.1 材料成形工艺的分类

与机械切削加工相比,材料成形有如下特点。

(1) 材料利用率高。对于某个零件,当采用棒料或块状金属为毛坯时,要通过车、铣、刨等方法将多余金属切削掉,才能得到所需的零件;而采用铸、锻件为毛坯进行切削加工,仅需将加工余量切削掉,因而材料利用率高。以常见的锥齿轮和汽车轮胎螺母为例,当以棒料或块料为毛坯进行切削加工生产时,其材料利用率分别为 41%、37%;当以铸、锻件为毛坯进行切削加工生产时,其材料利用率分别为 68%、72%。当采用精密成形生产时,其材料利用率分别为 83%、92%。一般情况下,零件形状越复杂,采用成形工艺时的材料利用率越高。

(2) 产品性能好。采用成形工艺生产时,材料尤其是金属材料流线沿零件轮廓形状分布,金属纤维连续,而切削加工时会将金属纤维切断;其次,材料的塑性变形有利于提高零

件的内在质量,如强度、疲劳寿命等。以齿轮为例,采用成形工艺生产与采用切削加工生产相比,其强度、抗弯疲劳寿命均提高 20% 以上。

(3) 产品尺寸规格一致。模具生产特别适合大批量生产,如机械与家电产品中的冲压件。

(4) 生产率高。对于成形工艺,普遍可采用机械化、自动化流水作业来实现大量乃至大规模生产。仍以锥齿轮和汽车轮胎螺母为例,与采用切削加工相比其生产率分别提高 2 倍和 3 倍,有的零件甚至可提高数十倍。

(5) 一般制件尺寸精度比切削加工低、表面粗糙度值比切削加工高。即使在室温变形,因模具或模型的磨损、弹性变形等因素,也将影响制件尺寸精度和表面粗糙度。因此,对于金属零件的生产,一般采用串联成形工艺获得具有一定机械加工余量和尺寸公差毛坯,然后通过机械切削加工获得最终产品。

需要指出的是,材料成形(成形加工)较之切削加工,在材料利用率、产品性能、生产率等诸多方面具有无可比拟的优势,但材料成形所用的模具、工装(绝大部分)仍需采用切削加工方法制造。

1.4 材料成型专业人才培养模式与教学质量标准

1.4.1 材料成型专业人才培养模式

厚基础、宽口径是我国目前材料成型及控制工程专业培养人才的主要模式。但由于各高校原有的专业设置及基础不同,专业的定位及发展目标也不尽相同,因此在人才培养模式及培养计划方面也存在较大差异。例如,一些研究型大学担负着精英教育的责任,以培养科学研究型和科学研究与工程技术复合型人才为主,学生毕业后大部分将继续深造,因此多以通识教育为主。而大多数教学研究型和教学型大学担负着大众文化教育的责任,以培养工程技术型、应用复合型人才为主,学生毕业后大部分走向工作岗位,因此大多数是通识与专业并重教育。

通过对国内部分大学人才培养方案的分析,目前国内材料成型及控制工程专业人才培养模式可归纳为以下几种。

1. 按照大类一级学科培养

这一培养模式以研究型大学为主。即按照材料科学与工程或机械工程一级学科打基础,学生不仅学习材料加工工程二级学科所需要的公共基础课和学科基础课,而且要学习该一级学科所包含的其他二级学科所需要的公共基础课和学科基础课,尤其是公共基础课完全相同。根据专业的不同归属,该类人才培养模式又分为以下两种。

(1) 按照材料科学与工程大类培养。由于专业属于材料一级学科,因此培养方案强调材料基础。目标是培养掌握系统的材料科学基本理论和必要的材料工程应用技术的专业知识,具有新材料、新产品、新工艺开发研制能力的高级工程技术人才。

(2) 按照机械工程大类培养。由于专业属于机械工程一级学科,因此培养方案强调机械基础。目标是培养掌握机械设计制造、材料加工过程及其机电控制的基本原理、方法、工艺和设备的专业知识,能从事机械设计制造、生产运行、科技开发及经营管理等方面的高级

