

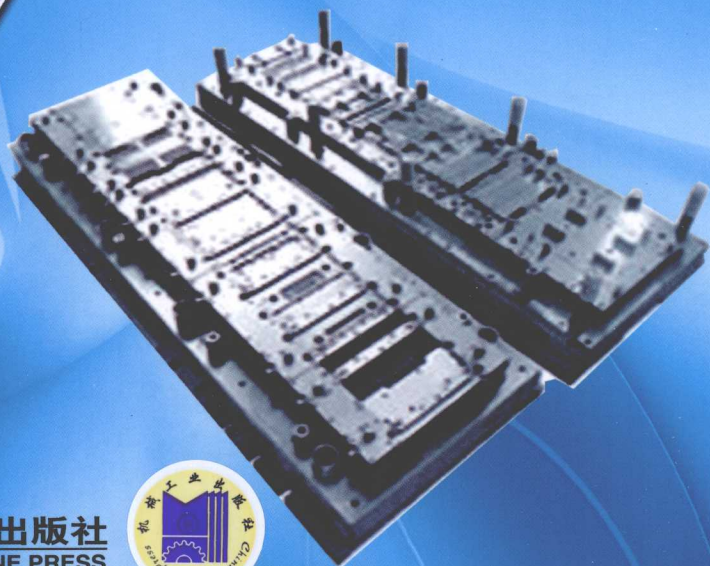


模具职业技能培训系列教程

丛书主编 王浩钢

模具材料 与热处理

主编 穆云超



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具职业技能培训系列教程

丛书主编 王浩钢

模具材料与热处理

主 编 穆云超

副主编 郭 建

参 编 卢金斌 杨晓红



机械工业出版社

本书从实用性和基础性出发,首先对金属模具材料的各类性能、要求、检验及热处理相关基础知识进行了详细介绍。然后通过大量的实例,分别详细阐述了冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢、模具表面热处理、模具的失效分析及修复和其他模具材料等内容,重点对各类模具的工作条件、性能要求、材料选用、工艺路线、热处理特点进行了分析。本书还附有大量习题,用来对所学知识的巩固和提高。

本书可作为高等职业教育的教学与实践用教材或教学参考书,同时对从事模具设计、制造的各类模具从业人员均有较大的参考价值;也可作为各种层次的继续教育用模具培训教材,以及社会上模具培训机构的培训教程。

图书在版编目(CIP)数据

模具材料与热处理/穆云超主编. —北京:机械工业出版社,2009.10

(模具职业技能培训系列教程/王浩钢丛书主编)

ISBN 978-7-111-28440-6

I. 模… II. 穆… III. 模具钢—热处理 IV. TG162.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 177780 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李万宇 责任编辑:白刚 版式设计:霍永明

封面设计:鞠杨 责任校对:樊钟英 责任印制:李妍

北京汇林印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·11.5 印张·219 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-28440-6

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

丛书序言

对于模具行业业内人士这样评价：“模具是工业之母”，足见模具行业在国民经济和制造业中占据着非常重要的地位。模具技术水平的高低，是衡量制造业水平高低的重要标志。模具在很大程度上决定着产品的质量、效益和开发能力。我国模具行业一直保持着良好的发展势头，“模具城”、“模具园区”、“模具生产基地”等各种集群生产形式在全国迅速发展，自主创新能力和模具技术含量不断提高，“十一五”期间，国家将继续大力支持我国模具工业的发展。

模具在我们的生活中无处不在，从日用小家电，到交通工具，其制作均源于一系列大小模具。近年来，我国模具行业从业人员队伍发展迅速，但仍然跟不上行业高速发展的需求，模具人才紧缺问题日益突出，培养一大批各种层次的优秀模具人才，已成为中国模具企业提高竞争力的必然。模具专业人才主要从事模具设计、模具制造、冲压成形、塑料成型、压铸成型、模具数控编程与加工、模具的组装与调试、模具维护与维修、模具生产中技术性操作等工作，已经成为人才市场最紧缺的人才之一。成为一名模具技术人才，就有望进入高薪人才行列。

