

热处理技术

(下)

唐殿福 主编

辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

热处理技术. 下/ 唐殿福主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.2

ISBN 978-7-5381-9047-2

I. ①热… II. ①唐… III. ①热处理 IV. ①TC15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 023194 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳全成广告印务有限公司

经销者: 各地新华书店

开 本: 850mm × 1168mm 1/32

印 张: 37.5

字 数: 970 千字

出版时间: 2015 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2015 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 王玉宝 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-9047-2

定 价: 96.00 元

投稿热线: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkjc@126.com

http: //www. lnkj. com. cn

本社法律顾问: 陈光律师

咨询电话: 13940289230

第一篇

工具钢及其热处理

姚艳书 唐殿福 主编

总目录

第一篇/1……838

工具钢及其热处理

姚艳书 唐殿福 主编

第二篇/1……324

淬火冷却技术及淬火介质

于程歆 刘 林 主编

目 录

前 言

第一章 工具钢总论	1
第一节 工具钢的分类及其基本性能要求	1
一、工具钢的分类	1
二、工具钢的基本性能要求	2
第二节 工具钢的发展概况	10
一、工具钢材料的发展概况	10
二、工具钢的生产技术及装备的进步	23
第三节 工具钢的国家标准	25
一、碳素工具钢的国家标准	25
二、高速工具钢的国家标准	29
三、合金工具钢的国家标准及与国外标准的比较	43
第二章 碳素工具钢及低合金工具钢	55
第一节 碳素工具钢	55
一、概述	55
二、碳素工具钢的淬透性、淬硬性及奥氏体晶粒度	57
三、碳素工具钢的力学性能	60
四、碳素工具钢的热处理	63
五、碳素工具钢热处理常见缺陷及防止措施	73
第二节 低合金工具钢	77
一、概述	77
二、低合金工具钢的合金化	78
三、低合金工具钢钢号分析	82

四、低合金工具钢的临界点及热处理工艺规范	88
第三章 高速工具钢	90
第一节 高速钢的合金化	90
一、高速钢中的碳	91
二、高速钢中的钨	93
三、高速钢中的钼	96
四、高速钢中的钒	97
五、高速钢中的铬	99
六、高速钢中的钴及其他元素	100
第二节 高速钢的铸态组织及其性能	102
一、高速钢的铸态组织	102
二、高速钢的碳化物不均匀性对性能的影响	105
三、改善碳化物不均匀性的途径	106
第三节 高速钢在热处理过程中的组织转变	108
一、高速钢退火过程中的组织转变	108
二、高速钢淬火加热和冷却过程中的组织转变	109
第四节 高速工具钢的热处理	124
一、高速工具钢的球化退火	124
二、高速工具钢的淬火和回火工艺	125
三、高速工具钢刀具常用表面化学热处理方法	132
第五节 高速工具钢的质量检验及缺陷分析	135
一、高速工具钢的质量检验	135
二、高速工具钢常见热处理缺陷分析及实例	140
第四章 冷作模具钢	151
第一节 冷作模具钢性能要求、分类、选用及主要失效形式	151
一、冷作模具钢性能要求	151
二、冷作模具钢的分类及选用	155
三、冷作模具主要的失效形式	170

四、冷作模具材料的抗断裂能力	172
第二节 冷作模具用碳素工具钢及低合金工具钢	173
一、碳素工具钢	173
二、低合金工具钢	195
三、新型（非标准）低合金冷作模具钢	219
第三节 高碳高铬冷作模具钢	236
一、概述	236
二、Cr12 型钢的铸态组织与热压力加工	238
三、Cr12 钢	245
四、Cr12MoV 钢	247
五、Cr12Mo1V1 钢	252
六、Cr12 型钢常见组织缺陷及失效（开裂）实例分析	256
第四节 中铬及中、高合金冷作模具钢	265
一、Cr5Mo1V 钢	265
二、Cr4W2MoV 钢	269
三、7Cr7Mo3V2Si、7Cr7Mo2V2Si 钢	274
四、9Cr6W3Mo2V2 钢	281
五、6Cr5Mo3W2VSiTi 钢	288
六、6Cr4Mo3Ni2WV 钢	293
七、5Cr4Mo3SiMnVAl 钢	299
八、其他中铬及中、高合金冷作模具钢	305
第五节 高速钢	306
一、高速钢冷作模具应用概况	306
二、高速钢冷作模具热处理、组织和性能	313
三、高速钢冷作模具应用实例	315
第六节 基体钢	321
一、概述	321
二、6Cr4W3Mo2VNb 钢	323

