

CAILIAO CHENGXING  
QUEXIAN JI SHIXIAO FENXI

# 材料成型

## 缺陷及失效分析

陈文静 李玉和 刘锦云 向朝进 编著



# 材料成型

## 缺陷及失效分析

陈文静 李玉和 刘锦云 向朝进 ○ 编著

西南交通大学出版社  
· 成 都 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

材料成型缺陷及失效分析 / 陈文静等编著. — 成都:  
西南交通大学出版社, 2016.10  
ISBN 978-7-5643-4876-2

I. ①材… II. ①陈… III. ①工程材料 - 成型 - 缺陷  
②工程材料 - 成型 - 失效分析 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 184898 号

---

材料成型缺陷及失效分析

陈文静 李玉和 刘锦云 向朝进 编著

责任编辑	孟苏成
封面设计	何东琳设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市二环路北一段 111 号 西南交通大学创新大厦 21 楼)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	<a href="http://www.xnjdcbs.com">http://www.xnjdcbs.com</a>
印 刷	成都勤德印务有限公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	7.5
字 数	163 千
版 次	2016 年 10 月第 1 版
印 次	2016 年 10 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-4876-2
定 价	25.00 元

---

图书如有印装质量问题 本社负责退换  
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

近年来，我们承担了较多的失效分析工作，几乎每次分析都是从寻找零件自身的缺陷开始的，如寻找冶金缺陷、制造缺陷甚至使用不合理等。但我们发觉有些零件的失效概率要高得多，且很难找到零件自身的缺陷，此时不得不做出“正常失效”的判断，即零件承受的载荷超过了零件自身的承载能力。显然，这些是设计不合理引起的失效，为此我们一直想撰写一本献给设计师的书。

由于冶金缺陷和冷加工缺陷都容易辨认，所以本书重点介绍了铸造、锻造和焊接这3种主要的热加工过程中形成的制造缺陷，希望我们的设计师能够对此有较多的了解，进而全面了解零件自身的缺陷，并最终对“正常失效”负责。本书应当采用科普形式撰写，以便更多的人了解零件的失效，但由于水平所限，所以依然采用了教材的形式。

本书系统地介绍了热加工缺陷的产生及其失效的形貌特征、影响因素，并附带介绍了分析方法，给出了较多的分析实例，可供机械设计师、热加工工程师、失效分析及质量管理等人员参考，具有较强的实用价值。

作 者

2016年8月

# 目 录

第 1 章 失效和失效形式的分类 .....	1
1.1 失效的定义 .....	1
1.2 失效分析的思路 .....	2
1.3 失效分析技术 .....	3
第 2 章 铸造缺陷及分析方法 .....	5
2.1 概 述 .....	5
2.2 铸件质量检验 .....	5
2.3 铸件表面缺陷检测 .....	6
2.4 铸件内在质量检测 .....	8
第 3 章 铸造缺陷及分类 .....	11
3.1 多肉类缺陷 .....	11
3.2 孔洞类缺陷 .....	17
3.3 裂纹、冷隔类缺陷 .....	23
3.4 表面类缺陷 .....	28
3.5 残缺类缺陷 .....	36
3.6 形状及质量差错类缺陷 .....	40
3.7 夹杂类缺陷 .....	44
3.8 成分、组织及性能不合格类缺陷 .....	48
第 4 章 铸件失效案例分析 .....	54
4.1 烧结机台车高铬铸铁篦条失效分析 .....	54
4.2 轧机复合轧辊环裂分析 .....	56
4.3 线材轧机复合导卫板失效分析 .....	59
4.4 转向节臂断裂失效分析 .....	61
4.5 冶金矿山用磨球开裂失效 .....	64
4.6 汽车制动鼓开裂失效分析 .....	67
第 5 章 锻造缺陷及分类 .....	70
5.1 锻件中的常见缺陷 .....	71
5.2 锻件缺陷的分析方法 .....	76

