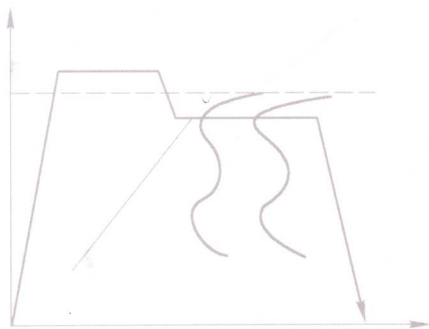


Practical Handbook of Heat Treatment

实用 热处理手册

上海市热处理协会·编

薄鑫涛 郭海祥 袁凤松·主编



实用热处理手册

徐祖耀
题 二〇〇八年

上海市热处理协会 编

薄鑫涛 郭海祥 袁凤松 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

实用热处理手册/薄鑫涛,郭海祥,袁凤松主编;上海市热处理协会编. —上海:上海科学技术出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-5323-9629-0/TG·179

I. 实... II. ①薄... ②郭... ③袁... ④上...
III. 热处理—技术手册 IV. TG156-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 144918 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行

上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张 47.75

字数:1450 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定价:115.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

单谷良人译

内 容 提 要

本手册是一部金属热处理专业的实用工具书。内容大量取材于国内外新近的热处理技术资料,包括实用的现场生产经验及相关的国家标准,着重反映热处理专业技术的先进性、实用性、可靠性。全书共分十章、展望及附录,内容包括金属材料及热处理基础知识,真空、感应、控制气氛及典型零件的热处理,表面改性热处理,先进渗氮技术,淬火冷却和冷却介质,热处理件的质量检测及评定分析,热处理通用设备及安全、卫生、环保、节能,新技术展望等;附录还列出了热处理行业的常用名词解释(含英文翻译)、材料及中外牌号对照、硬度换算及钢的热处理工艺经验公式等实用内容。

本手册采用图文并茂、表格化的方式,内容翔实、信息量大、文字深入浅出,是热处理工作者的一本案头书,可供从事热处理工作的科研、设计、技术、操作、管理人员及经营管理者查阅,也可供相关专业的工程技术人员参考或用作学校相关专业的教学参考材料。

编写人员名单

要 录 容 内

主 编： 薄鑫涛 郭海祥 袁凤松

编 委： * 李光瑾 方顺发 章太旭 * 屠恒悦 * 张宏康
* 朱祖昌 胡明娟 华康荣 朱会文 景学庸
沈玉明 颜志强 姚继洪 叶菊芳 杨铁刚
孔 铭 潘守咸 张智峰 夏志龙 * 唐宗甲
* 陈顺民 孙文全 安 东 * 任颂赞 陈德华
于 晖 陈开来 王雅云 蔡庆国 * 薄鑫涛
郭海祥 * 袁凤松 杨敏知 冯世铭

注：* 为各章审核人员

执行编辑： 杨敏知 冯世铭

书名题词： 徐祖耀

(中国科学院院士, 马氏体相变国际顾问委员会荣誉委员, 国际贝氏体相变委员会委员, 上海交通大学教授)

序

· 实 · 用 · 热 · 处 · 理 · 手 · 册 ·

材料热处理工艺,如加热和冷却,是通过改变材料内部的组织,达到所需求的性能。这些内部组织及其改变是肉眼所不能察觉的,称为显微组织及其变化。不同成分的材料在不同条件(外场)下所形成的组织,及条件改变时组织变化的知识来源于材料科学(对金属材料,源自“金相学”)。热处理工件在热处理中也呈现肉眼可见的变化,如畸变、开裂等。这些是由内应力及组织变化所造成的,也需由一定知识来分析并加以避免。热处理工艺又往往是产品的最终工艺。为了保证产品质量,热处理工序的管理工作人员和操作工人都应具有所处理材料的显微组织状态及其形成和变化规律的知识。热处理设备,如加热和冷却设备,通过改变工件的传热速率和工件温度的均匀性,来影响组织转变,即影响工件热处理的性质。因此,上述人员对应用热处理工艺的设备以及加热、冷却介质的特性,也需了解。

