

高分子功能性薄膜-技術資料

塑料物性介紹

國立高雄應用科技大學
模具工程系 黃俊欽教授

各項物性介紹

■ 基本物性

a.比重、b.比熱、c.吸水率、d.收縮率、e.壓力比容溫度圖(PVT)

■ 機械性質

a.抗張強度及伸長率、b.彎曲強度、c.壓縮強度、d.衝擊強度 e.硬度、f.潛變性質

■ 熱性質

a.玻璃轉移點、b.熱變形溫度、c.軟化點、f.熱傳導係數、g.耐燃性、h.熱膨脹係數

■ 化學性質

a.耐酸性、b.耐鹼性、c.耐有機溶劑

各項物性介紹

- 電氣性質

- a.介電常數、b.絕緣破壞強度、c. 電阻

- 耐候性質

- a.耐候試驗

- 光學性質

- a.光澤、b.透明性、c.霧度、d.折射率

- 加工性質

- a.熔融指數、b.流長比、c.黏度

基本物性

- 比重
- 比熱
- 吸水率
- 壓力比容溫度圖(PVT)

比重

■ 定義

該物質在23°C、單位體積(1cm³)、內部無孔隙的質量
某物質得的比重 = $\frac{\text{該物質在23°C、單位體積(1cm}^3\text{)、內部無孔隙的質量}}{\text{23°C、相同體積(1cm}^3\text{)、不含氣泡之蒸餾水的質量}}$

表達方式為specific gravity 23/23°C (或 sp gr23/23°C)

■ 與密度的關係

$$D_{23}, \text{ kg/m}^3 = \text{sp gr}_{23/23^\circ\text{C}} \times 997.6$$

大部分的塑膠比重介於0.9~2之間，相對於常見的金屬，如鋁的比重2.7(比重最小的金屬)、鐵比重7.6、銅比重8.9，塑膠的比重是比較小的，因此人們常說塑膠是比金屬輕的材料。塑膠加入玻璃纖維強化後，比重會增加，這是由於玻璃的比重比塑膠大。

各種塑膠的比重比較

材料名稱	說明	原材比重	玻纖強化材
PS	聚苯乙烯(一般級)	1.05	
HIPS	聚苯乙烯(耐衝擊級)	1.05	
AS	苯乙烯-丙烯晴共聚物	1.08	1.4
ABS	苯乙烯-丙烯晴-丁二烯	1.06	
PMMA	壓克力樹脂	1.18	
CA	醋酸纖維素	1.30	
PA-66	尼龍66聚醯胺樹脂	1.14	1.4
PA-6	尼龍 6聚醯胺樹脂	1.14	1.4
PBT	熱塑性聚酯	1.41	1.5
PET	聚酯樹脂	1.35	1.5
PPO	聚苯撐氧	1.06	1.3
PC	聚碳酸酯	1.20	1.3
PB	聚丁烯	0.915	1.4
LDPE	低密度聚乙烯	0.92	
HDPE	高密度聚乙烯	0.96	
PP	聚丙烯(單聚物)	0.905	1.3
PVCs	聚氯乙烯(軟質)	1.20	1.6
PVCr	聚氯乙烯(硬質)	1.39	1.8
POM	聚縮醛(塑膠鋼)	1.41	1.6
PU	聚尿酯樹脂	1.17	

溫度與壓力對密度的影響

- 密度(g/cm^3)的倒數稱為比容(cm^3/g)。
- 比容：單位質量所具有的體積，會隨著溫度與壓力的變化而改變。比容隨溫度的升高而變大，也就是在高溫時單位質量所具有的體積會因為膨脹而增加，在壓力大的時後，比容比較小，單位質量所具有的體積因為壓縮而減小。
- PVT圖可用以說明溫度、壓力、比容三者之間的關係。
- 屬於結晶性材料的聚丙烯在凝固點附近的比容變化非常劇烈，這是因為聚丙烯由熔融狀態凝固為固態時，會發生結晶現象，始分子排列的較整齊，因此造成體積明顯縮小。而屬於非結晶性材料的**ABS**則無此現象。

比熱

- 定義：單位質量的物體升高 1°C 所需要的熱量；單位為 $\text{Cal/g}^{\circ}\text{C}$
- 固體與熔膠的比熱不同
- 結晶材料在結晶點處，因為要破壞晶格，比熱有突然升高的現象

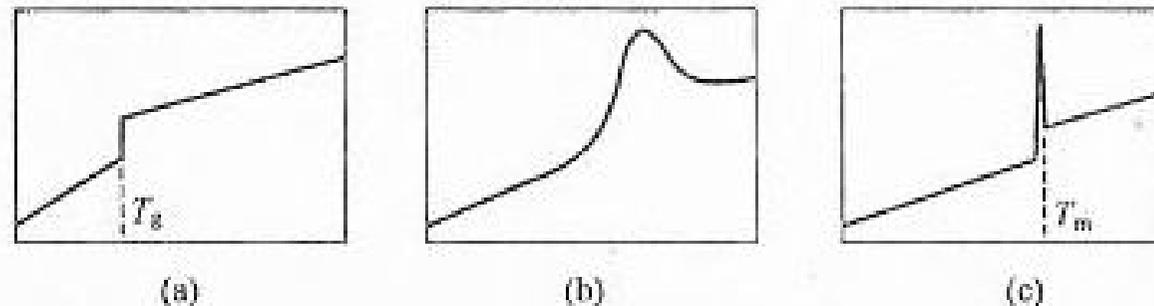
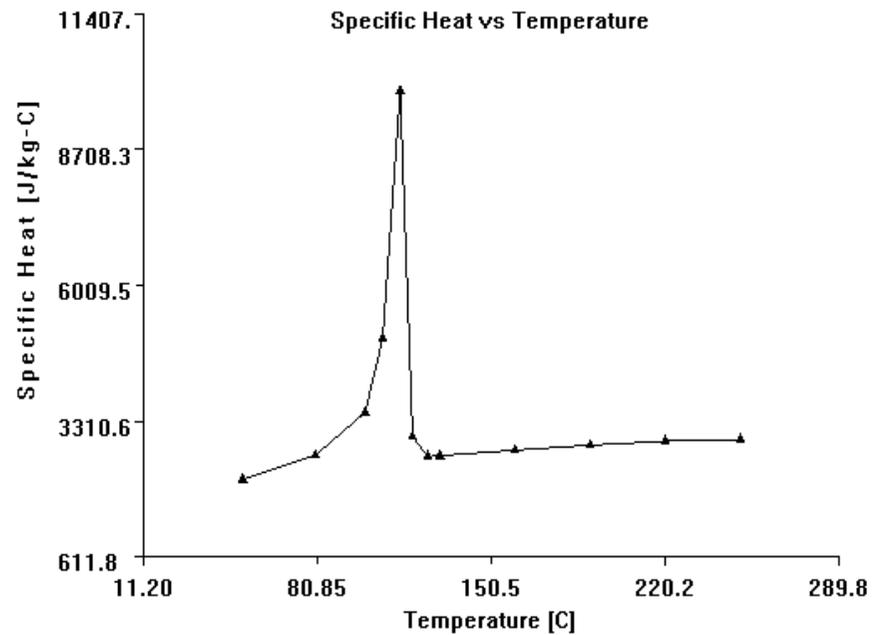


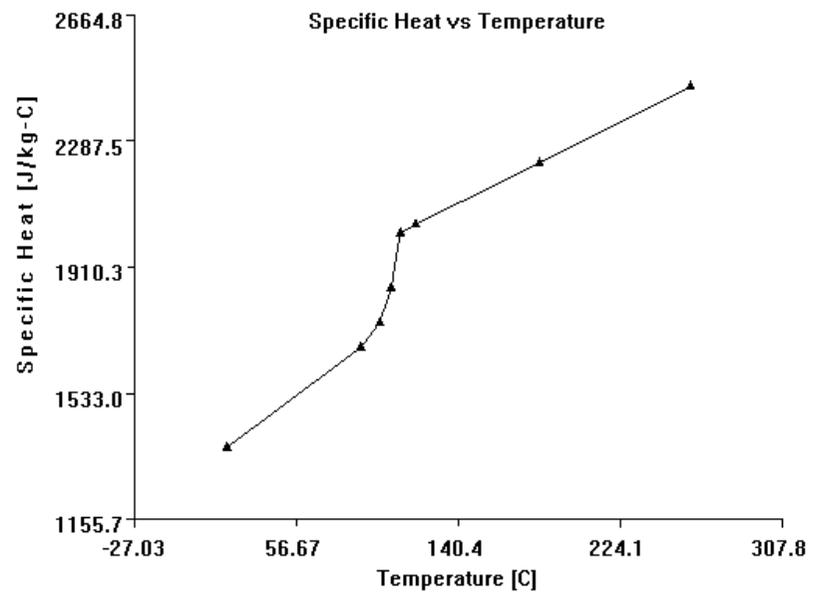
图 2.4 比热容与温度的函数关系

(a) 无定形聚合物；(b) 半结晶聚合物；(c) 结晶聚合物

PP與ABS的比熱性質的比較



Dow Chemical公司的聚丙烯(PP、SN5296)比熱隨溫度變化的情形



BASF公司的ABS(Terluran HI-10)比熱隨溫度變化的情形

吸水率

- 塑膠在水中或在潮濕的環境中會吸收水份而增加重量，此性質稱為吸濕性或吸水性。
- 塑料浸在一定溫度(23°C)、一定時間內(24小時)的蒸餾水中，所吸入的水重量占塑膠原本重量的百分比稱為吸水率，以%方式表示。

$$\text{吸水率} = (W - W_0) / W_0 \times 100\%$$

W：吸水後重量、W₀：乾燥時重量

■不同種類的塑膠由於結構不同，因此對水的吸收程度也不同，在分子結構中有醯胺基(C-N=O)者，容易與水產生氫鍵，故其吸水率將偏高，如耐隆。而分子結構中只有C和H的塑膠，其吸水率將偏低。吸水率較高的塑料，在加工之前必須先乾燥，以除去吸附在塑料內的水份，才能避免產品內部產生氣泡或表面出現銀條等缺陷。

相對濕度	水份含量(%)		乾燥溫度	乾燥時間
	Max. >85%	一般 < 50%		
ABS	0.6	0.6	80	2~3
CA	2.3	1.0	75	2~3
Ionomer	1.4		90	3~4
PA 11/12	1.5	1.0	75	4~5/5
PA 6, 66, 10	5~12	1~2	75	4~6,4~5,4~5
PC	0.36	0.3	120	2~3
PE	0.0 1~2	0.0 0.8	90 85	1 2~3
VPE	4	0.8	55	3~4
PETP	0.08	0.08	160	
PBTB	0.34	0.08	150	
PI	0.32		120	2
PMMA	0.7	0.1	80	3
PSU	0.22		120	
POM	0.25	0.08	100	2

相對濕度	水份含量(%)		乾燥溫度	乾燥時間
	Max. >85%	一般 < 50%		
PP	0.0	0.0	90	1
PPO	0.13		120	1~2
PS	0.0		80	1
TPU	0.9	0.2	90	2~3
PVC	0.4	0.1	70	1~2
SAN	0.3	0.1	80	1~2
SBR	0.6	0.2	80	1,5
PES		0.4	150	3
PEEK		0.5	150	3
PPS		0.05	150	2~3
PEI		0.2	120~150	2~4

吸濕對塑料性質的影響

- 由於各種塑料吸濕性不同，加工前的乾燥時間及溫度也不同。
- 塑料吸濕後常會改變其性質
- 塑料吸濕後絕緣電阻或其它電氣性質會劣化
- 吸濕後，塑品尺寸會發生經時變化，一般為膨脹。
- 吸濕後，塑料的機械性質會受影響，如尼龍會因吸濕而增加衝擊強度(韌性增加)，降低表面硬度。酚樹脂會因吸濕而降低彈性係數
- 吸濕也會使塑料降低耐候性，及降低耐藥品性。

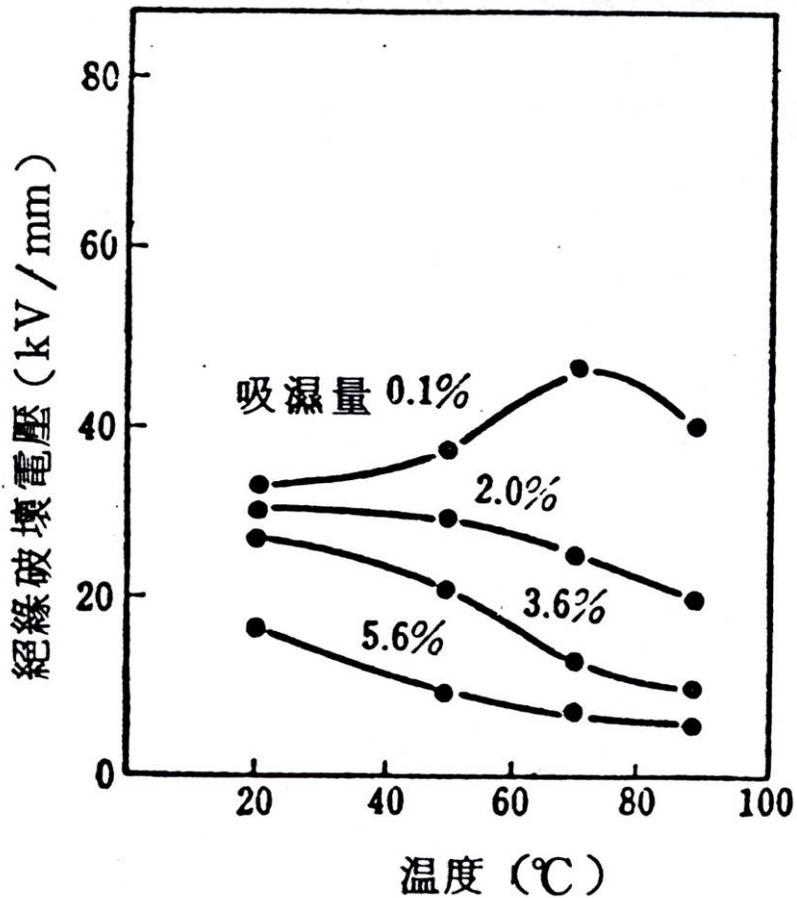


圖 5-10 吸濕的酚樹脂成形品之絕緣破壞電壓

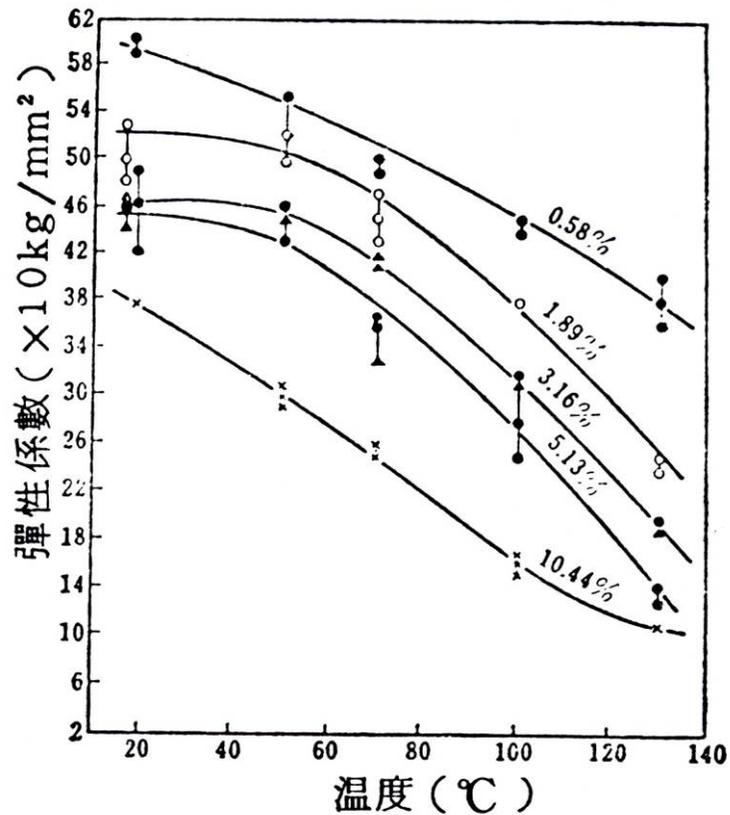
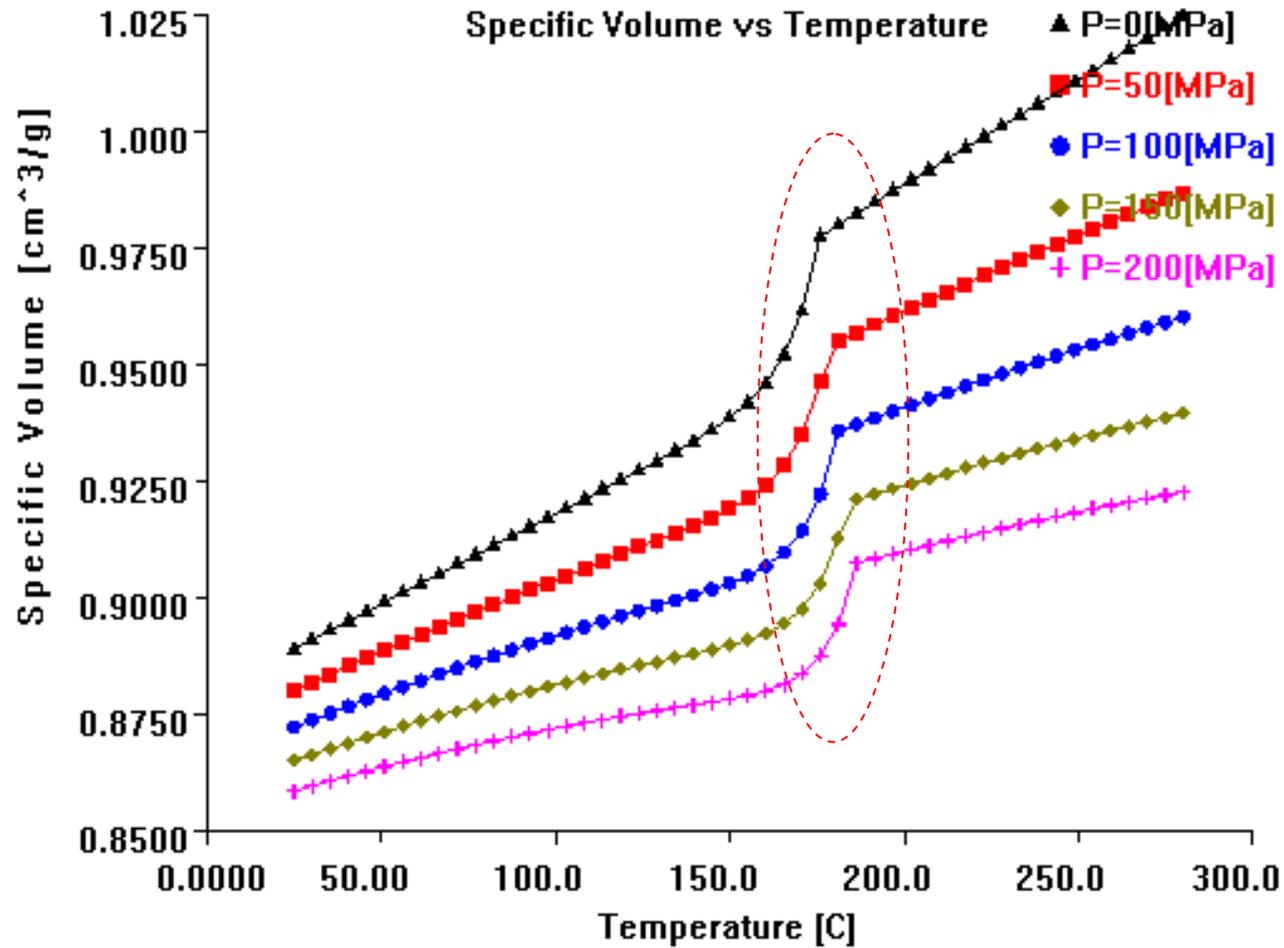
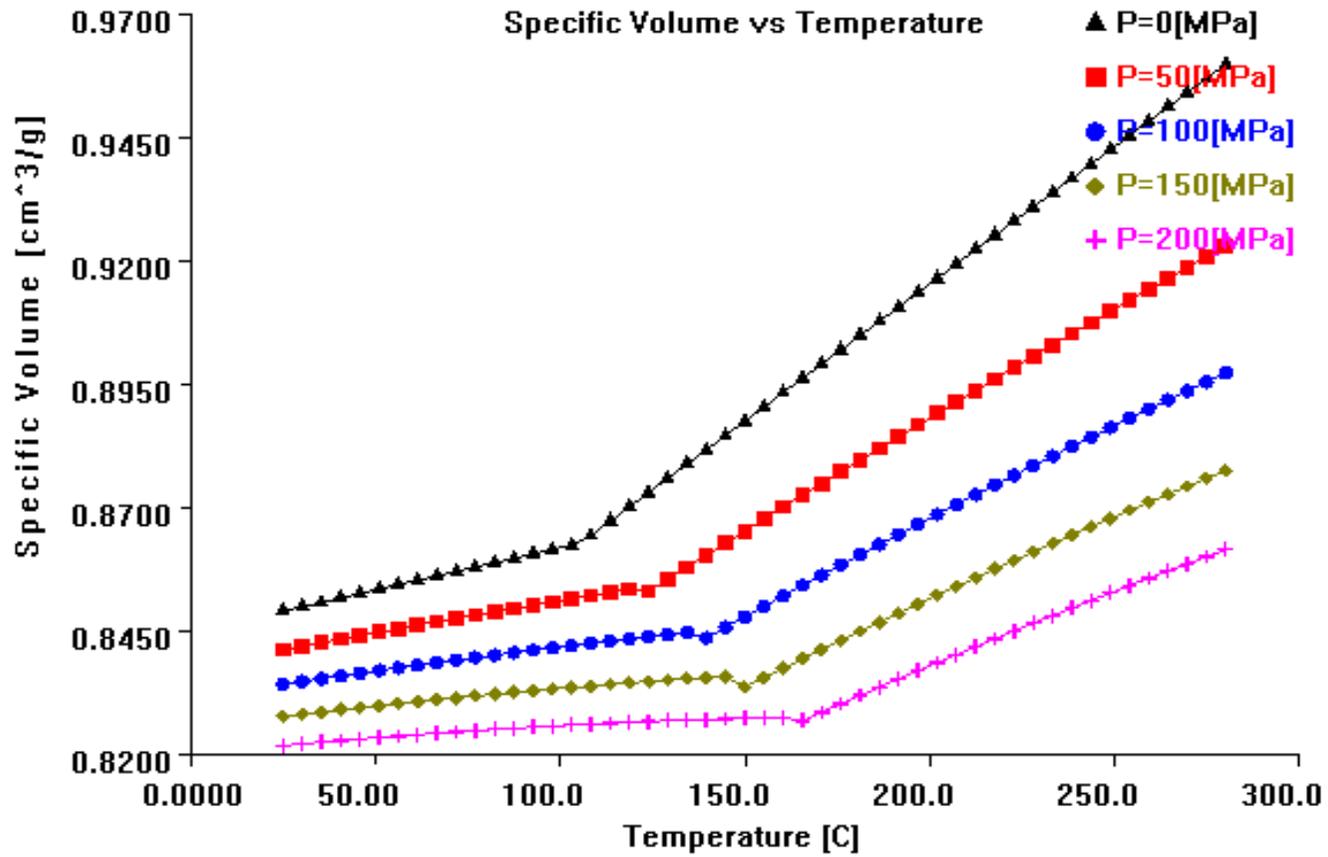


