

典型零件热处理 缺陷分析及对策 480例



阎承沛 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



典型零件热处理缺陷分析及对策 480 例

阎承沛 编著
安运铮 审核

机械工业出版社

本书通过 480 多个典型实例,系统全面地介绍了材料热处理缺陷分析及其对策。主要内容为齿轮,标准件,大型锻件和电站设备锻件,气动工具及液压元件,工模量具,机床零件,汽车、摩托车、拖拉机等零件,石油化工与采矿钻探机械零件,农机具类零件,电器电子类零件,兵工器械零件,仪器仪表精密零件,舰船器械零件,飞机和航天器零件,轻工、纺织、食品、医疗器械零件,以及其他典型零件的热处理缺陷分析及其对策。本书内容丰富,所列实例具有代表性、普遍性和实用性,在实际热处理生产中具有较高的参考价值。

本书适于热处理工程技术人员阅读使用,亦可供相关专业在校师生、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件热处理缺陷分析及对策 480 例/阎承沛编著.
北京:机械工业出版社,2008.6
ISBN 978-7-111-24116-4

I. 典… II. 阎… III. 机械元件-热处理缺陷-分析
IV. TG162.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067956 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:陈保华 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新
封面设计:王奕文 责任印制:邓 博
北京京丰印刷厂印刷
2008 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷
169mm×239mm·45.5 印张·889 千字
0 001—4 000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-24116-4
定价:75.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 68351729
封面无防伪标均为盗版

序

机械零部件在加工过程中会出现部分不合格品、废品，在使用与运行过程中还会出现各种不同形式的早期失效或完全失效。分析在制造过程和使用过程中暴露出的热处理缺陷，找到造成这些缺陷的原因，并加以预防或修复，是广大热处理工作者的重要使命。

零件在热处理以后经常被检测出的缺陷有：变形，开裂，硬度超差，组织不合格，表面状态不合格，淬硬层深度或渗层深度不合格，力学性能不合格，耐蚀性、热硬性和热强性不合格等。

零件在出厂装机运行过程中，上述不合格的热处理件如果被漏检或执行的质量标准不符合产品的使用要求，或运行环境条件的恶化和改变，将会出现零件的早期失效。它的主要表现形式是：早期磨损、裂纹、断裂、变形翘曲、疲劳损伤（接触疲劳损伤、交变载荷疲劳损伤、微动疲劳损伤、腐蚀疲劳损伤）等。表面损伤表现为：麻点、剥落、擦伤、微裂纹、表面腐蚀等；性能的弱化包括：抗高温、抗磨损、耐腐蚀性能及抗应力能力下降。

上述缺陷的形成受多种因素的影响，通过对不合格热处理件、废品件和早期失效零件的系统分析，可以查明零件在设计、选材、材料质量控制、材料冷热加工过程（包括热处理工艺的设计、实施与检测）、服役条件和环境影响等诸因素中的主要失效原因。需要特别指出的是，零部件在运行过程中，在外加载荷、应力、温度、环境（介质及腐蚀行为）以及其他物理的、化学的、机械的作用下，将进一步发生组织与性能的改变，这种改变是必然的。因为没有任何一种材料的结构是热力学稳定的，通常总会向熵增大或自由能降低的方向转化；在热力学范畴，它是一种耗散结构，总是由非平衡态、亚稳态向稳态转化，耗散在加工过程中输入的能量。零件在设计寿命之外发生这种损伤和破坏属于正常失效；而尚未达到设计寿命出现损伤的零件属于早期失效。其中，热处理缺陷是造成早期失效的重要原因之一。

作者收集归纳了机械、化工及其他十几个行业中常见的典型零件热处理缺陷，它们包括了热处理后出现的缺陷和运行中由于早期失效暴露出的热处理缺陷，通过对这些典型案例的废品（失效）分析，将主要由于热处理质量问题而形成的缺陷进一步归纳、整理，找出其缺陷形成原因，并指出防止克服的措施。这对于从事机械零件热处理技术的工作者来说，具有重要的实际意义和参考价值，也可供现场使用机械产品的工作者在分析零件早期失效原因时参考。

为了最大程度地减少热处理缺陷造成的损失,在热处理生产过程中,一方面制定了一系列热处理技术标准和有关材料的质量与验收标准。正确地贯彻执行这些技术标准,就可以为全面控制热处理产品质量提供保障;另一方面,在合理正确地选材与工艺设计的基础上,在热处理生产全过程实施全面质量管理,是绝对必要的。这两者是相互紧密联系的。而本书收集的热处理缺陷案例,反映了零件在诸如选材、材料成分与加工、组织性能控制、热处理工艺设计、热处理规范的制订与正确实施、加热与冷却介质的选用与管理、热处理装备的可靠性,以及热处理零件质量检查等环节上造成的失误。这些案例的剖析,可以使人们更加重视对热处理生产过程的全面质量管理。

