

【现代加工实用技术丛书】

现代模具制造技术

杨江河 魏永良 编



现代加工实用技术丛书

现代模具制造技术

杨江河 魏永良 编



机械工业出版社

本书主要包括：模具概论、模具材料与热处理、模具常规加工技术简介、模具数控加工技术和常用模具的制造等。本书内容丰富，简洁明了，技术先进，实用性强。可供模具制造和维修技术人员使用，也可作为从事模具制造、数控技术的工程技术人员及管理人士的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代模具制造技术/杨江河, 魏永良编. —北京: 机械工业出版社, 2006.9

(现代加工实用技术丛书)

ISBN 7-111-19700-3

I. 现... II. ①杨...②魏... III. 模具-制造-工艺 IV. TG760.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 088884 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 朱 华 版式设计: 张世琴 责任校对: 李秋荣

封面设计: 陈 沛 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.25 印张 · 323 千字

0 001—5 000 册

定价: 20.00 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) 68326294

编辑热线 (010) 88379083

封面无防伪标均为盗版

前 言

制造业是经济发展与社会发展的物质基础,是一个国家综合国力的具体体现,对国民经济的增长有巨大的拉动效应,并给社会带来巨大的财富。据统计,美国 68% 的财富来源于制造业,日本国民经济总产值的 49% 是由制造业提供的。在我国,制造业在工业总产值中所占的比例为 40%。近 10 年来我国国民生产总值的 40%、财政收入的 50%、外贸出口的 80% 都来自于制造业,制造业还解决了大量人员的就业问题。因此,没有发达的制造业,就不可能有国家真正的繁荣和强大。而机械制造业的发展规模和水平,则是反映国民经济实力和科学技术水平的重要标志之一。提高加工效率、降低生产成本、提高加工质量、快速更新产品,是当今制造业竞争和发展的基础,也是制造业技术水平的标志。

20 世纪 50 年代初,第一台数控机床的出现,使机械制造技术的发展出现了日新月异的局面,数控技术及装备是发展高新技术产业和尖端工业(如信息技术及其产业,生物技术及其产业,航空、航天等国防工业)的关键技术和基本装备。而数控技术是当今先进制造技术和装备最核心的技术,世界各国机械制造业目前广泛采用数控技术以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。大力发展以数控技术为核心的先进制造技术,已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

制造业也是技术密集性的行业,工人的操作技能水平对于保证产品质量,降低制造成本,实现及时交货,提高经济效益,增强市场竞争力,具有决定性的作用。

当今社会所需的技能性人才应具有技术全面、一专多能、经验丰富的技术素质。比如对一个数控机床操作人员来说,一般应具备以下四个方面的知识和能力;一是具备基本的机械加工工艺知识;二是熟悉基本的编程知识,掌握一到二种自动编程软件的使用方法;三是能熟练操作机床,并熟悉机床的性能和参数的选择;四是能对机床进行正确的保养与维护。

鉴于此,为了适应技术工人的岗位培训和提高操作技能水平,满足社会对技能型人才的需求,我们编写了“现代加工实用技术丛书”。这套丛书的作者有长期从事高等、中等职业教育理论研究和培训的专家,也有长期工作在一线的工程技术人员。该丛书是在作者们多年从事现代实用加工技术方面的研究和实践操作的基础上撰写而成的。

模具在我国加工制造业占有非常重要的地位,模具加工技术自然就成了加工行业非常重要的技术。本书就是讲述模具加工技术,不仅讲述了常规的模具加工,并且重点讲述了现代模具加工技术,如数控加模具技术。本书收集了比较有代表性的模具数控加工实例,方便读者理解。

该丛书立足于应用,在内容组织和编排上图文并茂、通俗易懂,特别强调实践,书中的大量实例来自生产实际和教学实践。丛书的内容充实,重点突出,实用性强,除了必需的基础理论和专业理论以外,还包括许多典型的加工实例、操作技能及先进技术的应用,兼顾先进性与实用性。丛书主要适合企业的技术工人阅读,也可供相关工程技术人员参考。

编 者

目 录

前言

第一章 模具概论	1
第一节 常用模具简介	1
一、冲模简介	1
二、塑料模简介	2
三、压铸模简介	4
四、锻压模简介	6
五、粉末冶金模简介	8
第二节 模具制造技术概述	9
一、模具工业及产品现状	9
二、现代模具制造技术的发展趋势	11
第二章 模具材料与热处理	15
第一节 模具材料	15
一、模具零件的失效	15
二、常用模具材料	17
三、模具选材原则	21
第二节 模具零件的热处理	23
一、常用模具零件热处理工艺	23
二、常用模具材料热处理及检测	24
三、模具热处理技术现状及趋势	32
第三章 模具常规加工技术简介	35
第一节 模具加工技术的发展	35
一、模具加工程序	35
二、模具加工方法分类	37
三、模具切削加工的常用刀具	38
第二节 模具零件的机械加工	40
一、车削加工	41
二、镗削与钻削加工	45
三、刨削加工	56
四、铣削加工	59
五、磨削加工	70
第三节 模具零件的特种加工	84
一、电火花加工	84
二、电铸加工	94
三、铍铜合金铸造工艺	96

