

# 模具制造技术

胡石玉 主编  
龚光容 主审

76  
11

东南大学出版社

# 模具制造技术

胡石玉 主编  
龚光容 主审

东南大学出版社

## 内容提要

本书内容主要包括模具制造技术的现状及发展趋势;模具材料及热处理;模具工艺规程的编制;模具零件的毛坯准备;模具零件的外形及辅助表面的加工方法;凸凹模及其他成型零件的特种加工方法;模具型腔的其他加工方法;模具的装配和调整;模具的检验;模型的制造等。

本书的特点是内容全面,具有一定的深度和广度,章节系统性强,便于教学,适用于理工科大中专院校机械、橡胶塑料、电子等学科有关专业作教材,或作为成人教育的教材,也可作从事模具设计和模具制造的工程技术人员参考书。

## 模具制造技术

胡石玉 主编

\*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 金坛市教学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18 字数 455 千

1997年12月第1版 1997年12月第1次印刷

印数: 1-1500 册

ISBN 7-81050-313-8/TH·24

定价: 24.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

## 前 言

《模具制造技术》是模具专业的一门很重要的必修课。根据社会对模具人才的要求和我们多年的教学实践,对这门课程的教学必须加强。为此继《金属成形模具设计》、《冲压模具设计》、《冷冲压与塑料成型模具设计习题集》之后,我们又编写了《模具制造技术》这本教材。

编写本书的指导思想是:

一、内容力求全面。旨在使学生能掌握模具制造的常规方法,了解反映国内外较先进的工艺技术及较成熟的制造方法,为合理设计模具结构及正确选择模具制造方法打下必要的基础。篇幅不能完全受教学时数的限制,这样才能既可作教材,又可作参考书。

二、体系便于组织教学。全书是一个整体,各章有各章的重点内容,可循序渐进,依次介绍,不受模具种类的限制,以模具工艺规程为纲,各种加工方法为目,条理清晰,便于讲授和自修。

三、重点突出。本书主要研究冲压模、塑料模、压铸模的制造技术。因为这三类模具应用最广、任务最多,掌握了这三类模具的制造技术,其他模具的制造问题也就迎刃而解。冲压模、塑料模、压铸模又以塑料模为重点,因为塑料模牵涉的加工方法最多,所以最具代表性。

四、取材有简有详。一般机械加工方法从简,精密加工、特种加工、新工艺、新技术从详。因为,目前模具行业最感人才不济的领域是精密模具加工和计算机技术应用,包括数控加工、精密加工、模具CAD/CAM、模具材料、模具各种表面处理、测量技术、新的热处理技术等,所以对模具型腔及成型零件的精密加工方法和特种加工技术均系本书的重点内容。

本书由胡石玉主编并编写第一章、第六章和第十一章,李东波编写第二章和第三章,丁武学编写第三章、第四章和第五章第一节至第七节,王栓虎编写第五章第八节至第九节,余根生编写第九章和第十章,龚光荣教授担任主审。在编写过程中得到了南京地区许多工厂、高等院校和南京模具工业协会的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

限于编者水平,错误之处在所难免,殷切希望广大读者赐教。

编 者

1997.9

# 目 录

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| <b>第一章 绪论</b> .....          | (1)   |
| 第一节 模具工业在国民经济中的地位.....       | (1)   |
| 第二节 模具制造技术的现状及其发展趋势.....     | (1)   |
| 第三节 本课程的任务与学习方法.....         | (5)   |
| <b>第二章 模具材料及热处理</b> .....    | (9)   |
| 第一节 模具用钢.....                | (9)   |
| 第二节 钢制热塑模的热处理 .....          | (14)  |
| 第三节 其它制模材料 .....             | (20)  |
| <b>第三章 模具工艺规程的编制</b> .....   | (31)  |
| 第一节 编制模具工艺规程的依据 .....        | (31)  |
| 第二节 模具零件工艺规程的主要内容 .....      | (32)  |
| <b>第四章 模具零件毛坯准备与加工</b> ..... | (42)  |
| 第一节 毛坯准备 .....               | (42)  |
| 第二节 毛坯加工 .....               | (49)  |
| <b>第五章 模具零件的机械加工方法</b> ..... | (50)  |
| 第一节 外形加工 .....               | (50)  |
| 第二节 划线 .....                 | (51)  |
| 第三节 钻孔、铰孔及排废料.....           | (52)  |
| 第四节 圆孔加工 .....               | (54)  |
| 第五节 非圆孔加工 .....              | (61)  |
| 第六节 车削加工 .....               | (66)  |
| 第七节 坐标镗床加工 .....             | (70)  |
| 第八节 铣削加工 .....               | (87)  |
| 第九节 磨削加工.....                | (104) |
| <b>第六章 成型零件特种加工方法</b> .....  | (133) |
| 第一节 电火花加工.....               | (133) |
| 第二节 电火花线切割加工.....            | (146) |

