

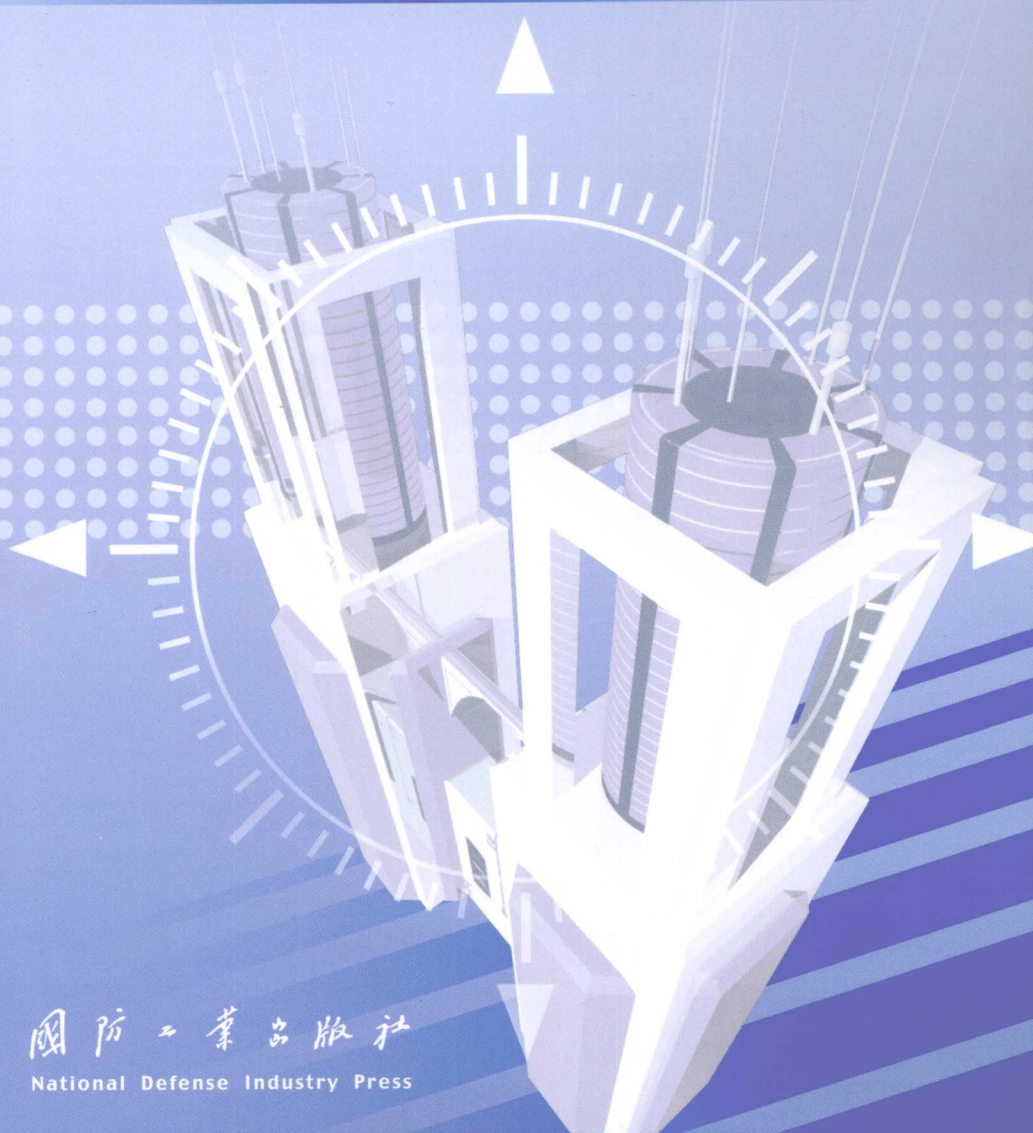
现代模具强化 新技术新工艺

黄拿灿 ◎ 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



內容簡介

现代模具强化 新技术新工艺

黄拿灿 编著

國防工業出版社

國防工業出版社
地址：北京

國防工業出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分10章。第1章简要介绍模具的常规热处理,重点分析强韧化热处理新工艺;第2章结合模具的实例讨论模具的表面化学热处理;第3章与第4章介绍模具的真空热处理与可控气氛热处理,这两种工艺方式特别适合模具的整体热处理,都是实现无氧化加热的重要技术,是模具精密制造的重要内容;第5章至第10章,分别介绍与模具现代表面改性技术密切相关的热喷涂技术、激光束表面改性、离子注入表面改性、化学气相沉积、物理气相沉积和先进的稀土表面改性技术,着重阐述各自的改性原理、基本工艺方法、选择原则与模具的实际应用范例。本书可供从事模具设计制造、汽车制造、材料加工、热处理与表面工程、轻工与塑胶制品、电子电器、军工等制造业部门与维修方面的技术人员、大学师生与高级技师参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代模具强化新技术新工艺 / 黄拿灿编著. —北京:国防工业出版社,2008.11
ISBN 978-7-118-05880-2

I. 现... II. 黄... III. 模具-强化(金属学)
—新技术 IV. TG162.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第111134号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 453 千字
2008年11月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 38.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

序

模具是现代制造业生产的重要基础工艺装备,模具制造也是制造业的重要组成部分。模具的精度、表面粗糙度、效率和寿命对产品的竞争力有直接的影响。模具材料的选择极为重要,在合理选材的基础上,热处理和各种有效的表面强化工艺,对模具的使用性能和服役寿命起着决定性的作用。

