

提高模具寿命应用技术实例

主 编	王德文			
编写人	王德文	孙维连	田绍洁	朱雅年
	包 耳	许 岚	任慧远	胡小丽
	李 俏	屠恒悦	簿鑫涛	孙文权
	张天强	崔敬丽	虞金安	王庆乐
	夏明道	许晓嫦	吴 纯	刘剑虹
	钟俐苹	王雅丽		



机 械 工 业 出 版 社

前 言

模具是各工业部门中重要的工艺装备,其制造水平和使用寿命直接影响到生产效率、产品质量和生产成本。我国模具工业的技术水平,近年来有了长足的进步。国内已能生产精度达 $2\mu\text{m}$ 的精密多工位级进模,工位最多已达 160 个,寿命达到 $1\sim 2$ 亿次。已能生产 1000mm (48in) 电视的塑壳模具、6.5kg 大容量洗衣机的塑料模以及汽车保险杠、整体仪表板等塑料模具;照相机塑料模具、多型腔小模数齿轮模具及塑封模具等精密塑料模具;自动扶梯整体踏板压铸模及汽车后桥齿轮箱压铸模等大型精密复杂压铸模;新型轿车的部分覆盖件模具等汽车模具。同时,我国在模具材料和热处理及表面强化工艺等研究方面,也取得丰硕的成果,在生产实际应用中取得显著的技术经济效益。我国已成为世界模具大国之一,有 15000 多个企业,50 余万职工,产值达 300 多亿元。但还不是模具强国,模具的生产技术水平和使用寿命水平与世界发达国家相比仍有很大差距,一些优质钢材和大型、精密和复杂的模具还需进口。我国的模具企业中,特别是在雨后春笋般地崛起的民营和股份制企业,由于人才匮乏,技术水平不高,对工作条件和使用性能要求千差万别的模具,在模具的合理设计、合理选材和新材料的应用、先进热处理技术的采用、解决提高模具性能和使用寿命综合技术的应对措施上,既缺乏技术,又少经验,模具的制造周期长,质量差,成本高,使用性能和寿命也比较低。模具行业迫切需要丰富翔实、实用先进,有指导理论的系统知识,又有可供生产现场技术人员和工人参阅选用的实例的书籍。

根据模具行业的现状及需要,作者们编写了本书。参加本书的资料收集、整理和编审的主要人员有孙维连、田绍洁、朱雅年、包耳、许岚、任慧远、胡小丽、李俏、屠恒悦、簿鑫涛、孙文权、张天强、

崔敬丽、虞金安、王庆乐、夏明道、许晓嫦、吴纯、刘剑虹、钟俐苹、王雅丽等。本书由王德文主编，负责全书的组织编写与编审工作。孙维连参与了应用实例的整理和编写工作，田绍洁、包耳、许岚、屠恒悦、簿鑫涛、孙文权、许晓嫦等参与了第一、二、三章的编写工作，朱雅年、夏明道、胡小丽、李俏、任慧远、张天强、崔敬丽、虞金安、王庆乐、吴纯、刘剑虹、钟俐苹、王雅丽等分别参与了编写应用实例的工作。作者们都是长期从事模具设计、制造、材料热处理和应用的科技工作者，分别先后获得有国家发明奖、国家科技进步奖和省市科技奖及其他奖等众多奖项，有丰富的生产现场实践经验。他们在本书的编写中，总结了本人从事模具工作几十年的技术经验和科研成果，并综合了我国模具材料热处理的发展及应用技术，为丰富本书的内容添加了亮丽的色彩。

全书包括热压、冷挤压、塑料模具材料和热处理技术的发展和运用，真空热处理技术发展和运用、国内外模具寿命对比等内容；模具合理选材及新材料的运用，模具设计合理化，强韧化处理技术及工艺，模具的表面改性技术，改进制造工艺、提高模具使用性能，选用合适的润滑剂，改进模具的使用和维护条件，采用综合技术措施等模具实用技术。因而，是一本综合了国内外模具制造实用先进技术和作者们的科技成果及现场实践经验的非常有实用价值的参考书。

本书在编写过程中得到了国内许多专家和读者的支持和关注，为此书的编写提供了宝贵的技术资料和数据；也纳入了一些相关论文中的数据和内容，在此表示致意和衷心的感谢。

限于作者掌握的技术资料 and 水平，书中难免有不妥和错漏之处，敬请广大读者批评指正，以期在今后的编写工作中使内容更完善、更先进。

编 者

2004 年 8 月于北京

目 录

第 1 篇 模具材料热处理、表面改性与润滑剂

第 1 章 模具材料及热处理	1
1.1 模具材料及热处理技术的发展与应用	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 模具生产概况	1
1.1.3 模具材料	2
1.1.4 模具热处理	5
1.1.5 模具热处理设备	11
1.1.6 模具寿命	12
1.2 冷挤压模具材料及热处理	12
1.2.1 概述	12
1.2.2 冷挤压模具材料	13
1.2.3 冷挤压模的热处理	29
1.3 热压模具材料及热处理	40
1.3.1 概述	40
1.3.2 热锻模具的工作条件及其对性能的要求	41
1.3.3 热压模具的失效与寿命	45
1.3.4 热锻模具材料	49
1.3.5 热锻模具的强韧性及强韧化处理	61
1.4 塑料模具材料及热处理	78
1.4.1 塑料模具钢的性能要求	78
1.4.2 塑料模具用钢及热处理	78
1.4.3 结语	88
1.5 模具真空热处理技术	89
1.5.1 概述	89
1.5.2 真空气淬炉的冷却气体及各种气淬真空炉的冷却能力	90