在全世界经济一体化的今天,可持续发展高效、节能、环保的技术发展日新月异。在加工制造业中,再制造技术也有很大的进步。从价值工程学的角度分析,对于某些重要机械产品的关键零部件实施再修复工程具有重大意义,修复热处理技术也应运而生。从损伤修复到预防性修复技术,为这些重要零部件的安全运行和延寿服役提供了重要的保证。修复热处理技术正在发展成为一个新兴的产业。

西安理工大学教授 安运铮

前言

材料热处理缺陷分析及对策研究是推动热处理技术进步和生产发展的重要课题,也是广大热处理科技人员,特别是生产一线热处理工程技术人员和技术工人热切关注的技术问题。本书汇集了30余年来材料热处理生产和研发中各类典型零件的失效分析实例,概括论述了失效缺陷零件的服役条件和受力分析、缺陷形貌特征、检验分析、缺陷原因、工艺改进及防止措施等,供广大热处理工程技术人员和技术工人借鉴参考。

本书是众多热处理科技人员多年来在材料热处理技术领域研究探索、技术开发、产品攻关和生产经验的集成和总结,也是全国广大热处理工作者集体智慧的荟萃和结晶。本书未能将引用资料文献的作者姓名一一列出,深感遗憾。作者的工作主要在于将资料素材提炼再加工,进行分析综合和提出解决途径或办法等。

本书的主要特点如下:

(1) 各类典型工程零件按行业类别和应用特点分为16大类,以使零件缺陷分析和介绍条理清晰。

(2) 本书采用科学分析方法,从零件概况介绍、服役环境与受力分析、缺陷形貌特征、检验分析、缺陷(失效)原因、工艺改进或防止措施及生产经验等逐一分别论述,以便人们对于工程零件特点、缺陷形貌特征、缺陷检验分析及原因、对策(工艺改进、防止措施、生产经验和方法等)等有全面的认识和理解,力求理论分析与理化检验结果和热处理工艺改进、技术措施及生产实践经验相结合,构建检验分析和论述的统一体,避免就事论事和片面性。

(3) 工程零件材料热处理缺陷的理论分析和研究,已有多部专著问世和大量研究论文披露,该部分内容本书不再赘述。书中典型实例缺陷分析和论述特点在于,结合具体零件分析说明缺陷特点、危害及产生原因,并提出相应对策,论述分析以剖析缺陷实质及危害为主,不进行过多研究探讨和评析追溯讨论;另一方面,本书力求实例具有典型性和代表性,论述精简,切合生产实际,力戒观点模糊或泛泛而论。

材料热处理缺陷典型实例分析研究是活的热处理科学与实践经验总结的结晶,许多实例是去粗取精,不少实例是沙里淘金。本书力求将材料热处理界科研人员、学者和生产一线工程技术人员与技术能手的科技成果与实践经验相结合,将上述科研成果、科技创新、技术诀窍与发明、工艺设备技术改进、现场经验及热处理缺陷预防治理措施等采撷荟萃于一集,为广大热处理科技同仁和技术工人

提供一把解决热处理生产技术难题的钥匙。使本书成为广大热处理科技人员的技术参谋、顾问和良师益友,则是编写本书的最大愿望。

本书初稿完成后,经西安理工大学安运铮教授审阅主要内容并提出修改意见,经修改补充后定稿。安运铮教授还为本书撰写了序言。作者对安运铮教授的热忱支持和辛勤劳动表示谢意。

最后,应该说明的是,由于科学技术的飞速发展和作者学术水平的局限,本书难免有疏漏和不当之处,诚望热心读者指正,并深表谢意。

阎承沛

目 录

序

前言

第1章 概述	1
1.1 材料热处理缺陷分析研究的目的是意义	1
1.2 材料热处理缺陷分析及对策实例在热处理生产中的作用	1
第2章 齿轮热处理缺陷分析及对策	6
例1 齿轮机座轮齿断裂分析及防止措施	6
例2 20CrMnTiH 钢齿轮裂纹分析及防止措施	7
例3 齿轮轴剥落失效分析及防止措施	9
例4 粉末冶金摩托车齿轮高频感应加热淬火裂纹分析及改进措施	10
例5 汽车后桥主动锥齿轮热处理裂纹分析及防止措施	11
例6 齿轮化学热处理淬火变形与防止措施	12
例7 薄片齿轮渗氮变形缺陷分析及减少变形工艺改进措施	14
例8 渗氮花键齿厚涨大缺陷分析及工艺改进措施	15
例9 齿轮淬火畸变分析和感应加热应力校正法	17
例10 齿轮渗碳淬火畸变分析及工艺改进	19
例11 双联齿轮和锥齿轮热处理畸变分析及减少畸变措施	20
例12 汽车齿轮畸变分析及减少畸变正火处理工艺	23
例13 齿轮热处理变形缺陷分析及减少其热处理变形措施与工艺方法	25
例14 复杂形状齿轮变形分析及热处理工艺改进	29
例15 巴西依顿 5125282 齿轮淬火畸变分析及工艺改进措施	31
例16 齿轮变形分析及热处理工艺改进措施	32
例17 汽车齿轮压力淬火缺陷分析及无压力微变形渗碳淬火工艺	33
例18 弧齿锥齿轮渗碳淬火变形分析及减少热处理变形的工艺改进与措施	35
例19 渗碳齿轮淬火畸变的异常影响因素与机加工工艺改进及失效齿轮修复措施	39
例20 锥齿轮渗碳淬火变形分析及工艺改进	40
例21 渗碳齿轮花键孔变形分析及控制与减少花键孔变形措施	43
例22 18CrMnTi 钢齿轮碳氮共渗黑色组织缺陷分析及防止措施	50
例23 45 钢大齿圈调质处理异常组织分析及工艺改进	52
例24 22CrMoH 钢齿轮淬火畸变与开裂缺陷分析及对策	53
例25 ZG310—570 半齿圈热处理断裂失效分析及防止措施	54
例26 主动锥齿轮热处理缺陷分析及工艺改进	55