四、照相腐蚀工艺	97
第四章 模具数控加工技术	99
第一节 数控加工技术简介	99
一、数控机床与数控加工	99
二、模具制造与数控加工技术	105
三、模具 CAD/CAM 技术概况	109
第二节 模具数控机械加工技术	111
一、数控铣削	111
二、数控磨削	119
三、数控车削	124
第三节 模具数控电加工技术	128
一、数控电火花成形加工	128
二、数控电火花线切割	132
第四节 模具数控特种加工技术简介	137
一、逆向工程技术	137
二、快速原型制造技术	144
三、虚拟制造技术	149
第五节 模具数控加工实例	154
一、模具数控铣削加工实例	154
二、模具数控车削加工实例	157
三、模具线切割加工实例	159
四、模具电火花加工实例	163
第五章 常用模具的制造	167
第一节 冷冲模的制造	167
一、冲裁模的制造	167
二、弯曲模与拉深模的制造	173
第二节 型腔模的制造	176
一、粉末冶金模的制造	176
二、塑料成形模的制造	185
第三节 模具制造实例	190
一、汽车覆盖件模具种类	190
二、拉延模的制造	192
三、修边模的制造	199
参考文献	205

第一章 模具概论

第一节 常用模具简介

一、冲模简介

(一) 冲模的分类

(1) 按工序性质分类：可分为冲裁模、弯曲模、拉深模、成形模、翻边模、缩口模、胀形模等。

(2) 按工序组合分类：可分为单工序模（又称简单模）、复合模、连续模等。

(3) 按导向方式分类：可分为无导向模、导柱模、导板模、导筒模等。

(4) 按机械化程度分类：可分为手工操作模、半自动化模、自动化模等。

(5) 按生产适应性分类：可分为通用模、专用模等。

(6) 按冲模材料分类：可分为钢模、铸铁模、锌基合金模、聚氨酯橡胶模等。

(7) 按冲模尺寸分类：可分为大形冲模、中形冲模、小形冲模。

(二) 冲模基本结构组成

冲模基本结构可分为工艺类零件和辅助类零件。

1. 冲模的工艺类零件

(1) 工作零件：凸模、凹模、凸凹模、刃口镶块等。

(2) 定位零件：定位销、挡料销、导正销、导料板、定距侧刃等。

(3) 卸料和顶出零件：压料板、卸料板、顶出器、顶销、推板等。

2. 冲模的辅助类零件

(1) 导向零件：导柱、导套、导板和导筒等。

(2) 支撑及夹持零件：上、下模板，模柄，凸、凹模固定板，垫板，限位器等。

(3) 紧固零件及其他：螺钉、销钉、弹簧、起重柄、托料架等。

3. 冲模的基本结构简介

图 1-1 为一常用冲裁模（落料模）的基本结构图，现以此为例介绍常用冲模的基本构成部件及其作用。

该模用导柱、导套导向，因而凸、凹模的定位精度及工作时的导向性较好。此模具仅完成落料工序，是单工序冲模。落料模具质量的关键是凸模和凹模的间隙要正确、均匀，定位要准确，冲件下漏顺畅。构成模具的部件种类及作用如下：

(1) 模架：模架是模具的基础零件，国家标准（GB/T 2851—1990 ~ GB/T 2861.16—1990）中有滑动导向模架和滚动导向模架及其零件。一般由专业工厂生产，已形成系列化及商品化，可在市场上方便购得。

1) 滑动导向模架的模架导柱、导套为间隙配合，其配合种类有 H7/h6、H6/h5 两种。滑动导向模架按导柱、导套的多少又分为两导柱、导套模架及用在中等或偏大模具的四导柱、导套模架。

2) 滚动导向模架的导柱、导套之间通过一组滚珠，使之进行滚动导向。滚珠与导柱、导套之间有 $0.015 \sim 0.02\text{mm}$ 的过盈，从而提高了导向精度。

(2) 模柄：如图 1-1 中所示的模柄 7 是突出于上模座顶面的圆柱形零件，工作时伸入至压力机滑块孔中，并被夹紧固定。

(3) 凸模：外形落料模的工件尺寸取决于凹模，故凸模要做得小些，但应达到与凹模间隙的对应要求。图 1-1 中的凸模 12 紧配于固定板 4 上，并应与固定板支承面垂直。

(4) 凹模：由于外形落料的工件尺寸取决于凹模，所以要在结构上多作考虑，多采用整体式或拼块式结构。图 1-1 中的凹模 13 是整体式结构。

(5) 固定板：凸模固定于固定板上，固定板的作用是将凸模垂直安装在正确位置上。

(6) 卸料板：卸料板是卸去紧靠凸模上的材料，如图 1-1 所示落料模中设置了由卸料板 2、卸料钉 6、橡胶 3 构成的弹压卸料机构，使每次落料后的条料能及时地从凸模上卸下。

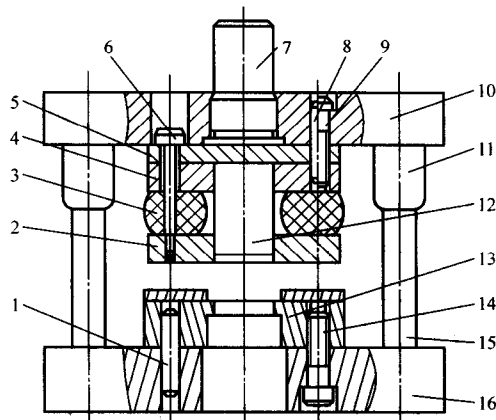


图 1-1 落料模

- 1、8—圆柱销 2—卸料板 3—橡胶 4—固定板
5—垫板 6—卸料钉 7—模柄 9、14—螺钉
10—上模座 11—导套 12—凸模 13—凹模
15—导柱 16—下模座