---

5.3 典型锻件缺陷及失效案例分析 .....	79
<b>第 6 章 焊接接头的失效类型 .....</b>	<b>88</b>
6.1 焊接接头的失效类型 .....	88
6.2 焊接裂纹问题 .....	89
6.3 焊缝中的夹杂和气孔 .....	92
6.4 焊接接头的腐蚀及泄漏 .....	93
6.5 焊接结构的应力与变形 .....	93
6.6 焊接结构的脆性破坏 .....	94
6.7 焊接结构的疲劳破坏 .....	94
<b>第 7 章 焊接接头失效分析检测方法和过程 .....</b>	<b>96</b>
7.1 焊接接头失效分析常用的检测方法 .....	96
7.2 焊接接头失效分析过程 .....	102
<b>第 8 章 焊接接头失效案例分析 .....</b>	<b>105</b>
8.1 失效案例一 .....	105
8.2 失效案例二 .....	106
8.3 失效案例三 .....	106
8.4 失效案例四 .....	108
8.5 失效案例五 .....	109
8.6 失效案例六 .....	111
<b>参考文献 .....</b>	<b>113</b>



## 第1章 失效和失效形式的分类

机械构件或机械制品在实际使用过程中,由于载荷、温度、介质等力学及环境因素的作用,以磨损、腐蚀、断裂、变形等方式失效,这给国民经济带来极大的损失,严重的失效事故甚至会造成人身伤亡。失效分析的目的是确定失效性质,查找失效原因,提出预防监控以及设计改进意见,避免和防止类似失效的重复发生。失效分析工作对材料的正确选择和使用,促进新材料、新工艺、新技术和新结构的发展,对产品设计、制造技术的改进,对材料及零件质量检查、验收标准的制定,改进设备的操作与维护,以及促进设备监控技术的发展等方面具有重要作用。

### 1.1 失效的定义

机械产品的零件或部件处于下列3种状态之一时,就可定义为失效:①当它完全不能工作时;②仍然可以工作,但已不能令人满意地实现预期的功能时;③受到严重损伤不能可靠而安全地继续使用,必须立即从产品或装备上拆下来进行修理或更换时。

机械产品及零部件常见的失效类型包括变形失效、损伤失效和断裂失效三大类。

机械产品及零部件的失效是一个由损伤、萌生、扩展(积累)直至破坏的发展过程。不同失效类型其发展过程不同,过程的各个阶段的发展速度也不相同。

按照机械产品使用的过程,可将失效分为3类。

#### 1. 早期失效

在使用初期,由于设计和制造上的缺陷而诱发的失效,称为早期失效。因为使用初期,容易暴露上述缺陷而导致失效,因此失效率往往较高,但随着使用时间的延长,其失效率则很快下降。假若在产品出厂前即进行旨在剔除这类缺陷的过程,则在产品正式使用时,便可使失效率大体保持恒定值。

#### 2. 随机失效

在理想的情况下,产品或装备发生损伤或老化之前,应是无“失效”的。但是由于环境的偶然变化、操作时的人为差错或者由于管理不善,仍可能产生随机失效或称偶然

失效。偶然失效率是随机分布的，其值很低而且基本上是恒定的。这一时期是产品的最佳工作时间。

### 3. 耗损失效

经过随机失效期后，产品中的零部件已到了寿命后期，于是失效开始急剧增加，这种失效叫作耗损失效或损伤累积失效。如果在进入耗损失效期之前进行必要的预防维修，它的失效率仍可保持在随机失效率附近，从而延长产品的随机失效期。