例 27	斜齿轮早期断裂失效分析及工艺改进	56
例 28	弧齿锥齿轮渗碳白斑缺陷分析及防止措施	57
例 29	后桥弧齿锥齿轮轴早期断裂分析及防止措施	58
例 30	改进齿轮热处理工艺,降低插齿表面粗糙度	59
例 31	20CrMnTi 钢齿轮碳氮共渗氢脆氢裂失效分析及防止措施	60
例 32	传动齿轮擦伤危害分析及防止措施	62
例 33	45 钢齿轮断裂失效分析及工艺改进措施	64
例 34	提升机减速齿轮断裂分析及防止措施	65
例 35	插齿齿面表面粗糙度不合格原因分析及工艺改进	66
例 36	缩小小齿轮内孔尺寸热处理方法	67
例 37	渗碳淬火内花键齿轮缩孔失效后双液淬火热处理返修法	68
例 38	锥齿轮内孔胀大的修复热处理	68
例 39	渗碳齿轮(轴)齿面磨削裂纹失效分析及防止措施	70
第 3 章	标准件热处理缺陷分析及对策	75
例 1	60Si2Mn 钢螺旋弹簧淬裂缺陷分析及防止措施	75
例 2	35CrMo 钢螺栓断裂失效分析及防止措施	77
例 3	Ω 形弹簧缺陷分析及防止措施	78
例 4	铁路货车轴承裂纹缺陷分析及工艺改进	79
例 5	圆锥滚子裂纹分析及防止措施	80
例 6	GCr15SiMn 钢异型轴承热处理变形缺陷分析及工艺改进	81
例 7	圆锥滚子轴承外套多用炉淬火畸变分析及工艺改进	82
例 8	T8 钢薄片弹簧变形缺陷分析及工艺改进	83
例 9	Cr4Mo4V 钢高温轴承真空淬火晶粒粗化分析及工艺改进	84
例 10	GCr15 钢轴承套圈缺陷分析及工艺改进	86
例 11	35CrMo 钢螺栓淬火裂纹缺陷分析及防止措施	87
例 12	冷锻高强度螺栓裂纹分析及防止措施	88
例 13	GCr15 钢轴承零件过热带状组织分析及防止措施	89
例 14	自攻螺钉碳氮共渗黑色组织缺陷分析及防止措施	90
例 15	轴承保持架断裂分析及工艺改进	91
例 16	卡夹螺旋弹簧断裂分析及防止措施	93
例 17	自攻螺钉缺陷失效分析及强韧化热处理工艺改进	94
例 18	65Mn 钢弹簧片断裂分析及工艺改进	97
例 19	20MnTiB 钢高强度螺栓断裂分析及防止措施	98
例 20	改进淬火、回火工艺,挽救过热轴承钢球	99
例 21	轴承渗碳层超标返修工艺	100
例 22	人工时效挽救轴承圈外径磨小废品	101
例 23	GCr15 钢坯件脱碳保护涂料与应用	102
第 4 章	大型锻件和电站设备锻件热处理缺陷分析及对策	104