圖 6-5 酚樹脂的吸水量與彈性係數

PP的PVT圖



ABS的PVT圖



機械性質

- 拉伸特性—降伏強度:材料抵抗拉伸的能力
- 衝擊特性—衝擊強度:材料抵抗撞擊的能力
- 壓縮特性—壓縮強度:材料抵抗壓縮的能力
- 硬度特性—硬度:在應力集中下，材料抵抗變形的能力
- 彎曲特性—彎曲強度:材料抵抗彎曲的能力
- 隨時間變化的特性—
 - 蠕變:在一定的應力作用下，應變隨時間緩慢增加
 - 應力緩和:在應變維持固定下，應力隨時間緩慢遞減

拉伸特性

- 拉伸特性是指材料在特定的尺寸和形狀(啞鈴型試片)下，受到拉力作用時，抵抗此拉力所顯現的一些特性，包括彈性變形、塑性變形、斷裂等。

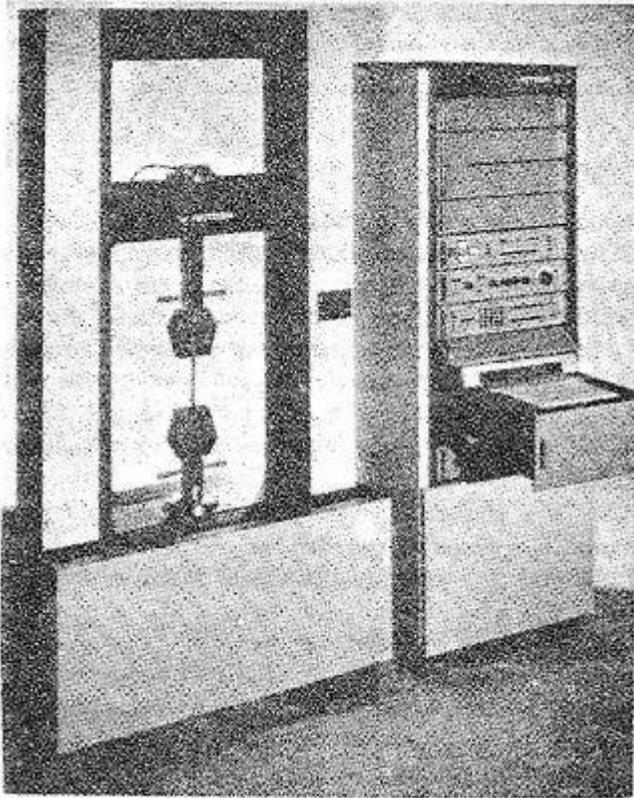


圖 2-1 典型拉力試驗機

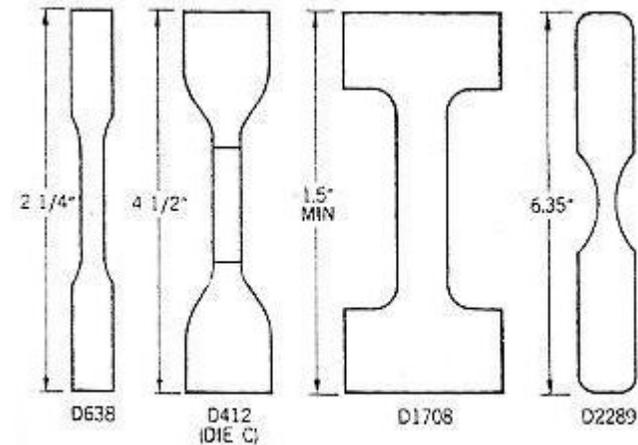


圖 2-2 ASTM 拉力試驗啞鈴形試片

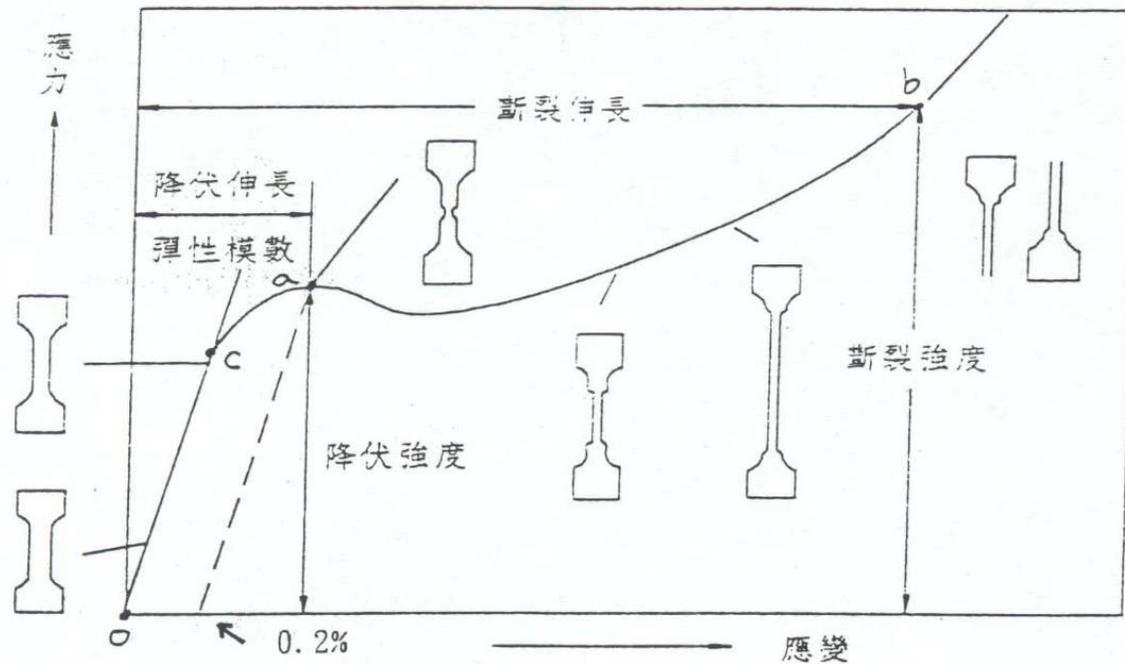
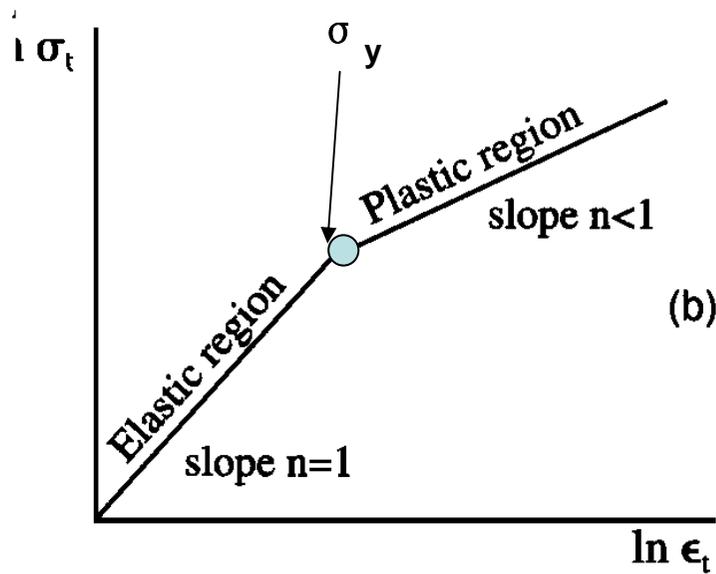


圖 4 塑材拉伸應力/應變曲線圖

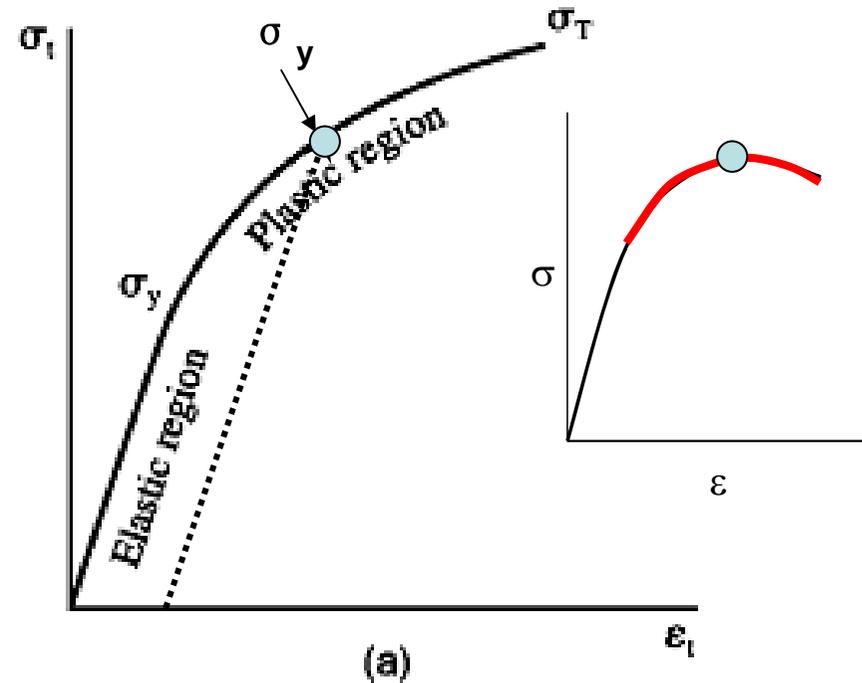
- 啞鈴型試片的兩端受到拉伸力量的作用，試片會逐漸延伸，如果以拉伸應力為縱軸，拉伸應變為橫軸，作圖可得一應力-應變曲線圖
- 拉伸應力 = 拉伸力量(F)/試片中間處的最小橫斷面積(A)
- 拉伸應變 = $(L-L_0)/L_0 \times 100\%$
 - L=延伸過程中兩標線的距離，會隨拉伸力量的作用而逐漸改變。
 - L_0 =拉伸力量作用前，兩標線的原本距離。

降伏強度(Yield strength)

How to determine
the yield strength?



Ideal yield



Real yield

a點的位置是曲線上的一个極值，若不明顯，可由應變值0.2%的點，作一平行oc段的直線，該直線與應力-應變曲線的交點即為降伏點。

縮頸現象的原因---結晶結構重排

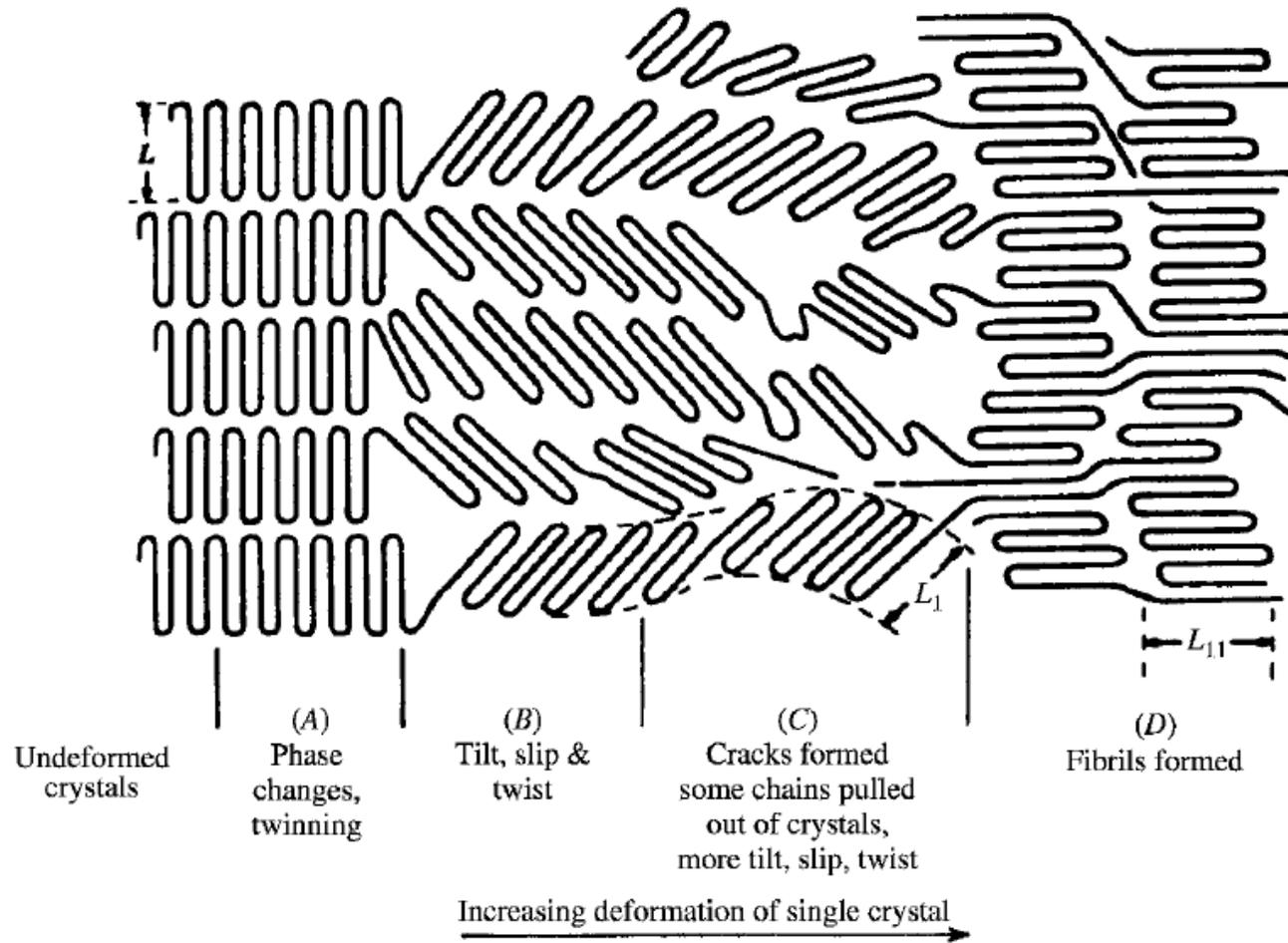
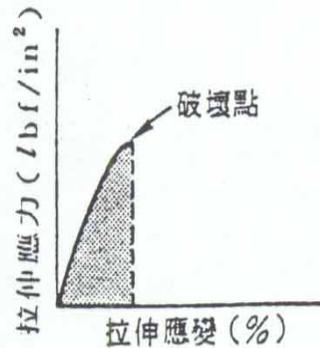


Figure 11.8 Proposed mechanism of reorientation of crystalline structures during necking (7).

