



中等职业学校教学用书(模具设计与制造专业)

# 模具材料及 模具价格估算

◎ 张清辉 主编

$X \left\{ \begin{array}{l} A=15\% \sim 30\% \\ B=30\% \sim 50\% \\ C=10\% \sim 15\% \\ D=17\% + \leq 3\% \end{array} \right.$

本书配有电子教学参考



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

中等职业学校教学用书（模具设计与制造专业）

# 模具材料及模具价格估算

张清辉 主编

电子工业出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书上篇详细地分析各类模具的工作条件、失效形式、性能要求,系统地介绍各类模具的常用材料,同时对模具的材料选用、工艺路线的选择、热处理工艺的制订等内容进行综合分析。此外,还介绍了模具的表面处理方法和应用效果。

本书下篇就模具价格的基本知识作了简要的介绍,重点介绍型腔模具和冲压模具价格的构成,以及当前使用的估算价格方法。

全书采用“图表”格式编写,资料丰富,实例较多,突出实用性,符合职业教育的教学要求。

本书主要供中等职业学校和高等职业学校模具设计与制造专业的学生使用,也可供模具设计与制造的技术人员参考。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案及习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

模具材料及模具价格估算/张清辉主编. —北京:电子工业出版社, 2007.8

中等职业学校教学用书(模具设计与制造专业)

ISBN 978-7-121-04438-0

I. 模… II. 张… III. ① 模具—材料—专业学校—教材② 模具—价格—专业学校—教材 IV. TG76 F724.743

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第119288号

策划编辑:白楠

责任编辑:宋兆武 刘真平

印刷:北京牛山世兴印刷厂

装订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:396.8千字

印次:2007年8月第1次印刷

印数:4000册 定价:22.70元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

## 前 言



在模具设计与制造中,模具材料和表面处理决定了模具寿命、表面粗糙度、尺寸精度及成本。科学、合理地对所设计的模具进行价格估算,反映其真实价值,在模具生产中有着十分重要的意义。模具材料及表面处理、模具价格估算方面的基本知识是中等职业学校和高等职业学校模具设计与制造专业学生必须具备的职业技能要求,同时也是模具设计与制造中必须解决的关键问题之一。

从长期教学的过程中发现,在中等职业学校和高等职业学校的模具设计与制造专业的教学中,《模具材料及表面处理》和《模具价格估算》两门课程是分开设的,不仅在教学课时上不好安排,而且在教学内容的组织上不够合理,因此有必要通过整合,适应教学需要,提高教学效率,这是本书编写的出发点,期望能在这方面做点贡献。

全书采用了上、下篇两大模块(上篇:模具材料及表面处理,下篇:模具价格估算)结构,上篇以“分析失效→选材→确定处理方法→实训”为主线,按不同模具类型编为4章,分别介绍了冷作模具材料、热作模具材料、塑料模具材料,最后一章介绍模具表面处理技术。

下篇以冲压模具和型腔模具价格估算为主,从“相应模具的概述→计算方法→估价实例”,使学生对中等复杂程度或常见结构模具的价格能够利用公式,按照教材相关表格提供的数据进行估算。

《模具材料及模具价格估算》是应用性很强的课程,只有材料选择合理,加工处理恰当,才能充分发挥模具的价值。强调模具材料和模具价格相结合是本书的特色。本书主要采用“图表”格式编写,资料丰富,突出实用性,通过典型生产实例分析来实现理论联系实际,培养学生分析和解决实际问题的能力,适应中等职业学校和高等职业学校的教学要求。本书文字表述通俗易懂,深入浅出,插图形象,说理简明清楚,便于自学。部分章节还附有一定数量的复习思考题,以供学生复习,巩固所学知识。

本书由福建信息职业技术学院张清辉主编,福建工程学院俞芬芳担任主审,福建信息职业技术学院苏芳和方凤玲参编。概论和第1,2,3章由张清辉编写,第4章由方凤玲编写,第5,6,7,8,9章由苏芳编写。