热处理工件的内部组织,有的在热处理中可能加以改变,有的则不能改变(须结合热、冷加工才能改变),因此,产品热处理前宜将一些不合格的予以检别;产品的最终检查除硬度外,有时也该作组织鉴定和成分测试,这些简易操作也应掌握。其他如车间安全、环保工作、减能排污以及降低成本等知识更不能忽视。有关人员通晓这些知识不仅能保证产品质量、生产安全和绿色工艺,还能深入一步为优化生产提供创新建议。目前整个行业迫切需要集合上述知识的培训材料。鉴于此,上海市热处理协会组织专家们编写这本《实用热处理手册》,为行业从业人员提供材料热处理的基本资料和热处理生产的必要知识。

序

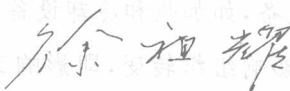
· 实 · 用 · 热 · 处 · 理 · 手 · 册 ·

本书内容较全面,并多以图表形式呈现,方便读者随手参阅。经拜读后深感专家们不辞辛劳,精心选材,内容实用性和针对性都比较强,有些内容并具新颖性。这些特色将有利于热处理技术的不断推进,为我国工业经济的持续发展作出重要贡献。当然,手册内容在使用过程中还会不断充实修改。

这本手册行将出版之际,庆幸上海市热处理协会以及编写本书的专家们为社会作了善事,感言并乐于为本书作序。

中国科学院院士

2008年8月



前言

· 实 · 用 · 热 · 处 · 理 · 手 · 册 ·

本手册由上海市热处理协会组织工厂、研究所、高等院校 30 余名专家、学者及高级技术人员编写,并大量取材于最新近的热处理国内外技术资料及发展动向,包括实用的现场生产经验及工作创见,数易其稿,历时一年半完成。

本手册既概述了金属材料热处理基础知识、常规热处理工艺及主要技术数据,又介绍了代表当代热处理发展方向的真空热处理、感应热处理、控制气氛热处理、表面改性热处理、先进渗氮技术、冷却与冷却介质等新工艺、新技术、新设备;同时列出了热处理常用设备及辅助设备的型号、主要技术参数、安全注意事项及安装调试验收等资料,供企业技术改造时参阅;另外,还兼顾热处理工作者的需求对典型零件热处理(如汽拖、动力机械、工模具、大件等)进行了较详细剖析,综述了零件热处理时的质量控制、检测方法、缺陷防止方法及失效分析,结合国情与当前节能减排工作,提出了热处理在环境保护、资源节约、优化及稳定质量、促进经济持续发展中的工作要点。

中国科学院院士徐祖耀教授和中国工程院院士潘健生教授在本手册付梓出版之际,精心指导并在百忙之中拨冗为手册作序和欣然撰写新技术发展等内容,为手册添了浓重一笔。

本手册具有针对性、可操作性、实用性和先进性强的特点。在编辑时便于查阅,基本以图表为主,并强调数据切实可靠。为反映上海特色,手册中列举近年来国内外热处理发展动态及上海在应用热处理新技术中的经验体会,供国内企业借鉴。为叙述方便,文中涉及的常用力学性能名词大部分

前言

· 实 · 用 · 热 · 处 · 理 · 手 · 册 ·

以符号形式出现,其对应的名称可查阅本书附录。

手册在编写过程中得到宝山钢铁股份有限公司特殊钢分公司、上海光华印刷机械有限公司、上海电器股份有限公司人民电器厂、上海交通大学材料科学与工程学院、上海工程技术大学材料工程学院、上海柴油机股份有限公司、上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂、上海新闵重型锻造有限公司、上海工具厂有限公司热处理厂、上海机械制造工艺研究所有限公司、上海汽车齿轮总厂、壬喆嘉国际贸易有限公司、上海上机热处理有限公司、上海电气(集团)总公司上海重型机器锻件厂、上海工业大学嘉定通用机械有限公司、上海天安轴承有限公司、上海弘振热处理有限公司、好富顿(上海)高级工业介质有限公司、依西埃姆(北京)工业炉有限责任公司、江苏丰东热技术股份有限公司、河北太行机械工业有限公司、上海德润宝特种滑润剂有限公司、苏州工业园区姑苏电炉有限公司等单位及原上海市工业经济联合会金国志副秘书长、上海市热处理协会杨鸣顾问的大力支持,在此一并致谢。

