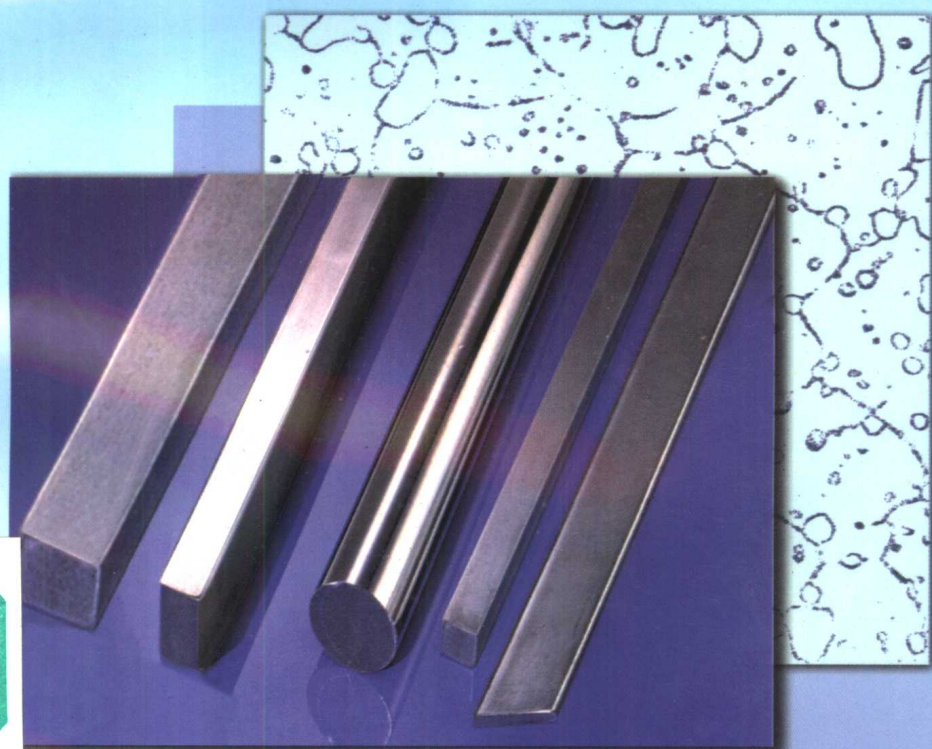


特 殊 钢 丛 书

模具钢

徐 进 姜先畚 陈再枝 陈景榕 编著



冶金工业出版社

特殊钢丛书

模 具 钢

徐 进 姜先畲 编著
陈再波

北 京
冶 金 工 业 出 版 社

1998

内 容 简 介

本书系统地、全面地阐述了模具钢的发展过程、国内外现状及发展动向, 模具钢的合金化原理、生产工艺要点、试验方法、选择应用及常用模具钢的主要性能数据, 集中了国内外有关方面的最新科研成果及生产应用的经验。

全书共分为 10 个部分, 对塑料模具用钢、冷作模具钢、热作模具钢及特殊模具用钢进行了比较详细地论述和介绍。

本书可供从事模具钢科研、开发、生产、检验和从事模具设计、制造、应用、维护等方面的科技人员和技术工人阅读和参考, 也可以供大专院校有关专业的师生和专业培训人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具钢/徐进等编著. —北京:冶金工业出版社, 1998. 10
(特殊钢丛书)

ISBN 7-5024-2172-6

I. 模… II. 徐… III. 模具钢 IV. TG142.45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 03021 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 王成蓓 美术编辑 李心 责任校对 栾雅谦

北京昌平百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1998 年 10 月第 1 版, 1998 年 10 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 12.375 印张; 330 千字; 381 页; 1—2500 册

28.00 元(精装:40.00 元)

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《特殊钢丛书》编辑工作委员会

(按姓氏笔画为序)

主任委员	刘嘉禾	杨 栋	
委 员	马绍弥	王建英	王洪发
	关玉龙	刘福魁	那宝魁
	杨昌乐	范小媛	林慧国
	侯树庭		

秘 书 长 林慧国

序

特殊钢是钢铁工业的一个重要领域。特殊钢的品种繁多,性能各异,质量要求高,应用范围广,从经济建设、国防建设到日常生活用品都与特殊钢有密切关系,因而通常把特殊钢品种、质量、产量作为衡量一个国家钢铁工业科学技术和工业化水平的重要尺度。