例 1	GCr15 钢冷轧辊断裂失效分析及工艺改进	105
例 2	Cr12MoV 钢轧辊淬火开裂分析与防止措施	106
例 3	高速钢轧辊热处理裂纹缺陷分析与防止措施	108
例 4	蛇形管托架冲压裂纹断裂失效和再结晶退火消除法	109
例 5	电站风机轴早期断裂失效分析及防止措施	110
例 6	中碳贝氏体钢支承辊垂直裂纹分析和防止措施	111
例 7	大锻件热处理应力与开裂缺陷及其预防	112
例 8	大型齿轮轴微变形快速加热淬火	115
例 9	半轮叉锻件弯曲变形缺陷分析及工艺改进	117
例 10	空心辊中频感应加热淬火变形缺陷分析及工艺改进	118
例 11	大型渗碳齿轮圈热处理畸变分析与工艺改进措施	120
例 12	大齿轮轴热处理畸变分析和热处理工艺改进及质量控制	121
例 13	34CrNiMo 钢齿轮轴开裂分析及防止措施	122
例 14	18CrNiWA 钢舵轴锻件白点缺陷分析及工艺改进	123
例 15	20MnMo 钢大型锻件魏氏组织缺陷分析及工艺改进	125
例 16	4Cr5WMoSiV 钢大圆弧剪刀激光淬火缺陷分析及防止措施	127
例 17	9SiCr 钢冷轧辊断裂失效分析及防止措施	128
例 18	发电厂捞渣机链条零件早期断裂分析及工艺改进	130
例 19	25Cr2Mo1V 钢高温紧固螺栓脆断失效分析及恢复热处理	131
例 20	12Cr1MoV 钢锅炉吊杆缺陷及热处理工艺改进	133
例 21	直缝钢管轧机成形辊缺陷分析和工艺改进	134
例 22	25Cr2MoV 钢锅炉螺栓缺陷及热处理工艺改进	137
例 23	大型柱塞开裂原因分析及预防措施	139
例 24	60CrMoV 钢大型轧辊开裂失效分析及热处理工艺改进	140
例 25	45 钢渣浆泵主轴早期疲劳断裂分析及工艺改进措施	142
例 26	大直径曲轴热处理残留应力分析及工艺改进	143
例 27	9Cr2 钢冷轧辊深层剥落缺陷分析和断续淬火工艺改进	145
例 28	7424 不锈钢叶轮表面氧化缺陷和氩气保护热处理	147
例 29	水轮机叶片气蚀破坏分析及耐气蚀热处理工艺改进	148
例 30	汽轮机高压喷嘴缺陷分析及防止措施	150
例 31	汽轮机末级叶片水蚀破坏分析及纳米涂层耐水蚀新方法	151
例 32	电厂冷油器铜管腐蚀缺陷分析及防止措施	152
例 33	槽钢轧辊堆焊修复热处理	153
例 34	大型缺陷锻件降温淬火调质工艺改进	154
例 35	余热发电烟机涡轮盘和叶片损伤分析与激光随形熔铸重建修复处理	155
第 5 章 气动工具及液压元件热处理缺陷分析及对策		158
例 1	定子导轨中频感应加热淬火裂纹及防止措施	158
例 2	凿岩机钎尾渗碳淬火裂纹分析及工艺改进	159

例 3 柱塞泵泵头体断裂失效分析及改进措施	160
例 4 凸轮板热处理变形分析及工艺改进	161
例 5 长缸筒中频感应加热淬火变形缺陷分析及工艺改进	162
例 6 阀片盐浴淬火变形分析及工艺改进	163
例 7 38CrMoAlA 钢活塞杆热处理变形分析及工艺改进	164
例 8 环状阀片淬火变形及防止措施	167
例 9 凿岩机活塞气体氮碳共渗畸变超差与工艺改进	168
例 10 液压凿岩机钎尾变形缺陷分析及防止措施	169
例 11 十字头销高频感应加热淬火疲劳脆断分析及工艺改进	171
例 12 压铸铝合金清洗泵腔壁断裂失效分析及工艺改进	172
例 13 凿岩机活塞渗碳淬火氢脆断裂分析及防止措施	174
例 14 27SiMnMoV 钢针阀体渗碳淬火断裂失效分析及工艺改进	175
例 15 凿岩机钎杆早期断裂分析及改进措施	176
例 16 油浆泵泵体早期泄漏分析及改进措施	176
例 17 阀体开裂分析及改进措施	178
例 18 气体抗蚀渗氮阀杆脆断分析及防止措施	179
例 19 针阀体热处理后锈蚀及工艺改进	180
例 20 钢管轧辊内孔胀大返修处理	181
例 21 渗漏锡青铜阀件的修复热处理工艺	182
例 22 CBG3 油泵齿轮轴磨削裂纹缺陷分析及防止措施	183
第 6 章 工模量具热处理缺陷分析及对策	185
例 1 高速钢锯片铣刀开裂分析及工艺改进	185
例 2 热切锯片碎裂失效分析及工艺改进	187
例 3 机用锯条坯脆断失效分析及防止措施	188
例 4 活扳手开裂缺陷分析及防止措施	189
例 5 断线钳钳头开裂分析及工艺改进	191
例 6 T10A 钢模具线切割开裂分析及工艺改进	192
例 7 3Cr2W8V 钢热作模具早期开裂失效分析及对策	193
例 8 Cr12MoV 钢冷挤压模断裂破坏分析及 3Cr2W8V 钢冷挤压模工艺改进	196
例 9 H13 钢铝合金压铸模早期开裂失效分析及防止措施	197
例 10 模锻件分模面淬火裂纹分析及工艺改进	198
例 11 大型 5CrMnMo 钢热锻模淬火裂纹分析及工艺改进 (I)	199
例 12 大型 5CrMnMo 钢热锻模淬火裂纹分析及工艺改进 (II)	201
例 13 组合式气门热锻模非正常开裂缺陷分析及防止措施	202
例 14 CrWMn 钢模具炸裂失效分析及工艺改进	203
例 15 W4Mo3Cr4VSi 高速钢 (T64340 钢) 刀具矫直断裂分析及工艺改进	205
例 16 W18Cr4V 钢拉刀断裂分析及工艺改进	206
例 17 高速钢机用丝锥热处理裂纹分析及防止措施	208

