

文章编号 :1004 - 7204(2001)04 - 0023 - 04

Acceleration , Correlation , and Service Life Prediction 加速老化的相关性与使用寿命预测

George Wypych

(加拿大多伦多化学技术实验室)

摘要:重点论述了材料老化过程中环境因素对老化周期长短的影响以及造成的原因等。通过对人工加速老化及其加速老化和自然老化相关性的说明,进一步阐述了可降低这种相关性的诸多因素,以及这些因素对老化结果的影响程度,以便进一步研究确定人工加速老化方法的可行性,为材料老化的研究提供了较为具体、实际的方法和步骤。文中给出了如何遵照 ASTM D 632 标准研究确定老化方法的流程图,需要考虑的因素等等,这对老化研究工作者提供了有效的捷径。

关键词:加速老化;相关性;寿命预测

中图分类号: TB 304

文献标识码: B

毫无疑问,在所有关于气候老化的讨论中被问及最多的问题是“人造老化仪器运行多长时间相当于自然环境中的一年?”如果有人问:“该问题的准确答案是 1 200 h”。你可能会问他们更多的技术问题及一些常识问题,来了解我们所在环境中的所有能使其变化的因素。相反,如果有人回答:“我不知道。”你可能首先想到他花费金钱和时间做人工老化试验是很愚蠢的。如果这个问题使在气候方面知识渊博、经验丰富的研究人员也感到为难,他们也许会说:“那得看在何种情况下。”也许,这才是正确的答案。

相关性与加速老化的定义

在材料耐久性方面,加速老化是指与传统的室外老化相比,使用自然加快或实验室人工方法快速地完成试验。这通常被表述为在同样使材料特性发生特定改变的情况下,自然环境曝晒所用的时间与在加速条件下使用的时间之比。相关性可以被定义为使用某种人工环境方法得出的结果与实际环境或使用环境效果趋同的能力。这种结果当然是指在曝晒中材

料产生的变化。这些变化可能是机械的或外观的改变,例如失去光泽、变色,拉伸性能的改变等,也可以是化学变化,这些变化可以用红外分光光度测定法、电子自旋共振,或化学荧光法测出。相关性可用逆向分析法、Pearson 或 Spearman 相关系数、或 Pair Error 分析法量化导出。

一个加速老化相关性的举例

也许能够形象地描述在进行过度加速气候老化试验时会发生什么的最好方法是讲那个鸡和蛋的故事。但不是传统的“先有鸡还是先有蛋?”的问题。比如,一个鸡蛋,我们知道鸡蛋在 35℃ 的环境中约 21 d 就会孵化出小鸡。这与在自然环境中测试材料的耐久性很相似。当然不少材料工程师都强调“我不能等那么长时间出结果!!”但是如果我们的意图加速小鸡的孵化而把鸡蛋放置在 180℃ 的环境中 5 min,我们得到的是一个煎蛋而不是一只小鸡!现在我们知道在鸡与蛋的故事中加速孵化的结果,但是我们有时会忘记在我们做加速气候老化试验时也可能发生同样的事。以下是几个降低相关性的因素:

收稿日期:2001-07-31

作者简介:George Wypych,男,加拿大多伦多化学技术实验室教授,ATLAS 顾问。

相关性差的原因	误解	实际原因
短波光源(在太阳光谱以外)	短波光源具有更高的能量,能使材料更快的老化。	短波光辐射具有的高能量使材料产生非自然发生的化学变化。
连续曝晒	曝晒时间越长,试验时间越短。	某些材料的化学反应过程需要“间歇期”。因为自然的室外暴露总会有“暗周期”,所以人工气候老化仪器也应模拟这一现象。
光强度高(特别是人造光源)	以高强度的光照射试样是加速老化的唯一途径。	在高强度辐射环境中某些光化学反应会改变。
试样的异常高温。	高温可以使老化速度更快。	曝晒时不真实的温度会导致不同类型的材料老化,与实际的室外曝晒没有可比性。
深、浅颜色试样之间不真实的温度差异。	因为紫外辐射是老化过程中最重要的因素,所以气候老化测试有这个重要因素即可。	人工辐射光源与自然日光产生的光谱能不同,以致在不同颜色和结构的材料之间产生不真实的温差。
没有温度循环。	如果使试样始终保持高温,老化过程会更快。	自然界的温度循环通常会使材料伸张和收缩,从而产生物理变化。
非自然状况的潮湿程度。	使试样处于高湿环境中会增加老化程度。	对水的吸收/释放循环过程会使试样受力,实际上与在饱和环境中相比会更加(真实地)促进老化。
缺少污染物或其他生物因素。	因为这些是次要因素,不必考虑。	实验室的气候老化仪器很少用于再现污染物和其他生物因素的作用,但是它的确是自然环境过程中的一部分,而且我们必须记住它们可能就是降低相关性的一个原因。

着手进行一次气候老化试验 概述 了解构成气候的重要参数,自然气候老化方法,实验室气候老化仪器和这些方法中现有的优缺点是设计一个气候老化的重要一步。但是,将试样交给独立的测试机构,或不加思索、毫无计划地将试样放入人工气候老化仪器中将导致数据不足,不正确的暴露试样评估,特别是作为分析结果的错误决策。目前有许多关于试验设计的刊物和课程,但是这些信息缺乏与实际的气候老化试验的联系。ASTM E 632 用于预测建筑构件及材料使用寿命的加速试验标准设计方法,是一个正确设计气候老化的有益工具。尽管增加了一些其他信息,这部分的内容仍然主要是基于ASTM E 632。