当前,我国的四化建设和改革开放正向深广方向发展,中共中央和国务院作出关于加强科学技术进步的决定,广大职工积极要求掌握科学技术专业知识。在这样的形势下,中国金属学会特殊钢专业学会发起并组织编写一套具有自己特色的《特殊钢丛书》,是有时代意义的。

本套丛书将分卷撰写,陆续出版。这套丛书是由中国金属学会特殊钢专业学会及其 15 个专业学术委员会组织国内冶金与材料界的知名专家教授编写的,因此具有一定的权威性。编写这套丛书是为了介绍中国特殊钢工业的发展情况和科学研究成果以及国外在这方面的进展情况,总结和整理国内老一辈专家们的丰富学识和实践经验。这套《特殊钢丛书》将重点介绍特殊钢的现代生产工艺技术、特殊钢各大钢类钢种的性能特点和应用指南,为特殊钢生产、科研和使用部门的科技人员在职学习提供素材,为有关大专院校师生提供教学参考。

组织编写特殊钢方面的系列图书,在国内尚属首次,在国外也不多见,难免存在疏漏和不足之处,欢迎指正。期望这套《特殊钢丛书》能在普及提高科学知识、合理生产和合理使用钢材方面发挥积极作用。

《特殊钢丛书》编委会

前 言

随着工业技术的迅速发展,机械、仪器、电器、电子、轻工和国防等工业部门,广泛地采用新的高精度、高效率的模具加工成形工艺代替传统的切削加工工艺,因而对模具的使用寿命、尺寸精度和表面粗糙度等不断地提出新的更高的要求。

模具钢是模具制造的基础,对模具的使用寿命、精度和表面粗糙度起着重要的甚至决定性的作用,因之研究和开发高性能的模具钢、根据模具的工作条件合理选用模具钢、采用先进的生产工艺生产优质低成本的模具钢材、采用适当的热处理及表面处理工艺充分发挥模具钢的潜力、根据钢的性能特点选择合理的模具形状和设计结构以及根据钢种的特性采用相应的维护措施是十分重要的。只有做好这些方面的工作才能有效地稳定和提高模具的使用寿命,防止模具的早期失效。

本书比较系统地介绍了国内外在模具钢合金化原理,各类模具钢的性能特点、生产工艺及应用情况,试验方法、热处理及表面处理工艺,不同模具的钢种选择,提高模具寿命的措施和经验,并对常用模具钢的主要性能数据进行了比较详细地介绍。

本书的问世,将对提高我国模具钢的科研、开发、生产、工艺技术及应用水平起到一定的促进作用。

本书第1、5、7、9章及附录部分由徐进编写,第2、6章由姜先畚编写,第3、8章由陈再枝编写,第4章由陈景榕编写。全书由徐进、姜先畚审校。

本书是在特殊钢学会《特殊钢丛书》编委会的组织领导下进行编写的。在编写过程中采用了不少单位提供的科研成果及数据资料,特此表示深切的谢意。

由于编者的业务水平所限,缺点和错误在所难免,欢迎专家、学者和读者批评指正。



ISBN 7-5024-2172-6
TG · 239 定价 28.00 元

目 录

1 概 论	1
1.1 模具在工业中的重要作用	1
1.2 模具钢发展简史	2
1.3 世界模具钢生产技术现状及发展趋势	5
1.3.1 模具钢钢种的发展	6
1.3.2 模具钢品种规格的发展	11
1.3.3 模具钢内在质量的提高	12
1.3.4 模具钢生产工艺和装备的发展	13
1.4 我国模具钢生产技术现状及其展望	15
1.4.1 钢种发展	15
1.4.2 品种规格	16
1.4.3 生产工艺和装备	16
1.4.4 专业化生产问题	17
参考文献	17
2 模具钢的生产工艺要点	19
2.1 模具钢的质量要求	19
2.1.1 模具钢在工作性能方面应考虑的因素	19
2.1.2 模具钢在工艺性能方面应考虑的因素	21
2.1.3 模具钢在内部冶金质量方面应考虑的因素	22
2.2 模具钢的冶炼与浇注	24
2.2.1 电弧炉冶炼生产模具钢	25
2.2.2 真空炉外处理	29
2.2.3 喷粉精炼	30
2.2.4 电渣重熔生产模具钢	32
2.2.5 粉末法生产模具钢	34
2.3 模具钢的锻造和轧制	34

