



普通高等教育“十五”国家级规划教材

材料成形工艺

- 华中科技大学 夏巨谔 主编
- 西北工业大学 张启勋

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TB3
123

普通高等教育“十五”国家级规划教材

材料成形工艺

主 编 夏巨谔 张启勋
参 编 郝启堂 樊自田 姚泽坤
陈志明 王新云 熊腊森
杨思乾 李德群 周华民
主 审 姜奎华



机械工业出版社

本书共分为五篇：第一篇系统地讲述了液态金属的成形过程及控制、各种典型铸造技术的原理和方法、铸件的工艺设计和液态金属成形新工艺；第二篇在简要介绍毛坯加热和锻件冷却的基础上，着重讲述了固态金属塑性成形中的开式模锻、精密模锻和板料冲压等工艺方法和相应的模具设计，其次讲述了其它体积金属塑性成形和板管成形新工艺；第三篇系统讲述了金属连接成形原理、主要工艺方法、构件的连接设计、焊接新技术和焊接成形件的缺陷分析及相应的检测技术；第四篇在简要讲述塑料的性能与工艺特性的基础上，重点讲述了塑料制品的设计原则、注射成型工艺及模具，其次讲述了橡胶成形工艺与橡胶成形模具设计；第五篇着重讲述了各种成形工艺的选用原则、方法和工艺方案的技术经济论证。

本书可供高等院校材料加工工程专业的学生使用，也可供机类专业学生和从事铸、锻、焊生产与科学研究工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

材料成形工艺/夏巨湛 张启勋主编. —北京: 机械工业出版社,

2004.10 普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-111-15345-6

I. 材... II. 夏... III. 塑料成型—生产工艺—高等学校—
教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 099825 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张祖凤

责任编辑: 董连仁 版式设计: 霍永明 责任校对: 刘志文

封面设计: 饶薇 责任印制: 石冉

保定市印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·13 印张·500 千字

定价: 32.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面防伪标均为盗版

前 言

为了适应国家教育改革形势的发展,根据教育部最新专业目录,全国大部分理工院校已将原铸造、锻压、焊接专业合并组建为材料成形及控制工程大专业。要培养综合素质高、专业口径宽、知识结构合理的栋梁之材,在很大程度上取决于教材建设。

本书已入选为普通高等教育“十五”国家级规划教材。它是在华中科技大学等高校编写出版的改革教材《塑性成形工艺及设备》、《铸造工程基础》、《焊接工程基础》基础上,结合西北工业大学相关教材改革成果及近年来大材料、大机械类及材料加工工程与机械制造相互交叉的专业学科发展趋势,以培养具有国际竞争力的高素质创造性人才为目标,力争编写成一本精品教材。

本书的编写思路及特点为:以工艺为主线,兼顾模具设计;以传统工艺为基础,兼顾精密成形新工艺的导向;侧重基础,着重于工艺基础和关键技术的论述;对于不同类型的成形工艺,做到精选内容,写透一种,举一反三;在绪论中着重讲述不同成形工艺的共同点,在结尾(第五篇)中归纳出不同成形工艺的选用原则和方法,既有利于全书形成有机的整体,又有利于培养从多方面观察与分析实际工艺问题和技术创新能力。

全书由液态金属铸造成形工艺、固态金属塑性成形工艺、金属连接成形工艺、高分子材料成形工艺和材料成形工艺的选用共五篇组成。第一篇系统地讲述了液态金属的成形过程及控制、各种典型铸造技术的原理和方法、铸件的工艺设计和液态金属成形新工艺;第二篇在简要介绍毛坯加热和锻件冷却的基础上,着重讲述了固态金属塑成形中的开式模锻、精密模锻、板料冲压及板管成形等工艺和相应的模具设计;第三篇系统地讲述了金属连接成形原理、主要工艺方法、构件的焊接设计、焊接新技术和焊接成形件的缺陷分析及相应的检测技术;第四篇在简要讲述塑料的性能与工艺特性的基础上,着重讲述了塑料制品的设计原则、注射成型工艺及注射模,其次讲述了橡胶成形工艺及模具;第五篇着重讲述了各种成形工艺的选用原则、方法和工艺方案的技术经济论证。