为了适应我国高等职业教育发展及模具应用型人才、操作技能型人才培养的需要，编写的这一套“模具职业技能培训系列教程”，基本涵盖了模具人才需要掌握的各方面技术内容。承担本系列教程编写工作的作者均为多年在生产一线从事模具设计、制造的技术专家和有丰富模具教学经验的教师。

目前，模具企业和模具人才教育培训机构有这样一个矛盾，教育培训机构培养的学生不能满足企业的需要，企业使用的新技术不能及时丰富到教学工作中。学生到企业后，有时会觉得所学的东西没用，而企业需要的又没学到，例如，有些设备或者技术根本没有听说过，企业使用的软件技术与学校教学软件相差较大，模具材质和后处理、特殊模具结构、模具报价、模具型腔表面处理等非常需要的知识往往在学校学得不深入。针对这些问题，本套丛书都尽最大的努力去解决，加强职业技能训练，争取全方位提高学生的实际工作技能，切



实满足企业需求。

本系列教程的主要目的是培养读者的实际操作水平和应用知识解决问题的能力，具有以下特色：

1) 突出实用。系列的各本教程的编写都突出了“应用”的特色，精选了大量的典型应用实例。

2) 内容全面。本系列教程是专门针对模具职业教育的较为全面的系列教程，每本教程在其本身模具技术领域内容也比较全面，各本教程都深入浅出、图文并茂地介绍了模具基本理论知识。

3) 技术先进。包括大量先进的模具设计、制造新概念、新技术。

4) 锻炼技能。安排较多的实验、习题，以锻炼学生实际动手能力和解决实际问题的能力。

另外，本套丛书的一些分册附有教学课件，供教师选用，这对于学生对抽象的知识理解应该有辅助作用。

本系列教程作为高等职业教育的教学与实践用教材或教学参考用书；同时对从事模具设计、制造的各类模具从业人员均有较大的参考价值；也可作为各种层次的继续工程教育用模具培训教材以及社会上模具培训机构的培训教程。

由于编者的水平和经验，书中难免有疏漏和不当之处，恳请广大读者和同仁批评指正，也希望有机会和您共同研讨模具专业技术，共同提高，共同进步。

王浩钢

E-mail: ptc01@163.com

前言

PREFACE

随着我国模具制造业的快速发展,对模具行业专业人员需求日益增多,各层次院校纷纷开设了“模具设计与制造”及相关专业,尤以高职高专类院校居多,并对相关教材提出了新的要求。本书的编写,主要为了适应模具专业高等职业教育发展,培养新型实用型人才教学使用,也可供金属热处理专业及模具设计与制造专业技术人员作为参考。

近年来,在模具设计与制造过程中,人们逐渐认识到了模具材料的选用和热处理的重要性,在模具相关专业的培养计划中,大都增开了“模具材料与热处理”或相似课程,选用教材种类繁多。本教材是在广泛调研相关高校的培养计划基础之上,结合高职高专类课程设置和学生专业知识背景等特点,从实用性出发,参阅了大量的教材、著作、相关文献及行业标准,进行了合理的选择与编写。

本书从实用性和基础性出发,首先对金属模具材料的各类性能、要求、检验,以及热处理相关基础知识进行了详细的介绍,为学生打下了一定基础。然后通过大量的实例,分别详细阐述了冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢、模具表面热处理、模具的失效分析,及修复和其他模具材料等内容,重点对各类模具的工作条件、性能要求、材料选用、工艺路线、热处理特点进行了分析,使学生在模具设计与制造过程中,能够初步掌握合理选材与热处理工艺制订的方法,学会对各类模具失效形式的分析及修复,并对新型的模具材料有所了解,适应市场对专业人才的需要。本书还附有大量的思考练习题,用来对学生所学知识巩固和提高。