|             |                |              |
|-------------|----------------|--------------|
| 第三节         | 超声加工           | (158)        |
| <b>第七章</b>  | <b>电化学加工方法</b> | <b>(172)</b> |
| 第一节         | 电解加工           | (172)        |
| 第二节         | 电铸加工           | (184)        |
| 第三节         | 化学抛光           | (190)        |
| 第四节         | 文字及花纹加工        | (193)        |
| <b>第八章</b>  | <b>其它加工方法</b>  | <b>(197)</b> |
| 第一节         | 冷挤压加工          | (197)        |
| 第二节         | 锌合金塑料模具加工      | (206)        |
| <b>第九章</b>  | <b>模具装配工艺</b>  | <b>(213)</b> |
| 第一节         | 冷冲模装配          | (213)        |
| 第二节         | 塑料模(或压铸模)装配    | (232)        |
| <b>第十章</b>  | <b>模具检验</b>    | <b>(257)</b> |
| 第一节         | 概述             | (257)        |
| 第二节         | 冲压模具的检验        | (260)        |
| 第三节         | 塑料模具的检验        | (266)        |
| <b>第十一章</b> | <b>模型的制造</b>   | <b>(272)</b> |
| 第一节         | 概述             | (272)        |
| 第二节         | 平面模型的制造        | (273)        |
| 第三节         | 立体模型的制造        | (274)        |
| <b>参考文献</b> |                | <b>(281)</b> |

# 第一章 绪论

## 第一节 模具工业在国民经济中的地位

利用模具成型零件的方法,实质上是一种少切削、无切削、多工序重合的生产方法,采用模具成型的工艺代替传统的切削加工工艺,可以提高生产效率,保证零件质量,节约材料,降低生产成本,从而取得很高的经济效益。因此,模具成型方法在现代工业的主要部门,如机械、电子、轻工、交通和国防工业中得到了极其广泛的应用。例如70%以上的汽车、拖拉机、电机、电器、仪表零件,80%以上的塑料制品,70%以上的日用五金及耐用消费品零件,都采用模具成型的方法来生产。由此可见,利用模具生产零件的方法已成为工业上进行成批或大批生产的主要技术手段,它对于保证制品质量、缩短试制周期,进而争先占领市场,以及产品更新换代和新产品开发都具有决定性意义。因此德国把模具称为“金属加工中的帝王”,把模具工业视为“关键工业”,美国把模具称为“美国工业的基石”,把模具工业视为“不可估量其力量的工业”,日本把模具说成是“促进社会富裕繁荣的动力”,把模具工业视为“整个工业发展的秘密”。

从另一方面来看,机床、刀具工业,素有“工业之母”之称,在各个工业发达国家中都占有非常重要的地位。

由于模具工业的重要性,模具成型工艺在各个工业部门得到了广泛的应用,使得模具行业的产值已经大大超过机床、刀具工业的产值。这一情况充分说明在国民经济蓬勃发展的过程中,在各个工业发达国家对世界市场进行激烈的争夺中,愈来愈多地采用模具来进行生产,模具工业明显地成为技术、经济和国力发展的关键。

从我国的情况来看,不少工业产品质量上不去,新产品开发不出来,老产品更新速度慢,能源消耗指标高,材料消耗量大,这些都与我国模具生产技术落后,没有一个强大的、先进的模具工业密切相关。

因此,要使国民经济各个部门获得高速发展,加速实现社会主义四个现代化,就必须尽快将模具工业搞上去,使模具生产形成一个独立的工业部门,从而充分发挥模具工业在国民经济中的关键作用。

## 第二节 模具制造技术的现状及其发展趋势

我国的模具工业发展到今天经历了一个艰辛的历程。

解放前,由于我国工业基础薄弱,模具使用得很少,即使使用,模具也都是由个体的模具作坊制作的。这些模具大多结构简单,精度也很低,而就模具的形式而言,多为冲压模。抗日战争时期,当时的国营机械、电工、仪器等工厂和上海、天津等大城市的一些私人经营的五金



企业制造了一些模具。制造方法多为由有经验的老钳工带领徒工采用圆剪机或外圆冲模落料而成,制作全靠钳工锉研保证精度,没有设计图纸和工艺文件,而且模具的品种只限于冲裁模、弯曲模和拉深模,根本谈不上有什么模具工业。

解放后,由于经济恢复的需要,特别是由于东北地区担负着电机、电器、仪表、变压器等产品的生产任务,因此在人民政府的组织下发展了模具工业。当时虽然缺乏先进的技术,但是由于结合我国实际情况,组织了专门的技术力量,从而取得了明显的进步:冲模的结构由单工序模向复合模发展,并可生产少量级进模;模块则由整块向拼块发展;而模具制造技术则由手工加工为主发展到成型磨削的采用。因此在加工精度和加工效率上都迈出了一大步。到1951年和1952年,制成了800kW和3000kW水轮发电机的大型扇形复合冲模,这在当时的情况下是一个很大的成功和进展。