本书由华中科技大学夏巨谌、西北工业大学张启勋主编。具体分工如下:张启勋(第一、三章),西北工业大学郝启堂(第二章),华中科技大学樊自田(第四章),夏巨谌与西北工业大学姚泽坤(第五、六、七、八章),夏巨谌(绪论、第二十章),华中科技大学陈志明、王新云(第九、十章),华中科技大学熊腊森(第十一、十二、十三、十四章),西北工业大学杨思乾(第十五

章), 华中科技大学李德群、周华民(第十六、十七、十八、十九章)。本书由武汉理工大学姜奎华教授主审。

鉴于作者水平所限, 书中难免有不当之处, 敬请读者批评指正。

编者

2003年11月

目 录

前 言

绪 论 1

第一篇 液态金属铸造成形工艺

第一章 液态金属成形过程及控制 10

第一节 液态金属充型过程的水力学特性及流动情况 10

第二节 浇注系统的设计 18

第三节 液态金属凝固收缩过程的工艺分析 26

第四节 冒口和冷铁的设计 29

复习思考题 39

第二章 各种典型铸造技术的原理和方法 41

第一节 砂型铸造（重力充型铸造技术一） 41

第二节 金属型铸造（重力充型铸造技术二） 53

第三节 熔模铸造（重力充型铸造技术三） 56

第四节 压力铸造（外力充型铸造技术一） 60

第五节 离心铸造（外力充型铸造技术二） 66

第六节 挤压铸造（外力充型铸造技术三） 69

第七节 反重力铸造（外力充型铸造技术四） 72

复习思考题 76

第三章 液态金属成形件工艺设计 77

第一节 铸件结构的工艺性 77

第二节 铸造工艺方案的确定 82

第三节 铸造工艺参数的确定 89

第四节 液态金属成形工艺设计实例 91

复习思考题 96

第四章 液态金属成形新工艺 97

第一节 消失模铸造技术 97

第二节 半固态铸造技术 103

第三节 其它液态金属成形新技术 107

复习思考题 113

第二篇 固态金属塑性成形工艺

第五章 毛坯加热与锻件冷却 116

第一节 毛坯加热方法	116
第二节 锻件冷却	119
复习思考题	120
第六章 开式模锻工艺及模具设计	121
第一节 开式模锻的变形特征	121
第二节 模锻件的分类及表示锻件复杂程度的参数	122
第三节 锻件图的设计	124
第四节 终锻与预锻模膛的设计	128
第五节 制坯工步的选择及模膛设计	132
第六节 锻模结构的设计	141
第七节 切边与冲连皮模的设计	147
复习思考题	148
第七章 精密模锻工艺及模具设计	149
第一节 精密模锻工艺的特点及应用	149
第二节 闭式精密模锻工艺	150
第三节 闭式精密锻模的设计	154
复习思考题	161
第八章 其它体积金属塑性成形工艺	162
第一节 墩锻成形工艺	162
第二节 挤压成形工艺	168
第三节 等温锻造工艺	174
复习思考题	177
第九章 板料冲压工艺及冲模设计	178
第一节 概述	178
第二节 冲裁	180
第三节 弯曲	189
第四节 拉深	196
第五节 冲压模具的设计	201
复习思考题	208
第十章 板管成形新工艺	209
第一节 板料的旋压成形	209
第二节 板料的介质成形	213
第三节 板料的超塑性与电磁成形	217
第四节 管料的塑性成形	220
复习思考题	228