二、塑料模简介

(一) 塑料模的分类、特点和用途

塑料模是将塑料制成塑件用的模具。

1. 塑料模的分类

(1) 压塑模：它又称压胶模，是成形热固性塑料件的模具。成形前，将定量的塑料放入加热的模具型腔内，在合模过程中对塑料加热、加压，使塑料流动并充满型腔。经保压一段时间后，塑件逐渐固化成形。然后，开模和取出塑件。

(2) 挤塑模：它又称挤胶模，是成形热固性塑料或封装电器元件等用的一种模具。这种模具没有单独的加料腔，而是将模具先闭合，将已预热的塑料放入模具上部的加料腔内，使之加热软化，成粘流状态，再在压力的作用下，使融料通过模具的浇注系统，以高速挤入型腔，而硬化成形。

(3) 注射模：它适用于成形热塑性塑料和热固性塑料。塑料在注射机料筒中加热到流动（可塑化）状态，闭合模具，以高压将料筒内的塑料通过机床喷嘴注射入模具，并经浇注系统进入型腔、充满，然后保压、冷却（热固性塑料为加热）固化成形。

(4) 挤出模：塑料挤出模成形是在挤出机料筒内将热塑性塑料加热至流动状态，然后在一定压力作用下，通过端部的挤出模（又称机头）而制得连续的形材，并立即加以冷却固化成形。

(5) 吹塑模：适用于热塑性塑料，将塑料用挤出机挤出成管状（称形坯），在冷却硬化前放入开启的吹塑模内，模具对合后，在管中吹入空气使之膨胀并贴合在型腔壁上，再经冷

却固化成形；也可用两薄片或用注射成形的中空带底件作形坯。

(6) 吸塑模：适用于热塑性塑料。将塑料片材夹紧在模具内，用加热器加热，利用真空作用将软化的片材吸附在型腔壁上，冷却成形。也可在相反方向压入压缩空气，同时在片材与模具间抽真空成形。

(7) 发泡成形模：适用于热塑性塑料和热固性塑料。将增加了发泡剂的塑料注射入模具（也可用于挤出成形、吹塑成形等）而形成发泡塑件。

2. 各类塑料模的特点和用途

(1) 压塑模：型芯、型腔需耐压、耐磨、耐腐蚀，需淬硬，表面需抛光并按需要镀铬。使用设备为液压机，可制作各种用途的塑件，适合制作有嵌件的塑件。塑件的收缩率较小、变形小、各向性能比较均匀，几乎没有材料损耗。操作简单，但成形周期较长。

(2) 挤塑模：加料腔、浇注系统、型芯、型腔需耐压、耐磨、耐腐蚀，需淬硬，表面抛光并需镀硬铬。使用设备为液压机。挤塑模适用于匀质、厚壁、精度高、有细小嵌件等用压塑模难以成形的塑件成形。成形周期短，塑件几乎无飞边。

(3) 注射模：对模具要求同挤塑模，根据产量不同，对某些热塑性注射模的工作零件可不淬硬。使用设备为热塑性塑料注射机和热固性塑料注射机。注射模可成形复杂形状的塑件，成形周期短，效率极高，易于进行自动控制。除无流道注射模外，一般用注射模成形都有浇注系统废料损失。

(4) 挤出模：模具工作零件需耐压、耐磨、耐腐蚀，需淬硬，表面抛光镀硬铬。使用设备是挤出机。挤出成形是连续的，制品为薄膜、棒材、管材、异形材等大长度制品，开始调整困难，后期操作简单，效率极高。

(5) 吹塑模：除非产量特大，一般不需使用优质的模具钢。常用的模具材料有结构钢、铝、锌。广泛使用的是铝，必要时局部嵌入钢质镶件。使用设备是吹塑机。吹塑模用以制造空心的、用注射模成形而无法抽出型芯的中空塑件，如瓶类塑件等。成形塑件壁厚不均匀，成形周期短，效率较高，模具价廉。

(6) 吸塑模：由于成形压力低，模具材料一般可采用石膏、热固性塑料等，大批量生产时才使用金属模具。使用设备是吸塑机。吸塑模适用于用片材制作大形塑件。塑件尺寸精度不高，不能成形各部位壁厚不相同的塑件。

(7) 发泡成形模：模具材料不要求高的机械强度，要求导热性好，采用铜、铍青铜、铝合金、锌合金和钢等。使用设备是注塑机、挤出机、吹塑机和各种发泡机。用于成形绝热、包装、吸音、绝缘、防震、装饰等用途的发泡件，成形压力低。

(二) 塑料模基本结构简介

在此以热塑性塑料注射模为例介绍塑料模的基本结构形式。

1. 注射模基本结构

如图 1-2 示为单分型面注射模结构图。其定模部分为两块板，即定模板 9，定模座板 10；动模部分也为两块板，即动模板 7、支承板 5。型腔的一部分在动模上，另一部分在定模上，主流道设在定模一侧，分流道设在分型面上，开模后制品连同流道凝料一起留在动模一侧，由推板脱模。

