

· 工艺材料进展 ·

国内外模具钢产品的进展

陈再枝 马党参

(钢铁研究总院结构材料所,北京 100081)

摘要 系统地分析了我国模具钢产品的市场前景。介绍了国内外塑料模具钢、高纯净度模具钢、高等向性模具钢以及模具钢品种的进展和新型高性能模具钢的开发。

关键词 模具钢 产品 进展

Advance in Die Steel Products at Home and Abroad

Chen Zaizhi and Ma Dangshen

(Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081)

Abstract The prospect of market of die steel products in China is systematically analyzed. The advance in plastics die steel, high cleanliness die steel, high isotropic die steel and die steel products, and the development of high performance die steel are presented in this article.

Material Index Die Steel, Product, Advance

1 我国模具钢市场前景

近 10 年来,我国国产模具产值每年平均递增 15.5%,但国产模具的自配率不足 80%,其中,中低档模具供过于求,而高档模具近 50% 靠进口^[1],尤其是大型、精密、复杂、长寿命的模具缺口更大。中国是模具进口大国,年进口金额相当于国产模具产值的 25%~30%。表 1 为 2000 年~2004 年我国模具钢产量增加情况。

随着全球制造业向中国和东南亚转移,预计到 2020 年中国将成为世界制造强国和制造业中心^[2],制造业的发展也必然推动模具钢行业的发展。

2 塑料模具钢

1960 年,世界塑料总产量仅 670 万 t,到 2001 年已达 16 450 万 t,如今,塑料已经和钢铁、木材、水泥一起构成现代社会的四大基础材料。我国塑

料工业经过 50 年发展,取得了很大成就,2001 年,我国塑料制品超过 2 000 万 t,仅次于美国,居世界第二位^[3]。

2000 年~2003 年我国塑料模具产值平均年增长率为 21%,高于模具行业总体发展速度近 4 个百分点^[4,5];国产塑料模具钢的产量平均年增长率为 32%,2004 年国产塑料模具钢产量为 31.3 万 t,约占模具钢总产量的 60%。由于塑料品种不同,性能各异,而且根据塑料制品的尺寸、形状复杂程度、精度、表面粗糙度和生产批量等各方面的不同情况,对塑料模具钢提出不同的要求。因此,工业发达国家的塑料模具钢已发展成为一个专用系列,其中包括碳素、预硬化、易切削、耐蚀、时效硬化、非调质、高耐磨、渗碳和无磁塑料模具钢等。

在 GB1299-2000 标准中,合金塑料模具钢只有 2 个钢号,即 3Cr2Mo(相当于美国 P20)和 3Cr2MnNiMo(相当于瑞典 718),在品种方面还不能满足生产需要。至今,高档的塑料模具钢仍然大量依靠进口。2003 年以来,我国每年进口的塑料橡胶模具占模具总进口量的一半以上。

从模具技术发展而言,我国塑料模具是模具行业中发展速度最快、市场化程度最高以及技术水平与国外最接近的模具种类。

表 1 我国模具钢的产量
Table 1 Annual output of die steel in China

年份	产量/10 ⁴ t
2000	19.3
2001	26.8
2002	32.6
2003	39.3
2004	51.7

3 高纯净度模具钢

日本大同特殊钢公司将 SKD61 (4Cr5MoSiV1) 钢中硫、磷含量从 0.03% 降到 0.01% 以下, 冲击韧性提高一倍以上; 日立金属公司 SKD61 钢中的磷含量从 0.03% 降到 0.001% 时, 钢的冲击韧性从 40 J/cm² 提高到 130 J/cm²; 德国蒂森把 2344 (H13) 电渣钢中的磷含量降低到 0.003% 以下且细化晶粒, 钢的疲劳性能明显提高。将钢中的氧含量降低, 也可以显著改善钢的韧性, 国外某些特殊钢厂规定模具钢的 $[O] \leq 15 \times 10^{-6}$ 。

为了提高模具钢的纯净度, 国外普遍采用二次精炼工艺, 主要用真空精炼、电渣重熔、真空自耗等手段生产模具钢, 以提高钢的纯净度, 降低钢中有害夹杂物含量。由于钢中非金属夹杂物含量降低, 尤其是脆性非金属夹杂物含量降低, 有效地提高钢的抛光性能和改善表面粗糙度, 这对于高档的塑料模具钢尤为重要。因此, 日本山阳特殊钢厂规定高纯净度的模具钢中的 $[O] \leq 10 \times 10^{-6}$ 、 $[S] \leq 50 \times 10^{-6}$ [6]。

