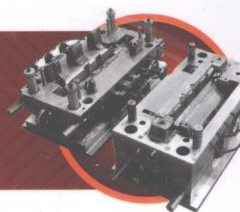


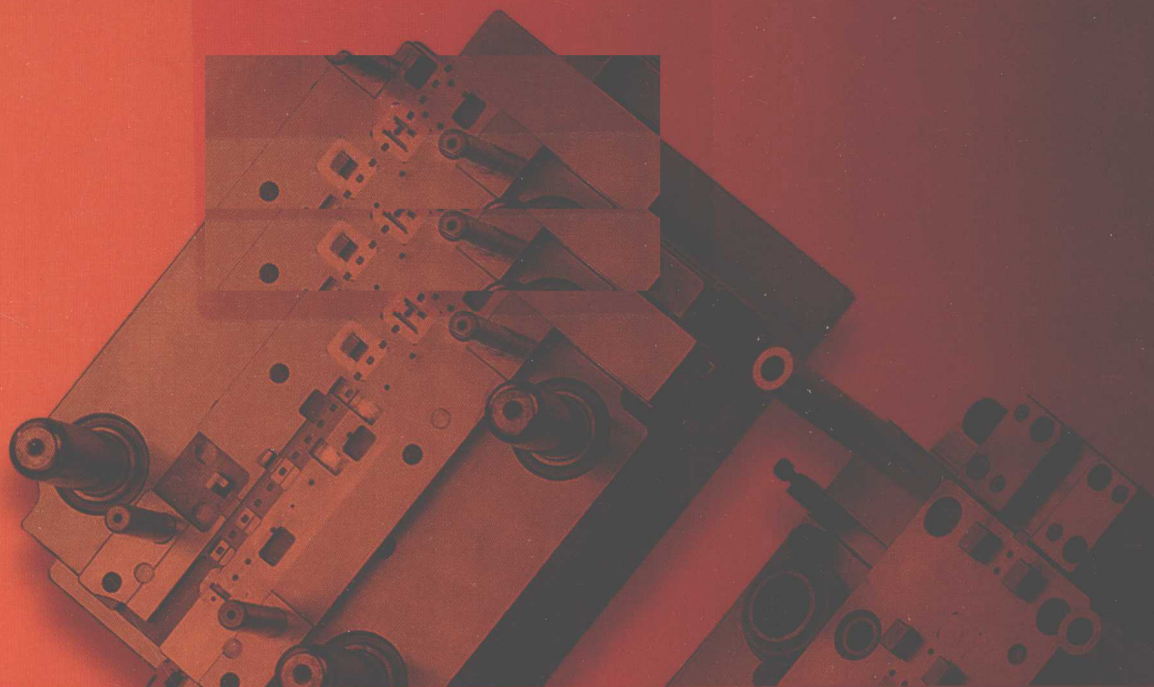
高职高专“十二五”规划教材



模具零件材料 与热处理的选用

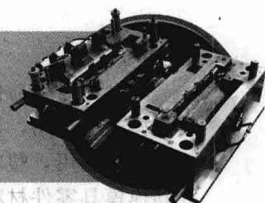
熊建武 主编

尹韶辉 主审



化学工业出版社

高职高专“十二五”规划教材



本书可作为高职高专模具专业及相关专业的教材，也可供从事模具工作的工程技术人员参考。

模具零件材料 与热处理的选用

熊建武 王编

宋炎荣 夏致斌 朱爱元 谭彦显 副主编

尹韶辉 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：30.00元

本书以通俗易懂的文字和丰富的图表，系统地介绍了模具材料的应用与发展趋势，模具材料的性能、质量检验与选用，模具材料与模具零件的热处理，模具寿命与模具材料及热处理，冷冲压模具零件材料与热处理的选用，塑料成型模具零件材料与热处理的选用，压铸模、热锻模、热挤压模、热冲裁模、玻璃模等其他模具零件材料与热处理的选用等内容。

本书适合于职业技术学院和成人教育院校模具设计与制造专业、机械设计与制造专业和机电一体化专业使用，也可供数控技术应用等机械制造类相关专业选用，还可供模具设计与制造、机械设计与制造等工程技术人员、模具生产管理人员、中等职业学校教师参考。

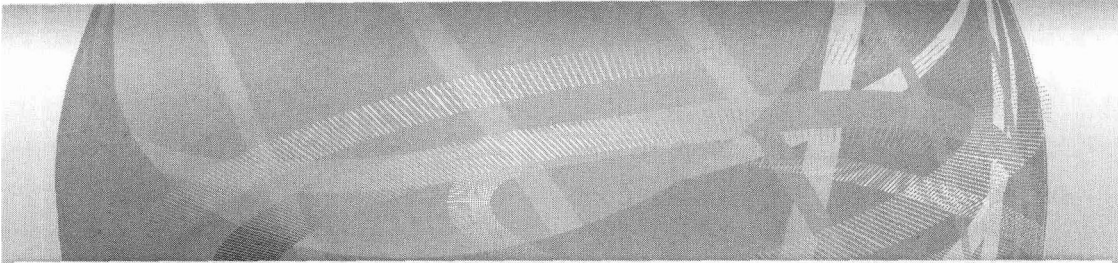
图书在版编目 (CIP) 数据

模具零件材料与热处理的选用/熊建武主编. —北京:
化学工业出版社, 2011.1
高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-122-10241-6

I. 模… II. 熊… III. 模具钢-热处理-高等学校:
技术学院-教材 IV. TG162.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 260707 号

责任编辑: 王听讲	文字编辑: 张燕文
责任校对: 蒋 宇	装帧设计: 张 辉
出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)	
印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司	
装 订: 三河市万龙印装有限公司	
787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 417 千字 2011 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷	
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899	
网 址: http://www.cip.com.cn	
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。	