第三篇 金属连接成形工艺

第十一章 金属连接成形原理及途径	230
-------------------------------	------------

第一节 金属连接成形原理	230
第二节 金属连接成形的途径和方法	231
复习思考题	236
第十二章 金属连接成形的主要工艺	237
第一节 电弧焊	237
第二节 电阻焊	261
第三节 钎焊	267
第四节 胶接	272
复习思考题	277
第十三章 焊接新技术及相关技术	278
第一节 高能束焊接	278
第二节 智能化焊接	283
第三节 金属焊接的相关技术	287
复习思考题	292
第十四章 金属构件焊接的工艺设计	293
第一节 金属构件常用材料的焊接	293
第二节 焊接方法的选择	302
第三节 金属构件焊接接头的设计	304
复习思考题	310
第十五章 焊接成形件的缺陷及检测	311
第一节 常见焊接缺陷	311
第二节 焊接检验方法	312
第三节 焊接过程的检测与控制	323
复习思考题	327
第四篇 高分子材料成形工艺	
第十六章 塑料的性能与工艺特性	330
第一节 塑料的性能和用途	330
第二节 塑料的组成和分类	331
第三节 塑料的工艺特性	334
复习思考题	339
第十七章 塑料制品的设计原则	340
第一节 制品的材料和几何形状	340
第二节 螺纹与齿轮的设计	349
第三节 金属嵌件的设计	351
第四节 制品尺寸精度与表面粗糙度	354
复习思考题	358
第十八章 注射成型工艺及注射模	359

第一节	注射工艺过程	359
第二节	注射工艺的影响因素	361
第三节	常用塑料及其注射工艺	364
第四节	注射模具的基本结构	368
	复习思考题	373
第十九章	橡胶成形工艺及模具	374
第一节	橡胶的特性与分类	374
第二节	橡胶成形的基本工艺	375
第三节	橡胶成形模具的设计	380
	复习思考题	388
第五篇 综合应用		
第二十章	材料成形工艺的选用	390
	复习思考题	400
	参考文献	401

绪 论

材料成形工艺主要包括液态金属铸造成形工艺、固态金属塑性成形工艺、金属材料连接成形工艺和高分子材料成形等（简称铸造、塑性成形、焊接和注塑，或称铸、锻、焊和注塑），是机械制造的重要组成部分，是现代化工业生产技术的基础。铸、锻、焊生产能力及其工艺水平，对一个国家的工业、农业、国防和科学技术的发展影响很大。

一、我国材料成形工艺的发展概况

材料成形工艺，尤其是铸造和锻造，我国是世界上应用最早的国家之一。目前发现的青铜器是1975年在甘肃省东乡林家村古遗址中的一把铜刀，距今已有5000多年。1978年在湖北省随州出土距今2400年前战国初期的曾侯乙墓青铜器总质量达10t左右，其中有64件的一套编钟，分8组包括辅件在内用铜达5t之多。钟面铸有变体龙纹和花卉纹饰，有的细如发丝，钟上铸有镀金铭文2800多字，标记音名与音律。整套编钟音域宽达五个半八度，可演奏各类名曲，音律准确和谐，音色优美动听，铸造工艺水平极高。公元前6~7世纪的春秋时代，我国就发明了冶铸生铁的技术，比欧洲早1700年。从1972年河北藁城县商代遗址出土的兵器考证，距今已有3300余年，经采用现代技术检验，其刃口是采用合金嵌锻而成，这是我国至今发现最早生产的锻件。早在远古的铜、铁器时代，当人类刚开始掌握金属冶炼并用来制作简单的生产和生活器具时，火烙铁钎焊、锻焊方法就已为古人所发现并得到应用。我国的铸、锻生产虽然历史悠久，但长期处于手工和作坊的落后状态，直到新中国成立之后，我国的铸、锻、焊工业随着机械制造业的发展同步壮大起来。

改革开放以来，随着我国国民经济的持续快速发展，铸、锻、焊生产也突飞猛进。据统计我国压铸机数量超过3000台，大小铸造厂遍布全国。近几年来，我国铸件产量已达1000万t/年，居世界前三位；我国目前拥有重点锻造企业350余家，其中合资与外资锻造企业20余家，主要锻造设备32000台，锻件年产量260余万t。目前全世界锻件年产量约1450万t，我国锻件产量居第一位。1996年我国钢产量达1亿t，居世界第一位，其中以焊接管为主的钢管近1000万t，我国现已建有各类焊管厂600多家，焊管机组多达2000余套。铸件、锻件、焊接件出口也逐年增长。