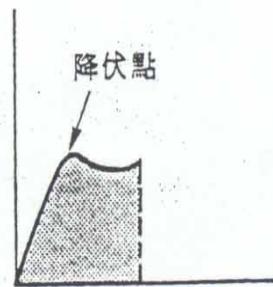
因試片拉伸縮頸現象造成結晶結構的分子重排(Reorientation)現象。

以拉伸應力/應變曲線圖分類塑膠



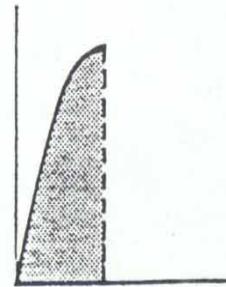
(A)
硬且脆

彈性模數高
面積小



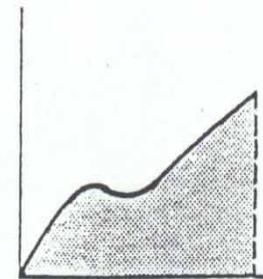
(B)
軟而脆

彈性模數低
面積小



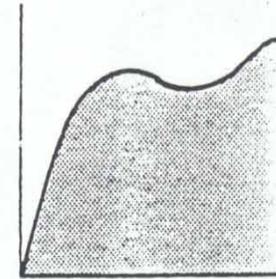
(C)
硬而強

彈性模數高
降伏點高



(D)
軟而強韌

彈性模數小
面積大



(E)
強韌

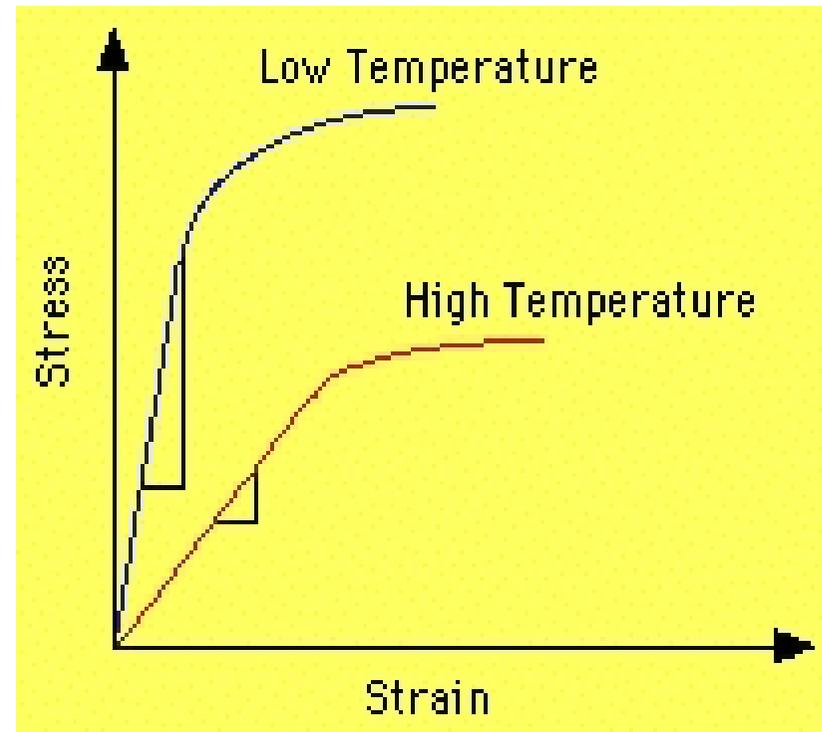
彈性模數高
面積大
降伏點高

- 彈性區的斜率(彈性模數)，斜率大，剛性高(硬)，斜率小，剛性低(軟)。
- 降伏點高，強度大(強)，降伏點低，強度小(弱)
- 曲線下面積(韌性)，面積大(韌性高)，面積小(脆)

類型	特性	彈性係數	降伏點	斷裂前延伸量	曲線下面積	代表性塑膠材料
軟脆	剛性低、強度低、且脆性	低；曲線彈性區的直線較平坦，斜率低，容易因應力作用而產生延伸。	低，容易因應力作用而產生永久變形。	短，在斷裂時試片的伸長量小。	小	凝膠(gel)、果凍
硬脆	剛性高、但脆性	高，曲線彈性區的直線較陡，斜率高，在應力作用下，不易產生延伸變形。	通常在降伏點之前已斷裂	短，在斷裂時試片的伸長量很小。	小	聚苯乙烯(PS)、壓克力(PMMA)
硬強	剛性高、且強度大	高，曲線彈性區的直線較陡，斜率高，在應力作用下，不易產生延伸變形。	高，不易因應力作用而產生永久變形。	中，在斷裂時試片的伸長量並不很長。	中	、硬質PVC
軟韌	剛性低、但具韌性	低；曲線彈性區的直線較平坦，斜率低，容易因應力作用而產生延伸。	低，通常沒有明顯的降伏點	長，在斷裂時試片的伸長量很長。	大	聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、軟質PVC
硬強韌	剛性高、強度大、且具韌性	高，曲線彈性區的直線較陡，斜率高，在應力作用下，不易產生延伸變形。	高，不易因應力作用而產生永久變形。	長，在斷裂時試片的伸長量很長	大	聚縮醛(POM)、耐隆(PA)、聚碳酸酯(PC)、PAI、PEEK

溫度對拉伸性質的影響

溫度是影響塑膠材料拉伸特性的重要因素，溫度升高，塑膠材料會膨脹，分子的震動能增加，分子鏈彼此之間糾纏的程度略有鬆開，因此塑膠材料會變軟，受到拉伸力量作用時，比較容易產生延伸現象，因此曲線彈性區的直線較平，降伏點也降低。



溫度對ABS拉伸強度的影響

■如圖是ABS塑料在不同溫度下的應力-應變曲線，很明顯可以看出，在低溫狀態下，彈性區的直線斜率較高，表示塑料的彈性係數大，剛性較高，在應力作用下，比較不易產生延伸變形，而且也具有較高的降伏點，表示塑料比較不易產生永久變形。

■隨著溫度升高，彈性區的直線逐漸傾斜，表示塑料的彈性係數降低，剛性逐漸減弱，在應力作用下，比較容易產生延伸變形，同時降伏點的高度降低，表示塑料很容易就產生永久變形，但溫度高，延伸率較大，表示塑料的延伸性隨溫度升高而增加。

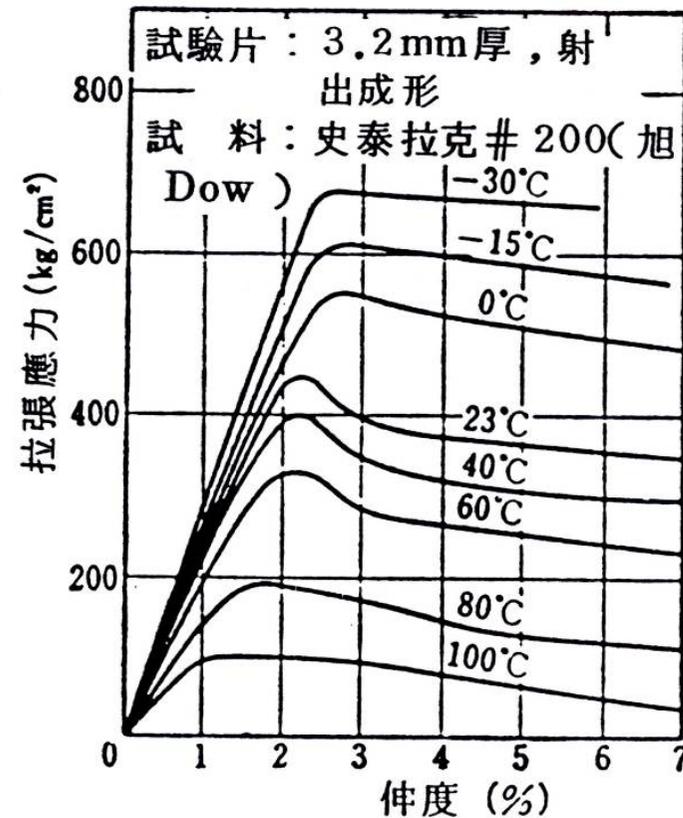
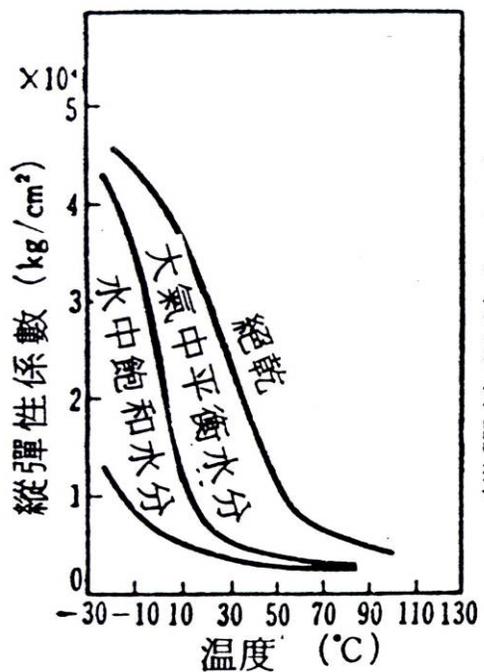


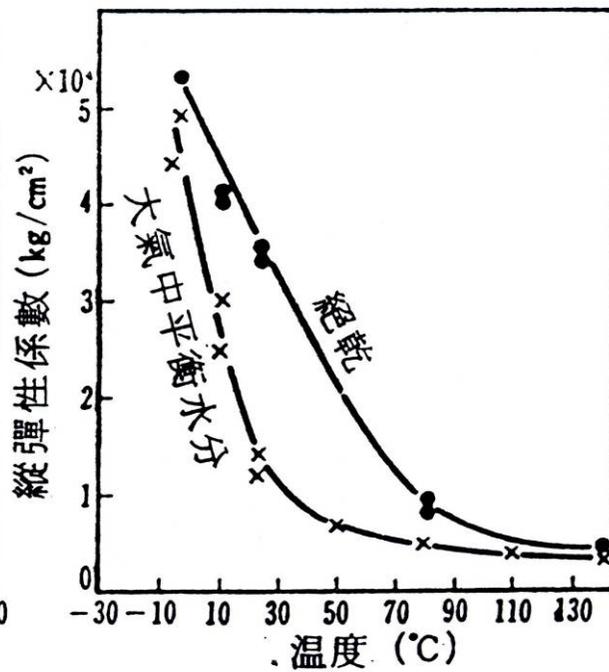
圖 3-18 ABS 樹脂在各種溫度的拉伸應力-應變曲線

濕度對應力應變曲線的影響

塑料處在潮溼的環境中，會逐漸吸收空氣中的水蒸氣，稱之為「吸濕」。不同的塑料，吸濕程度也不同。水分子擴散進入塑料內部會撐開塑料分子之間間隙，使塑料分子彼此之間容易滑動，因此使得塑料在受到拉伸作用時，容易產生延伸變形。比較耐隆**66**在絕對乾燥及大氣中的彈性係數隨溫度的變化，在大氣中與水蒸氣達到平衡狀態的試片，其彈性係數明顯低於絕對乾燥狀態下的試片。下圖是耐隆**66**在不同吸濕程度上，降伏強度的隨溫度的變化，吸濕程度愈高，降伏強度愈低，表示耐隆**66**吸濕之後，將比較容易被延伸，而且也比較容易產生永久變形。



(A) 耐隆 6



(B) 耐隆 66

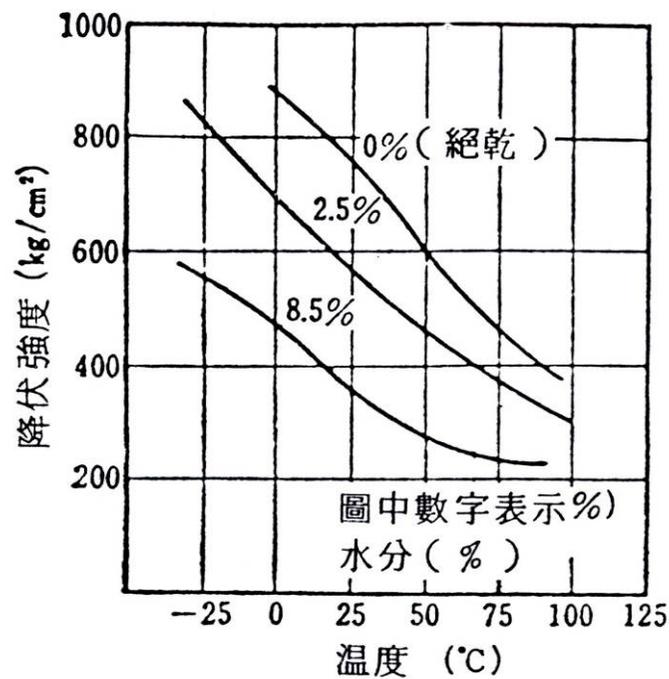
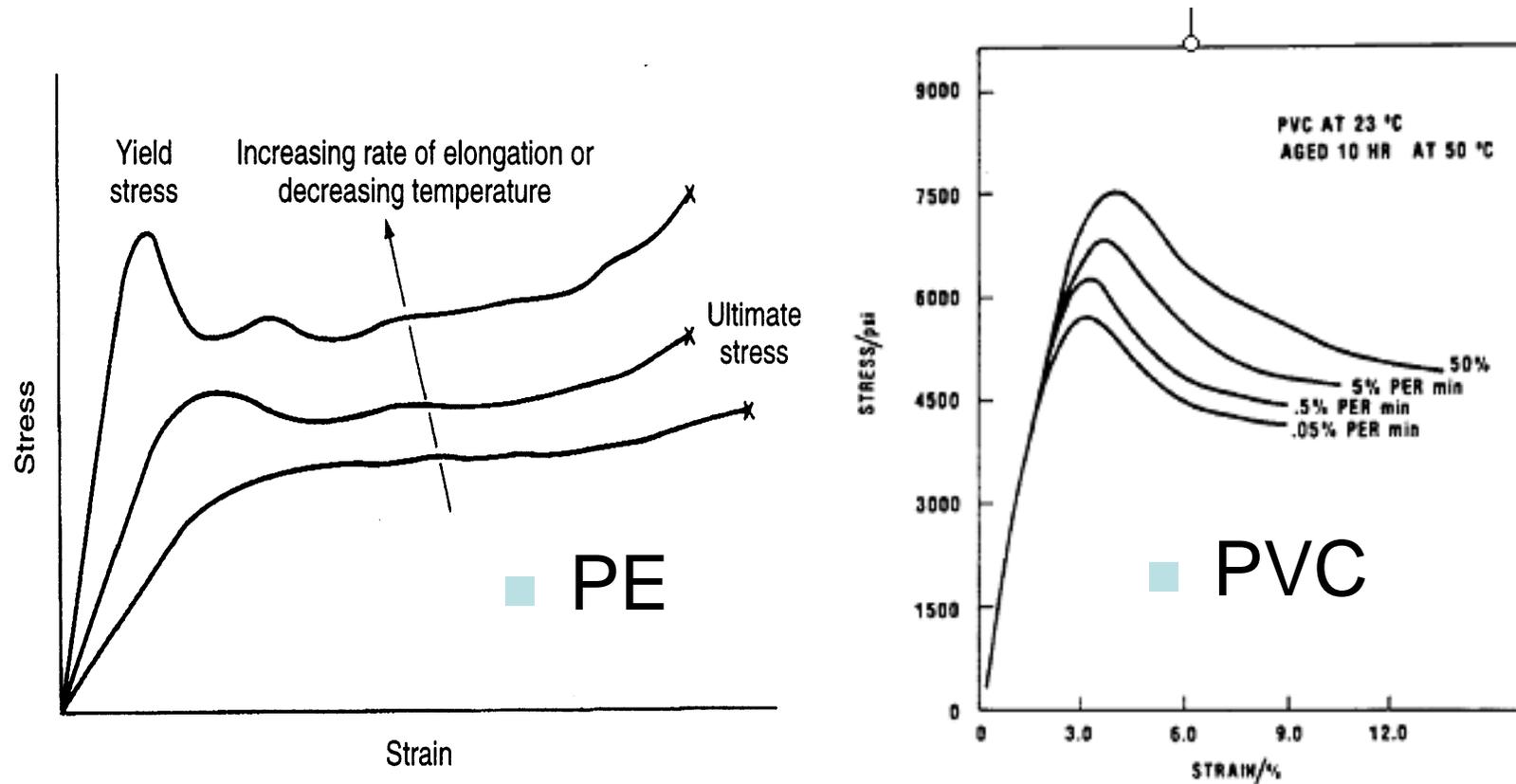


圖 3-22 耐隆 66 的降伏強度與吸水率及溫度的關係

拉伸速度對應力應變曲線的影響



拉伸速度增加，彈性係數及降伏強度都會提高。

彎曲特性

- 彎曲特性是指材料在特定的尺寸和形狀下，受到彎曲力量作用時，抵抗此力量所顯現的一些特性，包括繞度、彎曲彈性係數、彎曲降伏強度、彎曲破壞強度、彎曲力距、剪力等。
- 下圖為材料在受到彎曲作用產生變形時，內部彎曲力距及剪力分佈的示意圖。

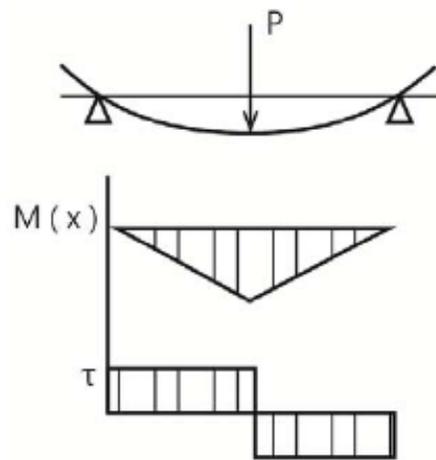


圖 2. 2. 22 三點式彎曲試驗的彎距和剪力

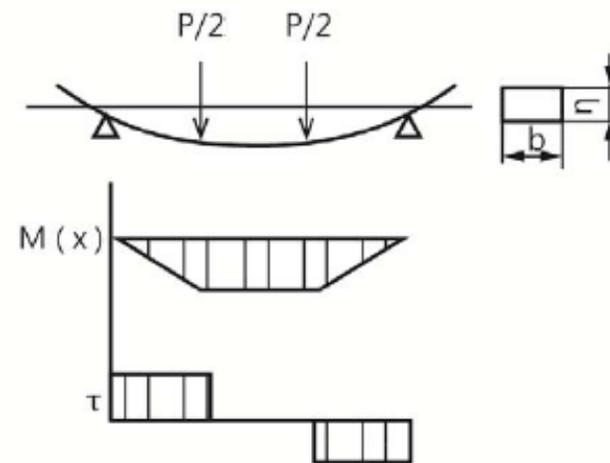
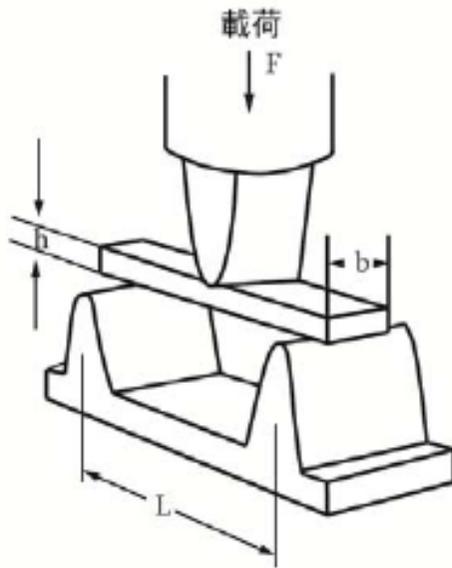


圖 2. 2. 22 四點式彎曲試驗的彎距和剪力

彎曲特性的測試



$$\sigma = \frac{3F * l}{2b * h^2}$$

σ : 彎曲應力

E : 彎曲彈性率

$$E = \frac{l^3 * F}{4b * h^3 * \varepsilon}$$

ε : 在荷重F下的繞度mm

$$\tau_{\max} = \frac{3F}{4b * h}$$

τ_{\max} : 最大剪力

如上圖所示是三點彎曲實驗的示意圖，試片下方有兩個支點，兩個支點間的距離稱為跨度，一般應為試片厚度的15~17倍。中間以施力桿施加力量於試片中點，施力桿依規定以穩定的速度下壓，一般用於標準試片的速度為 $2.0 \pm 0.4 \text{ mm/min}$ ，此時試片逐漸產生彎曲變形，施力桿上端的荷重元可記錄施力大小，由施力桿的速度及作用時間可以計算試片中點彎曲變形的程度，其變形量稱為繞度。記錄所施加的荷重力量及變形量，即可進一步計算彎曲應力、彎曲彈性係數等特性。