前 言

在模具设计与制造过程中,合理地选用模具材料及热处理是模具设计和制造成功的关键,模具材料是模具制造业的物质基础和技术基础,模具制造企业和模具从业人员越来越重视各种模具材料的性能、质量及其选择和使用问题。正确和先进的模具热处理可以充分发挥模具材料的潜在能力,可以延长模具零件的使用寿命。

本书是根据教育部关于职业教育教学改革的意见、职业教育的特点和机械设计与制造、机电一体化技术的发展,以及对职业院校学生的培养要求,根据国内外模具材料热处理及表面强化的现状及发展趋势和国内模具企业的迫切需求,在借鉴德国二元制教学模式,总结近几年各院校模具设计与制造专业教学改革经验的基础上编写的,是湖南工业职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、株洲职业技术学院、益阳职业技术学院、株洲职工大学与湖南强联铁路机械有限公司校企合作,基于工作过程导向课程体系重构与教学模式改革成果,也是中国职教学会《高职院校模具设计与制造专业建设的研究与实践》课题研究的成果之一。

本书以培养学生设计模具时选用模具零件材料及热处理的基本技能为目标,按照基于工作过程导向的原则,在行业企业、同类院校进行调研的基础上,重构课程体系,拟定典型工作任务,重新制定课程标准,按照由简到难的顺序,让学生在学习模具材料及热处理、模具零件热处理等专业基础知识的同时,具备设计模具时初步选用模具零件材料及热处理的技术,以充分调动学生的学习积极性,使学生学有所成。

本书以通俗易懂的文字和丰富的图表,系统地介绍了模具材料的应用与发展趋势,模具材料的性能、质量检验与选用,模具材料与模具零件的热处理,模具寿命与模具材料及热处理,冷冲压模具零件材料与热处理的选用,塑料成型模具零件材料与热处理的选用,压铸模、热锻模、热挤压模、热冲裁模、玻璃模等其他模具零件材料与热处理的选用等内容。建议学时为 70~80 课时。

本书由湖南工业职业技术学院熊建武任主编,湖南铁道职业技术学院宋炎荣、株洲职业技术学院夏致斌、益阳职业技术学院朱爱元、湖南工业职业技术学院谭彦显任副主编,湖南强联铁路机械有限公司贾庆雷、湖南铁道职业技术学院唐新兴、益阳职业技术学院蔡志强、株洲职工大学张腾达、湖南工业职业技术学院易杰、景小阳参编。熊建武负责全书的统稿和修改。湖南大学尹韶辉(日本宇都宫大学博士、湖南大学教授、博士研究生导师、湖南大学国家高效磨削工程技术研究中心微纳制造研究所所长)任主审。湖南省机械工程学会常务理事、湖南省模具设计与制造学会理事长叶久新教授、湖南省模具设计与制造学会副理事长汤耿则教授对本书提出了许多宝贵意见和建议,特表示感谢。

本书适合于职业技术学院和成人教育院校模具设计与制造专业、机械设计与制造专业和机电一体化专业使用,也可供数控技术应用等机械制造类相关专业选用,还可供模具设计与制造、机械设计与制造等工程技术人员、模具生产管理人员、中等职业学校教师参考。

由于时间仓促和编者水平有限,书中的疏漏和不足在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者
2010. 10

目 录

绪 论

0.1 课程的地位与性质	1
0.2 课程的特点	1
0.3 课程的学习目标与教学方法	2
0.3.1 课程的学习目标	2
0.3.2 课程的教学方法	2
0.3.3 课程的学习方法	2

第 1 章 模具材料的应用与发展趋势

1.1 模具工业的地位与作用	4
1.1.1 模具工业在国民经济中的地位与作用	4
1.1.2 模具材料及热处理在模具工业中的地位与作用	6
1.2 模具材料的生产现状和发展趋势	6
1.2.1 国外模具钢的发展状况	6
1.2.2 我国模具钢的发展状况	10
1.3 模具热处理及表面强化技术的应用及发展	16
1.3.1 模具钢的强韧化热处理技术	16
1.3.2 模具钢的真空热处理技术	18
1.3.3 模具钢的深冷热处理技术	18
1.3.4 模具钢的表面强化技术	18
1.3.5 模具钢的预硬化技术	20
复习与思考题一	21

第 2 章 模具材料的性能、质量检验与选用

2.1 模具与模具材料的分类	23
2.2 模具钢的生产加工工艺	25
2.2.1 模具钢的冶金生产工艺	25
2.2.2 模具钢的热加工工艺	26
2.3 模具材料的性能要求与质量检验	29
2.3.1 模具材料的性能要求	29

2.3.2 模具材料的质量检验	37
2.3.3 我国模具钢的技术要求	39
2.4 模具材料的选用原则	43
2.4.1 满足模具的使用性能和工艺性能	43
2.4.2 选材的经济性	44
复习与思考题二	49

