

高 等 学 校 教 材

模具寿命与失效

► 曾珊琪 丁 毅 主编



化 学 工 业 出 版 社

教 材 出 版 中 心

高等学校教材

模具寿命与失效

曾珊珊 丁 毅 主编

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

模具寿命与失效/曾珊瑚, 丁毅主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 2
高等学校教材
ISBN 7-5025-6543-4

I. 模… II. ①曾…②丁… III. ①模具-使用寿命-高等学校-教材②模具-失效形式-高等学校-教材
IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 007069 号

高等学校教材

模具寿命与失效

曾珊瑚 丁毅 主编

责任编辑: 杨 菁

文字编辑: 余德华

责任校对: 顾淑云

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 344 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6543-4/G · 1669

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

本书是按照材料成型与控制工程专业教学大纲的要求编写的,可作为材料成型与控制工程、模具设计与制造、塑性成型工艺与设备等专业的本科、专科教材,也可供有关模具工程专业技术人员参考使用。

加入 WTO 后,我国工业产品将参与国际市场的竞争,提高工业产品质量已成为加强竞争力的关键因素。这对模具工业发展是一个新的挑战。加速发展大型、复杂、高精度、高效率、长寿命的模具是我国模具工业的需要,提高模具寿命已成为实现模具发展目标的关键。因此了解模具失效的规律与机理,掌握分析、判断和解决模具失效的方法,是提高模具寿命的必备知识。

本书重点阐述了研究模具寿命的重要意义;模具失效形式的特征、判据、鉴别技术;在模具设计、模具选材和冷、热加工等过程中产生的缺陷对模具失效的影响和失效的分析技术,以及提高模具寿命的途径。这些知识不仅对高等学校材料成型与控制工程和模具设计与制造等专业的学生来说是必须掌握的,而且对模具专业领域的工程技术人员及生产管理人员也具有重要的参考价值。希望本书能够有助于普及模具失效分析的知识和提高失效分析的技术水平,达到提高模具寿命的目的。

全书共分为七章。第一、二章介绍模具寿命的有关基本概念,并阐述了模具寿命与工业生产的关系;第三章介绍模具失效的形式与机理、对失效的判断方法以及模具的工作条件与失效形式的关系;第四章着重介绍模具材料的性能指标和测试方法;第五章介绍模具寿命的影响因素及提高寿命的措施;第六章主要介绍新型模具材料的性能特点、应用场合和热处理工艺;第七章简要介绍模具表面强化新技术的应用;附录中介绍了常用模具寿命与失效分析实例。

本书由陕西科技大学曾珊琪、丁毅主编。其中,第一至四章和附录由丁毅编写;第五至七章由曾珊琪编写。

本书编写过程中,总结了几年来教学体会,吸收了许多高校近年来的教学经验,同时参考了国内外相关专著提供的大量宝贵经验和资料,在此表示衷心的感谢!还要感谢高雁、徐峰、陈石峰、杨彦波、侯勤政等人为本书的资料收集、文字图片整理给予的帮助和支持!

由于编者水平有限,书中错误和遗漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2004 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 模具工业的发展状况.....	1
一、模具在现代工业中的作用.....	1
二、模具工业的发展趋势.....	1
三、模具工业的现状.....	2
第二节 研究模具寿命与失效的意义.....	3
一、模具发展对模具寿命的影响.....	3
二、失效分析的意义.....	4
第三节 模具成型工艺及分类.....	5
一、模具成型工艺.....	5
二、模具的分类.....	5
三、本课程的性质、任务与学习方法.....	6
第二章 模具寿命与工业生产的关 系	9
第一节 模具寿命的基本概况.....	9
一、模具寿命的基本概念.....	9
二、模具寿命与失效的术语定义	10
第二节 国内模具寿命的现状和趋势	11
一、国内外模具寿命的现状和比较	11
二、我国模具技术的发展趋势	12
第三节 模具寿命与工业生产的关 系	13
一、模具寿命与生产率的关系	13
二、模具寿命与产品成本的关系	14
第三章 模具失效的基础知识	16
第一节 模具失效的形式和机理	16
一、模具失效的分类	16
二、磨损失效的类型和机理	17
三、过量变形失效	23
四、断裂失效	23
五、多种失效形式的交互作用	28
第二节 模具的工作条件与失效形式	28
一、冷作模具的工作条件与失效形式	28
二、热作模具的工作条件与失效形式	32
三、塑料模具的工作条件与失效形式	37
第三节 模具失效分析的方法	38