由于时间有限,恳请热处理同仁对本手册的疏漏和不妥批评指正,以便在本手册重印或再版时更正。

上海市热处理协会

2008年8月

目录

第一章 金属材料及热处理基础	1
第一节 钢的热处理基础知识	1
一、铁碳合金状态图	1
(一) Fe-Fe ₃ C及Fe-C合金状态图的结构	2
(二) Fe-Fe ₃ C及Fe-C合金状态图中重要的点和线	2
二、金属材料的性能与材料的选择	4
三、钢的热处理原理	7
(一) 钢在加热过程中的组织转变	7
(二) 钢的过冷奥氏体转变	8
四、钢铁的常规热处理工艺	9
(一) 钢铁零件的退火	9
(二) 钢铁零件的正火处理	13
(三) 钢铁零件退火、正火常见缺陷	14
(四) 钢的淬火	14
(五) 钢在回火时的转变	21
(六) 钢的冷处理	24
五、合金元素在钢中的作用	25
(一) 合金元素与铁和碳的作用及其在钢中的分布	25
(二) 合金元素对Fe-Fe ₃ C状态图的影响	27
(三) 合金元素对钢的相变和热处理的影响	28
(四) 合金元素对过冷奥氏体转变的影响	29
(五) 合金元素对淬火钢回火转变的影响	29
第二节 碳钢、易切削钢、铸钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	30
一、碳钢的分类、性能及常用热处理方法	30
二、碳素结构钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	30
三、碳素工具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	33
四、易切削结构钢的牌号、类型与两种状态下的纵向力学性能	33
五、工程用铸钢的牌号、性能与热处理工艺	35
第三节 合金结构钢的牌号、性能、临界点与热处理工艺	40
一、合金钢的分类	40
二、合金结构钢的牌号、临界点与热处理工艺	41
三、低合金结构钢的牌号与性能	45
四、弹簧钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	45
五、轴承钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	47
六、非调质机械结构钢的牌号与性能	48
第四节 合金工具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
一、高速工具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
二、冷作模具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
三、热作模具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
四、塑料模具钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
五、量具刃具用钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
六、耐冲击工具用钢的牌号、临界点、性能与热处理工艺	48
七、无磁模具钢的牌号、临界点、性能与	