到1954年,苏联援助我国建设的156个重点项目已确定下来,苏联和东欧社会主义国家的有关模具技术和设备开始输入我国,这对我国的模具工业的发展起到了促进作用,对以后模具技术人才的培养、工艺技术和关键加工设备的使用都有很大的帮助。在此情况下,成型磨削开始取代大部分手工加工操作,热处理变形基本上得到了控制,模具制造的精度和表面粗糙度明显提高,模具制造周期也大大缩短。随着生产的发展,各行各业对模具的需要越来越多,国家对模具用钢也安排了系列生产。经过这一段的发展,1955年和1956年开始在天津和北京成立了我国首批的专业模具厂。

从1958年开始,上海、广州、沈阳、武汉、南京等地也相继建立了一批专业模具厂,这些模具厂虽然设备条件较差和技术力量比较薄弱,但仍不愧为模具工业上一支新生力量。在这一阶段,模具结构方面复合模得到了进一步完善,并开始生产高效率的级进模和高寿命的硬质合金模。塑料成型模则由热固性塑料模发展到热塑性注射模,并开始由单腔模结构发展到一模多腔的结构;压铸模也已扩大到铜合金铸件生产用模;还研制了解析式组合冲模。在模具制造方面,除研制了成型磨削夹具外,还研制和批量生产了专用成型磨床;电火花加工技术也被应用于模具加工;自行研制电火花线切割机床用于模具加工;研制了用于型腔模加工的型腔冷挤压工艺与装备。同时还诞生了我国第一个模具标准:冷冲模零件标准与典型结构标准。

在1966年至1976年期间,由于整个国民经济都受到很大的干扰和影响,模具工业没有获得应有的突飞猛进,模具在结构与制造工艺技术方面都没有明显的进展,只是在简易模具方面得到某些发展;组合冲模由分解式组合冲模发展到积木式组合冲模;钢皮冲模由用于中型零件发展到用于大型零件。此外,电磁板冲模、陶瓷型精密铸造制模、带平动加工装置的电火花加工、数控线切割和斜度线切割等技术也得以发展,生产效率和加工精度也在提高。值得一提的是:此期间在总结和推广模具设计与制造经验及先进技术方面做了大量工作,编写了一套(六册)《模具手册》,对模具生产的发展起到了良好的指导作用。

自1977年以来,由于机械、电子、轻工、仪表、交通等工业部门的蓬勃发展,对模具的需求在数量上越来越多、在质量上日益提高、在供货期方面则要求愈来愈短,而我国模具工业的现状愈来愈不能适应这一形势的需要。近几年来,国家有关部门对模具工业更加重视,给专业模具厂投资以供进行技术改造,并将模具列为“六五”和“七五”规划重点科研攻关项目,还派人员出国学习考察,引进国外模具先进技术,制订有关的模具标准。通过这一系列的措



施,使得模具工业有了很大发展,并在某些技术方面有所突破。第二汽车制造厂采用新技术、新材料,为日本五十铃厂制造了高质量的大型模具,赢得了良好的国际信誉。1980年上海已能制造一模400个型腔的大型热固塑料封装模,这种模具要求形位误差小,表面粗糙度小于 $0.1\mu\text{m}$ 。而近年来家用电器中大型复合塑料成型模具也陆续试制成功;还研制成功平均刃磨寿命达100万冲次、毛刺在 $0.5\text{mm}$ 以下的硬质合金级进模,这种六工位转子片生产用模具已接近国际先进水平。同时,还制造出了十多个工位的精密级进模及精度和难度都较高的塑料成型模具,并通过消化引进技术,研制微米级精度的多工位级进模和多腔塑料成型模具。此外,精冲模、冲裁模和锻模的计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术已开展了研究,并取得了初步的应用成果。在这一时期,模具工业才真正得到了较大的发展。全国模具生产厂点达到了6000多家,职工约30万人,生产模具约80万套,标准模架16万多套,说明我国模具工业已初具规模。

但是,我国模具工业要想在尽可能短的时间内赶上世界工业发达国家的水平,还要付出许多艰苦的努力,主要应从下列几个方面采取措施:

### 1. 进行专业化、标准化生产

要使模具技术高速度发展,国外的经验说明:实现专业化、标准化生产是关键。目前,美国模具专业化程度已达90%,日本为74%,而我国模具专业化程度仅为10%左右。

要实现模具专业化生产,前提是要模具标准化。这样,提供模具标准件的专业生产厂可减少30%~50%的制造工作量,降低成本50%。国外工业发达国家模具标准化生产已达70%,我国仅为20%左右。有了模具的各项标准,才可能采用专用的先进生产设备和技術,建立专门的机械化和自动化的生产线,才可能采用高精度的、专用的质量检测手段,从而实现提高模具质量、缩短生产周期、降低制造成本的目标。

