

实用 模具材料与热处理 速查手册

王邦杰 编

分类 牌号 性能 应用 选材
热处理 表面强化 进口模具钢
数据—方法—实例

实用模具材料与热处理 速查手册

王邦杰 编



机械工业出版社

从模具材料使用入手,遵照最新现行国家标准、专业技术标准,结合相关技术经验,汇编成这本实用型工具书。

全书内容包括:模具及模具材料的分类、模具钢的性能要求、模具材料的选择、冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢、其他模具材料的性能与应用,模具材料与模具零件的热处理、模具表面强化技术和进口模具钢的性能与应用等,附录收录了模具材料常用汉英词汇、黑色金属材料硬度及强度换算。对常用模具材料逐一从性能到材料应用进行了系统的介绍,并用实例重点介绍模具材料的使用性能、热加工工艺、热处理工艺及模具选材原则与方法。

本书可供从事模具设计、制造的工程技术人员、生产管理人员、模具材料市场采购销售人员使用,也可供高等院校及大、中专职业院校工科专业师生阅读或模具材料生产企业应用参考。

图书在版编目(CIP)数据

实用模具材料与热处理速查手册/王邦杰编. —北京:机械工业出版社, 2013. 11

ISBN 978-7-111-44385-8

I. ①实… II. ①王… III. ①模具钢—热处理—技术手册

IV. ①TG162.4—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 244357 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:李万宇 吕芳

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·41.5 印张·2 插页·928 千字

0 001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44385-8

定价:98.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

策划编辑:(010) 88379732

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

在现代工业生产中，模具已成为一种优质、高效、低消耗、低成本的工艺装备，作为现代制造业的重要手段，广泛应用于机械、电子、汽车、信息、航空、航天、轻工、军工、交通、建材、医疗、生物、能源等制造领域，对我国经济运行中的节能降耗起着重要作用，是国民经济中各工业部门发展的重要基础之一。

模具材料是模具制造业的物质基础和技术基础，其品种、规格、质量对模具的性能、使用寿命和模具制造周期起着决定性的作用。模具材料的发展必须适应模具向现代化发展的要求，推动模具工业向高级化、多样化、个性化和高附加值的方向发展。因此，模具材料技术在经济发展、国防现代化和高端技术领域起到了十分重要的支撑作用，成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

为了适应模具材料工业日益发展的需要，从模具材料研究入手，以材料为主线，按照现行国家标准、专业技术标准，汇编成本书，以飨读者。全书内容包括：模具及模具材料的分类、模具钢的性能要求、模具材料的选择、冷作模具钢、热作模具钢、塑料模具钢、其他模具材料的性能与应用、模具材料与模具零件的热处理、模具表面强化技术和进口模具钢的性能与应用等。对常用模具材料逐一从性能到材料应用进行了系统的介绍，并用实例重点介绍模具材料的使用性能、热加工工艺、热处理工艺及模具选材原则与方法。对于旧的材料名称、规格及性能、用途等，都按照现行国家标准进行了对照补正。具有较全的技术参数，并有不同方案的比较数据。本书侧重于实用性，集模具选材、制造工艺、热处理及表面强化技术于一体，具有知识的可操作性、实用性，内容的规范性、广泛性，是一部权威的实用工具书，且填补了模具类图书的空白。

本书资料翔实，信息量大，虽然内容涉及面广，但表述简明，且分类明晰，便于速查，实用性强，使用方便，可供从事模具设计、制造的工程技术人员、生产管理人员、模具材料市场采购销售人员使用，也可供高等院校及大、中专职业院校工科专业师生阅读或模具材料生产企业应用参考。

在编写过程中，借鉴了大量资料，引用了一些单位的科研、试验数据，由于使用面广，恕不能一一道谢。在此向原书作者、科研部门、出版单位表示衷心的感谢。鉴于手册体例，或有雷同之处，敬请见谅。由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 模具及模具材料的