热处理工艺	54	(二) 可锻铸铁的热处理工艺	80
八、部分美国工具钢的淬火回火参考工艺规范	54	四、蠕墨铸铁	80
九、部分美国高速钢的淬火回火参考工艺规范	55	五、耐磨铸铁	81
第五节 特殊性能钢的牌号、性能与热处理工艺	56	六、抗磨铸铁	81
一、不锈钢的性能与热处理工艺	56	七、耐热铸铁	82
二、耐热钢的性能与热处理工艺	61	八、高硅耐蚀铸铁	83
三、耐磨钢的水韧处理	63	第七节 有色金属的牌号、性能与热处理工艺	83
四、高温合金的牌号与热处理工艺	64	一、铝及铝合金	83
(一) 高温合金牌号命名法	64	(一) 铝的性能	83
(二) 铁基变形高温合金的热处理工艺	65	(二) 工业纯铝的牌号及化学成分	84
(三) 镍基变形高温合金的热处理工艺	68	(三) 变形铝合金	85
(四) 铸造高温合金的热处理工艺	71	(四) 铸造铝合金	97
第六节 铸铁的牌号、性能与热处理工艺	73	(五) 铝合金热处理常见缺陷及预防对策	101
一、灰铸铁	73	二、铜及铜合金	102
(一) 灰铸铁的牌号与性能	73	(一) 纯铜	102
(二) 灰铸铁的热处理工艺	75	(二) 铜合金	103
二、球墨铸铁	76	三、镁及镁合金	113
(一) 球墨铸铁的牌号与性能	76	四、钛及钛合金	118
(二) 球墨铸铁的热处理工艺	77	(一) 钛及钛合金的牌号及化学成分	118
三、可锻铸铁	79	(二) 钛及钛合金的热处理	119
(一) 可锻铸铁的牌号与性能	79	第八节 铁基粉末冶金材料的牌号、性能与热处理工艺	125
		一、铁基粉末冶金材料的牌号和特点	125
		二、铁基粉末冶金件的制造工艺流程	126
		三、铁基粉末冶金材料的标记方法	126
		(二) 真空气淬	143
		(三) 其他冷却方法	148
		四、真空气淬热处理技术的发展动向	148
		五、真空热处理工艺	151
		(一) 真空退火	151
		(二) 真空淬火、真空回火	154
		六、真空渗碳	168
		(一) 常规的真空渗碳	168
		(二) 低压真空渗碳	173
		(三) AvaC 乙炔低压渗碳	175
		第三节 真空热处理炉	178
		一、真空热处理炉的分类及功率确定	178
		二、真空热处理炉的主要结构	179
		(一) 炉壳	179
第二章 真空热处理	127		
第一节 真空获得技术、真空测量和真空检漏	127		
一、真空基本知识	127		
二、真空获得技术	128		
(一) 真空热处理炉常用的真空泵	128		
(二) 真空系统	129		
(三) 真空系统的主要附件	131		
三、真空测量	132		
四、真空检漏	133		
第二节 真空热处理工艺	136		
一、真空热处理工艺原理	136		
二、真空热处理加热工艺参数的确定	138		
三、真空热处理的冷却方法	140		
(一) 真空油淬	140		

(二) 加热器	179
(三) 隔热屏	186
(四) 真空隔热阀门	188
三、常用真空热处理炉简介	189
(一) 外热式真空热处理炉	189
(二) 内热式真空热处理炉	189
(三) 抽空炉	198
(四) 真空回火炉	198
(五) 真空退火炉	199
四、真空热处理炉的辅助设施	199

(一) 真空热处理炉循环水冷却系统	199
(二) 氮气供给系统	203
五、真空热处理炉的选用、保养及其他	204
(一) 真空热处理炉的选用原则	204
(二) 真空热处理炉的基本技术指标	204
(三) 真空炉的性能试验方法	204
(四) 真空炉的验收工作	205
(五) 真空炉的保养技术	206

第三章 表面改性热处理

第一节 表面加热淬火	208
一、火焰淬火	208
二、接触电阻加热淬火	215
三、脉冲淬火	216
第二节 钢的渗碳	218
一、概述	218
二、固体渗碳	218
三、气体渗碳	221
四、渗碳后的热处理	229
五、渗碳件的质量检验	230
六、渗碳件的常见缺陷、产生原因及防止措施	233
第三节 钢的渗氮	235
一、基本概念	235
二、常用渗氮钢及其预备热处理	237
三、气体渗氮	238
(一) 工件渗氮前的准备工作	238
(二) 气体渗氮工艺	239
(三) 典型工件应用实例	241
四、离子渗氮	242
(一) 工件渗氮前的准备工作	242
(二) 离子渗氮工艺	242
(三) 典型工件应用实例	244
(四) 离子渗氮件的质量检查	245
五、渗氮件的质量检验	245
六、渗氮件的常见缺陷、产生原因及防止措施	246
第四节 碳氮共渗与氮碳共渗	248
一、气体碳氮共渗	248
(一) 气体碳氮共渗前的准备工作	248
(二) 气体碳氮共渗工艺	248