例 18	9Cr18 钢刀具淬火变形分析及工艺改进	209
例 19	冷冲模淬火变形分析及锻造余热处理减少淬火变形工艺改进	211
例 20	游标卡尺热处理缺陷分析及工艺改进	213
例 21	Ti0A 钢冷冲凹模减少畸变微变形淬火工艺	215
例 22	光栏片冲模热处理变形分析及工艺改进	216
例 23	薄刃碟形刀片淬火变形分析及工艺改进	217
例 24	Cr12MoV 钢冷冲模具微变形热处理工艺改进	219
例 25	切卡器凹模淬火变形分析及高频浸水加热淬火工艺改进	221
例 26	$\phi 200\text{mm}$ 及以上锯片铣刀热处理变形开裂缺陷分析及防止措施	222
例 27	销子铰刀淬火变形分析及工艺改进	224
例 28	$\phi 3 \sim \phi 6\text{mm}$ 细长高速钢工具淬火变形缺陷分析及微变形淬火工艺改进	225
例 29	Ti2A 钢无刃切断刀变形分析及工艺改进	227
例 30	锯片铣刀热处理畸变分析与工艺改进	229
例 31	60 钢板状零件感应加热淬火变形分析和工艺改进	231
例 32	高速钢拉刀热处理弯曲变形分析与防止措施及校直方法	233
例 33	工字卡规热处理变形分析及减少与控制卡规变形的工艺改进	235
例 34	上阴模淬火畸变分析及工艺改进	236
例 35	超硬高速钢切刀片热处理变形分析及压紧校直回火处理工艺	237
例 36	量块调质长度缩小缺陷分析及工艺改进	238
例 37	量块尺寸稳定性因素分析及热处理工艺改进	240
例 38	高速钢丝锥淬火局部过热缺陷分析及防止措施	242
例 39	电熨斗压铸模早期失效分析及防止措施	243
例 40	Ti0A 钢卡尺石墨碳缺陷分析及防止措施	244
例 41	双金属带锯淬火缺陷分析及工艺改进	245
例 42	Cr12 钢淬火软点缺陷分析及防止措施	246
例 43	Cr12MoV 钢凹模早期断裂失效分析及工艺改进	248
例 44	高速钢宽带状碳化物堆积与大块角状碳化物致工具过热开裂分析及防止措施	250
例 45	DIN 100MnCrW4 模具钢开裂破坏分析及工艺改进	252
例 46	CrWMn 钢模具断裂失效分析及消除网状碳化物工艺改进	254
例 47	4Cr5MoSiV1 钢压铸模滑块早期断裂失效分析及防止措施	255
例 48	GCr15 钢六角落料刀片断裂破坏分析及快速加热薄壳淬火工艺改进	258
例 49	强力螺栓滚丝轮缺陷分析及工艺改进	261
例 50	Cr12MoV 钢复合凹凸模早期断裂失效分析与工艺改进	262
例 51	精冲模具早期失效分析和选材及工艺改进	265
例 52	稀土镁球墨铸铁大型穿孔模缺陷分析及工艺改进	266
例 53	冷锻轴承滚子模具缺陷分析及工艺改进	268
例 54	陶瓷模具腐蚀开裂分析及防止措施	270