2. 塑料模主要零部件简介

(1) 成形零件：成形零件由型腔及型芯组成。型腔及型芯有的是在定模板上直接雕刻型

腔和在动模板上直接加工出型芯的整体式结构,这种结构的稳定性较好,但切削工作量比其他结构大,材料消耗也较多。因此在注塑模上常用镶嵌式型腔及镶嵌式型芯的结构。

(2) 浇注系统:注塑模的浇注系统是从注塑机喷嘴喷出的熔料进入模具型腔的通道,浇注系统是影响塑件成形质量及效率的重要因素。

(3) 冷料穴和拉料杆:冷料穴底部常做成曲折的钩形或下陷的凹槽,使冷料穴兼有分模时将主浇道凝料从主浇道中拉出附在动模边的作用。

(4) 推出机构:推出机构用以推出塑件及浇道,推出位置应选择不影响塑件外观的地方,应合理地按推出力的分布情况以确定推杆的大小和位置,保证推出塑件时塑件不变形,对于大批量生产的带螺纹的塑件,则应采用脱螺纹机构,对于形状复杂的塑件,当用一次推出机构推出塑件可能变形时,应采用二次推出机构。

(5) 侧抽芯机构:当塑件侧面有凹陷时,一般除内凹陷深度小于0.5mm可以采用强行脱模外,其他需采用侧抽芯机构。

(6) 排气槽:一般注塑模具是从分型面处排出型腔中的气体。但当模具分型面的密合程度较好时,型腔中的气体不能随熔料的充填及时从分型面处排出。为此必须在模具中专门设置排气槽。特别是对大形塑件、容器类和精密塑件,排气槽将对其质量带来很大的影响,对于在高速成形中,排气槽的作用则更为重要。

(7) 形模冷却:注塑成形过程中,熔融塑料被注入模具型腔后,要待成形的塑件冷却和固化后,才能进行脱模取出塑件。如果在冷却和固化时,型腔各部分的温度差异较大,则可能引起塑件收缩不均匀,从而导致塑件变形或尺寸超差。此外,各种塑料都有其最佳成形的模具温度,使熔融塑料有良好的流动性。形模冷却水道,主要用于对注塑模的温度进行控制。

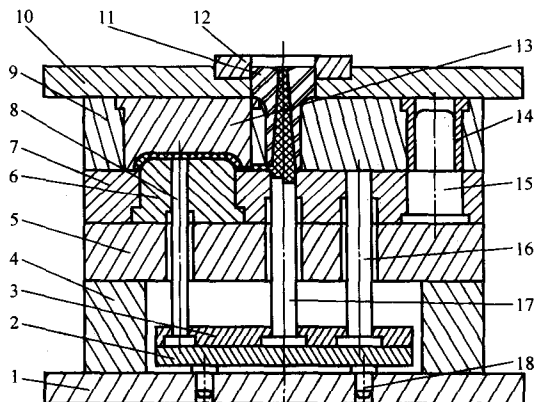


图 1-2 单分型面注射模

- 1—动模座板 2—推板 3—推板固定板 4—垫块
5—支承板 6—动模芯 7—动模板 8—推杆
9—定模板 10—定模座板 11—浇口套 12—定位置圈 13—定模芯 14—导套 15—导柱 16—复位杆 17—拉料杆 18—限位钉

三、压铸模简介

(一) 压铸模的分类、特点及用途

1. 按铸件材料分类

压铸模按铸件材料的分类、特点及用途见表 1-1。

第 1-1 压铸模按铸件材料分类、特点及用途

	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
常用合金	ZZnAl4Y、ZZnAl4Cu1Y、 ZZnAl4Cu3Y	ZAlSi7Mg、ZAlSi12、 ZAlSi9Mg、ZAlSi5Cu1Mg、 ZAlMg10、ZAlZn11Si7	ZMgAl8Zn、ZMgAl10Zn	ZCuZn31Al2、 ZCuZn38Mn2Pb2、 ZCuZn16Si4、ZCuZn40Pb2

(续)

	锌合金	铝合金	镁合金	铜合金
压铸时合金温度 t / $^{\circ}\text{C}$	410 ~ 450	620 ~ 710	640 ~ 730	910 ~ 960
模具工作温度 t / $^{\circ}\text{C}$	150 ~ 200 预热: 120 ~ 150	180 ~ 250 预热: 130 ~ 180	200 ~ 330 预热: 140 ~ 200	300 ~ 380 预热: 180 ~ 250
对模具的要求	耐高温 具有足够的强度及刚性	耐高温、耐冲刷、耐 热裂 有足够强度及刚性 能良好地排气排渣	与铝合金模具相同 有较大容量溢流槽	对耐高温、耐热裂有 更高要求 型腔硬度比铝合金模 具低些
模具寿命	20 万次以上	中小铸件 6 ~ 20 万次 中大铸件 3 ~ 8 万次	比铝合金模具稍长	1 ~ 5 万次 通常在数千次后会出现 裂纹
选用压铸机	热压室压铸机 冷压室压铸机	冷压室压铸机	冷压室压铸机 热压室压铸机	冷压室压铸机
特点及用途	应用广泛 批量大、表面需电镀 的铸件 锌合金容易老化, 当 温度高于 100°C 或低于 -10°C 时尺寸不稳定, 应用受限制	应用最广泛	应用一般 铸件密度小、力学性 能好, 用于承受强烈颠 簸、起滞震作用的零件 可制造用于低温 (-196°C 以上) 工作的 零件	用于抗磁零件、耐磨、 导热性能好、受热后尺 寸变化较小的零件