(三) 典型工件应用实例	250
(四) 碳氮共渗用钢及共渗后的热处理	250
(五) 碳氮共渗件的质量检验	251
(六) 碳氮共渗件的常见缺陷、产生原因及防止措施	252
二、气体氮碳共渗	252
(一) 气体氮碳共渗前的准备工作	252
(二) 气体氮碳共渗工艺	254
(三) 气体氮碳共渗件的质量检验	254
(四) 应用实例	255
(五) 气体氮碳共渗件的常见缺陷、产生原因及防止措施	256
三、液体氮碳共渗	257
(一) 液体氮碳共渗前的准备工作	257
(二) 液体氮碳共渗工艺	257
(三) 液体氮碳共渗件的质量检验	259
(四) 氮碳共渗用钢及共渗后的性能	259
(五) 液体氮碳共渗件的常见缺陷、产生原因及防止措施	260
第五节 激光热处理	260
一、激光发生器	261
二、激光加热金属的特点	264
三、激光淬火	265
(一) 激光淬火的适用钢材和铸铁	265
(二) 激光淬火前的准备工作	265
(三) 激光淬火工艺	266
(四) 应用实例	267
(五) 激光淬火件的质量检验	267
第六节 气相沉积表面改性	268
一、概述	268

二、物理气相沉积技术	269
(一) 真空蒸发镀	270
(二) 溅射镀	271
(三) 离子镀	274
三、化学气相沉积	276
(一) CVD 中的化学反应	277

(二) CVD 常用的硬质涂层方法	279
(三) 其他方法	281
四、气相沉积技术的应用和发展	282
(一) 气相沉积硬质涂层	283
(二) CVD 涂层工具钢的热处理	284

第四章 感应热处理

第一节 感应加热原理	286
一、电磁感应	286
二、表面效应(集肤效应)	286
三、邻近效应	287
四、圆环效应	287
五、导磁体槽口效应	287
六、尖角效应	288
第二节 感应热处理工艺	288
一、硬化层深度	288
二、电流频率	288
三、功率	290
四、加热方法和冷却方式	294
五、感应淬火温度	294
六、冷却方法和冷却介质	296
七、感应淬火件的回火	297
八、工件感应淬火硬化区域的合理分布	299
第三节 感应器的选用和设计制作	300

一、工频感应器设计	301
二、中高频感应器设计	302
三、常用中高频感应器举例	304
第四节 感应热处理设备	308
一、高频感应加热电源装置	308
二、中频感应加热电源装置	310
三、超音频感应加热电源装置	311
四、工频感应加热电源装置	312
五、感应淬火机床	312
(一) 淬火机床的选择	312
(二) 常用感应淬火机床规格	313

第五节 感应热处理件的质量检验、 常见缺陷及预防措施	315
一、感应热处理件的质量检查内容	315
二、感应热处理件的常见缺陷及预防措施	315

第五章 控制(可控)气氛热处理

第一节 控制气氛基础知识	317
一、几个物理量及相关定律	317
二、气氛的主要组成	320
三、炉内气氛的气体反应	321
四、气氛的碳势	322
第二节 常用热处理气氛及其获得	325
一、常用热处理气氛	325
二、制备气氛的主要原料	326
三、常用气氛的制备	329
四、气氛的分析测量和仪器设备	333

第三节 控制气氛热处理炉	335
一、控制气氛热处理炉的特性和基本要求	335
二、常用控制气氛热处理炉	336
第四节 控制气氛热处理操作的安全	341
一、预防火灾和爆炸	342
二、预防窒息和中毒	342
三、车间安全生产指南	344

第六章 淬火冷却和冷却介质

第一节 钢的过冷奥氏体冷却转变	345
一、过冷奥氏体等温冷却转变	345

二、过冷奥氏体连续冷却转变	347
三、钢的过冷奥氏体冷却曲线	349

第二节 淬硬性和淬透性	364
一、淬硬性	364
二、淬透性	364
三、影响淬透性的因素	379
第三节 淬火冷却烈度和淬透层深度	381
一、淬火冷却烈度	381
二、淬透层深度	382
三、临界冷却直径及端淬曲线的估算	382
第四节 淬火冷却介质的选择与检测	385

