

工艺过程潜在失效模式及后果分析

纪 嘉 明

(江苏理工大学)

摘要:介绍了机械制造工艺过程失效模式及后果分析(FMEA)的概念,及应用FMEA的一般原则。FMEA是一组系统化的活动,其目的是:(1)发现、评价工艺过程潜在的失效及后果;(2)找到能够避免或减少这些潜在失效发生的措施;(3)书面总结上述过程。文中以水泵泵轴的热处理为例作了说明。

关键词:机械制造,失效模拟,工艺

文献标识码:A **文章编号:**1005-6254(2001)04-0037-03

TH16

潜在的失效模式及后果分析(Potential Failure Mode and Effects Analysis)的应用是现代企业保证产品质量的一个重要内容,应用FMEA^[1]技术来识别并消除潜在隐患具有举足轻重的作用。FMEA是一个“事前行为”,而不是“事后行为”。为了达到最佳效益,FMEA必须在工艺过程前进行。工程师们事前花时间对工艺过程进行FMEA综合分析,就能够很容易地、低成本地对工艺过程进行修改和完善,从而减轻事后修改的危机并能够消除或减少因修改而带来的损失。适当地应用FMEA是一个相互作用的过程,永无止境。

1 工艺过程 FMEA

工艺过程潜在FMEA是在新产品开发制造中,工程师们编制工艺过程时采用的一种分析技术。通过对潜在的失效模式及其相关后果起因进行充分考虑,FMEA以其最严密的形式总结了工程师们进行工艺过程设计时的设计思想,其内容包括:

- (1) 确定与产品相关的工艺过程潜在的失效模式;
- (2) 评价失效对下面工序或产品性能的影响;
- (3) 确定潜在失效的起因,确定减少或避免失效发生的方法;
- (4) 编制潜在的失效模式分级表,建立纠正措施的优选办法。

2 工艺过程 FMEA 的开发

为了便于分析潜在失效模式及其影响结果,并使之成为正规文件,我们把设计内容形成标准格式(见表1)。各项内容介绍如下。

2.1 过程功能/要求

简单描述被分析的过程或工序,尽可能简单地说明其目的。如果工艺过程包括许多具有不同失效模式的工序,可以作为独立过程列出。

2.2 潜在失效模式

所谓潜在失效模式是指工艺可能发生不满足过程要求和/或设计意图的形式,是对某具体工序不符合要求的描述。根据零件的工艺特性列出潜在的失效模式,这种失效可能发生,但并不一定非得发生。

2.3 潜在失效后果

潜在失效后果是指失效模式对产品性能或后面工序的影响。评价潜在失效后果时,必须考虑这些因素。例如对水泵产品,可用效率降低、扬程不够、工作不稳定、产生噪声等作为失效后果的性能描述;可用无法加工、无法安装、损坏设备等作为失效后果的后面工序描述。

2.4 严重度(S)

严重度是指潜在失效模式发生时对产品性能或后面工序影响后果的严重程度(列于前一栏中的评价指标)。严重度仅适用于失效的后果。严重度评估分为“1”到“10”级。推荐的评价准则见表2。

作者简介:纪嘉明(1957.12—),男,江苏理工大学材料科学与工程学院讲师;江苏省镇江市(212013)。

表 1

潜在的失效模式及后果分析															
项目名称:泵轴					责任部门:			FMEA 编号:							
产品名称:					关键日期:			页码:							
主要负责人:					编制:			审核:							
过程功能/要求	潜在的失效模式	潜在的失效后果	严重度数	级别	潜在的失效原因/机理	频度数	现行过程控制	不可探测度数	风险顺序数	建议的措施	措施结果				
											采取的措施	严重度数	频度数	不可探测度数	风险顺序数
·带动叶轮转动把动力机功率传递给叶轮。 ·进行调质热处理。	弯曲	水泵工作不稳定,噪音大,卡住叶轮使水泵不能工作。	7		调质淬火温度过高或过低,回火温度过高,淬火温度过度,心部组织粗大,强度和韧性均下降,温度过低,心部残留有铁素体,强度下降回火温度过高,会得到较粗的珠光体组织,强度下降。	7	严格控制淬火温度和回火温度,对温度计进行检查校正。	4	196	进行金相组织检验和增加强度、塑性、韧性试验。	·随机检查产品硬度。 ·附随炉试样,检查金相组织,确定了温度的限值。	7	2	2	28

2.5 潜在失效起因/机理

潜在失效起因是指失效是怎么发生的,并依据可以纠正或控制的原则来描述。针对每一个潜在失效模式,在尽可能广的范围内,列出每个可以想到的失效起因。失效起因必须明确,不用含糊不清的词语。

表 2 严重度评价准则

后果	判定准则:后果的严重度	严重度数
无警告的严重危害	一种非常严重的失效形式,它是在没有任何失效预兆的情况下影响到设备安全或违反国家有关法则。	10
有警告的严重危害	一种非常严重的失效形式,是在有失效预兆的前提下所发生的,并影响到设备安全或违反国家有关法规。	9
很高	设备不能运行,丧失基本功能,可能发生 100% 产品报废。	8
高	设备能运行,但性能下降,顾客不满意。	7
中等	设备能运行,一些性能指标下降,部分产品报废,顾客有些不满意。	6
低	设备能运行,一些性能指标下降,产品须返工/返修,顾客有些不满意。	5
很低	部分产品须返工/返修,多数顾客发现有缺陷。	4
轻微	部分产品须在生产线上原工位返工/返修,部分顾客发现有缺陷。	3
很轻微	部分产品须在生产线上原工位返工/返修,很少顾客发现有缺陷。	2
无	无影响	1

