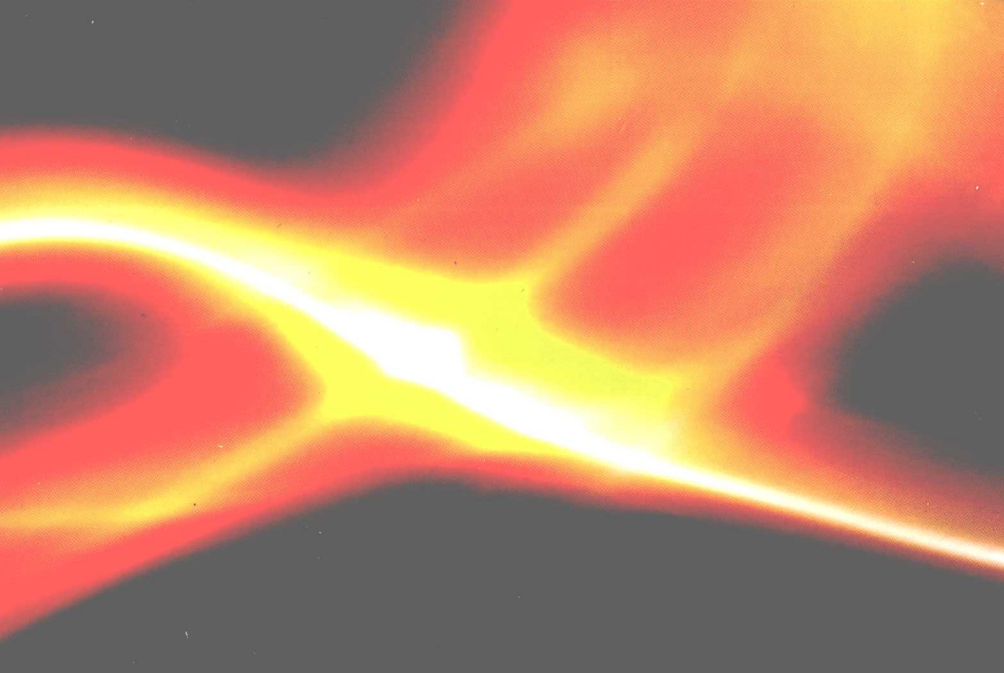




热处理常见缺陷 分析与对策

RECHULI
CHANGJIAN QUEXIAN
FENXI YU DUICE

第二版

王忠诚 王东 编著



化学工业出版社

热处理常见缺陷 分析与对策

RECHULI
CHANGJIAN QUEXIAN
FENXI YU DUICE

第二版

王忠诚 王东 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书对零件在加热、淬火、回火、表面淬火以及化学热处理工艺过程中出现的常见热处理缺陷进行了归纳和分析,重点对缺陷产生的原因、影响因素等进行了分析和探讨,同时提出了预防和改进措施。另外结合常见的热处理缺陷进行了实例分析,具有较强的参考价值和指导作用。

本书可供热处理企业和科研单位的技术工人、管理人员解决工程实际问题时参考,也可供大中专院校的机械工程设计和热处理专业师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

热处理常见缺陷分析与对策/王忠诚,王东编
著. —2版. —北京:化学工业出版社,2012.7
ISBN 978-7-122-13942-9

I. 热… II. ①王…②王… III. 热处理缺陷-
分析 IV. TG157

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第060681号

责任编辑:邢涛
责任校对:陈静

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京市振南印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张14 字数387千字

2012年7月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00元

版权所有 违者必究



前言

随着我国机械工业的迅速发展和技术水平的提高,各行业对于机械产品的使用性能、可靠性以及使用寿命提出了更高的要求,因此要对其进行必要的热处理,使其具有良好的组织和理想的力学性能。热处理作为提高零件产品质量和使用寿命的重要手段和方法,在整个加工过程中占有十分重要的地位。不断采用新材料、新工艺、新设备、新技术,将为减少机械零件的热处理过程缺陷做出重要贡献。

