

热处理常见缺陷

RECHULI
CHANGJIAN QUEXIAN
FENXI YU DUICE

分析与对策

王忠诚 编著



化学工业出版社

TG157/4

2008

热处理常见缺陷 RECHULI CHANGJIAN QUEXIAN FENXI YU DUICE 分析与对策

王忠诚 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,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的措施。另外结合常见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参考。

图书在版编目(CIP)数据

热处理常见缺陷分析与对策/王忠诚编著. —北京:化学工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-122-01145-9

I. 热… II. 王… III. 钢材-热处理-缺陷-分析
IV. TG162.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 138230 号

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 张绪瑞

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 史利平

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 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 296 千字

2008 年 1 月北京第 1 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

为了满足机械零件的工作需要，确保符合设计和使用要求，要对零件进行必要的热处理，使其具有良好的组织结构和理想的力学性能。热处理也是提高零件产品质量和使用寿命的重要手段和方法，因此零件的热处理在整个加工过程中占有十分重要的地位。与此同时新工艺、新设备、新技术的不断涌现，也给零件热处理产品质量的提高奠定了坚实的基础，提供了更为广阔的技术手段和工艺方法，必将为减少机械零件的热处理缺陷做出重要贡献。

目前我国的机械设计人员、热处理技术人员迫切需要进行系统的热处理专业知识的学习，以适应不断发展的机械行业的要求。这样不仅有助于加深对基础理论的理解，同时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，同时便于发现、分析和判断可能出现或已经出现的热处理质量或缺陷，从人、机、料、法、环、检等六方面入手，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。

本书正是基于我国机械行业的热处理现状编写而成的。书中比较详尽地介绍了钢铁零件在热处理过程中缺陷产生的原因和防止措施，从理论到实践进行了系统的分析和探讨，因此本书将为从事零件设计和热处理的技术人员提供必要的帮助。

本书围绕着零件的热处理缺陷的产生共分六章进行编写，第1章简要介绍了常见热处理缺陷以及分析方法等；第2~6章详细分析了零件在加热过程、淬火过程、回火过程、表面热处理和化学热处理过程中产生缺陷的种类与原因，同时提出了对预防热处理缺陷所采取的措施和方法。

笔者既从事过刀具和模具的普通热处理，又对化学热处理有深入的研究，在立足于生产实际的基础上，结合笔者二十多年的实践经验，列举了部分缺陷实例分析，因此本书对于现场热处理生产具有较强的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书。

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吝立永工程师提供了部分图片，在此向他们谨致以深切的谢意！

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者和专家批评指正。

王忠诚
2008 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	7
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 热处理缺陷的对策方略	13
第 2 章 加热过程中产生的缺陷及其对策	17
2.1 氧化与脱碳	17
2.1.1 氧化和脱碳的机理	17
2.1.2 零件加热常用介质的作用和防止氧化和脱碳的措施	24
2.1.3 其他影响零件氧化和脱碳的因素	59
2.1.4 钢铁零件的表面腐蚀	63
2.1.5 零件表面氧化和脱碳的后续处理	64
2.2 过热和过烧	65
2.2.1 过热	65
2.2.2 过烧	69
2.2.3 防止零件过热和过烧的措施	71
2.3 氧化和脱碳实例分析	72
2.3.1 钢板弹簧的氧化和脱碳	72
2.3.2 螺栓的表面脱碳	73
2.3.3 汽车连杆的脱碳	76
2.3.4 热锻 40Cr 连杆螺栓的局部过烧造成断裂	77
第 3 章 淬火过程中产生的缺陷及其对策	79
3.1 概述	79

3.2 淬火应力分析	84
3.2.1 热应力	85
3.2.2 组织应力	87
3.3 淬火裂纹	89
3.3.1 淬火裂纹的特征	89
3.3.2 淬火开裂原因和形式	90
3.3.3 淬火裂纹的一般特点	97
3.3.4 影响零件开裂的因素和防止措施	99
3.3.5 其他裂纹	118
3.3.6 导致淬火零件裂纹的淬火加工	129
3.4 淬火变形	130
3.4.1 热处理变形的机理	130
3.4.2 影响零件变形的因素	133
3.4.3 零件热处理变形的规律	152
3.4.4 减小变形的热处理工艺的选择	157
3.4.5 其他防止零件变形的的方法	158
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	181
3.5.1 淬火后硬度不均匀	182
3.5.2 淬火后硬度不足	183
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

第4章 回火过程中产生的缺陷及其对策 230

4.1 硬度不足	230
----------------	-----

4.1.1	加热温度和保温时间的影响	230
4.1.2	回火温度的影响	231
4.1.3	冷却速度、冷却介质以及化学成分的影响	232
4.1.4	零件表面脱碳	233
4.2	硬度偏高	233
4.3	回火裂纹	235
4.4	回火脆性	237
4.5	实例分析	240
第5章	表面淬火缺陷及其对策	242
5.1	高频淬火缺陷	243
5.1.1	感应淬火的意义和作用	243
5.1.2	感应加热表面质量的检查	245
5.1.3	常见的高频表面淬火缺陷	247
5.1.4	提高高频淬火件性能的措施和要求	259
5.2	电接触加热表面淬火缺陷	260
5.3	火焰加热表面淬火缺陷	262
5.3.1	火焰加热表面淬火的意义和应用	262
5.3.2	火焰加热表面淬火常见缺陷和防止措施	263
5.3.3	影响火焰淬火表面质量的因素	267
5.4	实例分析	268
5.4.1	齿轮的表面淬火开裂	268
5.4.2	60 钢轴的高频淬火出现螺旋状软带	269
5.4.3	感应淬火时孔洞的边缘出现淬火裂纹	271
第6章	化学热处理缺陷及其对策	273
6.1	渗碳	273
6.1.1	渗碳的作用	273
6.1.2	渗碳零件的热处理	275
6.1.3	零件渗碳后常见的热处理缺陷和预防措施	281
6.1.4	渗碳零件的变形	286
6.1.5	渗碳零件裂纹形成原因和采取的措施	294
6.1.6	零件渗碳后的机械加工	298