## 1.2 失效分析的思路

失效分析思路是指以失效规律为理论依据，通过对调查、观察、试验获得的产品失效信息分别加以考察，然后有机结合起来作为一个整体综合考虑，以获取的客观事实为证据，全面应用逻辑推理方法，推断失效原因。通过合理的失效分析思路判断失效机制，解释失效模式。其主要依据是失效材料与结构的形貌特征、失效的应力状态、失效材料和结构的实际强度、失效环境因素以及其他相关因素。近代材料科学和工程力学对断裂、腐蚀、磨损及其复合型的失效模式和失效机理作了深入系统的研究，积累了大量的统计资料，为失效模式的判断、失效机理及失效原因的解釋奠定了实践基础、技术基础和理论基础。失效分析思路是失效分析成败的关键之一，特别是在复杂的失效分析过程中失效分析思路显得尤为重要。根据失效状况的不同，需要合理选择失效分析思路。失效分析工作的难度是相当大的，不仅有各种学科高度综合的困难，还有非技术性的困难。在一个复杂的环境体系中，正确提出一个科学的、完整的失效分析程序是非常有必要的。失效分析从过程上来说似乎是从结果求原因的逆向过程，但由于失效结果和原因具有双重性，因此，失效分析可以从原因入手，也可以从结果入手，还可以从失效的某个过程入手。因此，并不能把失效分析简单地看成是从结果求原因的逆向认识失效本质的过程。值得指出的是，进行失效分析的步骤与顺序，应按具体的失效件和失效情况来决定。

失效分析及失效的防止好比医生治病，正确的诊断、配合对症下药才能将病治好，这是紧密联系的两个方面。其基本思路是：

(1) 对具体服役条件下的零部件进行具体分析，从中找出主要的失效形式及主要失效抗力指标。

(2) 运用金属学、材料强度学和断裂物理、断裂化学、断裂力学的研究成果，深入分析各种失效现象的本质，以及主要失效抗力指标与材料成分、组织、状态的关系，提出改进措施。

(3) 根据“不同服役条件要求材料强度和塑性、韧性的合理配合”这一规律，分析研究失效零部件现行的选材、用材技术条件是否合理，是否受旧的传统学术观念束缚。在失效分析中常遇到一些“合法而不合理”的技术条件规定，如果把它当成金科玉律，



则会犯分析上的错误，对防止零部件失效不利。

(4) 采用局部复合强化，克服零部件上的薄弱环节，争取达到材料的等强度设计。

(5) 在进行失效分析和提出防止失效的措施时，还应做到几个结合：

① 设计、材料、工艺相结合，即对形状、尺寸、材料、成型加工和强化工艺统一考虑；

② 结构强度（力学计算、实验应力分析）与材料强度相结合，试棒试验与实际零部件台架模拟试验相结合；

③ 宏观规律与微观机理相结合，宏观断口和微观断口分析相结合，宏观与显微、亚显微组织分析相结合；

④ 试验室规律性试验研究与生产试验相结合。

## 1.3 失效分析技术

失效分析是多学科交叉的产物，包括可靠性、材料、机械、力学、化学、摩擦磨损、腐蚀与防护甚至生物学等学科，同时失效分析又以基础科学和工程实践经验相结合为基础。因此，失效分析技术不仅包含了痕迹分析、裂纹分析、断口分析、失效评估等直接的技术，还包含了物理、化学、力学、电子学等各种学科和技术领域中一些专门的测试技术，其中金相检验、成分分析、无损检测和常规的力学性能测试等实验检测及分析技术应用更为常见。

### 1. 痕迹分析技术

痕迹分析是失效分析中常用的一种分析方法和技术。通过痕迹分析，不仅可对事故和失效的发生、发展过程做出判断，而且可为事故和失效分析结论提供可靠的佐证和依据。

### 2. 裂纹分析技术

裂纹是材料表面或内部完整性或连续性被破坏的一种现象，是断裂的前期，断裂则是裂纹发展的结果。裂纹分析包括裂纹的无损检测、表面分析、光学金相分析及裂纹打开后的断口分析等内容。

### 3. 断口分析技术

断口是断裂失效中两断裂分离面的简称。由于断口真实地记录了裂纹由萌生、扩展直至失稳断裂全过程的各种与断裂有关的信息，因此，断口上的各种断裂信息是断裂力学、断裂化学和断裂物理等诸多内外因素综合作用的结果，对断口进行定性和定量分析，可为断裂失效模式的确定提供有力依据，为断裂失效原因的诊断提供线索。