第3章 模具材料和模具零件热处理

3.1 钢的热处理基础	51
3.1.1 钢在加热时的组织转变	51
3.1.2 钢在冷却时的组织转变	56
3.1.3 钢在回火时的组织转变	59
3.2 模具钢热处理	60
3.2.1 退火	61
3.2.2 正火	65
3.2.3 淬火和回火	65
3.2.4 真空热处理	68
3.3 冷作模具钢的热处理	71
3.3.1 冷作模具钢的合金化与热处理特点	71
3.3.2 非合金冷作模具钢的热处理	72
3.3.3 低合金冷作模具钢的热处理	73
3.3.4 高合金冷作模具钢的热处理	75
3.3.5 火焰淬火型冷作模具钢的热处理	76
3.3.6 基体钢的热处理	77
3.3.7 冷作模具用高速工具钢的热处理	78
3.4 热作模具钢的热处理	79
3.4.1 低合金热作模具钢的热处理	79
3.4.2 中合金热作模具钢的热处理	80
3.4.3 高合金热作模具钢的热处理	82
3.5 塑料模具钢的热处理	83
3.5.1 预硬化型塑料模具钢的热处理	83
3.5.2 易切削塑料模具钢的热处理	84
3.5.3 非合金中碳塑料模具钢的热处理	86
3.5.4 渗碳型塑料模具钢的热处理	86
3.5.5 时效硬化型塑料模具钢的热处理	87
3.5.6 耐腐蚀型塑料模具钢的热处理	88
复习与思考题三	89

第4章 模具寿命与模具材料及热处理

4.1 模具的服役条件与模具失效分析	93
4.1.1 分析与失效分析	93

4.1.2	模具的服役条件与失效分析	95
4.1.3	模具失效形式与影响因素	97
4.2	模具材料抵抗失效的性能指标	99
4.2.1	模具材料抵抗过量变形失效的性能指标	99
4.2.2	模具材料抵抗断裂失效的性能指标	100
4.3	模具材料对失效的影响	107
4.3.1	根据工作条件、失效形式选择具备相应性能的模具材料	107
4.3.2	模具材料工作硬度的影响	108
4.3.3	模具钢冶金质量的影响	109
4.4	模具热处理变形对失效的影响	110
4.4.1	热处理变形的影响因素	110
4.4.2	碳素结构钢的变形规律及变形控制	114
4.4.3	碳素工具钢的变形规律及变形控制	115
4.4.4	低合金工具钢的变形规律及变形控制	117
4.4.5	高碳高铬钢的变形规律及变形控制	118
4.4.6	模具热处理变形的校正	119
	复习与思考题四	121

第5章 冷冲压模具零件材料与热处理的选择

5.1	冷冲压模具的类型与典型结构	122
5.1.1	冷冲压模具的分类和基本要求	122
5.1.2	冷冲压模具的典型结构	126
5.2	冷冲压模具零件的类型	134
5.2.1	冷冲压模具零件的一般分类	134
5.2.2	国家标准对冷冲模零部件的分类	135
5.3	冷冲压模具零件材料与热处理的选择	138
5.3.1	冷冲模工作零件材料与热处理的选择	138
5.3.2	冷冲模定位零件材料与热处理的选择	141
5.3.3	冷冲模卸料及压料零件材料与热处理的选择	153
5.3.4	冷冲模导向零件材料与热处理的选择	159
5.3.5	冷冲模支撑零件材料与热处理的选择	164
5.3.6	冷冲模支持与夹持零件材料与热处理的选择	170
5.3.7	冷冲模传动零件材料与热处理的选择	179
5.4	冷冲压模具零件材料与热处理选用实例	179
	复习与思考题五	184

第6章 塑料成型模具零件材料与热处理的选择

6.1	塑料成型模具的类型与典型结构	190
6.1.1	塑料成型模具的分类	190
6.1.2	塑料成型模具的典型结构	191
6.2	塑料成型模具零件的类型	194

