

## 实验十四 塑料力学性能实验(拉伸实验、弯曲实验)

### 一、实验目的

了解塑料的拉伸强度、弯曲强度的意义；掌握塑料拉伸强度、断裂伸长率以及弯曲强度、弯曲模量的测试方法，掌握实验数据的处理方法

### 二、实验原理

拉伸强度是指在拉伸实验中，试样直至断裂为止所承受的最大拉伸应力。拉伸强度的数值反映的是以试样单位截面积上所能承受的载荷大小(MPa)；断裂伸长率是指在拉力作用下，试样断裂时标线间距离的增加量与初始标距之比，数值以%表示。

塑料在静态拉伸载荷下所测得的拉伸强度、断裂伸长率及弹性模量的高低取决于分子的结构、分子间的作用力及其材料的填充物等外加助剂的影响。

塑料试样在静态情况下承受静态弯曲力矩，以测定其弯曲性能。也就是把试样支撑成横梁(简支梁)，使其在跨度中心以恒定速度弯曲，直至试样断裂或变形达到预定值，测量该过程中对试样施加的压力。

弯曲强度是指试样在弯曲过程中承受的最大的弯曲应力，弯曲弹性模量或弯曲模量是指应力差与对应的应变差之比。

### 三、实验仪器设备及流程

#### (一)拉伸强度

##### 1、适用标准及适用范围

适用标准为 GB/T1040，本标准规定了对试样施加静态拉伸负荷，以测定拉伸强度、拉伸断裂应力、拉伸屈服应力、偏置屈服应力、断裂伸长率的实验方法。

适用范围为热塑性塑料和热固性塑料，其中包括经填充和纤维增强的塑料，以及这些塑料制成的制品。而不适用于泡沫塑料及厚度小于 1mm 的塑料薄片和薄膜。

##### 2、实验设备

CMT4254 型微机控制电子万能实验机	0~25000N	一台
----------------------	----------	----

游标卡尺

0~150mm

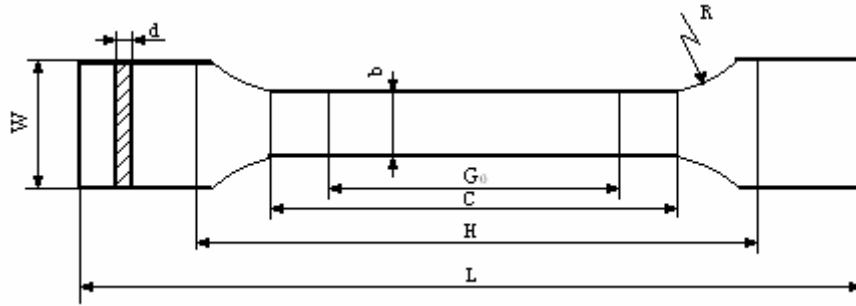
一把

CJ80M3V 型精密注射成型机

一台

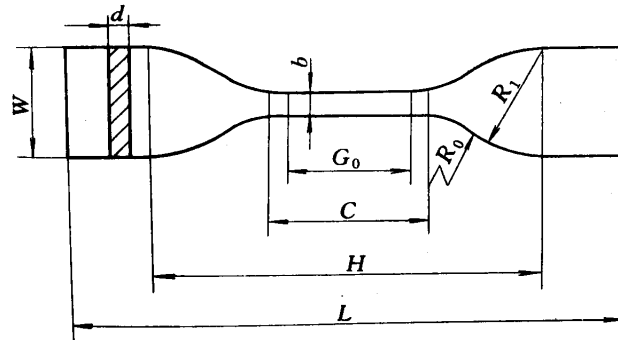
3、试样类型和尺寸(mm)