显微组织和断口表面结构的特征在材料失效分析中起着突出的作用。对此最普通的工具是光学显微镜 (OM)、扫描电子显微镜 (SEM) 和透射电子显微镜 (TEM), 这些工具在特定情况下都有其优点, 充分了解这些工具的特点, 可以达到其优势互补的目的。另外, 还有一批工具和技术在失效分析中是很有用的, 如 X 射线荧光分析、X 射线衍射、二次离子质谱 (SIMS)、X 射线光电子能谱等都是材料失效分析中常用到的仪器。

与失效做斗争是人类重要的社会和科学活动之一, 产品失效机理及其预防的研究是人类面临的许许多多的难题之一。具有文字记载的失效分析发展史表明, 失效分析这一难题仅用单一学科和简单还原论是难以解决的, 要求我们采用更加整体化、多学科交叉整合的方法来加以解决。可以这样认为, 失效分析与预防就是一门复杂学科, 失效分析与预防任重道远。

## 第2章 铸造缺陷及分析方法

### 2.1 概述

随着我国国民经济的持续发展,铸件生产受到需求拉动,获得空前增长。铸件是铸造所用原材料经过熔炼、浇注及后续热处理、加工等工序而成。在这些加工过程中都可能造成某种缺陷,例如铸件中可能产生偏析或不希望有的组织、夹杂、缩孔、裂纹等缺陷。铸件中的一些缺陷对铸件的工作性能或许不至于构成严重影响,但极有可能在使用中成为零件失效的原因。

广义铸件缺陷是指铸件质量特性没有达到分等标准,铸件生产厂质量管理差,产品质量得不到有效保证。狭义的铸件缺陷是铸件上可检测出的,包括在 GB/T 5611—1998 铸造名词术语标准中的全部名目,有尺寸与质量超差、外观质量低、内部质量不健全、材质不符合验收技术条件等。铸件上的某些缺陷,如气孔、夹渣、夹砂、裂纹、冷隔、渗漏等,如果超过有关标准、验收文件或订货协议中所允许的范围,可以按其规定进行修复。经修复、检验,确认合格的铸件,不应列入废品。

分析铸件缺陷,不仅要依靠分析,还要合理选取反映客观事实的数据,用统计的方法对数据加以适当归纳整理,进行比较,找出铸件缺陷生成的原因,采取正确的措施,提高产品质量和寿命。

### 2.2 铸件质量检验

铸造生产经造型、制芯、浇注等一系列过程,最终制成铸件,生产流程中虽设置了各种质量控制手段和各工序的中间检验环节,但铸件的最终检验,仍是不可缺少的重要环节,其目的是保证铸件质量符合交货验收条件。

铸件质量检验的依据是:铸件图样、铸造工艺文件、有关标准及铸件交货验收技术条件。铸件质量主要包括两个方面:①铸件外观质量,包括铸件尺寸公差、铸件表面粗糙度、铸件质量公差、浇冒口残留量、铸件焊补质量及铸件表面缺陷等;②铸件内在质量,包括铸件的化学成分、力学性能、金相组织、内部缺陷,以及其他特殊的物理、化

学性能等。

铸件质量检验结果分为3类：合格品、返修品和废品。合格品是指外观和内在质量符合验收条件的铸件；返修品是指铸件外观和内在质量不完全符合验收条件，但经返修后能达到标准的铸件；废品是指外观和内在质量均不合格，不允许返修或返修后仍不能达到验收条件的铸件。铸件质量检验主要包括外观质量、表面缺陷、内部缺陷、理化性能等方面。检测是确定铸件能否达到设计要求的必要工序与手段。检测通常分为下列几类：