2. 按使用的压铸机分类

压铸机的分类见图 1-3, 其相应的模具主要有: 热压室压铸机压铸模、卧式冷压室压铸机压铸模、立式冷压室压铸机压铸模和全立式冷压室压铸机压铸模等。

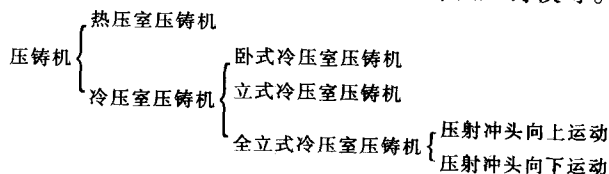


图 1-3 压铸机分类图

(二) 压铸模结构组成及其作用

压铸模一般由三部分组成, 即定模部分、动模部分和卸料部分。如果压铸件有侧孔或侧面有凹凸形状时, 为了一次压铸成形, 还设有抽芯机构。此外, 还有浇注系统、排气系统、冷却系统等。压铸模结构组成及作用见表 1-2。

表 1-2 压铸模基本结构组成及作用

各组成名称	作用
定模	固定在压铸机压室一方的定模板上, 是金属液开始进入模具的部分, 是压铸模型腔的主要部分 (即定模镶块)。这部分由直浇道直接与机器的喷嘴或压室相连接
动模	固定在压铸机的动模板上, 可作开合运动, 与定模部分开、合, 一般抽芯和顶出机构全在这个部分

(续)

各组成名称	作用
成形部分 (也称为型腔及芯子部分)	构成压铸件几何形状 (外形轮廓和内部形状)
抽芯机构	铸件侧面 (平行于分型面或与分型面有一定夹角) 的芯子, 因影响顶出铸件, 故用活动芯, 在顶出前完成抽芯动作
顶出机构	开模后, 把铸件从模具中顶出的机构, 一般随动模的开启过程顶出铸件, 这套机构设置在动模中
浇注系统	连接成形部分与压室, 引导金属液按一定方向进入模具型腔, 直接影响金属液进入型腔的速度、压力和排气、排渣
排气系统	型腔内的空气、金属液及涂料挥发出的气体均由这部分排出 金属液在充填过程中的氧化、浮渣也由此排出或集结于集渣包内
冷却系统	平衡模具温度, 使之在要求的温度下工作, 为了减少模具的温度急剧变化, 压铸模可设水冷装置

四、锻压模简介

(一) 锻压模分类及成形特点

常用的模锻方法分胎模锻及固定模锻两大类, 其成形特点及应用见表 1-3。

表 1-3 模锻分类及成形特点

分类	成形特点	应用
胎模锻	在自由锻设备上用可移动的模具生产锻件的方法称为胎模锻。胎模锻时胎模不固定在锤头和砧座上。它是介于自由锻和模锻之间的一种锻造方法 胎模锻不需要造价高的模锻设备, 胎模制造简单, 但工人的劳动强度大, 生产率不高	适用于零件形状较为复杂, 精度要求不高, 生产批量不大的毛坯生产
固定模锻	上、下锻模分别固定在模锻锤的锤头和下砧上。在完成各种变形工序时, 锤击力量的大小和锤击频率, 可以在操作中控制和变换, 故可完成镦粗、拔长、滚挤、弯曲、成形、预锻和终锻等各种变形工序 锤上模锻的设备费用不高, 比压力机模锻低得多。但由于在工作时震动和噪声大, 工人的劳动条件差。另外, 生产率也不高	适用于批量较大的生产情况
	坯料成形力不是冲击力, 而是压力, 变形速度低, 故有利于提高锻件的锻造性。它是一种高效率、高质量、劳动条件好, 容易实现机械化的锻造方法 由于滑块的行程和压力在锻造过程中不能随意调节, 因此不能进行镦粗、拔长、滚挤等制坯工序 压力机的设备费用用比锤上模锻高, 模具结构较复杂	适用于成批大量生产

(二) 锻压模各类型的结构特点

锻压模各类型的结构特点见表 1-4。

表 1-4 锻压模各类型的结构特点

分类	简图	说 明
胎模		模具主要由上、下摔组成。锻造时锻坯在上、下摔中不断旋转，使其产生径向锻造，锻件无毛刺、无飞边 主要用于圆轴、杆及叉类锻件的成形
		模具由上、下扣（或以锤砧代替上扣）组成。锻造时，锻坯在扣模中不转动，只作前后移动 主要用于非回转体的杆、叉类锻件的成形
		模具主要由模套、模冲、模垫组成。套模是一种闭式胎模，锻造时不产生飞边 主要用于圆轴、圆盘类锻件的成形
		模具只有下模，而上模由锤砧代替。锻造时将产生横向飞边 主要用于圆轴、圆盘及带法兰盘的锻件成形
		模具上由、下模及导向装置构成。合模是有飞边的胎模，锻造时沿分型面产生横向飞边 主要用于形状复杂的非回转体锻件的成形
		模具由冲头、凹模及定位装置构成 主要用于切除锻件的飞边和冲孔连皮