1.5.3 真空炉的合理选用	91
1.5.4 模具真空热处理工艺参数	92
1.5.5 常用模具钢真空热处理工艺参数	93
1.6 常用及新型模具材料	95
1.6.1 5CrW2Si 钢	95
1.6.2 3Cr2W8V 钢	98
1.6.3 3Cr3Mo3W2V (HM1) 钢	100
1.6.4 3Cr3Mo3VNB (HM3) 钢	104
1.6.5 5Cr4W5Mo2V (RM2) 钢	109
1.6.6 6Cr4W3Mo2VNB (65Nb) 钢	114
1.6.7 6W8Cr4VTi (LM1) 及 6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) 钢	119
1.6.8 Cr4W2MoV 钢	120
1.6.9 7Cr7Mo3V2Si (LD) 钢	124
1.6.10 7CrSiMnMoV 钢	125
1.6.11 8Cr2MnWMoVS 钢	130
1.6.12 70Mn15Cr2Al3V2WMo 钢	134
1.6.13 DT 大负荷碳化钨钢结硬质合金	137
1.6.14 铝合金	139
1.7 美国模具用钢系列	139
1.7.1 模具用钢选材主要因素	139
1.7.2 模具钢分类	139
1.7.3 冷作模具用钢	139
1.7.4 热作模具用钢	140
1.7.5 塑料模具用钢	140
1.8 常用模具钢的常规热处理工艺参数	141
第2章 表面改性强化处理	147
2.1 盐浴渗钒	147
2.2 盐浴渗钨	148
2.3 离子渗氮	149
2.4 硼氮复合渗	154
2.5 离子硫碳氮复合处理	155
2.6 激光表面强化处理	156
2.7 PCVD 法处理	157
第3章 润滑剂	160

第 2 篇 模具使用性能和寿命的提高

第 4 章 成形工艺及模具设计结构合理化	163
4.1 采用合理的冷挤压成形工艺	163
4.2 采用组合结构冷挤压凹模	166
4.3 采用组合结构的正挤压冲头	167
4.4 采用镶套结构的热切边模	168
4.5 采用组合结构的螺栓冷镦凹模	168
4.6 采用预应力套的冷挤压凹模	170
4.7 采用组合模的螺栓冷镦凹模	174
4.8 采用六瓣结构的冷镦螺母六角模	174
4.9 采用组合结构的冷镦硬质合金冷镦凹模	175
4.10 采用组合结构的冷镦滚子凹模	176
4.11 采用组合结构的冷镦切料刀口模	176
4.12 采用组合结构的热锻凹模	177
4.13 采用三层组合结构的冷挤压凹模	177
4.14 采用加补偿环的冷挤压组合凹模结构	179
4.15 采用复合的细钢管穿孔用热顶头	180
4.16 采用加导料槽的级进模卸料板	180
4.17 采用加大中心孔和加装顶料杆衬套的弧齿锥齿轮精锻模	181
4.18 改进冷挤压凹模型腔的过渡半径 R	182
4.19 改进冷挤压冲头的端面倾斜角	183
4.20 采用空心水冷结构的热穿孔冲头	183
4.21 采用改进水冷内腔结构的热挤压冲模	185
4.22 合理设计锻模的成形工序	186
4.23 合理设计心杆套冷挤压凸模大端的尺寸	187
4.24 合理设计锻模的内、外径比	188
4.25 合理设计锤锻模的分模面	188
4.26 合理设计锤锻模的起模斜度	189
4.27 合理设计锤锻模的圆角半径 r	190
4.28 合理设计锤锻模飞边槽桥部尺寸	190
4.29 合理设计锤锻模的承击面	192
4.30 合理设计锻模的使用硬度	193
4.31 合理设计冲件轮廓的圆角半径	193
4.32 合理设计压铸模的圆角半径	193