一、淬火冷却介质的分类与选择原则	385
二、淬火冷却介质的性能和质量评判	386
三、淬火冷却介质的检测方法	387
第五节 油冷却介质	388
一、一般淬火油	389
二、专用淬火油	390
三、真空淬火油	393
四、淬火油的氧化/老化	394
第六节 水及水溶性淬火介质	395
一、水及无机物水溶性淬火介质	395
二、有机聚合物水溶液淬火介质	397

第七章 典型零件热处理

400

第一节 机床零件热处理	400
一、机床导轨热处理	400
二、机床主轴热处理	402
三、机床丝杆热处理	405
第二节 汽车、拖拉机及动力机械零件热处理	407
一、汽车、拖拉机零件热处理	407
二、动力机械零件热处理	411
第三节 大件热处理	420
一、大型锻件热处理	420
(一) 大型锻件的冶金特点	420
(二) 大型锻件的锻后热处理	421
(三) 大型锻件的最终热处理	427
二、轧辊热处理	436
(一) 热轧锻钢工作辊热处理	437
(二) 冷轧锻钢工作辊热处理	438
(三) 冷硬铸铁轧辊热处理	439
三、大型重载齿轮渗碳淬火	441
(一) 重载齿轮的服役条件与失效形式	441
(二) 重载齿轮的热处理质量控制	441
(三) 大型重载齿轮渗碳淬火工艺	441
四、汽轮机零件的热处理	442
(一) 汽轮机零件的常用热处理工艺	442
(二) 部分汽轮机零件的热处理	443
第四节 量、刀具热处理	446
一、量具热处理	446
(一) 游标卡尺尺身热处理	446
(二) 游标卡尺尺框热处理	447
(三) 标准硬度块热处理	447

二、刀具热处理	448
(一) 直柄麻花钻热处理	448
(二) 锥柄麻花钻热处理	450
(三) 小钻头热处理	451
(四) 机用丝锥热处理	452
(五) 齿轮滚刀热处理	453
(六) 高速切削滚刀热处理	454
(七) 剃齿刀热处理	456
(八) 拉刀热处理	457
第五节 模具热处理	459
一、模具的工作条件、性能要求及材料	459
二、常用模具钢的预备热处理	463
三、常用模具钢的热处理工艺	465
四、典型模具的热处理实例	470
(一) 塑料模具	470
(二) 冷作模具	471
(三) 热作模具	473
第六节 紧固件、滚动轴承零件热处理	476
一、紧固件热处理	476
二、滚动轴承零件热处理	479
(一) 滚动轴承的结构、服役条件和失效形式	479
(二) 轴承材料的基本要求	479
(三) 滚动轴承零件热处理的特点	479
(四) 相关标准	480
(五) 滚动轴承钢的常规热处理	480
(六) 轴承零件的表面热处理	485
第七节 铍青铜弹性件热处理	485
一、固溶处理	485
二、时效(脱溶)处理	486

第八章 热处理件的质量检测及评定分析 487

第一节 常用力学性能试验 487

- 一、力学性能试验的取样及制作 487
- 二、金属拉伸试验 487
- 三、金属弯曲试验 492
- 四、金属冲击试验 495
- 五、其他力学性能试验 496

第二节 硬度试验 504

- 一、金属布氏硬度试验 504
- 二、金属洛氏及表面洛氏硬度试验 505
- 三、金属维氏硬度试验 507
- 四、金属肖氏硬度试验 509
- 五、金属里氏硬度试验 510
- 六、其他硬度试验(努氏、韦氏) 511
- 七、各种硬度值之间的换算及硬度与强度的
换算 512
- 八、钢铁热处理件的硬度检验通则 512