目前我国热处理行业是辅助于机械加工,没有引起大家的高度重视,高等院校改革后的热处理专业毕业生呈下降趋势,因此如何提高我国机械产品的热处理质量,已经成为机械加工的薄弱环节,形势不容乐观,因此对于机械设计人员、热处理技术人员进行系统的热处理专业知识的培训与学习,以适应不断发展的机械行业的要求,既可加深对基础理论的理解,又可正确指导生产过程中零件的设计和热处理操作,对零件的选材、零件的形状设计、热处理的具体技术要求等有重要的帮助作用。

零件在热处理过程中,因人、机、料、法、环和检六因素的影响,会出现这样或那样的热处理缺陷,有些缺陷是致命的。系统地学习热处理知识,有助于发现、分析和判断可能出现或已经出现的热处理质量缺陷,采用必要的硬度检测、金相分析、成分化验等先进的检测手段,找到产生缺陷的具体原因,对症下药,为今后零件的热处理连续作业提供可靠的质量保证,更为热处理质量的提高奠定良好的基础。

本书正是基于我国机械行业的热处理现状而编写的,尽管我国的部分热处理设备与工艺水平有了长足的进步,但与国外同行相比,仍有较大的差距,因此分析钢铁零件在热处理过程中缺陷产生

的原因，并提出有针对性的防止措施，也有助于读者系统而全面地认识热处理产生的缺陷机理，这是编写本书的宗旨与目的。

本书第1版在2008年1月出版后，在社会上得到了较大的反响，2009年4月重印后仍不能满足读者的需求，因此根据读者与出版社的要求，结合目前热处理零件的缺陷特征，笔者对此书进行了系统更新与补充，其中部分章节进行了细化介绍，以方便读者学习与参考，本次再版对于缺陷实例分析进行了大量的补充，根据不同的热处理过程有针对性的进行了分析，同时提出了预防的措施，这对于现场热处理生产作业具有指导意义和实用价值，同时本书还可作为机械设计专业和热处理专业的教学参考。

本书在编写过程中得到山东大学齐宝森教授的指导与帮助，济南沃德汽车零部件有限公司齐立永工程师提供了部分图片，山东安丘亚星热处理材料有限公司刘建华总经理提供了部分化学热处理资料，在此向他们谨致以深切的谢意！

由于作者水平有限，书中不足之处恳请广大读者和专家批评指正。

王忠诚

2012年1月

目 录

第 1 章 常见热处理缺陷的类型及分析方法

1

1.1 热处理常见的缺陷类型	2
1.1.1 热处理裂纹	5
1.1.2 热处理变形	6
1.1.3 热处理性能不合格	7
1.2 缺陷分析的步骤和方法	7
1.3 热处理缺陷的对策	13

第 2 章 钢在加热过程中产生的缺陷及其对策

16

2.1 氧化与脱碳	16
2.1.1 氧化和脱碳的机理	16
2.1.2 零件加热常用介质的作用和防止氧化与脱碳的措施	23
2.1.3 其他影响零件氧化和脱碳的因素	57
2.1.4 钢铁零件的表面腐蚀	61
2.1.5 零件表面氧化和脱碳的后续处理	62
2.2 过热和过烧	62
2.2.1 过热	62
2.2.2 过烧	67
2.2.3 防止零件过热和过烧的措施	68
2.3 氧化和脱碳实例分析	69
2.3.1 钢板弹簧的氧化和脱碳	69
2.3.2 螺栓的表面脱碳	71
2.3.3 汽车连杆的脱碳	74
2.3.4 热锻 40Cr 连杆螺栓的局部过烧断裂	75

2.3.5	气门杆部氧化脱碳对其寿命的影响	76
2.3.6	20 钢冷挤压挺杆球窝处脱碳分析	77
2.3.7	65Mn 钢制木工锯条的脱碳分析	77
2.3.8	抽油杆的热处理脱碳分析与改进措施	79
2.3.9	针阀体热处理锈蚀分析	81