### 2. 采用先进的制造技术

目前,我国模具生产在很大程度上改变了凭手工制造模具的局面,某些模具厂也采用了一些先进的加工设备和技術,但就整个模具工业来说,模具制造的技術水平仍是落后的,模具的加工精度、表面粗糙度和自动化程度仍不能满足当前 $\mu$ 级精度模具的要求。因此,应该改变模具加工设备以通用的车、铣、刨、磨为主的局面,向高效、自动、精密、专用的方向发展。具体来说:

(1)模具毛坯下料应发展高速锯床、高速磨床、阳极切割、激光切割等高效设备。

(2)粗加工方面应发展高速铣床、高速磨床、强力磨床、万能工具铣床、多用磨床等设备。

(3)精加工方面应发展数控电气仿形铣、数控连续轨迹坐标磨床、数控光学曲线磨床、带缩放尺的成型磨床、CNC低等速走丝精密线切割、数控电火花机、镜面电火花机、高精度坐标电火花机、精密小型电解加工、精密双孔镗、数控导柱导套研磨机、数控雕刻机、三坐标测量机等精密加工设备。

(4)在抛光设备中应发展挤压、珩磨、超声抛光、电解抛光、电动机械抛光、液体喷射抛光、化学抛光、复合抛光等先进技术。

(5)在自动化方面应发展各种数控铣床、仿形与数控组合加工铣床、CNC单片机、加工中心、自动线切割、电火花、电解、抛光等复合加工装置(FMS)。

(6)还应发展相应的检测、加热冷却控制等配套设备及材料。

此外,为了缩短模具制造周期,还应研究和推广各种快速制模和简易制模技术,如超塑成型、冷挤成型、快速电铸成型、易熔合金浇注成型、喷镀成型、聚氨酯成型等,这些工艺技术均可将制模周期缩短一半以上,降低成本 50%以上,从而使经济效益明显提高。

### 3. 研制和发展模具用材料

模具材料是影响模具寿命、质量、生产效率和生产成本的重要方面,没有充足的、高质量的、品种系列齐全的模具用材料,模具工业要赶上世界先进水平就只能是纸上谈兵。

目前,我国模具的寿命仅为国外的五分之一到三分之一,造成这一差距的主要原因除了其它方面外,模具材料和热处理方面的影响占 60%以上。因此,今后应大力加强模具材料和热处理技术的研制和开发。首先应加速研制急需的新钢种,建立起符合我国资源情况、满足各行业需要的模具钢标准系列;推广使用效果已证明是良好的模具钢如 65Nb、LD<sub>1</sub>、HM<sub>1</sub>、GR 等;研制目前尚属空白的塑料模具钢、压铸模具钢等,并逐步形成系列;研制开发高强韧、高耐磨的新型优质模具钢,大力发展硬质合金模具材料。

对于玻璃模、简易模具使用的高耐磨铸铁、稀土球铁、锌合金、锌铝合金、熟石膏、塑料、木材、橡胶等应增加品种并提高性能。

热处理是提高模具钢的强韧性和表面性能、发挥模具钢潜力的有效措施。为了提高模具基体的强度、刚度和韧性,应进一步完善并扩大使用组织预处理、高淬低回、低淬低回、低温快速退火等热处理工艺;为使模具表面强化,即提高模具表面强度、润滑性、耐蚀性,则应推广化学热处理(氮化、硫化)、渗金属、化学沉积、电镀、涂层及电火花强化等技术。

### 4. 开发计算机辅助设计和辅助制造(CAD/CAM)

随着计算机技术的发展,计算机已应用到国民经济的各个部门,其中也包括模具工业。70年代后期,国外已采用模具的计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术,这是模具生产全盘自动化的根本措施,也是模具生产的重大技术革命。

国际生产研制协会预测,到 2000 年,作为设计和制造之间的联系手段,图纸将失去其主要作用。目前工业发达国家模具的 CAD/CAM 技术发展迅速,取得了显著的经济效益。如美国 1971 年开发了级进模的 CAD 系统 PDIC,模具设计由几个月缩短为一天;英国 1975 年开发的冲裁模具 CAD 系统,效率比手工提高十倍。

我国的模具 CAD 技术刚刚着手研究开发,主要集中在冲模和锻模两类模具上,而且由于原始数据不足,材料性能、温度、应力等工艺优化计算参数的确定尚缺乏理论依据,因此,模具 CAD 技术的应用还受到一定的限制。要使模具 CAD 技术尽快得到推广和应用,必须从基础做起,组织专门的技术力量,进行必要的基础理论和试验研究,同时应根据我国的国情,制订模具 CAD 技术开发的近期方向和长远战略。

