

热处理实用技术丛书

工具钢及其 热处理

GONGJUGANGJIQIRECHULI

姚艳书 唐殿福 主编

郭冰峰 副主编



辽宁科学技术出版社

本书由大连市人民政府资助出版

热处理实用技术丛书

工具钢及其热处理

姚艳书 唐殿福 主 编

郭冰峰 副主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

工具钢及其热处理/姚艳书, 唐殿福主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2009. 3

(热处理实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5381 - 5412 - 2

I. 工… II. ①姚…②唐… III. 工具钢 - 热处理
IV. TG142. 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 041132 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

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 26.75

字 数: 500 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2009 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 3 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

书 号: ISBN 978 - 7 - 5381 - 5412 - 2

定 价: 54.00 元

编辑部电话: 024 - 23284372

邮购热线: 024 - 23284502 23284357

E-mail: elecom@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

《热处理实用技术丛书》 编写说明

随着我国装备制造业的快速发展,材料热处理领域的新技术不断涌现,企业对产品质量的要求越来越高,控制手段日趋智能化,广大工人和工程技术人员掌握技术、丰富科技知识的愿望越来越强烈。辽宁省机械工程学会热处理分会适时组织力量,策划编写了《热处理实用技术丛书》。

本丛书共七本,即《钢的化学热处理》、《结构钢及其热处理》、《工具钢及其热处理》、《不锈钢及其热处理》、《真空热处理》、《淬火冷却技术及淬火介质》、《燃料热处理炉》。

本丛书的指导思想是:先进技术与一般技术相结合,理论与实践相结合,使其具备教科书和手册的双重功能,既适用于广大工人、工程技术人员,又可作为高校师生的参考书。丛书汇集了近年来我国在材料热处理领域研究的新技术、新成果,突出了“新”字,同时又例举了大量成熟的生产工艺,工艺数据较多,强化了“用”字。

《钢的化学热处理》一书内容丰富,涵盖了常规化学热处理的工艺,突出了质量检验、废品分析和测试技术。

《结构钢及其热处理》一书含有较多的基础理论,介绍了生产中常用的各种结构钢的热处理工艺。

《工具钢及其热处理》一书详细介绍了刀具钢、模具钢、量具钢、耐冲击工具钢、轧辊用钢的常用钢种及其热处理工艺,其中,塑料模具钢和热作模具钢等新钢种介绍得较多。应用实例、质量检验及废品分析占有较大的比例。

《不锈钢及其热处理》一书以作者多年的试验研究和热处理

实践为基础，介绍了不锈钢的热处理理论、热处理工艺、热处理中应注意的问题及相关的知识，是以作者的经验和成果为体系编写的，具有较强的实用性。

《真空热处理》一书介绍了真空基础知识、真空加热特点、各种真空热处理工艺及典型零件的真空热处理实例，并简要介绍了各种真空热处理炉。

《淬火冷却技术及淬火介质》一书介绍了各种淬火介质，特别是聚合物淬火介质和淬火油；介绍了磁场淬火、超声波淬火、强烈淬火、控制淬火等新淬火技术；介绍了淬火槽的自动控制和智能化控制系统；介绍了淬火冷却过程中的数值模拟技术。本书内容较新，是作者几十年从事淬火冷却介质和淬火槽冷却系统研究、生产的结晶。

《燃料热处理炉》一书介绍了传热学、流体力学和燃料学的基础知识，介绍了各种类型的燃料热处理炉以及节能、环保等方面的知识，是作者几十年教学和社会实践的总结。

丛书编写的具体工作由唐殿福秘书长负责。

丛书在编写过程中得到了中国热处理学会、辽宁省机械工程师学会以及国内一些知名专家、教授和企业的大力支持，在此表示衷心的感谢。

限于作者的知识水平和经历，书中的错误和不当之处在所难免，真诚地欢迎读者批评指正。

《热处理实用技术丛书》

编委会

主 任 戚正风

副主任 李 友 张立文 唐殿福

委 员 徐维良 石家国 于程歆 田绍洁

郭晓光 张文华 吴建国 刘世永

包 耳 汤洪智 董世柱

《钢的化学热处理》

主编 唐殿福 卯石刚

副主编 张焕敏

《真空热处理》

主编 包耳 田绍洁

《燃料热处理炉》

主编 吴建国 张卫军 战洪仁

《结构钢及其热处理》

主编 董世柱 徐维良

副主编 蔡淑芳

《工具钢及其热处理》

主编 姚艳书 唐殿福

副主编 郭冰峰

《不锈钢及其热处理》

主编 张文华

《淬火冷却技术及淬火介质》

主编 于程歆 刘林

副主编 于旻 李萍

前 言

《工具钢及其热处理》一书既写钢又写热处理。写钢就是写碳及合金元素在钢中的作用或称合金化原理，每一个钢号由于碳及合金元素含量及种类的不同，其性能就有差别，这是内因，再配以合适的热处理工艺，即外因，才能充分发挥钢种的潜力，最大限度地达到物尽其用。因此，本书用一定量的篇幅撰写碳及合金元素在不同钢种中的作用，进而突出每一个钢号的特性，只有掌握了特性，读者才能自如地选择钢种、钢号，在制定热处理工艺时才能合理地确定工艺参数，避免缺陷的产生。

工具钢的热处理相对比结构钢复杂一些，特别是模具钢，容易产生畸变和开裂，在淬硬的条件下发生畸变，很难矫直和修理。在工具钢中，淬裂倾向比较大的钢种较多，如果热处理不慎，加上钢材质量欠佳，容易造成开裂。鉴于此，本书在预防畸变及开裂方面的内容有所增加。

本书对于传统的、用量不大的钢种只作一般介绍，传统的、用量大的钢种及新钢种重点介绍，并突出其特点及应用。本书在质量检验及缺陷分析方面有所侧重。

本书内容较为丰富，工具钢类型齐全，并添加了工具钢真空热处理、强韧化处理及表面强化处理等先进的热处理技术。

书中表中的表号为相应标准中的表号。

本书可供企业的高级工、工程技术人员及科研院所的研究人员使用，也可作为高校师生的参考书。

本书由姚艳书、唐殿福任主编，郭冰峰任副主编。参加编写的人员有刘荣承、张焕敏、余卫华、黄苏宁、段亚斌、张书媛、

黄永学、高铁生、孙茂林、王辉、樊永君、许言平、曹桂清。

限于编者的学识及实际工作水平，书中的缺点和错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

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、5Cr4Mo3SiMnVA1 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