分类 1

1.1 模具的分类 1

1.1.1 现代模具的特点 1

1.1.2 模具的分类方法 1

1.1.3 模具的失效及影响因素 2

1. 模具的失效形式 2

2. 模具失效的影响因素 3

1.2 模具材料的分类 3

1.2.1 常用模具材料 3

1.2.2 模具钢的分类 4

1. 模具钢常用的分类方法 4

2. 模具钢的品牌 5

第 2 章 模具钢的性能要求 7

2.1 模具钢的使用性能 7

2.1.1 模具钢的力学性能 7

1. 强度 7

2. 硬度 7

3. 塑性 8

4. 韧性 9

5. 疲劳强度 9

2.1.2 模具钢的物理化学性能 10

1. 耐磨性 10

2. 粘着性 10

3. 耐热性能 10

4. 脱碳敏感性 10

5. 耐蚀性 11

6. 镜面性 11

7. 蚀刻性 11

2.2 模具钢的工艺性能 11

2.2.1 冷加工工艺性能 11

1. 切削加工性能 12

2. 抛光性能 12

3. 冷挤压成形 12

2.2.2 热加工工艺性能 12

1. 可锻性 12

2. 铸造工艺性能 13

3. 焊接性 13

2.2.3 热处理工艺性能 13

1. 淬硬性和淬透性 14

2. 淬火变形和开裂倾向 14

2.3 模具钢的冶金质量控制 14

2.3.1 模具钢的冶金质量标准 14

1. 化学成分的均匀性与偏析 14

2. 有害元素硫和磷含量 15

3. 钢中非金属夹杂物 15

4. 碳化物的不均匀度 16

5. 钢中的氧含量 16

6. 疏松与白点 17

2.3.2 国内外合金模具钢技术

标准比较 17

1. 钢号系列 17

2. 化学成分 17

3. 低倍组织 17

4. 脱碳 18

5. 高倍组织 18

6. 交货状态及硬度 19

7. 钢材的表面质量 21

8. 特殊要求 22

2.3.3 国产模具钢的冶金质量 22

1. 国产模具钢的主要差距 22

2. 模具钢冶金质量对模具使用寿命的影响 24

2.3.4 提高模具钢质量水平的

主要措施 25

1. 减少钢中的非金属夹杂物 25

2. 提高钢的锻造质量 26

3. 保证钢的组织稳定性	29	4.2 冷作模具钢的性能与应用	80
4. 提高钢的力学性能	31	4.2.1 碳素工具钢	80
2.4 现代模具钢的生产技术	31	1. T7 钢	80
2.4.1 模具钢电弧炉冶炼技术	32	2. T8 钢	83
1. 电弧炉冶炼的一般特点	32	3. T9 钢	86
2. 电弧炉炼钢的基本过程	32	4. T10 钢	88
2.4.2 模具钢电渣重熔工艺	36	5. T11 钢	91
1. 电渣重熔的基本原理	36	6. T12 钢	93
2. 电渣重熔的特点	37	7. T13 钢	96
3. 电渣重熔的工艺要素	37	4.2.2 高碳低合金冷作模具钢	98
4. 电渣重熔的意义	38	1. 9SiCr 钢	98
2.4.3 粉末冶金模具钢的生产	39	2. 9Mn2V 钢	102
2.4.4 模具钢的锻造和轧制	40	3. 9CrWMn 钢	103
2.4.5 模具钢的退火	41	4. CrWMn 钢	106
1. 模具钢钢锭的退火	41	5. 6CrNiWMoV (DS) 钢	108
2. 模具钢材的退火	42	6. GCr15 钢	109
2.4.6 模具钢的无损检测	42	7. Cr2 钢	112
2.4.7 钢材的深度加工	43	8. 60Si2Mn 钢	115
第3章 模具材料的选择	44	9. 8Cr2MnWMoVS (8Cr2S) 钢	117
3.1 模具材料的选用原则	44	10. 6CrNiMnSiMoV (GD) 钢	119
1. 满足使用性能原则	44	11. Cr2Mn2SiWMoV 钢	122
2. 考虑工艺性能原则	44	12. W 钢	123
3. 注重经济性原则	45	13. 4CrW2Si 钢	125
3.2 模具材料的选择方法与实例	48	14. 5CrW2Si 钢	127
3.2.1 冷作模具材料的选择	48	15. 6CrW2Si 钢	128
1. 常用冷作模具材料的性能比较	48	16. Cr06 钢	130
2. 常用冷作模具材料的选择	49	17. 8MnSi 钢	131
3. 冷作模具材料的选用实例	51	18. 7CrSiMnMoV (CH1) 钢	133
3.2.2 热作模具材料的选择	58	19. 6CrMnSi2Mo1 钢	136
1. 热作模具材料的性能	58	20. 5Cr3Mn1SiMo1V 钢	137
2. 常用热作模具材料的选择	60	21. 5CrNiMnSiMoWV 钢	138
3. 热作模具材料的选用实例	61	22. 6Cr3VSi 钢	139
3.2.3 塑料模具材料的选择	71	4.2.3 高耐磨冷作模具钢	140
1. 塑料模具的失效形式	71	1. Cr4W2MoV 钢	141
2. 塑料模具钢的性能	72	2. Cr5Mo1V 钢	143
3. 塑料模具成型零件选材方法	73	3. Cr6WV 钢	145
第4章 冷作模具钢	77	4. 9Cr6W3Mo2V2 (GM) 钢	147
4.1 常用冷作模具钢	77	5. 7Cr7Mo2V2Si (LD) 钢	149
		6. 7Cr7Mo3V2Si (LD2) 钢	152