6.2.1 注射成型模具零件的分类 194

6.2.2 国家标准对塑料成型模具零件的分类 195

6.3 注射成型模具零件材料及热处理的选用 201

6.3.1 成型零件材料及热处理的选用 201

6.3.2 浇注系统零件材料及热处理的选用 202

6.3.3 推出机构零件材料及热处理的选用 202

6.3.4 导向机构零件材料及热处理的选用 207

6.3.5 模架零件材料及热处理的选用 211

6.4 塑料成型模具零件材料与热处理的选用实例 219

6.5 其他塑料成型模具零件材料及热处理的选用 221

6.5.1 压缩成型模具零件材料及热处理的选用 221

6.5.2 压注成型模具零件材料及热处理的选用 224

复习与思考题六..... 226

第 7 章 其他模具零件材料与热处理的选用

7.1 压铸模零件材料及热处理的选用 235

7.1.1 压铸模的组成与典型结构 235

7.1.2 压铸模零件材料的选择及热处理 239

7.1.3 压铸模零件材料及热处理选用实例 242

7.2 热锻模零件材料及热处理的选用 244

7.2.1 热锻模的工作条件与性能要求 244

7.2.2 热锻模零件材料及热处理的选用 245

7.3 热挤压模零件材料及热处理的选用 246

7.3.1 热挤压模的工作条件与性能要求 246

7.3.2 热挤压模零件材料及热处理的选用 246

7.4 热冲裁模零件材料及热处理的选用 247

7.4.1 热冲裁模的工作条件与性能要求 247

7.4.2 热冲裁模零件材料及热处理的选用 248

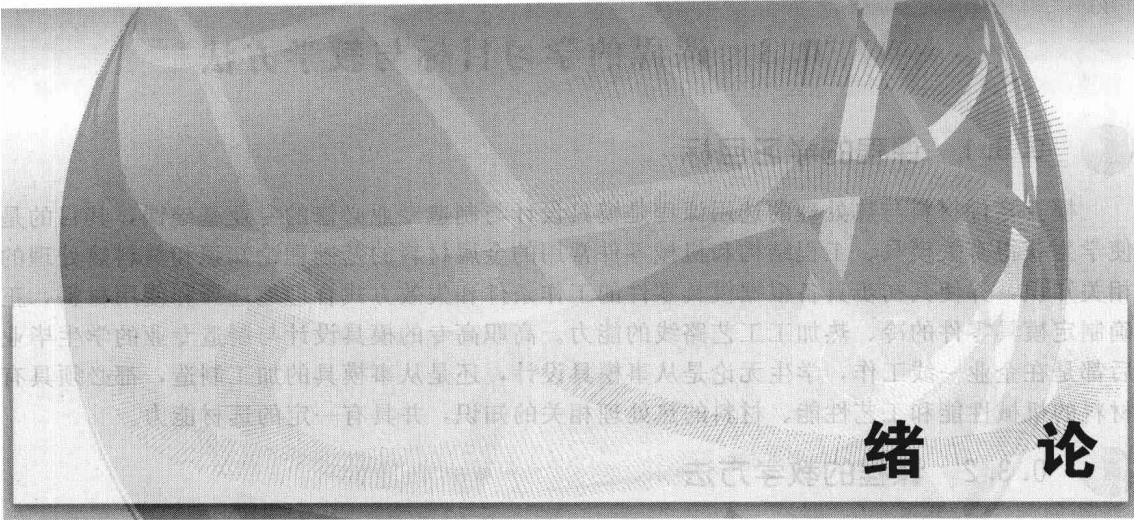
7.5 玻璃模具零件材料及热处理的选用 248

7.5.1 玻璃模具的工作条件与性能要求 248

7.5.2 玻璃模具零件材料及热处理的选用 250

复习与思考题七..... 250

参 考 文 献



绪 论



0.1 课程的地位与性质

在模具设计与制造过程中，能否合理地选用模具材料是模具制造成功的关键问题之一，模具材料是模具制造业的物质基础和技术基础，模具制造企业和模具从业人员越来越重视各种模具材料的性能、质量及其选择和使用问题。正确和先进的模具热处理可以充分发挥模具材料的潜在能力，可以延长模具零件的使用寿命。

课程《模具零件材料与热处理的选用》是高职高专模具设计与制造、材料成型专业的一门技术基础课，是在开设了机械制图、机械原理、机械零件、公差配合与测量等课程后，与冷冲压模具设计同时开设或稍后开设的模具类专业基础课程。

本课程主要介绍模具材料的应用与发展状况、模具材料的特性与热处理概述、冷冲压模具零件材料与热处理的选用、塑料成型模具零件材料与热处理的选用、其他模具零件材料与热处理的选用等内容，是从基础课过渡到专业课的桥梁，是进行模具设计、编制模具零件制造工艺规程的基础。



0.2 课程的特点

本课程的特点是，术语及定义多，代号、符号多，具体规定多，内容多，经验总结多，而逻辑性和推理性较少，往往使刚刚学完基础理论课的学生感到枯燥、内容繁多，记不住，不会用。从模具零件材料与热处理的选用课程的学习内容看，理论性强，概念较多，知识点多，学生理解较困难。从高职的学生的基础和兴趣看，学生本身对学习文化理论知识就没有兴趣，基础理论知识较薄弱，理解能力较差。从高职的教学条件看，实验不到位，更不能到企业进行长时间的现场教学，最多是安排一次现场参观，老师只能利用多媒体进行教学，学生不能在一定工程背景下建构知识。为了学好由基础课向专业课过渡的本课程，应当有充分的精神准备。



0.3 课程的学习目标与教学方法



0.3.1 课程的学习目标

模具零件材料与热处理的选用课程是模具设计与制造专业必修的专业基础课,其目的是使学生获得有关模具、工程结构和机械零件常用的金属材料的基础理论知识和材料热处理的相关知识,并使其初步具备根据模具零件的工作条件和失效方式合理地选择和使用材料,正确制定模具零件的冷、热加工工艺路线的能力。高职高专的模具设计与制造专业的学生毕业后都是在企业一线工作,学生无论是从事模具设计,还是从事模具的加工制造,都必须具有材料的机械性能和工艺性能、材料的热处理相关的知识,并具有一定的选材能力。



0.3.2 课程的教学方法

针对模具零件材料与热处理的选用课程教学内容理论性强,概念多,知识点多的特点,在教学中进行有针对性的教学改革,提高教学效果。具体教学方法如下。

① 对整个课程的教学采用建构主义理论的教学方法进行教学,以学生为中心,设置合适的教学情境,在情境中学生相互讨论,不断地理解概念及相关的理论知识,在创设情境的时候,要注意工程背景的创设,有利于知识应用能力的培养,专业基础课的知识是学生学习其他专业课的基础,学生必须具有运用基础知识学习专业知识的能力,实现基础知识在专业知识中的重建构,培养学生的职业能力。

② 在教学过程中,采用项目化教学法,将枯燥乏味的知识点贯穿到实际的项目中,在具体的项目中,以完成每一个任务为目标,实现知识的建构,即学中做,做中学,动手、动脑,手脑并用。

③ 针对课程教学内容和职业能力培养设置综合实训项目,模具专业的学生要了解机械零件加工的基本方法,一般的机加工实训和特种加工实训,为此可结合课程学习内容,从加工工件使用性能的分析、材料选择、材料的性能的测试、材料的加工、材料加工后性能的测试、材料性能的比较、需要进行热处理的方法的选择、材料的再加工、直到生产出产品。在完成这样的产品加工实训中,学生会在企业具体环境中,通过学生之间的相互协作和老师的指导,学生不仅理解机械零件的加工方法和工序,而且理解模具材料与热处理的选用知识在实际生产中的作用。

④ 进行必要的企业参观,争取进行8课时以上现场教学。在参观企业生产过程中,学习课程知识,实现看中学。材料的热处理是与企业实践紧密结合的知识点,在介绍完热处理的原理后,将热处理工艺方法的讲解安排到企业参观中讲,让学生在看中学,学生对这一知识点不仅容易接受,而且理解深刻。