由于编者水平有限,难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案和习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网([www.huaxin.edu.cn](http://www.huaxin.edu.cn)或[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn))免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:[hxedu@phei.com.cn](mailto:hxedu@phei.com.cn))。

编 者

2007年8月



# 目 录



## 上篇 模具材料及表面处理

概论 .....	2
复习思考题 .....	8
<b>第1章 冷作模具材料</b> .....	<b>9</b>
1.1 冷作模具零件的失效形式 .....	9
1.1.1 冷作模具的工作条件 .....	9
1.1.2 冷作模具的失效形式 .....	10
1.1.3 冷作模具材料的性能要求 .....	12
1.2 冷作模具钢 .....	14
1.2.1 低淬透性冷作模具钢 .....	14
1.2.2 低变形冷作模具钢（高碳低合金） .....	17
1.2.3 高耐磨微变形冷作模具钢 .....	19
1.2.4 高强度高耐磨冷作模具钢（高速钢） .....	22
1.2.5 高强度韧性冷作模具钢 .....	24
1.2.6 高耐磨高强度韧性冷作模具钢 .....	35
1.2.7 特殊用途冷作模具钢 .....	40
1.2.8 硬质合金 .....	41
1.3 冷作模具零件的热处理工艺 .....	44
1.3.1 冷作模具的热处理工艺 .....	44
1.3.2 主要冷作模具的热处理特点 .....	48
1.4 冷作模具材料选用实训 .....	55
1.4.1 冷作模具材料的选用原则 .....	55
1.4.2 冷作模具材料的选用 .....	55
1.4.3 冷作模具材料的选用实例 .....	59
复习思考题 .....	68
<b>第2章 热作模具材料</b> .....	<b>69</b>
2.1 热作模具零件的失效形式 .....	69
2.1.1 热作模具的工作条件 .....	69
2.1.2 热作模具的失效形式 .....	70
2.1.3 热作模具材料的性能要求 .....	72

2.2	热作模具钢	74
2.2.1	热作模具钢的分类及钢号	74
2.2.2	热锻模用钢	75
2.2.3	热挤压模用钢	79
2.2.4	压铸模用钢	85
2.2.5	其他热作模具材料	89
2.3	热作模具零件的热处理工艺	90
2.3.1	主要热作模具的制造工艺路线	91
2.3.2	主要热作模具的热处理特点	91
2.4	热作模具材料选用实训	94
2.4.1	热作模具材料的选用	94
2.4.2	热作模具材料的选用实训	100
	复习思考题	101
<b>第3章</b>	<b>塑料模具材料</b>	<b>102</b>
3.1	塑料模具零件的失效形式	102
3.1.1	塑料模具的工作条件	102
3.1.2	塑料模具的主要失效形式	102
3.1.3	塑料模具材料的性能要求	103
3.2	塑料模具钢	104
3.2.1	渗碳型塑料模具用钢	104
3.2.2	淬硬型塑料模具用钢	106
3.2.3	预硬型塑料模具用钢	106
3.2.4	时效硬化型塑料模具钢	110
3.2.5	耐蚀塑料模具钢 PCR	116
3.2.6	其他塑料模具材料	117
3.3	塑料模具零件的热处理工艺	118
3.3.1	塑料模具的制造工艺路线	118
3.3.2	塑料模具的热处理特点	118
3.3.3	塑料模具的表面处理	120
3.4	塑料模具材料选用实训	120
3.4.1	塑料模具材料的选用	121
3.4.2	塑料模具材料的选用实训	123
	复习思考题	127
<b>第4章</b>	<b>模具表面处理技术</b>	<b>128</b>
4.1	表面化学热处理技术	128
4.1.1	渗碳	129
4.1.2	渗氮(氮化)	129
4.1.3	渗硼	132
4.1.4	碳氮共渗	133

4.2	涂镀技术 .....	134
4.2.1	电镀 .....	134
4.2.2	电刷镀 .....	135
4.2.3	化学镀 .....	136
4.2.4	热浸镀 .....	137
4.3	气相沉积技术 .....	137
4.3.1	化学气相沉积 .....	138
4.3.2	物理气相沉积 .....	139
4.4	其他表面处理技术 .....	142
4.4.1	热喷涂 .....	142
4.4.2	激光表面处理 .....	144
4.4.3	离子注入 .....	145
4.4.4	电子束表面处理 .....	146
	复习思考题 .....	146