第 3 章 淬火过程中产生的缺陷及其对策

83

3.1	概述	83
3.2	淬火应力分析	88
3.2.1	热应力	89
3.2.2	组织应力	90
3.3	淬火裂纹	93
3.3.1	淬火裂纹的特征	93
3.3.2	淬火开裂原因和形式	94
3.3.3	淬火裂纹的一般特点	100
3.3.4	影响零件开裂的因素和防止措施	102
3.3.5	其他裂纹	121
3.3.6	导致淬火零件裂纹的淬后加工	131
3.4	淬火变形	132
3.4.1	热处理变形的机理	132
3.4.2	影响工件变形的因素	135
3.4.3	零件热处理变形的规律	153
3.4.4	减小变形的热处理工艺的选择	158
3.4.5	其他防止零件变形的办法	159
3.4.6	工件热处理变形的校直方法	160
3.5	淬火后硬度不均匀、硬度不够	182
3.5.1	淬火后的硬度不均匀	182
3.5.2	淬火后硬度不足	184
3.6	工具钢的淬火缺陷	187
3.6.1	碳素工具钢和合金工具钢常见热处理质量缺陷	188
3.6.2	高合金钢和高速工具钢常见热处理质量缺陷	194
3.6.3	工具钢热处理时的基本思路	213
3.7	实例分析	217

3.7.1	圆板牙的热处理及变形的控制	217
3.7.2	65Mn 金刚石圆锯片基体的热处理和变形的控制	221
3.7.3	高速钢拉刀热处理变形的控制	223
3.7.4	塞规淬火裂纹及其控制	227
3.7.5	柴油机摆臂轴淬火剥落裂纹和防止措施	228
3.7.6	接柄丝锥裂纹分析与防止措施	229
3.7.7	高速钢制无心磨床支片变形的控制	231
3.7.8	气门锻模型腔部分腐蚀原因分析与措施	232
3.7.9	奥氏体钢气门固溶表面烧蚀分析	233
3.7.10	高速钢产生禁状断口原因分析与措施	235
3.7.11	Cr12MoV 钢搓丝板的淬火裂纹分析	237
3.7.12	45 钢柴油机顶杆座淬火裂纹分析	238
3.7.13	45 钢零件淬裂分析	239
3.7.14	汽车半轴淬火开裂分析	242
3.7.15	T7A 绞肉机孔板淬火开裂分析	243
3.7.16	35CrMo 钢螺栓淬火裂纹缺陷分析与防止措施	244
3.7.17	42CrMo 钢高强度螺母裂纹分析	246
3.7.18	60Si2MnA 钢汽车悬架横向稳定杆的变形分析	248
3.7.19	50CrV 钢纺织机钢针变形的控制	249
3.7.20	大型弹簧片淬火开裂分析	251
3.7.21	钢领热处理变形分析	254
3.7.22	T8A 医用超薄锯片淬火变形分析	255
3.7.23	高速钢锯片铣刀的热处理变形与开裂分析	256
3.7.24	杆状零件的热处理变形分析	259

第 4 章 淬火钢在回火过程中产生的缺陷及其对策

263

4.1	硬度不足	263
4.1.1	加热温度和保温时间的影响	263
4.1.2	回火温度的影响	264
4.1.3	冷却速度、冷却介质以及化学成分的影响	265
4.1.4	零件表面脱碳	266
4.2	硬度偏高	266
4.3	回火裂纹	268

4.4	回火脆性	269
4.5	实例分析	272
4.5.1	M56 高速钢丝锥热处理回火硬度不足	272
4.5.2	高速钢滚刀产生的回火裂纹	272
4.5.3	9Cr18Mo2V 钢气门回火后水冷调直断裂分析与控制	273
4.5.4	GCr15SiMn 钢制高压阀体开裂分析与控制	274
4.5.5	ML22CrMnB 低碳合金钢制冷锻高强度螺栓裂纹分析与控制	275

第 5 章 表面淬火缺陷及其对策

277

5.1	高频和中频淬火缺陷	278
5.1.1	感应淬火的意义和作用	278
5.1.2	感应加热表面质量的检查	280
5.1.3	常见的高频和中频表面淬火缺陷	282
5.1.4	提高高频和中频淬火件性能的措施和要求	294
5.2	火焰加热表面淬火缺陷	295
5.2.1	火焰加热表面淬火的意义和应用	295
5.2.2	火焰加热表面淬火常见缺陷和防止措施	296
5.2.3	影响火焰淬火表面质量的因素	300
5.3	电接触加热表面淬火缺陷	301
5.4	激光表面淬火缺陷	303
5.4.1	激光加热表面淬火的原理和特点	303
5.4.2	激光表面淬火的应用	304
5.5	实例分析	304
5.5.1	齿轮的表面淬火开裂	304
5.5.2	60 钢轴的高频淬火出现螺旋状软带	306
5.5.3	感应淬火时孔洞的边缘出现淬火裂纹	307
5.5.4	内燃机气门杆部高频淬火烧伤和晶粒度超标原因分析	308
5.5.5	汽车半轴花键淬火裂纹	310
5.5.6	机床活塞超音频感应加热淬火开裂分析	312
5.5.7	汽车转向节中频淬火开裂	313
5.5.8	35CrMo 钢制驱动桥半轴中频加热淬火断裂	316
5.5.9	凸轮轴中频感应淬火桃尖开裂	317