本书由中原工学院穆云超主编,中原工学院郭建副主编,中原工学院卢金斌、河南鹤壁职业技术学院杨晓红参加编写。

本书在编写过程中还得到了河南工业大学王浩钢老师的指导和河南工业大



学刘瑛老师的资料帮助，同时还引用了许多单位和个人发表的科技资料和编写的书籍，在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处，敬请批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

丛书序言

前言

引言 1

0.1 国内外模具的应用及 发展 1

0.1.1 模具工业的发展及模具钢 的重要性 1

0.1.2 模具在国民经济中的 重要地位 2

0.1.3 国外模具钢的发展概况 2

0.1.4 我国模具钢生产现状及 展望 4

0.1.5 模具热处理在模具制造中 的重要作用 5

0.1.6 模具热处理技术的 发展方向 5

0.2 模具及模具材料概述 7

0.2.1 模具的分类 7

0.2.2 模具材料的分类 7

0.3 本课程的性质和要求 10

第1章 金属模具材料的 基本性能 11

1.1 金属材料的力学性能 11

1.1.1 强度与塑性 11

1.1.2 硬度 15

1.1.3 韧性 19

1.1.4 疲劳 21

1.1.5 耐磨性 23

1.2 金属模具材料的物理性能与 化学性能 23

1.2.1 金属的物理性能 24

1.2.2 金属的化学性能 26

1.3 金属模具材料的工艺性能 27

1.4 模具钢的进厂质量检验 28

1.4.1 模具钢的宏观检验 28

1.4.2 模具钢的显微组织检验 29

1.4.3 模具钢的力学性能检验 29

思考练习题 29

第2章 模具钢的热处理概述 31

2.1 模具钢在加热和冷却时的 组织转变 31

2.1.1 钢在加热时的转变 32

2.1.2 钢在冷却时的转变 33

2.2 退火和正火 37

2.3 淬火和回火 39

2.4 钢的表面热处理 42

2.5 模具钢热处理后质量检验及 标准 42

2.5.1 模具热处理质量的检查内容与 方法 42

2.5.2 模具热处理检查标准 43

2.6 常用热处理设备 47

2.6.1 热处理设备分类 47



2.6.2 热处理炉的分类、特性	49
2.6.3 热处理炉的编号	52
思考练习题	53

第3章 冷作模具钢及其

热处理

3.1 冷作模具钢的分类和性能要求	54
3.1.1 冷作模具钢的分类	54
3.1.2 冷作模具钢的性能要求	54
3.2 碳素冷作模具钢	55
3.2.1 常用碳素冷作模具钢	55
3.2.2 碳素冷作模具钢的热处理	56
3.3 低合金冷作模具钢	57
3.3.1 常用低合金冷作模具钢	58
3.3.2 低合金冷作模具钢的热处理	61
3.4 中合金、高合金冷作模具钢	61
3.4.1 常用中合金、高合金冷作模具钢	62
3.4.2 常用中、高合金冷作模具钢的热处理	64
3.5 基体钢	66
3.6 冷作模具材料选用原则	68
3.7 冷作模具钢热处理实例	70
思考练习题	71

第4章 热作模具钢及其

热处理

4.1 热作模具钢的分类和性能要求	72
4.1.1 热作模具钢的分类	72
4.1.2 热作模具钢的性能要求	73
4.2 常用热作模具钢及其热处理	74
4.2.1 高韧性热作模具钢及	

其热处理	74
------	----

4.2.2 高热强模具钢及其热处理	78
4.2.3 高强韧热作模具钢及其热处理	80
4.3 热作模具钢的选用原则	81
4.4 热作模具钢的热处理实例	84
4.4.1 工具扳手热锻模	84
4.4.2 汽车凸轮轴锻模	85
思考练习题	86