## 下篇 模具价格估算

<b>第5章</b>	<b>模具概述 .....</b>	<b>148</b>
5.1	模具的基本知识 .....	148
5.1.1	模具成形工艺特点 .....	148
5.1.2	模具的分类 .....	148
5.2	模具设计及其特点 .....	149
5.2.1	模具设计 .....	149
5.2.2	模具设计特点 .....	149
5.3	模具制造及其特点 .....	150
5.3.1	模具制造 .....	150
5.3.2	模具制造特点 .....	152
5.3.3	模具制造的工艺特点 .....	152
5.3.4	模具制造的发展方向 .....	153
<b>第6章</b>	<b>模具价格的技术经济分析及评价方法 .....</b>	<b>154</b>
6.1	模具的技术经济指标 .....	154
6.2	模具价格的构成 .....	157
6.2.1	模具生产的一般过程 .....	157
6.2.2	模具价格的基本构成及计算公式 .....	157
6.2.3	模具价格的基本构成费用分解 .....	158
6.3	模具价格的评价方法 .....	159
6.4	模具估价与报价关系 .....	160
6.5	模具报价单的填写 .....	161
<b>第7章</b>	<b>冲压模具价格估算 .....</b>	<b>162</b>
7.1	冲压模具概述 .....	162

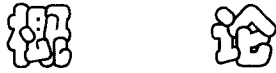
7.1.1	冲压模具的分类 .....	162
7.1.2	冲压模具的经济特点 .....	163
7.2	小型冲压模具价格估算 .....	163
7.2.1	小型冲压模具的特点 .....	163
7.2.2	小型冲压模具的种类 .....	164
7.2.3	小型冲压模具的制造工艺 .....	164
7.2.4	小型冲压模具价格估算方法适用范围 .....	164
7.2.5	小型冲压模具价格的构成 .....	165
7.2.6	小型冲压模具价格估算方法 .....	165
7.2.7	小型冲压模具价格估算步骤 .....	173
7.2.8	小型冲压模具价格估算实例 .....	174
7.3	中、大型冲压模具销售价格估算 .....	179
7.3.1	中、大型冲压模具的特点 .....	179
7.3.2	中、大型冲压模具的种类 .....	180
7.3.3	中、大型冲压模具的制造特点及工艺顺序 .....	180
7.3.4	中、大型冲压模具价格估算方法适用范围 .....	180
7.3.5	中、大型冲压模具价格的构成 .....	181
7.3.6	中、大型冲压模具价格估算方法 .....	181
7.3.7	中、大型冲压模具价格估算步骤 .....	198
7.3.8	中、大型冲压模具价格估算实例 .....	200
<b>第 8 章</b>	<b>型腔模具价格估算 .....</b>	<b>204</b>
8.1	型腔模具概述 .....	204
8.1.1	型腔模具的分类 .....	204
8.1.2	注塑模具概述 .....	204
8.1.3	型腔模具的制造特点 .....	204
8.1.4	注塑模具的制造工艺 .....	205
8.2	注塑模具价格估算方法适用范围 .....	206
8.3	注塑模具价格的构成 .....	206
8.4	注塑模具价格估算方法 .....	207
8.4.1	工时法 .....	207
8.4.2	材料比价计算法 .....	215
8.5	注塑模具价格估算步骤 .....	220
8.6	注塑模具价格估算实例 .....	221
<b>第 9 章</b>	<b>其他模具价格估算 .....</b>	<b>230</b>
9.1	锻造模具价格估算 .....	230
9.2	粉末冶金模具价格估算 .....	231
9.3	冷挤压模具价格估算 .....	231
9.4	玻璃模具价格估算 .....	232
9.5	橡胶模具价格估算 .....	232