影響彎曲特性的因素

■ 塑料本身的性質

–在相同施力桿速度的作用下，不同的塑料彼此之間的彎曲強度是相差很大的，**PS**是比較硬脆的材料，剛性高，所以彎曲強度也比較高。

■ 速度

–隨著施力桿速度的增加，塑料的彎曲強度也會略微增加

■ 跨距

–在彎曲試驗中，若兩個支點間的跨距愈大，則產生的彎力距愈大，對材料愈容易產生彎曲變形。圖 顯示跨距對彎曲強度的影響，跨距愈大，彎曲強度會下降，表示試片較容易產生永久變形。

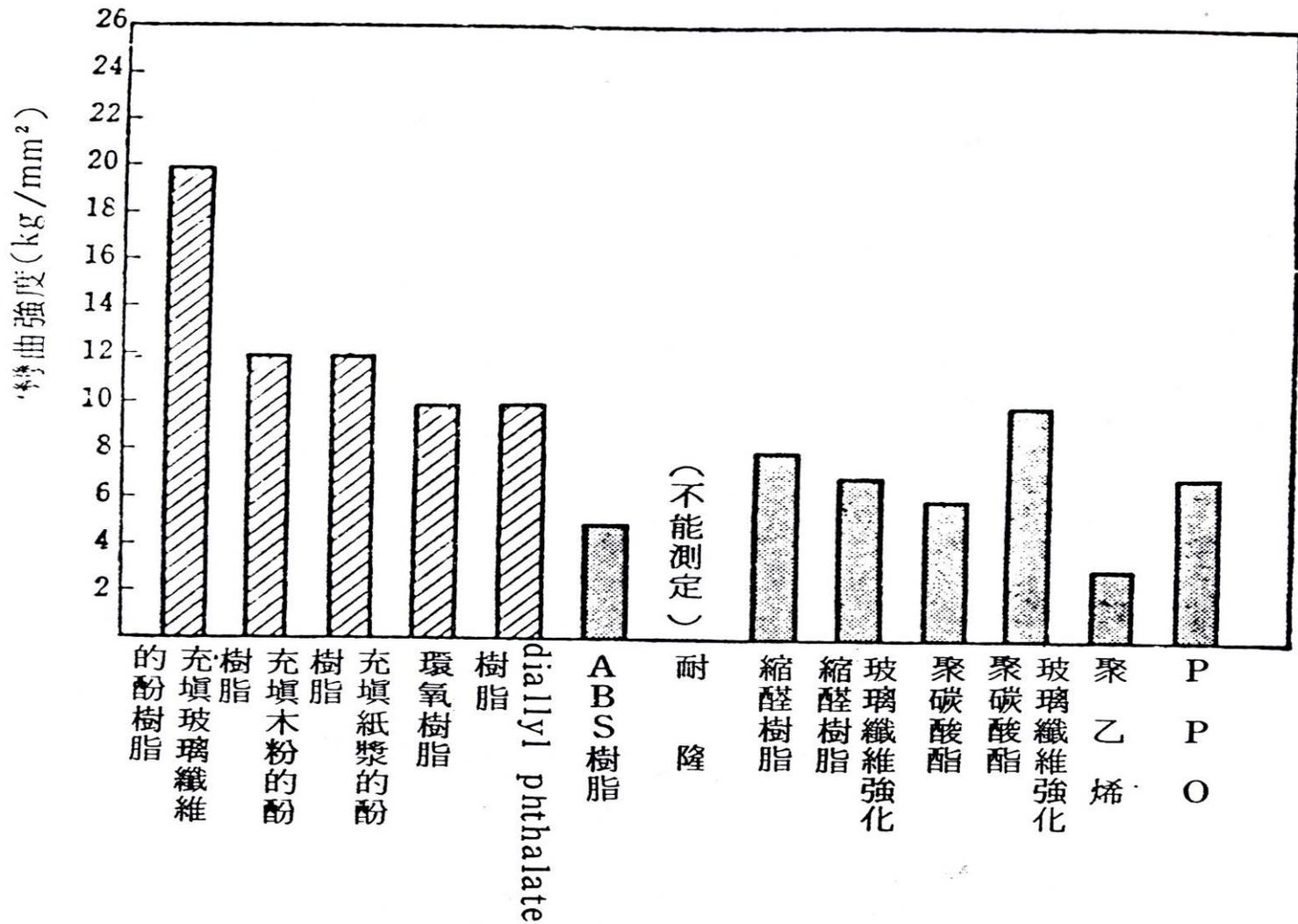


圖 3-35 各種塑膠材料的彎曲強度

■ 溫度

在低溫時，彎曲彈性係數較高，表示試片不易被彎曲，這是因為塑料在低溫時比較硬脆之故。但隨著溫度升高，彎曲彈性係數明顯下將，這是因為溫度升高，塑料的剛性降低，因此在施力桿力量作用下，試片將容易產生彎曲變形。由不同塑料的彎曲強度受溫度的影響，結果亦可看出，在低溫時，彎曲強度較高，表示試片不易被彎曲成永久變形，這是因為塑料在低溫時比較硬脆之故。但隨著溫度升高，彎曲強度明顯下將，表示在高溫時，試片將容易產生永久性的彎曲變形。

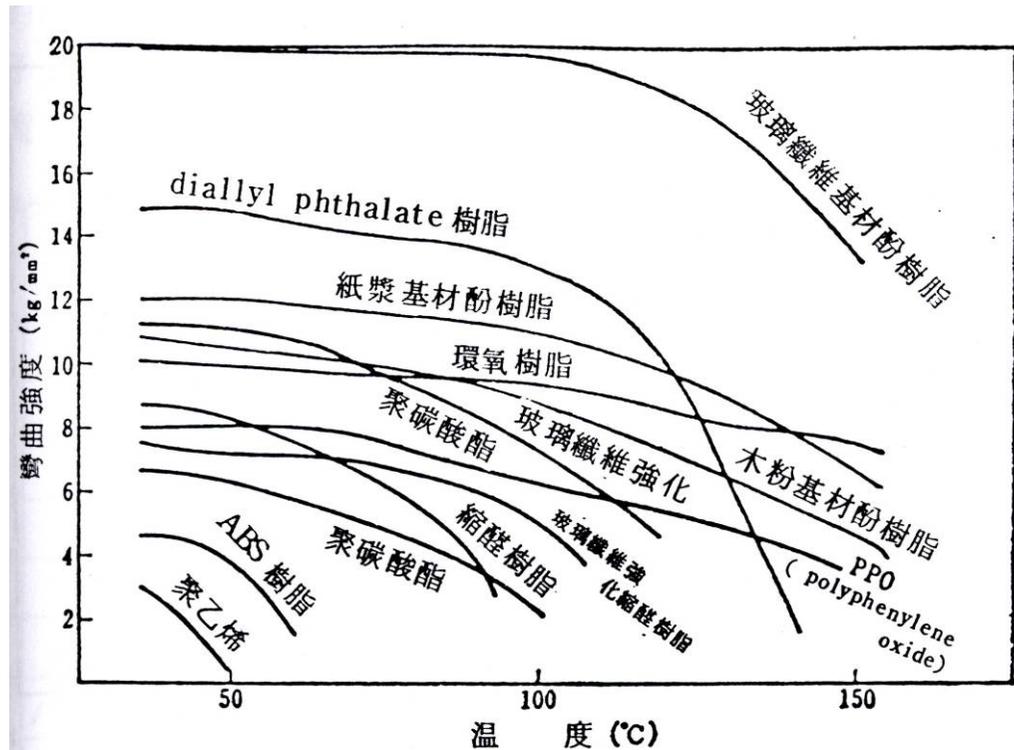
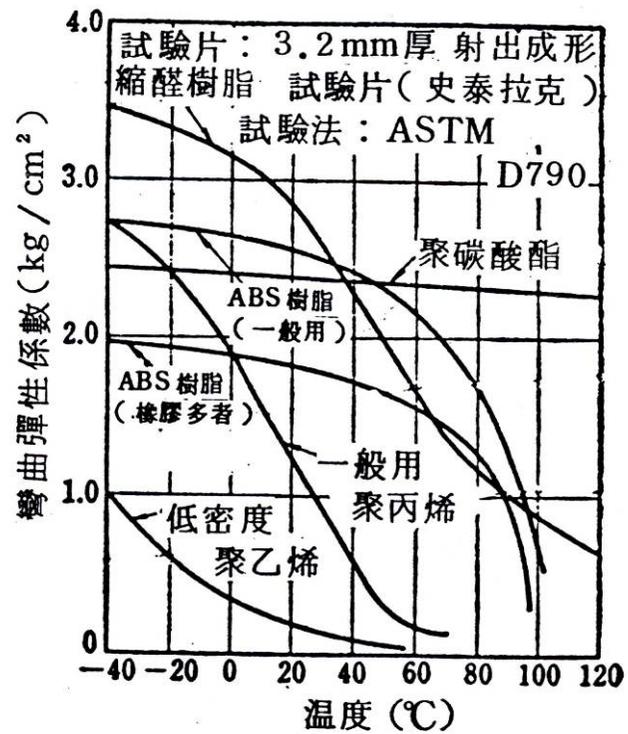
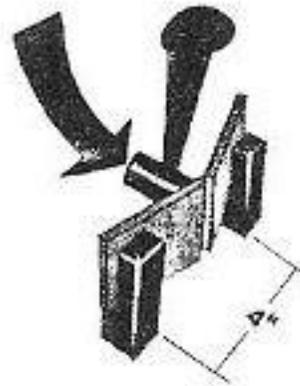
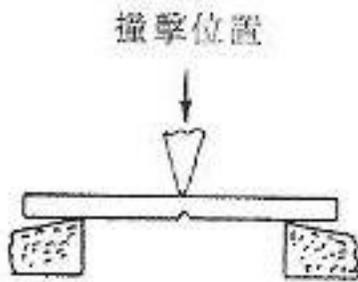
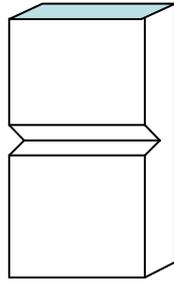


圖 3-32 ABS 樹脂的彎曲彈性率與溫度的關係

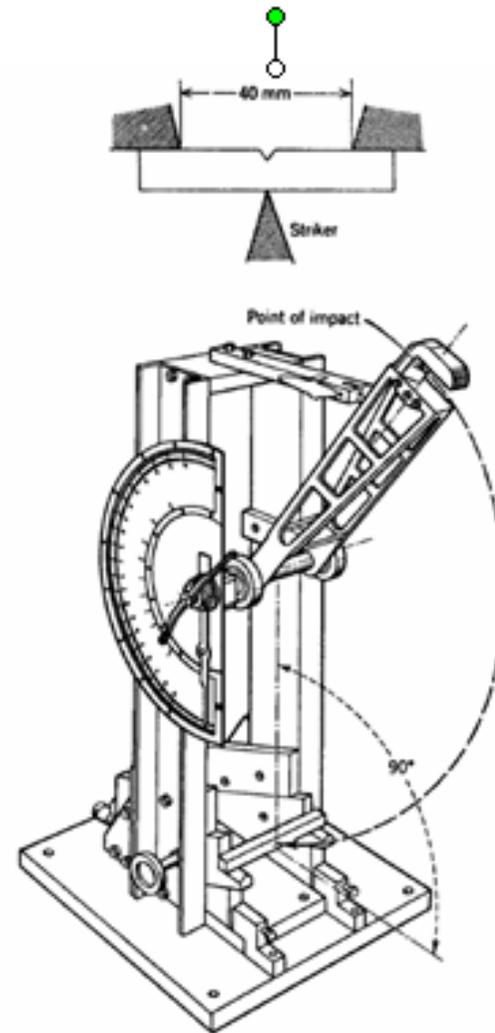
粗線：熱可塑性樹脂 細線：熱硬化性樹脂

衝擊特性

■ Charpy擺錘式



30



衝擊特性

■ Izod

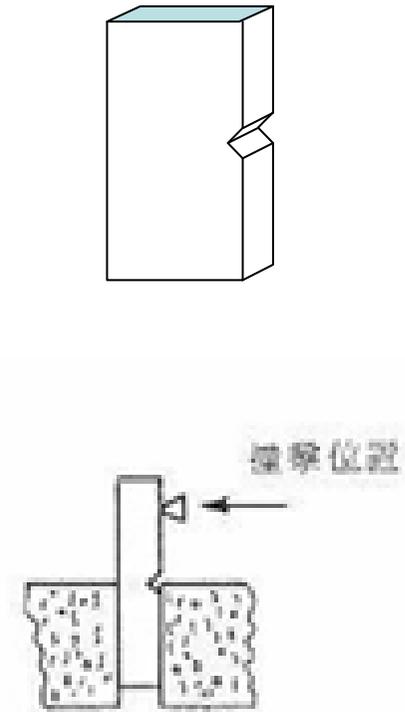
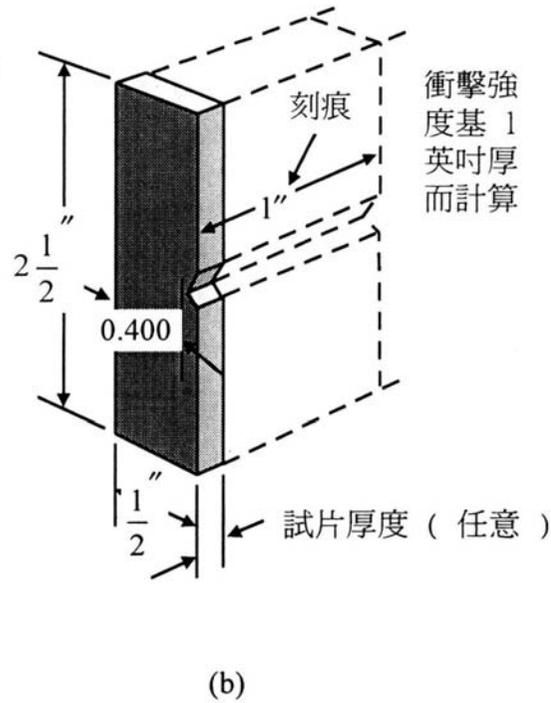
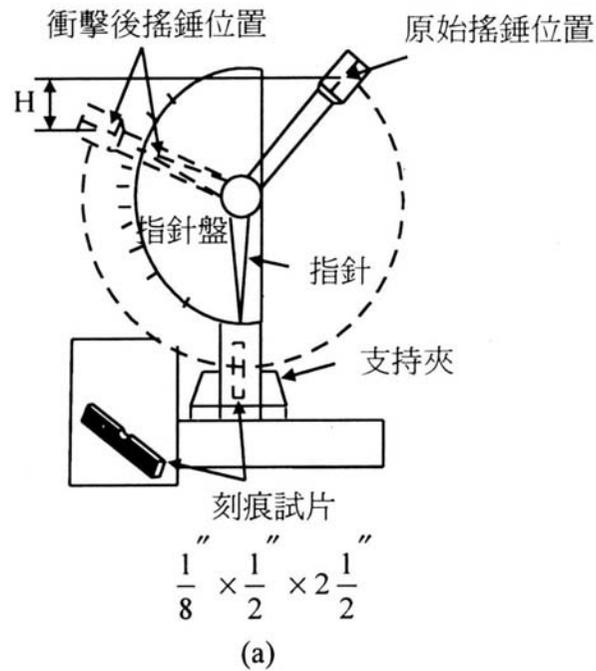


圖 1-6 (a) Izod 衝擊試驗；(b) Izod 衝擊試驗用試片形狀。

衝擊值的計算

(1) Charpy

以擺錘的提升角度與打擊後的最高角度，對照所附的表
求出衝擊能量，再以試片的斷面積除之，即得Charpy衝
擊值

(2) Izod

$$E = W(\cos \beta - \cos \alpha) - L$$

Izod衝擊值

$$I_z = \frac{E}{b}$$

- E : 打斷試片所須能量
- W : 擺錘旋轉的力矩
- α : 擺錘上提角度
- β : 打斷試片擺錘上提角度
- L : 擺錘旋轉中失去的摩擦損失
- b : 試片的斷面積

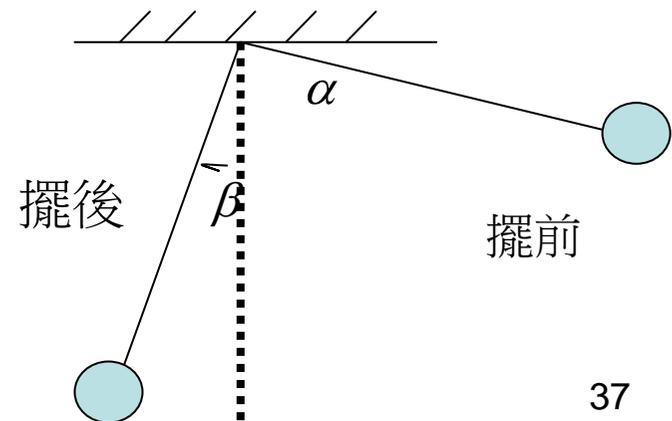
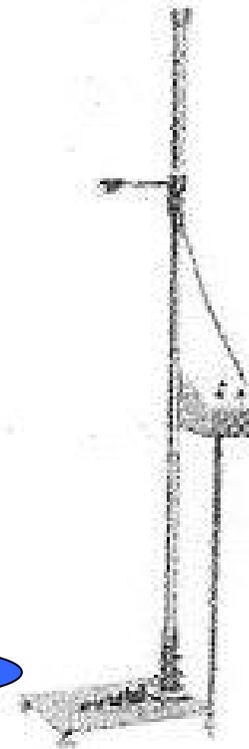
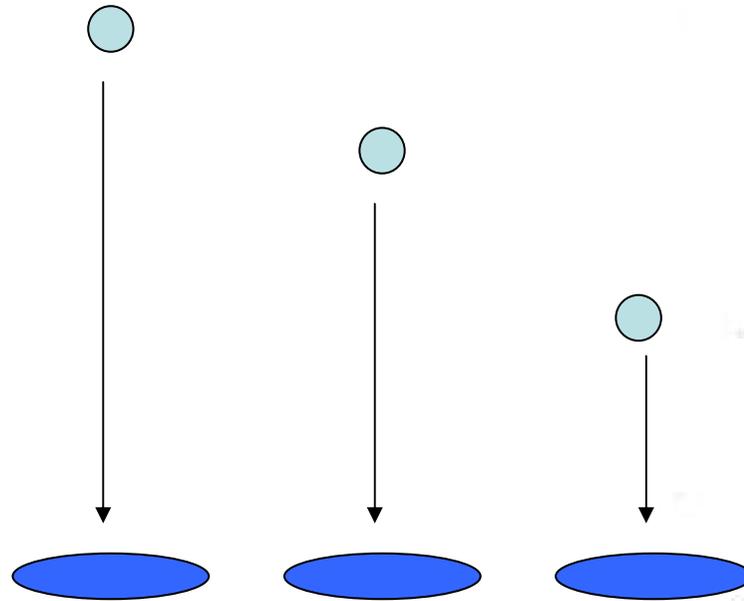


Table 11.3 Mechanical strength of several plastics

Polymer	Izod Impact Strength (J/m) ^b
Polystyrene	20–30
High-impact polystyrene, HIPS	80–150
ABS plastics	200–400
Epoxy resin (no filler)	75
Epoxy resin (glass-fiber-filled)	—
Cellulose acetate	120
Poly(methyl methacrylate)	40–60
Phenol-formaldehyde plastics	20
Poly(vinyl chloride)	40–70
Polycarbonate	600–800

■落球式：提升鋼球高度，落下後撞擊試片，由試片破裂數達50%，作為計算衝擊強度的高度，由此高度的位能可計算衝擊能量。例如作安全帽的材質，常用此測試衝擊強度，薄膜及膠皮也用此方式。