(1) 表面缺陷检测：目测法、磁粉检测、渗透检测。

(2) 内部缺陷检测：射线照相法、荧光显示法、超声波法。

(3) 铸件某些性能的检测：铸铁石墨形状与结构的声波法，钢铁材料、非铁金属的组织

硬度涡流法。

(4) 压力检测法：检查铸件渗漏、组织致密程度。

## 2.3 铸件表面缺陷检测

### 2.3.1 铸件表面缺陷的检验要求

用肉眼或借助低倍放大镜及其他工具检查铸件表面宏观缺陷，可检验项目有气孔、缩孔、砂眼、夹渣、粘砂、夹砂结疤、裂纹、冷隔等。目视极易发现的缺陷，这是最普通最常用的方法。

铸件表面缺陷检验要求：

(1) 任何铸件表面不许有裂纹、缩孔、缩松、夹渣等缺陷。

(2) 非加工面缺陷应清理至与铸件表面平齐，不伤及铸件本体表面。

(3) 加工面缺陷要能加工消除。

(4) 定位面上的缺陷应去除干净，保持定位基准面光滑平整。

(5) 铸件加工面、非加工面存在的缺陷应按图纸相应标准规定执行。

### 2.3.2 铸件表面缺陷的检验方法

检验方法主要有：直观法、磁粉检测法、荧光探伤法、着色法、内窥镜观测法、浸渗法等。

#### 1. 直观法

用目视或简单工具检查显示在铸件表面及皮下的缺陷。

## 2. 磁粉探伤法

原理是在强磁场中缺陷和铁磁材料基体的磁导率不同,在缺陷处产生漏磁场而吸附撒在材料表面的磁粉。探伤方法是将待检验的铸件,放在电磁铁正负极之间,使磁力线通过铸件,并在铸件表面撒上细磁粉或浇上磁粉悬浮液,如铸件表层存在缺陷,会产生很大的磁阻,使磁力线在缺陷处穿出铸件表面再进入铸件,到达铸件的另一极,这就形成了漏磁场,缺陷附近的磁粉被漏磁场吸引,在缺陷处形成肉眼可见的磁粉堆积和定向现象,形成的图案与缺陷相似,并显示缺陷的位置。

磁粉检测操作简便、可靠,价格便宜,应用十分广泛。磁粉探伤常用于铸钢、铸铁等铁磁性材料表面或近表面缺陷的无损检测,主要用于检查裂纹以及夹渣、气孔等。

## 3. 荧光探伤及着色探伤法

渗透检验主要用于检查铸件表面开口缺陷,尤其适用于不能采用磁粉检验方法的不锈钢件和非铁合金铸件。其原理是在被检铸件表面喷涂显示材料,经毛细作用,将孔隙中渗透液吸附出来并被显示。常用的检测方法有荧光检测、着色检测、浸油检测等。

荧光探伤原理:利用紫外线荧光探伤灯所发出的紫外线来激发发光物质,使发光物质产生一种荧光,而借助这种荧光检查出工件的缺陷。渗透在铸件缺陷中的渗透液在毛细管的作用下,被撒在铸件表面上的显示粉吸出,通过观察缺陷处的颜色进行判定。操作时,在铸件表面涂一层渗透液(荧光液),等液体渗入表面上的孔隙内清除表面多余油液后撒上一薄层显示粉,这时渗入缺陷的油液因毛细管作用而被显示粉吸出,在荧光照射下,缺陷处呈现亮白色;如果渗透液中掺入油性染料(苏丹3号),不需荧光,在亮灯下就可显示缺陷,称为“着色探伤”。

着色法:利用液体的渗透性质,在被检铸件的表面涂上一层渗透性很好的着色液(如煤油、丙酮、颜料等的混合物),待液体渗透入表面缺陷处,擦去面上的着色液,喷上一层锌白等白色显示粉液,这时残留在缺陷孔隙处的着色剂又被吸到表面显示粉上来,呈现出缺陷的形状。