9.5.1 依据材料费用估算橡胶模具价格 .....	232
9.5.2 类比法估算橡胶压制成形模具价格 .....	233
9.6 简易冲压模具价格估算 .....	233
参考文献 .....	235

# 上 篇

## 模具材料及表面处理



## 1. 模具材料在模具工业中的地位

中国经济的高速发展对模具工业提出了越来越高的要求，也为其发展提供了巨大的动力。目前，我国制造业发展迅速，洗衣机、空调器、集装箱等 100 多种制造产品产量居世界第一，“珠三角”和“长三角”地区正在发展成为世界制造业基地，“中国制造”的产品越来越多地走向世界，成为我国参与国际竞争的强势产品。模具是制造技术的核心，工业要发展，首先要发展模具工业。模具作为国民经济的基础工业，涉及机械、汽车、轻工、电子、化工、冶金、建材等各个行业，量大面广，品种繁多，如 70% 以上的汽车、拖拉机和机电产品零件，80%~90% 的塑料制品，60%~70% 的日用小五金及一些消费品都由模具生产。由此可见，模具的应用范围十分广泛，在工业发展中占有重要地位。

“模具是工业之母”，模具性能好坏，寿命高低，直接影响产品的质量和经济效益。而模具材料与热处理、表面处理是影响模具寿命诸因素中的主要因素。所以，目前世界各国都在不断地开发模具新材料，改进热处理工艺和表面强化技术。

当前模具工业发展有两个特点。一是模具生产影响到产品开发、更新换代和发展速度。因为人们对工业品的品种、数量、质量要求越来越高，为适应产品更新，必须转向多品种小批量生产，这就需要快速、经济地制模。二是模具向大型化、复杂化、精密化和自动化发展。由于上述特点，导致模具用量与日俱增，对其要求也越来越苛刻。为了降低模具生产成本，增加效益，保证高质量，在采用先进设备和制造工艺的同时，必须在提高模具寿命方面不断地做出努力。这就要求合理选用模具材料，合理实施热处理和表面强化工艺；大力推广应用新材料、新工艺、新技术。

## 2. 模具材料的应用状况及发展趋势

模具制造的首要问题是模具材料，经过近几十年的发展，我国模具钢年产量已跃居世界前列。经过几次标准的修订，在 GB/T 1299—2000《合金工具钢》标准中包含了 37 个钢种，基本上形成了我国特色的模具钢系列。

### (1) 模具材料的应用状况

近年来随着模具工业的发展，我国自行开发了一些新型模具材料，取得了较大的成效。

① 在冷作模具钢方面开发出了一批高性能的新钢种，如 7CrSiMnMoV(CH-1)，Cr12Mo1V1(D2)，7Cr7Mo2V2Si(LD)，Cr8MoWV3Si(ER5)，65Cr4W3Mo2VNb(65Nb)，6CrNiSi MnMoV(GD) 钢等。这些新钢种具有较高的强韧性、较高的耐磨性和良好的综合工艺性能。

② 在热作模具钢方面，结合国内资源研制了十几种新钢种，如性能优于 5CrMnMo，



5CrNiMo 的 4CrMnSiMoV, 5Cr2NiMoVSi(5Cr2); 热锻、热挤、精锻、辊锻用的 4Cr3Mo3W4VNb(GR), 4Cr5MoSiV1(H13), 25Cr3Mo3VNb(HM3)等; 冷热兼用的 5Cr4Mo3Si MnVAI(012Al), 6Cr4Mo3Ni2WV(CG-2), 5Cr4W5Mo2V(RM2)等。这些钢具有高的热稳定性、高温强度、热疲劳性及耐磨性。

③ 塑料模具用钢有了进步, 相继开发和引进了一些新钢种, 如预硬钢 3Cr2Mo(P20), 3Cr2NiMo(718), Y55CrNiMnMoV(SM1), 5NiSCa; 时效硬化钢 25CrNi3MoAl(25CrNi3); 耐蚀钢 0Cr16Ni4Cu3Nb(PCR); 镜面塑料模具钢 10Ni3CuAlMoS(PMS)等。这些钢种强韧性适当, 热处理工艺较简单, 变形小, 易于切削加工。