一、模具失效分析的主要任务	38
二、模具失效分析的方法和步骤	39
三、失效分析的基本实验技术简介	42
第四章 模具材料抗失效性能指标及其测试方法	44
第一节 材料抵抗过量变形失效的性能指标	44
一、弹性变形的抗力指标	44
二、塑性变形的抗力指标	45
第二节 材料抵抗断裂失效的性能指标	46
一、快速断裂失效的抗力指标	46
二、疲劳断裂失效的抗力指标	51
第三节 材料抵抗表面损伤失效的性能指标	56
一、材料磨粒磨损的抗力指标	56
二、材料粘着磨损的抗力指标	57
三、腐蚀和腐蚀磨损的防护	57
四、材料的接触疲劳强度	58
五、以多种形式失效的模具对材料性能的要求	59
第四节 模具材料性能指标的测试方法	60
一、常规力学性能试验	60
二、扭转、弯曲与压缩的力学性能试验	61
三、缺口试样的静拉伸、静弯曲试验	64
四、硬度试验和硬度指标	66
五、冲击韧性及低温脆性	72
六、断裂韧度试验	76
七、疲劳试验	78
八、磨损试验	79
第五章 影响模具寿命的因素	81
第一节 模具结构	81
一、模具的几何形状	81
二、模具的结构形式	84
第二节 模具工作条件	91
一、成型件的材质和成型温度	91
二、设备特性	92
三、模具的使用与维护	93
第三节 模具材料的影响	94
一、模具材料的性能	94
二、模具使用性能的选择	101
三、模具钢冶金质量的影响	102
第四节 模具制造	103
一、模块的锻造	103
二、模具零件的加工	106

三、模具热处理缺陷.....	110
第六章 新型模具材料	123
第一节 新型模具材料的种类和特性.....	123
一、冷作模具钢.....	123
二、热作模具钢.....	124
三、塑料模具钢.....	128
四、粉末烧结模具材料.....	129
第二节 新型冷作模具钢.....	131
一、高碳低合金模具钢 (GD、CH)	131
二、高速钢基体钢 (65Nb、LM2)	134
三、高碳中铬耐磨钢 (GM、LD)	137
四、改良型高速钢 (6W6)	141
第三节 新型热作模具钢.....	143
一、高韧性低合金热作模具钢 (5Cr2)	143
二、高强韧性热作模具钢 (HD、H13)	146
三、高耐热性热作模具钢 (HM1、012Al)	149
四、析出硬化型热作模具钢 (PH)	153
第四节 新型塑料模具钢.....	154
一、预硬调质型塑料模具钢 (P20)	154
二、预硬易切削型塑料模具钢 (5NiSCa、8Cr2S)	157
三、时效硬化型塑料模具钢 (25CrNi3MoAl)	159
四、冷挤成型塑料模具钢 (LJ)	162
第五节 粉末烧结模具材料.....	163
一、钴结硬质合金.....	163
二、钢结硬质合金.....	166
三、金属陶瓷.....	167
四、粉末 (烧结) 高速钢.....	173
第七章 模具表面处理技术	175
第一节 模具表面的化学热处理技术.....	175
一、渗碳.....	175
二、渗氮.....	177
三、碳氮共渗和氮碳共渗.....	178
四、渗硼.....	179
五、渗金属.....	180
第二节 模具表面的涂镀技术.....	183
一、电镀.....	184
二、电刷镀.....	185
三、化学镀.....	187
四、热浸镀.....	187
第三节 模具表面的气相沉积技术.....	188

一、化学气相沉积 (CVD)	189
二、物理气相沉积 (PVD)	191
第四节 模具表面的其他处理技术	193
一、热喷涂	193
二、激光表面处理	195
三、电子束表面处理	196
四、离子注入	197
附录 模具失效分析实例	199
参考文献	215

第一章 绪 论

第一节 模具工业的发展状况

一、模具在现代工业中的作用

模具是用来成型各种工业产品的一种重要工艺装备,是机械制造工业成型毛坯或零件的一种手段。它在现代工业生产中具有重要作用,主要表现在以下几个方面。

① 用模具成型产品的工艺应用非常广泛。例如:模锻件、冲压件、挤压和拉拔件都是使金属材料在模具内发生塑性变形而成型的;压铸件、粉末冶金件也是在模具中充填加压成型的;塑料、陶瓷等非金属材料的制品多数都是由模具加工成型的。