(续)

分类	简图	说 明
锤锻模		锤锻模由上、下模组成，用燕尾和斜楔配合分别安装在锤头和模座上，键槽与键配合起定位作用，防止锻模前后移动，锁扣防止锤击时上、下模产生错位
压力机模锻用锻模		有开式和闭式锻模两种，其中应用较多的是开式锻模。它由上模和下模（通常设计成镶块式）组成，左图为曲柄压力机用的锻模。镶块用螺栓固定在上模板上构成上模，镶块用压板固定在下模板上构成下模，而上、下模则用 T 形螺栓或压板分别安装在滑块和工作台上。导柱保证上、下模间的最大精确度，顶杆用来顶出工件

五、粉末冶金模简介

粉末冶金是一种以金属粉末或金属与非金属粉末的混合物为原料，经成形和烧结制造零件材料的方法。它是一种少切削、无切削加工制造零件的技术。

粉末冶金模的分类、特点及用途见表 1-5。

表 1-5 粉末冶金模的分类、特点及用途

分类	特 点	用途
常温压模	成形模 粉末放在模具中加压成形。成形坯件的精度、密度较高、生产率高。受压制压力、形状复杂程度的限制，不宜压制面积过大、过长、过薄、锥形以及难以脱模的坯件	适用于压制铁基合金、铜基合金、不锈钢、硬质合金等柱形为主的坯件。适合大批量生产
	整形模 将经过烧结的坯件进行模压作整形，以提高尺寸精度、降低表面粗糙度，增大坯件密度及表面硬度	适用于铁基合金、铜基合金、不锈钢等高精度坯件的生产
	挤压模 将伴有粘结剂、润滑剂的粉末，在筒形型腔中受压，并通过挤压模的挤出口，挤出所需断面形状的条形坯件	适用于硬质合金钻头、焊条、针状件以及粉末高速钢条形坯件的成形
	等静压模 成形方法有： 1. 粉末装入塑料或橡胶包套中，由高压液体对包套内的粉末均匀加压成形 2. 粉末装入塑料或橡胶制的弹性模中，弹性模放在钢模中加压，粉末受均匀压力而成形	方法 1 适用于制造钨、钼、硬质合金、钛合金的大型管、棒坯件 方法 2 适用于制造硬质合金小型的球形、锥形坯件

(续)

分类	特 点	用途
加热压模	热压模 将粉末或预成形坯件放在模具中，模具由传导、自身电阻或感应加热，在低于粉末中主要金属的熔点温度下加压成形，可获致密的制品。常用模具材料由石墨、陶瓷、高镍铬合金及高速钢等	适用于硬质合金、金属陶瓷及金刚石工具等制品的生产
	热膜锻模 将粉末预制坯加热，放入锻模中进行无飞边锻造，获得致密的并接近成品形状的制品，锻模常用材料为 3Cr2W8V	适用于铁基高强度齿轮、链轮、连杆等结构件的生产
	热挤压模 将粉末装入金属包套内，抽真空后封口，包套加热后在模壁有润滑剂的挤压模内挤出成材	适用于粉末高速钢棒条的制造
	热等静压模 将粉末装入金属包套内，抽真空后封口，包套在热等静压机中，在高温高压下成形。载体为氩等惰性气体	制造难熔金属、硬质合金等大型制品
无压成形模	松装烧结模 将粉末装入炉具中振实，模具与粉末一起入炉烧结成为多孔制品，模具可重复使用。模具常用材料有石墨、铸铁、不锈钢和陶瓷	青铜过滤器的生产
	松装成形模 将芯板放在模具型腔下，型腔中装满粉末后刮平，取去模具，芯板连同一层均匀粉末入网带炉烧结，粉末与芯板焊接牢固，经复压达到所需的密度	低负荷摩擦片的大批量生产
	冷冻成形模 将加有水的粉末，注入金属模内冷冻成形，将坯件埋入填料中脱水并烧结成制品	高合金及精细陶瓷制品的制造
注射成形模	将超细粉末与塑料搅拌混合成颗粒，在注塑温度下用注塑机将混合颗粒注射到模具型腔中成形，制品在填料中经缓慢加热而排塑，并烧结成高精度致密制品	铁、镍、不锈钢、硬质合金及精细陶瓷等材料的复杂形状制品的生产

第二节 模具制造技术概述

模具是工业生产的基础工艺装备，是工业之母。现代工业的发展离不开模具，它是国民经济的支柱产业，在电子、汽车、电机、电器、仪器、仪表、家电和通信等产品中，60%~80%的零部件都要依靠模具成形。根据国际生产技术协会的预测，本世纪机械制造业零件粗加工的75%、精加工的50%都需要通过模具来完成。用模具生产制件所具备的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗，是其他加工制造方法所不能比拟的。

模具又是“效益放大器”，用模具生产的最终产品的价值，往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。目前全世界模具年产值约为600亿美元，日、美等工业发达国家的模具工业产值已超过机床工业，从1997年开始，我国模具工业产值也超过了机床工业产值。模具生产技术水平的高低，已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志，因为模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力。