7. Cr8MoWV3Si (ER5) 钢	154	5. 45Cr2NiMoVSi 钢	215
8. Cr12 钢	156	6. 5Cr2NiMoVSi 钢	217
9. Cr12MoV 钢	159	7. 3Cr2MoWVN 钢	219
10. Cr12V 钢	162	5.2.2 中耐热性热作模具钢	220
11. Cr12Mo 钢	164	1. 4Cr5MoSiV (H11) 钢	221
12. Cr12Mo1V1 (D2) 钢	165	2. 4Cr5MoSiV1 (H13) 钢	225
4.2.4 冷作模具用高速工具钢	168	3. 4Cr5W2VSi 钢	228
1. W18Cr4V (W18) 钢	169	4. 4Cr4WMoSiV 钢	231
2. W12Mo3Cr4V3N (V3N) 钢	172	5. 8Cr3 钢	232
3. W9Mo3Cr4V (W9) 钢	174	6. 4Cr3Mo2MnVB (ER8) 钢	235
4. W6Mo5Cr4V2 (M2) 钢	176	7. 4Cr3Mo3SiV (H10) 钢	236
5. 6W6Mo5Cr4V (6W6) 钢	179	8. 3Cr3Mo3W2V (HM1) 钢	239
4.2.5 基体钢	180	9. 3Cr3Mo3VNB (HM3) 钢	242
1. 5Cr4Mo3SiMnVA1		10. 3Cr3Mo2WVSi (ZDM2) 钢	245
(012Al) 钢	181	11. 42Cr9Si2 钢	246
2. 5Cr4W5Mo2V (RM2) 钢	182	12. 40Cr10Si2Mo 钢	247
3. 6Cr4W3Mo2VNB (65Nb) 钢	184	5.2.3 高耐热性热作模具钢	249
4. 6Cr4Mo3Ni2WV (CG2) 钢	186	1. 3Cr2W8V (H21) 钢	249
5. 6W8Cr4VTi (LM1) 钢	188	2. 4Cr3Mo3W4VNB (GR) 钢	253
6. 6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) 钢	189	3. 4Cr3Mo2MnVNB (Y4) 钢	255
4.2.6 无磁模具钢	190	4. 4Cr5Mo2MnVSi (Y10) 钢	256
1. 7Mn15Cr2Al3V2WMo		5. 4Cr3Mo2VNB (HD) 钢	258
(7Mn15) 钢	190	6. 4Cr3Mo2WVMn (TM) 钢	260
2. 1Cr18Ni9Ti 钢	193	7. 5Cr4Mo2W2VSi 钢	261
3. 5Mn15Cr8Ni5Mo3V2		8. 4SiMnW3Mo2VN 钢	263
(5Mn15) 钢	197	5.2.4 奥氏体型热作模具钢	265
4. 7Mn10Cr8Ni10Mo3V2		1. 奥氏体型热作模具钢的类型	265
(7Mn10) 钢	199	2. 典型铬镍系奥氏体型热作 模具钢	265
第5章 热作模具钢	201	5.2.5 析出硬化型热作模具钢	267
5.1 热作模具钢的分类	201	1. 析出硬化型热作模具钢的 特点	267
5.1.1 热作模具钢标准钢号	201	2. 典型析出硬化型热作模具钢	267
5.1.2 热作模具钢的分类方法	201	5.2.6 高速工具钢型耐热钢	269
5.1.3 常用热作模具钢	202	5.2.7 冷热兼用基体钢	269
5.2 热作模具钢的性能与应用	205	5.2.8 马氏体时效型耐热钢	270
5.2.1 低耐热高韧性热作模具钢	205	1. 马氏体时效型耐热钢的性质	270
1. 5CrNiMo 钢	205	2. 马氏体时效型耐热钢的应用	271
2. 5CrMnMo 钢	210	第6章 塑料模具钢	272
3. 4CrMnSiMoV 钢	212		
4. 5SiMnMoV 钢	214		

