

模具钢 手册

陈再枝 蓝德年 编著

MOJU GANG
SHOUCE

冶金工业出版社



模 具 钢 手 册

陈再枝 蓝德年 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2002

内 容 提 要

本手册共分4章,第1章是模具钢的基础理论,主要介绍模具钢发展概况,各种类型模具钢的特性、用途、主要质量问题和提高产品质量的途径。第2章、第3章和第4章是模具钢的性能数据,详细介绍各种牌号冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢的化学成分、物理性能、力学性能、热加工工艺、热处理工艺及其组织等。该书内容丰富、数据可靠、实用性强,反映了近40年来国内外模具钢的科研成果、生产技术、应用经验和模具钢的发展方向。

本书可供从事模具钢生产,模具设计、制造、使用、维护等方面的科技人员、技术工人参考;也可以供大专院校有关专业的师生和科研单位有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具钢手册/陈再枝,蓝德年编著. —北京:冶金工业出版社,2002.3

ISBN 7-5024-2909-3

I. 模… II. ①陈… ②蓝… III. 模具钢-手册
IV. TG142.45-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 079137 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)

责任编辑 郭庚辰 美术编辑 熊晓梅 责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2002年3月第1版,2002年3月第1次印刷

850mm×1168mm 1/32; 19.25 印张;518 千字;608 页;1-3500 册

50.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前言

随着全球经济一体化的深入,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、建材和国防工业等的发展,均要求模具工业的发展与之相适应。可以说,模具工业已成为国家新技术产业化的重要组成部分;模具技术水平的高低与产品的质量、效益和新产品的开发能力具有密切关系,它是衡量一个国家工业水平高低的重要标志之一。

模具钢是模具工业的重要技术和物质基础,其品种、规格、性能、质量对模具的性能、寿命、制造周期以及工业产品向高级化、多样化、个性化、再附加值化方向发展具有重要意义。为此,全面了解模具钢的有关工艺、性能及质量要求;根据模具的工作条件,合理选用钢材,采用适当的热处理工艺,充分发挥模具钢的潜力,开发高性能模具钢;应用先进生产工艺,生产优质、成本低的模具钢材等,是模具钢使用厂和生产厂有关科技人员共同关心的问题,也是编著本书的主要目的。

本书第1章是模具钢基础理论,介绍了模具钢的一般特性、主要用途和提高产品质量的途径;第2章、第3章和第4章分别介绍各种牌号冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢的化学成分、物理性能、力学性能、组织结构以及热加工工艺、热处理工艺等。希望本书的问世,能够对提高我国模具钢的开发、应用水平起到一定的作用。

本书在编写过程中曾得到王建英、王建志、邓旭初、陈红桔、陈跃南、周俊全、杨靖、胡楠、姜桂兰、郝士明、徐进、曹振平、戴建明(按姓氏笔画排序)等同志的热情支持和帮助,在此表示深切感谢!另外,书中引用了一些单位的有关资料、数据,在此也向他们表示感谢!

由于编者水平所限,书中不当之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2001.6

目录

1 模具钢基础理论	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 模具钢的重要性	(1)
1.1.2 发展简史	(2)
1.1.3 国外模具钢发展概况	(5)
1.1.4 我国模具钢生产技术 现状及展望	(10)
1.2 模具钢的分类、性能及主要用途 ..	(12)
1.2.1 分类	(12)
1.2.2 性能要求	(17)
1.2.3 模具钢的主要用途	(23)
1.3 碳素模具钢	(42)
1.3.1 碳素工具钢	(42)
1.3.2 碳素塑料模具钢	(57)
1.4 合金模具钢	(61)
1.4.1 一般特性	(61)
1.4.2 提高合金模具钢 质量的途径	(89)
参考文献	(121)
2 冷作模具钢的性能数据	(124)
2.1 Cr12 钢	(124)
2.2 Cr12Mo1V1 钢	(129)
2.3 Cr12MoV 钢	(138)