### (2) 模具材料的发展趋势

虽然我国模具材料有了较大的发展, 但是与发达国家相比, 模具材料的生产和使用水平还较低, 还不能满足发展的需要。今后我国模具材料技术的发展及应用要重视如下方面。

① 积极引进、开发高性能模具新材料, 既要填补空缺, 又要防止材料过多过杂。根据市场需求, 增加品种、规格, 形成具有我国特色的模具材料系列化、标准化, 满足不同模具对质量和寿命的要求。

② 大力推广应用效果明显的模具新材料, 建立研、产、销、用一体化渠道。

③ 充分重视模具的正确选材。选材方法要向综合化发展, 不仅考虑制件的材质、尺寸、精度要求, 模具的类别、结构、型腔复杂程度, 还要考虑生产量、质量要求和寿命要求, 从而获得最佳经济效益。

④ 大力发展、应用模具的强韧化处理新工艺及模具表面处理新技术, 充分挖掘模具材料的潜力, 提高模具材料的使用质量。

## 3. 模具表面处理技术

模具的主要失效形式是磨损、腐蚀和断裂, 而磨损和腐蚀均发生于模具表面的材料流失过程, 采用表面防护(表面处理技术)延缓和控制表面的破坏, 成为提高模具寿命的有效方法。

近 30 年来, 表面处理技术得到迅速的发展。20 世纪 70 年代以后开始用激光和电子束加热进行表面淬火, 改变硬化层的结构与性能。热喷涂技术在近 20 年里由宇航工业开始迅速向民用工业部门扩展。气相沉积法已广泛用于机械制造、冶金工业、模具行业。如采用化学沉积 Ni-P 复合涂层, 耐磨性相当于硬质合金, 对于以玻璃纤维为填充剂的塑料模具有很好的效果。采用 CVD(化学气相沉积), PVD(物理气相沉积)在各种模具上沉积 TiC, TiN, 可有效地改善模具表面的抗黏着性和抗咬合性, 提高模具寿命。20 世纪 70 年代发展起来的离子注入新技术改变表面硬度, 提高耐磨性及抗蚀性, 延长使用寿命。目前我国已可提供离子注入 N, C, B 非金属元素或注入 Ta, Ti, W 等金属元素的设备。

近十几年来, 一些历史较长的表面处理技术也得到了飞速发展, 例如电镀技术已由单一的金属发展到镀各种合金。尤其是前些年发明的一种局部电镀技术——刷镀, 已经成为人们公认的金属表面处理新技术, 在我国已得到普遍应用。例如热锻模应用 Ni-Co-ZrO<sub>2</sub> 复合电刷镀, 可提高模具寿命 50%~200%。传统电镀工艺与近代激光技术结合形成的激光电镀是新兴的高速电镀技术。



目前表面处理技术发展的主攻方向为以下三方面技术。

- ① 离子技术：包括等离子和离子束技术。
- ② 激光技术：包括激光涂镀、激光热处理、激光熔融。

③ 复合技术：复合技术大多是为涂镀耐磨层而开发的。以钢材为基体的耐磨层有两类，一类是厚硬化层，包括表面淬火的硬化层、化学热处理的渗碳和渗氮层、热喷涂金属陶瓷层、电镀的硬化铬和化学镀镍磷层等，厚度为0.1~1mm，硬度为400~1800HV；另一类是薄硬化层，包括气相沉积氮化钛和碳化钛层等，厚度为 $\mu\text{m}$ 级，硬度为2000~3000HV，该类还包括离子注入的含氮层，厚度为0.1 $\mu\text{m}$ ，硬度并不高，仅使淬硬钢的硬度增加30%（1300HV）。耐磨镀层的复合技术相应地向厚硬化层增硬和薄硬化层增厚两方面发展。