第三节 无损探伤 513

- 一、磁粉探伤 513
- 二、超声波探伤 515
- 三、渗透探伤 516

第四节 金相分析与评定 517

- 一、取样与制作 517
- 二、非金属夹杂物含量测定 520
- 三、金属材料晶粒度评定 522
- 四、带状组织(偏析)评定 523
- 五、魏氏组织评定 524
- 六、球粒状珠光体(球化体)评定 525
- 七、马氏体组织评定 527
- 八、残留奥氏体含量评定 531

九、碳化物级别评定 532

十、化学热处理件铁素体评定 534

十一、化学热处理渗层深度金相测定 535

十二、渗金属层检验 536

十三、过热、过烧组织评定(工具钢、铝
合金) 536

十四、有效硬化层及硬化层深度的测定 537

第五节 金属材料化学分析方法 538

一、取样方法与规定 539

二、常用化学分析方法 539

三、微区成分分析方法 541

四、化学分析的允许偏差 541

第六节 钢的火花鉴别 545

一、火花鉴别的原理 546

二、火花鉴别的设备和方法 546

三、火花的形状和鉴别 546

四、碳及合金元素对火花特征的影响 548

五、常用钢火花图谱 550

第七节 热处理件相关失效分析方法 551

一、失效和失效类型 551

二、失效分析基本思路 552

三、失效分析基本程序 553

四、热处理件常见缺陷及对失效行为的一般
影响 554

五、裂纹的基本分析 555

六、宏观断口的基本识别 557

七、微观断口的基本识别 560

八、热处理件的畸变及基本测量 561

第九章 热处理通用设备 563

第一节 加热设备 563

一、电阻炉设备编号 563

二、电阻炉的主要类型 563

(一) 箱式电阻炉 563

(二) 井式电阻炉 565

(三) 台车式电阻炉 568

(四) 井式渗碳炉 569

(五) 盐浴炉 571

(六) 流态粒子炉 577

三、燃料炉 579

第二节 冷却设备 589

一、淬火槽 589

(一) 淬火冷却水槽 589

(二) 淬火冷却油槽 590

(三) 淬火冷却浴槽 591

(四) 淬火槽的主要附加装置 592

二、喷雾冷却和喷液冷却装置 593

三、循环冷却系统 593

(一) 循环冷却系统的类型 593

(二) 循环冷却系统的组成 594

四、冷处理设备	599	三、温度控制系统的应用	622
第三节 辅助设施	601	四、热处理炉内的气氛控制系统	624
一、工装夹具	601	五、流量计	626
(一) 工装夹具的设计原则	601	六、压力测量仪表	627
(二) 常用的工装夹具	601	第五节 筑炉材料	628
二、起重运输机械	605	一、耐火材料	628
三、喷砂机	605	二、保温材料	636
第四节 热工仪表	605	三、耐热构件用金属材料	638
一、传感器(温度测量元件)与温度计	606	四、电热材料与电热元件	639
二、温度显示与调节仪表	615		

第十章 热处理安全、卫生、环保要求及节能

第一节 热处理生产的安全、卫生要求	650	三、爆炸的产生及防护	659
一、热处理生产常见的危险因素	650	四、热处理生产安全监督	659
二、热处理生产常见的有害因素	650	五、热处理生产的安全、卫生管理措施	660
三、热处理生产厂房的建设要求	651	第五节 热处理的环境保护技术要求及	
四、热处理作业环境的主要要求	651	环保治理	660
第二节 热处理设备的安全、卫生要求	653	一、热处理环境污染的分类和来源	660
一、电阻炉的安全、卫生要求	653	二、废气治理与排放	661
二、燃油、燃气炉的安全、卫生要求	653	三、废水治理与排放	662
三、感应加热装置的安全、卫生要求	653	四、固体废物及其无害化处理	663
四、真空热处理设备的安全、卫生要求	653	五、噪声及其防治	665
五、气氛炉的安全、卫生要求	653	第六节 节能、清洁生产及热处理的	
六、淬火、回火油槽的安全、卫生要求	654	能耗	665
第三节 热处理工艺作业的安全、卫生		一、节能	665
要求	654	二、清洁生产与循环经济	665
一、整体热处理	654	三、绿色热处理	666
二、表面热处理	654	四、热处理的节能途径	667
三、化学热处理	655	五、热处理的工艺电耗定额与综合工艺电耗	
四、真空热处理	655	定额的计算	667
第四节 热处理安全、卫生防护技术		六、热处理的工艺燃料消耗定额与综合工艺	
措施及管理措施	655	燃料消耗定额的计算	669
一、“四防”	656	七、热处理加工万元产值能耗的统计计算	
二、消防	656	669
		八、热处理炉用电可比单耗分等	670