我国是铸、锻、焊件大国，但不是强国。与工业发达国家相比，我国的铸、锻、焊生产的差距不是表现在规模和产量上，而是集中表现在质量和效率上。据

文献介绍, 20世纪90年代初统计的铸造生产, 美国 $50\sim 60\text{t}/(\text{人}\cdot\text{年})$, 日本 $70\text{t}/(\text{人}\cdot\text{年})$, 前苏联 $40\text{t}/(\text{人}\cdot\text{年})$, 而中国低于 $8\text{t}/(\text{人}\cdot\text{年})$ 。锻件和焊接件生产情况与铸造生产情况类似。概括起来, 我国铸、锻、焊工业存在的主要问题是: 企业数量多, 但规模小, 尤其是专业化生产的企业少, 商品铸、锻、焊接件少; 一般设备数量多, 高精高效专用设备少, 因而一般铸、锻焊生产能力过剩, 而高精和特种铸、锻、焊生产能力不足; 计算机CAD/CAM/CAE技术应用不广; 专业人才力量薄弱等。

尽管存在这些问题, 但发展前景非常广阔。一是汽车工业大发展尤其是轿车加速进入家庭, 家用电器更新换代和与制造业息息相关的各行各业大发展, 为我国铸、锻、焊工业的发展提供了强大动力; 二是我国加入WTO后, 一些工业发达国家纷纷将制造业尤其是铸、锻、焊加工业向我国转移, 我国正在变为“世界工厂”, 为我国铸、锻、焊接件的出口和技术进步提供了极好机遇。

二、材料成形工艺的作用和地位

材料成形工艺在汽车、拖拉机与农用机械、工程机械、动力机械、起重机械、石油化工机械、桥梁、冶金、机床、航空航天、兵器、仪器仪表、轻工和家用电器等制造业中, 起着极为重要的作用。它是实现这些行业中的铸件、锻件、钣金件、焊接件、塑料件和橡胶件等生产的主要方式和方法。

采用铸造方法可以生产铸钢件、铸铁件, 各种铝、铜、镁、钛及锌等有色金属铸件, 我国已铸造出重约 315t 的大型厚板轧机的铸钢框架, 重 260t 的大型铸钢锭模, 还铸出 $30\times 10^4\text{kW}$ 水轮机转子等复杂铸件, 其尺寸精度达到国际电工会议规定的标准。采用铸造方法还可铸造壁厚为 0.3mm 、长度 12mm 、质量为 12g 的小型铸件。铸件的比例在机床、内燃机、重型机器中占 $70\%\sim 90\%$; 在风机、压缩机中占 $60\%\sim 80\%$; 在农业机械中的比例占 $40\%\sim 70\%$; 在汽车中占 $20\%\sim 30\%$ 。综合起来, 铸件在一般机器生产中占总质量的 $40\%\sim 80\%$ 。

采用塑性成形方法, 既可生产钢锻件、钢板冲压件、各种有色金属及其合金的锻件和板料冲压件, 还可生产塑料件与橡胶制品。塑性成形加工的零件与制品, 其比例在汽车中与摩托车中占 $70\%\sim 80\%$; 在拖拉机及农业机械中约占 50% ; 在航空航天飞行器中占 $50\%\sim 60\%$; 在仪表中约占 90% ; 在家用电器中占 $90\%\sim 95\%$; 在工程与动力机械中占 $20\%\sim 40\%$ 。

虽然采用连接方法生产独立的制件或产品不如铸、锻方法的多, 但, 据国外权威机构统计, 目前在各种门类的工业制品中, 半数以上都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、电器与电子产品以及家电等众多现代工业产品与桥梁, 高层建筑, 城市高架或地铁、油和气远距离输送管道、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, 其中的焊接技

术的应用尤为广泛。

总之，材料成形工艺是整个制造技术的一个重要领域，金属材料约有 70% 以上需经过铸、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形方法才能加工成半成品或最终产品。

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。其中发动机上的气缸体、气缸套、气缸盖、离合器壳体、手动变速箱壳体、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，系采用铸铁、铸铝和铝合金压铸工艺生产；连杆、曲轴、气门、齿轮、同步器、万向节、十字轴、半轴，前桥等及板簧零件，系采用模锻工艺生产；驾驶室顶棚、车门、前盖板、挡泥板、侧围板、后围板、车箱、油箱、底盘上的大梁、横梁、保险杠、轮毂等零件，系采用冲压工艺和焊接工艺联合生产；仪表板（部分汽车）、方向盘、灯罩（部分）等，系采用注塑件；而轮胎为橡胶压制件。总之，一辆汽车有 80% ~ 90% 的零件系采用成形工艺生产的。