5.5.10	4Cr5WMoSiV 钢大圆弧剪刀激光淬火表面剥落	319
5.5.11	冷铸铁挺杆高频淬火开裂	320

第 6 章 气体渗碳热处理缺陷及其对策

321

6.1	气体渗碳及其热处理	322
6.1.1	气体渗碳的作用	322
6.1.2	气体渗碳后的热处理	323
6.2	渗碳零件的加工工艺路线分析	329
6.3	气体渗碳后常见的热处理缺陷和预防措施	331
6.3.1	渗碳热处理零件的变形	338
6.3.2	渗碳热处理零件裂纹的形成及防止措施	345
6.4	零件渗碳后的机械加工	348
6.5	实例分析	349
6.5.1	渗碳齿轮的磨削裂纹	349
6.5.2	齿轮的渗碳淬火畸变	350
6.5.3	大型渗碳齿轮热处理畸变	352
6.5.4	渗碳导轨淬火变形	353
6.5.5	渗碳轴螺线淬火崩牙	355
6.5.6	凿岩机钎尾渗碳淬火开裂	356
6.5.7	27SiMnMoA 钢针阀体渗碳淬火开裂	357
6.5.8	细长轴零件渗碳淬火开裂	358
6.5.9	滚珠丝杠渗碳淬火变形	360
6.5.10	汽车后桥主动锥齿轮热处理裂纹分析	361

第 7 章 气体碳氮共渗热处理缺陷及其对策

363

7.1	碳氮共渗热处理	363
7.2	碳氮共渗热处理的缺陷及防止措施	364
7.3	实例分析	369
7.3.1	汽车变速箱齿轮碳氮共渗“黑色组织”缺陷	369
7.3.2	20CrMnTi 钢制碳氮共渗主动锥齿轮断裂	371
7.3.3	20C 钢细长轴碳氮共渗变形分析	373

7.3.4	曲轴离子碳氮共渗表面白斑缺陷	374
7.3.5	驱动齿轮的碳氮共渗后热处理变形分析	375

第8章 渗氮热处理缺陷及其对策

377

8.1	渗氮零件的技术要求	379
8.2	渗氮工艺特点	383
8.3	渗氮用材及其加工工艺路线分析	390
8.4	零件渗氮的缺陷和防止措施	391
8.5	实例分析	396
8.5.1	6Cr13 钢制活塞环渗氮变形	396
8.5.2	40Cr 钢制薄片齿轮渗氮变形	398

第9章 氮碳共渗热处理缺陷及其对策

400

9.1	气体氮碳共渗热处理工艺特点	402
9.2	盐浴氮碳共渗热处理工艺特点	405
9.3	氮碳共渗用材及其加工工艺路线分析	409
9.4	氮碳共渗缺陷及防止措施	411
9.5	实例分析	415
9.5.1	气门液体软氮化后表面腐蚀和粗糙度超差	415
9.5.2	Cr12W 钢制挺杆氮碳共渗后开裂	421
9.5.3	套筒形零件氮碳共渗变形分析与措施	422
9.5.4	气门锻模非正常开裂缺陷分析及防止措施	424
9.5.5	凿岩机活塞气体氮碳共渗畸变超差	426

