

郭耕三 编著

机械工业出版社

高速钢及其 热处理

高速钢及其热处理

郭耕三 编著



机械工业出版社

本书共分十四章,对涉及高速钢及其热处理有关的内容,都不同程度地进行了介绍。既阐述了与高速钢热处理有关的化学成分及组织;还介绍了高速钢冶炼、锻造、焊接、粉末冶金、热加工成形的新型工艺以及磨削;考虑到我国的资源状况,书中比较系统地介绍了国产新型高速钢;围绕着提高工具的性能,书中又较系统地介绍了测试技术及废品分析。

书中除了介绍了我国的生产实践经验和研究成果外,还搜集了大量美、日、西德、苏联的重要文献以及各国学者不同的学术观点。

本书主要的读者对象为本专业的工程技术人员和有关的高等、中等院校的师生参考。

高速钢及其热处理

郭耕三 编著

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $24^{3/8}$ · 字数 531 千字

1985年5月北京第一版·1985年5月北京第一次印刷

印数 0,001—6,900 · 定价5.00元

*

统一书号: 15033·5552

前 言

在工具制造厂工作了数十个寒暑的我,在工作中,曾遇到若干技术问题,为此,我曾查阅大量国内外文献资料。深深感到作为一个高速钢热处理工作者,不仅要掌握热处理理论,还应懂得高速钢的冶炼、锻造、焊接等过程;不仅要熟悉热加工工序,还应略知冷加工工序(尤其是磨削);不仅要了解现阶段的工艺,还应知道此项工艺的发展方向等。基于这些认识,我才冒昧地动笔写这部书。

古人说:“千金之裘,非一狐之腋;庙廊之材,非一木之枝”。写这部书,当然也必须有众人的帮助。首先感谢北京钢铁学院陈景榕同志对本书进行了多次认真的审阅并对全书的技术内容作了许多订正。

还要感谢北京钢铁研究总院王世章、哈尔滨工业大学刘志儒、北京工业大学张建华、成都工具研究所吴元昌、孙琪、李惠友、马宝成、廖先富等同志曾为这部书的一些章节提出了宝贵意见。感谢曹勇家、黄汉炎、廖先富、王恩泽、李贴锦、张元枝、周啸农、郎增林、马炎冰等同志提供了许多资料及照片。感谢北京工具厂张建华、尹存等同志,为这部书翻拍了大量照片及图表。本书之所以能出版,与以上诸同志的帮助是分不开的。

作者自知才疏学浅,况仅有记问之学,虽胼手胝足,但书中的错误仍在所难免,请读者提出批评、指正。

目 录

前言

第一章 概述	1
§ 1 高速钢在工具材料中的地位	2
§ 2 高速钢的发展简史	4
§ 3 高速钢的现状及其发展方向	7
3.1 高速钢的现状	7
3.1.1 高速钢的成分	8
3.1.2 各国高速钢标准的动态	20
3.2 高速钢的发展方向	21
3.2.1 发展工具合金强韧化理论和探索新型的 合金化方案	21
3.2.2 改进或建立新型的冶金工艺及相应的设备	25
3.2.3 应用范围正在进一步扩大	25
3.2.4 改进淬火、回火设备及工艺	26
§ 4 高速钢的分类、选择和评价	26
4.1 高速钢的分类	26
4.2 高速钢的选择	27
4.3 高速钢的评价	29
第二章 合金元素的作用	34
§ 1 碳的作用	34
1.1 碳对钢性能的影响	34
1.2 碳在高速钢中的作用	34
1.3 碳对高速钢热处理性能的影响	37
1.4 表面碳量的影响	41
1.5 “平衡碳”原则	43

1.5.1 G.Steven “平衡碳” 算法	44
1.5.2 “平衡碳” 的分析	46
§ 2 合金元素的作用	50
2.1 钨元素的作用	50
2.1.1 钨在高速钢中的作用	50
2.1.2 钨对热处理性能的影响	54
2.2 钼元素的作用	55
2.3 钒元素的作用	56
2.3.1 钒在高速钢中的作用	56
2.3.2 钒对热处理性能的影响	59
2.4 铬元素的作用	64
2.4.1 铬在高速钢中的作用	64
2.4.2 铬对高速钢热处理性能的影响	66
§ 3 其它元素的作用	68
3.1 钴的作用	68
3.2 铝的作用	72
3.3 铌的作用	74
3.4 稀土元素的作用	75
3.5 钛的作用	75
3.6 氮的作用	76
3.7 硅的作用	79
3.8 硫的作用	80
3.9 硼的作用	80
第三章 高速钢的组织与性能	83
§ 1 高速钢的组织	83
1.1 高速钢中碳化物相	85
1.1.1 概述	85
1.1.2 碳化物的分布及尺寸	88
1.1.3 碳化物的种类及性质	91