例 55	铝合金压铸模的焊合熔损缺陷分析及防止措施	272
例 56	高速钢刀具磨削裂纹缺陷分析及工艺改进	273
例 57	45 钢冷挤压模早期失效分析及流态粒子热处理工艺改进	274
例 58	高速钢麻花钻淬火过热缺陷检验新方法——弹性变形区分法	275
例 59	5CrW2Si 钢拼接超长剪切刀片缺陷分析及用 5Cr5WMoSiV 钢超长 刀片低温淬火工艺改进	276
例 60	铝型材热挤压模窄缝面共渗缺陷分析及硫氮碳共渗最佳化工艺改进	277
例 61	锥柄钻头淬硬不均缺陷分析及工艺改进	279
例 62	高速钢拉刀分级盐浴超温缺陷分析及压缩空气冷却管控温法	280
例 63	压刀早期磨损失效分析和气体氮碳共渗修复处理	281
例 64	W6Mo5Cr4V2Al 高速钢锯条的返修热处理	283
第 7 章	机床零件热处理缺陷分析及对策	286
例 1	机床活塞超音频感应加热淬火裂纹分析及对策	286
例 2	铸铁床身中频感应加热淬火裂纹分析及防止措施	287
例 3	45A 钢卡爪淬火开裂分析及防止措施	289
例 4	磨床钳口件开裂分析及对策	289
例 5	弹簧胀套变形缺陷分析及微变形等温淬火工艺	290
例 6	减少机床导轨高频感应加热淬火变形工艺措施	291
例 7	热应力预弯曲法减少导轨淬火变形	292
例 8	渗碳导轨淬火变形分析及工艺改进	293
例 9	机床导轨淬火畸变分析与防止、修复工艺措施	294
例 10	高精度机床导轨渗氮变形分析及防止措施	296
例 11	镶钢导轨变形分析及预反变形热处理工艺	298
例 12	滚珠丝杠副微变形高频感应加热淬火	299
例 13	滚珠丝杠变形分析及工艺改进	301
例 14	滚珠丝杠中频感应加热淬火变形分析及工艺改进	303
例 15	齿条热处理变形缺陷分析及工艺改进	303
例 16	主轴锥孔淬火软带缺陷分析及感应器改进	305
例 17	45 钢卡爪带状组织缺陷分析及防止措施	306
例 18	导轨两端软带与开裂分析及工艺改进	308
例 19	两相交面感应加热淬火缺陷分析及工艺改进	310
例 20	主轴内锥孔盐浴淬火缺陷分析和 U 形感应器内锥孔加热淬火	311
例 21	车床导轨中频感应加热淬火工艺改进与控制	314
例 22	拉齿机夹紧内套应力松弛缺陷分析与工艺改进	316
例 23	机床导轨拉弧缺陷分析及防止措施	318
例 24	利用热处理变形挽救纵剪机支座超差零件	318
例 25	控制残留奥氏体转变矫正滚珠丝杠畸变	320
例 26	热剪切机剪刀早期失效分析与修复工艺	321

例 27	20CrMo 钢渗碳主轴磨削裂纹分析及工艺改进	322
第 8 章 汽车、摩托车、拖拉机类零件热处理缺陷分析及对策		325
例 1	增压柴油发动机排气门盘部断裂分析及改进措施	325
例 2	内嵌铝管冷弯开裂分析及防止措施	327
例 3	调节螺钉高频感应加热淬火裂纹分析及工艺改进	330
例 4	凸轮轴中频感应加热淬火桃尖淬裂分析及对策	331
例 5	汽车转向节中频感应加热淬火裂纹缺陷分析及工艺改进	332
例 6	汽车轴管零件淬火开裂分析及水基淬火液淬火工艺改进	334
例 7	汽车拨叉淬火裂纹分析及工艺改进	336
例 8	Q52-51 型摩托车车轮轮毂开裂缺陷分析及工艺改进	337
例 9	45 钢摆臂轴淬火裂纹分析及工艺改进	339
例 10	摩托车后轮轴断裂分析及工艺改进	340
例 11	EQ1060 变速器总成二轴早期断裂失效分析及防止措施	342
例 12	调整螺钉感应加热淬火断裂分析及端面感应加热淬火工艺改进	343
例 13	轿车齿套渗碳淬火畸变分析及微变形淬火工艺控制	345
例 14	柴油机喷油器针阀偶件卡死早期失效分析及工艺改进	347
例 15	钢板弹簧侧弯变形缺陷分析及工艺改进	349
例 16	利用相变原理减少支承轴螺纹部位的胀大变形	350
例 17	连接轴热处理缺陷分析及工艺改进	351
例 18	球墨铸铁曲轴氮加空气渗氮处理及变形控制	353
例 19	摩托车主轴热处理畸变缺陷分析及工艺改进	356
例 20	20Cr2Ni4A 钢内花键套热处理畸变分析及工艺改进	358
例 21	发动机曲轴圆角强化畸变分析及工艺改进	360
例 22	高速柴油机曲轴渗氮畸变分析及工艺改进	361
例 23	曲轴离子氮碳共渗后表面白斑缺陷分析及防止措施	362
例 24	发动机曲轴早期断裂失效分析及工艺改进	363
例 25	HT200 灰铸铁难加工缺陷分析与工艺改进	366
例 26	GCr15 钢汽车水泵芯轴早期失效分析及防止措施	368
例 27	转向齿扇摇臂轴早期断裂分析及防止措施	368
例 28	汽车下摆臂早期断裂失效分析及工艺改进	369
例 29	重型汽车曲轴早期断裂失效分析及防止措施	370
例 30	碳氮共渗离合器主轴疲劳断裂分析及防止措施	371
例 31	4Cr9Si2 钢进排气门断裂分析及调质工艺优化改进	372
例 32	柴油机连杆早期断裂失效分析及工艺改进	374
例 33	汽车半轴淬火裂纹分析及工艺改进和薄壳表面硬化工艺特点分析	376
例 34	摩托车凸轮轴脆断缺陷分析及工艺改进	379
例 35	活塞杆硬化相邻区段淬火缺陷分析及工艺改进	380
例 36	灰铸铁凸轮轴表面麻点缺陷分析及工艺改进	381