参考文献

428



第 1 章

常见热处理缺陷的类型及分析方法

热处理是指将固态金属材料以一定的速度加热到要求的温度，在此保温一定的时间，用以获得奥氏体组织和成分的均匀化，并实现晶粒的长大，随后进行冷却的过程。因此热处理的主要目的是赋予钢铁材料或其他材料具有一定的性能，能够满足零件使用过程和工作环境的性能要求，热处理不仅能改善钢铁材料的加工工艺性能和使用性能，充分发挥材料的潜力，更重要的是可以显著提高钢铁零件的力学性能、产品质量和延长零件的使用寿命。热处理之所以使钢铁的性能发生改变，是由于金属的原子结构即铁本身具有同素异构转变，钢铁材料在加热和冷却过程中，即通过热处理的方法来改变了其内部的组织和结构，因而获得所期望和要求的组织和性能，探讨加热和冷却时内部组织变化规律即为热处理原理。

不同化学成分决定了不同钢铁材料热处理后的力学性能存在明显的差异，即使同一材料采用不同的热处理手段改变其内部的组织结构，也具有不同的性能。可以说热处理是充分发挥金属材料潜在性能的极为有效的工艺方法之一，零件进行热处理的目的就是为了获得所期望的组织和性能。了解热处理对零件组织和性能的影响，编制正确有效、可操作性强、产品质量有保证的热处理工艺是十分重要的，根据零件的工作条件和使用状况，一定要合理选材，既考虑经济性，又要分析采用那种热处理方式可满足零件的技术要求。钢铁零件的热处理过程是由加热、保温和冷却三个阶段组成的，因

此根据加热温度、冷却方式和使用目的不同，热处理通常分为退火、正火、淬火、回火以及化学热处理等工艺方法，在生产实践中应具体问题具体分析，用最经济、最实用、最有效的工艺方法获得最佳的产品质量。

1.1 热处理常见的缺陷类型

钢铁零件在热处理过程中，因裂纹、变形、磨损、腐蚀等原因而失去原有的工作能力的现象称为失效或缺陷，失效分析的目的是从外部和内部因素两方面分析原因，以便采取有效的预防和补救措施，防止其再次发生。产生的质量缺陷问题可以归纳分为两个方面。一类为先天性的缺陷如零件的结构设计不合理、原材料或毛坯本身的缺陷，在热处理过程中产生或扩展成热处理缺陷，这是热处理工作者无法解决的，只有要求设计人员正确了解因设计不良造成的后果，选用正确材料，制定合理的技术要求，避免截面的急剧变化和打印标记，采取圆角过渡，需要注意原材料的缺陷如化学成分波动和不均匀、杂质含量偏多、严重偏析、非金属夹杂物、疏松、带状组织、折痕、发纹、白点、微裂纹、氧化脱碳和划痕等，要严格控制该类缺陷。另一类可能导致热处理缺陷如铸造、锻造、焊接和机械加工等的缺陷形式有裂纹、组织不良和外观缺陷等。而后天的因素例如零件的热处理工艺制订不合理，操作不当、设备和环境条件不合适、后续的机械加工工序不当、零件在使用过程中出现早期的失效等，因此在热处理生产中要特别重视对零件热处理的过程控制，做到预防为主、减少变差、杜绝浪费，确实能把影响产品质量的人、机、料、法、环和检六大因素分析透彻，认真领会，用最低的成本并采取有效措施，生产出优质的产品。为便于理解和系统分类，现将常见热处理缺陷的类型和产生的原因归纳总结，具体见表 1-1 和表 1-2。

从表 1-1 和表 1-2 中可知，淬火裂纹和淬火变形是热处理过程中的致命缺陷，一旦出现该类情况，将会造成难以挽回的损失，即人力、物力和财力的巨大浪费，直接影响到生产作业的进行，因此热处理操作者必须采取可行的措施，避免出现此类事故的发生。除