模具的失效形式主要是磨损和疲劳断裂,其次是变形。磨损和疲劳都与模具表面的强度、表面粗糙度和摩擦系数等密切相关。多年以来,机械和材料科学与工程领域的科技人员,一直努力从以下几个方面提高模具的使用寿命:研发和选用性价比高的优质模具材料;改进冷热加工方法,提高模具制造水平,尽量发挥材料的内在最佳性能,提高模具的精度和降低表面粗糙度;提高模具表面强度,改善表面应力状态等。许多新工艺新措施都收到了良好效果。

热处理和现代表面强化新技术新工艺不断涌现,科学工作者和工程师们都在努力及时地把这些新技术新工艺应用到模具生产中。在国内模具产业发展的过程中,民营企业是一支重要的生力军,极需要在生产技术、技术改造等方面得到进一步的指导,用先进热处理与现代表面技术的新设备、新工艺、新材料来进行生产。

制造业是广东最重要的支柱产业,为制造业服务的模具行业十分强大,每年为轻工制品的生产提供所需的各种塑料模,为电子产品生产提供精度高的冷冲模,为铝型材生产所需的挤压模……有些产品要求十分苛刻的高精度模具,如光盘制造模。在国内其他地区,模具产业也蒸蒸日上。

《现代模具强化新技术新工艺》一书的出版是很适时的。书中所总结和推介的许多热处理强韧化新工艺以及真空热处理、可控气氛技术,在模具生产中都很实用,是精密热处理与绿色制造的发展方向。物理气相沉积、化学气相沉积、热喷涂技术、激光束表面强化、离子注入表面改性和先进的稀土表面改性技术,均属于先进表面技术领域,都是已趋成熟的先进技术,在模具产业界大力推广这些现代技术有重要意义。黄拿灿教授多年来从事现代材料表面科学与工程学方面的教学和研究工作,在该领域颇有建树和独到见解,对相关制造业的生产实践和企业现场的情况很熟悉。该书的理论与实际结合较好,材料

丰富,图文并茂。书中对所涉及的新技术,着重阐述其各自的材料改性原理、基本工艺方法、选择原则与应用范例,对模具设计与制造者有重要的参考价值,不仅适合企业工程技术人员学习和参考,也可作为材料加工和机械工程专业师生工作和学习的参考书。

刘义

2008年5月16日

刘正义,华南理工大学教授、博士生导师,曾任华南理工大学校长,国务院学位委员会材料学科评议组成员,中国金属学会材料科学研究学会理事长,中国金属学会常务理事,中国材料研究学会常务理事。

前言

模具是制造业的重要基础工艺装备。制造业,特别是装备制造业的整体能力和水平,与模具产业的发展水平关系极大。用模具生产制品所达到的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低材料、低能耗,使模具工业在制造业中的地位愈来愈重要。