#### 4. 本课程的性质和要求

本课程是模具设计与制造专业的一门专业课程。课程任务是使学生具有必需的模具材料及表面处理方面的基本知识和基本技能。

##### (1) 知识教学目标

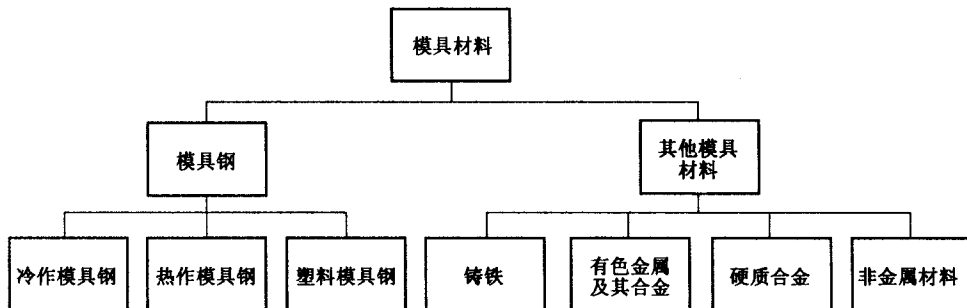
- ① 了解当前模具材料的现状和发展趋势。
- ② 了解模具材料、表面处理与模具使用性能、寿命、成本之间的关系。
- ③ 初步掌握常用冷作模具材料、热作模具材料、塑料模具材料的牌号、性能特点及工艺特点。
- ④ 熟悉常见的模具表面处理方法。

##### (2) 能力培养目标

- ① 具有合理选用模具材料的初步能力。
- ② 具备正确制订常用模具材料热处理工艺的初步能力。
- ③ 具备根据模具具体要求，合理选用模具的表面处理方法的初步能力。

#### 5. 模具材料的分类

模具材料的品种繁多，分类方法也不尽相同。由于模具钢是制造模具的主要材料，所以可将材料分类如下。



根据模具工作条件的不同，一般把模具钢分为三类，即冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢。冷作模具钢包括冷冲裁模用钢、冷拉深模用钢、冷弯曲模用钢、冷挤压模用钢和冷镦模用钢等。热作模具钢包括热锻模用钢、热挤压模用钢、压铸模用钢和热冲裁模用钢等。塑料模具钢包括渗碳型塑料模具钢、调质型塑料模具钢、淬硬型塑料模具钢和预硬型塑



料模具钢等。

## 6. 模具材料的主要性能指标

### (1) 强度

强度是表征材料变形抗力和断裂抗力的性能指标。

评价冷作模具材料塑性变形抗力的指标主要是常温下的屈服点 $\sigma_s$ 或屈服强度 $\sigma_{0.2}$ ，评价热作模具材料塑性变形抗力的指标则应为高温屈服点或高温屈服强度。屈服点是衡量模具材料塑性变形抗力的常用强度指标，模具材料的屈服点必须大于模具的工作应力。

反映冷作模具材料断裂抗力的指标是室温下的抗拉强度、抗压强度和抗弯强度等；对于含碳量高的冷作模具，因其塑性很差，一般不用抗拉强度而用抗弯强度作为实际使用指标。热作模具的断裂失效，不完全是由模具材料抗拉强度不足所致，因此，在考虑热作模具的断裂抗力时，还应包括断裂韧度的因素。

影响强度的因素较多，钢的含碳量与合金元素含量，晶粒大小，金相组织，碳化物的类型、形状、大小及分布，残余奥氏体量，内应力状态等，都对强度有显著影响。

### (2) 硬度

硬度是衡量材料软硬程度的性能指标，实际上它表征材料对变形和接触应力的抗力。它是很容易测定的一种性能指标，并且硬度和强度 $\sigma_b$ 也有一定关系，可通过硬度、强度换算关系得到材料的硬度值。