4 高等向性能模具钢

要获得高等向性能的模具钢, 目前国外采用真空二次精炼或电渣重熔、高温扩散退火和大锻造比的等向锻造工艺相结合, 减小了大截面模块表面和心部横向和纵向性能的差异 [7]。

生产高等向性能的 4Cr5MoSiV1 模具钢的主要工序为电渣重熔, 钢锭或钢坯高温扩散退火, 原先条状粗大的一次碳化物则通过高温扩散溶解一部分, 使其变小和球化, 结合适当的软化处理, 可获得球状碳化物均匀分布在铁素体基体上的组织, 从而显著地提高钢的横向冲击韧性。从表 2 可看出, 经过高温扩散退火加软化处理的 4Cr5MoSiV1 钢退火态的横向冲击功为 101 J, 其淬回火态冲击功为 24.2 J, 其冲击功均较未进行高温均匀化处理的试样高 1 倍以上 [8]。

在热加工工序, 采用多向锻造或交叉轧制技

表 2 热处理工艺对 4Cr5MoSiV1 钢横向冲击韧性的影响
Table 2 Effect of heat treatment process on transverse impact toughness of steel 4Cr5MoSiV1

热处理工艺	冲击功/J
高温扩散退火 + 高温回火	101
常规退火	44
高温扩散退火 + 高温回火 + 淬回火处理	24.2
常规退火 + 淬回火处理	9.9

术, 并配合大压下量, 可进一步改善钢的碳化物分布。高等向性能的 4Cr5MoSiV1 模具钢的横向冲击功可达纵向冲击功的 80% ~ 90%, 有效地提高模具的使用寿命 [9]。

5 模具钢的品种

5.1 多样化

20 多年来, 国外特殊钢厂的合金工模具钢材的品种规格趋于多样化, 其中, 中小型棒材的比例明显下降, 扁钢和中厚板的产量和所占的份额增长很快。因此日本已形成了模具扁钢标准 JIS5106。美国 ASTM A681 标准也对扁钢、模块等作了相应的专门规定。

在扁钢和中厚板产品中, 80% 以上是塑料模具钢。扁钢比例的提高, 不但缩短了模具制造周期, 而且不必进行棒材改锻和随后的退火处理。对于部分塑料模具钢 (如 P20) 的品种还易于实现预硬化, 从而, 显著缩短了模具的制造周期, 并提高了材料的利用率。

5.2 精料化

目前, 世界工模具钢的外型及尺寸精度发展的方向是精料化。就是由冶金生产厂给中间商或模具制造厂提供尺寸精度高的产品。

通过采用精锻机和快锻液压机锻造, 以提高锻材的精度。通过采用高精度连轧机和精密定径机等手段, 提高轧材的精度。对于要求更高的模具钢材, 则根据要求, 采用冷拔、无心磨削、平面铣切、平面磨削、削皮、滚光等工艺方法, 提供高精度、无脱碳层的精料。日本一些主要的模具钢生产厂, 通过冷加工生产的精料约占钢材总量的 60%。美国的模具钢生产厂, 为了提高锻材的精度, 通常 90% 以上都是削皮材。

5.3 制品化

国外一些特殊钢厂大力开展模具钢产品的深加工, 大批量提供经精加工和调质处理的模块、模板和标准件制品。如日本大同特殊钢公司在 20 世纪 90 年代专门成立了大同精密模具公司, 能够提供 17 个钢号 1400 多个规格的经济回火、精加工的模块以及标准模架和模具标准件; 瑞典 UD-DEHOLM 工具钢公司具有强大的热处理和机加工设备, 能提供各种规格的精加工材料。模具制造厂可以根据需要选购标准模架和模块, 只对模具的型腔部分或刃部进行精加工, 与标准模架组装后, 即可交货, 有效地降低了成本。

6 新型高性能模具钢

10多年来,由于我国模具工业投资较大,以及CAD/CAE/CAM的采用,制造加工中心、高速铣床等先进设备的引入,使国产模具产品质量提高了一个档次。与我国模具产业发展速度相比,国产模具钢品种的开发和质量的提高相对较慢,即国产模具钢的品种规格、质量、性能和交货周期等与模具行业之间的适应度的差距拉大了。