模具技术与机械、材料、电子、计算机、光学、精密检测和信息网络等诸多学科相关,是一个综合性多学科的系统工程。模具技术的发展趋势主要是模具产品向着更大型、更精密、更复杂、更可靠及更经济快速的方向发展。

要生产出一套高可靠性、长寿命的模具,“设计”是基础,“材料”与“制造”是实现设计目标的基本保证。其中,在合理选材的前提下,对模具材料的强化,是模具制造的重要环节,直接决定了模具最终的使用性能和服役寿命,是实现模具的可靠性设计目标的重要保证。

近 20 余年来,材料强化技术发展迅速,新技术、新工艺不断涌现。特别是先进的表面技术,已成为新材料、光电子、微电子和航空航天等先进产业的基础技术之一,用于模具材料强化的前景极为广阔,其中许多重要工艺技术已陆续进入工业生产领域。

写作本书的目的,是要向模具制造业界推介这些先进的材料强化新技术、新工艺,交流近 20 余年来,这些新技术、新工艺在模具强化中的应用成果,使读者对现代模具强化技术的基本原理及其发展有所了解,以促进其推广应用进程。

全书共分 10 章。第 1 章简要介绍模具的常规热处理,重点分析强韧化热处理新工艺;第 2 章结合模具的实例讨论模具的表面化学热处理;第 3 章与第 4 章介绍模具的真空热处理与可控气氛热处理,这两种工艺方式特别适合模具的整体热处理,都是实现无氧化加热的重要技术,是模具精密制造的重要内容,也是衡量一个国家热处理整体水平的主要标志之一;第 5 章至第 10 章,分别介绍模具的热喷涂技术、激光束模具表面改性、离子注入模具表面改性、工模具的化学气相沉积与物理气相沉积技术和先进的稀土表面改性技术,着重

阐述各自的改性原理、基本工艺方法、选择原则与应用范例。

本书搜集和引用了国内外科技工作者在现代模具强化和先进表面技术领域的大量研究成果和资料,其中也包括编著者本人的工作成果,它从一个侧面反映了中国模具制造与材料和表面工程领域的一些研究和开发进展情况。兹向被引用资料的相关学者表示衷心的感谢。因受篇幅所限和时间仓促,还有许多优秀成果和有价值的应用实例未能收集,日后如有机会出增订版,乐于作进一步的增补。另外,由于编著者学识有限,书中难免存在一些不当之处和疏漏,敬请读者批评指正。

借此机会,对在本书撰写过程中给予鼓励和帮助的原华南理工大学校长、国务院学位委员会材料学科评议组成员、中国金属学会材料科学研究学会理事长刘正义教授表示衷心的感谢!

黄拿灿

2008年1月

目 录

第1章 模具材料的常规热处理	1
1.1 模具钢的预先热处理	1
1.1.1 正火的应用	1
1.1.2 球化退火	2
1.1.3 调质处理	3
1.1.4 去应力退火	4
1.2 冷作模具钢的热处理	4
1.2.1 冷作模具钢的热处理特点和要求	5
1.2.2 非合金冷作模具钢的热处理	5
1.2.3 低合金冷作模具钢的热处理	6
1.2.4 高铬和中铬冷作模具钢的热处理	7
1.2.5 高速钢的热处理	12
1.2.6 基体钢的热处理	14
1.2.7 粉末冶金工模具钢的热处理	14
1.2.8 硬质合金及钢结硬质合金的热处理	16
1.3 热作模具钢的热处理	21
1.3.1 锤锻模具钢的热处理	21
1.3.2 热挤压模具钢的热处理	25
1.3.3 压铸模具钢的热处理	29
1.4 塑料模具钢的热处理	31
1.4.1 塑料模具钢热处理的工艺要点	31
1.4.2 普通型塑料模具钢的热处理	33
1.4.3 预硬型塑料模具钢的热处理	34
1.4.4 时效硬化型塑料模具钢的热处理	36
1.4.5 耐蚀塑料模具钢的热处理	37
参考文献	37
第2章 模具的化学热处理	39
2.1 模具的渗碳及碳氮共渗	39
2.1.1 渗碳和碳氮共渗的工艺特点	39
2.1.2 气体渗碳	40
2.1.3 其他渗碳工艺	46