钢的硬度与成分和组织均有关系，通过热处理，硬度可以在很宽的范围内改变。常用的硬度测量方法有以下几种。

① 洛氏硬度 (HR)，是最常用的一种硬度测量法，测量简单、迅速，数值可以从表盘上直接读出，有三种刻度即 HRC, HRA, HRB，模具上最常用的是 HRC。

② 布氏硬度 (HB)，主要用于退火、正火、调质等模具钢的硬度测定。

③ 维氏硬度 (HV)，可以测试任何金属材料的硬度，但最常用于测定显微硬度。

三种硬度大致关系为  $HRC \approx 1/10HB$ ， $HV \approx HB$  (当  $< 400HBS$  时)。

### (3) 塑性

衡量模具钢塑性通常采用断后伸长率 $\delta$ 和断面收缩率 $\psi$ 两个指标。 $\delta$ 数值越大表明钢材塑性越好， $\psi$ 值大说明塑性好。

### (4) 韧性

韧性是材料在冲击载荷作用下抵抗产生裂纹的一个特性，反映了模具的脆断抗力，常用冲击韧度 $\alpha_k$ 来评定。韧性是模具钢的一种重要性能指标，材料的韧性越高，脆断的危险性越小，热疲劳强度也越高。

冷作模具材料因多在高硬度状态下使用，在此状态下因 $\alpha_k$ 值很小，很难相互比较，因而常根据静弯曲挠度 $f$ 的大小，比较其韧性的高低。工作时承受巨大冲击载荷的模具，需把冲击韧度作为一项重要的性能指标。如通常要求锤锻模具用钢的 $\alpha_k$ 值不应低于  $30J/cm^2$ ，而压力机模具用钢的冲击韧度可低于锤锻模用钢。

韧性不是单一的性能指标，而是强度和塑性的综合表现。影响韧性的因素主要是钢的成分、组织和冶金质量。含碳量愈低，杂质愈少，钢的韧性愈高；高温回火组织具有高的韧性。

### (5) 疲劳抗力

疲劳抗力是反映材料在交变载荷作用下抵抗疲劳破坏的性能指标。根据不同的应用场合,分为疲劳强度、疲劳裂纹萌生抗力、疲劳裂纹扩展抗力、小能量多冲抗力等。

对于热作模具,大多数在急冷急热条件下工作,必然发生不同程度的冷热疲劳,因此,还要把冷热疲劳抗力作为热作模具材料的一项重要性能指标。

## 7. 模具的失效形式

模具失效是指模具丧失正常工作能力,具体是指模具工作部分发生严重磨损或损坏而不能用一般修复方法(刃磨、抛磨)使其重新服役的现象。

模具的失效分偶然失效(使用不当引起模具过早破损)和必然失效(因正常破损而结束寿命)两类。

模具寿命是指模具自正常服役至必然失效期间内所能完成制件加工的次数。若模具在使用中需刃磨或翻修,则模具总寿命为各次刃磨或翻修间隔内完成制件加工次数的总和。

模具的主要失效形式是断裂、过量变形、表面损伤和冷热疲劳。冷热疲劳主要出现在热作模具中,在冷作模具中不出现;其他三种形式在冷、热作模具上均可能出现。模具在工作过程中可能同时出现多种损坏形式,并且相互渗透、相互促进、各自发展,而当某种损坏导致模具失去正常功能时,则模具失效。

## 8. 影响模具寿命的主要因素

模具的使用寿命与模具的服役条件、设计与制造过程、安装使用及维护有关,因此要提高模具寿命,需要采用改善这些条件的相应措施。现将影响模具寿命的主要因素叙述如下。

### (1) 模具结构设计对模具寿命的影响

模具结构的合理性,对模具的承载能力有很大的影响;不合理的结构可能引起严重的应力集中或过高的工作温度,从而恶化模具的工作条件,导致模具过早失效。

模具结构包括模具工作部分的几何形状、过渡角大小,合模、导向、推出机构的结构,模具间隙,冲头的长径比、端面倾斜角,热作模具中开设冷却水路、装配结构等。

### (2) 模具材料对模具寿命的影响

模具材料对模具寿命的影响是模具材料种类、化学成分、组织结构、硬度和冶金质量等因素的综合反映,其中材料种类和硬度影响最为明显。

模具材料种类对模具寿命的影响是很大的。因此,在选用模具材料时,应根据制件的批量大小,合理选用模具材料。

模具工作零件的硬度对模具寿命的影响也很大,但并不是硬度越高,模具寿命越长。由此可见,模具硬度必须根据成形性质和失效形式而定,应使硬度、强度、韧性、耐磨性、耐疲劳强度等达到成形所需要的最佳配合。