② 模具成型制件可实现少、无切削的加工。少、无切削是机械制造发展的一个方向,模具成型是实现少、无切削工艺的途径,而模具制造水平的提高则是实现少、无切削的关键。模具制造水平的提高可以使模具成型制品的精度提高,粗糙度值减小,从而有可能直接加工出成品,不需要再进行精加工,由此避免了切削加工。

③ 模具成型具有优质、高产、低消耗和低成本等特点,因此应用范围很广。据有关资料统计:利用模具制造的各种零、部件,在飞机、汽车、电器仪表等领域占 60%~70%,家电产品占 80%以上,手表、自行车等轻工产品占 85%以上。

现代工业产品的发展和技术水平的提高,在很大程度上取决于模具工业的发展水平,因此模具工业对国民经济和社会的发展将会起越来越大的作用。模具工业的薄弱将严重影响工业产品造型的变化和新产品的开发。模具制造水平的高低和模具质量的好坏,对产品的精度、余量、生产率、成本及先进设备的利用率起决定性作用。

二、模具工业的发展趋势

模具工业的发展是和现代工业发展紧密相联的。随着机械、电子、轻工、国防等工业生产的不断发展,特别是电子工业和汽车工业的飞速发展,对模具的需要量与日俱增,给模具工业带来了广阔的前景,同时也带来了新的挑战。根据现代工业发展的趋势,工业产品的特征表现为:大型产品和小型化多功能性产品的结构越来越复杂;表面质量和加工精度的要求越来越高;高速、高温、高摩擦及腐蚀性工作环境的产品对高性能材料的需求越来越多,尤其是高性能工程材料的使用越来越广泛。

因此现代工业产品的发展对模具的要求也在不断提高。模具的需求量更大,种类更多,性能和精度更高,结构和工作条件更复杂,工作温度更高,寿命也要求更长。模具生产发展的总趋势可概括如下。

1. 发展精密、高效、长寿命模具

精密或超精密制件在不同时期有不同概念。例如 20 世纪 60 年代,尺寸公差为 0.01~0.02 的制件为精密件,而 20 世纪 70~80 年代精密件的精度为 0.001~0.0001。当代有些领域制件的精度已达 0.2 μ m,粗糙度达 0.01~0.02 μ m,例如:光纤连接器、大型棱镜、激光盘记录面等。这就要求模具具有比产品更高的精度和更小的粗糙度。

由于市场竞争激烈，产品不断更新换代，为适应市场经济的发展，更需要制造高效率的模具。高效模具主要是提高成型机床一次行程生产的数量，因此，大量发展多工位、多型腔的模具是模具发展的重要趋势。显然长寿命模具对于高效率生产是很必要的。

2. 发展高效、精密、数控自动化加工设备，提高模具制造水平

模具的最终成型依靠的是机械加工技术，因此提高模具制造水平是获得高质量模具的保证。现代模具加工技术的主要特点是：模具精度的保证从主要依靠钳工技巧，发展到更多依靠精密加工机床、各种数控机床和加工中心及各种特种加工技术的应用。

从国外工业发达国家的模具技术现状可见，模具制造已逐渐实行标准化、专业化、商品化。模具已经成为一种高技术密集型产品。模具工业已具备大量采用先进的技术和高效自动化设备的条件。

3. 发展各种简易模具技术

工业生产中有 70% 是多品种小批量的产品。开发和适应这种生产方式的模具技术越来越引起重视，并已成为重要发展方向。简易模具技术主要为适应这种生产方式，也适用于新产品的开发。其目的是为了降低成本，缩短制造周期，实现快速更换。

简易模具通常采用低熔点合金、铝合金、锌基合金、铍铜合金，甚至采用塑料。

4. 完善、改进现有模具钢性能，开发新型模具钢种

根据工业产品的发展特征，更需要有高性能的模具材料，包括材料的强韧性、耐高温性以及耐腐蚀性。传统的模具钢的改进已越来越受到关注。

模具材料总的选择原则是：生产批量小时可选成本低、熔点低的材料，如铸铁、铝合金、预硬钢或含有增强填料的塑料等。制件生产批量大的模具，多采用高耐磨性的材料，若受力大时还应考虑材料的强韧性，如各种合金工具钢、高速钢、硬质合金等。制件熔点高、硬度高时，则模具不仅需要耐磨性高还要耐热性好。对于有腐蚀性的工程塑料制件的模具还应考虑其耐腐蚀性。