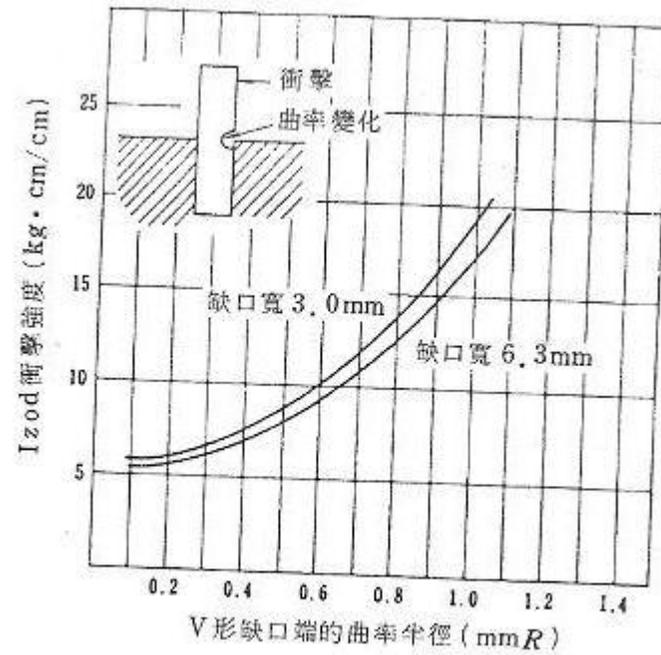
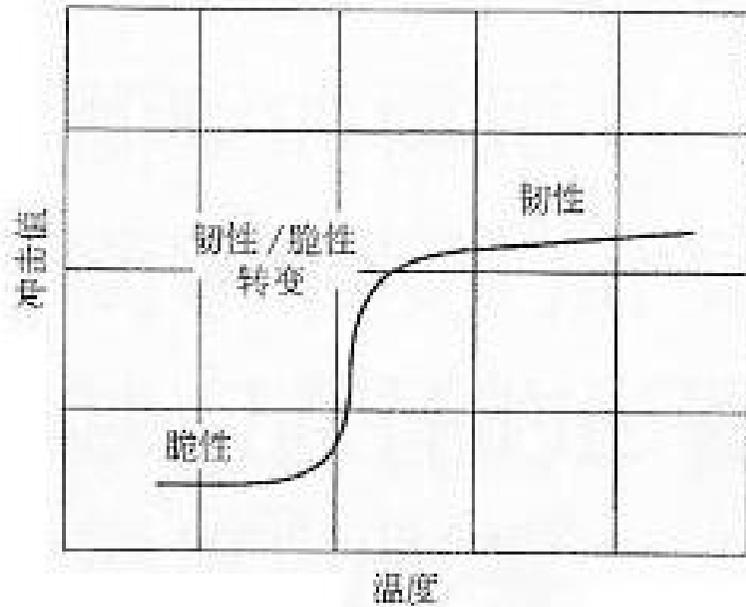
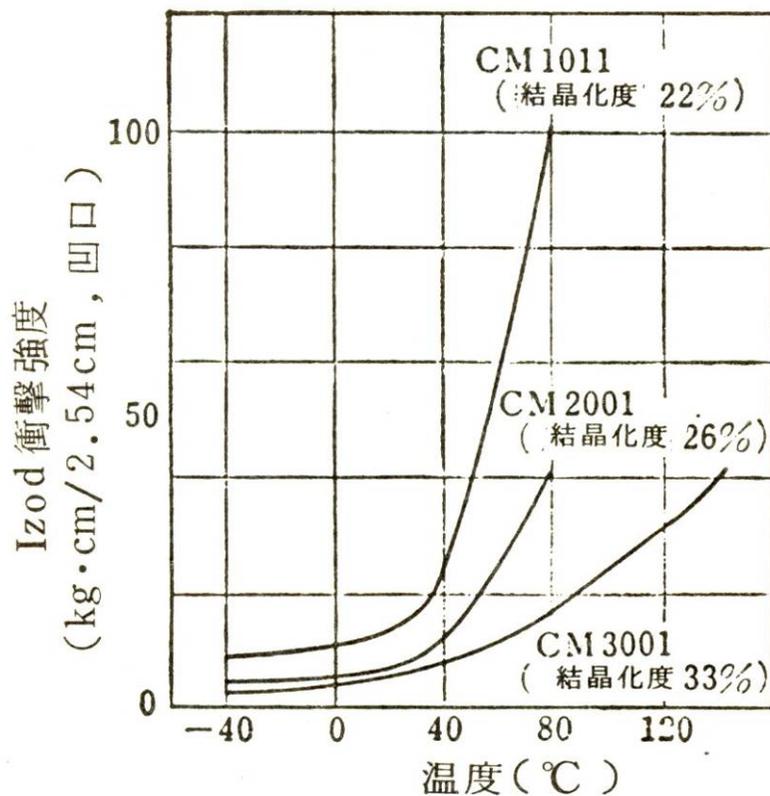
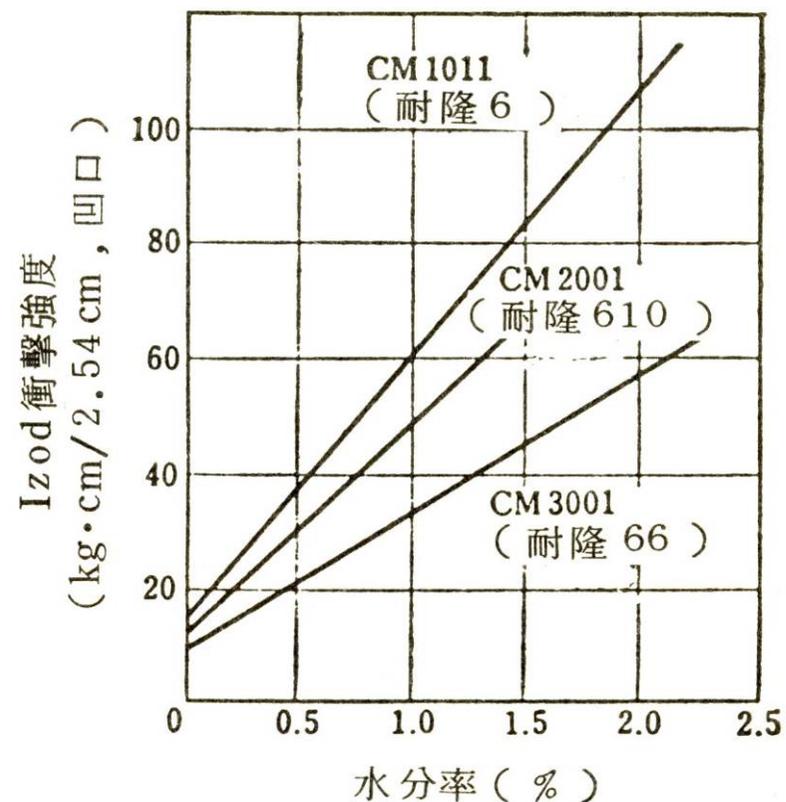


圖 15 聚縮醛化合物缺口端曲率半徑 (mmR) 對衝擊強度的關係

- 衝擊值隨溫度上升而增加
- 衝擊值受V形缺口的曲率半徑影響很大，曲率半徑增加，衝擊值明顯上升



(A) 溫度所致衝擊強度的變化



(B) 水分所致衝擊強度的變化 (20 $^{\circ}\text{C}$)

- 衝擊值隨結晶度上升而下降
- 衝擊值隨含水率上升而增加

硬度測試方法

■ 一般分為三種

- 以錐狀頂針壓入，由壓入深度計算硬度，如勃氏硬度 (Brinell)、邵氏硬度(Shore)、巴科爾硬度(Barcol)
- 以尖頭刮過試片，由刮痕表示硬度，如莫斯硬度Mohs)
- 以鋼珠等壓子以一定壓力按壓於待測塑品，以試驗面形成的凹部深度大小來計算硬度。如洛氏硬度 (Rockwell)

邵氏硬度(Shore)

- 將規定形狀的壓針(如下圖)在標準力量下 ($F_A=550+75H_A$ 、 $F_D=445H_D$ 、 H : 試品厚度mm), 壓入試樣表面, 由壓入的深度計算硬度, 並由硬度計讀數表示。
- 邵氏硬度計的讀數測量範圍應在20~90之間, 若用A型壓針, 讀數超過90, 應改用D型壓針。若用D型壓針, 讀數低於

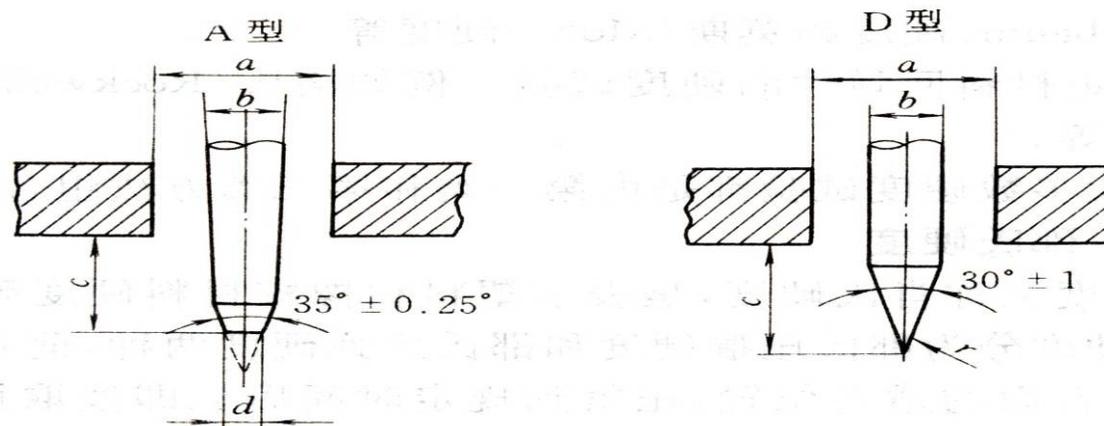
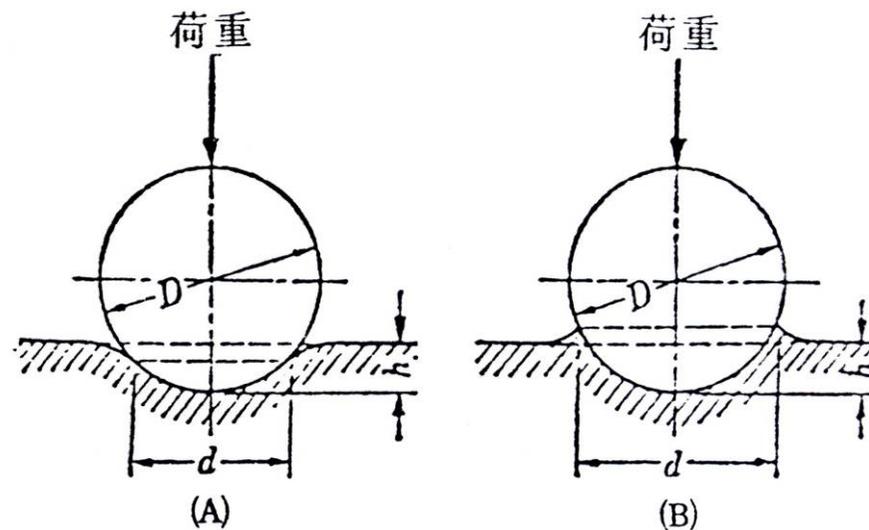


图 2-47 邵氏 A 型和 D 型硬度计压针

$a—\phi 3.00 \pm 0.50$; $b—\phi 1.25 \pm 0.15$;
 $c—2.50 \pm 0.04$; $d—\phi 0.79 \pm 0.03$; $r—0.1 \pm 0.012$

勃氏硬度(Brinell hardness HB)

- 如圖，待試品 $20\times 20\times 20\text{mm}$ ，鋼珠直徑 10mm ，將鋼珠壓入試片，以 500kg 保持 30 秒後解除，測定試片表面所形成的凹部直徑，再由計算公式求出硬度值。



D : 鋼球直徑 d : 凹部直徑
 h : 凹部深度

洛氏硬度(Rockwell hardness HR)

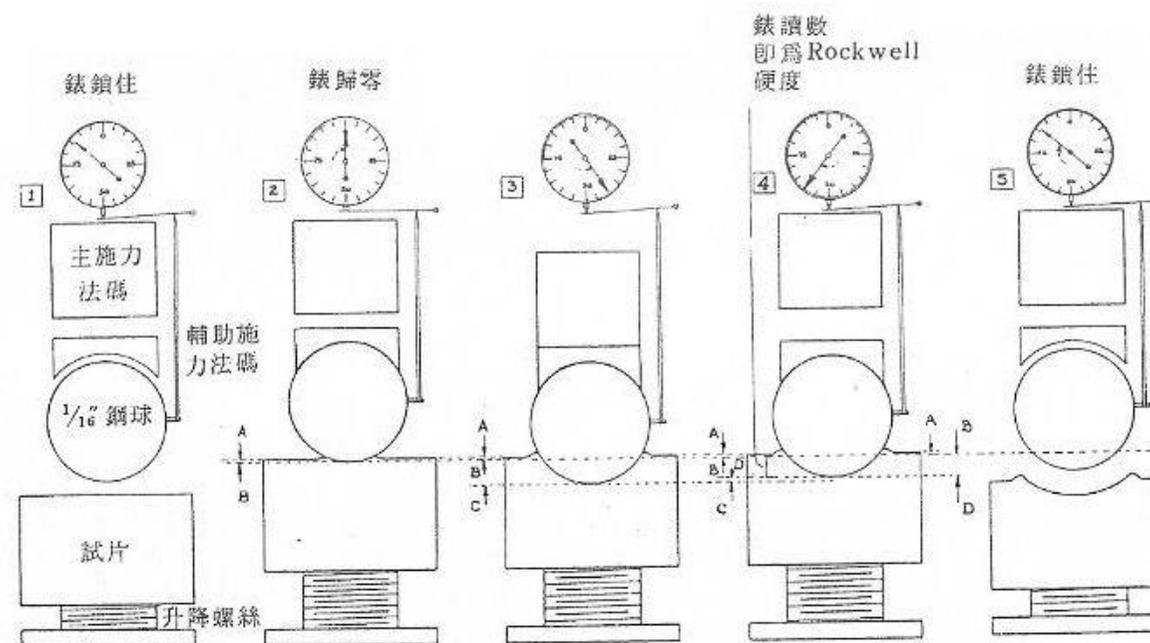


圖 2-16 Rockwell 硬度測量法

先對試片施加基準荷重，形成 h_0 的凹部，再以試驗荷重施加所規定的時間，再回覆成基準荷重時，量測此時凹部深度與 h_0 之差，將此差值(Δh)代入公式： $130-500 \times \Delta h$ 計算，其值即為硬度值。

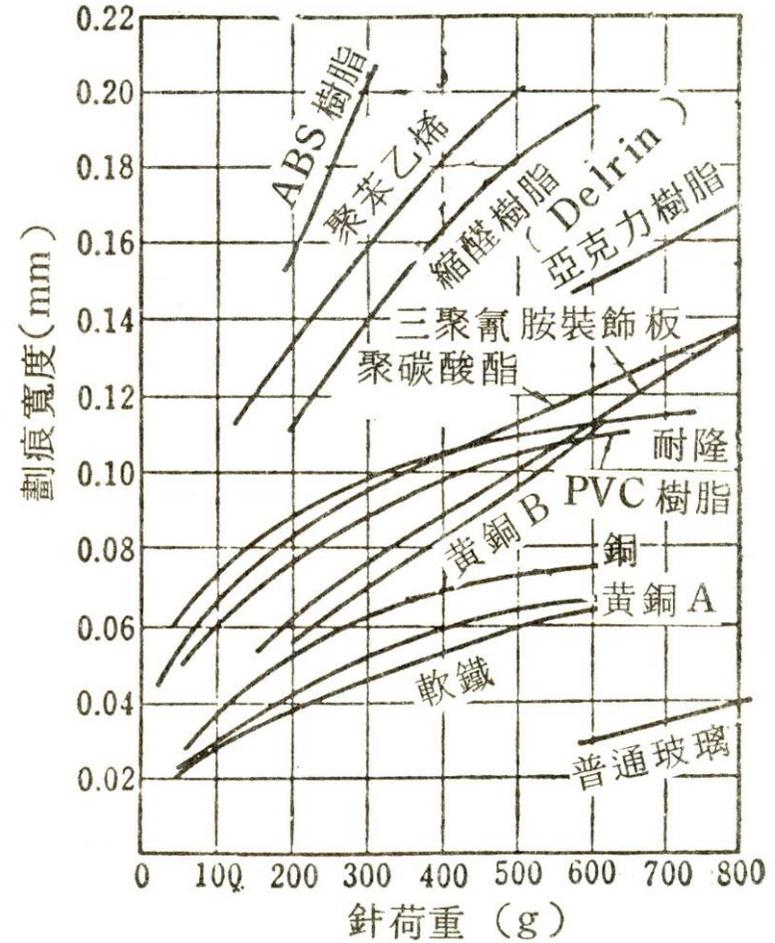
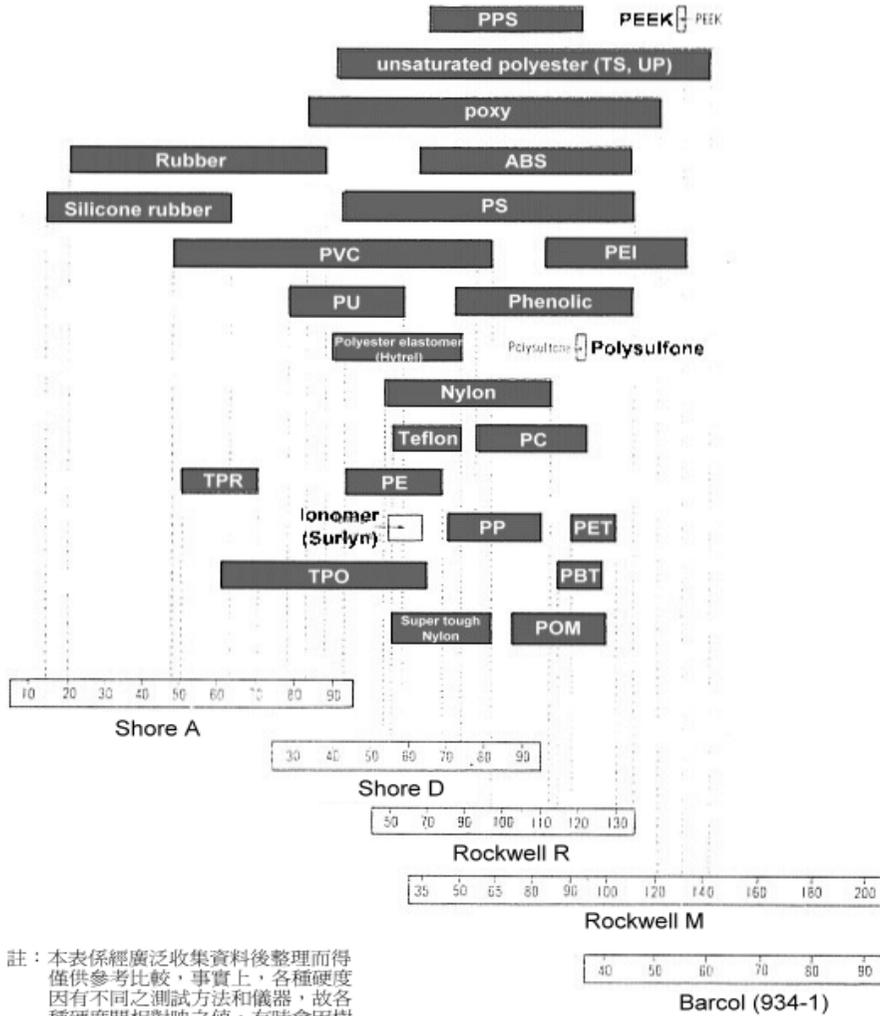
■硬度測試有許多方式的組合，一定要註明試驗用的尺度與符號。