6.2 渗氮	299
6.2.1 对渗氮零件的技术要求	301
6.2.2 零件渗氮的缺陷和防止措施	305
6.3 氮碳共渗	311
6.3.1 气体氮碳共渗	312
6.3.2 液体氮碳共渗	315
6.4 气体碳氮共渗	317
6.5 实例分析	323
6.5.1 齿轮的渗碳畸变	323
6.5.2 渗碳齿轮的磨削裂纹	326
6.5.3 气门液体软氮化后表面腐蚀和粗糙度超差	328
参考文献	336

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，更重要的是能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，是因为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，故也具有不同的性能。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、产品质量得到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，又要分析采用哪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，这是热处理工作者的重要职责。

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，选用材料正确，制定合理的技术要求，避免截面的急剧变化和打印标记，采取锐角过渡，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。同时要求原材料检验人员认真把关，努力避免出现质量问题的材料投产。另一类为后天的因素，例如零件的热处理工艺制定不合理、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，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

表 1-1 热处理缺陷的种类

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,浸蚀脆性
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 热处理缺陷问题产生的原因

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,材料的选用不当,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

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。除此之外, 残余应力、组织不合格、性能不合格、脆性以及其它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, 冷脆性, 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，比体积增大，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是由于冷却不良，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由于冷却过程中相变应力和热应力引起的，即应力造成的；通常谈到的回火脆性和退火脆性是碳化物在晶界上析出而出现的缺陷；而浸镀脆性是初生态的氢原子作用的结果；最后要提到零件表面的氧化、脱碳等缺陷是零件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，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。

表 1-4 常见的裂纹类型

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

续表

裂 纹 类 型	常见裂纹的特征或状态
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。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最忌讳裂纹的产生。应该在零件材料的选用、零件的优化设计与相关技术要求、机械加工(制

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,其他等
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

造)和具体热处理工艺以及最终质量检验等几个环节,对具体的零件根据其服役条件和工作问题,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,确实做到产品质量得到有效的保障。

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,造成零件的形状发生了改变,即出现零件的变形。从热处理的过程来看,变形是难以避免的,但通过改变零件的设计,尽可能将棱角变为圆弧、孔或槽镀塞、截面悬殊处设计为一定的锥形等,可达到减小变形的目的;另外零件要设计成对称形式,选用优质的钢材,同时有效利用磁滞效应,采用压板校直板状或条状零件。

1.1.3 热处理性能不合格

零件的热处理缺陷除裂纹和变形外,其余的缺陷归纳为硬度不合格、表面氧化和脱碳、表面有软点、金相组织不合格、表面剥落、表面腐蚀等,它们也直接影响到产品的使用寿命,甚至造成零件早期的损坏,对正常的作业带来困难。因此热处理性能不合格是不可忽视的重要缺陷,在零件的实际生产过程中要引起高度的重视。

1.2 缺陷分析的步骤和方法

零件在热处理过程中,影响其热处理的质量因素众多,因此会出现这样或那样的热处理缺陷,正确地人(man)、机(machine)、料(material)、法(method)、环(enviroment)、管理

(management) 和检 (test) 等七个方面进行综合分析,借助于检测手段,及时准确地对缺陷的类别、性质和产生的原因进行分析和判断,从而制定科学有效的改进和挽救措施,为零件的热处理提供质量上的保障,同时从经济、可靠、生产效率和劳动的作业环境等各个方面考虑,提高零件的使用寿命,这是热处理工作者的一个重要任务,美国哈佛大学的德鲁斯教授 (U. R. Andrews) 指出,“无论多小的意外事故,都是组织管理上的失误”。由此可见管理的重要程度,因此在实际的热处理工程中要认真分析和处理可能出现的缺陷,采取措施杜绝类似事情的发生。

零件的缺陷分析是一项系统工程,是综合性的管理工程技术和多种现代科学技术的汇总。它具有三个特性:集合性、关联性和目的性。一般分析缺陷采取故障树分析法和失效模式及后果分析法 (FMEA 与 FMECA)。其中故障树 (FTA) 分析法应明确三个目的:查明与缺陷发生有关的可能的原因、明确地把分析对象的过程或结果形象地表示出来以及方便计算出缺陷的概率等。而 FMEA 则具有以下特点:利用表格形式分析缺陷;从低层向高层分析,对潜在的缺陷按要求影响程度确定等级,提高改善的措施;全面分析缺陷的产生。因此,应用上述分析方法对出现的热处理质量问题进行分析,就能正确判断和得出结论,用于指导热处理工作者进行产品热处理缺陷的分析,从而避免质量问题的再次发生。

(1) 分析的思路和程序

对零件在热处理过程中出现的缺陷,要深入生产现场,亲眼看到实物,把听到和看到的进行综合考虑,查明原因,确定对策,排除故障和影响因素,解决出现的质量问题。日本的大和重久提出了 GOLT 精神,即 Go (去现场)、Observe (认真观察)、Listen (听取情况)、Think (分析和思考),实践证明该程序是指导一切热处理工作的思路,避免少走弯路,同时有助于确定缺陷产生的根源。

分析缺陷应注意从以下几个方面入手:分析缺陷产生的原因;分析的对象;入手的部位;承担的任务;完成的时间;如何去做;