2.1.4	碳氮共渗	46
2.1.5	渗碳与碳氮共渗工艺在模具中的应用实例	48
2.2	模具的渗氮及氮碳共渗	50
2.2.1	渗氮与氮碳共渗的技术特点	50
2.2.2	渗氮层的组成相和组织	51
2.2.3	气体渗氮	53
2.2.4	离子渗氮	56
2.2.5	氮碳共渗	58
2.2.6	渗氮与氮碳共渗工艺在工模具中的应用实例	59
2.3	模具的渗硼	63
2.3.1	渗硼及其技术特点	63
2.3.2	关于渗硼剂的设计	65
2.3.3	渗硼过程中的化学反应	66
2.3.4	渗硼工艺参数的选择	67
2.3.5	模具渗硼工艺的发展趋势	68
2.3.6	渗硼及含硼多元渗在模具中的应用	69
2.4	模具的盐浴渗金属	71
2.4.1	盐浴渗金属工艺的技术特点	71
2.4.2	盐浴的组成和一般处理工艺	72
2.4.3	盐浴渗金属工艺在模具中的应用	74
	参考文献	75
第3章	模具的真空热处理	77
3.1	真空热处理条件下钢的加热	77
3.1.1	钢在真空环境下加热的特点	77
3.1.2	钢在真空加热时应注意的问题	80
3.2	真空气冷淬火	83
3.2.1	淬火气体介质的选择	83
3.2.2	提高气体冷却能力的方法	84
3.2.3	真空高压气冷淬火技术	85
3.2.4	真空气淬在模具中的应用	88
3.3	真空油冷淬火	91
3.3.1	真空淬火油的冷却特性	91
3.3.2	油面压强对真空淬火油特性的影响	92
3.3.3	油面压强的选择及油淬时的充气	92
3.3.4	真空淬火油的使用与维护	94
3.3.5	工模具钢油冷淬火应注意的问题	95
3.3.6	模具真空油冷淬火工艺实例	95

3.4 真空渗碳	97
3.4.1 真空渗碳的工艺特点	97
3.4.2 真空渗碳技术应用时应注意的问题	98
3.4.3 真空渗碳工艺	99
3.4.4 真空渗碳技术在模具中的应用实例	101
3.5 真空渗氮与氮碳共渗	104
3.5.1 真空渗氮	104
3.5.2 真空氮碳共渗	105
参考文献	107
第4章 模具的可控气氛热处理	108
4.1 热处理可控气氛的基本原理	108
4.1.1 可控气氛的分类和选用	108
4.1.2 钢在可控气氛中实现无氧化加热的条件	110
4.1.3 气氛中的碳势控制原理	112
4.1.4 碳势的测量与控制方法	114
4.2 可控气氛密封箱式多用炉技术	116
4.2.1 密封箱式多用炉的结构及多用炉生产线	116
4.2.2 典型密封箱式多用炉	118
4.3 可控气氛底装料立式多用炉技术	121
4.3.1 底装料立式多用炉的结构和生产线	122
4.3.2 底装料立式多用炉的控制系统	124
4.3.3 底装料立式多用炉对模具强化工艺的适用性	125
4.3.4 底装料立式多用炉模具热处理实例	128
参考文献	129
第5章 模具的热喷涂技术	131
5.1 概论	131
5.1.1 热喷涂的技术特点	131
5.1.2 热喷涂分类	132
5.1.3 热喷涂材料	132
5.1.4 模具热喷涂涂层的设计	134
5.2 火焰喷涂	134
5.2.1 线材火焰喷涂	135
5.2.2 粉末火焰喷涂	136
5.3 爆炸喷涂	137
5.3.1 爆炸喷涂的原理	138
5.3.2 爆炸喷涂工艺	138
5.3.3 爆炸喷涂的涂层特性	139

