

振簧法測定动态粘弹性 I.

用电容拾振法观察振簧的振动

漆 宗 能

过去对高聚物静态粘弹性能研究得较多,如 Scott Blair (1945) 等所用的蠕变及应力松弛法, Dillon (1933) 的压缩塑性计,以及 Mooney (1936) 所用的转筒式粘度计等都是用静态的方法来研究高聚物的粘弹性^[1]。对高聚物来说:对温度及频率的响应存在弹性弥散,在弹性弥散区域伴随弹性模量骤急的改变出现内耗的峰值,通过对内耗峰的研究可深入了解其内部结构^[2],此外在高聚物作为材料的实际应用中往往是在动态的情况下使用的,因而对高聚物动态粘弹性的研究不论在理论上或实用上都有其重要的意义。

测量高聚物动态粘弹性的方法很多,本文仅报导用电容拾振法观察振簧振动的初步研究结果。本法的特点为:方法简单,所需试样小,温度湿度等条件控制容易,因而常为很多研究者所采用。

早在 1932 年 Oliver^[3] 等就开始用振簧法来测定纸张中音速的传播来测量纸张的杨氏弹性模量,1948 年 Nolle^[4] 等将其发展用于测定橡皮类材料的动态力学性能,从 1948—1958 年期间振簧法有了很大的发展,很多学者将其用于测定纸张^[5]、羊毛^[6]、纤维^[7-9]、薄膜^[10] 等的动态粘弹性,在测量技术上亦有了长足的进展,从用读数显微镜观察振簧的振动^[11],以至用光电^[12,13],静电感应^[14,15] 等自动记录的方法都被各研究者所采用过。然而在以往的报导中,仅观察到试样的一次振动,这样就不易将试样的共振与仪器及其它因素干扰而带来的共振分开,现在我们采用电容拾振法能观察到一至两次共振得到满意的结果。

試驗方法 测量的装置如图 1 所示,将试样片 1 夹于电唱机唱头 2 上,弯曲振动借夹子传递给试样片,并又将试样片涂上一层胶体石墨后作为电容拾振器 3 的膜片。将作为电磁换能器的电唱机头上输入一交变音频电流使试样片发生振动,由于试样片的振动因而使试样片与电容拾振器之间的电容发生改变,此一信号经频谱仪放大滤波后借一音频电压表测量之。实验中我们采用了下列规格的仪器:

一、音频振荡器:为丹麦 Brüel & Kjaer 1014 型,频率范围 20—20000C/s,误差不大于 0.1% 输出功率 2.5W。每次测量前用一标准石英振荡器校正频率。

二、电磁换能器(电唱机头):为线圈式电唱机头,电阻 2000ohm。

三、试样:为长 36.5mm 至 7.5mm、宽 4.5mm、厚 0.15mm 的聚氯乙烯片,内含增塑剂 TCP 20%。

四、电容拾音器:为丹麦 Brüel & Kjaer 4111 型。

計算方法 Nolle 曾用机电类比的方法求解振簧的运动方程,其机电类比模型如图 2 所示,在其振动附近分布系统的振幅频率响应一次近似于有集总常数的简单振子的共振此时:

$B_n = 38.24$ (基頻), 0.975 (一次共振)
 0.124 (二次共振)

ρ = 試样的密度

l = 試样的长度

d = 試样的厚度

μ_r = 試样的共振頻率

$\Delta\mu$ = 試样的共振半寬度

試驗結果

一、試样长度对共振頻率之影响 按公式(1) $\Delta\mu^2$ 与 μ_r^2 相較很小可将其略去得：

$$E_1 = \frac{\mu_r^2 \cdot l^4}{0.162 \times d^2} \cdot \rho \quad (4)$$

按(4)可知：对一給定的試样 E_1, ρ, d 皆为常数，故 μ_r^2 与 $\frac{1}{l^4}$ 成正比，即 μ_r 与 $\frac{1}{l^2}$ 成正比，且 μ_r 对 $\frac{1}{l^2}$ 作图应得到通过原点之直綫，今用不同长度的試样测定其一次共振頻率 μ_r' 及二次共振頻率 μ_r'' ，結果如表 1 所示。

根据表 1 的結果可知： $l^2 \times \mu_r'$ 或 $l^2 \times \mu_r''$ 为一常数，此与公式(4)的推論相吻合，今以 $\frac{1}{l^2}$ 为横坐标， μ_r' 或 μ_r'' 为纵坐标，以表 1 的算术平均值作图，得到同时通过原点而不同斜率的两条直綫(图 3)。

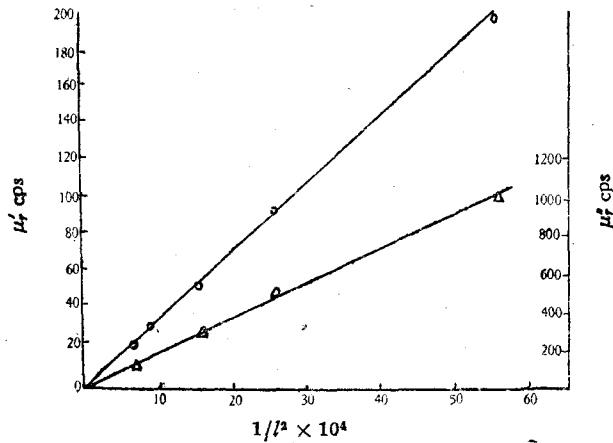


图 3

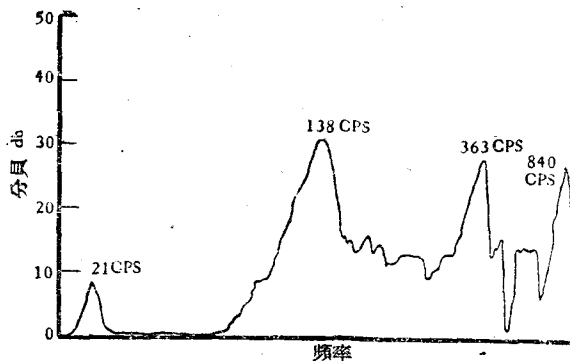


图 4 共振頻率分布

二、試样共振频率的分布 用能級記錄器(Level Recorder)記錄共振频率的分布(图 4)从图 4 上可以看出:在 21cps 处为試样的基頻共振, 138cps 及 363cps 分别为試样的一次及二次共振在 840cps 处亦出現共振峯,但根据 $\mu_r^* = A_n \sqrt{E^*}$ 的关系計算知 840cps 处的共振峯可能是仪器带来的共振。