三、材料成形工艺的特点

作为材料成形工艺的几种主要方法有铸造、锻造、冲压、焊接与注塑等。铸造是将液态合金注入铸造模型（简称铸型）中使之冷却，凝固而获得铸件产品；锻造与冲压是将固态金属（体积金属或板料金属）加热，或在室温下在锻压机器的外力作用下通过模具成形为所需锻件或冲压件产品；焊接则是将若干个坯件或零件通过焊接方法连接成为一个整体构件而获得焊接制品；注塑是采用注射成型机将粒状塑料连续输入到成型机的料筒并加热熔融使其呈粘性流动状态，由料筒中的螺杆或柱塞通过喷嘴注入到闭合的模具型腔中，经过保压和冷却固化定型而得到塑料制品。

由上述几种主要材料成形方法的工艺原理，并与机械切削加工工艺相比较，可将材料成形工艺的特点归纳如下：

(1) 材料一般在热态成形 在此热态下（液态或固态）通过模具或模型，在机器外力或材料自重作用下成形为所需制件，制件形状与最终零件产品相似或完全相同，留有一定的机械（切削）加工余量或机械加工余量为零。

(2) 材料利用率高 对于相同的零件产品，当采用棒料或块状金属为毛坯时，要通过车、钻、刨、铣、磨等方法将多余金属切削掉，从而得到所需零件产品；当采用铸、锻件为毛坯进行切削加工时，则仅将其机加工余量切削掉即可。以常见的锥齿轮和汽车轮胎螺母为例，当采用第一种工艺方法生产时，其材料利用率分为 41%、37%；当采用第二种工艺方法生产时，其材料利用率分别为 68%、72%；当采用精密成形工艺生产时，其材料利用率分别为 83%、92%。可见，采用普通成形工艺时，其利用率比切削加工时分别提高了 27%、35%；而采用精密成形工艺时则分别提高了 42%、55%。其一般规律是，零件形状越

复杂,采用成形工艺时的材料利用率越高。

(3) 产品性能好 这主要是成形工艺生产时,材料尤其是金属材料沿零件的轮廓形状分布,金属纤维连续,而切削加工时则将金属纤维割断;其次,是材料在外力或自重作用下成形,处于三向压应力或以压应力为主的应力状态下成形,有利于提高材料的成形性能和材料的“结实”程度,其综合效果是有利于提高零件产品的内在质量,主要是力学性能,如强度、疲劳寿命等。以锥齿轮为例,采用成形工艺生产同采用切削加工生产相比,其强度、抗弯疲劳寿命均提高 20%,而热处理变形降低了 30%,这将有利于提高其使用寿命。

(4) 产品尺寸规格一致 特别是对大批量生产的机电与家电产品更能获得价廉物美的效果。

(5) 劳动生产率高 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批大量乃至大规模生产,仍以锥齿轮和汽车轮胎螺母为例,同采用切削加工相比其生产率分别提高 2 倍和 3 倍,有的零件可提高数倍乃至数十倍。

(6) 一般制件尺寸精度比切削加工的低而表面粗糙度值比切削加工的高 即使在室温下成形,因模具或模型的磨损、弹性变形等因素,必将影响制件尺寸精度和表面粗糙度;而当在热态下成形时,因金属毛坯的氧化和热胀冷缩等因素,其制件尺寸精度和表面粗糙度更受影响。