一、模具工业及产品现状

1. 我国模具行业的现状

我国模具行业的生产一直小而散乱,跨行业、投资密集、专业化、商品化和技术管理水平都比较低。现代工业的发展要求各行各业产品更新换代快,对模具的需求量加大。一般模具国内可以自行制造,但很多大形复杂、精密和长寿命的级进模、大形精密塑料模、复杂压铸模和汽车覆盖件模等仍需依靠进口,近年来模具进口量已超过国内生产的商品模具的总销售量。

改革开放 20 多年来,我国的模具工业获得了飞速的发展,设计、制造加工能力和水平、产品档次都有了很大的提高。据不完全统计,全国现有模具生产企业 2 万多家,且以每年 10%~15% 的速度增长,从业人员约 60 万,年模具总产值突破 300 亿元人民币(排名跃升世界第四),并以平均 17% 的速度增长,高于我国 GDP 的平均增长值一倍多。

但是,我国模具工业无论是在数量上还是在质量上,与工业发达国家都存在很大差距,满足不了工业高速发展的需要。我国大部分模具企业自产自销,真正作为商品流通的模具仅占 1/3。所产模具基本上以中低档为主,而国内需要的大形、精密、复杂和长寿命的模具还主要依靠进口。目前我国模具工业的技术水平和制造能力,是国民经济建设中的薄弱环节和制约经济持续发展的瓶颈。

2. 模具工业产品的现状

按照中国模具工业协会的划分,我国模具基本分为 10 大类,其中冲压模和塑料成形模两大类占主要部分。按产值计算,目前我国冲压模占 50% 左右,塑料成形模约占 20%,拉丝模(工具)约占 10%,而世界上发达工业国家和地区的塑料成形模比例一般占全部模具产值的 40% 以上。

我国冲压模大多为简单模、单工序模和复合模等,精冲模、精密级进模还为数不多,模具平均寿命不足 100 万次,模具最高寿命达到 1 亿次以上,精度达到 3~5 μm ,有 50 个以上的级进工位,与国际上最高模具寿命 6 亿次,平均模具寿命 5000 万次相比,处于 20 世纪 80 年代中期国际水平。

我国的塑料成形模具设计、制作技术起步较晚,整体水平还较低。目前单型腔、简单型腔的模具达 70% 以上,仍占主导地位。一模多腔精密复杂的塑料注射模,多色塑料注射模已经能初步设计和制造。模具平均寿命约为 80 万次左右,主要差距是模具零件变形大、溢边毛刺大、表面质量差、模具型腔冲蚀和腐蚀严重、模具排气不畅和型腔易损等,注射模精度已达到 5 μm 以下,最高寿命已突破 2000 万次,型腔数量已超过 100 腔,达到了 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初期的国际先进水平。

3. 我国模具产品的发展趋势

当前,我国工业生产的特点是产品的品种多、更新快和市场竞争激烈,在这种情况下,用户对模具制造的要求是交货期短,精度高,质量好,价格低,因此,模具工业的发展趋势是非常明显的。

(1) 模具产品的大型化和精密化:模具产品成型零件大型化,以及由于高效率生产要求的一模多腔,使模具日趋大型化。

(2) 多功能复合模具:新型多功能复合模具是在多工位级进模的基础上开发出来的,一套多功能模具除了冲压成型零件外,还可担负转位、叠压、攻螺纹、铆接、锁紧等组装任务,通过多功能模具生产出来的不再是单个零件,而是成批的组件。

(3) 新型的热流道模具:塑料模具中采用热流道技术,可以提高生产率和质量,并能大

幅度节省原材料和节约能源,所以广泛应用这项技术是塑料模具的一大变革,国外模具已有一半用上了热流道技术,有的企业甚至达到 80% 以上,效果十分明显。

(4) 快速经济模具:目前快速经济模具在生产中的比例已达到 75% 以上,一方面是制品使用周期短和品种更新快,另一方面制品的花样变化频繁,均要求模具的生产周期越短越好。因此,开发快速经济模具越来越引起人们的重视。

二、现代模具制造技术的发展趋势

模具制造技术迅速发展,已成为现代制造技术的重要组成部分。如模具的 CAD/CAM 技术,模具的激光快速成形技术,模具的精密成形技术,模具的超精密加工技术,模具在设计中采用有限元法、边界元法进行流动、冷却、传热过程的动态模拟技术,模具的 CIMS 技术,已在开发的模具 DNM 技术以及数控技术等,几乎覆盖了所有现代制造技术。现代模具制造技术朝着加快信息驱动、提高制造柔性、敏捷化制造及系统化集成的方向发展。

