ABS简支梁缺口冲击强度的测量不确定度评定

程小琴1,2,罗兰1,2,马庭1,2,王一临1,2

(1. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039;

2. 重庆市环境腐蚀与防护工程技术研究中心, 重庆 400039)

摘要:按GB/T 1043.1-2008测定了ABS的简支梁缺口冲击强度,分析了测量结果不确定度的来源,确定了不确定度的评定方法。用B类评定方法对冲击试验机和游标卡尺的示值误差引入的不确定度进行了评定;用A类评定方法对反复测量的随机误差引入的不确定度进行了评定。采用相对不确定度计算了合成不确定度,并计算了扩展不确定度,其结果与GB/T1043.1-2008附录B的精密度数据一致。

关键词: ABS; 简支梁缺口; 冲击强度; 测量不确定度

中图分类号: TH87 文献标识码: A 文章编号: 1672-9242(2011)02-0046-03

Measurement Uncertainty Estimation of Simply Supported Beam Notched Impact Strength of ABS

CHENG Xiao-qin^{1,2}, LUO Lan^{1,2}, MA Ting^{1,2}, WANG Yi-lin^{1,2}

(1. NO.59 Research Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China;

2. Chongqing Engineering Research Center for Environmental Corrosion and Protection, Chongqing 400039, China)

Abstract: The simply supported beam notched impact strength of ABS was determined according to GB/T 1043.1–2008. The source of measurement uncertainty was analyzed. The evaluation method of measurement uncertainty was determined. The uncertainty introduced from systematic errors of impact tester and vernier caliper was evaluated by type B evaluation of uncertainty; the uncertainty introduced from random errors of determination was evaluated by type A evaluation of uncertainty. Combined uncertainty was calculated with relative uncertainty, and expanded uncertainty was calculated too. The result of expanded uncertainty accorded with the measurement precision described in annex B of GB/T1043.1–2008.

Key words: ABS; simply supported beam; notched impact strength; measurement uncertainty

ABS 塑料已普遍应用于包装中,其环境适应性 通常通过自然环境试验来评价,评价的重要参数是 其冲击强度,塑料的冲击强度变化最能反映其老化

趋势[□]。在冲击强度的测量中应考虑测量结果的不确定度,以便对自然环境试验过程中塑料冲击强度变化进行正确的分析与评价。笔者对ABS塑料的简

收稿日期: 2010-07-08

作者简介:程小琴(1962一),女,重庆人,工程师,主要研究方向为非金属材料力学性能测试。

支梁缺口冲击强度测量方法和测量结果不确定度评定进行了探讨。

1 简支梁缺口冲击强度的测量

1.1 测量原理

根据 GB/T 1043.1—2008《塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分:非仪器化冲击试验》,用简支梁冲击试验机对带缺口的塑料试样施加一次冲击弯曲负荷使试样破坏,用试样破坏时单位面积吸收的能量表示材料的简支梁缺口冲击强度。简支梁缺口冲击强度的计算见式(1)。试验结果以10件试样的简支梁缺口冲击强度的平均值表示[2]。

$$a_{\rm cN} = \frac{E_{\rm c}}{h \times b_{\rm N}} \times 10^3 \tag{1}$$

式中: a_{eN} 为简支梁缺口冲击强度, kJ/m^2 ; E_e 为缺口试样破坏时吸收的能量,J;h为试样厚度,mm; b_N 为试样的缺口剩余宽度,mm。

1.2 试验样品

试验样品为 ABS 材料,制成 A 型缺口试样。试样厚度约4.2 mm,试样的缺口剩余宽度约8.0 mm。

1.3 测量设备

冲击试验设备为WPM冲击试验机,冲击速度为2.9 m/s,校准证书给出的最大偏差为±0.4%。试样厚度和缺口剩余宽度用0~150 mm的数显游标卡尺测量,游标卡尺校准证书给出的最大偏差为0.01 mm。

1.4 试验环境和预处理

试验温度为 $22 \, \text{C}$ 、相对湿度为 51%。试验前试样在温度为 $(23 \pm 2 \, \text{C})$ 、相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ 的环境下进行了 $72 \, \text{h}$ 的状态调节。

2 不确定度计算

2.1 不确定度来源分析和评定方法设计

1)冲击试验机的示值误差引入的不确定度。 根据该设备的校准证书给出的测量偏差或扩展不确 定度,用B类评定方法获得冲击试验机的示值误差引入的不确定度。

- 2)游标卡尺的示值误差引入的不确定度。根据该设备的校准证书给出的测量偏差或扩展不确定度,用B类评定方法获得游标卡尺的示值误差引入的不确定度。使用同一游标卡尺测量试样宽度和缺口剩余厚度时,应考虑其相关性,相关系数为1。
- 3) 反复测量的误差引入的不确定度。冲击功的测量、试样宽度和缺口剩余厚度的测量都会由于反复测量的随机误差引入不确定度,用A类评定方法进行评定。评定时,可利用实验室的最佳测量能力,即根据日常检测系统,被测样品接近理想状态时评估的最小的测量不确定度^[3];也可利用实时测量的数据进行评定。
- 4) 环境温湿度变化引入的不确定度。试验在标准规定的温度湿度下进行,试样在试验前按规定进行 状态调节,故该因素对不确定度影响可忽略不计。
- 5)合成不确定度的评定方法。式(1)与 JJF 1059—1999中所述的函数形式一致,为方便计算,根据 JJF 1059—1999 的规定进行不确定度的合成,即用相对不确定度进行合成^[4]。