表 1-1 热处理缺陷的类型

热处理的类别		缺陷的形式
普通热处理	退火与正火	软化不充分,退火脆性,碳化物石墨化,表面氧化和脱碳,过热,过烧,网状碳化物,球化组织不良,蔡状断口和石状断口,组织反常
	淬火	淬火裂纹,淬火变形,硬化不充分,淬火软点,氧化,脱碳,过热,过烧,放置裂纹,放置变形,鱼鳞状断口,表面腐蚀
	回火	回火裂纹,回火脆性,回火软化,回火变形,表面腐蚀,残余应力过大,性能不合格
	冷处理	冷处理裂纹,冷处理变形,冷处理不充分
	后续处理	磨削裂纹,磨削烧伤,磨削淬火,酸洗脆性,浸镀脆性
表面硬化处理	表面渗碳和碳氮共渗	渗碳过度,异常组织,渗碳不均匀,内部氧化,表面剥落,表面硬度不足,表面碳化物不合格,心部组织不合格,渗碳层深度不足,心部硬度不合格,表面硬度不合格,表面脱碳
	氮化或氮碳共渗	白亮层,剥落,渗层硬度低,渗层深度不足,渗层网状或脉冲组织,变形,心部硬度低,渗层脆性,耐腐蚀性差,表面氧化
	表面淬火(高频淬火、火焰淬火等)	变形,裂纹,表面硬度过高、过低,硬度不均匀,硬化层不足,烧伤,晶粒粗化(过热),螺旋状回火带,斑疤
特种热处理	真空热处理	表面合金元素贫化,表面增碳或增氮,表面不光亮,淬火硬度低,表面晶粒长大,粘连
	气氛热处理	表面增碳或增氮,表面不光亮,氢脆,表面腐蚀,氧化,脱碳

表 1-2 热处理缺陷产生的原因

类别	影响因素	
非热处理原因或先天性原因	零件的设计不合理	零件的截面尺寸变化大,存在有棱角,表面划伤或有打印痕迹,材料选用不当,零件承受的负荷过大
	材料自身的缺陷	脱碳层过厚,非金属夹杂物超过要求,组织偏析,碳化物的分布不均匀,杂质(P、S)含量过多,表面折叠,表面微裂纹,白点

续表

类 别	影 响 因 素	
热处理因素 和未规范加工 和使用	制定的热处理工艺 不合理	过热, 淬火温度低, 加热不均匀, 淬火完全冷却, 冷却不均匀, 二次淬火, 鱼鳞状断口, 渗碳, 氧化脱碳, 球化退火不良, 未及时回火
	后续机械加工不当	磨削裂纹, 磨削烧伤, 磨削淬火, 电火花加工裂纹, 酸洗
	零件的使用缺陷	安装不当, 应力过于集中, 使用的工作环境温度高, 堆焊修理不当, 过度使用而未及时更换

此外, 残余应力、组织不合格、性能不合格、脆性以及其他缺陷属于第三位的缺陷, 具体见表 1-3。

表 1-3 一般的热处理缺陷

分 类	主要的表现形式
脆性	退火脆性, 回火脆性, 热脆性, 蓝脆性, 低温脆性, 氢脆性, 浸镀脆性, 酸脆性, 碱脆性
硬度	淬火软点, 退火不良, 硬化不充分, 过度回火, 不完全淬火, 硬度不均匀
金相组织	碳化物石墨化, 魏氏组织, 异常组织, 晶粒粗大, 混晶, 内部氧化, 带状组织, 条纹组织, 鱼鳞状断口, 黑点, 白点, 过热组织, 燃烧组织
表面缺陷	表面氧化, 脱碳, 渗碳, 白层, 磨削烧伤, 剥落, 晶界腐蚀, 应力腐蚀开裂, 起泡, 凸起, 浸镀不良, 发黑处理不当
热处理工艺的缺陷	奥氏体化温度和淬火温度, 加热时间和保温时间, 冷却介质和冷却方法, 冷却效果和硬化层, 形状和尺寸效应, 淬火硬度和淬火深度, 残余应力, 残余奥氏体
力学性能的不足	切削性, 冷墩性, 屈服强度, 疲劳强度, 冲击韧性, 耐磨性, 耐蚀性

钢铁零件的热处理质量与操作者有很大的关系, 由于加热失误会出现零件的氧化、脱碳、过热、回火裂纹和回火脆性等; 而冷却的失误会引起淬火裂纹、淬火应变、回火裂纹、淬火软点、退火脆性、回火脆性以及冷处理裂纹; 后续处理的失误造成零件表面的磨削烧伤、磨削裂纹、酸洗脆性和浸镀脆性等, 因此应引起高度的重视。资料介绍产生热处理缺陷的原因可从金属材料的相变(组织变