## 4. 内窥镜观察法

原理:纤维光学内窥镜是以光导体纤维代替传统的透镜、棱镜导光传像的一种新型光学检测仪器。

柔性光纤内窥镜利用光导纤维的传光、传像原理及其柔软弯曲性能,可以对设备中肉眼不易直接观察的任何隐蔽部位(管道、腔体、复杂构件等)方便地进行直接快速的检查,无须拆卸、破坏被测物就能进行检查内部微痕迹、毛刺、裂纹、焊缝等缺陷,并可以同照相机、摄像机或计算机连接,可组成照相、摄像和图像处理系统,从而可以进行现场目标的监视、记录、存储和图像分析。

光纤内窥镜可用于检查发动机、变速箱、消声器、燃料管等的磨损、积炭、堵塞等情况,在汽修行业已得到广泛的应用。这种方法的特点是:体积小,成像清晰,适于各

种铸件内腔表面的检查。

## 2.4 铸件内在质量检测

铸件内在质量包括铸造缺陷(检验气孔、缩孔、缩松、裂纹等)、强度及致密性、化学成分、力学性能、金相组织等。检验方法包括抛丸处理检验、腐蚀检验、试车解剖检验、宏观金相检验、无损探伤检验等。

### 2.4.1 铸件常规分析检测

在铸件设计图样上,总会提出技术要求,通常涉及力学性能、金相组织、化学成分等方面。由于选材不同,各类铸件常规分析检测的侧重点有所区别。

铸件常规检验主要包括化学成分分析、金相组织检验、力学性能测定等。

#### 1. 化学成分分析

铸钢件、非铁合金铸件以及要求特殊性能的高合金铸件和特种铸铁件,常把化学成分作为铸件验收的条件之一。为了保证铸件质量,在生产中对一般铸铁件也要进行成分检查和控制。化学成分也间接决定了铸件的力学性能与缺陷发生与否,如球墨铸铁中残留镁量低于0.03%,球化效果必然受到影响,出现球化不良的缺陷。

铸铁的成分分析,一般分为炉前检验和成品铸件终端检验。炉前分析一般用快速测定法,如热分析法、光谱分析法等,数分钟即可测出结果,以满足连续批量生产的要求。

#### 2. 力学性能检验

力学性能检验是铸件质量验收的重要依据之一,主要指常规力学性能检验,检验项目通常包括:抗拉强度、屈服强度、断后伸长率、冲击韧度、硬度等。力学性能检验要制取单铸试样、附铸试样或本体试样,在专门测试设备上测定,但单铸试样的制取必须在冷却条件与铸件相仿的条件下进行。

力学性能是对机械零件基本的性能要求,是化学成分、金相组织等内在质量因素的最终反映,是国家标准和验收条件中明确必须达到的指标。

#### 3. 金相组织检验

铸件的金相组织对材料的力学性能有着决定性的影响。相同化学成分的铸件,具有不同的金相组织和力学性能,在技术标准、合同文件和验收依据中,均作相应的规定。

金相显微镜主要用于对铸件的显微组织和低倍组织进行观察。显微组织包括各种基体的相的组织,灰铸铁中的石墨、碳化物等第二相的显微组织,以及共晶组织如铝硅合金的二元、三元、四元等共晶组织。



#### 4. 低倍检验

用目视或低倍放大镜检查铸件表面或截面的宏观组织或缺陷,以确定它们的性质和严重程度的方法称为低倍检验。它具有视域大、适用范围广和试验方法简便的优点。

低倍组织包括共晶团、树枝晶、奥氏体晶粒大小等。此外,还可观察铸件内微小的缺陷,如缩松、夹杂物等。通过金相观察,可确定铸件在显微组织上是否满足图样上的要求,同时也可了解化学成分、冷却速度、变质处理等对铸件性能的影响。