VI

1.1.4 碳化物不均匀性对高速钢各种性能的影响	97
1.1.5 碳化物的形状和大小对高速钢性能的影响	103
1.2 高速钢奥氏体晶粒度	106
1.2.1 奥氏体晶粒度的测量	106
1.2.2 奥氏体晶粒度对高速钢性能的影响	109
1.2.3 影响高速钢奥氏体晶粒大小的因素	112
§ 2 高速钢的性能	117
2.1 使用性能	117
2.1.1 切削性能	118
2.1.2 耐磨性能	119
2.1.3 常温硬度	121
2.1.4 高温硬度	122
2.1.5 各向异性	124
2.1.6 导热性	124
2.2 工艺性能	125
2.2.1 锻造性能	125
2.2.2 机械加工性能	126
2.2.3 淬火的过热敏感性	127
2.2.4 淬火时变形及开裂倾向	127
2.2.5 氧化脱碳倾向	128
2.3 机械性能	128
2.3.1 韧性	129
2.3.2 小能量多次冲击疲劳抗力	131
2.3.3 抗拉强度	133
2.3.4 压缩强度	133
2.3.5 断裂韧性	133
第四章 高速钢的锻造	137
§ 1 锻造工艺	137
1.1 高速钢锻造前的加热	137

1.2 最佳锻造温度	142
1.3 锻造方法	143
1.3.1 单向延伸法	144
1.3.2 单向镦粗法	144
1.3.3 不变方向反复镦粗伸长法	145
1.3.4 十字锻造法	146
1.3.5 双十字锻造法	147
1.3.6 镦粗和伸长对碳化物的影响	148
§ 2 锻造操作及其设备	149
2.1 锻造操作	149
2.1.1 锻造比	149
2.1.2 镦拔次数	151
2.2 锻造设备的选择	153
2.3 锻造前的准备工作	154
2.3.1 原材料碳化物偏析的检验	154
2.3.2 锻件投料前应考虑的因素	154
2.4 锻件冷却	154
§ 3 高速钢工具的其它锻造工艺	155
3.1 概述	155
3.2 摆动辗压锻造的特点	156
3.3 摆辗机结构及其工艺	158
3.3.1 摆辗机结构	158
3.3.2 摆辗工艺	159
3.4 摆动辗压高速钢工件存在的问题	159
§ 4 高速钢锻造的缺陷分析	160
4.1 中心十字裂纹 (包括两端面十字裂纹)	160
4.2 淬火后中心裂纹	161
4.3 碎裂	162
4.4 表面裂纹	162

第五章 高速钢的热处理	164
§ 1 高速钢热处理时的各种转变	164
1.1 加热时的转变	164
1.1.1 高速钢在低于奥氏体化温度范围的组织转变	165
1.1.2 高速钢在奥氏体化温度范围内的组织转变	165
1.1.3 高速钢加热到 900°C 以上时的组织变化情况	167
1.2 冷却时的转变	176
1.2.1 珠光体转变区以上	178
1.2.2 珠光体转变区	179
1.2.3 过冷奥氏体稳定区	180
1.2.4 贝氏体转变	181
1.2.5 马氏体转变区	185
1.3 回火转变	193
1.3.1 高速钢回火时的组织转变	193
1.3.2 高速钢的二次硬化	195
1.3.3 回火过程中残余奥氏体的转变	199
§ 2 高速钢的退火与调质	201
2.1 退火温度	202
2.2 退火时间	203
2.3 退火冷却方法	205
2.4 退火方法	206
2.4.1 分段冷却退火法	206
2.4.2 等温退火法	207
2.4.3 水冷退火法和空冷退火法	209
2.4.4 常用的几种高速钢退火工艺	209
2.5 高速钢的调质	210
§ 3 高速钢淬火	211
3.1 预热	211
3.2 加热温度	214

3.2.1 选择高速钢加热温度的原则	214
3.2.2 加热温度对晶粒大小的影响	216
3.2.3 加热温度对切削性能的影响	218
3.2.4 加热温度对硬度的影响	220
3.3 加热时间	221
3.3.1 加热时间的概念	221
3.3.2 加热时间和加热温度的关系	222
3.3.3 加热时间的确定	223
3.3.4 加热时间对高速钢性能及组织的影响	229
3.4 冷却	232
3.4.1 加热和冷却过程中工件温度的变化	232
3.4.2 冷却方式的选择	233
3.5 分级淬火	234
3.5.1 分级淬火的定义及其特点	234
3.5.2 分级淬火工艺	236
3.5.3 高温分级淬火	239
3.6 等温淬火	243
3.6.1 等温淬火的特点	243
3.6.2 等温淬火及贝氏体组织对钢材性能的影响	245
3.6.3 等温淬火工艺	248
§ 4 高速钢的回火	254
4.1 回火温度	254
4.2 回火时间	256
4.3 回火次数	261
4.4 回火对高速钢各种性能的影响	264
4.4.1 热硬性	264
4.4.2 弯曲强度	265
4.4.3 扭转强度	269