4.33	合理设计冷挤压凸模的长径比	194
4.34	合理开设墩挤模的排气槽	194
4.35	合理设计墩挤模的飞边尺寸	194
4.36	合理设计冲裁模的冲裁间隙	195
4.37	选用大间隙冲裁的冲裁模	198
4.38	合理选用温度补偿片冲裁模的间隙	199
第 5 章	合理选用模具材料	200
5.1	选用 0Cr4NiMoV (LJ) 钢制造旋钮注塑模	200
5.2	选用 0Cr4NiMoV 钢制造拨盘注塑模	200
5.3	选用 0Cr4NiMoV 钢用冷挤成形法制造电位器外壳冷挤成形凹模	201
5.4	选用 06Ni6CrMoVTiAl 钢制造高精度塑料模	202
5.5	选用 25CrNi3MoAl 时效钢制造胶木模	204
5.6	选用 3Cr2W8V 钢制造冷挤压模	205
5.7	选用 5CrMnMo 钢制造冷墩模	206
5.8	选用 5Cr2NiMoVSi 钢制造汽车前轴锻模	206
5.9	选用 5Cr2NiMoVSi 钢制造 12000t 以下机械压力机模具	209
5.10	选用 4Cr2Mo2WVMn (TM) 钢制造自行车飞轮冲切模	209
5.11	选用 5CrW2Si 钢制造车轮热打头	209
5.12	选用 4Cr3Mo2NiVNB 钢制造热挤冲头	209
5.13	选用 4Cr3Mo2NiVNB 钢制造气门热锻模	212
5.14	选用 4Cr3Mo3W4VNB 钢制造汽车起动电动机驱动齿轮高速锻模	213
5.15	选用 4Cr5MoSiV 钢制造连杆锻模	214
5.16	选用 4Cr5MoSiV 钢制造铝合金压铸模	215
5.17	选用 4Cr5MoSiV1 钢制造汽油机半轴热锻模	216
5.18	选用 4Cr5MoSiV1 钢制造载重汽车凸轮轴锻模	217
5.19	选用 4Cr5MoSiV1 钢制造汽车转向前接头热锻模	218
5.20	选用 4Cr5MoSiV1 钢制造弹体热挤压冲头	218
5.21	选用 4Cr5MoSiV1 钢制造热拔伸冲头	219
5.22	选用 4Cr3Mo2MnVB 钢制造铝合金叶片压铸模	219
5.23	选用 Y10 钢制造铝合金压铸模	220
5.24	选用 3Cr3Mo2MnVNB 钢制造轴承套圈亚温锻造冲头	221
5.25	选用 6Cr3VSi 钢制造剪切模	222
5.26	选用 5Cr4Mo3SiMnVAl 钢制造热作凹模	223
5.27	选用 3Cr3Mo3W2V 钢制造热挤压 - 扩孔连线用模具	224
5.28	选用 3Cr3Mo3W2V 钢制造连杆辊锻成形模	225

5.29	选用 3Cr3Mo3W2VRE 钢制造角阀体热锻模	226
5.30	选用 3Cr3Mo3VNb 钢制造多种锻压模	228
5.31	选用低碳铬锰型表面硬化钢制造小型塑料模	230
5.32	选用铬钼型预硬化钢制造大型少无变形塑料模	230
5.33	选用高铬型钢制造耐蚀塑料模	230
5.34	选用铬镍型可淬透性钢制造要求高抗压和耐磨损的塑料模	230
5.35	选用马氏体时效钢制造复杂和精密的塑料模	231
5.36	选用 Böhler M33 (ISO PLAST) 钢制造高耐蚀耐磨塑料模	231
5.37	选用 5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢制造精密热塑性塑料模	232
5.38	选用贝氏体钢制造塑料模	233
5.39	选用 5CrNiMnMoVSCa 钢制造印刷线路板凹模	234
5.40	选用 5CrNiMnMoVSCa 钢制造精密密封橡胶模	234
5.41	选用 5CrNiMnSiMoWV 钢制造重载剪切模	235
5.42	选用 5CrNiMnSiMoWV 钢制造推杆筒下料模	236
5.43	选用 5CrNiMnSiMoWV 钢制作电位器接触簧片凸模	236
5.44	选用 5CrNiMnSiMoWV 钢制造导向筒冷挤模	237
5.45	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造中厚板冲裁模	238
5.46	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造异形薄长冷冲凸模	239
5.47	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造法兰盘冷压模	240
5.48	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造电位器接触簧片冷冲凸模	242
5.49	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造通信接插件簧片冷冲凸模	244
5.50	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造直键开关盖板冲孔凸模	245
5.51	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造印制绕组电动机枢片凸模	245
5.52	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造导向筒冷挤凸模	247
5.53	选用 6CrNiSiMnMoV 钢制造环氧树脂板冷冲凸模	248
5.54	选用 5Cr4W5Mo2V 钢制造轴承套圈热锻冲头	248
5.55	选用 6Cr4W3Mo2VNb (65Nb) 钢制造多工位冷镦机用螺栓压角凸凹模	250
5.56	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造十字槽螺钉平圆头冲模	250
5.57	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造圆环冷冲模	250
5.58	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造钢板弹簧冲孔凸模	251
5.59	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造冷镦螺栓顶模	251
5.60	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造螺栓切边模	252
5.61	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造十字槽光冲模	252
5.62	选用 6Cr4W3Mo2VNb 钢制造多工位冷镦机用内六角三序冲头	252
5.63	选用 W6Mo5Cr4V2Al 钢制造螺钉冷镦模	253