第5章 塑料模具钢及其

热处理

5.1 塑料模具钢的种类和性能要求	87
5.1.1 塑料模具钢的性能要求	87
5.1.2 塑料模具钢的类型	88
5.1.3 塑料模具的制造工艺路线	89
5.2 碳素塑料模具钢及其热处理	89
5.2.1 SM45 钢	90
5.2.2 SM55 钢	90
5.3 渗碳、淬硬型塑料模具用钢及热处理	91
5.3.1 SM1CrNi3 钢	91
5.3.2 20Cr 钢	92
5.3.3 12CrNi3 钢	93
5.3.4 0Cr4NiMoV (LJ) 钢	93
5.3.5 渗碳型塑料模具钢的热处理工艺	94
5.3.6 淬硬型塑料模具钢	95
5.4 预硬化型塑料模具专用钢及其热处理	96
5.4.1 SM3Cr2Mo (P20) 钢	96



5.4.2	5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢	97	6.1.1	火焰淬火	109
5.4.3	8Cr2MnWMoVS (8Cr2S) 钢	98	6.1.2	感应淬火工艺	110
5.4.4	预硬化型塑料模具钢的 热处理	99	6.2	化学热处理	111
5.5	时效硬化型塑料模具钢及 热处理	99	6.2.1	渗碳	112
5.5.1	SM1Ni3Mn2CuAlMo (PMS) 钢	99	6.2.2	碳氮共渗	115
5.5.2	25CrNi3MoAl 钢	100	6.2.3	渗氮	117
5.5.3	时效硬化钢的热处理 工艺	101	6.2.4	氮碳共渗	118
5.6	耐蚀型塑料模具钢及 热处理	101	6.2.5	渗硼	119
5.6.1	SM2Cr13、SM4Cr13 钢	102	6.2.6	渗硫	120
5.6.2	0Cr16Ni4Cu3Nb (PCR) 钢	103	6.2.7	渗金属	120
5.7	其他塑料模具材料	103	6.3	模具钢的表面涂覆	121
5.7.1	铜合金	103	6.3.1	涂镀技术	122
5.7.2	铝合金	104	6.3.2	热喷涂技术	124
5.7.3	锌合金	104	6.3.3	堆焊技术及激光 熔覆技术	126
5.8	塑料模具钢的选择	104	6.3.4	气相沉积技术	127
5.8.1	影响塑料模具钢选择的 因素	104	6.3.5	热扩散法碳化物 覆层处理 (TD)	130
5.8.2	塑料模具用钢选择的 原则	105	6.4	其他表面处理技术	130
5.9	塑料模具热处理实例	106	6.4.1	高能束表面强化	130
5.9.1	精密塑料模具的 热处理	106	6.4.2	表面喷丸强化处理	132
5.9.2	聚三氟氯乙烯阀门盖模具 的热处理	107	6.4.3	离子注入工艺	133
思考练习题		107	6.4.4	电火花表面强化	134
第6章	模具表面处理	108	6.5	表面处理实例	135
6.1	表面淬火	108	6.5.1	2Cr13 钢的表面渗碳	135
			6.5.2	3Cr2W8V 钢表面渗铬	135
			思考练习题		136
			第7章	模具失效分析及修复	137
			7.1	模具的失效形式及 影响因素	137
			7.1.1	冷作模具的失效形式	137
			7.1.2	热作模具的失效形式	139
			7.1.3	塑料模具的失效形式	141
			7.1.4	影响模具失效的因素	141
			7.2	模具的失效分析	144





7.2.1 失效分析的意义	145	8.1 硬质合金及钢结硬质合金模具材料	158
7.2.2 失效分析的方法和步骤	146	8.1.1 硬质合金	158
7.3 模具的修复	148	8.1.2 钢结硬质合金	160
7.3.1 模具电刷镀修复	148	8.2 铸铁模具材料	162
7.3.2 模具的堆焊修复技术	149	8.2.1 灰铸铁	162
7.3.3 模具的高能束熔覆修复技术	151	8.2.2 球墨铸铁	163
7.3.4 热喷涂模具修复技术	152	8.2.3 合金铸铁	164
7.4 模具零件失效分析实例	153	8.3 其他模具材料和热处理实例	165
7.4.1 热作模具钢 H13 失效分析	153	思考练习题	166
7.4.2 模具磨削烧伤和磨削裂纹	154	附录	167
7.4.3 冷挤压模具的失效分析	155	附表 A 国内外常用钢钢号对照表	167
思考练习题	157	附表 B 国内模具企业常用进口模具钢与国内标准模具钢牌号的比较	168
第 8 章 其他模具材料介绍及热处理	158	参考文献	171