6.1 塑料模具钢的分类	272	2. SM1Ni3Mn2CuAlMo (PMS) 钢	341
6.1.1 现行塑料模具用钢牌号	272	3. 06Ni6CrMoVTiAl (06Ni) 钢	344
6.1.2 塑料模具的工作条件及其用钢 的分类方法应用特点	273	4. 25CrNi3MoAl 钢	346
1. 塑料模具的工作条件	273	5. 18Ni 系列钢	348
2. 塑料模具钢的分类方法	273	6. 0Cr16Ni4Cu3Nb (PCR) 钢	350
3. 塑料模具钢的应用特点	278	7. 05Cr17Ni4Cu4Nb 钢	351
6.2 塑料模具钢的性能与应用	279	8. 07Cr17Ni7Al 钢	353
6.2.1 碳素塑料模具钢	279	9. 07Cr15Ni7Mo2Al 钢	354
1. SM45 钢	280	10. 1Cr14Co13Mo5V (AFC-77) 钢	355
2. SM50 钢	283	6.2.6 耐蚀性塑料模具钢	356
3. SM55 钢	286	1. SM2Cr13 钢	356
6.2.2 渗碳型塑料模具钢	289	2. 30Cr13 钢	361
1. SM1CrNi3 钢	290	3. SM4Cr13 钢	363
2. 20 钢	294	4. 95Cr18 钢	366
3. 20Cr 钢	296	5. 102Cr17Mo 钢	368
4. 20CrMnTi 钢	299	6. 14Cr17Ni2 钢	371
5. 12CrNi3 钢	301	7. SM3Cr17Mo 钢	374
6. 12CrNi2 钢	305	8. Cr14Mo4V 钢	376
7. 12Cr2Ni4 钢	307	6.2.7 淬硬型塑料模具钢	377
8. 20Cr2Ni4 钢	308	6.2.8 非调质塑料模具钢	378
9. 0Cr4NiMoV (LJ) 钢	310	1. B20 系列钢	378
6.2.3 预硬型塑料模具钢	312	2. B30 系列钢	379
1. SM3Cr2Mo (P20) 钢	313	3. F45V 和 YF45V 钢	381
2. SM3Cr2MnNiMo (718) 钢	315	4. YF45MnV 钢	383
3. 40Cr 钢	317	5. GF40MnSiVS 钢	385
4. 42CrMo 钢	320	第7章 其他模具材料的性能与 应用	387
5. 30CrMnSiNi2A 钢	323	7.1 铸铁材料	387
6. 38CrMoAl 钢	326	7.1.1 模具常用铸铁材料	387
7. 20CrNi3AlMnMo (SM2) 钢	327	1. 铸铁材料的分类	387
6.2.4 易切削预硬型塑料模具钢	328	2. 模具常用铸铁材料的 力学性能	388
1. 5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢	329	7.1.2 铸铁模具材料的性能与 应用	388
2. 8Cr2MnWMoVS (8Cr2S) 钢	333	1. 灰铸铁	388
3. 4CrNiMnMoVSCa (4NiSCa) 钢	335	2. 球墨铸铁	391
4. Y55CrNiMnMoVS (SM1) 钢	337	3. 蠕墨铸铁	393
6.2.5 时效硬化型塑料模具钢	338		
1. SM2CrNi3MoAl1S 钢	339		

4. 可锻铸铁	394	4. 其他低熔点合金模具材料	427
5. 合金铸铁	396	5. 低熔点合金的应用	428
7.2 铸钢	404	7.4.2 锌合金	428
7.2.1 铸钢模具材料	404	1. 锌合金的特点	428
1. 常用铸钢模具材料的 性能和应用	404	2. 锌合金的化学成分和性能	429
2. 美国专用铸造模具钢的 化学成分	405	3. 锌合金的超细化处理工艺	430
3. 我国几种陶瓷型精铸模具钢材料 的力学性能	405	4. 锌合金的应用	430
7.2.2 铸钢的分类	405	7.4.3 超塑性合金	430
1. 铸造碳钢	405	1. 超塑性合金的化学成分与 性能	430
2. 铸造低合金钢	406	2. 实现超塑性的主要条件	431
3. 合金铸钢	407	3. 超塑性成形工艺的类型	431
7.2.3 铸钢的工艺特点	409	4. 超塑性成形工艺的应用	432
1. 铸钢的铸造工艺	409	7.4.4 其他非铁金属合金	432
2. 铸钢的热处理工艺	410	1. 铜合金	432
3. 铸钢在模具中的应用	411	2. 铝合金	434
7.3 硬质合金和钢结硬质合金	412	3. 高温合金	438
7.3.1 硬质合金	412	7.5 其他模具材料	440
1. 硬质合金的种类	412	7.5.1 环氧塑料	440
2. 硬质合金的特点	412	1. 环氧塑料的主要成分	440
3. 硬质合金的化学成分	413	2. 环氧塑料的主要技术指标	441
4. 硬质合金的性能	413	3. 环氧塑料的基本性能	443
5. 硬质合金的应用	415	4. 环氧塑料的应用	444
7.3.2 钢结硬质合金	417	7.5.2 聚氨酯橡胶	444
1. 钢结硬质合金的分类	417	1. 聚氨酯橡胶的特点	444
2. 钢结硬质合金的化学成分	418	2. 国产聚氨酯橡胶的力学性能	445
3. 钢结硬质合金的物理性能	419	3. 聚氨酯橡胶的应用	445
4. 钢结硬质合金的锻造 工艺性能	419	7.5.3 陶瓷材料	445
5. 钢结硬质合金的力学性能	420	1. 陶瓷材料的分类	446
6. 钢结硬质合金的应用	422	2. 特种陶瓷的性能	446
7.4 非铁金属及合金	424	3. 陶瓷材料在模具中的应用	447
7.4.1 低熔点合金	425	第8章 模具材料与模具零件的 热处理	448
1. 低熔点合金模具材料的特点	425	8.1 钢的热处理	448
2. 常用低熔点合金模具材料的 化学成分	425	8.1.1 钢的热处理原理	448
3. 低熔点合金模具材料的性能	426	1. 钢在加热时的组织转变	448
		2. 钢在冷却时的组织转变	451
		3. 钢在回火时的组织转变	454
		8.1.2 钢的热处理分类	455