0.3.3 课程的学习方法

为了达到学习目标,学生需遵循合适的学习方法,如下。

① 在学习中,应当了解每个术语、定义的实质,及时归纳总结并掌握各术语及定义的区别和联系,在此基础上牢记,才能灵活运用。

② 认真独立完成作业和实训任务,巩固并加深对所学内容的理解与记忆。通过自己动手完成实际工作任务,掌握正确的标注方法,熟悉公差与配合选择原则和方法。

③ 树立理论联系实际、严肃认真的科学态度，培养基本技能，利用互联网查询、了解模具设计与制造行业企业选用模具材料及热处理的实际方法，了解模具材料及热处理的成熟技术与方法，为学习和以后走向工作岗位打下坚实基础。

④ 要达到正确运用本课程所学知识，熟练正确地选用模具材料及热处理方法，还需要经过实际工作的锻炼。对学习过程中遇到的困难，应当坚持不懈地努力，反复记忆、反复练习、不断应用是达到熟练的保证。

⑤ 在后续课程（如机械零件、机床夹具设计等课程）学习中，特别是冷冲压模具设计及课程设计、塑料成型工艺与模具设计及课程设计、模具制造工艺学及课程设计专业课课程设计和毕业设计中，才能加深对本课程学习内容的理解，逐步掌握选用模具材料及热处理方法的要领。

第 1 章

模具材料的应用与发展趋势

【项目内容】

- 模具材料的应用与发展趋势

【学习目标】

- 了解模具材料的应用与发展趋势

【主要知识点】

- 模具工业的地位与作用
- 模具材料及热处理在模具工业中的地位与作用
- 国外模具材料的生产现状和发展趋势
- 我国模具材料的生产现状和发展趋势
- 模具热处理技术的应用及发展
- 模具表面强化技术的应用及发展



1.1 模具工业的地位与作用



1.1.1 模具工业在国民经济中的地位与作用

在现代机械制造业中，模具工业已成为国民经济中一个非常重要的行业，其已成为衡量一个国家产品制造水平高低的一个重要标志。模具技术集合了机械、电子、化学、光学、材料、计算机、精密监测和信息网络等诸多学科，是一个综合性多学科的系统工程。许多新产品的开发和生产在很大程度上依赖于模具制造技术，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，随着我国加入 WTO，我国模具工业的发展将面临新的机遇和挑战。

模具在现代工业中的重要作用，主要体现在以下几个方面。

① 模具是压力加工和其他成形加工工艺中，使材料（金属和非金属）变形制成产品的一种重要工艺装备，应用广泛。其在锻造、塑料加工、压铸等行业中起着重要的作用。模锻件、冲压件、挤压件和拉拔件等，都是使金属材料在模具里发生塑性变形而获得的；压铸零件、粉末冶金零件也是在模具中加工成形的；而塑料、陶瓷、玻璃制品等非金属材料的成形

加工也多依靠模具。

② 少无切削加工是机械制造业发展的一个方向，而模具是利用压力加工实现少无切削工艺的关键。模具成形有优质、高产、低消耗和低成本等特点，因此得到了广泛应用。据初步统计：依靠模具加工的产品和零件，家电行业占80%，机电行业占70%以上。轻工、军工、冶金及建材等行业大部分产品的生产都离不开模具。

③ 模具生产影响到产品开发、更新换代和发展速度。由于人们对工业产品的品种、数量、质量要求越来越高，为适应产品更新换代，因此对模具的性能要求更高、精度要求更严、制模速度要求更快、种类要求更多、模具需求量加大、模具的工作条件更苛刻、形状更复杂、工作温度更高、寿命要求更长。

模具作为一种高附加值和技术密集型产品，其技术水平的高低已成为一个国家制造业水平的重要标志之一，世界上许多国家，特别是一些发达国家都十分重视模具技术的开发，大力发展模具工业，积极采用先进技术和设备，提高模具制造水平，取得较大的经济效益。目前，全世界模具年产值约为650亿美元。美国、日本等工业发达国家模具工业产值已超过机床工业，其中美国模具行业有12000多个企业，从业人员17万多人，早在20世纪80年代，模具行业总产值已达65亿美元；日本模具工业是从1957年发展起来的，当年模具总产值仅有106亿日元，到1998年总产值已超过4.88万亿日元，在短短的40余年，增加了460多倍，这也是日本经济能飞速发展，并在国际市场上占有一定优势的重要原因之一。

近10年来，我国模具工业一直以每年15%以上的增长速度快速发展。“十一五”期间，我国模具行业仍保持产销两旺，持续高速发展，模具产量、质量和水平进一步提高。中国的模具市场十分广阔，特别是在汽车制造业和IT制造业发展的拉动下，使得对模具的需求档次越来越高，同时精良的模具制造装备为模具技术水平的提升提供了保障。2006年模具销售额为720亿元人民币，约合93亿美元，比2005年增长约18%；模具出口额为10.41亿美元，比2005年增长约41%以上。中国模具进口20.47亿美元，与2005年持平；2007年模具销售额870亿元人民币，比上一年增长21%，模具出口14.13亿美元，比上一年增长35.7%，模具进口仍保持在20亿美元。这预示着我国模具整体实力进一步加强。其中，按排名顺序出口模具最多的省、市中浙江、江苏、上海分列第二、第三、第四位，这充分说明长三角地区模具制造业的水平继续领跑全行业。出口最多为广东省，充分显示了广东省港资、台资、民营企业的模具制造实力。华东地区的山东、福建也在出口最多的10个省市内。