5.64	选用 W6Mo5Cr4V2Al 钢制造温度补偿器冲裁模	253
5.65	选用 W6Mo5Cr4V2Al 钢制造活塞销冷挤冲头	254
5.66	选用 Cr5Mo1V 钢制造钢球冷锻模	255
5.67	选用 CrWMn 钢制造光栏片上冲模	257
5.68	选用 Cr12MoV 钢制造耐火砖成形模板	259
5.69	选用 7Cr7Mo3V2Si (LD) 钢制造滚丝轮	259
5.70	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造二序冲头	260
5.71	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造光冲模	261
5.72	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造内六角螺钉冷锻三序冲头	262
5.73	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造凹穴六角螺栓二序上冲模	263
5.74	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造 M12 螺母下六角冲头	264
5.75	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造复杂异形粉末冶金模	265
5.76	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造铝管冲头	267
5.77	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造花键套筒冷挤凸模	267
5.78	选用 7Cr7Mo3V2Si 钢制造上档冷挤凸模	268
5.79	选用 7CrSiMnMoV (CH) 钢制造轴管冷挤压凸模	269
5.80	选用 7CrSiMnMoV 钢制造落料冲孔模	271
5.81	选用 7CrSiMnMoV 钢制造一字槽半圆头螺钉冷锻模	271
5.82	选用 7CrSiMnMoV 钢制造轴承圈冷拉深模	272
5.83	选用 7CrSiMnMoV 钢制造汽车零件冲挤模	273
5.84	选用 6Cr5Mo3W2VSiTi (65Cr5Mo3W2VSiTi) 钢制造定向套筒冷挤凸模	273
5.85	选用 6Cr5Mo3W2VSiTi (65Cr5Mo3W2VSiTi) 钢制造重载冷挤压模具	275
5.86	选用 9Cr6W3Mo2V2 (GM) 钢制造冷轧钢带高速冲模	277
5.87	选用 9Cr6W3Mo2V2 钢制造印制板插座簧片凸模多工位级进模	281
5.88	选用 9Cr6W3Mo2V2 钢制造高强度螺栓滚轮	281
5.89	选用 9Cr6W3Mo2V2 钢制造汽车用起动电动机转子片复式冲模	282
5.90	选用 9Cr6W3Mo2V2 钢制造多工位级进模	284
5.91	选用 PMS 镜面塑料模具钢制造磁带内盒模	284
5.92	选用 0Cr16Ni4Cu3Nb (PCR) 钢制造耐蚀塑料模	285
5.93	选用 Y55CrNiMnMoV、Y20CrNi3AlMnMo 钢制造塑料模	286
5.94	选用 Cr4W2MoV 钢制造 M16 螺帽冷锻压球模	289
5.95	选用 Cr4W2MoV 钢制造摩托车链板冲模	289
5.96	选用 8Cr4W2Si2MoVNbAlTi 钢制造重载冷冲模	290
5.97	选用 Cr4W2MoV 钢制造 M18 汽车螺栓热锻模	291
5.98	选用 W12Cr4Mo2VRE 高速钢制造高速冲模	291

5.99 选用 8Cr2MnWMoVS 易切削钢制造电路印制板冲裁模	293
5.100 选用 C1.6Cr10 钢制造冷冲模	295
5.101 选用 70Mn15Cr2Al3V2WMo 无磁模具钢制造 60Si2Mn 弹条热成形模	295
5.102 选用 SMR1-86 型合金铸铁制造玻璃模具	296
5.103 选用水平连铸灰铸铁型材制造玻璃模具	297
5.104 选用稀土蠕墨铸铁制造医用盐水瓶模具	297
5.105 选用球墨铸铁制造钢瓶封头拉深模	298
5.106 选用 DT 钢结硬质合金制造冲裁模	300
5.107 选用 DT 钢结硬质合金制造半圆头螺钉冷镦模	301
5.108 选用 DT 钢结硬质合金制造汽车螺栓正挤压模	302
5.109 选用 GW50 钢结硬质合金制造拉延模	302
5.110 选用硬质合金制造拉链链牙级进模	304
5.111 选用 YG15 硬质合金制造大直径拉深凹模	304
5.112 选用 YG20C 硬质合金制造多工位级进模	305
5.113 选用 YG20C 硬质合金制造冷镦钢球组合模	308
5.114 选用硬质合金制造无磁模	309
5.115 选用硬质合金制造级进模	309
5.116 选用钢结硬质合金制造冲孔翻边模	309
5.117 选用氮化硅陶瓷制造不锈钢拉深模	310
5.118 选用 TZP 陶瓷制造拉丝模	311
5.119 选用高熔点合金制造铜合金压铸模	311
5.120 选用 Cu-14Al-X 铜合金制造挤压模	313
5.121 选用 TZM 合金制造钢铁压铸模	314
5.122 选用铍铜合金制造塑料模	315
5.123 空心玻璃砖成型模具材料的选用	316
5.124 铝型材热挤压模材料的选用	318
5.125 粉末冶金上下压头模具材料的选用	319
第 6 章 采用强韧化处理技术及工艺	321
6.1 采用组织锻造工艺	321
6.2 采用组织预处理工艺	321
6.3 H11 钢制冷挤模的形变热处理	321
6.4 T10 钢制铆钉风窝头的片状珠光体组织预处理	322
6.5 T10 钢制螺栓冷镦二序冲模的片状珠光体组织预处理	326
6.6 CrWMn 钢制切槽模的组织均匀化预处理	327
6.7 3Cr3Mo3W2V 钢制热锻模消除链状碳化物的正火处理	328