分析我国模具钢市场可以发现,销路较好的模具钢有Cr12、Cr12MoV、Cr12Mo1V1、CrWMn、5CrNiMo、5CrMnMo、3Cr2W8V、4Cr5MoSiV1、3Cr2Mo、3Cr2MnNiMo,模具钢新钢种年用量仅相当于国内模具钢总量的2%~2.5%^[10]。

近几年来,为了满足模具工业的发展需要,面对激烈的市场竞争,国外许多钢厂开发了不少高性能的模具钢,并向市场推出一批新牌号(表3)。

表3 新型模具钢的化学成分/%
Table 3 Chemical compositions of new die steels /%

模具钢类别	牌号(国家)	C	Cr	Mo	V	Si	Mn	Ni	W	Co	其他
冷作模具钢	DC53(日本)	1.00	8.00	2.00	0.28	0.91	0.32				
	VascoDIE(美国)	0.82	7.95	1.50	2.50	1.00					
热作模具钢	W400(奥地利)	0.39	4.67	1.40	0.40	0.19					
	DIEVAR(瑞典)	0.39	4.80	2.40	0.50	0.24					
	GS344(德国)	0.43	5.00	2.92	0.50	0.25					
	GS999(德国)	0.45	3.00	5.00	1.00	0.20					
	DACS5(日本)	0.42	5.11	2.44	0.70	0.20		0.64		0.58	
	DH31-s(日本)	0.41	4.90	2.20	0.51	0.20					
	AMAX(日本)	0.40	5.50	3.20	0.80	0.10		0.60		0.60	
塑料模具钢	YHD3(日本)	0.20	2.80	1.80	0.40			0.80	0.70	1.00	
	PMF(日本)	0.52	1.05	0.30	<0.20	0.25	1.00	2.00			S:0.05~0.20
	DKA-F(日本)	0.38	5.00	1.10	0.60	<0.50	0.80				S:0.08~0.13 Se:0.10~0.15
	40CrMnMo7(德国)	0.40	1.90	0.20		0.30	1.50				Ca:0.002
	NAK80(日本)	0.10	≤0.30	0.35		≤0.40	1.55	3.00			Al:1.00,Cu:1.00

由于国产模具钢的品种少,规格不全,而且质量和售后服务较差,因此,缺乏市场竞争力。自加入WTO以来,模具钢已取消进口配额,国外各厂商纷纷在我国建立分销或代销点,使我国钢铁企业失去了模具钢中的高端市场,即利润最高的一块市场,这对我国冶金企业和模具制造业的发展极为不利。因此,必须加大科技投入,积极开展高性能和有特殊性能的模具钢新品种的研制和开发,为市场提供高性能、高质量模具钢产品。

7 结束语

(1)我国模具钢正处于发展的上升阶段,模具钢市场前景良好。

(2)提高模具钢的纯净度和等向性,将有效提高模具的使用寿命。

(3)模具钢的品种规格多样化、产品精料化、制品化是模具材料发展的方向。

参考文献

- 1 中国模具工业协会. 模具行业“十一五”规划. 中国模具信息, 2005, 58(7):5
- 2 市场信息. 中国力争2020年成为世界制造业强国. 模具商情, 2005, 70(3):22
- 3 廖正品. 面向全球的中国塑料工业. 国外塑料, 2004, 22(9):31
- 4 白木, 子荫. 促进塑料模具市场的大发展. 中国模具信息, 2004, 49(10):22
- 5 周永泰. 近几年来我国塑料模具钢的发展概况. 中国模具信息, 2004, 48(9):3
- 6 陈再枝, 蓝德年. 模具钢手册. 北京:冶金工业出版社, 2002:89
- 7 崔昆. 中国模具钢现状及发展(1). 机械工程材料, 2001, 25(1):1
- 8 唐文军, 吴晓春, 闵永安, 等. 高温均匀化对H13钢强韧性的影

响. 上海金属, 2002, 24(2):14

- 9 Wu Xiaochun, Min Yougan, Chen Jie, et al. Mechanical Properties of 4Cr5MoSiV1、8407s Steel Proceedings of ICETS 2000-ISAM. Beijing, P. R. China, October, 2000:1275

- 10 许珞萍, 吴晓春, 李麟, 等. 我国模具钢标准的思考. 上海金属, 2004, 26(2):1

陈再枝(1939-),男,教授级高级工程师,1964年北京钢铁学院毕业,长期从事模具钢材料的研究和开发工作。

收稿日期:2006-04-03