5.4	电弧喷涂	141
5.4.1	电弧喷涂的原理	141
5.4.2	电弧喷涂的技术特点	141
5.4.3	超声速电弧喷涂技术	142
5.5	等离子喷涂	142
5.5.1	等离子喷涂的原理及特点	143
5.5.2	低压等离子喷涂	144
5.6	陶瓷及金属陶瓷热喷涂耐磨涂层	145
5.6.1	概述	145
5.6.2	涂层设计	147
5.6.3	纳米结构 WC-Co 涂层与微米—纳米结构复合涂层	149
5.6.4	陶瓷涂层的制备工艺	151
5.7	热喷涂技术在工模具产业中的应用	152
5.7.1	在各种轧辊、炉辊上的应用	152
5.7.2	在模具强化方面的应用	155
5.7.3	热喷涂用于模具制造	157
	参考文献	158
第6章	激光束模具材料表面改性	160
6.1	概述	160
6.1.1	激光及其特性	160
6.1.2	激光与金属表面的作用	163
6.1.3	激光表面改性的种类和特点	164
6.2	激光相变硬化	165
6.2.1	激光相变硬化工艺	166
6.2.2	激光相变硬化层的性能	167
6.2.3	激光相变硬化机理	168
6.3	激光表面合金化	169
6.3.1	激光表面合金化的技术特点	169
6.3.2	激光表面合金化工艺	170
6.3.3	激光表面合金化层的显微组织特征	172
6.3.4	激光表面合金化层的力学性能	172
6.4	激光表面熔覆	172
6.4.1	熔覆的材料与工艺问题	173
6.4.2	激光熔覆显微组织	173
6.4.3	激光熔覆层的性能	174
6.5	其他激光表面改性技术	176
6.5.1	激光熔凝	176

6.5.2	激光非晶化处理	177
6.5.3	激光冲击硬化	177
6.6	激光表面改性技术在模具中的应用	177
	参考文献	183
第7章	工模具的离子注入表面强化	184
7.1	离子注入的基本原理和技术特点	184
7.1.1	离子注入的基本原理	184
7.1.2	离子注入的技术特点	185
7.2	用于表面改性的离子注入机及离子注入工艺参数	186
7.2.1	金属蒸气真空弧离子源(MEVVA)离子注入机	186
7.2.2	气体—金属混合离子源(TITAN)离子注入机	187
7.2.3	等离子源离子注入机	188
7.2.4	离子束辅助沉积系统	189
7.2.5	离子注入的工艺参数	190
7.3	工模具材料离子注入的改性效果	190
7.3.1	离子注入提高工模具材料的表面硬度与耐磨性	191
7.3.2	离子注入提高热作模具钢的抗高温氧化性能	192
7.4	工模具材料离子注入的改性机理	194
7.4.1	离子注入强化机理	194
7.4.2	离子注入改善抗氧化性机理	197
7.5	离子注入技术在工模具中的应用	198
7.6	展望	202
	参考文献	203
第8章	工模具的化学气相沉积	205
8.1	化学气相沉积的技术特点与工艺方法	205
8.1.1	化学气相沉积的技术特点	205
8.1.2	化学气相沉积的反应条件及反应过程	206
8.1.3	化学气相沉积的基本化学反应	206
8.1.4	化学气相沉积的工艺方法	207
8.2	等离子体辅助化学气相沉积	208
8.2.1	等离子体辅助化学气相沉积的原理	208
8.2.2	等离子体辅助化学气相沉积的特点	209
8.2.3	等离子体辅助化学气相沉积装置	209
8.3	化学气相沉积金刚石与类金刚石涂层技术	210
8.3.1	金刚石与类金刚石涂层	210
8.3.2	沉积金刚石涂层的工艺方法	211
8.3.3	沉积类金刚石涂层的工艺方法	212