6.8	T8 钢制铆钉模淬火预处理	329
6.9	3Cr3Mo3W2V 钢制大螺栓热锻六角凹模的双重热处理	329
6.10	3Cr3Mo3VNb 钢制铝合金压铸模的快速均匀球化退火组织预处理	330
6.11	GCr15Mo 钢制冷冲模的锻热调质和渗硼处理	332
6.12	3Cr3Mo3W2V 钢制连杆螺栓热挤压凹模的锻热调质预处理和渗硼处理	333
6.13	5CrMnMo 钢制锻模的正火预处理	334
6.14	60Si2Mn 钢制冷墩螺母冲模的调质快速球化退火处理	336
6.15	Cr12MoV 钢制精密塑料热压模的锻热调质处理	337
6.16	Cr12MoV 钢制六角拉轮模的锻热调质处理	338
6.17	Cr12MoV 钢制冷冲模的锻热调质处理	339
6.18	Cr12 钢制滤清器壳体拉深模的调质预处理	341
6.19	Cr12 钢制自行车中接头冷挤压冲头的调质处理	342
6.20	2Cr13 钢制塑料异型材挤出模的调质预处理	342
6.21	Cr12MoV 钢制围带冲模的调质预处理	343
6.22	Cr12MoV 钢制压丝模的调质高温淬火和中温回火处理	344
6.23	GCr15 钢制冷冲模的双细化处理	345
6.24	Cr12MoV 钢制多孔塑压模型腔板的稳定化处理	346
6.25	5CrMnMo 钢制轴承内圈成形模的高温淬火处理	348
6.26	5CrMnMo 钢制尾翅热锻模的高温淬火处理	348
6.27	3Cr2W8V 钢制汽车变速箱主轴齿轮胎模的高温淬火处理	349
6.28	3Cr2W8V 钢制 M16 螺母热冲压模的高温淬火处理	349
6.29	3Cr2W8V 钢制热冲压冲头的高温淬火处理	351
6.30	3Cr2W8V 钢制轴承环热锻凹模的高温淬火处理	351
6.31	3Cr2W8V 钢制 40Cr 销轴热锻模的高温淬火处理	352
6.32	3Cr2W8V 钢制热挤压模的高温淬火处理	352
6.33	3Cr2W8V 钢制 21-4N 耐热钢气门热精锻模的高温淬火处理	353
6.34	3Cr2W8V 钢制螺栓热锻模的高温淬火处理	353
6.35	3Cr2W8V 钢制热穿孔冲头的短时高温加热淬火处理	354
6.36	3Cr2W8V 钢制尖嘴钳热锻模的控冷淬火处理	354
6.37	60Si2MnA 钢制冷墩螺母四序冲模的高温淬火处理	355
6.38	Cr12Mo 钢制阴阳模的形变热处理加等温淬火处理	357
6.39	GJWC50 钢结硬质合金渗硼模具的高温淬火处理	358
6.40	W6Mo5Cr4V2 钢制汽车仪表温度补偿片冲裁模的降温淬火处理	359
6.41	Cr12MoV 钢制切边模的中温淬火处理	359
6.42	CrWMn 钢制棘爪凸模的低温淬火处理	360

6.43	CrWMn 钢制活动外桩冷冲凸模的低温淬火处理	360
6.44	Cr12 钢制衡器刀承冷冲模的低温淬火处理	361
6.45	W18Cr4V 钢制表壳热冲模的低温淬火处理	362
6.46	W18Cr4V 钢制滚花轮的低温淬火处理	362
6.47	W18Cr4V 钢制冷镦螺母冲头的低温淬火处理	363
6.48	W6Mo5Cr4V2 钢制冷镦模的低温淬火处理	363
6.49	W6Mo5Cr4V2 钢制螺栓切边模的低温淬火处理	364
6.50	W6Mo5Cr4V2Al 钢制冷镦模的低温淬火处理	366
6.51	SKH9 钢制冷挤模的低温淬火处理	366
6.52	9CrSi 钢制十字槽冷冲模的等温淬火处理	368
6.53	Cr12 钢制模具的复相强韧化热处理	369
6.54	4Cr5MoSiV1 钢制活动钳头热锻模的等温淬火处理	369
6.55	W6Mo5Cr4V2 大型冷冲模的等温淬火处理	370
6.56	T10A 钢制大型塑料注射模顶杆的分级淬火处理	370
6.57	Cr12MoV 钢制滚丝模的贝氏体等温淬火处理	372
6.58	Cr12MoV 钢制尾翅下料模的贝氏体等温淬火处理	373
6.59	Cr12MoV 钢制胀闸后支板夹模的贝氏体等温淬火处理	374
6.60	3Cr2W8V 钢制曲柄热锻模的贝氏体等温淬火处理	374
6.61	60Si2MnA 钢制六角螺母冷镦下模的贝氏体等温淬火处理	376
6.62	9CrSi 钢制搓丝模的贝氏体等温淬火处理	377
6.63	Cr4W2MoV 钢制钢板弹簧冲孔凸模的贝氏体等温淬火处理	378
6.64	CrWMn 钢制手表镗字表盘字冲挤凸模的贝氏体等温淬火处理	378
6.65	CrWMn 钢制擒纵轮十字凸模的贝氏体等温淬火处理	379
6.66	W18Cr4V 钢制洗衣机制动轮热锻模的贝氏体等温淬火处理	379
6.67	60Si2Mn 钢制钢板穿孔冲头的复合强韧化处理	381
6.68	Cr4W2MoV 钢制冷镦凹模的复合强韧化处理	381
6.69	3Cr2W8V 钢制螺栓热锻模的复合强韧化处理	383
6.70	5CrMnMo 钢制连接环热锻模的复合等温淬火处理	384
6.71	5CrMnMo 钢制齿轮热锻模的复合等温淬火处理	386
6.72	CrWMn 钢制注塑机料筒的复合热处理	388
6.73	CrWMn 钢制小型模具的低碳马氏体强韧化处理	388
6.74	T10A 钢制冷镦模的喷射淬火处理	390
6.75	3Cr2W8V 钢制飞轮热锻模的控温淬火处理	392
6.76	9CrSi 钢制圆滚模的循环加热淬火处理	393
6.77	Cr12MoV 钢制铁氧体压制模的循环加热淬火处理	394