4.4.4 冲击韧性	269
4.4.5 压缩强度	272
4.5 回火方法	272
4.5.1 低温预回火法	272
4.5.2 两次回火法	273
4.5.3 分级回火再加一次普通回火	274
4.5.4 快速回火	275
§ 5 高速钢的冷处理	282
§ 6 高速钢半硬化处理 (低温淬火)	285
6.1 半硬化处理后的显微组织	287
6.2 半硬化处理对高速钢各种性能的影响	289
6.2.1 硬度	289
6.2.2 耐磨性能	289
6.2.3 压缩屈服极限	290
6.2.4 扭转特性	291
6.2.5 冲击韧性及抗弯强度	293
第六章 钼高速钢及其热处理	303
§ 1 6-5-4-2型高速钢各种性能	304
1.1 韧性	305
1.2 6-5-4-2型高速钢热加工特点	305
1.3 脱碳和氧化	306
1.4 切削性能	307
1.5 机械性能和物理性能	308
1.6 合金元素对6-5-4-2钢性能的影响	311
1.7 含碳量对6-5-4-2钢性能的影响	313
§ 2 6-5-4-2型高速钢的热处理	316
2.1 6-5-4-2钢的退火	317
2.2 6-5-4-2钢淬火	318
2.2.1 加热温度	318

2.2.2 加热时间	320
2.3 6-5-4-2钢的回火	324
2.4 6-5-4-2钢热处理变形	328
§ 3 其它含钼高速钢的热处理	329
3.1 高V-W-Mo型、W-Mo-Co型高速钢	329
3.2 钼系高速钢	330
第七章 国产新型高速钢	333
§ 1 W10Mo4Cr4V3Al(5F-6)	333
1.1 简述	333
1.2 工艺性能	334
1.2.1 锻造、轧制及退火	334
1.2.2 淬火及回火工艺性能	335
1.3 使用性能	338
1.3.1 高温硬度(热硬性)	338
1.3.2 红硬性	338
1.3.3 机械性能	339
1.3.4 切削性能	339
§ 2 95W18Cr4V	342
2.1 简述	342
2.2 工艺性能	343
2.2.1 锻造、轧制及退火	343
2.2.2 淬火及回火工艺性能	343
2.3 使用性能	346
2.3.1 回火硬度及红硬性	346
2.3.2 机械性能	346
2.3.3 切削性能	347
2.4 对高碳18-4-1钢的分析	348
§ 3 W12Cr4V3Mo3Co5Si	349
3.1 简述	349

XI

3.2 工艺性能	350
3.2.1 锻造及退火	350
3.2.2 淬火及回火	351
3.2.3 磨削性能	356
3.3 使用性能	356
3.3.1 高温硬度与红硬性	356
3.3.2 机械性能	356
3.3.3 切削性能	357
3.4 W ₁₂ Mo ₃ Cr ₄ V ₃ Co ₅ (Co5钢)	358
§ 4 W ₁₄ Cr ₄ VMnR	360
4.1 简述	360
4.2 工艺性能	361
4.2.1 热轧扭锥柄钻头	361
4.2.2 四辊纵向轧制试验	361
4.2.3 淬火及回火	365
4.3 切削性能	368
§ 5 W ₆ Mo ₅ Cr ₄ V ₅ SiNbAl(B201)	368
5.1 简述	368
5.2 工艺性能	369
5.2.1 退火	369
5.2.2 淬火及回火	369
5.3 机械性能	370
5.4 切削性能	371
§ 6 W ₆ Mo ₅ Cr ₄ V ₂ Al	372
6.1 概述	372
6.2 M2Al 钢的锻造及热处理	373
6.2.1 M2Al 钢的锻造	373
6.2.2 退火	373
6.2.3 淬火	374