8.4	化学气相沉积技术在工模具方面的应用	213
8.4.1	化学气相沉积硬质合金涂层刀具	213
8.4.2	化学气相沉积硬质涂层用于模具的效果	215
8.5	金刚石涂层工模具	216
8.5.1	金刚石涂层工具的特性	216
8.5.2	金刚石薄膜涂层工模具应用实例	217
8.5.3	金刚石厚膜焊接刀具	220
8.6	类金刚石涂层工模具	223
8.6.1	在冲裁、翻边模上的应用	223
8.6.2	在引线框架脚弯曲模和封装模上的应用	224
8.6.3	在拉伸模上的应用	224
8.6.4	在硬质合金粉末压制模和光盘模上的应用	224
8.6.5	在其他模具上的应用	225
8.6.6	在钻头、铣刀和某些刀片上的应用	225
	参考文献	226
第9章	工模具的物理气相沉积	227
9.1	溅射涂层	227
9.1.1	溅射涂层的原理及分类	227
9.1.2	磁控溅射技术	228
9.2	离子镀技术	230
9.2.1	概述	230
9.2.2	电弧离子镀的基本原理	230
9.2.3	电弧离子镀膜机	232
9.2.4	电弧离子镀的工艺设计	233
9.3	硬质涂层力学性能的特征与检测	234
9.3.1	涂层结合力	234
9.3.2	用裂纹密度参数评价涂层的断裂韧性	236
9.4	Ti-N系涂层多元多层强化研究进展	237
9.4.1	多元涂层的发展	237
9.4.2	多层涂层的发展	238
9.4.3	纳米涂层	239
9.4.4	复合涂层	240
9.5	稀土元素对离子镀涂层的改性作用	241
9.5.1	稀土离子镀涂层的力学性能	241
9.5.2	稀土离子镀涂层的高温抗氧化性	243
9.5.3	稀土元素对电弧离子镀涂层的颗粒和致密度的改善	248
9.5.4	用“吸入式”稀土添加法合成稀土离子镀涂层	252

9.6 渗氮—离子镀复合涂层	254
9.6.1 复合层的概念	254
9.6.2 复合层的制备方法	255
9.6.3 复合层的组织与性能	256
9.7 工模具真空涂层产业的发展	258
9.7.1 工模具真空涂层产业的发展现状	258
9.7.2 加速发展的对策	260
9.8 物理气相沉积技术在工模具的应用	261
9.8.1 常用 PVD 涂层的特性和对工模具的适用性	261
9.8.2 PVD 硬质涂层工具	262
9.8.3 PVD 硬质涂层模具	265
参考文献	268
第 10 章 先进的稀土表面改性技术及其在模具上的应用	270
10.1 稀土材料表面改性的基本概念与内涵	270
10.1.1 稀土化学热处理与稀土材料表面改性的概念	270
10.1.2 稀土材料表面改性的分类	271
10.1.3 稀土元素在材料表面改性中的作用	272
10.1.4 稀土元素在材料表面改性应用中应注意的一些问题	272
10.2 稀土元素提高材料表面强化效能	272
10.2.1 稀土渗碳	273
10.2.2 稀土碳氮共渗	275
10.2.3 稀土渗氮	277
10.2.4 稀土渗硼	279
10.2.5 稀土热喷涂层	280
10.2.6 激光稀土合金化	283
10.3 稀土对表面技术节能降耗的积极意义	284
10.3.1 稀土对渗碳的催渗效果	285
10.3.2 稀土对碳氮共渗动力学过程的影响	287
10.3.3 稀土对缩短渗氮与氮碳共渗工艺周期的积极作用	288
10.3.4 稀土对渗硼的催渗作用	291
10.3.5 稀土对电镀过程的催镀作用	292
10.4 稀土添加剂在镀铬中的应用	293
10.4.1 稀土添加剂的应用背景	293
10.4.2 稀土添加剂在镀铬中的作用	294
10.4.3 稀土添加剂的使用效果	297
10.4.4 稀土镀铬液的配制与维护	299

