

金属件失效分析的主要程序

重庆 NDT 学会、重庆大学 (400044) 冯宝伟

“失效分析”就是对失效件的失效现象进行分析,以确定失效的原因。通常也会对如何防止失效推荐一个解决办法。失效分析的领域非常宽,是涉及许多学科的一门综合性应用学科,得到国内外工程界的普遍重视,对现代工业的发展起着重要作用。在先进国家,失效分析已发展成为一种行业。确定失效的机理(原因)可为改进产品设计、规范操作程序和正确的构件(产品)使用提供可靠的依据。在市场经济的发展环境中,认定失效的原因在确定诉讼的赔偿责任时也能起到决定性的作用。由此可知,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。

由此可见,在一个多元化的环境中,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。现归纳介绍两个美国公认的,也可以说是国际公认的失效分析步骤和顺序,以供参照。

1. Brooks 失效分析程序

Brooks 是美国失效分析的权威人士,2002 年又有失效分析的新著作发表。Brooks 失效分析的程序如下:

(1) 失效情况的描述 必须以技术文件的形式记述失效的历史情况。如失效的特征过程、失效件的原设计要求以及失效件的使用情况和环境。特别是有关的照片资料和多媒体资料。

(2) 肉眼观察 失效件失效后的总体形貌也应记入上述文件,而且必须进行断口表面或其他重要的失效特征的保护,不得造成任何损害。

(3) 机械设计分析(应力分析) 当失效件是重要的承载构件时,应进行强度分析(应力分析),正确评估其承载能力或其他力学性能。这有助于确定失效件是否具有足够的尺寸和合适的形状,以满足设计要求,从而可能找出失效的原因。

(4) 化学成分设计分析 据此可考察材料的力学性能、工艺性能和抗腐蚀性能。

(5) 制造过程及其各工艺环节分析 错误的加工工

艺过程往往是导致失效的主要原因,如不合格的原材料、各种热加工工艺的错误和机加工、磨削的错误等等。

(6) 宏观断口形貌检查 在裸眼和低倍放大下检查断口表面时,往往可以发现明显的形貌特征,可按照断裂特征和载荷性质之间的关系来推断断裂的模式。

(7) 微观断口分析 包括断口显微形貌(断口组织)试验和局部化学成分试验,以此确定断裂机理。通常都是采用电子显微镜检查。

(8) 金相检验 金相试样的制备需在失效件上切片,这可能要求有关各方在切片前取得一致。金相检验材料的显微组织,有助于确认热处理的质量情况,为失效原因提供依据。

(9) 性能检验 性能检验是与设计所对应的性能试验,这种确定性能的试验通常是破坏性试验。在不允许对失效件作破坏性取样时,可以用硬度试验来推断其力学性能,如屈服强度等。

(10) 失效模拟 模拟失效原因,制作与失效件相同的构件,使之在设计要求的真实工况下运行。这是非常昂贵但却很可信的试验,只有在特殊需要时才做。

2. ASM 失效分析程序

ASM 是美国金属学会的缩写,ASM 是金属失效分析行业的权威机构。其失效分析过程包括几个方面:

(1) 收集背景资料并选取试样。

(2) 对失效零件进行初步考察(肉眼观察并作记录)。

(3) 无损检测分析。

(4) 力学性能试验(包括硬度与韧性试验等)。

(5) 选择、标记编号、保存所有的试样(整理试样)。

(6) 宏观断口组织检查及分析(断口表面、二次裂纹及其他表面现象,含扫描电镜检查)。

(7) 微观显微镜检查及分析(包括光学显微镜及电

采用校正器提高产品毛坯精度的工艺实践

齐齐哈尔建华工业有限责任公司 (黑龙江 161006) 张晓军 曲延申

图1所示产品采用挤压工艺成形,产品毛坯在封闭的模腔内处于三向压应力状态,故变形抗力大幅度提高,这就对模具承压部分提出了更高的强度和刚度要求。为保证挤压毛坯的精度,在挤压深孔毛坯件时,要求工艺合理,模具定位精度高,以减少壁厚差带来的废品,并提高冲头的使用寿命。

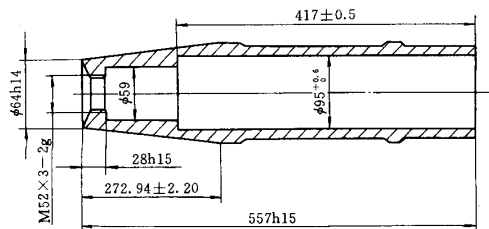


图1 产品图

图2所示为产品毛坯图,该产品壁厚差大,切削余量大,毛坯重39kg,材料利用率为49%,依靠设备精度保证产品尺寸,工装难度大,不易操作,还需经常调整模具。考虑到校正器成形产品毛坯具有材料利用率高(57%以上)、操作简单、生产效率高、产品尺寸一致及表面质量好等优点,我们决定采用校正器来成形该产品(经显微镜检查)。

(8) 选择与制备金相检验切片。

(9) 检查与分析金相检验切片。

(10) 确定失效机理。

(11) 化学分析(试块分析、局部取样分析、表面腐蚀产物分析、镀层和涂料分析以及显微探针试验)。

(12) 断裂力学分析。

(13) 在模拟的服役条件下做试验(特别情况才作的试验)。

(14) 分析全部证据,得出正式的结论并写出报告(可含建议书)。

以上两套失效分析程序是完全等效的,前者从原理

品,以减少壁厚差,提高材料利用率。

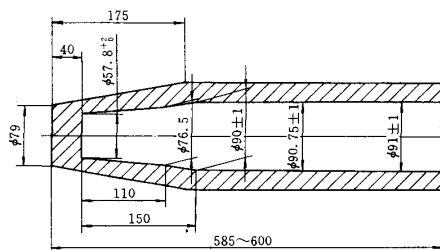


图2 产品毛坯图

一、热挤压工艺分析及挤压图确定

1. 成形工艺分析

由图1可知,该产品的大端直径为130mm,小端直径为64mm,两端直径悬殊较大,内孔要求挤压成 $\phi 95.5\text{mm}$,壁厚差 $\leq 3\text{mm}$ 成为该产品挤压工艺与模具设计的关键。

2. 挤压工艺方案确定

根据多年从事热挤压工艺实践的经验,任何一种热挤压均应先压形(整形),压形后的坯料可消除下料时所产生的端面倾斜及端面上凸凹不平的现象,且坯料分析角度进行归纳,后者则从技术和可操作性角度进行归纳,所以两者的实质是相同的,可以相互替代。这两个程序已推行了多年,国际上并无相反意见,至今仍在应用,对失效分析工作具有指导性意义。

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。例如,一些简单的失效分析,一目了然,大家都认同,就不必拘泥于那么多的步骤;但对复杂的或有争议的案例,则可以加强程序中某些步骤的广度与力度。其次,应尽量采用先进的无损检测手段及其超常规分析方法,它可以快捷而又方便地分析失效原因,甚至监测预防失效事故的发生。

(20040802)