引 言

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,它已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。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,模具技术在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发,随着世界制造技术的发展,我国模具工业的发展将面临新的机遇和挑战。

0.1 国内外模具的应用及发展

0.1.1 模具工业的发展及模具钢的重要性

由于工业生产技术的迅速发展,目前国内外制造业广泛地采用了无切削、少切削加工工艺,如精密冲压、精密锻造、压力铸造、冷挤压、热挤压及等温超塑成形等新工艺,代替传统的切削加工工艺。模具作为主要的成形工具,已成为一种重要的加工装备。家用电器行业约80%的零部件、机电行业约70%的零部件均采用模具成形,塑料、橡胶、陶瓷、建材、耐火材料制品大部分均采用模具成形。一种中型载货汽车的制造,需要4000套模具,重达2000多吨。生产一种型号的照相机,需要多达500套模具。在很多行业中,模具费用已经占产品成本的15%~30%。因此,工业产品质量的改进、生产率的提高、成本的降低、产品更新换代的速度,在很大程度上取决于模具的制造精度、制造周期、加工质量、生产成本、使用寿命等因素。

随着全球经济一体化进程的加快,模具工业在国民经济中所发挥的作用越来越明显,机械、电子、汽车、轻工、建材和国防工业等部门都大量采用模具进行生产,并对模具提出越来越高的要求。模具工业已成为新技术产业化的重要组成部分,成为衡量一个国家工业水平高低的重要标志之一。20世纪80年代以来,日本、美国、德国等工业发达国家,模具工业的产值已经超过机床工业的产值。

当前模具工业发展有两个特点:一是要缩短制模周期,降低制模成本。由于人们对工业品的品种、数量和质量要求越来越高,产品更新换代周期越来越



短,而且多品种小批量生产较多,因此对模具制造提出了更为严格的要求。二是模具向大型化、复杂化、精密化和自动化方向发展。模具制造要求越来越高,制造工艺越来越复杂。为了降低模具生产成本,增加效益,保证质量,在采用先进设备和制造工艺的同时,必须采用多种工艺措施尽量延长模具的使用寿命。其中合理选用模具材料,采用先进的热处理和表面强化工艺,不断推广应用新材料就是一个主要的方面。

模具钢是模具制造的主要材料。尽管模具材料品种繁多,但是模具钢在模具制造业中使用最多,是模具工业最重要的技术和物质基础。近年来随着模具工业的迅速发展,模具钢的发展也极为迅速。世界各国都把模具钢分类于合金工具钢中,其产量已占合金工具钢产量的 70%~80%。

0.1.2 模具在国民经济中的重要地位

模具是使材料(金属和非金属)成形的一种重要工艺装备,它在锻造、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。

少或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。模具成形具有优质、高产、低消耗和低成本等特点,因此在家电、机电、轻工、军工、冶金及建材等行业大部分产品的生产中都得到了广泛的应用。

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,取得了较大的经济效益。目前,全世界模具年产值约为 650 亿美元。

0.1.3 国外模具钢的发展概况

模具是从锤、斧、凿等手工业工具逐步发展而来的。人类从铁器时代开始,就采用钢铁材料制造手工工具。考古学家在埃及金字塔中就已经发现大约 5000 年前的铁制工具残片。经过漫长的发展过程,早期的工具钢是属于简单的普通碳素工具钢。自从 18 世纪中期欧洲进入蒸汽机时代后,工业品由手工制造变为