2.4	Cr5Mo1V 钢	(146)
2.5	Cr6WV 钢	(153)
2.6	Cr4W2MoV 钢	(160)
2.7	6Cr4W3Mo2VNb 钢	(166)
2.8	6W6Mo5Cr4V 钢	(172)
2.9	7Cr7Mo3V2Si 钢	(177)
2.10	9Mn2V 钢	(182)
2.11	9SiCr 钢	(190)
2.12	9CrWMn 钢	(201)
2.13	CrWMn 钢	(204)
2.14	Cr2 钢	(211)
2.15	7CrSiMnMoV 钢	(221)
2.16	Cr2Mn2SiWMoV 钢	(227)
2.17	4CrW2Si 钢	(233)
2.18	5CrW2Si 钢	(239)
2.19	6CrW2Si 钢	(244)
2.20	T7 钢	(250)
2.21	T8 钢	(256)
2.22	T10 钢	(263)
2.23	T11 钢	(271)
2.24	T12 钢	(278)
2.25	W18Cr4V 钢	(285)
2.26	W6Mo5Cr4V2 钢	(299)
2.27	W12Mo3Cr4V3N 钢	(307)
2.28	W12Cr4V4Mo 钢	(312)
2.29	W6Mo5Cr4V2Al 钢	(317)
2.30	W9Mo3Cr4V 钢	(323)
2.31	7Mn15Cr2Al3V2WMo 钢	(331)
2.32	1Cr18Ni9Ti 钢	(335)
	参考文献	(342)

3 热作模具钢的性能数据	(344)
3.1 5CrMnMo 钢	(344)
3.2 5CrNiMo 钢	(349)
3.3 4CrMnSiMoV 钢	(356)
3.4 5Cr2NiMoVSi 钢	(364)
3.5 4Cr5MoSiV 钢	(370)
3.6 4Cr5MoSiV1 钢	(378)
3.7 4Cr5W2VSi 钢	(384)
3.8 8Cr3 钢	(390)
3.9 3Cr2W8V 钢	(394)
3.10 3Cr3Mo3W2V 钢	(402)
3.11 5Cr4Mo2W2VSi 钢	(407)
3.12 5Cr4Mo3SiMnVAI 钢	(415)
3.13 5Cr4W5Mo2V 钢	(420)
3.14 6Cr4Mo3Ni2WV 钢	(427)
参考文献	(434)
4 塑料模具钢的性能数据	(436)
4.1 SM45 钢	(436)
4.2 SM50 钢	(441)
4.3 SM55 钢	(447)
4.4 3Cr2Mo 钢	(453)
4.5 3Cr2MnNiMo 钢	(458)
4.6 5CrMnNiMoVSCa 钢	(463)
4.7 8Cr2MnWMoVS 钢	(472)
4.8 40Cr 钢	(479)
4.9 42CrMo 钢	(489)
4.10 30CrMnSiNi2A 钢	(496)
4.11 20Cr 钢	(504)

4.12	12CrNi3A 钢	(510)
4.13	06Ni6CrMoVTiAl 钢	(520)
4.14	1Ni3Mn2CuAlMo 钢	(525)
4.15	25CrNi3MoAl 钢	(530)
4.16	2Cr13 钢	(538)
4.17	4Cr13 钢	(545)
4.18	9Cr18 钢	(549)
4.19	9Cr18Mo 钢	(555)
4.20	Cr14Mo4V 钢	(559)
4.21	1Cr17Ni2 钢	(562)
	参考文献	(567)
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	(569)
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	(585)
附录 3	我国研制和仿制的模具钢钢号、 代号及主要化学成分	(587)
附录 4	硬度的换算和对照表	(590)
附录 5	温度换算(华氏 $\rightleftharpoons$ 摄氏)表	(604)

1 模具钢基础理论

1.1 概述

1.1.1 模具钢的重要性

随着工业技术的迅速发展,国内外的制造业广泛地采用无切削、少切削加工工艺,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工艺,代替传统的切削加工工艺。模具已成为其主要的成型工具,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也依靠模具成形;一种中型载重汽车的改型,需要模具 4000 多套,重达 2000 多 t;生产一种型号的照相机,需要模具 500 多套。在不少行业中,模具费用已经占产品成本的 15%~30%^[1]。因此,工业产品质量的改善、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和质量、制造周期、生产成本、使用寿命等因素。所以国外有人宣称“模具是工业发展的基石”,“模具是促进社会繁荣的动力”,充分说明工业发达国家对模具生产的重视,因此其模具工业发展迅速,并形成一新兴的行业。20 世纪 80 年代以来,日本、美国、德国等工业发达国家,模具工业的产值都超过机床工业的产值。从 1976 年到 1985 年的 10 年内,日本机械制造业的产值增加 2 倍,而模具工业的产值增加 3 倍,到 1991 年,其模具工业的产值达到 18330 亿日元。