例 37	灰铸铁气缸锭子渗氮表面鼓泡与脆化爆裂分析及防止措施	382
例 38	中频感应器烧坏检验分析及防止措施	383
例 39	圆簧电阻加热淬火新工艺及生产应用	384
例 40	渗碳齿轮花键轴磨削裂纹缺陷分析及细化处理防治法	385
例 41	渗碳轴螺纹崩牙缺陷分析及防渗碳与漏渗碳处理措施	387
第 9 章 石油化工与采矿钻探机械零件热处理缺陷分析及对策		390
例 1	高锰钢破碎机齿板淬裂分析与水韧处理	390
例 2	罗茨鼓风机轴横向断裂分析及防止措施	392
例 3	石油热采锅炉炉管爆裂分析及防止措施	393
例 4	40Cr 钢活塞杆断裂失效分析及防止措施	394
例 5	摩擦焊接钻杆焊缝断裂失效分析及工艺改进	397
例 6	牙轮钻头牙掌焊接热处理裂纹缺陷分析及防止措施	398
例 7	18Cr2Ni4WA 钢渗碳齿轮轴纵裂失效分析及工艺改进	401
例 8	石油钻杆接头表面开裂缺陷分析及工艺改进	402
例 9	柱塞泵压盘无损渗氮层变形矫正工艺	403
例 10	非圆形截面螺旋弹簧热处理畸变分析及工艺改进	404
例 11	40Cr 钢长轴激光淬火变形分析与激光矫正处理	405
例 12	高压管件内表面淬火缺陷分析及火焰淬火工艺改进	406
例 13	钎尾热处理变形与校直分析及工艺改进	408
例 14	铸钢齿条件热处理变形分析与控制措施	409
例 15	铸钢箱体件变形缺陷分析及变形件退火矫正修复法	410
例 16	35CrMo 钢轴热处理畸变分析及回火工艺控制畸变法	411
例 17	抽油杆热处理氧化脱碳缺陷分析及中频感应穿透加热正火新工艺	412
例 18	ZG1Cr18Ni9 钢法兰裂纹缺陷分析及工艺改进	413
例 19	螺杆钻具传动轴断裂分析及工艺改进	415
例 20	液压缸早期开裂失效分析及防止措施	416
例 21	制动毂裂纹开裂分析及工艺改进	417
例 22	40Cr 钢活塞开裂缺陷分析及工艺改进	418
例 23	1Cr18Ni9Ti 钢箱体橘皮状表面缺陷分析及防止措施	419
例 24	螺杆钻具传动轴壳体开裂失效分析及工艺改进	420
例 25	高碳马氏体钢球淬火开裂失效分析及工艺改进	421
例 26	长轴薄壁零件咬死早期失效分析及工艺改进	422
例 27	高强度摩擦焊感应加热正火软化缺陷分析及感应加热区宽度窄化技术	424
例 28	链轮花键轴变形磨损早期失效分析及工艺改进	425
例 29	高铬白口铸铁磨球内应力缺陷分析及控制消除措施	427
例 30	消除 ZQAl9—4 轴套、轴瓦脆性的热处理工艺	429
例 31	掘进机 (TBM) 盘形滚刀磨损早期失效分析及工艺改进	430
例 32	钻井泵齿轮轴断齿分析及工艺改进	431