三、6W6Mo5Cr4V 钢	331
第七节 硬质合金及钢结硬质合金	335
一、硬质合金	335
二、钢结硬质合金	344
三、应用实例	357
第五章 热作模具钢	364
第一节 热作模具钢总论	364
一、热作模具钢发展概况	365
二、热作模具的工作条件及其对性能的要求	366
三、热作模具的失效与寿命	372
四、常用热作模具钢性能比较与模具钢的选用	377
第二节 锤锻模具用钢	379
一、锤锻模具工作条件、性能要求及其合金化	379
二、锤锻模具用钢钢号分析与比较	380
三、锤锻模具用钢的热处理	389
第三节 热挤压、热镦锻及精锻模用钢	403
一、热挤压、热镦锻及精锻模的工作条件、性能要求及其合金化	403
二、典型钢号分析与比较	404
三、中铬及中、高合金热作模具钢常见组织缺陷	430
四、中铬及中、高合金热作模具失效实例	438
五、中铬及中、高合金热作模具钢应用实例	443
第四节 压铸模用钢	447
一、压铸工艺特点及其对模具钢的要求	447
二、压铸模用钢(含合金)的选择	448
三、压铸模用钢的热处理	450
四、压铸模早期开裂失效分析	455
第五节 其他热作模具钢钢号介绍	457
一、8Cr3	457

二、4Cr3Mo3SiV	459
三、4Cr5MoSiV	460
四、3Cr3Mo3VNb	463
五、国内研制的非标准热作模具钢	469
第六章 塑料模具钢	474
第一节 概述	474
一、塑料模具工作条件	474
二、塑料模具用钢的性能要求	475
三、塑料模具用钢的分类	475
四、我国塑料模具用钢发展概况	479
五、塑料模具成形件选材举例	481
第二节 渗碳型及非合金型塑料模具用钢	482
一、渗碳型塑料模具用钢	482
二、非合金型塑料模具钢	488
第三节 调质硬化型塑料模具用钢	492
一、中碳合金结构钢	492
二、预硬化型塑料模具专用钢	492
三、易切削预硬型塑料模具用钢	500
第四节 时效硬化型塑料模具用钢	514
一、概述	514
二、钢号介绍	515
第五节 耐蚀型塑料模具用钢	527
一、概述	527
二、钢号介绍	527
第六节 淬硬型、非调质型及无磁塑料模具用钢	536
一、淬硬型塑料模具用钢	536
二、非调质型塑料模具钢	537
三、无磁模具钢	542
第七节 塑料模具用钢应用实例	545

一、选用 5CrNiMnMoVSCa (5NiSCa) 钢制造精密热塑性塑料模具	545
二、选用 Y55CrNiMnMoVS (SM1)、Y2CrNi3AlMnMoS (SM2) 钢制造塑料模具	546
三、选用 8Cr2MnWMoVS (8Cr2S) 钢制造电路印刷版冲裁模具	549
四、选用 1Ni3Mn2CuAlMo (PMS) 镜面塑料模具钢制造磁带内盒模具	550
五、选用 0Cr16Ni4Cu3Nb (PCR) 钢制造耐蚀塑料模具	552
第七章 量具用钢、轧辊用钢及耐冲击工具钢	553
第一节 量具用钢	553
一、量具用钢的要求、分类及应用	553
二、量具热处理工艺	558
三、量具热处理后的质量检验	564
四、量具热处理举例	565
第二节 轧辊用钢	574
一、冷轧辊用钢及其热处理	574
二、热轧工作辊用钢及其热处理	596
三、轧辊热处理举例	600
第三节 耐冲击工具钢	605
一、概述	605
二、钢号介绍	607
第八章 工模具的热处理畸变与开裂	613
第一节 热处理应力	613
一、热处理应力的产生	613
二、应力的分类	613
三、热应力和组织应力产生过程及残余应力分布	614
四、淬火残余应力类型及尺寸效应	619