设计一个试验首先要确定试验目的。你的试验是符合某个标准还是测试所销售产品的性能?这可能是一个比较简单的目的,因为试验经常是按照客户的规定和要求进行。

很多时候,这些标准甚至要规定仪器的型号,试验周期,或实验方法,同时提供有关试验时间的确切的信息。在汽车工业中这种要求是普遍的,业内的汽车制造商已经参照一个共同的汽车测试规范规定试验及仪器,时间长度或辐照量,要进行的评估和可接收的受测材料的最小性能改变。

有时试验的目的是要将目前的产品与旧配方进行比较,或比较一个新的生产过程,或是比较某个竞争者的产品。这类试验目的要求你考虑的更多,因为试验的参数可能是不确定的。可能需要分析许多与材料、过程、气候强度相关的可变因素,或者这些因素共同作用产生的影响。例如,测试材料配方时可能包括分析某种稳定剂的用量,添加多少稳定剂才是最经济的,或者哪个供应商会提供更好的适合你的应用或材料的稳定剂。与生产过程有关的问题是增加挤出速度将会产生的影响,重新规定的涂层厚度,或验证不同的

表面处理方法。与复杂的研究开发有关的问题将包括所有有关配方和生产过程的相关信息,并确定何种气候强度会导致老化。这样才能进行真正的材料使用寿命预测测试。

问题的确定 对于这些试验,首要的任务是确定对产品在有有效期内的性能要求和标准。首先要确定极限性能和特性。外观特性如颜色、光泽、粗糙度或微生物污染等是否重要?物理特性如拉伸强度、破裂、脆性、冲击强度或耐磨强度等是否重要?是否还有其它诸如耐水性、电气特性、尺寸稳定性、或附着力等特性?一旦建立了适当的性能标准,就必须清楚有效的评估方法,并且知道如何建立这些评估结果与客户要求之间的联系。

这一表征过程的下一步是了解对那些可能影响已确定为主要特性变化的气候老化因素的类型及范围。我们已经讨论了最普遍的老化因素,例如辐射、温度、湿度和腐蚀。了解其中哪些因素更重要,可能还会使你发现其它老化因素,例如化学排斥、风力负荷、安装过程、或典型的使用中的磨损和破坏。在设计试验的最后几个阶段时,了解材料在最终使用环境中这些因素极限水平也很重要。

这一过程的最后一步是确定引起材料特性变化的老化机理,从而将执行的标准与这些老化因素相结合。如果知道材料的化学成分,就有可能确定特定的化学反应,例如水解作用和光氧化作用。尽管不能了解所有的相关内容,但是,尽量确定所有可能的作用机理,将减少在最终预测产品使用寿命过程中出现差错的机会。完成这一步的工作就为初步设计加速老化试验并最终使用这些加速试验方法获得更好的相关性打下基础。

预试验 预试验是改善产品耐久性过程的第二步。这些试验揭示因暴露在极端的老化环境中材料能够产生的特性改变。这些改变证实(或排除)在确定问题阶段确定的一些因素。从预试验中获得的信息可能包括可能用做老化指标的特性改变,这些因素的重

要性顺序,各种特性变化的机理和促使材料特性快速改变的老化因素的强度。当然,这些因素的强度不应超过被测材料在实际被使用环境中的极限值,这些极限值是在问题确定阶段中被确定的。

试验 这一阶段的目的是(1)设计和进行新的或改进的加速耐久性预试验。(2)设计和进行作为比较的基础的实际使用试验。(3)测量在实际使用过程中材料特性变化的速度。(4)比较在实际使用试验和加速试验中测到的变化。

长期的实际使用试验应侧重于对材料起重要作用的老化因素。这可能包括整套系统的实际使用试验或在户外标准气候试验场进行遴选材料的曝晒。设计试验并考虑所有重要因素是最基本的。各老化因素的强度和幅度应在试验中测量。

加速老化试验的目的是提供相对快速的测量材料在长期使用试验中发生的特性改变程度的方法。这些试验是普遍基于在预试验阶段获得的数据设计的。某些在实际环境中不重要的影响却能导致相似老化的因素的强度会比预试验时低。在进行长期试验时,各种老化因素应能被测量,并且应该对在问题确定阶段被认为重要的材料特性用标准的、定性的方法进行评估。

如果初步的加速方法不能产生实际使用中发生的老化作用,或在长期试验中没有发现应出现的机理,加速试验就应该在重新鉴定在问题确定和预试验分析阶段取得的数据后加以改进。以上分步过程如下面的框图所示。

遗憾的是,改变加速试验中各老化因素的水平不一定会预期地直接影响材料特性的变化。即使在问题确定阶段做出了正确的分析,改变某个特定的老化因素水平也不一定会影响到材料特性的变化。在设计加速老化试验时应始终具有协同作用的概念。协同作用使对不同试验结果的分析更加困难,特别是在将长期试验结果和加速试验结果进行比较时。

ASTM D632的流程图
问题的确定