6.78	GCr15 钢制保持架漏盘模的整体加热局部淬火处理	395
6.79	3Cr3Mo3W2V 钢制齿轮毛坯热冲头的双重强韧化处理	396
6.80	Cr12 钢制滚动触头冷挤压模的双重热处理	397
6.81	3Cr2W8V 钢制铝热挤压模的中温回火处理	397
6.82	Cr12MoV 钢制摆辗模的中温回火处理	398
6.83	Cr12MoV 钢制汽车钢板弹簧冲孔凸模的中温回火处理	399
6.84	Cr12MoV 钢制冷冲模线切割成形后的高温回火处理	400
6.85	Cr12MoV 钢制冷镦凸模的优化回火处理	401
6.86	ZG4Cr3Mo2WV (ZDM-2) 钢铸造锻模的铸态回火处理	401
6.87	CHD 钢铸造热锻模的中温回火处理	403
6.88	5Cr4W5Mo2V 钢制不锈钢餐刀热辊轧模的中温回火处理	403
6.89	9CrSi 钢制落料模的中温回火处理	404
6.90	3Cr2W8V 钢制模具电火花加工后的即时回火处理	405
6.91	电火花线切割模具白硬层的研磨和回火处理	405
6.92	Cr12 钢制镦台模线切割后的研磨和低温时效处理	406
6.93	GCr15 钢制模具钢在第一类回火脆性区回火	407
6.94	3Cr2W8V 钢制大力钳热锻模的淬火不回火处理	407
6.95	6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) 钢制 M12 切边模的真空热处理	408
6.96	6Cr5Mo3W2VSiTi 钢制母螺钉模的真空热处理	409
6.97	Cr12MoV 钢制陶瓷模的真空热处理	411
6.98	Cr12MoV 钢制录音机芯冷冲模的真空热处理	411
6.99	Cr12MoV 钢制搓丝板的真空热处理	412
6.100	Cr12MoV 钢制滚丝模的真空热处理	414
6.101	W9Cr4Mo3V 钢制螺母孔冲模的真空淬火深冷复合处理	416
6.102	H13 等钢制铝压铸模的真空热处理	417
6.103	Cr12MoV 钢制冷镦模的深冷处理	418
6.104	Cr12MoV 钢制硅钢片冷冲模的深冷处理	420
6.105	H13 钢制热挤压模具的防热处理裂纹技术措施	420
6.106	Cr12MoV 钢制模具的 5 种强韧化处理工艺	420
第 7 章	采用表面改性强化处理技术	422
7.1	20Cr 钢制软管铆接八角模的渗碳处理	422
7.2	20Cr 钢制方接头打方模的渗碳处理	422
7.3	W6Mo5Cr4V2 钢制螺母冲模的渗碳处理	423
7.4	3Cr2W8V 钢制热挤模的高温渗碳处理	423
7.5	W18Cr4V 高速钢制冲孔冲模的渗碳处理	425