机器制造。金属切削机床的使用,切削加工的速度提高,成形负荷增大,对工具材料的质量、使用性能、工艺性能的要求越来越高,碳素工具钢已无法满足需要。19世纪末期,美国工程师泰勒和怀特研制出了一批具有良好性能的合金钢,发现这些合金工具钢提高淬火温度可以得到高的热硬性,使工具能在较高的切削速度下使用,提出了“高速钢”的概念。20世纪20年代一系列的合金模具钢出现,主要有冷作模具钢、热作模具钢,并进行了易切削模具钢的研究。20世纪50年代以后,随着石化工业的迅速发展,塑料迅速成为一种重要的工业材料,为了满足塑料制品成型模具的需要,世界各国迅速发展了一批不同类型的专用塑料模具钢,目前先进工业国家已经形成专用的钢种系列。

近年来,工业生产技术迅猛发展,各种新材料不断出现,模具的工作条件日益苛刻,对模具钢的性能、质量、品种等方面的要求不断提高,先进工业国家近年来开发了各种具有不同特性、适应不同要求的新型模具钢,不仅品种增加、质量提高,而且生产工艺和生产装备也有很大改进,主要有以下几个特点:

(1) 模具钢系列化 研制出先进的各种类型的冷、热作模具钢,并形成较完整的系列。它们各具特点,适应冷、热作模具的特殊要求。

(2) 塑料模具钢高速发展并系列化 20世纪70年代以后工程塑料品种大量开发,塑料已经成为一个重要的工业材料得到广泛地应用。从航天器到舰艇,从建筑材料到农业生产,从家用电器到儿童玩具都离不开塑料制品。而塑料制品大部分采用模压成型,不少工业发达国家塑料模具的产值已经居模具产值的第一位,塑料模具钢也迅速发展并成为一个专用钢种系列。

(3) 模具钢的品种规格迅速向多样化、型材化、制品化方向发展 近年来,由于模具工业标准化、系列化程度不断提高,设计和制造过程中CAD&CAM技术的广泛应用,使得模具制造业的生产效率和材料利用率大大提高,模具制造周期大大缩短。主要有以下几个特点:首先是品种规格多样化,模具制造中,相当部分的模具大部分是由几块扁平形部件组装而成的。在国外,模具制造需要的各种各样扁钢和厚板已经标准化、系列化,并制定了详细的技术规范。如锻造扁钢、热轧扁钢、热轧板材、冷拉扁钢等,都由模具钢厂供应可直接使用的型材。其次是日趋精料化,由钢厂直供不同要求经过机械加工的高精度、无脱碳层的材料。国外有些主要的模具钢生产厂的模具钢精料已占60%左右。再次是向制品化方向发展。由钢厂供应经过淬、回火和精加工的模板、模块等制品,模具制造厂可以直接采购标准模块,只对模具的型腔或刃部进行加工后即可与标准模架配套组装后交货。由于模具成形后不需要再进行最终热处理就可以直接使用,这样既保证了模具的使用性能,又可以避免由于热处理而引起的模具变形、氧化、脱碳、开裂等质量问题。该类制成品适宜制造形状复杂、大型、精密、长寿命的塑料模具,应用越来越广泛。



(4) 模具钢性能高级化 目前工业发达国家为了提高模具的质量和使用寿命,把提高模具钢的质量和性能放在重要位置,应用了一系列先进工艺方法。比如,生产高纯净度模具钢,不但可以改进钢的原有性能,而且可以赋予钢新的性能,提高钢材的内在质量。这是延长模具寿命的根本途径之一。日本有的钢厂把钢中含硫、磷质量分数从 0.03% 降到 0.01% 以下,冲击韧度提高一倍以上。再如生产等向性模具钢,改善钢的横向韧性和塑性,使其与纵向性能接近。由于模具大部分是多向受力,这样就可以大幅度提高模具的使用寿命。同时,采用了许多新工艺、新技术和新装备,提高了模具钢的各种性能。