工程技术人才。

2. 按照二级学科培养

这一培养模式以教学科研型和教学型大学居多,而且按照二级学科培养的学校占有很大比例。其中,又有分专业方向和不分专业方向培养两种不同情况。

3. 按照原二级学科培养

按这种人才培养模式培养学生的学校数量较少。有两种情况:一是按照调整前的老专业培养本科生,二是按材料成型及控制工程专业单一专业方向培养。

针对上述情况,教育部高等学校材料成型及控制工程专业教学分指导委员会 2008 年制定了《材料成型及控制工程专业分类指导培养计划》,共分四个大类。其中第三类为按照材料成型及控制工程专业分专业方向的培养计划,按这种人才培养模式培养学生的学校占被调查学校的大多数。其培养目标是掌握材料成型及控制工程领域的基础理论和专业基础知识,具备解决材料成型及控制工程问题的实践能力和一定的科学研究能力,具有创新精神,能在铸造、焊接、模具或塑性成形领域从事设计、制造、技术开发、科学研究和管理等工作,综合素质高的应用型高级工程技术人才。其突出特点是设置专业方向,强化专业基础,具有鲜明的行业特色。

4. 卓越工程师培养模式

近几年教育部启动了“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”),旨在培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才,为走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。该模式以强化学生工程能力和创新能力培养为特征,要求行业、企业深度参与培养过程,学生要有一年左右的时间在企业顶岗学习,学校按通用标准和行业标准培养现场工程师(本科)、设计开发工程师(硕士)和研究型工程师(博士)三个层次的工程人才。目前已有部分高校根据各自的专业基础及行业背景在材料成型及控制工程专业进行了本科层次“卓越计划”培养模式的试点。

1.4.2 机械类教学质量国家标准

2018 年 1 月 30 日,教育部公布了《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》(以下简称《标准》),这是我国高等教育领域首个国家标准。《标准》涵盖了普通高等学校本科专业目录中全部 92 个本科专业类、587 个专业,涉及全国 56000 多个专业点。《标准》以专业类为单位研制,明确了各专业类的基本质量要求,即对该专业类所有专业教学质量的最低要求,并作为设置本科专业、指导专业建设、评价专业教学质量的参考依据。《标准》主要内容包括概述、适用专业范围、培养规格、师资队伍、教学条件、质量保障体系等。以下就机械类教学质量国家标准的相关内容说明如下。

1. 概述

机械工业是国家工业体系的核心产业,在发展国民经济中处于主导地位。没有先进的机械工业,就没有发达的农业和工业,更不可能实现国防现代化。机械工业担负着向国民经济各部门提供技术装备的任务,国民经济各部门的生产技术水平与经济效益,在很大程度上取决于机械工业所能提供装备的技术性能、质量和可靠性。因此,机械工业的技术水平与规模是衡量一个国家工业化程度和国民经济综合实力的重要标志。

机械类专业包括机械工程、机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、机械电子

工程、工业设计、过程装备与控制工程、车辆工程、汽车服务工程等。主干学科分别包括机械工程、材料科学与工程、动力工程及工程热物理。

机械类专业承担着机械工业专业人才的培养重任,直接影响着我国机械科学与技术的发展,进而影响着我国的经济建设与社会发展。同时,机械类专业人才培养所提供的相关教育,对其他工程类专业人才的培养也具有基础性的意义。机械类专业人才培养水平的高低,直接影响着国家的发展和民族的进步。另外,机械类专业的大规模、多需求以及社会的高度认可,使其成为供需两旺的专业类。

机械学科的主要任务是将各种知识、信息融入设计、制造和控制中,应用现代工程知识和各种技术(包括设计、制造及加工技术,维修理论及技术,材料科学与技术,电子技术,信息处理技术,计算机技术和网络技术),使设计制造的机械系统和产品能满足使用要求,而且具有市场竞争力。

机械学科的主要内容包括机械的基本理论、各类机械系统及产品的设计理论与方法、制造原理与技术、测控原理与技术、自动化技术、材料加工、性能分析与实验、工程控制与管理等。机械学科及相关学科的飞速发展和相互交叉、渗透、融合,极大地充实和丰富了机械学科基础,拓展和发展了机械学科的研究领域。

总体上,机械类专业更加强调学生自然科学、工程科学以及机械学科及相关学科专业知识的融合,更加强调学生知识和能力的融合,更加强调学生设计、创新和工程技术应用能力的培养。

2. 适用专业范围

1) 适用的专业类(代码)

机械类(0802)。

2) 适用的专业(代码)

机械工程(080201)、机械设计制造及其自动化(080202)、材料成型及控制工程(080203)、机械电子工程(080204)、工业设计(080205)、过程装备与控制工程(080206)、车辆工程(080207)、汽车服务工程(080208)、机械工艺技术(080209)和微机电系统工程(080210)。

3. 培养目标

1) 专业类培养目标

机械类专业培养德、智、体、美全面发展,具有一定的文化素养和良好的社会责任感,掌握必备的自然科学基础理论和专业知识,具备良好的学习能力、实践能力、专业能力和创新意识,毕业后能从事专业领域和相关交叉领域内的设计制造、技术开发、工程应用、生产管理、技术服务等工作的高素质专门人才。