I 型试样



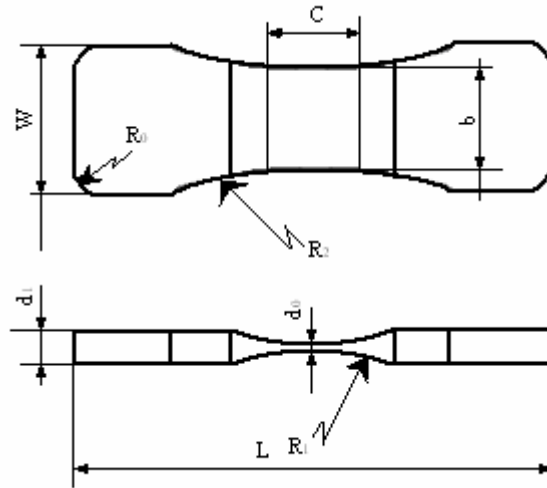
符号	名称	尺寸	公差	符号	名称	尺寸	公差
L	总长(最小)	150	—	W	端部宽度	20	±0.2
H	夹具间距离	115	±5.0	d	厚度	见“4 试样选择”	—
C	中间平行部分长度	60	±0.5	b	中间平行部分宽度	10	±0.2
G <sub>0</sub>	标距(或有效部分)	50	±0.5	R	半径(最小)	60	—

II 型试样



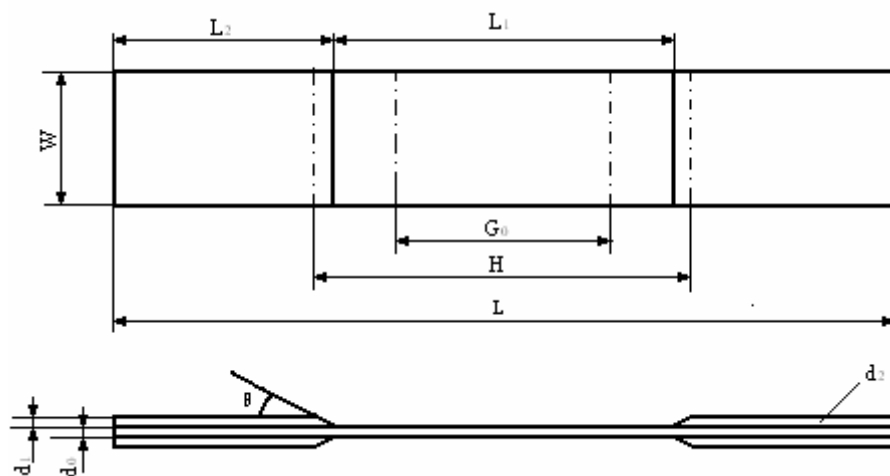
符号	名称	尺寸	公差	符号	名称	尺寸	公差
L	总长(最小)	115	—	d	厚度	见“4 试样选择”	—
H	夹具间距离	80	±5.0	b	中间平行部分宽度	6	±0.4
C	中间平行部分长度	33	±2.0	R <sub>0</sub>	小半径	14	±1.0
G <sub>0</sub>	标距(或有效部分)	25	±1.0	R <sub>1</sub>	大半径	25	±2.0
W	端部宽度	25	±1.0				

### III型试样



符号	名称	尺寸	符号	名称	尺寸
L	总长	110	b	中间平行部分宽度	25
C	中间平行部分长度	9.5	$R_0$	端部半径	6.5
$d_0$	中间平行部分厚度	3.2	$R_1$	表面半径	75
$d_1$	端部厚度	6.5	$R_2$	侧面半径	75
W	端部宽度	45			

### IV型试样



符号	名称	尺寸	公差	符号	名称	尺寸	公差
L	总长(最小)	250	—	L <sub>1</sub>	加强片间长度	150	±0.2
H	夹具间距离	170	±5.0	d <sub>0</sub>	厚度	2~10	—
G <sub>0</sub>	标距(或有效部分)	100	±0.5	d <sub>1</sub>	加强片厚度	3~10	±0.2
W	宽度	25 或 50	±0.5	θ	加强片角度	5 <sup>0</sup> ~30 <sup>0</sup>	
L <sub>2</sub>	加强片最小长度	50	—	d <sub>2</sub>	加强片	—	

#### 4、试样选择

试样材料	试样类型	试样制备方法	试样最佳厚度, mm	试验速度
硬质热塑性塑料 热塑性增强塑料	I 型	注塑成型 压制成型	4	B、C、D、E、F
硬质热塑性塑料板热固性 塑料板(包括层压板)		机械加工	4	A、B、C、D、E、 F、G
软质热塑性塑料 软质热塑性塑料板	II 型	注塑成型 压制成型 板材机械加工 板材冲切加工	2	F、G、H、I
热固性塑料包括经填充和 纤维增强的塑料	III 型	注塑成型 压制成型	—	C
热固性增强塑料板	IV 型	机械加工	—	B、C、D