第二节 热处理畸变及其控制	624
一、因组织转变而引起的体积畸变	624
二、因热应力而引起的淬火畸变	626
三、因组织应力而引起的淬火畸变	626
四、淬火畸变的影响因素	627
五、几类模具淬火畸变分析	633
六、减小模具热处理畸变的措施及实例	636
第三节 热处理裂纹及其控制	647
一、热处理裂纹的分类方法	647
二、淬火开裂的危险温度和危险尺寸	647
三、典型裂纹分析	649
四、高淬透性钢种工模具的纵裂及表面网状裂纹	653
五、低淬透性钢种工模具的弧状裂纹	655
六、大型非淬透件的横断与纵劈	658
第九章 工模具的真空热处理	663
第一节 真空热处理技术特点	663
一、真空热处理技术发展概况	663
二、真空热处理技术特点	664
三、真空热处理工艺原理及表面特点	672
第二节 真空热处理工艺	672
一、真空炉的选用	672
二、真空退火	674
三、真空淬火及回火	676
第三节 工模具真空热处理实例	687
一、6Cr5Mo3W2VSiTi (LM2) 钢制 M12 切边模的真空热处理	687
二、Cr12MoV 钢制陶瓷模的真空热处理	689
三、Cr12MoV 钢制搓丝板的真空热处理	690

四、W9Cr4Mo3V 钢制螺母孔冲模的真空淬火深冷复合处理	692
五、H13 钢制铝压铸模的真空热处理	693
第十章 工模具钢的强韧化处理	695
第一节 碳化物超细化处理	696
一、固溶加热温度的确定	696
二、高温回火温度的确定	699
三、GCr15 钢的碳化物超细化处理	699
第二节 工模具钢的双细化处理	702
一、GCr15 钢制冷冲模的双细化处理	702
二、CrWMn 钢制冷作模具的双细化处理	705
三、65Nb 钢冷作模具的双细化处理	706
四、3Cr3Mo3W2V 钢热作模具的双细化处理	707
五、Cr12 钢的双细化处理	709
六、4Cr5MoSiV1 钢热作模具的双细化处理	715
七、3Cr2W8V 钢制螺栓热锻模的复合强韧化处理	715
八、Cr4W2MoV 钢制冷锻凹模的复合强韧化处理	717
第三节 工模具钢的下贝氏体等温淬火	720
一、GCr15 钢下贝氏体等温淬火	720
二、CrWMn 钢下贝氏体等温淬火	722
三、9SiCr 钢下贝氏体等温淬火	723
四、3Cr2W8V 钢下贝氏体等温淬火	724
五、5CrMnMo 钢下贝氏体等温淬火	726
六、Cr12 型钢下贝氏体等温淬火	729
七、65Nb 钢下贝氏体等温淬火	732
第四节 工模具钢的低碳马氏体处理	734
一、CrWMn 钢制小型模具的低碳马氏体处理	734
二、CrWMn 钢冷作模具的循环热处理	735

三、3Cr2W8V 钢制 M16 螺母热冲压模的高温淬火处理	736
四、3Cr2W8V 钢制 21-4N 耐热钢气门热精锻模的高温淬火处理	738
五、3Cr2W8V 钢制螺栓热锻模的高温淬火处理	739
第十一章 工模具表面强化处理	740
第一节 工模具钢的渗碳和碳氮共渗	740
一、概述	740
二、渗碳和碳氮共渗层组织与性能	742
三、工模具渗碳实例	745
第二节 工模具钢的渗氮及氮碳共渗等低温化学热处理	751
一、渗氮及氮碳共渗	751
二、工模具钢的氧氮共渗和氧氮碳共渗	766
三、工模具钢的硫氮共渗和硫氮碳共渗	769
四、工模具钢的氧、硫、硼、氮、碳五元共渗	775
第三节 工模具钢的渗硼及复合渗	778
一、概述	778
二、渗硼层形成机理	780
三、渗硼层的组织	782
四、硼氮复合渗	784
五、工模具渗硼实例	786
第四节 工模具钢的渗金属及其共渗	793
一、工模具钢的渗铬	794
二、工模具钢的渗钒	801
三、工模具钢的渗铌	804
四、工模具钢的渗钛	805
五、工模具钢的硼铝共渗	807
六、工模具钢的硼钒共渗	809