2.6 频度(O)

频度是指具体的失效起因/机理(列于前一栏目中)发生的频率。我们用“1”到“10”级来估计频度的大小,见表 3。频度的分级侧重在其含义而不是数值。

2.7 现行过程控制

对潜在失效模式当前采取或考虑的控制方法进行描述。可以从三方面给予考虑:(1)防止失效模式/后果的发生,或减小其发生率;(2)查明起因/机理并找到纠正措施;(3)查明失效模式。

表 3 频度评价准则

失效发生的可能性	可能的失效率	Cpk	频度数
很高:失效几乎不可避免。	≥1/2	<0.33	10
	≥1/3	≥0.33	9
高:与以前经常发生的失效过程的相似工艺有关。	≥1/8	≥0.51	8
	≥1/20	≥0.67	7
中等:与以前有时发生的失效过程的相似工艺有关,但比例不大。	≥1/80	≥0.83	6
	≥1/400	≥1.00	5
	≥1/2000	≥1.77	4
低:很少有几次与相似过程有关的失效。	1/15000	≥1.33	3
很低:很少几次与几乎完全相同的过程有关的失效。	1/150000	≥1.50	2
极低:失效不可能发生,几乎完全相同的过程也未有过失效。	≤1/1500000	≥1.67	1

2.8 不易探测度(D)

不易探测度是指零件在某工序之前,采用现行工艺过程控制方法找出该工序失效模式的可能性的评价指标。评价指标分“1”至“10”级,见表 4。建议以统计原理为基础的抽样检查是一种有效的不易探测度确定方法。

2.9 风险顺序(RPN)

风险顺序数(RPN)是严重度数(S)、频度数(O)以及不易探测度数(D)的乘积。

$$RPN = S \cdot O \cdot D$$

这个值可用于对过程中那些担心的事项进行排序。正常的 RPN 取值范围为 1 ~ 100。如果 RPN 值很高, 工程师必须采取纠正措施, 努力减少该值。另外, 不管 RPN 值大小如何, 若 S 值高, 要特别重视。

表 4 不易探测度评价准则

探测性	评价准则: 零件完成本工序前, 用过程控制方法找出缺陷存在的可能性。	不易探测度数
几乎不可能	没有书籍的控制方法能找出失效模式	10
很微小	现行控制方法找出失效模式的可能性很微小	9
微小	现行控制方法找出失效模式的可能性微小	8
很小	现行控制方法找出失效模式的可能性很小	7
小	现行控制方法找出失效模式的可能性小	6
中等	现行控制方法找出失效模式的可能性中等	5
中上	现行控制方法找出失效模式的可能性中等偏上	4
高	现行控制方法找出失效模式的可能性高	3
很高	现行控制方法找出失效模式的可能性很高	2
几乎肯定	现行控制方法几乎肯定能找出失效模式	1

2.10 建议措施

当失效模式按 RPN 排出次序后, 应首先对级数最高的情节和最关键的项目采取纠正措施。建议措施的目的是为了减小严重度、频率及不易探测度的数值。

2.11 责任(对建议措施)

将负责建议的部门或人员, 以及要求完成建议措施的日期填在该栏中。

2.12 采取的措施

当实施某项措施后, 简要记载具体执行情况, 并记下生效日期。

2.13 纠正后的 RPN

采取纠正措施后, 将纠正后的频率、严重度和不易探测度数值记录在该栏中。对 RPN 值进行分析, 以便采取进一步的措施。

3 跟踪

工艺主管工程师应负责保证所有的建议措施的实施或落实, 针对 FMEA 建立相应的控制程序, 将 FMEA 不断发展和完善。

4 举例说明

表 1 中的内容是针对喷灌产品零件泵轴热处理工序的示例^[2]。

5 结束语

我国的中小企业为了适应国际市场竞争环境, 必须应用国外先进的技术管理方法。在开发 FMEA 最初阶段, 负责该项目的人员能够直接和主动联络所有相关部门的代表。这些部门包括: 设计、装配、制造、材料、质量、服务、供方等。FMEA 应成为不同部门之间充分交流意见的催化剂, 从而提高整个企业的工作水平。

参 考 文 献

- [美] 克莱斯勒·福特和通用汽车公司编, 中国汽车技术研究中心译. QS-9000 及其配套手册.
- 干浙民. 农用水泵的构造与使用. 上海科学技术出版社, 1981

Potential Failure Mode and Effects Analysis in the Technological Process

Ji Jia-ming

(School of Materials Science and Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: This paper introduces the concept of failure mode and effects analysis (FMEA) in mechanical manufacture process, and the principles of applying. The purposes of FMEA include: (1) discover, comment the potential failure mode and effects analysis of technological process, (2) find the way to avoid the potential failure happening, (3) as an example pump shaft heat treatment is given.

Key words: Mechanical manufacture, Failure mode, Technological