新技术展望

展望一 用于超高强度钢的淬火-碳		热处理设计	673
分配-回火(沉淀)(Q-P-T)		三、Q-P-T工艺的典型应用	674
工艺	徐祖耀 673	展望二 计算机模拟在热处理中的	
一、Q-P工艺和Q-P-T工艺	673	应用	潘健生 顾剑锋 675
二、Q-P-T钢的显微组织、性能、成分和		一、导言	675

二、回顾	675	四、计算机模拟在热处理上应用的前景	695
三、热处理计算机模拟的应用实例	676		
附 录			
698			
附录一 常用材料力学性能的名称及 符号(新旧标准对照)	698	二、变形铝及铝合金的中外牌号对照	727
附录二 热处理专业名词解释	699	三、铜合金的中外牌号对照	728
一、总类	699	四、镁合金的中外牌号对照	729
二、退火、正火类	701	五、钛合金的中外牌号对照	729
三、淬火类	702	附录七 洛氏、表面洛氏、肖氏与布氏、 维氏硬度换算对照	730
四、回火类	704	一、洛氏硬度 HRC 与其他硬度的换算 对照	730
五、固溶热处理类	705	二、黑色金属各种硬度之间的换算	731
六、渗碳类	705	三、肖氏硬度与洛氏、布氏、维氏硬度的 换算	733
七、渗氮类	706	附录八 调质、轴类、套类及不同钢材套 类零件热处理时需预留的加工 余量	734
八、渗其他非金属类及渗金属类	707	一、调质件的加工余量	734
九、共渗类	707	二、轴类零件热处理时外圆预留的磨削 余量	735
十、表面处理及复合热处理类	708	三、套类零件热处理时预留的磨削余量	735
十一、沉积类	708	四、不同钢材套类零件的预留余量	736
十二、组织类	709	附录九 常用钢材水、油、分级、等温淬火 及按表面至半马氏体组织深度 所确定的临界淬火直径	737
十三、热处理缺陷类	711	一、常用钢材淬火后表面硬度 HRC 与截面 厚度或直径的关系	737
十四、热处理设备类	712	二、常用钢材在不同介质中淬火及分级淬火 时的临界尺寸	738
附录三 标准代号及常用计量单位	713	三、常用钢材等温淬火的最高硬度和最大有 效厚度	738
一、标准代号	713	四、按表面至半马氏体组织的深度作为淬透 性的判断标准的淬火临界直径	738
二、部分国家标准代号	714	附录十 钢的热处理工艺经验公式	740
三、热处理常用计量单位	714	一、热处理相变点的计算	740
四、十进倍数和分数单位的词头	714	二、钢的临界冷却速度的计算	741
附录四 常用结构钢、工模具钢、不锈钢 热钢和铸铁的化学成分及中外 牌号对照	715	三、钢预冷淬火时空气预冷时间 t_y (s) 和 Ms 点以上分级冷却时间 t_f (s) 的计算	741
一、常用结构钢的化学成分和中外钢号 对照	715	四、钢的淬火硬度计算	741
二、常用工模具钢的化学成分和中外钢号 对照	719	五、钢回火后的硬度计算	742
三、常用不锈钢、耐热钢的化学成分和中 外钢号对照	721		
四、常用铸铁的化学成分和中外牌号对照	722		
附录五 不锈钢、耐热钢新旧牌号对照	724		
附录六 铸造形变铝、铜、钛、镁合金中 外牌号对照	726		
一、铸造铝合金的中外牌号对照	726		