化)、热应力的作用、元素的析出和与外界的化学反应等几个方面进行分析。

首先淬火过程中产生的裂纹是由于过冷奥氏体转变为马氏体,发生组织转变,比容增大,热应力和组织应力综合作用的结果;其次磨削加工产生的磨削裂纹使零件冷却不良,造成零件表面受热温度高于马氏体的分解温度(转变为托氏体或索氏体),发生了二次淬火;淬火软点是由于冷却过程中冷却不均,表面出现了非马氏体组织(珠光体);淬火变形尤其是形状的改变则是冷却过程中相变应力和热应力引起的;通常谈到的回火脆性和退火脆性是碳化物在晶界上析出出现的缺陷;而浸镀脆性乃初生态的氢原子作用的结果;最后要提到零件表面的氧化、脱碳等缺陷是在加热过程中同加热介质或冷却过程中的空气接触,与氧气发生化学反应的结果。

随着科学技术的进步,越来越多的先进的热处理设备和工艺已经应用于钢铁零件的热处理过程中,影响热处理缺陷的因素大大减少,缺陷发生的概率降低。

1.1.1 热处理裂纹

零件在热处理结束后,由于材料或操作不当,将可能出现淬火裂纹、回火裂纹、磨削裂纹、冷处理裂纹等致命缺陷,它们直接造成零件的报废,无法挽救,因此必须采取有效的措施,避免此缺陷的发生。表1-4列出了常见的裂纹类型,供参考。

表 1-4 常见零件的裂纹类型

裂 纹 类 型	常见裂纹的特征或状态
淬火裂纹	纵向(轴向)裂纹,横向裂纹,指甲状裂纹,一字形裂纹,十字形裂纹,同心裂纹,放射线状裂纹
回火裂纹	回火龟裂,直线裂纹
放置裂纹(淬火延迟裂纹)	时效裂纹,搁置裂纹,残余应力裂纹,氢脆裂纹
磨削裂纹	龟裂,龟甲状裂纹
感应加热淬火裂纹	脱落裂纹
渗碳裂纹	剥落,脱落裂纹
脱碳裂纹	切断裂纹
冷处理裂纹	切断裂纹
电火花加工裂纹	变质层裂纹

从表 1-4 可知,各种裂纹的具体表面形式是不同的,因此在实际热处理过程要认真分析和正确区分,找出原因为零件的热处理质量的提高提供正确的依据。

现将钢铁零件中易发生的裂纹和其具体表现形态列于表 1-5 中,供参考。机械零件一旦出现裂纹,将直接造成零件的报废,影响到正常的使用,因此在热处理过程中或使用状态下是最忌讳裂纹的产生,因而对零件材料的选用、零件的优化设计与相关技术要求、机械加工(制造)和具体热处理工艺以及最终质量检验等几个环节应重点考虑,对具体的零件应根据其服役条件和工作环境,合理选材和提出最佳的热处理要求,同时注意冷热加工的顺序,保障产品质量。

表 1-5 常见裂纹的形态和特征

序号	检查的项目	观察的要点和思路
1	裂纹的大小	宏观裂纹,微观裂纹(观察倍数、方法)
2	显微镜观察	在晶粒内、晶界上,出现混合组织
3	发生的部位	表面的、内部的,从表面到心部的
4	表面的张开度	紧闭、张开尺寸等
5	裂纹的扩展方向	与表面成直角,与表面平行,与表面呈有一定的角度,与主应力呈直角,与主应力平行,与主应力斜角
6	路径	直线,锯齿,分叉,曲线,扇形,断续,连续
7	裂纹的具体形状	圆环,螺旋,同心状,双重
8	断口的形状	平行于壁,会聚于壁,呈半月形,呈三角形、菱形
9	裂纹内部形态	空壳状,充满氧化物,充满外来物
10	裂纹周围的组织	脱碳,变形,夹杂物,其他
11	分布	单一,多条,均匀分布,集中,偏向一边,对称分布
12	开裂的部位	切口底部,平滑部位,切削面,焊接部位,其他

1.1.2 热处理变形

零件在热处理加热和冷却过程中,其内部的组织结构要发生变化。钢的热处理的目的是通过改变钢的结构、成分等,获得要求的硬度和力学性能,以发挥其潜在的性能。因此在钢加热到奥氏体状态后,要进行快速冷却,过冷奥氏体转变为马氏体或贝氏体组织。在冷却过程中首先产生热应力的作用,随着马氏体或贝氏体的形成,产生了相变应力,二者共同作用的结果,造成零件的形状发生