传统的模具材料经过热处理和表面处理等手段进行改性，能够满足模具一定的性能要求，但由于处理工艺水平的局限性，使得大型、复杂、高精度、用于大批量生产的模具材料的性能不能真正满足，因此针对传统模具材料的缺点，开发新型模具材料也是模具发展的重要目标。同时也应进一步发展提高热处理和表面处理的工艺水平。

5. 发展专业化生产

专业化生产方式是现代工业生产的重要特征之一，国外工业先进国家模具专业化程度已达 75% 以上。高技术密集型产品采用专业化生产，可以采用最先进的制造设备及工艺，获得高精度、高效率、低成本的生产效果。

标准化是实现模具专业化生产的基本前提，是系统地提高整个模具行业生产技术和经济效益的重要途径，也是提高社会效益的重要方向。现在国外模具标准化生产程度已达 80%，标准件品种多，规格全，全部商品化，并能做到供货及时。

三、模具工业的现状

近年来，我国的模具生产发展速度较快，已能够满足国内对中、低档模具 100% 的需求，少量模具已开始向日本、美国、新加坡、泰国等地出口。模具工业逐渐发展成为国民经济的基础工业。虽然国内模具工业在近十多年中取得了令人瞩目的发展，但许多方面与工业发达国家相比仍有较大的差距。例如：精密加工设备在模具加工设备中的比重较低；CAD/CAE/CAM 技术的普及率不高；许多先进的模具技术应用不够广泛等，致使相当一部分大

型、精密、复杂和长寿命模具依靠进口。据统计,我国目前的模具生产只能满足需要的60%,其余40%需要完全通过进口,致使模具进口额近年来不断增加。

我国模具制造与国外相比的落后之处主要表现为以下几方面。

① 标准化程度较低 国内标准化程度为30%左右,标准件品种较少,缺少精密、高效标准件和商品化标准件。

② 模具品种少、效率低 主要是缺少大型、复杂、长寿命模具。国外模具向精密化、自动化方向发展,很多工序可以集中在一副模具中完成。

③ 模具制造精度低、周期长 国外模具厂都采用粗加工、精加工、测量、装配等成套的精密设备,如CNC坐标磨床、数控电火花机床等。国内模具厂设备陈旧不配套,数控机床、电加工机床在加工机床中占有的比例较少,模具加工新工艺采用较少,使国内模具精度比国外低1~2级、制造周期长1~2倍。

④ 模具寿命短、材料利用率低 国外由于采用了冶炼及热处理方面的新技术,模具寿命大大提高。国内模具钢品种不全,新钢种很少,一般采用常规热处理,因而质量较低,模具材料利用率仅为60%。

⑤ 技术力量落后,管理水平较差 模具生产技术人员比例只占7%~8%(国外为30%),低于国内其他行业。生产缺乏科学管理。

以上几方面问题在近几年的模具生产发展中已得到很大改进,各模具行业已开始注重对模具技术管理人员的培养和使用。模具工业的现状与国外的差距已逐渐缩小。许多依赖于国外进口的高精密大型模具已逐步向国产转化,例如一汽、东风等汽车公司的轿车覆盖件模具过去全部依靠国外进口,近年来这些汽车公司的模具厂家已经能够生产一部分轿车覆盖件模具,这代表了我国大型冲压模具的制造技术已取得很大进步。但是总体水平还是处于较落后的状态,还需要大力发展。

我国模具中、长期的科技发展战略是以国内市场为导向,以开发精密、大型、长寿命成套模具为重点,减少进口,促进出口。发展模具基础技术,如数控加工、快速制模、特种加工等;发展高技术,如CAD/CAM、加工中心等;加速模具新结构、新工艺、新材料的研究,提高精度,提高寿命;发展模具成套加工精密设备。

模具工业能促进工业产品的发展和质量的提高,并能获得极大的经济效益和社会效益,因而引起了各国的高度重视。

第二节 研究模具寿命与失效的意义

模具寿命的高低是衡量模具质量的重要指标之一。它不仅影响产品质量,而且还影响生产率和成本。随着工业的发展,在机械、仪表、电子、轻工和国防工业中,国内、外不断涌现出高速、高效及高精度的塑性加工工艺,因而对模具寿命提出了更高的要求。因此,世界各国不断研制出提高模具寿命的新技术。