2) 专业培养目标(各高校制定)

各高校确定的培养目标必须符合所在学校的定位及专业基础和学科特色,并能够适应社会经济发展需要。培养目标应包括学生毕业时的要求,还应能反映学生毕业后在社会与专业领域预期能够取得的成就,培养目标应向教育者、受教育者和社会有效公开。应根据持续发展的需要,建立必要的制度,定期评价培养目标的达成度,并定期对培养目标进行修订。评价与修订过程应有行业或企业专家参与。

4. 培养规格

1) 学制

4 年。

2) 授予学位

工学学士。

3) 参考总学时或学分

机械类专业总学分建议 150~190 学分。各高校可根据具体情况自行设定。

4) 人才培养基本要求

(1) 思想政治和德育方面,按照教育部统一要求执行。

(2) 业务方面:

① 具有数学、自然科学和机械工程科学知识的应用能力。

② 具有制定实验方案、进行实验、分析和解释数据的能力。

③ 具有设计机械系统、部件和过程的能力。

④ 具有对机械工程问题进行系统表达、建立模型、分析求解和论证的能力。

⑤ 具有在机械工程实践中选择、运用相应技术、资源、现代工程工具和信息技术工具的能力。

⑥ 具有在多学科团队中发挥作用的能力和人际交流能力。

⑦ 能够理解、评价机械工程实践对世界和社会的影响,具有可持续发展的意识。

⑧ 具有终生学习的意识和适应发展的能力。

各高校应根据自身定位和人才培养目标,结合学科特点、行业和区域特色以及学生发展的需要,在上述业务要求的基础上,强化或者增加某些方面的知识、能力和素养要求,形成人才培养特色。

5. 质量保障体系

1) 教学过程质量监控机制

各高校应对主要教学环节(包括理论课程、实验课程等)建立质量监控机制,使主要教学环节的实施过程处于有效监控状态;各主要教学环节应有明确的质量要求;应建立对课程体系设置和主要教学环节教学质量的定期评价机制,评价时应重视学生与校内外专家的意见。

2) 毕业生跟踪反馈机制

各高校应建立毕业生跟踪反馈机制,及时掌握毕业生就业去向和就业质量、毕业生职业满意度和工作成就感、用人单位对毕业生的满意度等;应采用科学的方法对毕业生跟踪反馈信息进行统计分析,并形成分析报告,作为进行质量改进的主要依据。

3) 专业的持续改进机制

各高校应建立持续改进机制,针对教学质量存在的问题和薄弱环节,采取有效的纠正与预防措施,进行持续改进,不断提升教学质量。

1.5 材料成形技术的发展趋势

材料成形技术的总体发展趋势可以概括为三个综合,即过程综合、技术综合、学科综合。过程综合主要包括两个方面的含义,其一是指材料设计、制备、成形与加工的一体化,各个环

节的关联越来越紧密；其二是指多个过程(如凝固与成形)的综合化,或称短流程化,如喷射成形技术、半固态加工技术、铸轧一体化技术等。技术综合是指材料加工工程越来越发展成为一门多种技术相结合的应用技术科学,尤其体现为制备、成形、加工技术与计算机技术(计算机模拟与过程仿真)、信息技术的综合,与各种先进控制技术的综合等。学科综合则体现为传统三级学科铸造、塑性加工、热处理、连接之间的综合,以及与材料物理、材料化学、材料科学等二级学科的综合,与计算机科学、信息工程、环境工程等材料科学与工程学科以外的其他一级学科的综合。其中,与材料科学与工程的其他二级学科的综合的最大特点是,各二级学科之间的界限越来越不明显,学科渗透与相互依赖性越来越强。在具体成形工艺方面,表现为如下发展趋势。

1. 精密成形

“精密”是一个永恒的追求目标。从传统的毛坯制造,到近净成形(near net shape forming),再到净成形技术(net shape forming),以致将来的精确成形,精密成形一直是材料成形领域所致力追求且永无止境的发展趋势。目前的精密成形是指零件成形后,仅需少量加工或不再加工(final shape technique),就可用作机械构件的成形技术。它是建立在新材料、新能源、信息技术、自动化技术等多学科高新技术成果的基础上,改造了传统的毛坯成形技术,使之由粗糙成形变为优质、高效、高精度、轻量化、低成本、无公害的成形。近年来,越来越高的生产要求促使这项技术由近净成形向净成形不断发展,即通常所说的向精密成形发展。该项技术包括近净铸造成形、精确塑性成形、精确连接、精密热处理、表面改性等,是新工艺、新材料、新装备以及各项新技术成果的综合集成技术。