近年来，我国模具工业的面貌已发生了根本性的变化，从以企业内部自产自配为主的、附属于产品生产的工装行业，发展成了有相当规模的、具有高技术行业特征的资金密集型、技术密集型装备制造产业；从主要以传统的、钳工师傅为主导的技艺型手工生产方式，进入到了普遍采用数字化、信息化设计生产技术的现代化工业生产的时代；从单一的公有制企业形式，发展成为以民营企业为主、多种所有制企业形式共存的新格局。模具业的高速发展给予制造业强有力的支撑，制造业的高速发展又促进了模具工业的发展。目前，我国已成为制造业和模具生产的大国，2010年销售额已近1000亿元人民币（2008年950亿元人民币），模具进口近20亿美元，保持连续四年20亿美元的进口水平；模具出口接近19亿美元，与2008年基本持平。同时，我国模具产品结构也更趋合理：冲压模所占比例约37%，塑料模约占43%，铸造模（包含压铸模）约为10%，锻模、轮胎模、玻璃模等其他类模具占10%，与工业发达国家的模具类别比例一致。

现代模具是制造产业转变增长方式、产业结构调整的关键支撑，模具对产业升级的关键作用如下。

① 汽车行业领域：模具装备是汽车产品的升级换代、节能环保型汽车的研发生产和汽车自主品牌发展推进的重要保障。

② 家电行业领域：家电零件成形依靠钣金冲压、塑料、发泡、吸附等各类模具，模具制造的水平是实现我国家电转型升级（如低噪声、节能节水，多间室）的技术保证。

③ 航空装备领域：钣金装备、飞机内饰件模具成套技术的研究开发及产业化对航空制造、减轻飞机的自重、节约燃油等具有关键作用。

④ 电子专用装备及新兴产业配套领域：如 IT 模具中电脑周边模具、媒体数码产品模具、光电通信产品模具、网络产品模具、钟表礼品模具等的需求越来越大。

⑤ 医疗器械制造领域：精密、超精密模具具有举足轻重的地位。

⑥ 轨道交通领域：动车组走行核心部件超高速（每小时 300 公里以上）精密轴承模具核心技术、铁路重载货车和城市轨道交通车辆用轴承、齿轮传动装置、高速动车组用齿轮箱精密铸造模具等是轨道交通发展的必需。



1.1.2 模具材料及热处理在模具工业中的地位与作用

1. 模具材料在模具工业中的地位与作用

模具性能的好坏、寿命的长短直接影响模具的质量和经济效益；模具材料的工艺性能将影响模具加工的难易程度、模具加工的质量和加工费用。因此，在模具设计时，除设计出合理的模具结构外，还应选用合适的模具材料及热处理方法，才能使模具获得良好的工作性能和长的使用寿命。所以世界各国都在不断地开发模具新材料，改进强化热处理新工艺和新技术。

研究开发高性能的模具材料，采用先进的生产工艺生产优质低成本的模具材料，根据模具的工作条件合理选用材料，采用适当的热处理和表面处理技术以充分发挥模具材料的潜力。根据模具材料的性能特点选用合理的模具结构，根据模具材料的特性采用相应的维护措施等是十分重要的，这就要求大力推广新材料、新工艺和新技术。

2. 热处理技术在模具工业中的地位与作用

模具的失效一般由模具的表面开始，模具表面性能的优劣直接影响到模具的使用和寿命。对模具表面和心部的性能要求是不同的，很难通过更换材料或模具的整体热处理来达到这样的性能要求。采用不同的表面处理技术，可提高模具的表面性能，使模具拥有强韧的心部、耐磨耐蚀的表面，使模具寿命提高几倍甚至几十倍。

表面处理技术能有效地提高模具表面的耐磨性、耐蚀性、抗咬合、抗氧化、抗热黏附和抗冷热疲劳等性能。模具材料及其热加工工艺的选择必须与表面强化技术结合起来全面考虑，才可能充分发挥模具材料的潜力，提高模具的使用寿命，获得最好的经济效益。例如由于渗硼层的高硬度、耐磨性和热硬性，以及一定的耐蚀性和抗粘着性，使渗硼技术在模具工业中获得较好的应用效果。除了传统的表面处理技术被广泛应用外，还发展了各种涂覆技术。



1.2 模具材料的生产现状和发展趋势



1.2.1 国外模具钢的发展状况

随着我国改革开放的深入发展，国外模具钢已进入我国钢材市场并占有一定市场，特别

是沿海地区,国外模具钢占有国内模具市场相当大的份额,了解国外模具材料发展状况及国内市场销售国外模具钢的情况,有利于模具材料及热处理的选用。

1. 国外模具材料产量的发展

模具材料主要是模具钢,模具钢的产量近20年来增长很快,领先于其他钢类。据日本通产省调查统计的资料显示,日本从1978年到1997年钢的年产量一直维持在1亿吨左右,而合金工具钢的年产量,却从1978年的6.79万吨上升到1997年的12.67万吨,上升了将近一倍。

2. 国外模具钢种类的发展

模具钢根据用途可以分为冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢三大类。各工业发达国家的国家标准中都列出了本国标准,并不断更新充实。随着模具工作条件的苛刻,各国还相继发展了不少适应新要求的新钢种。

目前,各国使用量较大的集中在十几种通用型模具钢上。本书介绍冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢三大类模具钢的发展情况。