因此,对于金属零件的生产,一般采用材料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。

四、材料成形工艺的分类

根据材料种类和成形方法的不同,材料成形工艺大致可作如下分类(如分类表所示),此外,若按制件的机械加工余量及公差大小,还可分为一般铸锻成形和精密成形。

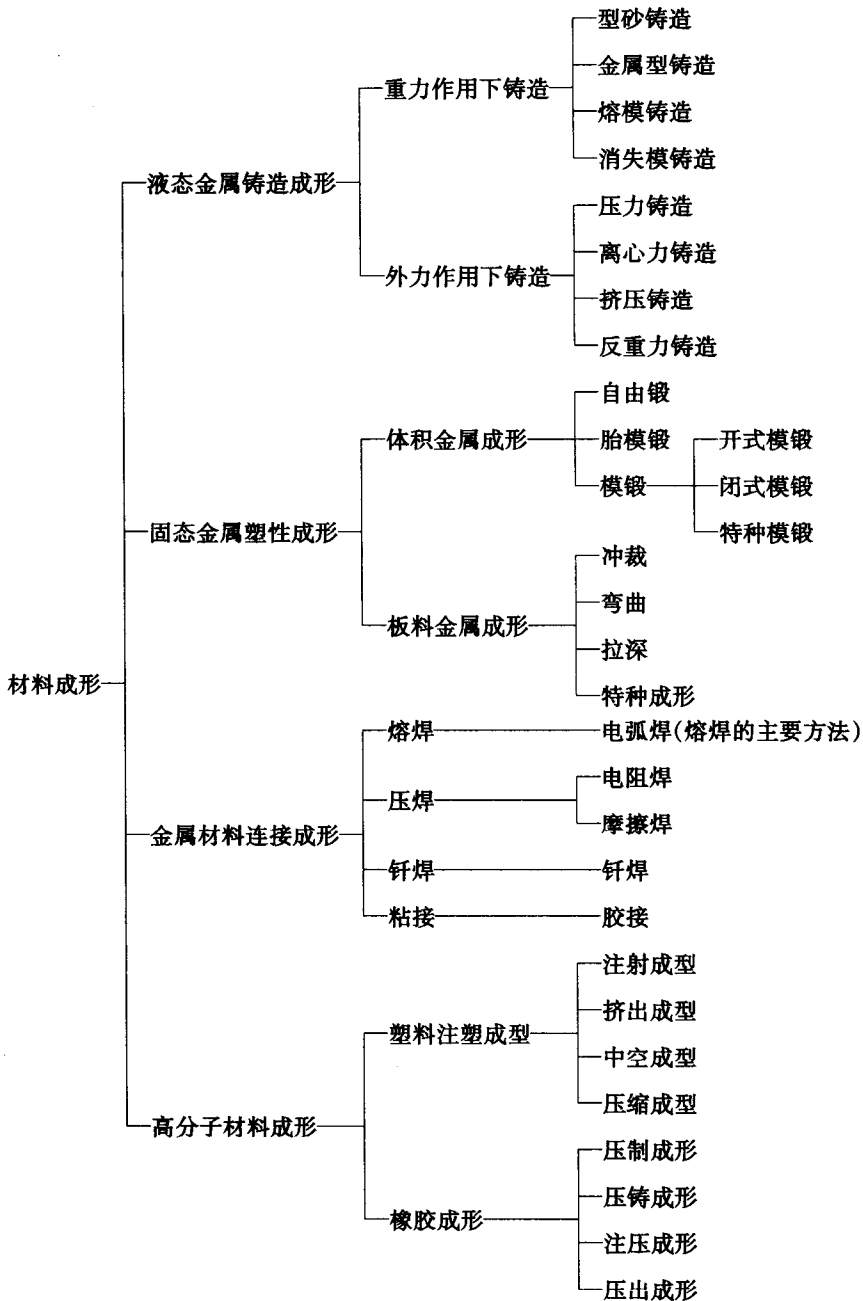
分类的作用主要是为了制订成形方案和模具、模型与工装设计。显然,类型相同和相近的工艺其成形工艺方案、模具或模型与工装设计方法相同或相近。

五、材料成形工艺的发展趋势

1. 精密成形工艺

在 20 世纪 90 年代中期,国际生产技术协会及有关专家预测:到 21 世纪初,零件粗加工的 75%,精加工的 50%将采用成形工艺来实现。其总的发展趋势是,由近形(Near Net Shape of Productions)向净形(Net Shape of Productions)发展,即通常所说的向精密成形发展。以轿车为例,其铸、锻件生产工艺的发展趋势为,以轻代重,以薄代厚,少无切削精密化,成线成套,高效自动化。