塑膠的種類	硬 度 <i>HR</i>
聚苯乙烯	M65 ~ M80
ABS 樹脂	R 85 ~ R 120
亞克力樹脂	M85 ~ M105
縮醛樹脂 (Delrin)	M94
聚醯胺樹脂 (耐隆 6)	R 103 ~ R 118
聚丙烯	R 85 ~ R 110
聚碳酸酯	M62 ~ M91

表 3-5 Rockwell 硬度試驗的尺度 (JIS K 7202-1982)

尺度	Rockwell 硬度的記號	壓 子	基準荷重 kgf	試驗荷重 kgf	硬度算出式
R	<i>HRR</i>	直徑 12,700mm 的鋼球	10	60	130-500 <i>h</i> , 1 <i>h</i> 為 mm 單位
L	<i>HRL</i>	直徑 6,350mm 的鋼球			
M	<i>HRM</i>			100	

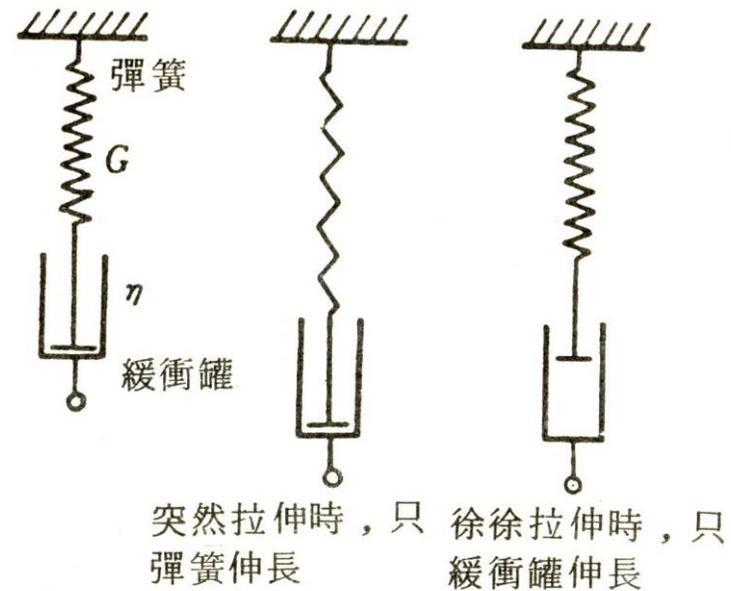
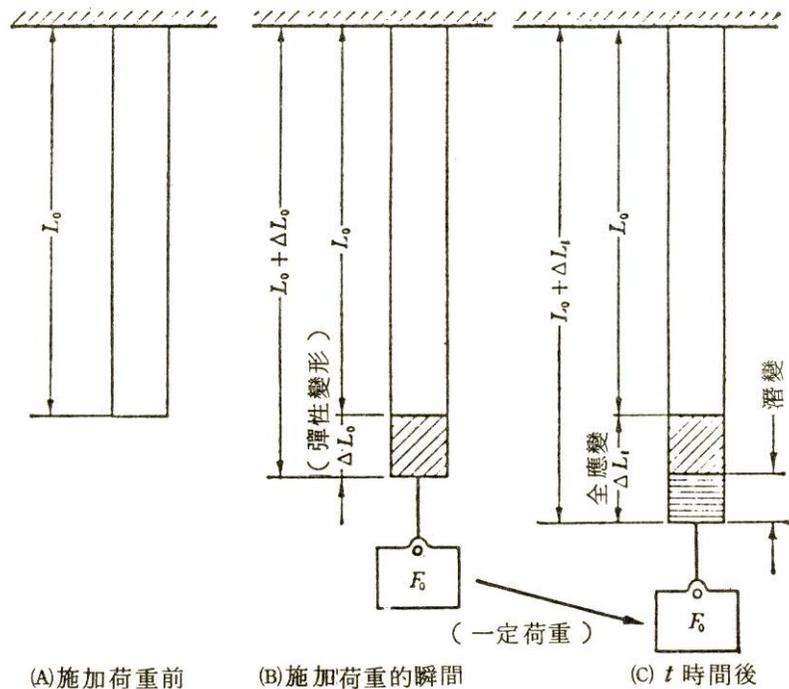
硬度比較表 (Comparison of Different hardness between various resins)



試驗機：東洋 tester 製鑽石針劃痕硬度計
劃痕速度：1.3cm/sec

隨時間變化的特性—潛變與應力緩和

■潛變: 在一定的應力作用下，應變量會隨時間而緩慢增加



- 在高溫狀態下，潛變特性會更快發生、更明顯。
- 在高荷重狀態下，潛變特性會更快發生、更明顯。

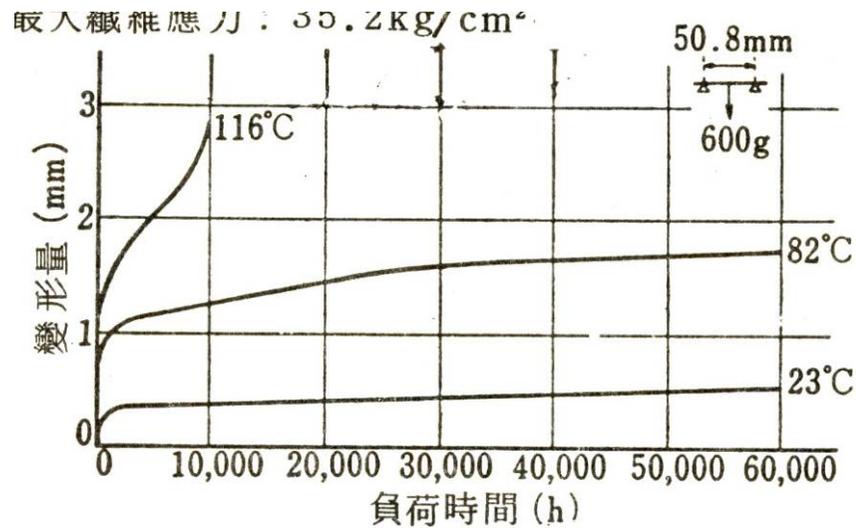
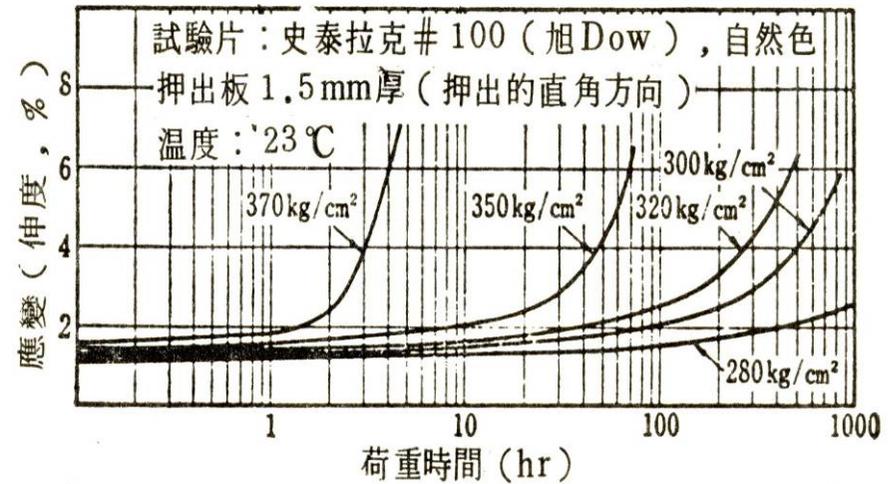


圖3-62 聚縮醛(杜拉康M90)的彎曲潛變特性



潛變破壞

- 潛變破壞：雖然所施予的小應力在短時間不會產生破壞，但在長時間負荷下，也會因為潛變現象而破壞。
- 由潛變破壞線(應力施作多久會造成潛變破壞)，可以得知如果塑品要在常時間荷重狀態下使用，則其施作應力不得超過多少。

在60°C及
400kg/cm²的應
力作用下，多
少時間會發生
破壞？

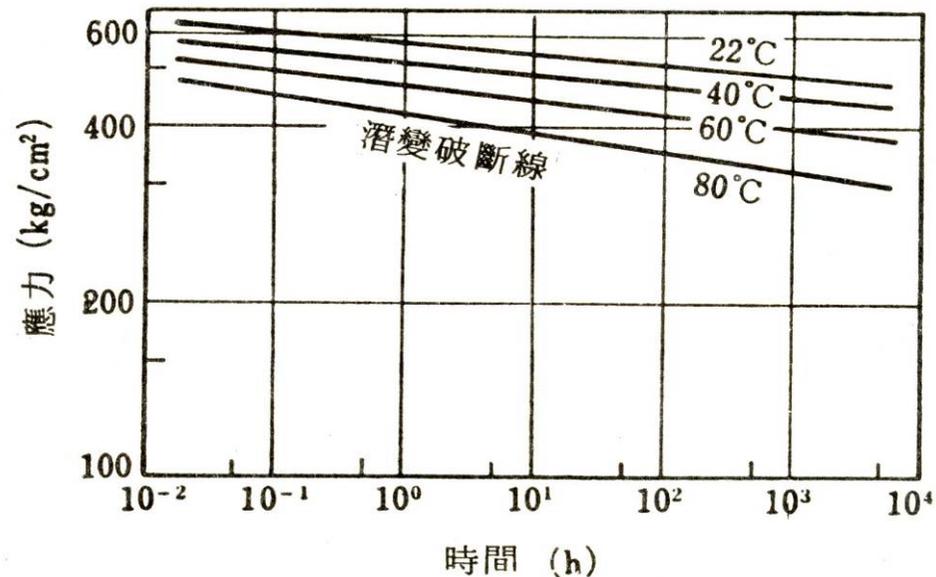


圖 3-68 聚碳酸酯的潛變破斷線圖

■應力緩和:在維持一定的應變量下，所需應力會隨時間而緩慢減小

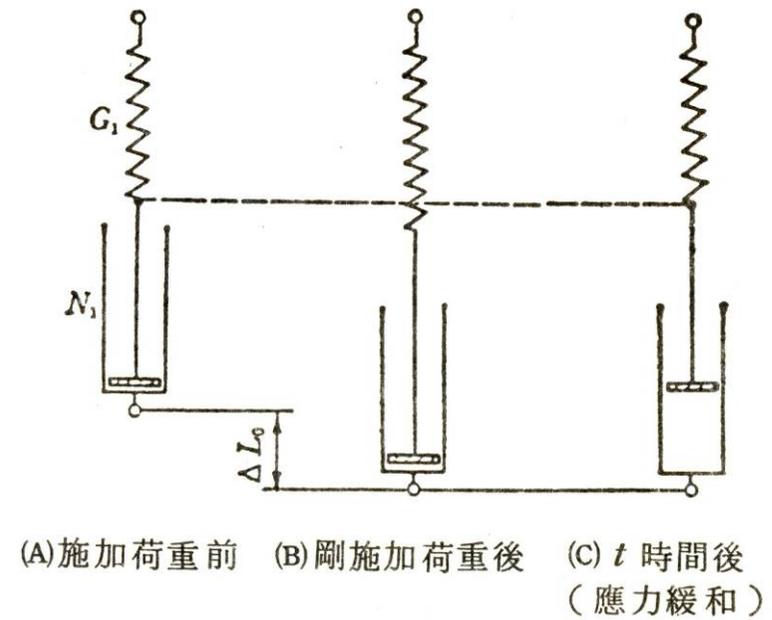
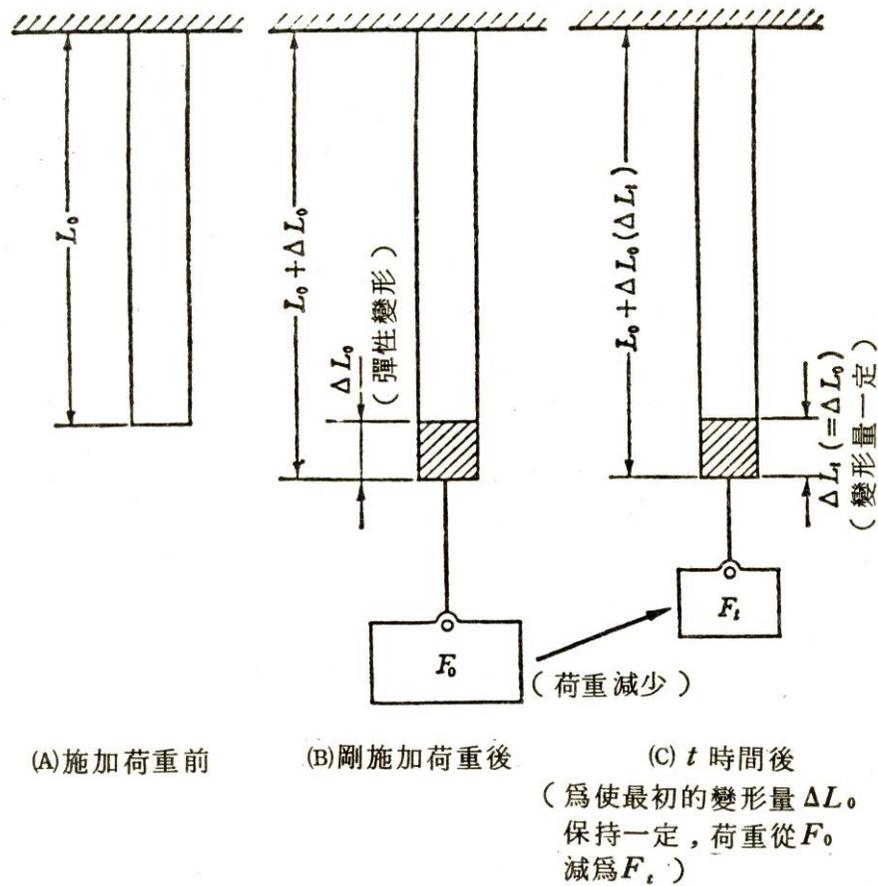
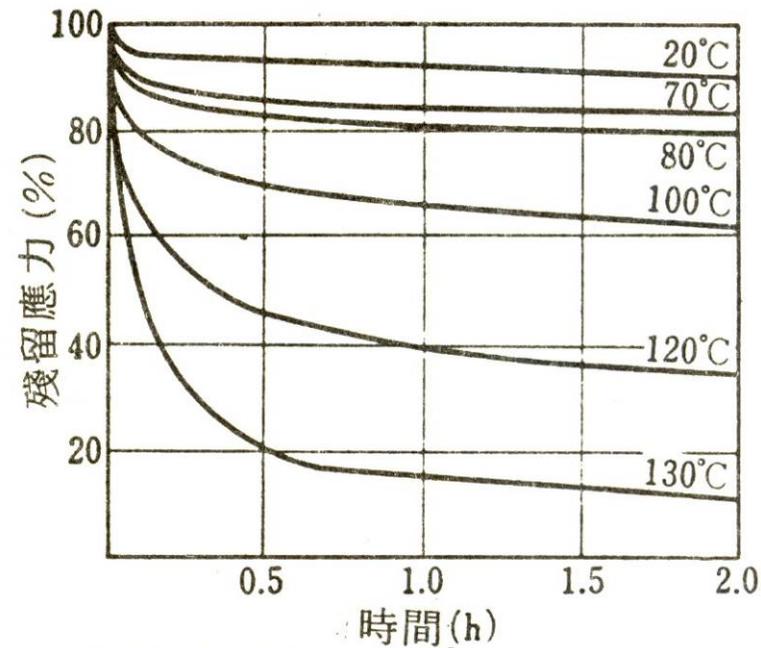


圖 3-70 用Maxwell 粘彈性模型說明應力緩和現象



(初荷重 100kg/cm^2 , 溫度 120 ,
 130°C 時為 50kg/cm^2)

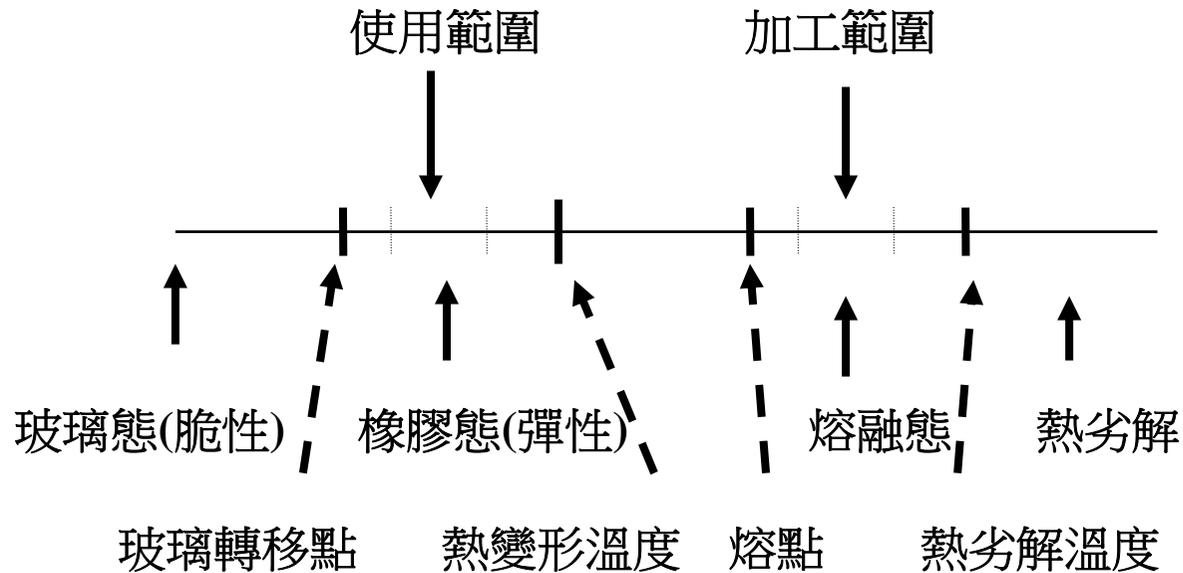
圖 3-71 聚碳酸酯的拉伸應力緩和

■溫度愈高，應力緩和的現象愈快，亦即要在維持一定的應變量下，所需應力會隨時間降低的愈快。

熱性質

- 熱傳導係數：材料傳熱快慢的性質 $\text{BTU}/(\text{h F m})$
- 熱膨脹係數：材料熱脹冷縮的性質 $(1/^\circ\text{C})$
- 轉移點：玻璃轉移點：材料耐寒性質 $(^\circ\text{C})$
相轉移點(熔點)：材料熔化的溫度 $(^\circ\text{C})$
- 熱變形溫度 or Vicat軟化點：材料耐熱的性質 $(^\circ\text{C})$
- 熱劣解溫度：塑料因高溫而產生分子鏈斷裂的溫度
- 耐燃性：材料抵抗燃燒的性質