注：III 型试样仅用于测定拉伸强度。

#### 5、实验速度

试验速度设有以下九种：

速度A 1mm/min±50%

速度B 2mm/min±20%

速度C 5mm/min±20%

速度D 10mm/min±20%

速度E 20mm/min±10%

速度F 50mm/min±10%

速度G 100mm/min±10%

速度H 200mm/min±10%

速度I 500mm/min±10%

#### (二)弯曲实验

##### 1、适用标准及适用范围

适用标准 GB9341，本方法用于在规定条件下研究试样的弯曲特性，测定弯曲强度、弯

曲模量和弯曲应力-应变关系。本方法适用于两端自由支撑、中央加荷的实验(三点加荷实验)适用范围是：(1)热塑性模塑和挤塑材料，包括填充的和增强的未填充以及硬质热塑性板材；(2)热固性模塑材料，包括填充和增强材料，热固性板材包括层压材料；(3)纤维增强热固性和热塑性复合材料，其含有单向或非单向的增强材料，如毡、纺织纤维、纺织粗纱、短切原丝、组合或混杂增强材料，无捻粗纱和磨碎纤维等；由预浸渍材料制成的板材；(4)热致液晶聚合物。

## 2、实验设备

CJ80M3V 型精密注射成型机		一台
CMT4254 型微机控制电子万能试验机	0~25000N	一台
游标卡尺	0~150mm	一把

## 3、试样形状和尺寸(mm)

推荐试样尺寸：长度  $l=80\pm 2$       宽度  $b=10.0\pm 0.2$       厚度  $h=4.0\pm 0.2$

## 4、实验速度推荐值如下表：

速度, mm/min	允差, %
1	$\pm 20$
2	$\pm 20$
5	$\pm 20$
10	$\pm 20$
20	$\pm 10$
50	$\pm 10$
100	$\pm 10$
200	$\pm 10$
500	$\pm 10$
厚度在 1mm~3.5mm 之间的试样，由最低速度	

## 5、支座和压头

两支座和中心压头的位置如下图，支座和压头之间的平行度应在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内。

压头半径 $R_1$ 和支座半径 $R_2$ 的尺寸如下：

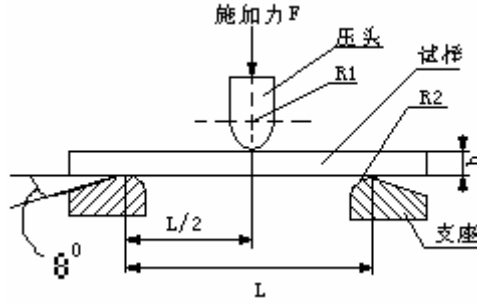
$$R_1 = 5.0\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$$

$$R_2 = 2.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm} \text{ 试样厚度} \leq 3\text{mm}$$