目前,精化毛坯应用广泛,例如精密铸件、精密锻件、板料精密冲裁件等。精密成形零件主要是一些形状比较简单的零件。而较为普遍的方法是,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。近年来，有的齿轮加工就采用这一方法，即齿形采用精铸或精锻，而小花键孔和一些窄的台阶面均采用切削加工，效果良好。

2. 复合成形工艺

复合成形工艺有铸锻复合、锻焊复合、铸焊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成形工艺，它是将一定量的液态金属注入金属模膛，然后施以机械静压力，使熔融或半熔融状的金属在压力下结晶凝固，并产生少量塑性变形，从而获得所需制件。它综合了铸、锻两种工艺的优点，尤其适合于锰、锌、铜、镁等有色金属合金零件的成形加工，近年来发展很快。

复合塑性成形工艺种类多，发展迅速，这主要有：多工序温冷复合精密成形，如锥齿轮，先采用温态闭式精密模锻获得变形余量极小的齿轮锻件，经过清理、退火和磷化皂化处理，再采用冷挤压方法获得最终零件，精度可达7级，完全满足轿车的使用要求；内高压胀形与冷冲压工艺复合成形，如轮廓为三维曲线的复杂管件，即先采用高达200MPa以上的内高压，使其按模具型腔成形为不同截面和形状的直长管件，然后采用压扁、弯曲或扭转等工序获得所需制件等。

铸焊、锻焊复合工艺，则主要用于一些大型机架或构件，它是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，即先采用冲压方法获得单个钣金制件，再通过焊接方法得到所需整体构件，这在载货汽车的车身和轿车覆盖件的生产中应用广泛。

3. 材料成形过程的计算机数值模拟 (CAE)

材料成形过程模拟有液态金属凝固过程模拟，固态金属塑性成形过程模拟，金属材料焊接过程模拟和塑料注射成型过程模拟等。目前，数值模拟的方法主要是采用有限元法通过计算机实现。通过成形过程的模拟分析，可以获得工件的内部金属或高分子材料质点流向分布、温度场、应力与应变场、成形力-变形行程曲线和瞬间轮廓形状，同时可预测是否会形成缺陷及其所在位置，为制订合理的工艺参数，优化原始毛坯（如钣金件的展开毛坯）和中间毛坯，获得优质制件提供更为科学的依据。

4. 模具、模型及工装的计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

模具、模型及工装是实现材料成形工艺生产的重要工艺装备，生产一辆载货汽车，如EQ140车，一般需要各种模具4000余套。工业发达国家的模具产业已于20世纪80年代初逐步从机床行业分离出来形成了一个独立的工业部门，且其产值超过了机床工业。我国台湾省的模具工业的产值于1987年首次超过了该省机床工业。20世纪80年代以来，我国的模具工业发展也十分迅速，近年来，一直以每年15%左右的速度快速发展，并于90年代末其产值也超过了机床工业的产值。1999年中国模具工业总产值达245亿元人民币，而且当年的市场需求总

量约为 330 亿人民币，这表明，不仅在数量上还有很大的发展空间，而在品种与质量上发展空间更大。

模具 CAD/CAM 是发展模具工业的先进技术，其优点是将计算机的快速与人的智力紧密结合，可显著提高模具设计与制造的速度和质量，缩短周期，快速反应，提高竞争力。工业发达国家于 20 世纪 70 年代开始进行研究与开发，80 年代一些简单的模具 CAD/CAM 系统开始应用于模具设计与制造，90 年代中末期以来得到了较快的发展，开发了不少的实用化的商业软件。我国，以华中科技大学模具技术国家重点实验室和上海交通大学模具 CAD 工程技术研究中心为代表，先后于 80 年代初期和中期开始开展注塑模、多工位级进模、汽车覆盖件冲压成形模和低压铸造模具 CAD/CAM 系统的开发，其中，注塑模和低压铸造模具 CAD/CAM 系统已在全国塑料制品和铸造行业中推广应用。

未来，一是在模具设计与制造中推广应用国内外高水平的 CAD/CAM 商业软件；二是加紧开发与应用 CAD/CAM/CAE 一体化系统软件，使我国一体化系统软件尽快赶上国外先进水平，促进我国模具设计与制造技术快速发展。