2.4	模具钢的退火·····	36
2.5	模具钢的淬、回火与表面处理·····	39
2.5.1	模具钢的淬火·····	39
2.5.2	模具钢的回火·····	41
2.5.3	模具钢的表面热处理·····	42
2.6	模具钢的精制·····	44
	参考文献·····	46
3	模具钢的试验方法·····	47
3.1	力学性能试验·····	47
3.1.1	硬度试验·····	47
3.1.2	室温和高温拉力试验·····	52
3.1.3	弯曲试验·····	54
3.1.4	持久强度及其测定·····	55
3.1.5	冲击韧性试验·····	56
3.2	耐磨性试验·····	60
3.2.1	使用试验·····	60
3.2.2	试验室试验·····	60
3.3	工艺性能试验·····	62
3.3.1	高淬透性钢的淬透性测定方法·····	64
3.3.2	热处理变形的测定·····	65
3.4	热疲劳性能试验·····	65
3.5	宏观组织试验·····	68
3.5.1	酸蚀试验·····	69
3.6	显微组织试验·····	73
3.6.1	试样的制备·····	73
3.6.2	显微组织的显示方法·····	75
3.6.3	退火组织的评定·····	77
3.6.4	碳化物不均匀性·····	78
3.6.5	晶粒度的测定·····	79
3.6.6	脱碳·····	80

3.7	断口试验	81
3.7.1	取样和断口的制备	81
3.7.2	常见断口组织和缺陷	82
3.8	物理性能试验	83
3.8.1	线胀系数和临界点的测定	83
3.8.2	等温转变曲线的测定	86
3.8.3	连续冷却转变曲线的测定	86
3.8.4	导热系数的测定	87
3.9	无损检测	90
3.9.1	磁粉检测	90
3.9.2	超声波探伤	92
3.9.3	渗透检测	96
	参考文献	98
4	合金元素在模具钢中的作用	99
4.1	常用合金元素在钢中的存在形式	99
4.1.1	铁基固溶体	99
4.1.2	合金碳化物	102
4.1.3	金属间化合物	105
4.2	合金元素对 Fe-C 合金相组成的作用	105
4.2.1	Fe-C 相图	105
4.2.2	Fe-M-C 系的恒 M 垂直 截面(伪 Fe-C 二元图)	107
4.3	合金元素对钢中相转变的作用	119
4.3.1	合金元素对钢加热时转变的作用	119
4.3.2	合金元素对过冷奥氏体转变的作用	122
4.3.3	合金元素对淬火钢回火时转变的作用	123
	参考文献	132
5	模具钢的分类和选择	133
5.1	模具钢的分类	133
5.2	模具钢选择的基本原则	139

5.2.1	模具钢的基本性能	139
5.2.2	模具钢的工艺性能及其他选择因素	141
5.3	模具钢的选择实例	143
5.3.1	冷作模具用钢的选择	143
5.3.2	热作模具用钢的选择	152
5.3.3	塑料模具用钢的选择	159
	参考文献	161
6	冷作模具钢	163
6.1	油淬冷作模具钢	163
6.1.1	锻造	164
6.1.2	退火	164
6.1.3	淬火	166
6.1.4	回火	170
6.1.5	选择及应用	172
6.2	空淬冷作模具钢	173
6.2.1	锻造	174
6.2.2	退火	174
6.2.3	淬火	175
6.2.4	回火	176
6.2.5	选择与应用	180
6.3	高碳高铬冷作模具钢	182
6.3.1	锻造	184
6.3.2	退火	185
6.3.3	淬火	186
6.3.4	回火	190
6.3.5	表面处理	194
6.3.6	应用与选择	196
6.4	基体钢和低碳高速钢	196
6.4.1	锻造	197
6.4.2	退火	198

6.4.3	淬火	199
6.4.4	回火	204
6.4.5	表面处理	206
6.4.6	选择与应用	207
6.5	高韧性高耐磨性冷作模具钢	208
6.5.1	锻造	210
6.5.2	退火	211
6.5.3	淬火	212
6.5.4	回火	215
6.5.5	应用	218
6.6	火焰淬火模具钢	218
6.6.1	锻造	220
6.6.2	退火	221
6.6.3	淬火	221
6.6.4	回火	223
6.6.5	应用	226
	参考文献	227
7	热作模具钢	229
7.1	锻压模块用低合金热作模具钢	230
7.1.1	钢的退火	231
7.1.2	钢的淬回火组织与性能	231
7.1.3	锻压模块用低合金钢的应用	235
7.2	中合金铬系热作模具钢	240
7.2.1	钢的锻轧加工	241
7.2.2	钢的退火	242
7.2.3	钢的淬火	242
7.2.4	钢的回火及组织性能	245
7.2.5	铬系热作模具钢的应用	250
7.3	钨钼系热作模具钢	252
7.3.1	钢的退火工艺和退火组织	254