目前,净化毛坯应用广泛,例如精密铸件、精密锻件、板料精密冲裁件等。一般方法是将零件上难于进行切削加工的、形状复杂的部分采用精密成形工艺,使其完全达到最终形状与尺寸精度,而其余容易采用切削加工的部分,仍采用切削加工方法使其达到最终要求。如齿轮的齿形加工采用精铸或精锻,而小花键孔和一些窄的台阶面仍采用切削加工。

2. 复合成形

复合成形工艺有铸锻复合、锻焊复合、焊铸复合和不同塑性成形方法的复合等。如液态模锻即为铸锻复合工艺,它是将一定比例的固、液金属注入金属模膛,然后施加机械静压力,使熔融或半熔融状的金属在压力下结晶凝固,并产生少量的塑性变形,从而获得所需制件。它综合了铸、锻两种工艺优点,尤其适合锰、锌、铜、镁等有色金属合金零件的成形加工。

铸焊、锻焊复合工艺,则主要用于一些大型机架或构件,它采用铸造或锻造方法加工成铸钢或锻钢单元体,然后通过焊接方法获得所需制件。

板料冲压与焊接复合工艺,用于满足零部件不同部位对材料性能的不同要求。拼焊板冲压即为一种冲、焊复合工艺,它首先将不同厚度、材质或不同涂层的平板焊接在一起,然后整体冲压成形。该工艺在汽车、航天航空等工业中得到了应用。

3. 轻质高强新材料的应用及成形新技术的开发

由于节能、环保的需要,轻量化已成为现代结构设计的主流趋势,以高强钢、铝镁合金为代表的轻质高强材料的应用日益广泛,以汽车为例,整车质量减轻10%,燃烧效率可提高7%,并减少10%的污染。美国新一代汽车研究计划(PNGV)的近期目标是每100km油耗减少到3L,实现这一目标的途径是通过结构轻量化和材料轻量化使整车质量减轻40%~

50%，其中车体和车架质量减轻 50%，动力及传动系统减轻 10%。为适应这一发展方向，新车中使用的钢铁等黑色金属用量要大幅减少，而轻质的铝、镁合金用量显著增加，如福特汽车公司的新车型中铝合金将从 129kg 增加到 333kg，镁合金将从 4.5kg 增加到 39kg。结构轻量化及新型轻质高强材料的大量应用使得传统的成形加工技术已无法满足要求，需要开发新的成形工艺，如高强钢的高温成形、管件的高内压成形、铝合金的电磁复合（辅助）成形等，以满足零部件向更轻、更薄、更精、更强、更韧以及制造向高质量、低成本、短周期方向发展的需求。

4. 材料制备、成形加工及处理一体化技术

从使用角度，一般希望零件强度越高、越耐磨越好，但从成形加工角度，又希望被加工材料的强度尽可能低、塑性尽可能好，也就是说，使用需求和成形需求总是矛盾的，调和这对矛盾的有效途径就是将材料制备过程、零件成形及处理过程集成，在制备高强耐磨材料的同时，将其成形加工成所需要的形状和尺寸。如图 1.2 所示的汽车齿轮传动零件，需要强度高、耐磨且具有储油润滑性能，现阶段较为理想的制造手段是采用粉末冶金方法将高性能材料制备过程与零件成形加工及处理过程合并为一体，首先可根据使用要求设计选用不同金属粉末，然后采用合适的成形方法将粉末压制或压制成特定形状与尺寸，再经烧结处理为所需的零件。



图 1.2 汽车上部分适合粉末冶金方法制造的零件

5. 数字化成形

随着计算机技术的发展和科技的进步，产品的设计和生产方式都在发生显著的变化，以前只能靠手工完成的许多作业，已逐渐通过计算机实现了制造过程的高效化和高精度化。计算机技术与数值模拟技术、机械设计、制造技术的相互结合与渗透，产生了计算机辅助设计/计算机辅助工程/计算机辅助制造这样一门综合性的应用技术，简称 CAD/CAE/CAM。材料成形 CAD/CAE/CAM 技术广泛应用于机械、汽车、航空航天、电子等各个领域，成为材料成形制造的先进技术。通过 CAD 快速高质量设计，CAE 进行优化计算分析以及 CAM 进行高效、高精度加工，可以提高产品质量、降低开发成本、缩短开发周期，使产品赢得市场竞争。