1) 冷作模具钢

冷作模具钢是应用比较广泛的一类模具钢,主要用于制造剪切、冲压、冷挤压、冷镦、压印、辊压等用途的模具,一般要求具有高的硬度、强度和耐磨性,一定的韧性和热硬性,以及良好的工艺性能。国外通用型冷作模具钢有低合金油淬模具钢 O1 (9CrWMnV)、中合金空淬模具钢 A2 (Cr5Mo1V) 和高碳高铬模具钢 D3 (Cr12)、D2 (Cr12Mo1V1) 等。

为了满足冷作模具的特殊要求,各国有针对性地发展了一批新型的模具钢及模具材料,主要如下。

(1) 高韧性、高耐磨性模具钢 Cr12 型模具钢,耐磨性很好,但是韧性差,抗回火软化能力不足。近30年来,国外相继发展了一些高韧性、高耐磨性模具钢,其碳铬含量低于 Cr12 型模具钢,增加了钼、钒合金的含量,钢中形成了大量 MeC 型高弥散度碳化物,其耐磨性优于 Cr12Mo1V1 钢,韧性和抗回火软化能力则高于 Cr12 型钢。比较有代表性的钢号有,日本大同特殊钢公司的 DC53 (Cr8Mo2VSi)、日本山阳特殊钢公司的 QCM8 (8Cr8Mo2VSi)、美国钒合金钢公司的 Vasco Die (8Cr8Mo2VSi),分别用于冷挤压模具、冷冲模具及高强度螺栓的滚螺纹模具上,并取得了良好的使用效果。

(2) 低合金空淬微变形模具钢 这类钢的特点是合金含量较低,一般小于5% (质量分数),但是淬透性和淬硬性都较好, $\phi 100\text{mm}$ 的轴类都可以空冷淬透,淬火后变形小,工艺性好,价格低,主要用于制造精密复杂模具。新研制低合金空淬微变形模具钢有,日本大同特殊钢公司的 G04、日本日立金属公司的 ACD37、美国的 A4 (Mn2CrMo)、A6 (7Mn2CrMo) 等。

(3) 火焰淬火模具钢 20世纪70年代,国外开始研发一些适应火焰淬火需要的冷作模具钢。由于采取氧乙炔喷嘴进行局部加热空冷淬火,难以严格地控制和测定温度,因此,要求火焰淬火模具钢具有淬火加热温度宽、淬透性好等特点。火焰局部加热淬火具有工艺简便,可以缩短模具制造周期、节约能源、降低制造费用等特点,已经广泛地应用于冲压、冷镦、下料、剪切等冷作模具。

火焰淬火模具钢研发很快,代表性的钢号有日本大同特殊钢公司的 G05,日本日立金属公司的 HMD1、HMD5,日本山阳特殊钢公司的 QF3 和日本爱知制钢公司的 SX105V (7CrSiMnMoV) 等。

(4) 粉末冶金冷作模具材料 采用粉末冶金工艺生产的高碳高合金模具材料,由于钢液

雾化形成的微细钢粉凝固很快，完全可以避免一般工艺生产的高碳冷作模具钢在浇注后缓慢凝固，产生粗大碳化物和偏析等缺陷。因此，粉末冶金模具钢具有磨削性能好、韧性好、等向性好、热处理工艺性能好等特性。

由于粉末冶金模具钢具有良好的特性，近几十年来在国外发展较快，而且发展了一系列的粉末冶金模具钢钢号，如美国的 CPM9V、CPM10V、CPM440V 等和德国的 320CrVMo13.5 等。由于这些钢中含有大量弥散度高的、高硬度的 MeC 型碳化物，其耐磨性能介于硬质合金和高合金冷作模具钢之间。由于韧性好，因此制成的模具寿命可以与硬质合金模具相似；由于工艺性能好，因此适于制造形状复杂、工作条件苛刻的长寿命模具。其使用寿命可比模具钢模具提高几倍至几十倍。

2) 热作模具钢

热作模具要求钢在模具的较高工作温度下具有良好的强度、硬度、耐磨性、抗冷热疲劳性能、抗氧化性和抗特殊介质的腐蚀性能，用于制造锻压、热挤压、压铸、热镦锻和高温超塑成形用模具。

国外通用的热作模具钢有三种类型：即低合金热作模具钢，如 55NiCrMoV6 和 56NiCrMoV7 等；中合金热作模具钢，如 H13 (4Cr5MoSiV1) 和 H11 (4Cr5MoSiV)；钨系、钼系热作模具钢，如 H21 (3Cr2W8V)、H10 (4Cr3Mo3VS1) 等。

为了适应热作模具发展的需要，国外相继开发了一些新型热作模具钢及模具材料，主要可分为以下几种类型。

(1) 高淬透性特大型锻压模具钢 通用型的锻压模具钢如 5CrNiMo、5CrNiMoV 等，由于淬透性的限制，一般只适于制造厚度为 300~400mm 的模具，而大型锻压设备有时模具重达几十吨，随着模具截面的增大，要求进一步提高模具材料的淬透性，以使模具的心部能够得到较高的均匀的性能。国外发展了一系列提高合金含量的高淬透性模具钢。代表性的钢号有国际标准 ISO 中的 40NiCrMoV7、法国 NF 标准中的 40NCD16 等，适于制造模块截面较大的大型锻压模具，其淬透性能高于通用型锻压模具钢。

(2) 高热强性模具钢 由于热作模具的工作温度不断提高，工作条件日益苛刻，传统的高热强性热作模具钢 H21 (3Cr2W8V) 钢已不能适应要求，国外陆续研制开发了一些新型热作模具钢，其代表性钢号有以下四种类型。