2.2 标准不确定度计算

2.2.1 WPM 冲击试验机的示值误差引入的相对不确定度 u_{r_1}

WPM 冲击试验机最大偏差为 ± 0.4%,假设为均匀分布,相对不确定度为:

$$u_{r1} = 0.4\% / \sqrt{3} = 2.31 \times 10^{-3}$$
 (2)

2.2.2 游标卡尺示值误差引入的相对不确定度 u_{r2}

游标卡尺的最大偏差为0.01 mm,假设为均匀分布:

$$u_2 = 0.01/\sqrt{3} = 0.00577 \ mm$$

使用同一游标卡尺测量试样宽度和缺口剩余厚度,考虑其相关性(r=1)。测量中游标卡尺示值误差引入的相对不确定度 u_2 应按式(3)计算:

 u_{r2} =0.005 77/4.17+0.005 77/8.10=2.09 × 10⁻³ (3) 2.2.3 冲击试验时反复测量冲击功的不确定度 u_{r3}

对10件性能均匀的某塑料试样进行冲击试验,数据见表1。

计算得到单次冲击功的平均值 \overline{E}_c =0.421 J;标准偏差 $s(E_c)$ =0.019 6 J。

表1 试样破坏时吸收的能量

Table 1 Energy absorbed by specimen when breakage

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_c /J	0.392	0.414	0.441	0.424	0.389	0.413	0.448	0.427	0.434	0.432

试验结果以10件试样平均值表示,不确定度为:

 u_{r3} =0.006 20/0.421=0.014 7

(4)

$u_3 = 0.019 \text{ 6}/\sqrt{10} = 0.006 \text{ 20 J}$

2.2.4 厚度反复测量的不确定度 и4

试样厚度10次测量得到的数据见表2。

表2 试样厚度

Table 2 Specimen thickness

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h/mm	4.20	4.20	4.12	4.20	4.19	4.13	4.20	4.15	4.16	4.18

计算得到厚度平均值 \bar{h} = 4.17 mm; 单次厚度测量的标准偏差 $s(h_i)$ =0.030 9 mm。

 u_4 =0.030 9 mm

 $u_{r4} = 0.030 \, 9/4.17 = 7.41 \times 10^{-3}$ (5)

实际试验中,每个试样厚度只测1次,不确定度为:

2.2.5 缺口剩余宽度反复测量的不确定度 *us* 缺口剩余宽度 10次测量数据见表 3。

表3 试样缺口剩余宽度

Table 3 Remnant breadth of specimen notch

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$b_{ ext{ iny N}}$ mm	8.17	8.08	8.12	7.95	8.20	8.06	8.09	8.09	8.04	8.17

计算得到的缺口剩余宽度平均值 $\overline{b_N}$ =8.10 mm; 测量的标准偏差 $s(b_N)$ =0.073 3 mm。

实际试验中,每个试样的缺口剩余宽度只测1次,不确定度为:

 $u_5 = 0.073 \text{ 3 mm}$ $u_5 = 0.073 \text{ 3/8.10} = 9.05 \times 10^{-3}$ (6)

2.3 合成不确定度计算

合成不确定度按下式计算:

$$u_{rc} = \sqrt{r_{r1}^2 + (-1)^2 u_{r2}^2 + u_{r3}^2 + (-1)^2 u_{r4}^2 + (-1)^2 u_{r5}^2}$$

$$u_{rc} = 19.0 \times 10^{-3} = 0.019 \ 0$$

$$u_c = 12.5 \text{ kJ/m}^2 \times 0.019 \ 0 = 0.24 \text{ kJ/m}^2$$
(7)

2.4 扩展不确定度计算

取置信概率p=95%, $k_p=2$,按下式计算扩展不确定度:

$$U=k_p \times u_c=2 \times 0.210=0.420 \text{ kJ/m}^2$$

 $U_{95\%}=2 \times 0.017 = 0.035$

3 测量不确定度的报告与表示

3.1 一般表示方法

按 GB/T 1043.1—2008 规定, 检测结果取 2 位有效数字, α_k =12 kJ/m², 根据不确定度的末位应与检测结果的末位对齐的要求, $U_{95\%}$ 取 1 kJ/m²。

使用测量不确定度时,ABS试样简支梁缺口冲击强度通常用下述方法表示:

- 1) $\alpha_k = 12 \text{ kJ/m}^2$, $U_{95} = 1 \text{ kJ/m}^2$, $k_p = 2$;
- 2) $\alpha_k = (12 \pm 1) \text{kJ/m}^2$, $k_p = 2$, 括号内第 2 项为 $U_{95\%}$ 之值;