8.2 模具钢热处理基本工艺	455	1. 碳素工具钢的特点	481
8.2.1 钢的退火	455	2. 碳素工具钢的热处理工艺	481
1. 完全退火	456	3. 碳素工具钢热处理应用实例	482
2. 不完全退火	456	8.3.4 低合金冷作模具钢的 热处理	483
3. 等温退火	456	1. 铬钨锰钢热处理	483
4. 球化退火	457	2. 锰钒钢热处理	484
5. 均匀化退火	458	3. 高碳铬钢热处理	485
6. 中间退火	458	4. 铬硅钢热处理	487
7. 再结晶退火	459	5. 硅锰钢热处理	488
8. 去应力退火	459	8.3.5 高合金冷作模具钢的 热处理	489
8.2.2 钢的正火	459	1. 高碳高铬钢热处理	489
1. 正火工艺的特点	459	2. Cr6WV 钢热处理	490
2. 正火与退火工艺比较	460	3. Cr4W2MoV (120) 钢热处理	490
8.2.3 钢的淬火	461	4. Cr5Mo1V 钢热处理	491
1. 钢的淬火加热	461	8.3.6 火焰淬火型冷作模具钢的 热处理	491
2. 淬火冷却介质	464	1. 常规热处理工艺规范	492
3. 淬火冷却方法	467	2. 热处理应用实例	492
4. 淬火操作程序	468	8.3.7 模具用基体钢的热处理	492
5. 钢的淬硬性和淬透性	469	1. 6Cr4W3Mo2VNb (65 Nb) 钢热处理	492
8.2.4 钢的回火	470	2. 5Cr4W5Mo2V (RM2) 钢热处理	493
1. 回火的目的	471	3. 7Cr7Mo2V2Si (LD) 钢热处理	494
2. 回火的分类	471	4. 5Cr4Mo3SiMnVA1 (012Al) 钢热处理	495
3. 回火保温时间	471	8.3.8 模具用高速工具钢的 热处理	496
4. 钢的回火脆性	471	1. W18Cr4V (W18) 钢热处理	496
8.2.5 钢的冷处理	473	2. W12Mo3Cr4V3N (V3N) 钢热处理	497
1. 冷处理的目的	473	3. W9Mo3Cr4V (9341) 钢热处理	498
2. 冷处理介质	474	4. W6Mo5Cr4V2 (M2) 钢热处理	499
3. 冷处理工艺	474	5. 6W6Mo5Cr4V (6W6)	
4. 冷处理在工、模具上的应用	474		
8.2.6 模具真空热处理	475		
1. 真空热处理工艺特点	475		
2. 模具真空热处理工艺	475		
3. 模具真空热处理应用	479		
8.3 冷作模具钢的热处理	479		
8.3.1 冷作模具钢的 合金化特点	479		
8.3.2 冷作模具钢的热处理 特点	480		
8.3.3 碳素冷作模具钢的热处理	481		