熱塑性的塑膠受熱歷程

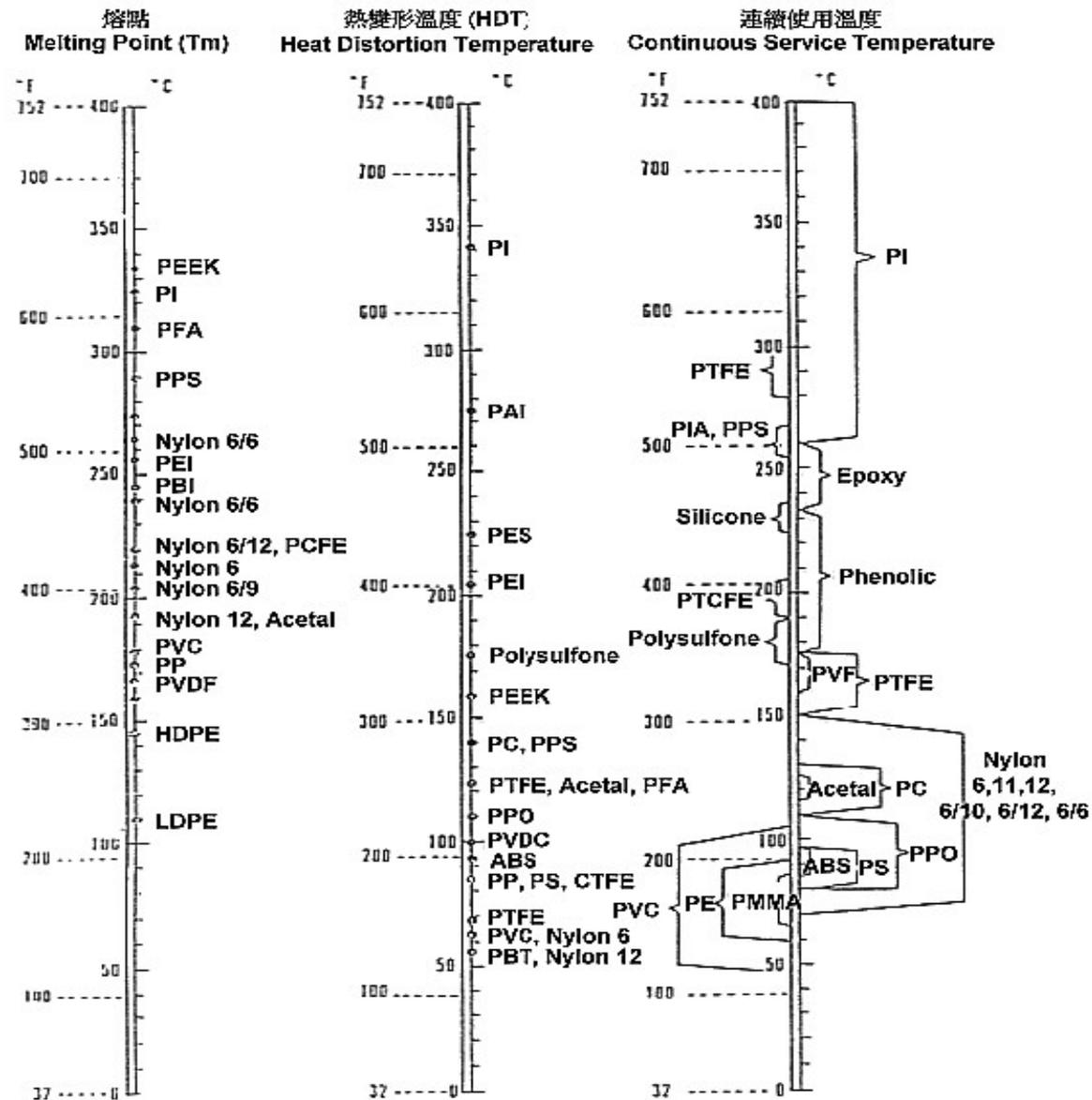


- 使用範圍大，表示塑膠可在低溫仍能維持彈性及在高溫也能維持機械強度。
- 加工範圍大，表示塑膠可比較不會熱劣解
- 一般塑膠由低溫變脆到高溫熱劣解，其溫度變化約 $250\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，相較於金屬，塑膠對溫度變化是非常敏感的。

常見熱可塑性聚合物之熱性質

	材料名稱	耐熱變形溫度 °C		Vicat 軟化溫度 °C	Tg °C	Tm °C	連續耐熱溫度
		18.6 kg/cm ²	4.6 kg/cm ²				
非結晶	PVC	54~79	57~82	83	87	212	66~79
	PS (耐熱級)	85~90	~	102	100,105	~	66~77
	PS (耐衝擊)	75~80	~	97	~	~	60~79
	ABS (耐熱級)	95~98	102~103	106	~	~	88~110
	PMMA	68~99	74~107	110	105,120	160	60~99
	PC	129~141	132~143	150	150	220(267)	121
結晶性	LDPE	32~41	38~50	90~100	-125	115	82~100
	HDPE	43~54	60~88	120~135	-122	137	121
	PP	52~60	93~110	145~150	-10, -18	176	121~165
	POM	124	170	~	-50, -85	181	91
	Nylon 6	66~79	149~185	~	50	225	79~121
	Nylon 66	66~104	182~243	~	50	265	82~149

各種塑膠的 T_m , HDT, 及使用溫度



熱傳導係數

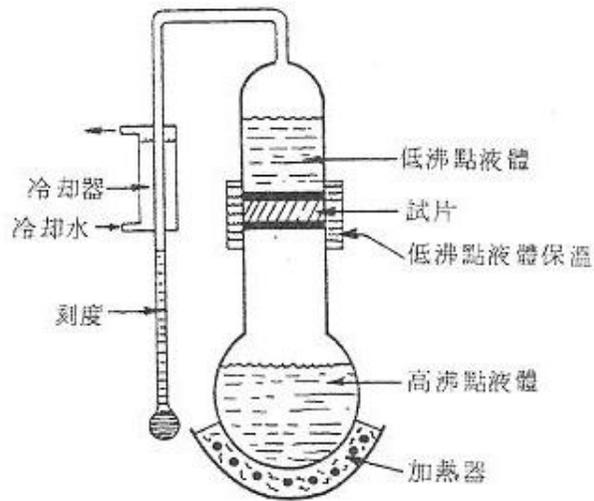


圖 2-29 Colora 熱傳導儀

$$\dot{m}\lambda = Q = kA\frac{\Delta T}{L}$$

\dot{m} ：單位時間所蒸發的低沸物

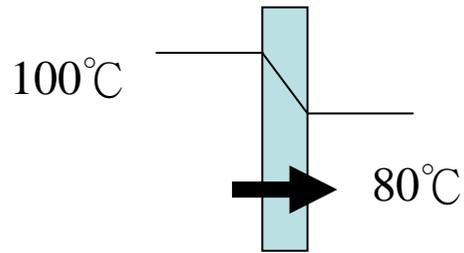
λ ：蒸發熱（低沸物）

A ：試片面積

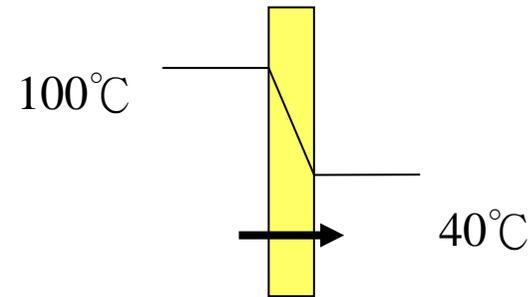
L ：厚度

ΔT ：試片兩端溫差

試片的厚度及面積已知，單位時間低沸點液體的蒸發量也可得知，高/低沸點液體在沸騰時的溫度差異固定，故由上式可得熱傳導係數。



K大(如金屬)，則傳熱快且熱阻小，所以溫度降低的幅度小

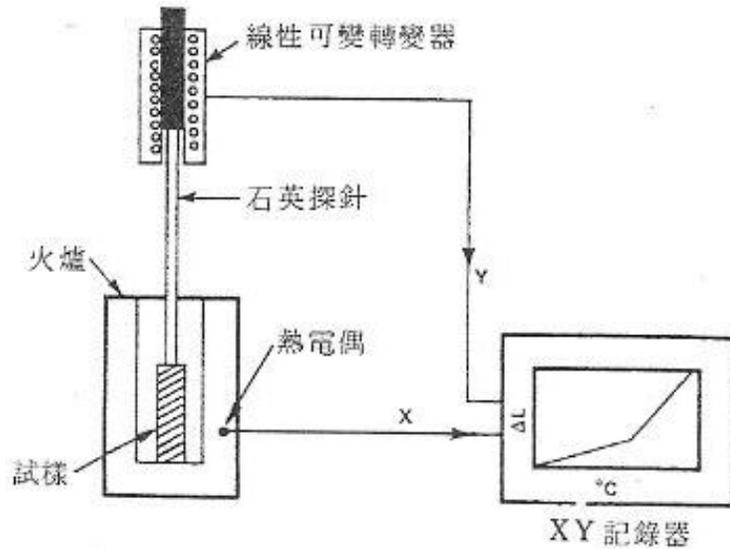


K小(如塑膠)，則傳熱慢且熱阻大，所以溫度降低的幅度較明顯

材料	熱傳導係數 (W/m°C)	材料	熱傳導係數 (W/m°C)	材料	熱傳導係數 (W/m°C)
PP	0.15	PVC	0.18	POM	0.158
HDPE	0.27	PVC+30%GF	0.24	ABS	0.27
LDPE	0.31	PC	0.24	PET	0.18
PMMA	0.123	PC+20%CB	0.27	PET+30%G	0.29

※加入玻纖(GF)或碳黑(CB)都會使熱傳導係數增加。

熱膨脹係數



$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0(T - T_0)}$$

l_0 : 在 T_0 下的長度

l : 在 T 下的長度

一般測試範圍 $-30^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$

圖 2-28 熱膨脹測定儀原理

材料	線膨脹係數	材料	線膨脹係數
PVC(硬)	2.7~10.3	LDPE	5.6~11.1
ABS	4.5	HDPE	6.1~7.2
PP	4.4~5.3	PTFE	4.6~5.8
PA6	4.6	POM	4.72

線膨脹係數： $\times 10^{-5} \text{ cm / cm / } F$

熱變形溫度(HDT)

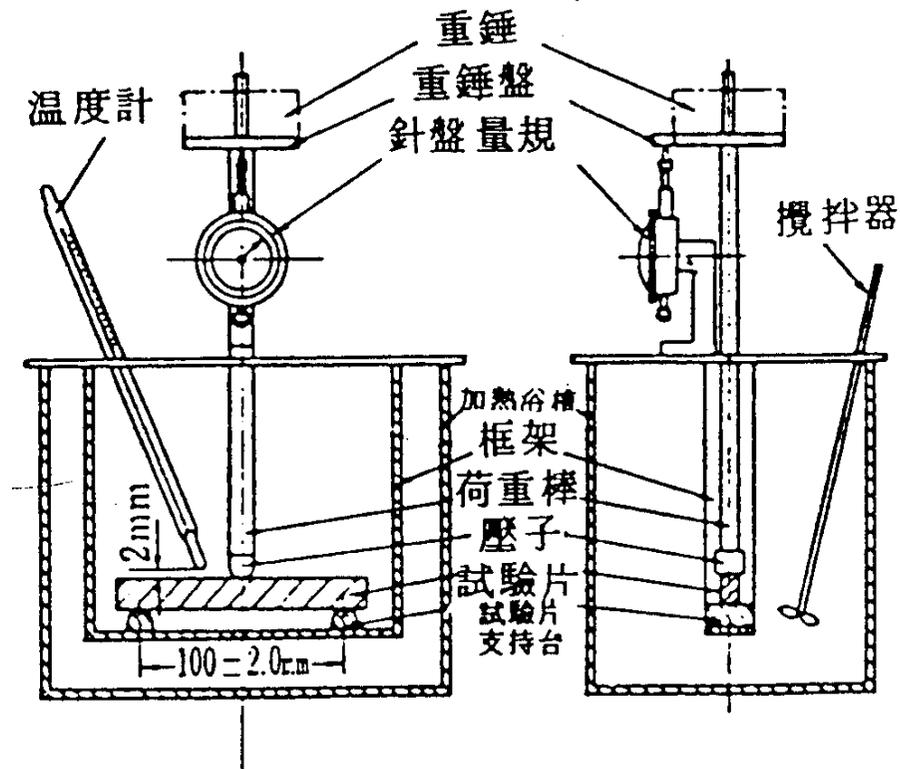
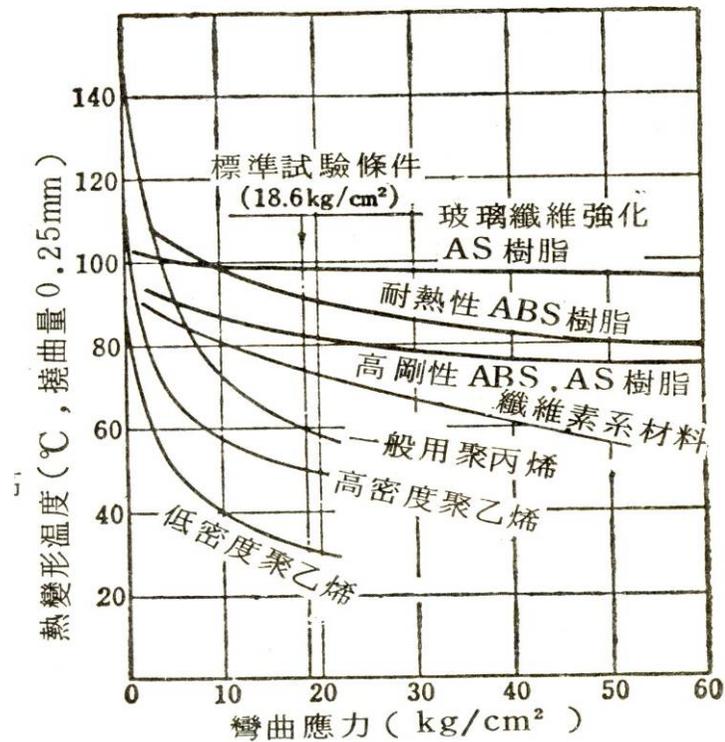


圖 4-6 硬質塑膠的荷重撓曲溫度試驗裝置
(JIS K 7207-1977)

■施加18.5kg/cm²或4.6 kg/cm²的彎曲應力，以一定速度升高油溫(2°C/分)，試片受熱逐漸軟化，因而產生彎曲變形，當撓曲量達0.26mm時的溫度稱之。

■試片：長/寬/高
110/3.2/12.7，製造後一定要先以熱處理去除加工應力，才能進行熱變形溫度的測試。



試驗片：射出成形試驗片，厚 3.2 mm
 無熱處理
 試驗法：JIS K 6871 (ASTMD 648)
 ，改變對試驗片的荷重

- 彎曲應力愈大，則所量測到的熱變形溫度愈低。
- 不同材料的熱變形溫度不同，剛性愈高者，熱變形溫度愈高，加入GF，熱變形溫度會提高。

Vicat 軟化點

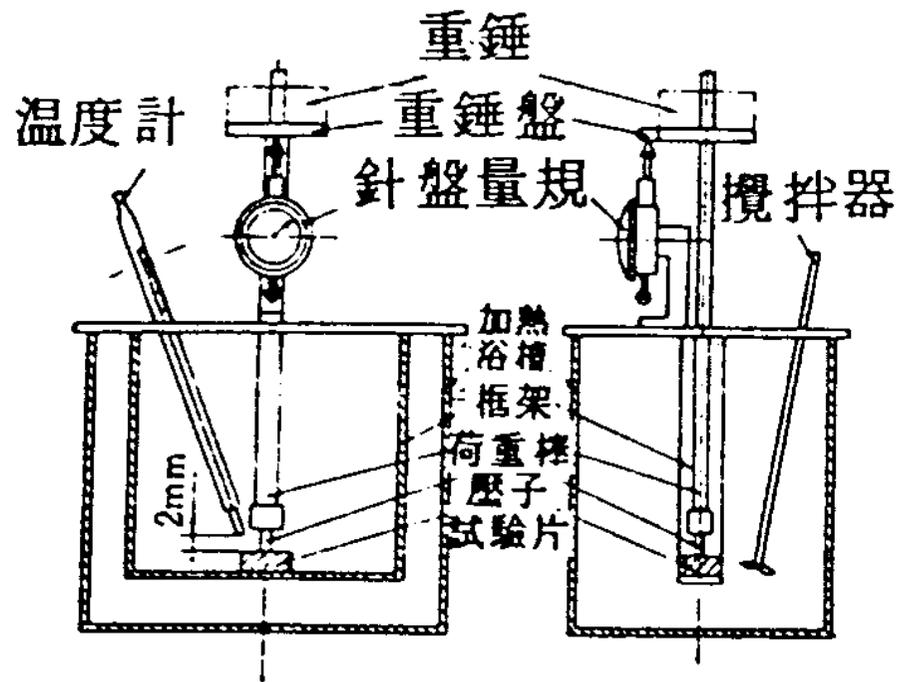
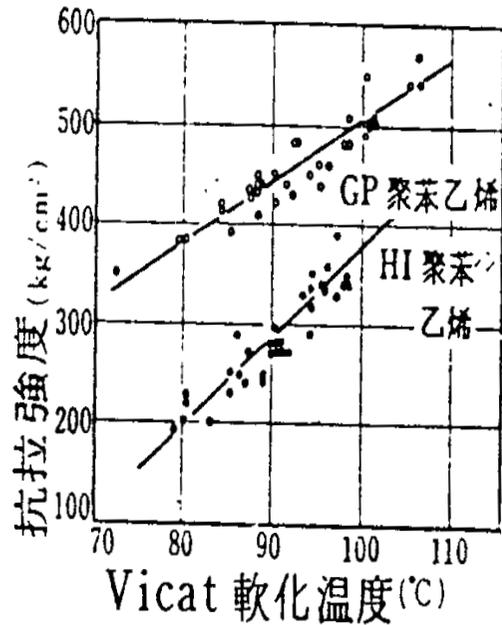


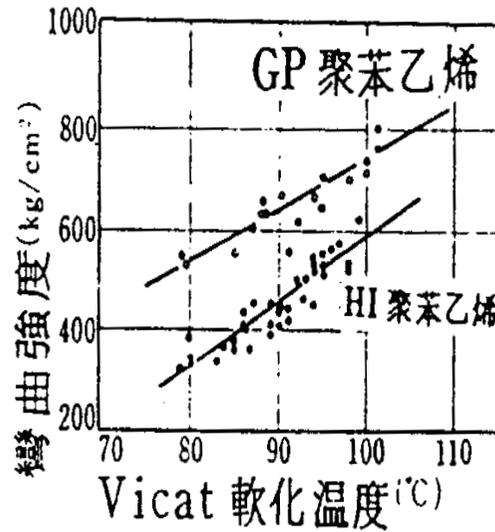
圖 4-10 Vicat 軟化溫度試驗裝置
(JIS K 7206-1982)

■施加1kg或5kg的重錘於荷重棒，以一定速度升高油溫(50度/hr)當探針下端(1mm²之圓形平面)侵入試片達1mm深度時的溫度稱之。

■此方法比較不易受試片內部殘留應力、結晶程度、熱處理條件、成型方法等因素的影響。



(A) 抗拉強度



(B) 彎曲強度

圖 4-12 聚苯乙烯的 Vicat 軟化溫度與機械性強度的關係

- 對同一類塑膠而言，愈耐熱的等級，機械性質愈高，Vicat 軟化點比較不受其他因素(如成形條件)影響，所以得知 Vicat 軟化點，即知機械性質的好壞。
- Vicat 軟化點與熱變形溫度約成直線關係。