$$R_2 = 5.0\text{mm} \pm 0.2\text{mm} \text{ 试样厚度} > 3\text{mm}$$

跨度  $L$  应可调节

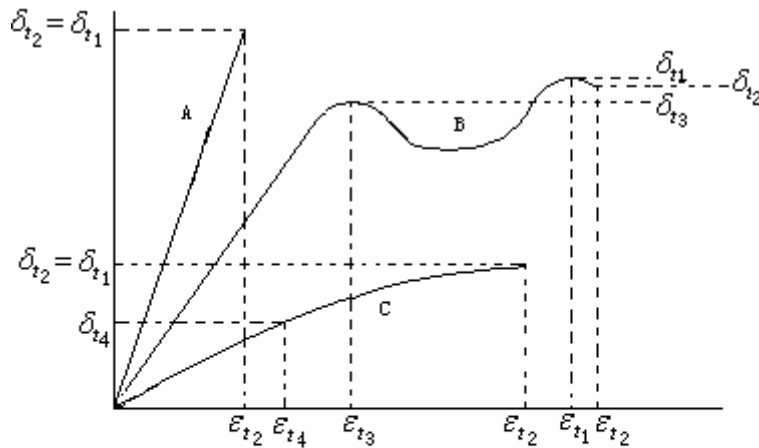
试样放置如下图



#### 四、实验操作步骤

##### (一) 拉伸强度

- (1) 试样状态调节和实验环境应按 GB2918 规定进行，试样必须在测试环境中存放 24 小时。
- (2) 在试样中间平行部分做标线示明标距，此标线对测试结果不应有影响。
- (3) 测量试样中间平行部分的宽度和厚度，精确到 0.02mm，II 型试样中间平行部分的宽度，精确至 0.05mm。每个试样测量三点，取算术平均值。
- (4) 选定实验速度和实验适用的载荷量程。
- (5) 夹持试样，夹具夹持试样时，要使试样纵轴与上、下夹具中心连线相重合，并且要松紧适宜，以防止试样滑脱或断在夹具内。
- (6) 进行实验，记录屈服时的负荷，或断裂时的负荷及标距间的伸长；同时记录拉伸速度、载荷量程。若试样断裂在中间平行部分之外时，此试样作废，另取试样补做。实验结束。
- (7) 拉伸应力-应变曲线如下图：



$\delta_{t1}$ -抗拉强度；	$\epsilon_{t1}$ -抗拉强度时的应变；
$\delta_{t2}$ -抗拉断裂应力；	$\epsilon_{t2}$ -断裂时的应变；
$\delta_{t3}$ -抗拉屈服应力；	$\epsilon_{t3}$ -屈服时的应变；
$\delta_{t4}$ -偏置屈服应力；	$\epsilon_{t4}$ -偏置屈服时的应变；

A-脆性材料； B-具有屈服点的韧性材料；  
C-无屈服点的韧性材料

## (二)弯曲实验

- (1)测量试样中部的宽度( $b$ ), 厚度( $h$ ), 精确到 0.02mm, 计算出同组试样的厚度平均值 $\bar{h}$ , 根据材料的特性选取相应的最大挠度 $\delta_{\max}$ , ( $\delta_{\max}=1.5\sim 2.5$  倍的 $\bar{h}$ ); 调节跨度  $L$ , 使符合式:  $L = (16 \pm 1)\bar{h}$ , 并测量调节好的跨度, 精确到 0.5%。
- (2)选取试样适用的载荷量程, 按受试样材料标准规定设置实验速度, 若无类似标准, 应按“实验速度推荐值”中选一速度, 使应变速率尽可能地接近 1%/min, 这一速度使每分钟产生的挠度近似为试样厚度值的 0.4 倍。符合推荐试样尺寸的试样的实验速度为 2mm/min。
- (3)把试样对称地放在两个支座上, 并于跨度中心施加力。
- (4)记录实验过程中施加的力和相应的挠度, 同时记录实验速度、载荷量程。若可能, 应用自动记录装置来执行这一操作过程。

## 五、数据处理

### (一)拉伸强度

- (1)拉伸强度(或拉伸断裂应力, 或拉伸屈服应力, 或偏置屈服应力)按下式计算:

$$\delta_t = \frac{P}{bd}$$

式中:  $\delta_t$ —拉伸强度(或拉伸断裂应力, 或拉伸屈服应力, 或偏置屈服应力), Mpa

$P$ —最大负荷(或断裂负荷, 或屈服负荷, 或偏置屈服负荷), N

$b$ —试样宽度, mm

$d$ —试样厚度, mm

- (2)断裂伸长率按如下公式计算:

$$\varepsilon_t = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

式中:  $\varepsilon_t$ —断裂伸长率, %

$L_0$ —试样原始标距, mm

$L$ —试样断裂时标线间距离, mm

## (二)弯曲实验

(1)弯曲强度  $\delta_f$  计算公式为:

$$\delta_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

式中:  $\delta_f$ —弯曲应力, MPa

P—最大负荷, N

L—跨度, mm

b—试样宽度, mm

d—试样厚度, mm

(2)弯曲弹性模量计算公式如下:

采用自动记录的图出载荷—挠度曲线时

$$E_f = \frac{PL^3}{4bd^3\delta} \quad \text{或者} \quad E_f = \frac{L^3 y}{4bd^3}$$

式中:  $E_f$ —弯曲弹性模量, Mpa

P—施加载荷, N

$\delta$ —由施加载荷时所对应的变形(挠度), mm

y—载荷—挠度曲线图上, 在比例极限内的线段的斜率

L—跨度, mm

b—试样宽度, mm

d—试样厚度, mm

## 六、分析讨论题

- 1、拉伸速度的高或低对材料的拉伸强度和断裂伸长率分别会产生什么样的影响?
- 2、弯曲实验中试样受力点处最大的变形量(挠度)是如何选取的? 跨度 L 是如何选取的?

(执笔人: 李怀栋)