材料的冶金质量对模具寿命的影响也不容忽视,尤其是高碳合金钢,冶金缺陷较多,往往是模具淬火开裂和模具早期破坏的根源。因而,提高材料的冶金质量也是提高模具寿命的重要方面。



### (3) 模具制造质量对模具寿命的影响

模具制造质量对模具寿命有显著的影响,主要表现在以下几个方面。

#### ① 模具零件加工精度的影响。

模具零件工作部位的几何形状,如圆角半径、拔模斜度、刃口角度的加工应严格按照设计要求进行;在刀具或设备不能实现时,应由人工修磨并严格测量,以保证模具具有合理的受力状态;有配合尺寸的部位,应保证其公差或进行配磨。

#### ② 模腔表面粗糙度的影响。

表面粗糙度降低,一方面可减小坯料的流动阻力,降低模腔的磨损率;另一方面可减小表面缺陷(如刀痕、电加工熔斑等)和产生裂纹的倾向。表面粗糙度对模具寿命影响很大。

#### ③ 模具硬度均匀性的影响。

模具在热处理过程中应保证加热均匀,冷却均匀,并应防止模具表面产生氧化和脱碳,淬火后应及时、充分回火,以提高模具硬度的均匀性,从而获得良好的耐磨性和高的疲劳抗力或高的冷热疲劳寿命。

#### ④ 模具装配精度的影响。

模具间隙量及均匀性的调整,增加配合承载面及合模面的接触,保证凸模和凹模受力中心的一致性,这些措施都可提高模具的装配精度,从而提高模具的寿命。

### (4) 模具的热处理质量与表面强化对模具寿命的影响

在模具结构、材料和使用条件不变的情况下,保证热处理质量,采用最佳的热处理工艺是充分发挥模具材料潜力,提高模具使用寿命的关键。如果热处理工艺不合理或操作不当引起热处理缺陷,则会严重损害模具的使用性能,并导致其早期失效。

模具工作零件毛坯的预先热处理,视材料和要求的不同有退火、正火、调质等几种工艺。正确的预先热处理规范,对改善组织,消除锻造毛坯的组织缺陷,改善切削加工性,提高模具承载能力和模具寿命起着很大的作用。

模具材料的淬火与回火是保证模具工作零件性能的中心环节。淬火与回火工艺合理与否对模具承载能力和寿命有直接的影响,应严格控制热处理工艺规范或采用先进的热处理方法。

模具工作零件表面强化的目的是获得外硬内韧的效果,得到硬度、耐磨性、韧性、耐疲劳强度的良好配合,从而提高模具的使用寿命。

### (5) 模具的使用对模具寿命的影响

模具在使用过程中,有很多因素影响模具的使用寿命,这些因素包括以下几方面。

① 机床设备的特性,如压力机的精度和刚度,若精度低,刚度差,则将加速模具的磨损。

② 被加工材料的性质,如坯料的表面状态差,强度、硬度高都加速模具的磨损,但硬度过低又会产生粘模现象。

③ 模具的安装和使用条件,如安装精度高,正确选用润滑剂,对热作模具采用适当的冷却措施等,都可有效地提高模具的使用寿命。

④ 模具的操作规程及维护,如热作模具在工作前应进行预热,中途停工应保温,这样可以防止热应力引起开裂。此外,模具入库的防锈处理和及时修磨,也可以延长模具的使用寿命。





## 复习思考题

1. 目前已开发的冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢的新钢种主要有哪些？
2. 表面处理技术的发展方向有哪些？
3. 模具材料一般可以分哪几类？
4. 评价模具材料的主要性能指标有哪些？
5. 模具失效的含义是什么？模具失效的主要形式有哪些？
6. 说明模具制造质量对模具寿命的影响。
7. 正确使用和维护模具应注意哪些方面？
8. 试分析模具寿命的主要影响因素。