例 33	采煤机截齿磨损早期失效分析及工艺改进	433
例 34	聚酯反应釜搅拌轴断裂失效分析及工艺改进	434
例 35	游车大钩滑轮轴热处理缺陷分析及工艺改进	436
例 36	多冲接触载荷下不锈钢组合阀件激光熔覆技术应用及改进	437
例 37	波纹管断裂早期失效分析及工艺改进	439
例 38	分流塔套筒焊缝应力腐蚀开裂分析及工艺改进	441
例 39	大型储气罐炉外整体热处理技术	442
例 40	400m ³ 球罐现场电加热法整体热处理	443
例 41	P460NL1 钢球罐焊后去应力退火工艺优化	445
例 42	轴流压缩机叶片承缸大型铸件变形缺陷分析及热蠕变修复法	447
例 43	石油钻杆对焊修复焊缝区热处理工艺改进	449
例 44	抽提塔、沉降塔环焊缝焊后现场电加热热处理工艺改进	452
第 10 章 农机具类零件热处理缺陷分析及对策		454
例 1	水泵轴断裂失效分析及改进措施	454
例 2	45 钢零件淬裂缺陷分析及对策	455
例 3	拖拉机发动机捣缸断裂分析及防止措施	456
例 4	榨油机榨螺早期失效分析及工艺改进	457
例 5	20CrMnMo 钢轴渗碳早期断裂失效分析及防止措施	459
例 6	气缸盖和进排气歧管翘曲缺陷分析及热时效修复工艺	460
例 7	亚共析钢电动机转子轴变形开裂分析及微变形淬火工艺	462
例 8	18Cr2Ni4WA 钢曲轴渗氮变形缺陷分析及工艺改进	463
例 9	球墨铸铁曲轴磨裂分析及工艺改进	464
例 10	Si95 球墨铸铁凸轮轴裂纹缺陷分析及工艺改进	465
例 11	齿形链条导板裂纹分析及工艺改进	467
例 12	4Cr13 钢饲料机环模开裂早期失效分析及工艺改进	468
例 13	D60 钢农机零件过热缺陷分析及消除措施	469
例 14	50B 钢零件脆化缺陷分析及防止措施	470
例 15	65Mn 钢甩刀早期断裂失效分析及强韧化处理新工艺	470
例 16	球墨铸铁凸轮轴磨削裂纹分析及热处理工艺改进	471
例 17	饲料压模磨损早期失效分析和抗磨铸铁强韧化热处理工艺	472
例 18	铸钢转轴低硬度缺陷分析及改进措施	473
例 19	割草机刀片早期磨损失效分析、热处理工艺比较及改进措施	474
例 20	粉碎机锤片磨损疲劳早期失效分析和固体渗硼工艺改进	476
例 21	筛片磨损断裂失效分析及热处理工艺改进	477
例 22	结构钢零件脱碳层铸铁屑渗剂复碳法	478
第 11 章 电器电子类零件热处理缺陷分析及对策		480
例 1	显像管铁铬玻璃封接合金阳极帽穿晶断裂分析及防止措施	480
例 2	销轴淬火裂纹失效分析及防止措施	481

例 3	12Cr1MoV 钢管可控浸水空冷热处理	482
例 4	防止 08F 钢开关零件止端变形开裂的低碳马氏体强化处理	484
例 5	65Mn 钢爪形接地弹簧垫圈热处理工艺改进	485
例 6	45 钢电动机轴疲劳断裂失效分析及防止措施	486
例 7	花键套淬火变形及回火校正法	487
例 8	单面渗碳零件压模预变形淬火法	488
例 9	减少 Cr12 钢彩电管座塑模腔淬火变形新工艺方法	489
例 10	喷油器顶杆表面剥落早期失效分析及防止措施	491
例 11	调速器滚轮早期开裂失效分析及工艺改进	493
例 12	电池壳钢带深冲表面缺陷分析及消除方法	494
例 13	5B05 防锈铝合金预绞丝断裂早期失效分析及防止措施	495
例 14	IC 引线冲模优化精选材料及热处理工艺	497
例 15	锥形转子电动机轴早期断裂失效分析及工艺改进	499
例 16	硅钢片脆化缺陷分析与防止	499
例 17	中碳钢模板淬火软点缺陷分析和工艺改进	501
例 18	铜电磁线芯退火表面腐蚀分析及防止措施	502
例 19	SiC 电热元件高温腐蚀破坏分析及改进	503
例 20	利用热处理变形修复废品	504
第 12 章 兵工器械零件热处理缺陷分析及对策		506
例 1	履带张紧大弹簧早期断裂失效分析及工艺改进	506
例 2	涡轮轴早期断裂分析及工艺改进	507
例 3	压缩机气缸盖螺栓断裂失效分析及防止措施	508
例 4	履带车辆扭力轴变形分析及冷校直工艺改进	509
例 5	异型薄壁零件淬火畸变分析及工艺改进	510
例 6	齿盘热处理畸变缺陷分析及工艺改进	512
例 7	铍青铜薄膜片零件淬火缺陷分析及防止措施	512
例 8	40CrMnSiMoVA 钢活塞杆氢脆缺陷分析及防止措施	513
例 9	低品质 40Cr 钢混晶分析及防止措施	514
例 10	35CrNi3MoV 钢炮管混晶缺陷分析及防止方法	516
例 11	碟形弹簧裂纹分析及防止措施	517
例 12	高压气瓶水爆试验缺陷分析及工艺改进	517
例 13	液压泵主动齿轮与主动轴断裂分析及工艺改进	518
例 14	迫击炮缓冲簧缺陷分析及工艺改进	519
例 15	三角花键滚压轮材料热处理缺陷分析及工艺改进	521
例 16	国产高速链滚子早期断裂失效分析及工艺改进	522
例 17	盐浴零件腐蚀破坏分析及对策	523
例 18	常温发蓝零件缺陷分析及发蓝新工艺	524
例 19	真空热熔修复零件	525