### 5. 加强模具技术人才的开发

模具是技术密集型产品,要求设计水平高、加工技术先进,但是,这一切都必须要有专门的技术人才去实施,即使在无人操作的生产线或计算机辅助设计的过程中,也需要理论水平与技术水平较高的专业技术人员从事技术准备、过程监察、软件设计……一系列具体的技术工作。

目前我国模具行业的技术人员占职工人数的 4%左右,模具工人的技术等级平均约为 2.5 级,这是非常低的水平,与模具工业的发展及国民经济对模具工业的要求根本不相称。

因此,要大力开发模具技术,尽快将模具工业搞上去,就必须大力开发人才。只有这样,才能在尽可能短的时间内,造就一支有文化、有技术的模具生产队伍。

随着国民经济的不断发展,机械技术与电子技术日趋结合为机电一体化,模具制造工艺技术将跨入程序控制无人操作的时代,CAD和CAM技术将普遍采用,整个模具工业将从过去的技能密集、劳动密集型转变为技术密集、资本密集型的工业。

为了适应模具工业的发展,迎接新时代技术革命,今后将改变“大而全”、“小而全”的生产体制,大力推进专业化生产,在管理体制上实现科学化。在模具的要求方面将朝着开发高效率、高精度、高寿命的方向发展,以适应制品日趋精密、复杂和成型工艺的高速化、自动化、精密化的要求。在模具加工设备方面将着重研制和开发高效、高精度、大型、自动化的关键设备。此外,健全和完善模具的有关标准,并大力推广和实施这些标准;建立保质、保量、供应及时的模具标准件商品化供应渠道;加强智力开发和人才培养,狠抓模具的基础理论研究和关键的技术开发……,使整个模具工业在范围和素质上获得空前的发展。

### 第三节 本课程的任务与学习方法

现在各部门的产品不仅在结构形式上愈来愈复杂,而且在精度、使用寿命及生产效率上的要求也愈来愈高。为了满足这些要求,必须将模具的设计、制造和使用这三个方面作为一个整体来进行综合的、系统的研究。模具制造技术是模具设计与模具使用之间的纽带,对模具设计的意图和模具使用的效果能否兑现具有决定性影响。

通常模具按尺寸大小可分为大型、中型、小型模具;按生产批量可分为大量、成批和单件小批;按精度要求可分为高精度、中等精度和低精度。表1-1为日本按产品零件成型方法对模具进行的分类。

表 1-1 模具的分类

| 类 别 | 成型方法                                      | 成型加工材料                                    | 模具材料                                     |
|-----|---|---|--|
| 冲压模 | 冲裁模<br>弯曲模<br>拉深模<br>压缩模                  | 金属材料                                      | 工具钢、硬质合金<br>工具钢、铸铁<br>工具钢、铸铁<br>工具钢、硬质合金 |
| 塑料模 | 压制成型模<br>注射成型模<br>挤出成型模<br>吹塑成型模<br>真空成型模 | 热固性塑料<br>热塑性塑料<br>热塑性塑料<br>热塑性塑料<br>热塑性塑料 | 硬钢<br>硬钢<br>硬钢<br>硬钢、铸铁<br>铝             |

续表

| 类别    | 成型方法                                | 成型加工材料                                   | 模具材料                             |
|-------|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| 压铸模   | 压力铸造成型                              | 低熔点合金: 锌合金、铝、锡、铅合金、镁铜合金                  | 耐热钢                              |
| 锻模    | 模锻成型                                | 金属                                       | 锻模钢                              |
| 粉末冶金模 | 压力成型                                | 金属                                       | 合金工具钢<br>硬质合金                    |
| 陶瓷模   | 压力成型                                | 陶瓷粉末                                     | 合金工具钢<br>硬质合金                    |
| 橡胶模   | 压力成型<br>注射成型                        | 橡胶<br>橡胶                                 | 钢<br>钢、铸铁、铝                      |
| 玻璃模   | 压模<br>吹模                            | 玻璃<br>玻璃                                 | 铸铁、耐热钢<br>铸铁                     |
| 铸造模   | 砂型模<br>壳型模<br>失蜡模<br>压力铸造模<br>金属型铸模 | 砂<br>树脂、混合砂<br>石蜡、塑料<br>熔融合金、铝<br>熔融合金、铝 | 铝、钢、铸铁<br>铸铁、铸铜<br>钢<br>铸铁<br>铸铁 |

由表 1-1 可知,按制品成型的方法和模具结构的不同也可将模具分为两大类:一类为贯通式模具,它包括冲裁模、拉深模、拉拔模、挤压模、粉末冶金压模等;另一类为型腔式模具,它包括压弯模、锻模、压铸模、塑料注射模和压缩模、玻璃模、橡胶模等。

模具的种类很多,对于其制造方法的选择应予以慎重考虑,这不仅是负责加工制造的技术人员的事情,对于模具设计人员来说也是必须熟悉的,因为模具的制造方法是实现设计思想的手段。