钢热处理	499	要求	517
8.4 热作模具钢的热处理	500	2. 渗碳型塑料模具钢的热	
8.4.1 热作模具钢的合金化特点	500	处理工艺	517
8.4.2 热作模具钢的热处理		8.5.6 时效硬化型塑料模具钢的	
特点	501	热处理	518
8.4.3 低合金热作模具钢的		1. 马氏体时效硬化钢	518
热处理	502	2. 析出硬化型时效硬化钢	519
1. 5CrNiMo 钢热处理	502	8.5.7 耐蚀塑料模具钢的热处理	520
2. 5CrMnMo 钢热处理	503	8.6 模具零件的热处理	521
3. 4CrMnSiMoV 钢热处理	505	8.6.1 模具零件的热处理特点	521
8.4.4 中合金热作模具钢的		8.6.2 模具零件热处理实例解析	522
热处理	506	8.6.3 新型模具钢应用示例	525
1. 4Cr5MoSiV1 (H13)		8.7 其他模具材料的热处理	527
钢热处理	506	8.7.1 铸铁材料的热处理	527
2. 4Cr5MoSiV (H11)		1. 灰铸铁的热处理	527
钢热处理	507	2. 球墨铸铁的热处理	528
3. 4Cr5W2VSi 钢热处理	509	3. 蠕墨铸铁的热处理	529
8.4.5 高合金热作模具钢的		4. 可锻铸铁石墨化退火	530
热处理	509	8.7.2 铸钢材料的热处理	530
1. 3Cr2W8V (H21) 钢热处理	510	1. 铸钢材料的特点	530
2. 3Cr3Mo3W2V (HM1)		2. 常用铸造模具用钢的热处理	531
钢热处理	511	8.7.3 锌合金模具材料及热处理	532
8.5 塑料模具钢的热处理	512	1. 锌合金模具材料的特点	532
8.5.1 塑料模具钢的合金化特点	512	2. 锌合金的超细化处理	532
8.5.2 预硬型塑料模具钢的		8.7.4 铜合金模具材料及热处理	533
热处理	513	1. 铜合金的性能及类型	533
1. 预硬型钢的特点	513	2. 铜合金的热处理	533
2. 模具材料市场的供货状况	513	8.7.5 铝合金模具材料及	
8.5.3 易切削塑料模具钢的		热处理	533
热处理	514	1. 铝合金的性能及类型	533
1. 8Cr2MnWMoVS (8Cr2S)		2. 铝合金的热处理	534
钢热处理	514	8.7.6 钢结硬质合金的热处理	534
2. 5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa)		1. 钢结硬质合金的热处理工艺	534
钢热处理	515	2. DT 大负荷碳化钨钢结硬质合金	
8.5.4 非合金中碳塑料模具钢的		及其热处理	536
热处理	516	第9章 模具表面强化技术	537
8.5.5 渗碳型塑料模具钢的		9.1 模具的化学热处理	537
热处理	517	9.1.1 模具零件的渗碳	538
1. 渗碳型塑料模具钢的应用与		1. 气体渗碳	539

2. 离子渗碳	542	2. 高频感应淬火的类型	570
3. 真空渗碳	543	3. 高频感应淬火的特点	570
4. 碳氮共渗	544	9.2.2 火焰淬火	571
9.1.2 模具零件的渗氮	545	1. 火焰淬火的工艺特点	572
1. 渗氮的基本原理	545	2. 火焰淬火的工艺控制	572
2. 渗氮的特点	546	3. 火焰淬火工艺的应用	573
3. 气体渗氮	546	9.2.3 电解液淬火	573
4. 离子渗氮	549	1. 电解液淬火的特点	574
5. 真空渗氮	551	2. 电解液淬火的原理与工艺	574
9.1.3 模具零件的渗钒	552	3. 电解液淬火的应用	574
1. 盐浴渗钒	552	9.3 模具的表面涂覆强化	575
2. 铬钒共渗	554	9.3.1 模具表面的热喷涂	575
9.1.4 模具零件的盐浴渗钨	555	1. 热喷涂技术的分类	575
1. 盐浴渗钨的特点	555	2. 热喷涂技术的特点	575
2. 盐浴渗钨渗剂、设备及工艺	555	3. 热喷涂常用的材料	576
9.1.5 模具零件的渗硼	556	4. 热喷涂技术的应用	576
1. 渗硼工艺的特点	556	9.3.2 模具表面的火焰喷涂	577
2. 渗硼质量的影响因素	556	1. 火焰喷涂的方法	577
3. 固体渗硼	557	2. 火焰喷涂的特点	578
4. 盐浴渗硼	559	3. 火焰喷涂的应用	578
5. 膏剂渗硼	559	9.3.3 模具表面的等离子喷涂	579
6. 真空渗硼	560	1. 等离子体的形成过程	579
7. 气体渗硼	561	2. 等离子喷涂的工作原理	579
8. 电解渗硼	561	3. 等离子弧的基本形式	580
9. 硼氮复合渗	562	4. 等离子喷涂的设备	581
10. 渗硼工艺的应用	563	5. 等离子喷涂工艺	581
9.1.6 模具零件的渗铬	564	6. 等离子喷涂的特点及应用	583
1. 固体渗铬	564	7. 等离子喷涂新技术	583
2. 盐浴渗铬	565	9.3.4 模具的金属堆焊技术	584
3. 气体渗铬	566	1. 金属堆焊的特点	584
9.1.7 电火花表面强化处理	567	2. 金属堆焊材料	584
1. 电火花表面强化处理的特点	567	3. 金属堆焊在模具中的应用	585
2. 电火花表面强化处理的原理与过程	567	9.4 模具的表面电镀强化	585
3. 电火花表面强化处理在模具制造上的应用	569	9.4.1 电镀强化技术	585
9.2 模具的表面热处理	569	1. 电镀镀层的分类	585
9.2.1 高频感应淬火	570	2. 电镀技术的基本原理	586
1. 高频感应淬火的原理	570	3. 模具电镀工艺	587
		4. 电镀工艺的应用	589
		9.4.2 模具电刷镀表面强化技术	589