6.2.4 回火 (回火温度及回火时间)	375
6.3 M2A1 钢的组织及性能	376
6.3.1 M2A1 钢的组织	376
6.3.2 铝高速钢的各项性能	378
§ 7 W9Mo3Cr4V	379
7.1 简述	379
7.2 工艺性能	380
7.2.1 退火	380
7.2.2 淬火	381
7.2.3 回火	383
7.3 使用性能	385
7.3.1 高温硬度及红硬性	385
7.3.2 冲击韧性及抗弯强度	386
7.3.3 切削性能	386
第八章 高速钢工具的热处理操作	390
§ 1 铸造刀具的热处理	390
1.1 退火	390
1.2 消除莱氏体的热处理	392
1.3 铸造刀具的最终热处理	394
1.4 铸造刀具热处理后的性能	396
1.4.1 铸造刀具热处理后的红硬性	396
1.4.2 铸造高速钢的韧性	397
§ 2 仪表刀具的热处理	398
§ 3 焊接刀具的热处理	404
3.1 焊接刀具的退火	404
3.2 焊接刀具的淬火	405
§ 4 拉刀的热处理	408
4.1 概述	408
4.2 拉刀材料的选择及要求	409

4.2.1 拉刀材料的选择	409
4.2.2 对高速钢质量方面的要求	409
4.3 拉刀的热处理	411
4.3.1 消除应力退火	411
4.3.2 淬火及回火	413
4.4 拉刀的校直	418
4.4.1 拉刀的变形概况	419
4.4.2 校直方法	419
§ 5 车刀的热处理	425
5.1 淬火加热方法	425
5.2 淬火加热温度及保温时间	425
§ 6 铣刀的热处理	428
6.1 概述	428
6.2 铣刀材料的选择	428
6.3 用于铣刀钢材的原始组织	430
6.4 铣刀热处理的一般规程	433
6.4.1 淬火	433
6.4.2 回火	434
6.4.3 表面处理	435
6.5 几种铣刀的热处理	435
6.5.1 锯片铣刀	435
6.5.2 三面刃铣刀	438
6.5.3 柄式沟槽铣刀	439
6.5.4 齿轮刀具	440
§ 7 螺纹刀具——丝锥的热处理	444
7.1 概述	444
7.2 钢材的选择	445
7.3 丝锥的热处理	446
7.4 丝锥的热处理变形	447

§ 8 铰刀的热处理	449
§ 9 钻头的热处理	450
9.1 概述	450
9.2 钻头的热处理	450
9.3 钻头的校直	455
§ 10 高速钢模具的热处理	457
10.1 概述	457
10.2 高速钢模具应具备的性能	457
10.3 原材料质量	458
10.4 冷挤压模具	459
§ 11 基体钢及其热处理	461
11.1 概述	461
11.2 一些基体钢的化学成分及其特点	462
11.3 基体钢的用途	464
11.4 国内研制的基体钢的化学成分及其特点	466
第九章 高速钢工具表面强化处理	470
§ 1 概述	470
§ 2 蒸汽氧化处理	473
2.1 蒸汽处理的原理	473
2.1.1 蒸汽处理提高切削寿命的原因	473
2.1.2 Fe_3O_4 薄膜的形成	474
2.2 蒸汽处理操作及设备	474
2.2.1 设备及操作	474
2.2.2 加热温度及保温时间对蒸汽处理质量的影响	475
2.3 蒸汽处理的效果	476
§ 3 渗氮(氮化)	479
3.1 高速钢盐浴渗氮	480
3.2 高速钢的液体低温碳氮共渗(液体软氮化)	483
3.2.1 液体低温碳氮共渗的特点	484

3.2.2	液体低温碳氮共渗原理	485
3.2.3	液体低温碳氮共渗工艺	487
3.2.4	高速钢工具经液体低温碳氮共渗后的效果	488
3.3	高速钢气体低温碳氮共渗 (气体软氮化)	489
3.3.1	混合气体法	489
3.3.2	固体送料法	490
3.3.3	有机液滴注法	491
3.3.4	气体低温碳氮共渗工艺参数的讨论	495
3.3.5	气体低温碳氮共渗对高速钢性能的影响	498
3.4	高速钢的离子渗氮 (离子氮化)	500
3.4.1	概述	500
3.4.2	高速钢工具的离子渗氮	502
§ 4	氮氧处理	510
4.1	概述	510
4.2	氮氧处理的反应式	510
4.3	氮氧处理的工艺	511
4.4	氮氧处理后的金相组织	512
4.5	工艺参数对氮氧处理质量及性能的影响	515
4.5.1	影响氮氧渗层结构的主要因素	515
4.5.2	对渗层硬度的影响	517
4.5.3	工艺参数对工件性能的影响	518
4.6	氮氧处理的效果	521
4.6.1	变形及防锈性能	521
4.6.2	氮氧处理对工具性能的影响	522
§ 5	硫化处理及磷化处理	525
5.1	硫化处理	525
5.1.1	硫化原理	525
5.1.2	硫化工艺过程	525
5.1.3	硫化处理对高速钢性能的影响	527