模具钢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,模具钢发展也极为迅速。世界各国都把模

具钢产量统计到合金工具钢中,其产量约占合金工具钢产量的70%~80%。目前,各工业发达国家的合金工具钢产量约占该国钢总产量的0.1%,而日本,从1978年到1990年,钢的年产量一直在1亿t左右,而合金工具钢热轧钢材的年产量却从6.79万t上升到13.22万t(占钢产量的0.13%)^[2],增长了将近1倍。我国主要特殊钢厂在从1986年到1997年的11年间,合金模具钢的产量每年的平均增长速率为12%,由4.88万t上升到11.3万t,其发展速度与国外是一致的。

1.1.2 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),它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的。但是,早期的工具钢是属于简单的普通碳素钢。自从蒸汽机问世后,工业产品由手工制造变成机器制造,切削加工的速度提高,成形负荷增大,对于工具材料的质量、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要求,为此,1868年穆施特(Robert Mushet)提出一种合金工具钢,其化学成分为2%C、2%Mn、7%W,可以空淬,被称为穆施特钢(Mushet Steel)。几年之后,这种钢在英国舍菲尔德(Sheffield)的工厂投入生产,主要用于制造刀具,由于它比当时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^[3]。

19世纪90年代,通过研究,将上述锰含量达2%的穆施特钢中的锰,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^[3]。

表 1-1 铬钨工具钢样品的化学成分 w/%

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 0.70% C、14% W 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 W18Cr4V 型高速钢的雏型^[3]。

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。

20 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 并加入钼的中合金空淬冷作模具钢;(3)适用于制造压铸模具的热作模具钢;(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^[3]。

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 20 世纪 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。从 70 年代以来,为了简化热处理工艺、节省能源,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,国外发展了一批含铬量为 8% 左右,再加 Mo、V 等合金元素的高韧性、高耐磨性冷作模具钢^[4]。

为了适应热作模具钢发展需要,在 20 世纪 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、钨钼系及铬系热作模具钢,低碳高速钢和基体钢型的热作模具钢^[4]。

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形模具的需要,各国迅速发展了一批不同类型的专用塑料模具钢,目前在不少先进工业国家已经形成专用的钢种系列,如渗碳型、预硬型、整体淬硬型、耐蚀型、时效硬化型等塑料模具用钢。

我国是世界上主要的文明古国之一,钢铁生产技术始于公元前 5 世纪的春秋战国时期,到西汉逐渐兴盛起来。至东汉时期,我国已创造了白口铸铁柔化处理,成为高韧性可锻铸铁的生产技术。我国生铁冶铸技术的建立要比欧洲早 1900 年,而可锻铸铁生产技术则比欧洲早 2300 年^[5,6]。

我国在春秋晚期已经发明了块炼渗碳钢技术,如长沙杨家山出土的春秋晚期的钢剑,就是含碳量为 0.50% 的中碳钢。其生产工艺是先将铁矿石固态还原成海绵铁,然后进行渗碳再经反复折叠锻打,最后锻打成具有多层结构的钢制工具^[6]。

在钢的热处理技术上,我国早在战国后期已广泛采用淬火工艺,如河北易县燕下都 44 号墓出土的钢剑和钢戟,都经过淬火处理,呈现针状马氏体显微组织。

我国采用钢铁制造模具也是很早的,早在战国时期,就率先使用生铁制造铸造用的模具(铁范),用来浇铸铸铁的斧、凿、镰等工具。在河北兴隆县和河南新郑县,先后出土了大量战国时代的铁范。通过铸铁模具的使用,不仅可以改善铸造铁器的质量,而且由于模具可以多次使用,能够显著地提高生产效率,降低生产成本,对社会生产力的发展起到较大的推动作用^[5,6]。

我国冷作模具发展也比较早,明代出版的《天工开物》一书中就载有将钢尺锥成线眼,将钢条抽过线眼冷拔成钢丝,然后将钢丝剪断制成针的工艺过程叙述。说明当时已经采用钢制的冷拉模具生产针用钢丝^[5,6]。

近 300 年来,通过产业革命,欧洲的钢铁生产技术得到迅速发展。而我国从 19 世纪以来长期受封建主义、官僚资本主义和帝国主义的统治,沦为半封建、半殖民地社会,生产技术停滞不前,到 1949 年全国解放前年产钢仅 15.8 万 t。基本上不能生产模具钢,

模具用钢几乎全部依靠进口。

新中国成立后,我国模具钢的生产技术取得了迅速发展,在1997年,仅冶金系统几个主要特殊钢厂的合金模具钢产量即达11万t左右,居于世界前列,国产模具钢基本上能满足国内模具行业的需要,而且还有部分出口。