7.6	6Cr4W3Mo2VNb (65Nb) 钢制挑线连杆冷挤压模的真空渗碳处理	425
7.7	5CrMnMo 钢制热锻模的稀土-碳共渗强韧化复合处理	426
7.8	3Cr2W8V 钢制压铸模的离子渗氮处理	426
7.9	Cr12MoV 钢制陶瓷模具的渗氮处理	427
7.10	7Cr7Mo3V2Si (LD) 钢制螺栓冷锻二序模的固体氮碳共渗处理	427
7.11	3Cr2W8V 钢制钢管热挤压模的气体氮碳共渗处理	430
7.12	6Cr4W3Mo2VNb 钢制梭子冷挤压凸模的气体氮碳共渗处理	431
7.13	W6Mo5Cr4V2 钢制活塞销冷挤凸模的氮碳共渗处理	431
7.14	Cr12MoV 钢制钢板弹簧冲孔凹模的气体氮碳共渗处理	432
7.15	3Cr2W8V 钢制气门嘴热挤压模的气体氮碳共渗处理	433
7.16	60Si2Mn 钢制冷锻螺钉冲头的氮碳共渗处理	434
7.17	45 钢制切边模的碳氮共渗处理	434
7.18	QT60—2 球铁拉深模的氮碳共渗处理	435
7.19	3Cr2W8V 钢制压铸模的两段氮碳共渗处理	437
7.20	3Cr2W8V 钢制铝合金压铸模的加氧渗氮处理	437
7.21	6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) 钢制六方下冲模的真空氮碳共渗处理	438
7.22	W9Cr4Mo3V 钢制十字槽冲头的真空氮碳共渗处理	439
7.23	T8、Cr12 拉深模的渗铬处理	441
7.24	Cr12MoV 钢制玻璃钢格栅拉挤模具的渗氮镀硬铬处理	442
7.25	Cr12MoV 钢制冰箱 F2.1QB—207 凹模的固体渗硼处理	443
7.26	Cr12MoV 钢制冷锻六角模的粉末渗硼处理	444
7.27	Cr12MoV 钢制磁性材料成形模的粉末渗硼处理	444
7.28	T8 钢制阀片压制模的无箱粉末渗硼处理	445
7.29	GCr15 钢制滚丝模的渗硼处理	445
7.30	CrWMn 钢制不锈钢压球模的渗硼复合强化处理	446
7.31	T10 钢制冷锻模的渗硼处理	447
7.32	40Cr 拉深模具的渗硼处理	447
7.33	45 钢制无缝钢管冷拔模的渗硼处理	448
7.34	45 钢制硅碳棒成形模的深层膏剂渗硼处理	449
7.35	45 钢制釉面砖模板的渗硼处理	450
7.36	45 钢制硅碳棒成型模用以硼酸为供硼源的膏剂渗硼处理	451
7.37	CrWMn 钢制硬磁材料阻尼凹模的稀土-硼共渗处理	452
7.38	45 钢制冲压模具的固体渗硼	452
7.39	T10A 钢制落料冲孔模的固体渗硼	453
7.40	Cr12MoV 钢制螺母六角套模的盐浴渗硼处理	454

7.41	V3N 钢制螺母冷挤模的真空渗硼处理	454
7.42	4Cr5MoSiV1 钢制铝型材挤压模的低温电解渗硼处理	455
7.43	5CrMnMo 钢制连接环热锻模的渗硼—等温淬火复合处理	455
7.44	Cr12MoV 钢制冷镦凹模的固体渗硼—等温淬火复合处理	457
7.45	Cr12MoV 钢制螺母冷镦凹模的硼硫复合渗处理	458
7.46	GJW50WC 钢结硬质合金制冷镦模的硼硫复合渗处理	461
7.47	3Cr2W8V 钢制轴承环热冲模的硼氮复合渗处理	462
7.48	Q235 耐火砖成形模具的渗碳与硼氮共渗复合处理	462
7.49	3Cr2W8V 钢制排气阀热挤压成形模的离子碳氮硼三元共渗处理	464
7.50	H13 钢制铝挤压模的稀土硼铝共渗	465
7.51	4Cr5MoSiV1 钢制热挤压模的离子碳氮氧硫硼五元共渗	465
7.52	4Cr5MoSiV1 钢制铝型材热挤压模的硼碳氮共渗处理	466
7.53	Cr12 钢制照相机后盖板冷冲模的渗硫处理	467
7.54	4Cr5MoSiV1 钢制铝型材热挤压模窄缝的硫氮碳共渗处理	468
7.55	4Cr5MoSiV1 (H13) 钢制铝型材热挤模的低温盐浴碳氮钒共渗处理	468
7.56	3Cr2W8V 钢制缝纫机主轴弯头热锻模的硫氮共渗处理	469
7.57	3Cr2W8V 钢制铝合金热挤压模的硫碳氮三元共渗处理	469
7.58	4Cr5MoSiV1 钢制铝合金热挤压模的气体氧硫氮共渗处理	472
7.59	45 钢制玻璃马赛克模的离子硫碳氮共渗处理	473
7.60	Cr12MoV 钢制易拉罐冲嘴模的离子复合渗处理	473
7.61	7Cr4Mo4SiV1RE 钢制板簧冲头的离子氮碳共渗处理	475
7.62	CrWMn 钢制滚丝模的碳氮共渗处理	476
7.63	5CrMnMo 钢热锻模的氮碳共渗处理	476
7.64	QT600—3 球铁制大型拉延模的碳氮共渗处理	477
7.65	QT700—2 球铁制液化气钢瓶拉深模的氮碳共渗处理	478
7.66	20CrMnTi 钢制饲料模具的碳氮共渗及渗碳处理	479
7.67	3Cr2W8V 钢制铝压铸模的 NQN 复合强化处理	480
7.68	4Cr13 钢制饲料压粒模的碳氮共渗与真空加热气淬复合处理	481
7.69	5CrMnMo 钢制冷镦模的复合渗及强韧化处理	483
7.70	Cr12 冷镦六角螺母冲头的低温形变淬火和渗钨复合处理	484
7.71	Cr12MoV 钢制电子管框架拉延模的硼砂盐浴渗钒处理	484
7.72	Cr12MoV 拉延模的盐浴渗钒处理	485
7.73	3Cr2W8V 热挤压模的铬钒复合镀渗	486
7.74	T12 气门锁片整形模的渗钛	487
7.75	3Cr2W8V 钢制不锈钢叶片压铸模的铬铝硅三元共渗	488