7.3.2	钢的淬火组织及性能	254
7.3.3	钢的回火与组织性能	258
7.3.4	钨钼系热作模具钢的应用	264
7.4	高温热作模具钢	269
7.4.1	奥氏体型热作模具钢	269
7.4.2	高温抗蚀模具钢	274
	参考文献	278
8	塑料成形模具用钢	279
8.1	非合金型塑料模具钢	279
8.1.1	退火钢的组织 and 性能	284
8.1.2	淬火钢的组织 and 性能	287
8.1.3	回火钢的组织 and 性能	291
8.2	渗碳型塑料模具钢	292
8.2.1	渗碳前的热处理	294
8.2.2	渗碳热处理	295
8.2.3	渗碳模具淬火	297
8.2.4	渗碳模具的回火	304
8.2.5	塑料模具型腔冷挤压	306
8.3	预硬型塑料模具钢	308
8.3.1	淬火	310
8.3.2	回火	315
8.3.3	预硬化易切削塑料模具钢几个值得注意 的问题	317
8.4	时效硬化型塑料模具钢	319
8.4.1	马氏体时效钢	319
8.4.2	析出硬化钢	325
8.5	整体淬硬型塑料模具钢	330
8.6	耐腐蚀型塑料模具钢	331
8.6.1	高碳高铬型耐蚀钢	331
8.6.2	中碳高铬型耐蚀钢——4Cr13	337

8.6.3 低碳铬镍型耐蚀钢——1Cr17Ni2	341
8.7 影响塑料模具钢镜面加工性能的因素	345
参考文献	346
9 特殊模具用钢	348
9.1 无磁模具钢	348
9.1.1 钢的锻造和退火	348
9.1.2 钢的固溶处理	349
9.1.3 钢的时效处理	349
9.1.4 7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢的时效后的性能	350
9.1.5 7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢的磁导率	350
9.2 铸造模具钢	351
9.3 粉末冶金模具材料	354
9.3.1 粉末冶金工模具钢	354
9.3.2 钢结硬质合金	357
参考文献	360
附录 1 主要工业国家及国际标准化组织,	
标准钢号化学成分表	361
附录 2 我国合金工具钢标准钢号与国外和国际相近标准钢号	
对照表	380

1 概 论

1.1 模具在工业中的重要作用

随着工业技术的迅速发展,为了降低产品生产成本,提高生产效率和产品质量,提高材料利用率,国内外的制造业广泛地采用各种先进的无切削、少切削工艺,如用精密冲压、精密锻造、压力铸造、冷挤压、热挤压及等温超塑成形等新技术,代替传统的切削加工工艺。目前家用电器约 80% 左右的零部件依靠模具加工;机电工业中约 70% 的零部件采用模具成形;塑料制品、陶瓷制品、橡胶制品、建材产品、耐火材料制品大部分也采用模具成形。一种中型载重汽车改型,即需要模具 4000 多套,重达 2000 多吨。生产一种型号的照相机,需要 500 多套模具。在不少行业中,模具费用已经在产品生产成本中占 15% ~ 30% ^[1]。

随着模具需要量的急剧增长,模具制造业已经逐步发展成为一个独立的行业,而且其发展速度领先于其他行业。如日本 1976~1985 年 10 年期间,机械制造业的总产值增长了 2 倍,而模具制造业的产值增长了 3 倍。进入 80 年代以后,一些工业发达国家模具工业的产值已经超过了机床制造业的产值。根据中国模具工业协会发表的资料,1995 年世界模具工业的总产值约为 600 亿美元,其中日本约占总产值的 1/4,居世界第 1 位^[2,3]。

目前很多工业产品质量的改善,生产效率的提高,产品成本的降低以及产品更新换代的速度,在一定程度上取决于模具的制造精度、质量、制造周期、生产成本和使用寿命等因素。所以国外有人提出:“模具是工业发展的基石”,“模具是促进社会繁荣的动力”^[1]。