50年来,我国通过引进和自己研制开发,逐渐形成了我国的模具钢钢种系列。1952年引进苏联国家标准,制定了我国重工业部部颁合金工具钢标准;1959年,根据我国资源情况,制定了冶金工业部部颁合金工具钢标准 YB7—59。到1977年,在整顿原来的钢种系列的基础上,吸收我国历年来科研开发工作的经验,制定了我国第一个合金工具钢国家标准 GB1299—77。1985年对该标准进行修订,颁发了 GB1299—85,1999年进行再次修订,颁发了 GB/T1299—2000。从而建立了具有我国特色的、接近世界先进水平的,包括冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢和无磁模具钢的模具钢种系列,以适应使用部门和生产部门的需要。

1.1.3 国外模具钢发展概况

随着工业生产技术的发展和不断出现的新材料,模具的工作条件日益苛刻,对模具钢的性能、质量、品种等方面也不断地提出更高更新的要求,为此,世界各国近年来都积极地开发了具有各种特性适应不同要求的新型模具钢;并在品种、质量、生产工艺和生产装备上进行了大量的工作,取得了迅速的进步,分述如下。

1.1.3.1 塑料模具钢高速发展并系列化

由于石化工业的发展,各种性能优越的塑料材料不断涌现,尤其是20世纪70年代以后工程塑料品种的大量开发,塑料已经成为一种重要的工业材料广泛用于国民经济的各部门。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形,为此,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^[7],塑料模具钢也迅速发展并成为—个专用钢种系列。美国现行的 ASTM A681 标准中,塑料模具钢为 P 系列,包括 7 个钢号;日本大同特殊钢株式会

社有 13 个塑料模具钢号。

塑料模具钢根据其性能和使用条件可分为:(1)小尺寸模具用中碳调质钢。(2)大中型模具用预硬型中碳低合金模具钢。(3)为改进切削性能的含硫、铅预硬化易切削模具钢。(4)时效钢和马氏体时效钢用于制造复杂、精密、高镜面模具,模具在固溶态加工,时效后使用,该钢具有高强度、高韧性、高硬度、热处理变形小等特点。(5)高淬透性的冷作或热作模具钢用以制造整体淬火的高硬度模具或成形复合强化塑料的模具。(6)渗碳型塑料模具钢(低碳合金钢)。(7)耐蚀塑料模具钢(含不锈钢),耐聚氯、聚氟乙烯腐蚀。(8)镜面抛光模具钢(超高纯度钢),制造镜片、镜头等透明塑料制品。

1.1.3.2 研制出先进的冷、热作模具钢

A 冷作模具钢

目前世界上通用的冷作模具钢可分三类:(1)低合金冷作模具钢,以美国 ASTM A681 标准中的 O1(9CrWMnV)为代表;(2)中合金冷作模具钢,以 A2(Cr5Mo1V)钢为代表;(3)高合金冷作模具钢,以 D2(Cr12Mo1V1)钢为代表^[8]。除此之外,还研制了如下几种新型冷作模具钢。

(1)高韧性、高耐磨性冷作模具钢。有些冷作模具如冷镦模具、厚板冲剪模具对模具材料既要求有良好的耐磨性,又要求较高的韧性,通用型冷作模具钢不能满足需要,为此,美国、日本等在 20 世纪 70~80 年代开发出一批高韧性、高耐磨性冷作模具钢,如美国的 Vasco Die(8Cr8Mo2V2Si)、Vasco Wear(Cr8Mo2VWSi)^[9],日本的 QCM-8(8Cr8Mo2SiV)^[10]、DC53(Cr8Mo2SiV)^[11]、TCD(Cr8V2MoTi)^[12]等,该类钢碳化物细小、弥散,抗弯强度、断裂韧性、耐磨性、可切削性、可磨削性高,抗回火稳定性高,热处理变形小,将来有可能发展成为一种通用型冷作模具钢。

(2)火焰淬火冷作模具钢。为简化工艺、缩短模具制造周期,发展了一些适应火焰淬火要求的专用钢号,如日本的 SX105(7CrMnSiMoV)、SX5(Cr8MoV)等,其特点是淬火温度范围宽,淬透性较高,以适应火焰局部加热空冷淬火的要求,广泛用于汽车制造业。