七、工模具钢的铬钒共渗·····	811
八、工模具钢的铬铝硅三元共渗·····	813
九、镀钴渗硼复合处理·····	815
十、镀镍、磷渗硼复合处理·····	816
第五节 工模具钢的激光处理、离子注入及气相沉积	
·····	818
一、激光表面强化处理·····	818
二、离子注入处理·····	821
三、气相沉积·····	826
参考文献·····	838

工具钢总论

第一节 工具钢的分类及其基本性能要求

一、工具钢的分类

(1) 按用途分类。

①刃具钢。包括碳素刃具钢、低合金刃具钢和高速钢。

②模具钢。包括冷作模具钢、热作模具钢和塑料模具钢。

③量具钢。

④耐冲击工具钢。

⑤轧辊用钢。

(2) 按金相组织特征分类, 有亚共析型成分工具钢 ($P + F_{\text{少量}}$)、共析型成分工具钢 (P)、过共析型成分工具钢 ($P + K$)、莱氏体型成分工具钢 ($P + K_{\text{二次}} + K_{\text{共晶}}$) 和低碳高合金型工具钢 (时效硬化型)。

(3) 按成分分类, 有碳素工具钢、低合金工具钢 ($M_e < 4\% \sim 5\%$)、高合金和多元工具钢 ($M_e > 5\%$, 有的高达 $40\% \sim 45\%$)。

(4) 按热稳定性分类, 有非热稳定型工具钢 ($M_e < 3\% \sim 5\%$)、半热稳定型工具钢 ($1.0\% \sim 2.5\% C, 3\% \sim 18\% Cr$) 和热稳定型工具钢 (二次硬化型)。

(5) 按淬透性分类, 有低淬透性工具钢 (油淬临界直径 $\phi 10 \sim 15\text{mm}$)、中等淬透性工具钢 (油淬临界直径 $\phi 50 \sim 80\text{mm}$)

和高淬透性工具钢（油淬临界直径 $\phi > 80 \sim 100\text{mm}$ ）。

(6) 按耐磨性分类，有中等耐磨性工具钢和高耐磨性工具钢。

(7) 按韧性分类，有高耐磨低韧性工具钢和低耐磨高韧性工具钢。

(8) 按热处理畸变倾向分类，有微畸变工具钢、少畸变工具钢和一般工具钢。

(9) 按通用性分类，有通用工具钢和专用工具钢。

(10) 按使用年限分类，有传统工具钢和新型工具钢。

(11) 美国钢铁学会（AISI）对工具钢的分类为：

水淬工具钢（标记 W）

耐冲击工具钢（标记 S）

模型用钢 { 冷作工具钢（标记 P）

 热作工具钢（标记 H）

 高速工具钢（标记：T 为钨系，M 为钼系）

特殊用途工具钢（标记：L 为低合金类型，F 为碳钨类型）

二、工具钢的基本性能要求

工具钢的种类很多，工作条件相差很大，对性能的要求也不同，这里只对工具钢的基本性能要求进行论述，详细性能要求将在各章节中分别介绍。

1. 强度及塑性

一些工具，特别是细长形状的工具的损坏，常常不是由于磨损，而是由于断裂。对于含碳量高的工具钢的强度试验，一般采取静弯曲或扭转试验，这些试验产生的应力状态接近于多数工具的实际工作状况。在弯曲试验时，测定出抗弯强度 σ_{bb} 和挠度 f ；在扭转试验时，测定出扭转强度 τ_b 和扭转角 φ ，并以 f 、 φ 表示塑性。

从工程应用的角度，要保证批量生产的被加工零件的精度，