0.1.4 我国模具钢生产现状及展望

目前我国模具钢产量已跃居世界前列。按照 GB/T1299—2000《合金工具钢》中包含的 37 个钢种,我国基本上都能生产。通过几次钢种的筛选和标准修订,已初步形成比较完整的模具钢系列,在模具钢的生产技术、品种质量、科技开发以及应用等方面,都取得了比较大的进步。但是,由于发展时间较晚,与工业发达国家相比存在着一些差距。

(1) 钢种系列化程度低 我国制定的模具钢标准中,总体来看钢种系列比较完整。但是钢种系列有待进一步完善。如用量很大的塑料模具钢在标准中只纳入了两个钢号,显然不能满足各种不同类型的塑料模具的要求。

(2) 钢种产品结构不合理 模具钢的制品化程度较低,品种单一,如 90% 左右是带有黑皮的圆钢。厚钢板、方钢、扁钢等市场上极少见,而且规格较少,产品规格分档较粗。模具制造厂很多是将圆钢锯切改锻成扁钢或模块,由于多采用自由锻锤改锻,加工余量大,材料利用率低,影响模具的制造周期。

(3) 钢种应用选择不合理 如塑料模具产量很大,但目前绝大多数塑料模具均用碳素结构钢制造,模具的使用寿命短、质量差,因此压制的塑料制品质量不高。冷作模具钢的钢号系列比较完整,但部分用量较大的品种产量又不高。

(4) 模具钢冶金质量不高 目前国内的模具钢冶金质量不高,性能高级化发展不快。如前所述,国内生产高纯净度模具钢、等向性模具钢等方面与国外差距较大。

(5) 生产工艺和装备相对落后 目前,我国虽建立了一批技术先进的钢厂,采用新技术进行生产的模具钢产品质量已达到国际先进水平,已经能生产模具扁钢和厚钢板,使我国模具钢品种、规格得到了改善。但是我国模具钢生产专业化程度较低,至今仍有不少企业仍在采用 20 世纪 50 年代的工艺装备进行生产。所以总体而言,在生产效率、产品质量,特别是尺寸精度和表面质量方面与国外产品比较还有一定差距。

今后我国模具钢技术的发展,主要是积极引进、开发高性能钢种,加强系



列化、标准化工作,向精料化、高级化方向发展,发展专业化生产,采用先进工艺和装备,增加品种、提高质量、降低成本,使我国模具钢产品迅速达到世界先进水平。

0.1.5 模具热处理在模具制造中的重要作用

模具热处理是保证模具性能的重要工艺过程。它对模具的性能有着直接的影响。如:

(1) 模具的制造精度 组织转变不均匀、不彻底及热处理形成的残余应力过大会造成模具在热处理后的加工、装配和使用过程中的变形,从而降低模具的精度,甚至报废。

(2) 模具的强度 热处理工艺制订不当、热处理操作不规范或热处理设备状态不完好,造成被处理模具强度(硬度)达不到设计要求。

(3) 模具的工作寿命 热处理造成的组织结构不合理、晶粒度超标等,导致主要性能如模具的韧性、冷热疲劳性能、抗磨损性能等下降,影响模具的工作寿命。

(4) 模具的制造成本 作为模具制造过程的中间环节或最终工序,热处理造成的开裂、变形超差及性能超差,大多数情况下会使模具报废,即使通过修补仍可继续使用,也会增加工时,延长交货期,提高模具的制造成本。

0.1.6 模具热处理技术的发展方向

正是热处理技术与模具钢的性能有十分密切的关系,使得这两种技术在模具设计与制造现代化的进程中,相互促进,共同提高。20世纪80年代以来,模具热处理技术发展较快的领域是真空热处理技术、模具的表面强化技术和模具钢的预硬化技术。