(3)粉末冶金冷作模具钢。用粉末冶金方法生产,在制粉过程中由于钢水雾化后迅速凝固,形成非常细小、弥散的碳化物,可显著改善钢的韧性和可磨削性。粉末冶金方法可生产常规工艺难以生产的超高碳、高合金(尤其是高钒含量)、高耐磨性的模具钢和钢基碳化钛,如德国的 X320CrVMo135,碳含量超过 3%,含钒量超过 5%,细小、弥散分布的碳化物面积达 50%,制造特种陶瓷模具的寿命高于硬质合金模具。

B 热作模具钢

热作模具钢主要用于制造金属材料热成形用的模具材料,用量最大的为三类通用型热作模具钢,即低合金热作模具钢,代表性钢号为 5CrNiMo 和 5CrMnMo;中合金热作模具钢,代表性钢号为 H13(4Cr5MoSiV1)、H11(4Cr5MoSiV)、H12(4Cr5MoWSiV)、H10(4Cr3Mo3SiV);高合金热作模具钢,应用最广的钢号为 H21(相当 3Cr2W8V)。为适应一些热作模具的特殊要求,研制了一些新型高性能热作模具钢,主要有以下几种:

(1)基体钢。基体钢的化学成分相当于淬火后的高速钢基体组织的成分,所以淬火后残留的共晶碳化物数量很少,回火后碳化物细小,弥散分布,钢的强韧性和热疲劳性能好,如美国的 Vasco MA。

(2)低碳高速钢。低碳高速钢是通过将高速钢的碳含量降至 0.3%~0.6% 而得到,这样可以减少其共晶碳化物的数量,既保持较高的红硬性,又改善钢的韧性和热疲劳性能,如美国的 H25、H26、H42。

(3)高温热作模具钢。对于马氏体为基体的热作模具钢,当工作温度超过 700℃ 时,其高温强度急剧下降,使模具磨损、变形而早期失效。为此,近 20 年来,国内外相继开发了以奥氏体为基体组织的 CrMn 系和 CrMnNi 系热作模具钢,加入钒、钨、钼等合金元素,通过时效硬化提高钢的强度、硬度和耐磨性,以适应工作温度为 700~800℃ 热作模具的要求;但是这类钢的导热性差、线(膨)胀系数大、热疲劳性差,不宜制作激冷激热条件下工作的高温

模具,如日本的 5Mn15Cr10V2、5Mn15Ni5Cr8Mo2V 等。

(4)高温耐蚀模具钢。为了改善模具在高温下抗液态金属及其他介质的冲蚀和抗高温氧化能力,针对压铸模具和压制玻璃制品的模具,发展了高温耐蚀模具钢,如原苏联用于制造铜合金压铸模具的 18X12BMΦP 钢^[11],日本三菱制钢公司开发的用于制造玻璃成形模具的 3Cr13MoV 钢等。

(5)高淬透性热作模具钢。为了适应特大型锻模模块用钢的需要,在 5CrNiMoV 钢的基础上增加 Ni、Cr、Mo 等合金元素的含量,改善钢的淬透性,热强性和韧性,如 ISO 4975 标准中的 40NiCrMoV4(4Ni4Cr2MoV),法国 NF-35-590 标准中的 40NCD16(4Ni4Cr2Mo)等。

(6)中合金高强韧性热作模具钢。这类钢能够比较合理地使用合金元素,降低了产品的生产成本,因此近几年发展较快。如在 H13 钢的基础上降低铬含量、提高钒含量,发展以 MC 型碳化物为主要强化相的钢种,代表性的钢号如瑞典的 QRO80, QRO90M。

1.1.3.3 模具钢品种规格多样化,产品精料化、制品化

为了提高模具制造业的生产效率和材料利用率,缩短模具制造周期,配合模具工业的标准化、系列化、设计和制造过程中 CAD/CAM 技术的应用,模具钢的品种规格迅速向多样化、精料化、制品化发展。

(1)品种规格多样化:相当部分的模具,如塑料模具、冷冲模、下料模、剪切模、压铸模等大部分是由几块扁平形部件组装而成的,所以国外合金工具钢钢材产量中扁钢和厚板占较大的份额。如日本,1990 年以来,合金工具钢热轧钢的扁钢和板带产量占总产量的 40% 以上。美国 ASTM A681 合金工具钢标准中对锻造扁钢、热轧扁钢、热轧板材、冷拉扁钢的技术条件都分别做了详细的规定^[8]。

(2)精料化:国外模具钢已日趋精料化,由钢厂直接提供不同要求的经过机械加工的高尺寸精度、无脱碳层的精料。国外有些主要的模具钢生产厂的模具钢精料的比例已占 60% 左右。如美