1. 电刷镀的工作原理	589	9.6.1 激光表面强化技术	610
2. 电刷镀的主要设备	590	1. 激光的特点	610
3. 模具电刷镀的工艺过程	591	2. 激光与材料的关系	611
4. 电刷镀的技术特点	591	3. 激光热处理的特点	611
5. 电刷镀技术的应用	592	4. 激光热处理工艺	612
9.4.3 模具电镀合金技术	592	5. 激光表面合金化和表面涂覆	612
1. 电镀合金的特点	592	6. 激光表面强化的特点与应用	612
2. 合金共沉积的条件	592	9.6.2 电子束表面强化技术	613
3. 实现合金共沉积的方法	592	1. 电子束表面强化的特点	613
4. 电镀合金在模具中的应用	593	2. 电子束表面相变强化处理	614
9.4.4 化学镀表面强化技术	594	3. 电子束表面强化的应用	614
1. 化学镀的条件	594	9.6.3 离子注入技术	615
2. 化学镀的特点	594	1. 离子注入的特点	615
3. 化学镀在模具制造中的应用	594	2. 离子注入的工作原理	615
9.4.5 复合镀表面强化技术	595	3. 离子注入在模具工业中的 应用	616
1. 复合镀层的沉积机理	595	9.7 模具的表面形变强化	617
2. 复合镀的条件	596	1. 喷丸强化的特点	617
3. 复合镀层的性能特点	596	2. 喷丸强化工艺	617
4. 复合镀在模具中的应用	596	3. 喷丸强化的应用效果	618
9.5 模具的表面镀膜	597	9.8 稀土元素表面强化与复合 表面技术	618
9.5.1 物理气相沉积 (PVD)	598	9.8.1 稀土元素表面强化	618
1. 物理气相沉积的基本过程	598	1. 稀土元素的性质与应用	619
2. 真空蒸发镀膜	599	2. 稀土元素在模具表面强化中的 应用	619
3. 阴极溅射镀膜	600	9.8.2 复合表面技术的创新及 运用	620
4. 离子镀膜	603	1. 表面技术的创新	620
5. 物理气相沉积的特点及应用	605	2. 复合表面技术的运用	621
9.5.2 化学气相沉积 (CVD)	605	第10章 进口模具钢的性能与 应用	622
1. 化学气相沉积的特点	606	10.1 我国模具钢与国外各种工具钢 钢号对照	622
2. 化学气相沉积的原理	606	10.1.1 碳素工具钢钢号 近似对照	622
3. 化学气相沉积的应用	608	1. 我国与亚太各国以及国际标准的 碳素工具钢钢号近似对照	622
4. 物理气相沉积与化学气 相沉积比较	609	2. 我国与西欧、北欧各国以及欧	
9.5.3 等离子化学气相沉积 (PCVD)	609		
1. 等离子化学气相沉积的 工作原理	609		
2. 等离子化学气相沉积的特点	610		
3. 等离子化学气相沉积的应用	610		
9.6 模具的表面高能强化	610		

洲标准化委员会标准的碳素 工具钢钢号近似对照	623
3. 我国与东欧、中欧、南欧各国的 碳素工具钢钢号近似对照	623
10.1.2 合金工具钢钢号 近似对照	624
1. 我国与亚太各国以及国际标准的 合金工具钢钢号近似对照	624
2. 我国与西欧、北欧各国以及欧 洲标准化委员会标准的合金工具 钢钢号近似对照	625
3. 我国与东欧、中欧、南欧各 国的合金工具钢钢号 近似对照	626
10.1.3 高速工具钢钢号近似 对照	627
1. 我国与亚太各国以及国际标 准的高速工具钢钢号近似对照	627
2. 我国与西欧、北欧各国以及欧 洲标准化委员会标准的高速工具 钢钢号近似对照	628
3. 我国与东欧、中欧、南欧各国的 高速工具钢钢号近似对照	629
10.1.4 硬质合金牌号近似对照	629
10.2 国内进口模具钢的钢号、特性及 应用	630
10.2.1 进口冷作模具钢的钢号、 特性及应用	630
10.2.2 进口热作模具钢的钢号、 特性及应用	632
10.2.3 进口塑料模具钢的钢号、 特性及应用	634
10.2.4 进口高速工具钢的钢号、 特性及应用	640
10.2.5 进口硬质合金的牌号、 特性及应用	641
附录	642
附录1 模具材料常用汉英 词汇	642
附录2 黑色金属材料硬度及 强度换算	646
参考文献	649

第 1 章 模具及模具材料的分类

模具是用以限定生产对象的形状和尺寸的装置，是一种高效率的加工设备。模具性能和使用效果的好坏、使用寿命的长短，直接影响模具的工作质量和经济效益。模具材料的性能会影响模具质量、加工的难易程度和加工费用等，因此在模具设计时，除了合理的模具结构外，还应选用合适的模具材料及热处理方法，才能使模具获得良好的工作性能和长的使用寿命。