我国模具工业发展比较迅速,1995 年全国不完全统计,已经

建立了 200 多个专业的模具制造厂和 10000 多个模具生产点,从业人员达 40 万人,年产值约 145 亿元,但模具仍供不应求,每年仍需进口较大数量的模具以满足各工业部门的需要。根据统计,1995 年我国模具进口用汇达 8.11 亿美元,居世界模具进口量第 1 位^[3]。

1.2 模具钢发展简史

模具是从锤、斧、凿等手工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。人们在埃及大金字塔中发现了约 5000 年前可能是由陨铁制成的铁制工具残片。早在公元前 900 年,希腊诗人荷马(Homer)写的长诗奥德赛(Odyssey)中,就有关于钢铁工具淬火的记载。公元前 350 年,印度人制成了乌兹钢(Wootz Steel)。制造方法是先将铁矿固态还原制成海绵铁,然后与木炭混合密封加热通过渗碳而制成乌兹钢。叙利亚人采用类似工艺制成大马士革钢(Damascus Steel)。以后由于十字军东征,将这一技术带入西班牙的托莱多城,发展成为西欧的托莱多钢(Toledo Steel)。

18 世纪中叶才发明了坩埚法炼钢。在坩埚中利用碳或生铁对固态还原铁增碳,熔炼出含碳量较高的均匀的工具用钢。19 世纪初人们认识了含碳量对钢的性能的影响,并且发现了分析钢中含碳量的方法。

1868 年,穆施特(Robert Mushet)提出一种合金工具钢,其化学成分为 C 2%、Mn 2%、W 7%,可以空淬,被称为穆施特钢(Mushet Steel)。几年之后这种钢在英国的舍菲尔德(Sheffield)的工厂投入生产,主要用于制造刀具,由于比当时通用的碳素工具钢耐磨性好,使用寿命长,成为当时应用广泛的合金工具钢^[4]。

19 世纪 90 年代,通过研究,将上述含锰量达 2% 的穆施特钢中的锰,采用铬代替,变成铬钨钢。1893 年布鲁斯林(H. A. Brustlein)向米德沃(Midvale)公司提出的两个铬钨工具钢样品的化学成分,如表 1-1 所示^[4]:

表 1-1 铬钨工具钢样品的化学成分(%)

试样号	C	Mn	Cr	W
1	1.49	0.34	1.51	4.76
2	1.66	0.64	2.40	6.59

1895 年泰勒(F. W Taylor)首先发现上述合金工具钢提高淬火温度可以得到红硬性,使工具能在较高的切削速度下使用,提出了“高速钢”的概念。1903 年泰勒又和怀特(M. White)等推荐一种含 C 0.70%、W 14% 的合金工具钢,1904~1906 年在上述钢中添加 0.3% 钒。1910 年又将钒含量提高到 0.7%,成为当代 W-18Cr4V 型高速钢的雏型^[4]。

在此期间低合金工具钢也取得很多成就,1895 年卡本特(Carpenter)钢公司生产成分为 1.00% C、2.50% Cr 的工具钢。1897~1898 年生产了含 1.18% C、0.94% Cr、0.78% W 的低合金工具钢。

本世纪 20 年代发展了一系列的合金模具钢,主要有(1)高碳高铬型冷作模具钢;(2)1% C、5% Cr 加入钼的中合金空淬冷作模具钢;(3)适用制造压铸模具的热作工具钢;(4)研究了铬钨型高耐热性热作模具钢;(5)开始进行易切削模具钢的研究,到 30~40 年代发展成石墨化模具钢和各种易切削模具钢^[4]。

为了进一步改善低合金冷作模具钢的淬透性,减少淬火变形,从 40 年代到 80 年代,各国陆续发展了一批低合金微变形冷作模具钢。

为了减化热处理工艺,节省能源,从 70 年代开始国外陆续发展了一批火焰淬火模具钢。

为了进一步改善冷作模具钢的综合性能,从 70 年代以来,国外发展了一批含铬量为 8% 左右,再加 Mo、V 等元素的高韧性、高耐磨性冷作模具钢。

为了适应热作模具发展的需要,在 20~30 年代发展的含钨量高的铬钨系热作模具钢的基础上发展了钼系、钨钼系及铬系热作