7.76	Ti10A 钢制板料冲孔冲模的化学沉积镍磷层	490
7.77	乒乓球模具的镍磷化学镀技术的应用	491
7.78	6CrMnNiMoVSi (GD) 钢制变压器凸模的镍磷二氧化硅化学复合镀处理	492
7.79	Cr12MoV 钢制圆筒件拉深模的化学镀镍磷合金强化处理	493
7.80	3Cr2W8V 热锻模的复合电刷镀	494
7.81	塑料模具的刷镀修复和强化	495
7.82	GCr15 钢制轴承保持架冲孔模的激光强化处理	497
7.83	3Cr2W8V 钢制轧辊的激光淬火处理	497
7.84	YG8 硬质合金拉丝模的氮离子注入处理	498
7.85	W6Mo5Cr4V2 钢制螺母孔冲头的离子注入处理	499
7.86	录音机磁头外壳拉深模的物理气相沉积处理	499
7.87	Cr12MoV 钢制指形触头精冲模的物理气相沉积处理	500
7.88	3Cr2W8V 钢制气阀热锻凹模的离子镀 TiN	502
7.89	7CrSiMnMoV (CH) 钢制齿环精锻模的多弧离子镀钛铝氮薄膜	503
7.90	Cr12MoV 钢制冷作模具采用 CVD、TiC、TiN 涂层	503
7.91	Cr12MoV 钢制拉拔模的化学气相沉积涂层处理	504
7.92	镜片压制模具的热喷焊表面强化	504
7.93	选用有效的表面强化工艺	506
7.94	3Cr2W8V 钢制热挤压模的涂料保护处理	506
第 8 章	改进制造工艺提高模具使用性能	507
8.1	严格控制 Cr12 型模具钢的碳化物级别	507
8.2	合理选用切削余量	507
8.3	采用研磨方法改善冲切模的刃面状态	508
8.4	选用有添加剂的 EDM 加工	508
8.5	采用喷丸强化改善线切割落料模变质层的性能	509
8.6	采用收缩工艺修复磨损的冷锻凹模	509
8.7	采用拼镶粘接技术快速修复冲模	510
8.8	采用冷焊电弧焊焊补大型荫罩模凹模	511
8.9	采用电刷镀修复模具型腔局部缺陷	511
8.10	采用“堆 322”焊条堆焊车轮钢圈轮辐花瓣冲模	514
8.11	利用废旧轴承圈制造落料模	514
8.12	合理选用热锻模的抗氧化脱碳涂料	515
8.13	采用纵向压力淬火改善 Cr12MoV 钢制精密模具的淬火变形	516
8.14	应用超塑性技术制造模具	517
第 9 章	选用合适的润滑剂	519

9.1 合理选用精冲模的润滑剂	519
9.2 选用 F—III 润滑油作薄板精冲润滑剂	520
9.3 选用 F—I 润滑油作中、厚板精冲润滑剂	520
9.4 合理选用冲切模及冷镦模的润滑剂	520
9.5 合理选用不锈钢拉深模用润滑剂	521
9.6 合理选用 MoS_2 蜡笔作波莫合金深拉深模用润滑剂	521
9.7 合理选用冷挤压模的润滑剂	522
9.8 合理选用钢冷挤压模用 FM-2 润滑剂	522
9.9 合理选用压铸模的润滑剂	523
第 10 章 改进模具的使用和维护条件	524
10.1 合理选用压铸模的预热制度	524
10.2 合理选用压铸模的工作温度	524
10.3 合理采用铝合金压铸模的除应力处理	524
10.4 改善压铸模的润滑条件	525
10.5 合理选用冷冲模用的 DJB—823 保护剂	525
10.6 合理采用高速镦锻模的冷却条件	525
10.7 合理采用模具间隙工作时的保温制度	526
10.8 合理选用拉深模用橡皮垫	526
第 11 章 采用综合的技术措施	527
11.1 改进模具制造质量的综合技术措施	527
11.2 提高冷镦模寿命的综合技术措施	528
11.3 提高 Cr12MoV 钢制杠铃冷挤模具寿命的技术措施	529
11.4 提高冷挤压模寿命的综合技术措施	529
11.5 提高 4Cr5MoV1Si 钢制压铸模寿命的综合技术措施	532
11.6 提高铝压力锅变薄拉深模寿命的综合技术措施	533
11.7 提高轴承套圈温锻模寿命的综合技术措施	534
11.8 提高辗锻热成形模寿命的综合技术措施	535
11.9 提高锤锻模寿命的综合措施	537
11.10 提高模具钢性能的新技术	539
11.11 提高模具钢质量的技术控制	541
第 12 章 国内外模具技术与寿命对比 (参考)	543
12.1 国内外模具技术的对比	543
12.2 国内外模具寿命的对比	544
参考文献	546