① 中合金高热强性热作模具钢 一般是在 3Cr3Mo3SiV (H10) 和 4CrMoSiV1 (H13) 钢的基础上增加 W、Mo、Co、Nb 等合金元素，提高其高温性能。如美国的 H10A (3Cr3Mo3Co3V) 钢、瑞典的 QR080 (3Cr3Mo2VMn) 钢，该类钢与 3Cr2W8V 钢比较具有更高的高温强度和抗回火软化能力，在生产中使用效果良好。

② 沉淀硬化型热作模具钢 沉淀硬化型热作模具钢含碳量较低，一般在 2% (质量分数) 左右，另外含有铌、钒、钼、铝等一些沉淀硬化的合金元素，模具淬回火后，组织为板条状马氏体，具有良好的韧性和切削加工性，可以进行型腔加工。模具在使用过程中，与高温工件接触，模具表面被工件加热到钢的沉淀硬化温度 (500~600℃)，使其工作表面合金碳化物和金属间化合物析出，模具表面的硬度可提高到 45~48HRC，从而提高了模具型腔表面的耐磨性而心部仍保持原有的组织和高韧性，模具的使用寿命得到提高。

沉淀硬化型热作模具钢的代表性钢号有日本大同特殊钢公司的 DH76 (2Cr3Ni3V)，日本日立金属公司的 YHD3、YHD26、YHD28。

③ 奥氏体型热作模具钢 奥氏体型热作模具钢是为了适应工作温度达 700~800℃ 热作模具的需要而研制的，因为，一般热作模具钢，当工作温度超过 650℃ 时，就会产生回火现

象, 钢的热强性急剧下降。这类钢经固溶时效处理后, 在 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 仍能保持较好的强度, 可以用于制造高温工作条件的模具。缺点是这类钢导热性差、热膨胀系数大, 抗冷热疲劳性能较差, 不适宜用于急热急冷条件下工作的模具, 如采用水冷却的模具。这类钢代表性的钢号有, 日立金属公司的 5Mn18Cr10V2 钢、日本大同特殊钢公司的 5Mn15Ni5Cr8Mo2V2 钢等。

④ 基体钢和低碳高速钢 基体钢是降低高速钢的含碳量, 其化学成分只相当于淬火后的高速钢基体组织的成分, 该类钢由于淬火后过剩碳化物数量少、细小均匀, 所以钢的韧性和抗热疲劳性能得到改善。既可以用于热作模具材料, 也可用于制造高性能的冷作模具材料。代表性的钢号有美国钒合金钢公司的 Vasco MA (5Cr4W3Mo2V) 等。

低碳高速钢是为了改善高速钢的韧性和抗疲劳性差而研制的, 将高速钢的含碳量降至 $0.3\%\sim 0.6\%$ (质量分数), 在降低部分热硬性和耐磨性的情况下, 改善其韧性和抗冷热疲劳性能。代表性的钢号有美国 ASTM 标准钢号 H25 (3Cr4W15V)、H26 (5W18CrV)、H42 (6W6Mo8Cr4V2) 等。低碳高速钢和基体钢一样, 其综合性能较好, 既可以用于热作模具材料, 也可以用于制作高性能的冷作模具。

(3) 高温热作模具材料 随着一些新的热加工技术的发展, 上述热作模具钢不能满足需要, 就必须研制新型高温模具材料, 如铁基高温合金、镍基高温合金和难熔合金作高温热作模具材料。

日本日立金属公司近年来研制出一种镍基铸造合金 Nimowal, 专门用于镍基高温合金材料等温锻造模具, 在 1050°C 下的高温强度可以与钼基难熔合金相近, 而抗氧化性良好, 可以用作在大气下对高性能镍基高温合金进行等温锻造的模具材料。

美国常用的用于等温模具的锻态镍基高温合金有 WasPaloy、Udimet700、Astroloy、IN718、Unitemp 和铸态镍基合金 IN10、IN713C、IN713LC、MAR-M200 等, 其超塑性温度高达 $950\sim 1100^{\circ}\text{C}$, 一般在 1000°C 以下使用的模具采用高热强性的锻态或铸态的镍基高温合金制造。

在 1000°C 以上工作的模具, 一般采用铝基或钨基难熔合金制造。美国常用的三种等温模压模具用铝基合金是 TZM、TZC、MHC, 该类合金在 1000°C 以上的高温下仍具有较高的热强性。

3) 塑料模具钢

随着塑料制品的迅速推广应用, 塑料模具的生产和技术在近 30 年来取得了迅速发展, 塑料模具用钢也取得迅速发展。国际上一些工业先进的国家塑料模具的总产值已占模具总产值的近 40%, 而且这个比例还在不断上升, 塑料模具钢也已形成一个专用钢系列。如美国 ASTM 标准中的 P 系列包括了 7 个钢号, 其他国家一些特殊钢公司也都研发了塑料模具专用钢系列, 如日本日立金属公司就列入了 15 个钢号。

国外新型塑料模具钢主要有如下几种。

(1) 预硬型塑料模具钢 精密复杂塑料模具无论采用何种热处理技术都无法保证模具不变形。预硬型塑料模具钢是在冶金厂时即进行了预先的调质热处理, 得到了模具要求的硬度和性能。然后把模具加工成形不再进行热处理, 从而保证精密复杂模具的精度。代表性的钢有瑞典 ASSAB 公司的 718 钢 (3Cr2MnNiMo)、美国的 P20 钢、日本的 PDSS 等。

(2) 时效硬化型塑料模具钢 对于精密、复杂、长寿命的塑料模具, 为了避免在热处理过程中产生变形, 研发了一系列的时效硬化型塑料模具钢。代表性的钢号有美国的 P21 (2Ni4AlCrV), 日本大同特殊钢公司的 NAK55 (2Ni3AlCuMo5)、NAK80 等。这类钢经固