就目前的情况来看,模具的加工方法可分为三大类,即铸造方法、切削加工方法和特种加工方法。

表 1-2 为各种加工方法的工艺特点。

表 1-3 为日本模具制造质量标准。

在考虑模具加工制造方法的选择时,应了解每一种加工方法所能达到的加工精度和经济精度,以便将模具的精度要求、满足精度要求的可能性与可行性协调起来,在对质量要求与制造成本进行综合的科学分析后作出抉择。表 1-4 为几种加工方法的加工精度和经济精度。

表 1-2 模具的各种加工方法的工艺特点

| 加工方法      | 分 类 |     | 适用于模具种类  | 加工精度 | 主要技术 | 加工技术要求 | 后工序加工 |
|-----------|-----|-----|----------|------|------|--------|-------|
|           | 型腔类 | 通孔类 |          |      |      |        |       |
| 铸造法制造模具   |     |     |          |      |      |        |       |
| 锌合金铸造     | √   | √   | 冲压       | 一般   | 铸造   | 型腔制作   | 不需要   |
| 低熔点合金铸造   | √   |     | 塑料、橡胶    | 一般   | 铸造   | 型腔制作   | 不需要   |
| 肖氏铸造法     | √   |     | 锻造、压铸、塑料 | 一般   | 铸造   | 型腔制作   | 表面处理  |
| 铍铜合金铸造    | √   |     | 冲压       | 一般   | 铸造   | 型腔制作   | 不需要   |
| 合成树脂浇注    | √   |     | 冲压       | 一般   | 铸造   | 型腔制作   | 不需要   |
| 切削加工法制造模具 |     |     |          |      |      |        |       |
| 普通切削机床加工  | √   | √   | 全部       | 一般   | 熟练   |        | 手工精加工 |
| 精密切削机床加工  |     | √   | 冲裁       | 精密   | 熟练   |        | 不需要   |
| 仿型铣床加工    | √   |     | 全部       | 精密   | 一般   | 仿形模型   | 手工精加工 |
| 雕刻机加工     | √   |     | 全部       | 一般   | 一般   | 仿形模型   | 手工精加工 |
| 图形显示仪     |     | √   | 冲压       | 粗    | 一般   |        | 手工精加工 |
| 数控机床加工    | √   | √   | 全部       | 精密   | 一般   | 纸带、磁带  | 手工精加工 |
| 特种加工法制造模具 |     |     |          |      |      |        |       |
| 冷挤压加工     | √   |     | 塑料、橡胶    | 精密   |      | 冷挤冲头   | 不需要   |
| 超声波加工     | √   | √   | 冲压       | 精密   |      | 悬挂模型   | 手工精加工 |
| 电加工       | √   | √   | 全部       | 精密   |      | 电极制    | 手工精加工 |
| 电解加工      | √   | √   | 全部       | 粗    |      | 电极设计制造 | 手工精加工 |
| 电解磨削      |     | √   | 全部       | 精密   |      | 成型模型   | 不需要   |
| 电铸        | √   |     | 冲压、塑料、玻璃 | 精密   |      | 模型     | 不需要   |
| 腐蚀加工      |     |     | 塑料       | 一般   |      | 图纸     | 不需要   |

表 1-3 日本模具制造质量标准

| 模具分类 | 尺寸精度 (mm)           | 表面粗糙度 (μm) | 模具寿命 (千次)      | 材 料    | 硬 度 (HRC) |
|------|---------------------|------------|----------------|--------|-----------|
| 冲裁模  | 大型 0.01<br>小型 0.005 | 小于 0.8     | 一次刃磨<br>大于 100 | JIS 标准 | 58~62     |
| 拉深模  | 0.005               | 小于 0.4     | 25             | JIS 标准 | 58~62     |

续表

| 模具分类  | 尺寸精度<br>(mm) | 表面粗糙度<br>( $\mu\text{m}$ ) | 模具寿命<br>(千次)         | 材 料    | 硬 度<br>(HRC)   |
|-------|--------------|----------------------------|----------------------|--------|----------------|
| 锻 模   | 0.03         | 小于 0.8                     | 落锤大于 5,<br>压力机用大于 10 | JIS 标准 | 40~48<br>37~50 |
| 压铸模   | 0.01         | 小于 0.4                     | 铝合金大于 70, 锌合金大于 100  | JIS 标准 | 35~40          |
| 塑料模   | 0.01         | 小于 0.4                     | 注射模大于 200            | JIS 标准 | 35~40          |
| 橡胶模   | 0.01         | 小于 2                       |                      | JIS 标准 |                |
| 粉末冶金模 | 0.005        | 小于 0.4                     | 大于 40                | JIS 标准 | 58~62          |
| 陶瓷模   | 0.05         | 小于 3                       | 大于 65                | JIS 标准 | 58~62          |