1. 我国现代模具制造技术的应用

现代模具制造技术是以两大技术的应用为标志的,一是数控加工技术,二是计算机应用技术。

(1) 数控加工技术:该技术包括数控机械加工技术、数控电加工技术和数控特种加工技术。

1) 数控机械加工技术。模具制造中的数控车削技术、数控铣削技术、数控磨削技术等,这些技术正在朝着高速切削的方向发展。

2) 数控电加工技术。如数控电火花加工技术、数控线切割技术。

3) 数控特种加工技术。通常是指利用光能、声能和超声波等来完成加工的技术,如快速原型制造技术等,它们为现代模具制造提供了新的工艺方法和加工途径。

(2) 计算机技术

1) CAD/CAM 技术。用于建模和为数控加工提供 NC 程序。

2) CAE 技术。主要是针对不同的模具类型,以相应的基础理论,通过数值模拟方法达到预测产品成型过程的目的,改善模具设计。

3) 仿真技术。主要是检测模具数控加工的 NC 程序,减少实际加工过程中的失误。

4) 网络技术。通过局域网和广域网达到异地同步通信,达到及时解决问题的目的。

2. 新一代模具 CAD/CAM 软件技术

目前英、美、德等国开发的模具软件,具有新一代模具 CAD/CAM 软件的智能化、集成化、三维化、网络化及模具可制造性评价等特点。

(1) 模具软件的智能化:新一代模具软件应建立在从模具设计实践中归纳总结出的大量知识上,这些知识经过了系统化和科学化的整理,以特定的形式存储在工程知识库中并能方便地被调用。在智能化软件的支持下,模具 CAD 不再是对传统设计与计算方法的模仿,而是在先进设计理论的指导下,充分运用本领域专家的丰富知识和成功经验,其设计结果必然具有合理性和先进性。

(2) 模具软件功能集成化:新一代模具软件以立体的思想、直观的感觉来设计模具结构,所生成的三维结构信息能方便地用于模具可制造性评价和数控加工,这就要求模具软件在三维参数化特征造型、成形过程模拟、数控加工过程仿真及信息交流和组织与管理方面达

到相当完善的程度并有较高集成化水平。

模具软件功能的集成化要求软件的功能模块比较齐全,同时各功能模块采用同一数据模型,以实现信息的综合管理与共享,从而支持模具设计、制造、装配、检验、测试及生产管理的全过程,达到最佳效益目的。如英国 Delcam 公司的系列化软件包括了曲面/实体几何造型、复杂形体工程制图、工业设计高级渲染、塑料模设计专家系统、复杂形体 CAM、艺术造型及雕刻自动编程系统、逆向工程系统及复杂形体在线测量系统等。集成化程度较高的软件还包括: Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等。

(3) 模具设计、分析及制造的三维化:传统的二维模具结构设计已越来越不适应现代化生产和集成化技术要求。模具设计、分析、制造的三维化、无纸化要求新一代模具软件以立体的、直观的感觉来设计模具,所采用的三维数字化模型能方便地用于产品结构的 CAE 分析、模具可制造性评价和数控加工、成形过程模拟及信息的管理与共享。如 Pro/ENGINEER、UG 和 CATIA 等软件具备参数化、基于特征、全相关等特点,从而使模具并行工程成为可能。另外, Cimatron 公司的 Moldexpert、Delcam 公司的 Ps-mold 均是 3D 专业注塑模设计软件,可进行交互式 3D 型腔、型芯设计、模架配置及典型结构设计。面向制造、基于知识的智能化功能是衡量模具软件先进性和实用性的重要标志之一。如 Cimatron 公司的注塑模专家软件能根据脱模方向自动产生分型线和分型面,生成与制品相对应的型芯和型腔,实现模架零件的全相关,自动产生材料明细表和供 NC 加工的钻孔表格,并能进行智能化加工参数设定、加工结果校验等。

(4) 模具可制造性评价功能:在新一代模具软件中的作用十分重要,既要有多方案进行筛选,又要对模具设计过程中的合理性和经济性进行评估,并为模具设计者提供修改依据。在新一代模具软件中,可制造性评价主要包括模具设计与制造费用的估算、模具可装配性评价、模具零件制造工艺性评价、模具结构及成形性能的评价等。新一代软件还应具有面向装配的功能,因为模具的功能只有通过其装配结构才能体现出来。采用面向装配的设计方法后,模具装配不再是逐个零件的简单拼装,其数据结构既能描述模具的功能,又可定义模具零部件之间相互关系的装配特征,实现零部件的关联,因而能有效保证模具的质量。

3. 模具检测、加工设备向精密、高效和多功能方向发展

(1) 现场化的模具检测技术:精密模具的发展,对测量的要求越来越高。精密的三坐标测量机,长期以来受环境的限制,很少在生产现场使用。新一代三坐标测量机基本上都具有温度补偿及采用抗振材料,改善防尘措施,提高环境适应性和使用可靠性,使其能方便地安装在车间使用,以实现测量现场化的特点。

由于模具检测设备的日益精密、高效,精密、复杂、大形模具的发展,对检测设备的要求越来越高。现在精密模具的精度已达 $2 \sim 3 \mu\text{m}$,目前国内厂家使用较多的有意大利、美国、日本等国的高精度三坐标测量机,并具有数字化扫描功能。这方面的设备包括:英国雷尼绍公司第二代高速扫描仪(CYCLON SERIES2)可实现激光测头和接触式测头优势互补,激光扫描精度为 0.05mm ,接触式测头扫描精度达 0.02mm ;德国 GOM 公司的 ATOS 便携式扫描仪,日本罗兰公司的 PIX-30、PIX-4 台式扫描仪和英国泰勒·霍普森公司的 TALYSCAN150 多传感三维扫描仪分别具有高速化、廉价化和功能复合化等特点。

(2) 高速铣削:铣削加工是型腔模具加工的重要手段,而高速铣削加工不但具有加工速度高以及良好的加工精度和表面质量,而且与传统的切削加工相比具有温升低(加工工件只