### 2.4.2 铸件无损检测

无损检测是一种既能寻找铸件内部缺陷,又不破坏铸件本体的检测方法,生产中常用射线检测、超声波检测和压力检测。

#### 1. 射线检测

用射线检测铸件缺陷的方法称为射线检测。原理是利用 X 射线或  $\gamma$  射线穿透被测材料时,材料中的原子对射线的能量不断吸收和散射,使射线能量逐渐衰减,衰减的快慢与物体的密度有关,密度越大,衰减越快,与厚度成正比。而铸件缺陷部位对射线的吸收能力大大低于金属对射线的吸收能力,因而在射线感光的胶片上,便显示出不同的黑度图像。

射线能探测的铸件厚度与铸件材质有关,对钢材来说, X 射线能探测的厚度在 180 mm 以下,一般工厂的设备上能探测 50 mm 左右;  $\gamma$  射线能探测的厚度在 300 mm 以下,但 X 射线的透视灵敏度较  $\gamma$  射线高。

X 射线无损检测依其显示铸件缺陷的方法分为:胶片照相法、图像增强器实时成像的 X-TV 系统、X 射线扫描式数字成像系统 3 种方法。射线检验可发现铸件内部缺陷,如气孔、缩孔、裂纹、夹杂等。

#### 2. 超声波检测

超声波探伤是利用超声波能透入金属材料的深处,并由一截面进入另一截面时,在界面边缘发生反射的特点来检查零件缺陷的一种方法。当超声波束自零件表面由探头通至金属内部,遇到缺陷时在界面上会产生反射,特别是由金属传向空气或由空气传向金属时,差不多 99% 的能量从界面上反射回去,反射信号被探头接收,经处理后显示在荧光屏上,根据反射信号的特征,判断被测材料内部有无缺陷,以及缺陷的位置、形状和大小。

超声波检测的特点:能检测到直径为 1 mm 或更小的缺陷,对钢件检测厚度可达 1 m,能在现场检测并立即获得检测结果。但这种方法有一定的局限性,如要求工件形状比较简单,表面粗糙度要低;一旦所检测的缺陷与所发射的声波不垂直,其反射波较弱,不能准确反映出缺陷的实际情况,使得这种方法的使用受到一定的限制。

### 3. 压力检测

压力试验是用来检验铸件壁穿透性裂纹、砂眼、气孔、缩孔等影响铸件耐压和气密性的缺陷的方法，如对发动机油底壳件、缸盖、缸体及其他耐压零件等进行压力试验。

压力试验操作方法：将待测铸件外表面全部封闭，把一定压力的水、油、气压入铸件的空腔，并保持一定时间，如果铸件有穿透性缺陷，压入物将从铸件壁渗漏出来，从而发现缺陷的位置。试验压力通常要超过铸件工作压力的 30%~50%，生产中常用渗煤油法检验铸件的耐压能力。

## 第3章 铸造缺陷及分类

根据缺陷形貌特征,我国国家标准 GB/T 5611—1998《铸造术语》将铸件缺陷分为8类:多肉类,孔洞类,裂纹、冷隔类,表面缺陷,残缺类,形状及质量差错类,夹杂类,性能、成分、组织不合格。

### 3.1 多肉类缺陷

多肉类缺陷包括飞翅、毛刺、冲砂、胀砂、抬型/抬箱、外渗物/外渗豆、掉砂等。

#### 3.1.1 飞翅

飞翅是金属液渗入到由热应力引起的砂型(芯)表面层裂纹中而形成的表面缺陷,常产生在分型面、分芯面、芯头、活块及型与芯结合面等处,通常为垂直于铸件表面的厚度不均匀的薄片状金属凸起物,又称为飞边或披缝,如图3.1所示。飞翅存在于铸件表面上,易清除除掉。



图3.1 用砂芯形成的铸孔内出现的飞翅

飞翅形成的原因:

- (1) 分型面、分芯面、芯头间隙过大。
- (2) 模样、芯盒、砂箱或金属型变形,使分型面、分芯面、芯头、芯座贴合不严。