

附录B

塑料拉伸强度测量不确定度评定

1. 检测条件及要求:

1.1 测量仪器:

1) 电子万能材料试验机

①型号: CMT4304

②测试范围: 0~500N

③不确定度: $U_{rel}=0.4\%$, $k=2$

2) 数显卡尺

①型号: (0-150)mm/0.01mm

②测试范围: 0~150mm

③不确定度: $U=0.01\text{mm}$, $k=2$

1.2 检测环境:

温度要求: 常温。

1.3 测试方法:

使用数显卡尺测量试样截面的长和宽, 数显卡尺的不确定度为“ $U=0.01\text{mm}$, $k=2$ ”; 然后, 使用CMT4304型电子万能材料试验机测定, 其不确定度为“ $U_{rel}=0.4\%$, $k=2$ ”。按照GB/T 1040.3-2006进行试验。一共使用5个试样得到测量列。

2、建立数学模型

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{a \times b}$$

式中:

σ —拉伸强度, 单位为兆帕 (MPa);

F —所测的对应负荷, 单位为牛 (N);

A —试样原始横截面积, 单位为平方毫米 (mm^2);

a —试样原始横截面的宽, 单位为毫米 (mm)

b —试样原始横截面的厚, 单位为毫米 (mm)

3. 输入量不确定度评定

3.1 对PE护套料5型试样按照GB/T 1040.3-2006进行试验。一共使用5个试样得到测量列，数据如下：

	宽 (mm)	厚 (mm)	最大力 (N)	拉伸强度 (MPa)
PE 护套料 5 型试样	6.020	0.860	164.428	31.760
	6.030	0.860	165.155	31.848
	5.990	0.860	164.554	31.944
	6.000	0.870	154.833	29.662
	5.970	0.880	165.473	31.497
平均值	6.002	0.866	162.889	31.342
标准偏差 S	0.024	0.009	4.524	0.954

3.2 试样原始横截面的宽 a 测量引起的不确定度 $u(x_1)$ ；

1)数显卡尺校准引入的不确定度；由数显卡尺的校准报告，得 $U=0.01\text{mm}$,包含因子 $k=2$ ，那么，数显卡尺校准所引入的不确定度分量是：

$$u(x_{11}) = \frac{U}{k} = \frac{0.01}{2} \text{mm} = 0.005\text{mm}$$

2)仪器分辨率引入的不确定度；

$$u(x_{12}) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} \text{mm} = 0.003\text{mm}$$

3)重复测量引入的不确定度；

$$u(x_{13}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.024}{\sqrt{5}} \text{mm} = 0.011\text{mm}$$

4)试样原始横截面的宽 a 测量引起的不确定度 $u(x_1)$

$$u(x_1) = \sqrt{(x_{11})^2 + (x_{12})^2 + (x_{13})^2} = 0.012\text{mm}$$

3.2 试样原始横截面的厚 b 测量引起的不确定度 $u(x_2)$ ；

1)数显卡尺校准引入的不确定度；由数显卡尺的校准报告，得 $U=0.01\text{mm}$,包含因子 $k=2$ ，那么，数显卡尺校准所引入的不确定度分量是：

$$u(x_{21}) = \frac{U}{k} = \frac{0.01}{2} \text{mm} = 0.005\text{mm}$$

2) 仪器分辨率引入的不确定度;

$$u(x_{22}) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} \text{mm} = 0.003 \text{mm}$$

3) 重复测量引入的不确定度;

$$u(x_{23}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{0.009}{\sqrt{5}} \text{mm} = 0.004 \text{mm}$$

4) 试样原始横截面的厚 b 测量引起的不确定度 $u(x_2)$

$$u(x_2) = \sqrt{(x_{21})^2 + (x_{22})^2 + (x_{23})^2} = 0.007 \text{mm}$$

3.3 试样负荷测量引起的不确定度 $u(x_3)$

1) 校准引入的不确定度; 由电子万能材料试验机的校准报告, 得 $U=0.4\%$, 包含因子 $k=2$, 那么, 仪器校准所引入的不确定度分量是:

$$u(x_{31}) = \frac{U}{k} = \frac{0.4\%}{2} = 0.2\%$$

因为本次试验力值的平均值为 162.889N, 换算成拉力试验机力值校准引入的标准不确定度为:

$$u(x_{31}) = 0.2\% \times 162.889 = 0.326 \text{N}$$

2) 仪器分辨率引入的不确定度;

$$u(x_{32}) = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} \text{N} = 0.0003 \text{N}$$

该不确定度分量很小, 可以忽略不计。

3) 重复测量引入的不确定度;

$$u(x_{33}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{4.524}{\sqrt{5}} \text{N} = 2.023 \text{N}$$

4) 试样负荷测量引起的不确定度 $u(x_3)$

$$u(x_3) = \sqrt{(x_{31})^2 + (x_{33})^2} = 2.048 \text{N}$$

4、合成标准不确定度的评定

因试样负荷、试样面积的测量等, 所引入的不确定度分量彼此独立不相关, 因而将各不确定度分量进行合成, 所以可如下计算:

$$\begin{aligned}
u_c &= \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)} \\
&= \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial F} \right)^2 u^2(F) + \left(\frac{\partial y}{\partial a} \right)^2 u^2(a) + \left(\frac{\partial y}{\partial b} \right)^2 u^2(b)} \\
&= \sqrt{\left(-\frac{F}{a^2 b} \right)^2 u_1^2 + \left(-\frac{F}{a b^2} \right)^2 u_2^2 + \left(\frac{1}{a b} \right)^2 u_3^2} \\
&= \sqrt{\left(-\frac{162.889}{6.002^2 \times 0.866} \right)^2 \times 0.012^2 + \left(-\frac{162.889}{6.002 \times 0.866^2} \right)^2 \times 0.007^2 + \left(\frac{1}{6.002 \times 0.866} \right)^2 \times 2.408^2} \\
&= \sqrt{0.0038 + 0.0642 + 0.2146} \\
&= 0.5316 \text{MPa}
\end{aligned}$$

5. 扩展不确定度的计算

取置信度 $P=95\%$, 扩展因子 $k=2$, 则扩展不确定度:

$$U = 2 \times 0.5316 \text{MPa} = 1.0632 \text{MPa} \approx 1.1 \text{MPa}$$

6. 不确定度的报告

根据以上测量不确定度的分析和评定过程得知, 塑料拉伸强度的扩展不确定度为:

$$A = 31.3 \text{MPa} \quad U = 1.1 \text{MPa}$$

(由合成不确定度 $u_c = 0.5316 \text{MPa}$, 按照置信水准 $P=95\%$, 乘以包含因子 $k=2$ 而得到)

编制: 陈萃仁

日期: 2022.01.04

审核: 冯赐予

日期: 2022.01.04