表 1-4 几种加工方法的加工精度

| 加工方法  | 可达到的加工精度(mm) | 经济精度(mm)   |
|-------|--------------|------------|
| 仿形铣   | 0.02         | 0.1        |
| 数控加工机 | 0.01         | 0.02~0.03  |
| 仿形磨削  | 0.005        | 0.1        |
| 坐标镗   | 0.02         | 0.1        |
| 电火花加工 | 0.005        | 0.02~0.03  |
| 电解成形  | 0.05         | 0.1~0.5    |
| 电解研磨  | 0.02         | 0.03~0.05  |
| 坐标磨   | 0.002        | 0.005~0.01 |
| 线切割   | 0.005        | 0.01~0.02  |

综上所述,模具制造技术是模具专业的一门必学的重要的专业课。本课程任务是使学生掌握模具设计、制造所需的工艺知识,提高合理设计模具的能力。通过本课程的学习,要求学生掌握各种模具制造方法的基本原理和特点,在设计、制造模具时,能够根据实际情况,充分考虑各种制造方法的特点,从而选用最佳的工艺方案;掌握各种制造方法对模具结构的要求,具有分析模具结构工艺性的能力,能够设计出工艺性能良好的模具结构;了解国内外先进的制模技术,尽量采用新工艺、新技术。

本课程涉及的知识面很广,实践性很强。因此学生在学习本课时,除了重视理论学习之外,还要重视实验、实习,注意理论与实践的结合,向具有丰富的实际经验的工程技术人员学习。

## 第二章 模具材料及热处理

模具的寿命除了取决于模具结构设计及其使用与维护情况外,最根本的问题是制模材料的基本性能是否和模具加工要求与使用条件相适应。因此,根据模具的结构和使用情况,合理选用制模材料是模具设计人员的重要任务之一。

目前,制模材料仍以钢为主,包括冲压模、塑料模、压铸模、锻模、粉末冶金模等(见表 1-1)。但塑料模较特殊,根据塑料的成型工艺条件不同,制模材料除钢外,还可采用低熔点合金、铸铝合金、锌合金、铍铜和其它非金属材料,如环氧树脂等。所以本章将介绍模具用钢与其它制模材料。

### 第一节 模具用钢

#### 一、基本要求

制造模具所采用的钢材应具备下列基本性能:

##### 1. 加工性能良好,热处理后变形小

加工性能好,能较好地保证模具的形状和尺寸精度,同时,因为模具零件往往形状很复杂,而在淬火以后加工又很困难,或根本不好加工,所以在选择模具材料时,应尽量选择热处理后变形小的钢材。有些模具零件可以先进行粗加工,然后再进行调质处理,但调质后的硬度不得高于 300HBS,其目的是为了便于机械加工和钳工加工。这样热处理后的材料变形即便大一些也没有关系,因为粗加工后的半成品毛坯还要进行精加工才能达到图纸的要求。

##### 2. 抛光性良好

制件常要求具有良好的光泽和表面状态,因而模腔必须很好地抛光,所以选用的钢材不应含有粗糙的杂质和气孔等。

##### 3. 耐磨性良好

制件的表面粗糙度和尺寸精度都和模具表面的耐磨性有直接关系,如成形热固性树脂和添加玻璃纤维的塑料,就要求模具有很高的耐磨性。模具的表面硬度高,则耐磨性好,寿命长。

##### 4. 较好的淬透性

模具除要求高表面硬度外,还要求应有足够的芯部强度,如注射模要经受大的注射压力和锁模压力,所以必须考虑模具的芯部强度,即要求钢材具有较好的淬透性。

##### 5. 耐腐蚀性好

塑料及添加剂对钢的表面有化学腐蚀作用(如用于电话机和接头之类的 PVC 和添加难燃剂的树脂),所以要选用耐腐蚀的钢材或进行型腔表面镀铬、镀镍处理。

其次,需要进行表面装饰纹加工的,要求金属模具有良好的装饰纹加工性能,如汽车和



家用电器制品等。

以上各性能之间是有一定矛盾的,如加工性与耐磨性、耐腐蚀性等,所以应根据材料的性质、生产量、模具形状的复杂和模具大小进行综合考虑。

## 二、常用模具用钢材品种

### 1. 碳素钢

碳素钢分碳素结构钢和碳素工具钢,两者都可以用作模具材料。

#### 1) 碳素结构钢

碳素结构钢分为正常含锰钢和较高含锰钢。塑料模具制造中常用的正常含锰钢有:15、20、40、45、50等牌号钢;常用较高含锰量钢有:15Mn、20Mn、40Mn、45Mn等。

碳素结构钢中应用最广泛的一种是45号钢,这种钢的优点是具有良好的切削性能,调质处理后还可获得较好的力学性能, $\sigma_b \geq 650\text{MPa}$ ,  $\delta \geq 17\%$ ,  $\text{HBS} \leq 235$ ,缺点是热处理后变形大。15号钢和20号钢经渗碳和淬火处理可制造导柱、导套和其它一些耐磨性能的零件,也可用冷挤压法压制模腔。