一、模具发展对模具寿命的影响

随着模具工业的发展,高质量、高性能、高效率模具的大量应用,模具的寿命逐渐引起世人的关注。过去由于受模具制造水平和社会需求的限制,大部分模具只是用来生产零件的毛坯或是精度不高、结构形状简单的轻工产品及日常生活用品。传统的模具材料和热处理工艺的配合基本能满足模具的性能要求。在使用中模具出现了磨损、变形甚至微细裂纹,由于

不影响产品的精度要求，而没有得到重视。再加上传统的观念认为模具本身就是成本昂贵的工具，由于生产制件的数量多，模具的成本平均在每一个制件上也只有几分钱。所以模具成本高已被传统观念所接受，模具报废之后只需重做一套即可。没有意识从模具寿命的角度对经济效益进行分析，其中有多大的潜力也没有被挖掘。

在工业产品飞速发展带动模具工业快速发展的新时代，从模具发展的总趋势可以看出，无论是模具的大型化、复杂化还是高精度、高效率，都依赖于模具寿命的提高。例如：通过现代的加工技术可以获得高精度的模具型腔或型孔，但由于模具表面出现磨损，磨损量超过了制件的使用精度，使模具的寿命终结。还有大型和高效模具，由于受力大，易使模架、模板、复杂型腔及顶出杆等结构产生过量的变形，造成模具无法正常工作而报废，因此需要提高这些模具零件的受力性能。这些事实说明提高模具寿命的研究对模具工业发展意义重大。

二、失效分析的意义

提高模具的寿命其实就是延缓模具的失效。失效分析是对事物认识的一个复杂过程，通过多学科交叉分析，找到失效的原因和解决的措施，达到提高模具寿命的目的。

失效分析也称为失效学，它是随着工程力学、材料科学及交叉学科的发展和电子光学仪器测试技术的进步，在对大量工程失效现象的行为规律与机理研究的基础上，逐渐形成的一门相对独立和综合性的新兴学科。

失效学是研究机械装备的失效诊断、失效预测和失效预防的理论、技术和方法及其工程应用的一门学科。近代材料科学与工程、工程力学和疲劳学科等对断裂、腐蚀和磨损的深入研究，积累了相当丰富的具有创新意义的观点、见解和物理模型，它们是失效学的理论基础；现代检测仪器、仪表科学的迅猛发展，检测技术的不断提高，特别是断口、裂纹和痕迹分析等技术体系的建立、发展和完善是失效学的技术基础；数理统计学科的完善，模糊数学的突起，可靠性工程的发展与应用以及电子计算机的广泛普及是失效学的方法基础。因此失效学的发展依赖于上述三者的融会贯通，得以逐步建立、发展和完善。

将失效学的理论、技术和方法用于对模具失效的科学分析，可以达到防止类似失效在模具设计寿命范围内再次发生的目的。

引起模具失效的因素是复杂的，既有材料方面的因素也有环境方面的因素。前者为内因，包括材料品质及加工工艺方面的各种因素；后者为外因，包括受载条件、时间、温度及环境介质等因素。任何模具的失效都是在材料的强度、韧性与应力因素和环境条件不相适应的条件下发生的。失效总是从模具对服役条件最不适应的环节开始，而且失效模具的残骸上必然会保留有失效过程的信息。通过对模具失效残骸的研究，可查明失效的机理和过程，并

对失效的原因做出判断，从而可有针对性地采取改进和预防措施，避免同类失效再次发生，达到改进模具质量、延长使用寿命、提高服役安全性和可靠性的目的。

图 1-1 所示为失效分析与模具设计和制造之间的关系。由图可见，失效分析在模具生产中的作用是很重要的，涉及的生产信息和影响因素很多。通过失效分析结果向模具设计、制造、使用和维修等部门反馈信息，提出改进措施用于加工生产中，是防止同类失效产生最直