結論 一、用电容拾振法测定了 20% TCP 的 PVC 試样的动态粘弹性得到滿意的結果,从

表 1

試样长度 l (mm)	l^2 (mm ²)	第一次共振 μ_r' (cps)	第二次共振 μ_r'' (cps)	$l^2 \times \mu_r'$	$l^2 \times \mu_r''$
38.8	1510	24.5	138.2	3.70×10^4	2.07×10^5
		24.5	138.2	3.70×10^4	2.07×10^5
		24.2	138.5	3.68×10^4	2.09×10^5
		24.2	138.5	3.68×10^4	2.09×10^5
		24.5	138.5	3.70×10^4	2.09×10^5
算术平均值		24.3	138.3	3.69×10^4	2.08×10^5
l (mm)	l^2 (mm ²)	μ_r' (cps)	μ_r'' (cps)	$l^2 \times \mu_r'$	$l^2 \times \mu_r''$
32.5	1060	34.8	195.0	3.69×10^4	2.07×10^5
		34.6	195.0	3.69×10^4	2.07×10^5
		34.8	195.2	3.69×10^4	2.07×10^5
		35.0	195.2	3.71×10^4	2.07×10^5
		34.8	195.2	3.69×10^4	2.07×10^5
算术平均值		34.8	195.1	3.69×10^4	2.07×10^5
l (mm)	l^2 (mm ²)	μ_r' (cps)	μ_r'' (cps)	$l^2 \times \mu_r'$	$l^2 \times \mu_r''$
25.6	656	56.4	315.5	3.71×10^4	2.07×10^5
		56.4	315.5	3.71×10^4	2.07×10^5
		56.6	316.0	3.72×10^4	2.07×10^5
		56.6	316.2	3.72×10^4	2.08×10^5
		56.2	316.2	3.71×10^4	2.08×10^5
算术平均值		56.4	315.9	3.71×10^4	2.07×10^5
l (mm)	l^2 (mm ²)	μ_r' (cps)	μ_r'' (cps)	$l^2 \times \mu_r'$	$l^2 \times \mu_r''$
19.6	385	96.0	538.0	3.69×10^4	2.08×10^5
		96.2	540.0	3.70×10^4	2.08×10^5
		96.0	540.0	3.69×10^4	2.08×10^5
		96.0	538.0	3.69×10^4	2.08×10^5
		96.0	536.0	3.69×10^4	2.06×10^5
算术平均值		96.0	538.4	3.69×10^4	2.08×10^5
l (mm)	l^2 (mm ²)	μ_r' (cps)	μ_r'' (cps)	$l^2 \times \mu_r'$	$l^2 \times \mu_r''$
13.5	182	196.0	1105.0	3.56×10^4	2.01×10^5
		196.0	1105.0	3.56×10^4	2.01×10^5
		198.6	1105.2	3.61×10^4	2.01×10^5
		196.2	1105.2	3.60×10^4	2.01×10^5
		196.0	1105.2	3.56×10^4	2.01×10^5
算术平均值		196.6	1105.1	3.58×10^4	2.01×10^5

图 4 的結果可知此法能观察到一至二次共振, 这样就便于在实验中將試样的共振与仪器的共振分別处理。

二、测定了不同长度的 PVC 試样的共振频率, 得到了与公式(4)一致的結果, 这样就使我們可以用改变試样长度的簡單方法来获得在不同频率下的动态粘弹性。

志謝 試驗中承中国科学院电子学研究所李沛滋先生多加指导特此致謝。

参 考 文 献

- [1] L. R. G. Treloar, The Physis of Rubble Elasticity, Oxford, 1949; 中譯本: 向知人譯, 橡胶彈性物理学, 1957, p. 188—189.
- [2] 漆宗能, 高分子通訊, **3**, 282 (1959).
- [3] D. A. Oliver, Phil. Mag., **14**, 318 (1932).
- [4] A. W. Nolle, J. Appl. Phys., **19**, 573 (1948).
- [5] H. S. Sack, J. Appl. Phys., **18**, 450 (1947).
- [6] J. W. Ballou, J. Appl. Phys., **20**, 493 (1949).
- [7] J. P. A. Lochner, J. Textile Inst., **40**, T220 (1949).
- [8] K. W. Hillier, Proc. Phys. Soc., B64, 998(1951).
- [9] E. M. Karrholm, Textile Research J. **23**, 207 (1953).
- [10] E. Merz, J. Poly. Sci., **4**, 605 (1949).
- [11] K. W. Hillier, Proc. Phys. Soc., B64, 998 (1951).
- [12] Robinsion, J. Sci. Instr., **32**, 2 (1955).
- [13] H. S. Sack, J. Appl. Phys., **18**, 450 (1947).
- [14] 岡田廉, 应用物理(日文) **25**, 125 (1956).
- [15] G. H. Hilferink, Rayon Revue (Holland) **10** (1956—1).