10.4.5 稀土镀铬技术需改进的问题	299
10.5 稀土表面改性技术在模具强化中的应用实例	300
参考文献	305
1.1 绪论	1
1.2 模具材料	2
1.3 模具热处理	3
1.4 模具表面处理	4
1.5 模具表面涂层	5
1.6 模具表面强化	6
1.7 模具表面改性	7
1.8 模具表面修复	8
1.9 模具表面检测	9
1.10 模具表面防护	10
1.11 模具表面环保	11
1.12 模具表面其他	12
1.13 模具表面应用	13
1.14 模具表面展望	14
1.15 模具表面参考文献	15
1.16 模具表面附录	16
1.17 模具表面索引	17
1.18 模具表面其他	18
1.19 模具表面其他	19
1.20 模具表面其他	20
1.21 模具表面其他	21
1.22 模具表面其他	22
1.23 模具表面其他	23
1.24 模具表面其他	24
1.25 模具表面其他	25
1.26 模具表面其他	26
1.27 模具表面其他	27
1.28 模具表面其他	28
1.29 模具表面其他	29
1.30 模具表面其他	30
1.31 模具表面其他	31
1.32 模具表面其他	32
1.33 模具表面其他	33
1.34 模具表面其他	34
1.35 模具表面其他	35
1.36 模具表面其他	36
1.37 模具表面其他	37
1.38 模具表面其他	38
1.39 模具表面其他	39
1.40 模具表面其他	40
1.41 模具表面其他	41
1.42 模具表面其他	42
1.43 模具表面其他	43
1.44 模具表面其他	44
1.45 模具表面其他	45
1.46 模具表面其他	46
1.47 模具表面其他	47
1.48 模具表面其他	48
1.49 模具表面其他	49
1.50 模具表面其他	50
1.51 模具表面其他	51
1.52 模具表面其他	52
1.53 模具表面其他	53
1.54 模具表面其他	54
1.55 模具表面其他	55
1.56 模具表面其他	56
1.57 模具表面其他	57
1.58 模具表面其他	58
1.59 模具表面其他	59
1.60 模具表面其他	60
1.61 模具表面其他	61
1.62 模具表面其他	62
1.63 模具表面其他	63
1.64 模具表面其他	64
1.65 模具表面其他	65
1.66 模具表面其他	66
1.67 模具表面其他	67
1.68 模具表面其他	68
1.69 模具表面其他	69
1.70 模具表面其他	70
1.71 模具表面其他	71
1.72 模具表面其他	72
1.73 模具表面其他	73
1.74 模具表面其他	74
1.75 模具表面其他	75
1.76 模具表面其他	76
1.77 模具表面其他	77
1.78 模具表面其他	78
1.79 模具表面其他	79
1.80 模具表面其他	80
1.81 模具表面其他	81
1.82 模具表面其他	82
1.83 模具表面其他	83
1.84 模具表面其他	84
1.85 模具表面其他	85
1.86 模具表面其他	86
1.87 模具表面其他	87
1.88 模具表面其他	88
1.89 模具表面其他	89
1.90 模具表面其他	90
1.91 模具表面其他	91
1.92 模具表面其他	92
1.93 模具表面其他	93
1.94 模具表面其他	94
1.95 模具表面其他	95
1.96 模具表面其他	96
1.97 模具表面其他	97
1.98 模具表面其他	98
1.99 模具表面其他	99
1.100 模具表面其他	100

第 1 章 模具材料的常规热处理

为了改善模具的使用性能,提高模具寿命,在合理选择模具用材的基础上,采用恰当的热处理工艺至为重要。对于人们熟悉的我国常用的冷作模具钢,如 CrWMn, Cr12 型钢等,常因碳化物分布不均匀,导致模具在使用中崩刃和开裂。常用的热作模具钢,如 5CrMnMo、3Cr2W8V 等,存在的主要问题是,其热强性或冷热疲劳性能常不能满足使用要求。另外,国内外已开发成功不少强韧性好的新型冷作和热作模具钢,但常感其耐磨性不足。上述问题,一般都可以通过改进常规热处理工艺,或施以不同的表面强化处理,以改善其强韧性和进一步提高其耐磨性,使问题获得解决。近十多年来,随着我国装备制造业的迅速发展,人们对模具的要求越来越高。对一些精密复杂的冷冲模、塑料模、压铸模等,还常常采用现代的工艺装备和新技术、新工艺,对其进行处理,使模具服役寿命大幅度提高,产生显著的经济效益。在本章中,除了对一些基础性工艺进行论述外,将重点向读者推介模具强韧化新技术、新工艺。

1.1 模具钢的预先热处理

预先热处理对于提高模具的塑性、韧性,改善切削加工性和减小最终热处理变形有重要的作用,同时也为模具的最终热处理作好组织准备。模具钢常用的预先热处理主要有正火、球化退火、调质处理和消除应力退火等。

1.1.1 正火的应用

正火作为模具毛坯预处理,主要应用于下述几种场合:

- (1) 用于消除中高碳钢的不良组织,如网状碳化物、魏氏组织铁素体、魏氏组织渗碳体等。
- (2) 模具用渗碳钢通过正火可细化先共析铁素体,以改善切削加工性能。
- (3) 作为球化退火前的附加工序,加速及改善球化过程。
- (4) 用于大中型热锻模块(厚度 300mm~400mm),可细化锻态组织,使组织均匀化,提高强韧性,这比退火效果更好。