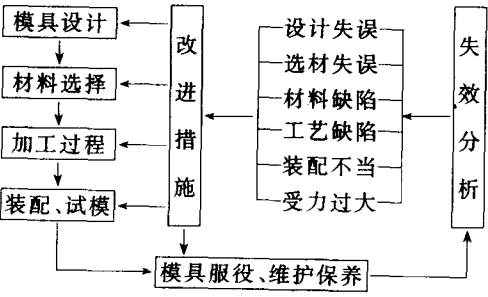


图 1-1 失效分析与模具设计和制造之间的关系

接和有效的途径。

第三节 模具成型工艺及分类

一、模具成型工艺

利用模具成型的工艺很多，根据不同的工作条件，主要分为以下几类。

1. 普通模锻

普通模锻是将加热后或不加热的金属坯料放在模具型腔内，在冲击力或压力作用下，使金属的几何形状发生变化而获得与型腔一致的锻件。

普通模锻包括锻和热锻。锻又分为冷锻、温锻和热锻。

2. 挤压

挤压是将金属材料放在挤压模型腔内，一端施加强大压力，材料在三向受力状态下变形，而从一端的模孔中流出，获得不同形状的零件。

按凸模与材料相对运动方向分类，挤压可分正挤压、反挤压、复合挤压和径向挤压等。按坯料温度，可分为冷挤压、热挤压和温挤压。

挤压零件的形状可以很复杂，精度好，而且表面粗糙度值低，力学性能好，材料的利用率高（达70%），并有很高的生产率。

3. 拉拔

在拉拔时，材料两向受压，一向受拉，通过模具的模孔而成型，获得所需形状尺寸的型材、毛坯或零件。拉拔可分为拉丝、拔管等。

拉拔所获得的产品具有较高的精度和较低的表面粗糙度，常用于对轧制的棒料、管料的再加工，以提高质量。

4. 冲压

冲压是利用冲模使材料发生分离或变形，从而获得零件的加工方法。冲压可获得形状复杂、精度高和表面质量好的零件，同时生产率很高、成本低。

冲压主要可分为分离工序和成型工序。分离工序包括冲孔、落料、切边、修整等方法。成型工序包括拉深、弯曲、胀形、翻边和校平等。

5. 压铸

压铸是以一定压力将熔融金属高速压射充填到压铸模型腔内，在压力下凝固而形成铸件的工艺方法。

6. 塑料成型

塑料成型是在压力的作用下，将粉末状或黏流状的塑料在模具中成型，获得所需形状尺寸的塑料制品。

塑料成型可分为模压成型、挤压成型、注射成型等工艺方法。

二、模具的分类

模具的种类和模具成型工艺相对应。模具的分类方法较多，主要如下。

1. 按模具所加工材料的再结晶温度分

① 冷变形模具 变形在再结晶温度以下进行，产生加工硬化，使塑性变形抗力增大、模具承受的载荷增加。它又可分为冷冲压、冷挤、冷锻、冷拔模四类。制品的精度、表面质量、生产率、力学性能均较高，材料利用率高。

② 热变形模具 模具加工坯料时，变形在再结晶温度以上，加工硬化和再结晶软化两种过程同时进行，因为加工的同时可消除加工硬化，所以塑性变形抗力较小，模具承载相应较轻。但工作温度高，受高温的影响较大。它主要分为热锻、热镦、热挤、热冲模。