常用碳素结构钢的化学成分和力学性能见表2-1及表2-2。

表 2-1 碳素结构钢的化学成分(%)

(GB699-88)

| 钢 号         | C         | Si        | Mn        | P            | S            | Cr          | Ni          |
|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 普 通 含 锰 量 钢 |           |           |           |              |              |             |             |
| 15          | 0.12~0.19 | 0.17~0.37 | 0.35~0.65 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 20          | 0.17~0.24 | 0.17~0.37 | 0.35~0.65 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 40          | 0.37~0.45 | 0.17~0.37 | 0.50~0.80 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 45          | 0.42~0.50 | 0.17~0.37 | 0.50~0.80 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 50          | 0.47~0.55 | 0.17~0.37 | 0.50~0.80 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 较 高 含 锰 量 钢 |           |           |           |              |              |             |             |
| 15Mn        | 0.12~0.19 | 0.17~0.37 | 0.70~1.00 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 20Mn        | 0.17~0.24 | 0.17~0.37 | 0.70~1.00 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 40Mn        | 0.37~0.45 | 0.17~0.37 | 0.70~1.00 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 45Mn        | 0.42~0.50 | 0.17~0.37 | 0.70~1.00 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |
| 50Mn        | 0.48~0.56 | 0.17~0.37 | 0.70~1.00 | $\leq 0.035$ | $\leq 0.035$ | $\leq 0.25$ | $\leq 0.25$ |

表 2-2 碳素结构钢的力学性能

(GB699-88)

| 钢 号         | $\sigma_s$<br>(Pa) | $\sigma_b$<br>(Pa) | $\delta$<br>(%) | $\psi$<br>(%) | $\alpha_k$<br>(J/cm <sup>2</sup> ) | 硬 度 (HBS) |     |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|-----------|-----|
|             |                    |                    |                 |               |                                    | 热轧钢       | 退火钢 |
| $\geq$      |                    |                    |                 |               |                                    | $\leq$    |     |
| 普 通 含 锰 量 钢 |                    |                    |                 |               |                                    |           |     |
| 15          | 225                | 375                | 27              | 55            | —                                  | 143       | —   |
| 20          | 245                | 410                | 25              | 55            | —                                  | 156       | —   |
| 40          | 335                | 570                | 19              | 45            | 60                                 | 217       | 187 |
| 45          | 355                | 600                | 16              | 40            | 50                                 | 229       | 197 |
| 50          | 375                | 630                | 14              | 40            | 40                                 | 241       | 207 |
| 较 高 含 锰 量 钢 |                    |                    |                 |               |                                    |           |     |
| 15Mn        | 245                | 410                | 26              | 55            | —                                  | 163       | —   |
| 20Mn        | 275                | 450                | 24              | 50            | —                                  | 197       | —   |
| 40Mn        | 355                | 590                | 17              | 45            | 60                                 | 229       | 207 |
| 45Mn        | 375                | 620                | 15              | 40            | 50                                 | 241       | 217 |
| 50Mn        | 390                | 645                | 13              | 40            | 40                                 | 255       | 217 |

## 2) 碳素工具钢

碳素工具钢分为优质钢和高级优质钢。两者的差别在于前者含 S、P 高 ( $S \leq 0.03\%$ ,  $P \leq 0.035\%$ ), 后者含 S、P 低 ( $S \leq 0.02\%$ ,  $P \leq 0.03\%$ )。S、P 含量高就会影响钢的性能, 使之变脆。模具制造中常用的优质钢有 T7、T8、T9、T10、T12 等牌号; 常用的高级优质钢有 T7A、T8A、T9A、T10A、T12A 等牌号。

碳素工具钢中的 T8、T10 经常用来制造导柱和导套, 有时也用来制造简单的成型零件。这类钢的缺点是热处理后变形大, 所以, 凡是采用这类钢制成的零件, 热处理后都必须磨削加工。

这类钢的热处理工艺通常是: 淬火 + 低温回火。碳素工具钢的成分及不同状态下的硬度见表 2-1 及表 2-4。

表 2-3 碳素工具钢的化学成分(%)

(GB1298-86)

| 钢 号   | C         | Mn          | Si          | S     | P     |
|-------|-----------|-------------|-------------|-------|-------|
|       |           |             |             | 不 大 于 |       |
| 优 质 钢 |           |             |             |       |       |
| T7    | 0.65~0.74 | $\leq 0.40$ | $\leq 0.35$ | 0.030 | 0.035 |
| T8    | 0.75~0.84 | $\leq 0.40$ | $\leq 0.35$ | 0.030 | 0.035 |
| T9    | 0.85~0.94 | $\leq 0.40$ | $\leq 0.35$ | 0.030 | 0.035 |