某些常用模具钢的正火规范如表 1-1 所列。

表 1-1 常用模具钢的正火规范

钢 号	$A_{cm}/^{\circ}\text{C}$	正火温度/ $^{\circ}\text{C}$	硬度(HB)	采用正火之目的
45	780(A_{C3})	840~860	170~217	用于改善毛坯的切削性能
40Cr	782	850~870	180~230	
5CrMnMo	760(A_{C3})	860~880	≤ 230	细化组织,改善力学性能
5CrNiMo	770	(附加高温回火)		

(续)

钢 号	$A_{cm}/^{\circ}\text{C}$	正火温度/ $^{\circ}\text{C}$	硬度 (HB)	采用正火之目的
T7A	770 (A_{C3})	800 ~ 820	228 ~ 285	促进球化,改善毛坯的切削性能
T8A	730	780 ~ 800	240 ~ 300	
T10A	800	830 ~ 850	255 ~ 320	促进球化,消除网状渗碳体
T12A	820	780 ~ 800	280 ~ 340	
Cr2	900	900 ~ 920	302 ~ 390	消除网状及粗片状、球状混合组织,改善淬透性
9CrWMn	900	880 ~ 900		
CrWMn	940	930 ~ 950	388 ~ 515	消除网状碳化物
CrW5	805	880 ~ 900	360 ~ 475	细化组织,改善淬透性

1.1.2 球化退火

球化退火是模具钢中应用最普遍的预先热处理工艺,主要用于共析钢或过共析钢。通过球化退火,使钢的硬度降低,改善切削加工性能,并为淬火作必要的组织准备。

球化退火的工艺要点是,把钢加热到稍高于 A_{c1} 的温度 (如 A_{c1} 以上 $30^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$), 充分保温,使二次碳化物球化,然后随炉缓冷,或在 A_{c1} 附近温度等温,使那些细小的二次碳化物颗粒成为珠光体转变的核心,从而形成球化组织,之后再出炉空冷。

在实际生产中,按照上述工艺要点,可以设计出几种不同的球化工艺。例如,对于常用于制造各种形状复杂的冷挤压模和冲裁模具的 CrWMn 钢,可以采用如图 1-1 所示的 4 种不同工艺^[1]。

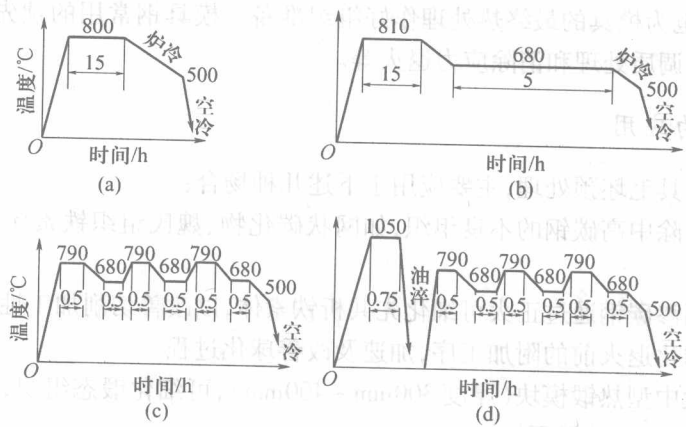


图 1-1 CrWMn 钢球化退火工艺

(a) 常规退火; (b) 等温球化退火; (c) 循环球化退火; (d) 高温固溶 + 循环球化退火。

对 CrWMn 钢,经金相分析,发现按常规退火工艺处理的,球化效果很不好,钢组织中有不少片状碳化物;经 $810^{\circ}\text{C}/680^{\circ}\text{C}$ 等温球化退火处理的,碳化物呈不规则的颗粒状分布在铁素体基体上,分布不均匀;经 $790^{\circ}\text{C}/680^{\circ}\text{C}$ 三次循环球化退火处理的,颗粒状碳化物尺寸变小,分布较为均匀;而经 1050°C 固溶加 $790^{\circ}\text{C}/680^{\circ}\text{C}$ 三次循环球化退火处理后,碳化物呈细小颗粒状析出,且弥散程度高。