③ 温变形模具 变形在冷、热变形之间，即既比冷变形温度为高，降低了塑性变形抗力，减少了模具的承载，但又低于再结晶温度，使制品保留了加工硬化，有较高的力学性能。

2. 按模具加工坯料的工作温度分

① 热作模具 高温下进行加工。

② 冷作模具 常温下进行加工。

③ 温作模具 介于以上两者之间。

按模具所加工材料的再结晶温度和按模具加工坯料的工作温度分类这两者是相对应的，但不完全一致，前一种较为严密，后一种是实际生产的习惯分法。

3. 按模具成型的材料分

① 金属成型用模具。

② 非金属成型用模具。

4. 按模具的用途分

按模具的用途可分为锻造模具、冲压模具、挤压模具、拉拔模具、压铸模具、塑料模具、橡胶模具、陶瓷模具、玻璃模具、其他模具等。

综合起来，模具常用的分类法见图 1-2。

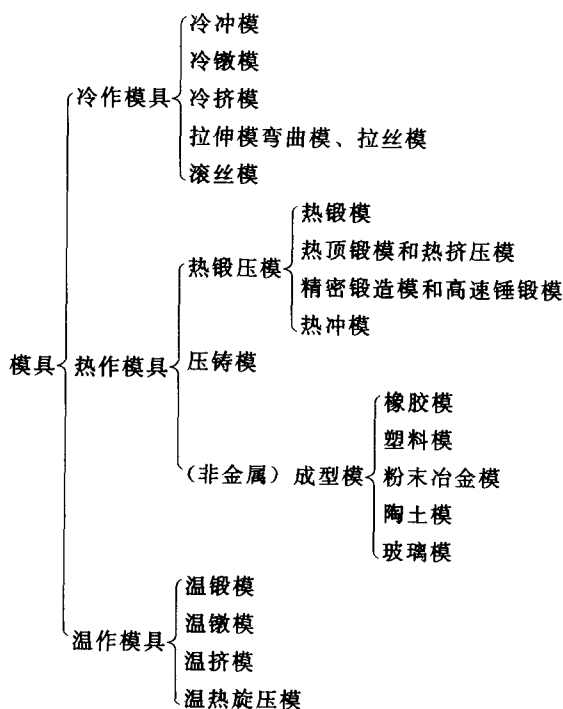


图 1-2 模具分类

三、本课程的性质、任务与学习方法

《模具寿命与失效》是材料成型与控制专业的一门专业课。本课程的任务是使学生了解

模具寿命与失效的关系及其与工业生产的关系；了解模具结构、模具工作条件、模具材料性能和模具制造等因素对模具寿命的影响；掌握分析模具失效的方法，培养解决问题的能力，为合理的模具设计与模具加工奠定必备的基本理论知识，从而达到提高模具寿命的目的。

本课程学习对学生的要求是：

- ① 熟悉模具寿命与失效中名词术语的概念和定义；
- ② 了解模具失效的形式，掌握对不同模具失效形式分析与判断的方法和模具材料抗失效性能指标及应用；
- ③ 认识提高模具寿命的重要性，掌握有关因素对模具寿命的影响和影响模具失效的基本因素，并能正确应用这些规律指导模具的设计与制造；
- ④ 具有正确选择模具材料和模具热处理工艺的能力和将所学知识用于模具设计、模具加工、模具使用和管理的能力。

本课程是在学完工程材料与加工基础、工程力学、金属塑性成型原理、塑料加工设备和工艺等专业基础课之后，与模具设计、模具制造工艺等专业课同时开设的。学习中，需要运用学过的专业基础课中的知识，结合模具结构和生产的特点，来掌握本课程的知识。学完之后又为合理的模具设计和加工服务。

为了更好地学习和掌握模具寿命与失效的学习内容，下面采用思维导图的学习方式介绍本课程的学习方法。思维导图是一种帮助记忆的流程图，如图 1-3 所示。通过它可以将所要学习的知识，按照图中①—②—③—④—⑤—⑥的路线系统地联系起来，最终达到学习的