1.1 模具的分类

1.1.1 现代模具的特点

1) 模具是一种重要的工艺装备，广泛应用于机械、电子、汽车、信息、轻工、军工、交通、建材等制造领域。在我国经济发展、工业现代化和高端技术领域中起到了十分重要的支撑作用，因此，模具工业水平已经成为衡量一个国家制造业水平高低的重要标志，也是一个国家的工业产品保持国际竞争力的重要保证之一。

2) 在现代工业生产中，产品加工普遍采用模具冲压成形、锻压成形、压铸成形、挤压成形、塑料注射成型等加工方法，逐步取代或部分取代传统的切削加工成形工艺，实现少切削或无切削加工，是机械制造业中发展的一个方向。因此，模具已成为一种优质、高效、低消耗、低成本的工艺设备，为现代制造业的重要手段，在我国经济运行中对节能降耗起了重要作用，是国民经济中各工业部门发展的重要基础之一。

3) 模具技术正在向深度研究发展，如国内外的制造业采用精密冲压、精密锻造及等温超塑性成形等新技术，对模具的精度、表面粗糙度等提出了更高要求，形状更复杂、工作温度更高、服役条件更苛刻，而且更新换代速度快，加工对象也由原来的金属材料扩大到橡胶、陶瓷、玻璃、纸张等许多领域，模具需求量更大，品种繁多，这就要求不断地开发模具新材料，改进热处理工艺和表面强化技术。

1.1.2 模具的分类方法

模具分类的方法很多，根据成形材料、成形方法和成形设备不同，可分为冲压模具、压铸模具、锻造成型模具、铸造用金属模具、粉末冶金模具、玻璃制品模具、塑料成型模具、橡胶制品成型模具、陶瓷模具和经济模具等。这种分类方法虽然较为严密，但与模具材料的选用缺乏联系，常用分类方法见表 1-1。

表 1-1 模具常用的分类方法

分类方法		工作特点
按模具所加工材料的再结晶温度分	冷变形模具	变形在再结晶温度以下进行，产生加工硬化，使塑性变形抗力增大，模具承受的载荷增加。它又可分为冷冲模、冷挤压模、冷锻模、冷拔模四类。制品的精度、表面质量、生产率、力学性能均较高，材料利用率高
	热变形模具	加工坯料时，变形在再结晶温度以上，加工硬化和再结晶软化两种过程同时进行，因为加工的同时可消除加工硬化，所以塑性变形抗力较小，模具承载相应减轻，但工作温度高，受高温的影响较大。它主要分为热锻模、热锻模、热冲模、压铸模等
	温变形模具	变形在冷、热变形之间，既比冷变形温度高，降低了塑性变形抗力，减少了模具的承载，又低于再结晶温度，使制品保留了加工硬化，有较高的力学性能
按模具材料分	金属成形模具	指用碳素钢、合金钢、铸铁、硬质合金和钢结硬质合金及铜、铝、锌、钛等非铁金属及其合金为材料制造的模具工艺装备
	非金属成形模具	主要指用有机高分子材料、无机非金属材料、天然或人造金刚石和陶瓷、石膏、石蜡、型砂及复合材料等制造的模具工艺装备
按模具工作条件分	冷作模具	主要指在室温下完成对金属或非金属材料进行塑性变形加工的工艺装备，包括冷冲模、冷挤压模、冷锻模、冲裁模、弯曲模、拉深模、滚丝模、成形模等
	热作模具	必须将坯料加热到一定温度再进行加工，包括热锻模、热精锻模、热挤压模、热冲裁模、压铸模、热锻模等
	塑料模具	包括热固性塑料模（如压制成型模）和热塑性塑料模（如注射成型模、挤出成型模、压延成型模等）
按模具的成形方法分	压力成形模具	可分为锻造模具、冲压模具、挤压模具、拉拔模具、压铸模具等
	型腔模具	塑料模具、橡胶模具、陶瓷模具、玻璃模具、粉末冶金模具等
按加工对象分	加工金属的模具	包括冲模（如冲裁模、弯曲模、拉深模、翻孔模、缩孔模、起伏模、胀形模、整形模等）、锻模（如模锻模、锻锻模等）以及挤压模和压铸模等
	加工非金属和粉末冶金的模具	包括塑料模（如注射成型模、压制成型模和挤出成型模等）、橡胶模、陶瓷模、玻璃模和粉末冶金模等

1.1.3 模具的失效及影响因素

1. 模具的失效形式

模具的失效是指模具工作部分发生严重磨损或损坏而不能用一般修复方法（刃磨、抛磨等）使其重新服役的现象。其失效形式比较复杂，根据模具零件破坏的特点、所受载荷的类型以及外在条件，其主要失效形式可归纳为变形失效、断裂失效和表面损伤失效，见表 1-2。