3.2 使用相对不确定度表示

因为 $\alpha_k = 12 \text{ kJ/m}^2$, $12 \times 0.1 = 1.2$, 根据不确定度的末位应与检测结果的末位对齐的要求,相对不确(下转第77页)

- Guidebook Spiral 3[R]. Washington D C: Department of defense, 2007.
- [4] JSSG-2006—1998, Joint Service Specification Guide Aircraft Structures[S].
- [5] MIL-HDBK-1530B—2002, General Guide Lines for Aircraft Structural Integrity Program[S].
- [6] MIL-STD-1568—1994, Materials and Processes for Corrosion Prevention and Control in Aerospace Weapons Systems [S].
- [7] MIL-STD-1587—1992, Materials and Process Requirements for Air Force Weapon Systems[S].
- [8] MIL-STD-810—2000, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [9] 陈群志. 腐蚀环境下飞机结构日历寿命技术体系研究

- [D]. 北京:北京航空航天大学,1999.
- [10] 陈群志,刘文珽,陈志伟,等. 腐蚀环境下飞机结构日历 寿命研究现状与关键技术问题[J]. 中国安全科学学报, 2000,10(3);42—47.
- [11] 陈群志. 典型飞机结构日历寿命评定方法与延寿技术研究[R]. 沈阳: 中国科学院金属研究所, 2005.
- [12] 陈群志,康献海,刘健光,等. 军用飞机腐蚀防护与日历寿命研究[J]. 中国表面工程,2010,23(4):1—6.
- [13] GJB 2635A-2008,军用飞机腐蚀防护设计和控制要求[S].
- [14] 航空航天工业部第六二一所,六四〇所. 民用飞机腐蚀控制[M]. 北京:航空工业出版社,1992.
- [15] 汪定江,潘庆军,夏成宝. 军用飞机的腐蚀与防护[M]. 北京:航空工业出版社,2006.
- [16] HB 7685-2001,飞机燃油系统污染控制要求[S].

(上接第48页)

定度的百分位应修约, U95%取0.1。

使用相对不确定度时,可用下述方法表示:

- 1) $\alpha_k = 12 \text{ kJ/m}^2$, $U_{95\%} = 0.1$, $k_p = 2$;
- 2) $\alpha_k = 12(1 \pm 0.1) \text{kJ/m}^2, k_p = 2$,式中0.1为 $U_{95\%}$ 之值。

4 测量的精密度分析

GB/T 1043.1—2008的附录 B 给出了 ISO 179-1: 2000 中根据 ASTM E 691《确定试验方法精密度进行实验室研究的标准实施方法》进行的循环试验而获得的简支梁冲击精密度数据^[2]。现将本次测量结果与 GB/T 1043.1—2008 附录 B1 中表 1 的数据比较在表 4 列出。

表4 2.9 m/s简支梁冲击强度的精密度数据

Table 4 Precision of simply supported beam notched impact strength(impact velocity 2.9 m/s)

kJ/m²

	材料	平均值	S_r	$S_{\scriptscriptstyle R}$	r	R
ASTM E 691(1)	ABS	13.48	0.47	1.86	1.32	5.21
A31M E 091(1)	GF-PBT	8.52	0.61	1.27	1.71	3.55
ASTM E 691(2)	ABS	13.44	0.45	1.90	1.25	5.31
A31M E 091(2)	GF-PBT	8.54	0.60	1.29	1.68	3.62
测量结果	ABS	12.5	0.24	_	1.83	_

注: S_r 为实验室内标准差; S_R 为实验室间标准差; $r=2.83S_r$; $R=2.83S_R$ 。

根据 JJF 1059—1999 中 5.10 的规定:u=r/2.83,文中的 u_c 即为 JJF 1059—1999 中的u,等同于表 4 中的 S_{ro}

表4中的数据可以说明,ABS简支梁缺口冲击强度测量不确定度评定的结果比GB/T 1043.1—2008 附录B表B1的精密度数据要小。原因是在GB/T 1043.1—2008中,对单模腔挤塑试样的尺寸测量1组只要测1个试样,因此,可能由于试样尺寸的误差产生较大的不确定度分量。

5 结语

- 1) 当给出完整的测量结果时,一般应报告其测量不确定度。
- 2)为了便于用户比较实验室的能力和水平,对于一般应用,扩展不确定度应对应于95%的置信水平。在表述实验室的能力时,一般采用最佳测量能力,即根据日常检测系统,被测样品接近理想状态时评估的最小的测量不确定度。
- 3)使用相同的测量方法、测量设备,在相同的测量环境条件下,对其他塑料进行不确定度评定时,可采用文中给出的相对扩展不确定度的数据。

参考文献:

- [1] 宣卫芳,王一临,胥泽奇. 弹药塑料包装材料自然环境老 化现象研究[J]. 装备环境工程,2006,3(5):26—30.
- [2] GB/T 1043.1—2008/ISO 179-1:2000, 塑料 简支梁冲击性 能的测定 第1部分: 非仪器化冲击试验[S].
- [3] CNAS-CL07:2006,测量不确定度评估和报告通用要求[S].
- [4] JJF 1059—1999,测量不确定度评定与表示[S].