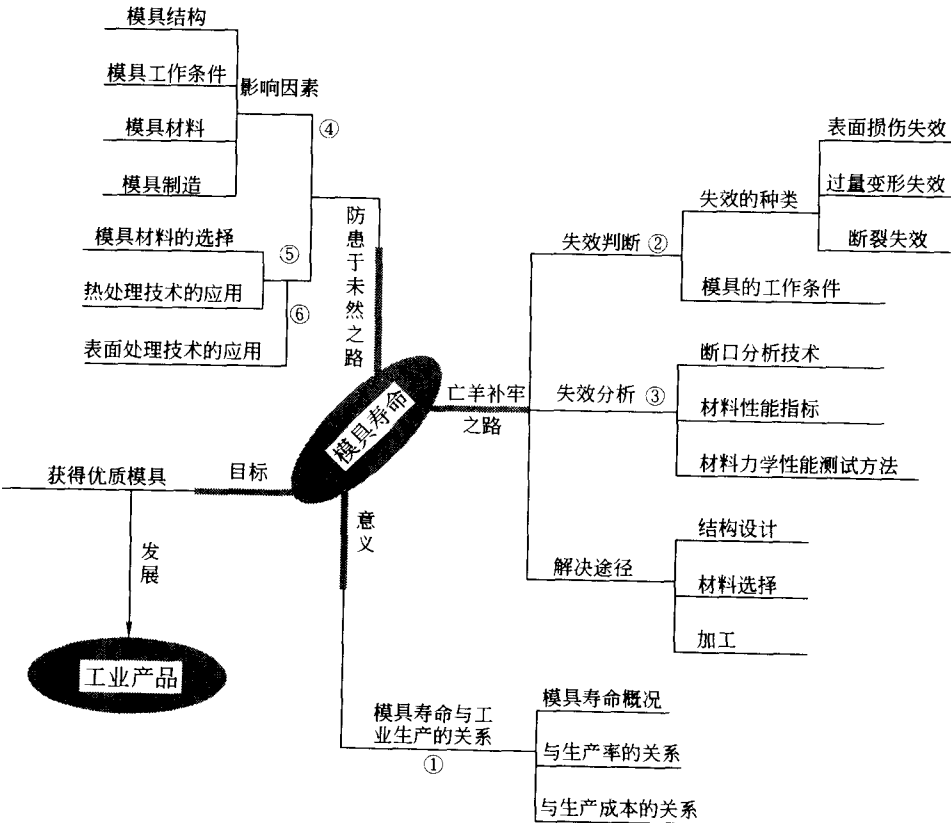


图 1-3 模具寿命与失效的思维导图

目的。

《模具寿命与失效》课程学习的最终目的是为了提高模具的使用寿命，而寿命终结的症状是模具发生了失效。提高模具寿命有两大途径：一是“防患与未然”，通过合理的模具设计、选择材料和各加工工艺等，使模具获得较高的使用寿命；二是“亡羊补牢”，通过对已失效的模具的分析，找出原因和解决方法，使模具不再发生同样的失效，而提高模具的寿命。两个途径都将涉及到许多学科知识。学习中，通过思维导图可以了解到与模具寿命研究所关联的内容；在实际中，知道采用哪些方法去解决哪些问题；解决问题需要掌握哪些理论和工艺知识；要想真正掌握失效分析方法还应了解哪些方面的知识。从中能够很容易地掌握学习的重点。

第二章 模具寿命与工业生产的关系

根据模具工业的发展趋势看,一是模具结构日趋大型化、复杂化。这是由于用模具成型的大型产品日渐增多,以及高生产效率的需要而发展“一模多腔”所造成的。例如,小轿车覆盖件过去多采用焊接的方法成型,现在基本都采用冲压方法成型;塑料制件多腔模具和冲压件多工位连续模或跳步模的应用,可以提高生产效率,但也增大了模具的结构。二是模具的精度越来越高。20世纪80年代末期,精密模具的精度为 $5\mu\text{m}$,现在已达到 $2\sim 3\mu\text{m}$ 。随着工业产品的精度要求不断提高,模具精度将提高到 $<1\mu\text{m}$;三是多功能复合模具将进一步发展。新型多功能复合模具除了冲压成型零件外,还担负叠压、攻丝、铆接和锁紧等组装任务,对模具材料的性能要求越来越高;再是由于高性能工程塑料的发展,加速了以塑代钢、以塑代木的应用进程,使得塑料模具应用的比例不断增大。同时,工业产品的复杂程度和技术要求不断提高,对塑料模具性能的要求也越来越高,不仅要求强度、硬度提高,还要求有更高的耐热性和耐腐蚀性。为适应模具的大型化、高精度、高性能、高效率的发展趋势,提高模具的寿命已成为势在必行的研究课题,近年来受到模具工业技术领域的高度重视。

第一节 模具寿命的基本概况

一、模具寿命的基本概念

1. 模具寿命的定义

模具因为磨损或其他形式失效、终至不可修复而报废之前所加工的产品的件数,称为模具的使用寿命,简称模具寿命。

模具的使用寿命并不期望无限长,只需要比模具成型制品的生产要求长。因此在考虑模具的最佳使用寿命时,应将目标放在使单件制品获得最低成本的基础上。这样的模具使用寿命对工业生产才有实际意义。

2. 模具寿命对工业生产的影响

模具寿命是在一定时期内模具材料性能、模具设计、加工和热处理工艺、模具使用与维护等各项指标的综合体现。模具寿命的高低在一定程度上反映了一个国家或地区的冶金和机械制造等工业的技术水平。

因此,模具寿命对工业生产的影响很大,主要表现在以下方面。

① 质量高、寿命长的模具,可以提高制品的生产率及质量,同时还影响到模具本身的制造成本和制品的成本以及工艺部门的工作量等。因此,除了小批量生产和新产品试制等特殊情况下,一般都要求模具具有较长的寿命。

② 模具寿命关系到少、无切削工艺的推广应用。如冷轧齿轮、冷打花键、高速模锻、黑色金属压铸和冷挤压等往往由于模具寿命不高,使其应用受到一定的限制。

③ 模具的寿命影响到一些先进的高效率、多工位加工设备的正常效能的发挥。如多工位轴承环高速锻锤、多工位大型冷镦机、钢球滚球冷镦机等也往往由于其模具寿命低而难以发挥效率。在大批量生产中,为了保证较高的生产率,模具的使用寿命更为重要。