(1) 模具的真空热处理技术 真空热处理技术是近些年发展起来的一种新型的热处理技术,它所具备的特点,正是模具制造中所迫切需要的,比如防止加热氧化和不脱碳、真空脱气或除气,消除氢脆、冷脆、热脆等,从而提高材料(零件)的塑性、韧性和疲劳强度。并且真空加热缓慢、零件内外温差较小等因素,从而决定了真空热处理工艺造成的零件变形小等。

按采用的冷却介质不同,真空淬火可分为真空油冷淬火、真空气冷淬火、真空水冷淬火和真空硝盐等温淬火。模具真空热处理中主要应用的是真空油冷淬火、真空气冷淬火和真空回火。为保持工件(如模具)真空加热的优良特性,冷却剂和冷却工艺的选择及制订非常重要,模具淬火过程主要采用油冷和气冷。

对于热处理后不再进行机械加工的模具工作面,淬火后尽可能采用真空回火,特别是真空淬火的工件(模具),它可以提高与表面品质相关的力学性能,



如疲劳性能、表面光亮度、耐蚀性等。

真空热处理过程的计算机类比技术（包括组成类比和性能预测技术）的成功开发和应用，使得模具的智能化热处理成为可能。由于模具生产的小批量（甚至是单件）、多品种的特性，以及热处理性能要求高和不允许出现废品的特点，又使得模具的智能化热处理成为必须。模具的智能化热处理包括：明确模具的结构、用材、热处理性能要求；模具加热过程温度场、应力场分布的计算机类比；模具冷却过程温度场、相变过程和应力场分布的计算机类比；加热和冷却工艺过程的仿真；淬火工艺的制订；热处理设备的自动化控制技术。国外工业发达国家，如美国、日本等，在真空高压气淬方面，已经开展了这方面的技术研发，主要针对目标也是模具。

（2）模具的表面处理技术 模具在工作中除了要求基体具有足够高的强度和韧性的合理配合外，其表面性能对模具的工作性能和使用寿命至关重要。这些表面性能指：耐磨损性能、耐蚀性、摩擦因数、疲劳强度等。这些性能的改善，单纯依赖基体材料的改进和提高是非常有限的，也是不经济的。而通过表面处理技术，往往可以收到事半功倍的效果，这也正是表面处理技术得到迅速发展的原因。

模具的表面处理技术，是通过表面涂覆、表面改性或复合处理技术，改变模具表面的性能、化学成分、组织结构和应力状态，以获得所需表面性能的系统工程。从表面处理的方式上，又可分为：化学方法、物理方法、物理化学方法和机械方法。虽然旨在提高模具表面性能新的处理技术不断涌现，但在模具制造中应用较多的主要是渗氮、渗碳和硬化膜沉淀。渗氮工艺有气体渗氮、离子渗氮、液体渗氮等方式，每一种渗氮方式中，都有若干种渗氮技术，可以适应不同钢种不同工件的要求。由于渗氮技术可形成优良性能的表面，并且渗氮工艺与模具钢的淬火工艺有良好的协调性，同时渗氮温度低，渗后不需激烈冷却，模具的变形极小，因此模具的表面强化是采用渗氮技术较早，也是应用最广泛的。

模具渗碳的目的，主要是为了提高模具的整体强韧性，即模具的工作表面具有高的强度和耐磨性。由此引入的技术思路是，用较低级别的材料，通过渗碳淬火来代替较高级别材料，从而降低制造成本。

（3）模具材料的预硬化技术 硬化膜沉积技术目前较成熟的是 CVD（化学气相沉积，Chemical Vapor Deposition）和 PVD（物理气相沉积，Physical Vapor Deposition）。为了增加膜层与刀具、刃具、量具工件表面的结合强度，现在发展了多种增强型 CVD、PVD 技术。硬化膜沉积技术最早在工具等方面上应用，效果极佳，多种刀具已将涂覆硬化膜作为标准工艺。模具自 20 世纪 80 年代开始采用涂覆。在目前的硬化膜技术条件下，硬化膜沉积技术（主要是设备）的成本