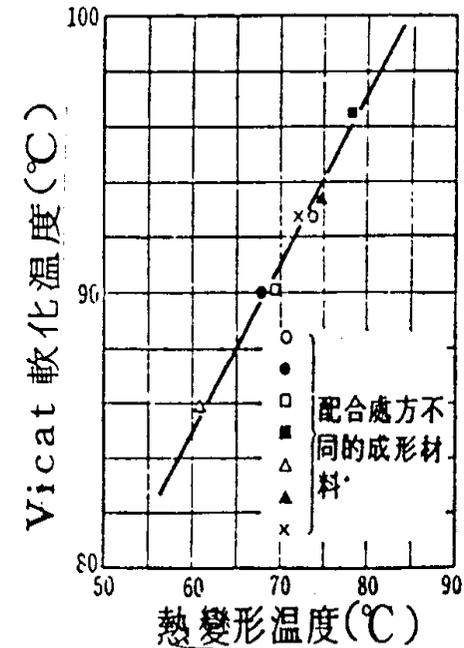


圖 4-11 硬質 PVC 樹脂的 Vicat 軟化溫度與熱變形溫度的關係

經時尺寸變化

- 產品從模具取出，冷卻到常溫的成形收縮有時稱為一次尺寸變化，隨後往往會因內部潛在的應力、環境因素、各種後處理等，造成尺寸的二次變化。
- 尺寸的二次變化主要可分為兩種：
 - 成品不特別處理，但在長時間下，會隨時間而逐漸產生尺寸變化，稱為經時尺寸變化。其主要原因包括：
 - ✓ 產品成形過程中所累積的內部應力
 - ✓ 產品內部仍有硬化反應或結晶化繼續進行所導致
 - ✓ 水份或揮發物釋放出來所致
 - ✓ 環境溫度、濕度影響所致
 - 將產品強制後處理，如加熱退火、強制吸濕等。

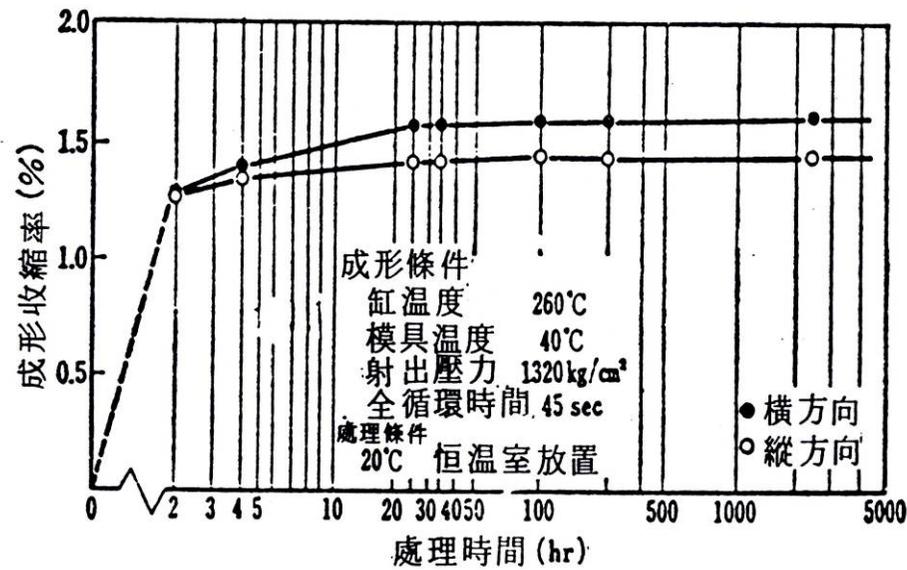


圖 9-28 聚丙烯的經時尺寸變化

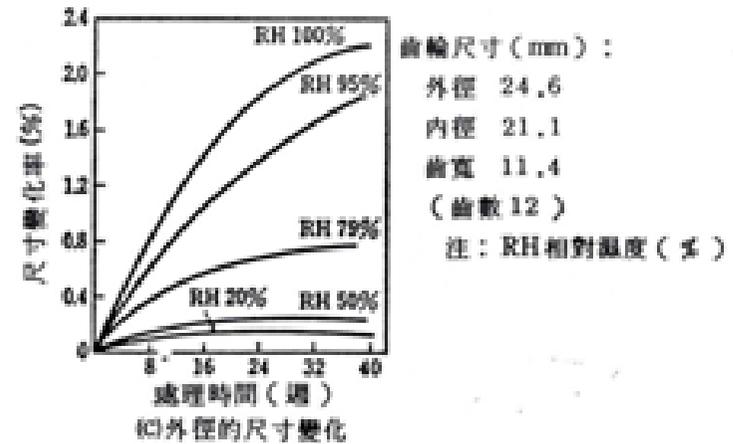
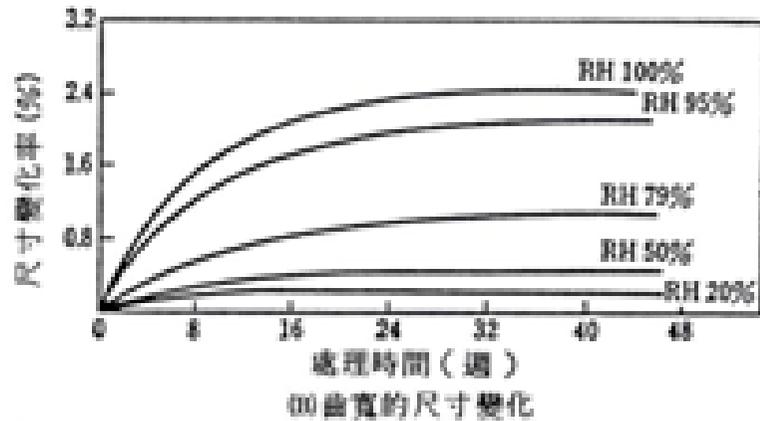
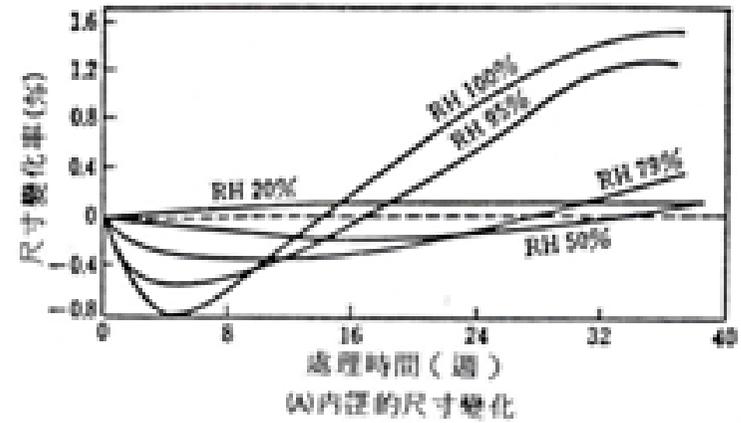


圖 9-37 耐隆 66 成形的小形齒輪在各種相對濕度的尺寸變化

強制後處理

- **加熱退火(annealing)處理**：主要目的是消除產品內部殘留應力，有助於增加尺寸的安定性。隨產品的材質及厚度，加熱退火的時間及溫度也不同。熱處理浴的介質則有熱空氣、水、流動石蠟、淬火油、鹽浴等。
- **強制吸濕處理**：將產品強制吸水到能夠使該產品在使用時，與環境達到水分的平衡，有助於增加尺寸的安定性。以耐隆6、耐隆66為例，平衡吸水率約為2~3%，處理方式包括沸水、蒸氣、鹽浴等

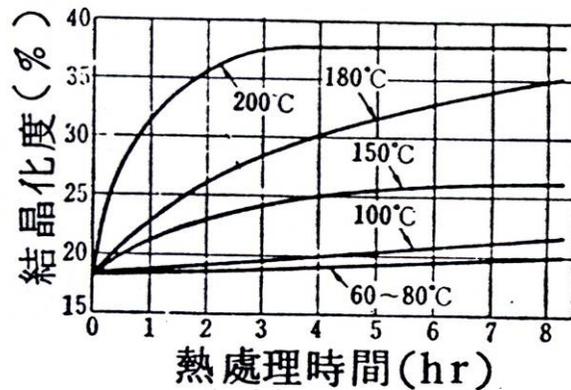


圖 9-40 耐隆因加熱處理所致結晶化度的變化

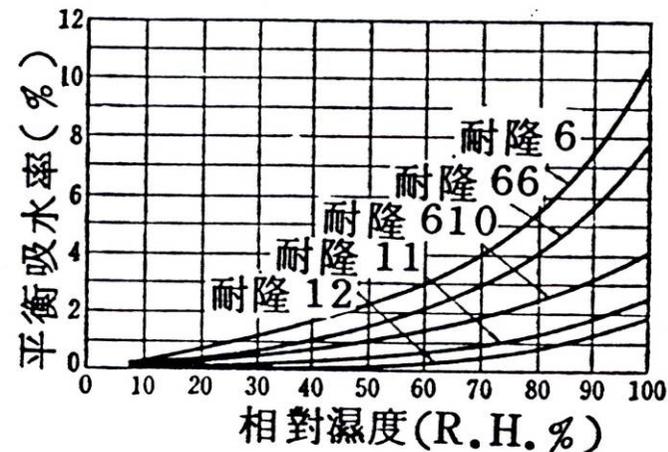
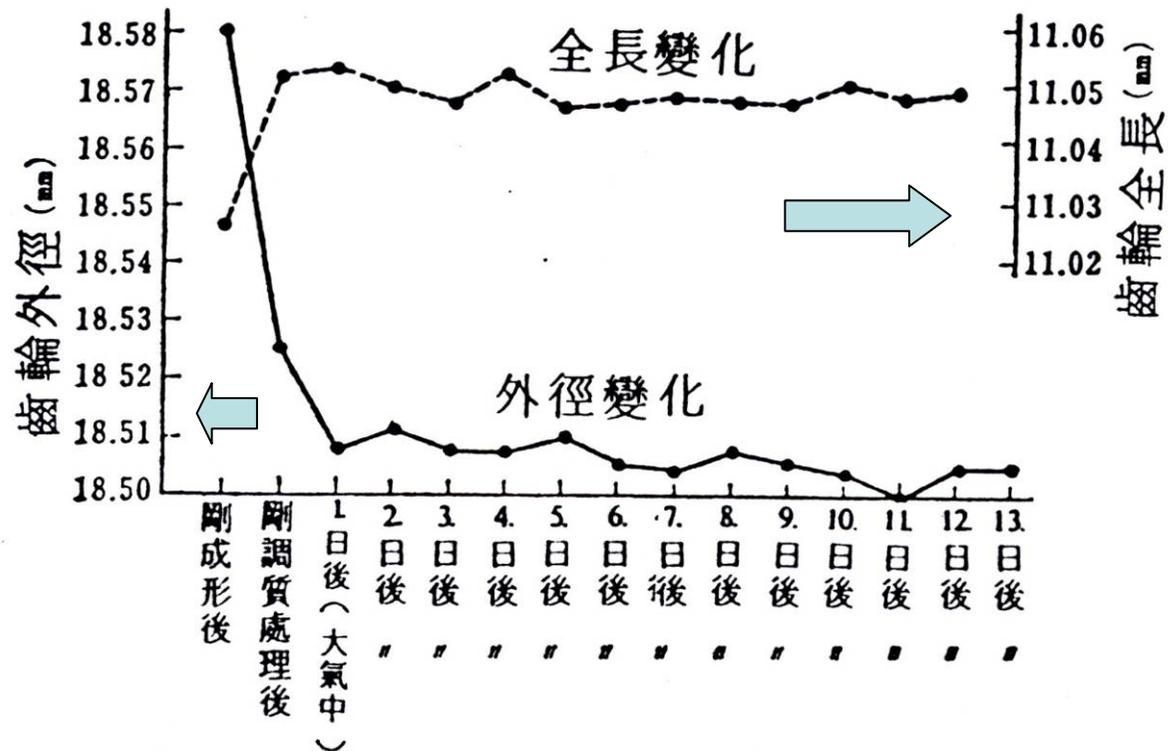


圖 9-41 各種耐隆射出成形品的平衡吸水率

經過調濕處理之後，尺寸將非常穩定

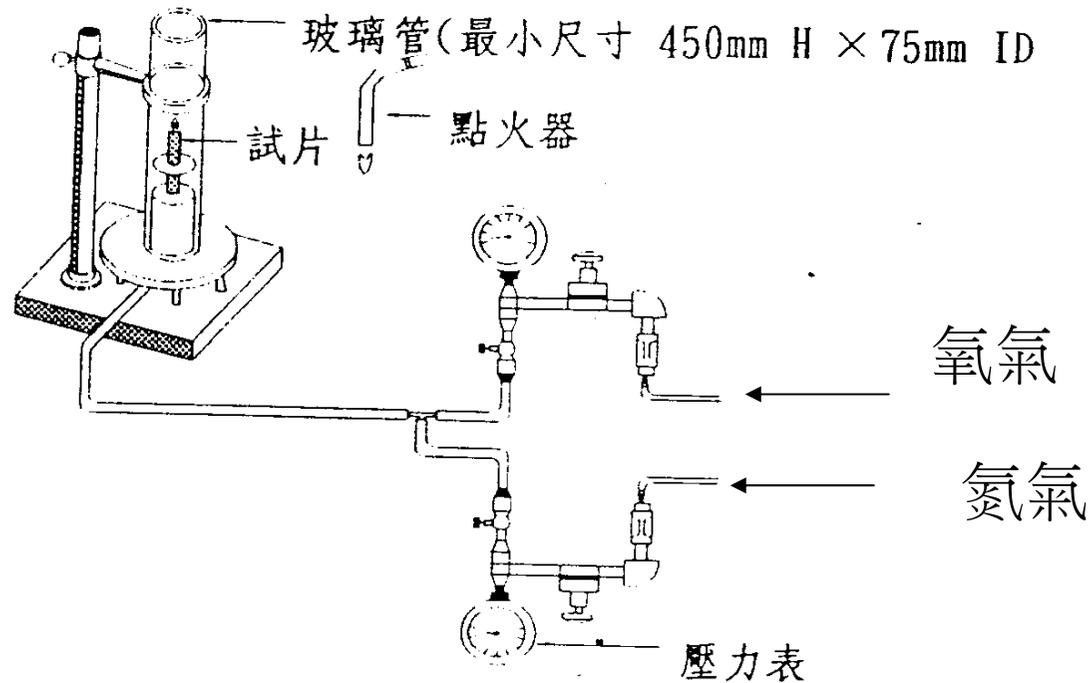


齒輪全長指定尺寸 = 11.05 ± 0.04 mm

圖 9-42 耐隆 610 製小形齒輪的調濕處理與其尺寸變化

耐燃性

■將試片置於燃燒室中，通入氧氣與氮氣的混合氣體，當氧氣增加到能夠使試片燃燒的氧氣百分率稱為氧指數，用以表示試片的耐燃性。氧指數愈高表示耐燃性愈佳，氧指數100%表是在純氧中才能燃燒。

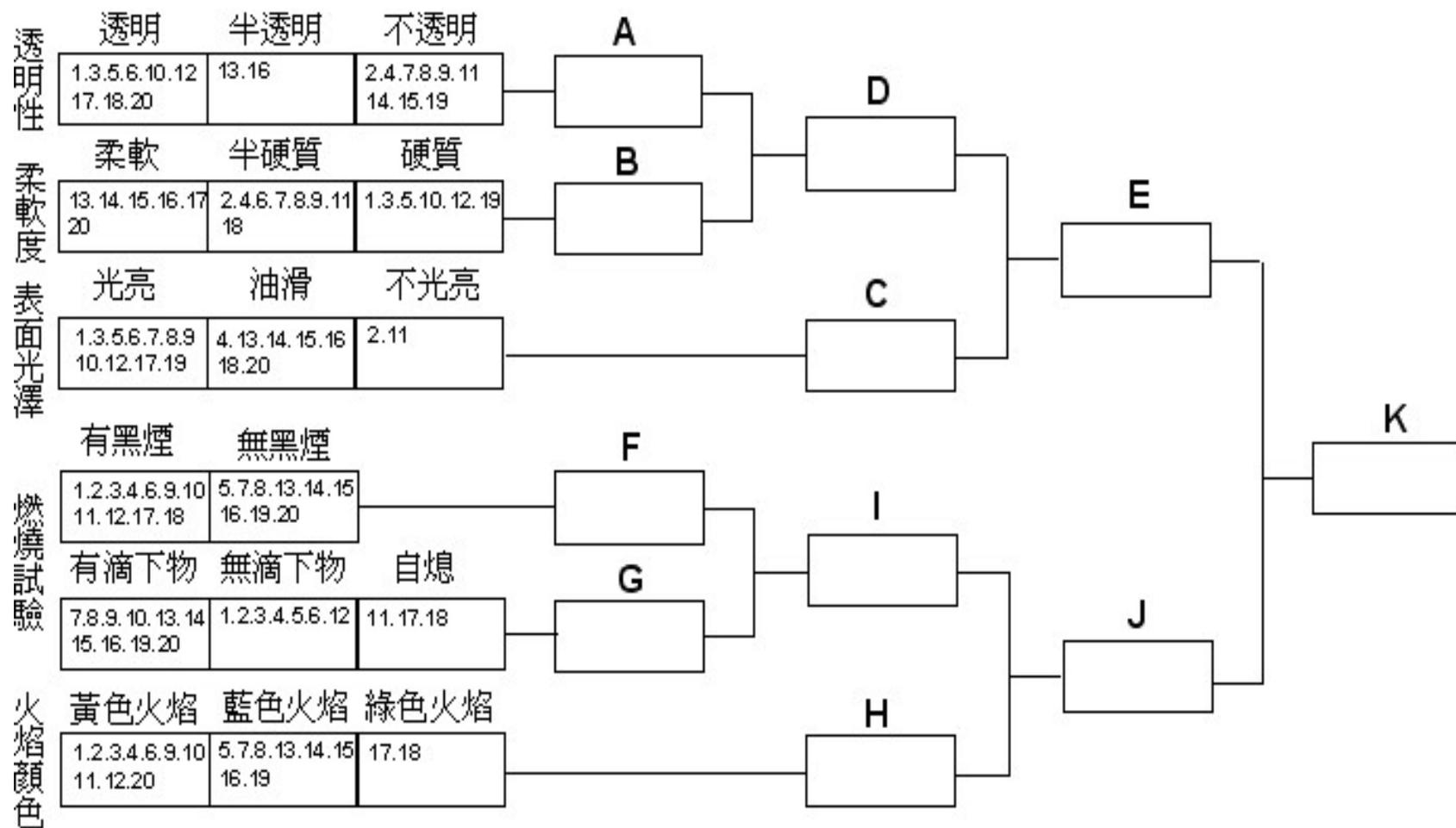


塑膠材料鑑別法〔燃燒法〕

材料	成形品特徵	燃燒的 難易	火焰之顏色	移開火源	燃燒氣味	燃燒後 的狀態
ABS	不透明稍具蠟質	易	黃色黑煙	不熄滅	橡膠味、 辣味	熔融落下
CA	透明或不透明	易	暗黃色黑煙	不熄滅	特殊味	邊滴邊燃
CN	透明或不透明	極易	黃色	熄滅	特殊味	完全迅 速燃燒
MF	表面很硬，顏色大多美麗或透明	難	淡黃色	熄滅	尿素味、胺味、 用醛味	膨脹罅 裂白化
PA	有彈性、不透明、耐磨	慢慢 燃燒	先端黃色	熄滅	特殊味	熔融落下
PC	淡黃色、透明或不透明、耐衝擊	微難	黃色黑煙	熄滅	特殊味	軟化
PE	淡乳白色，大多為半透明或不透明 之蠟狀固體	易	先端黃色 下端青綠	不熄滅	石油臭味	熔融落下
PF	黑色或褐色	慢慢 燃燒	黃色	熄滅	碳酸臭味、 酚味	膨脹罅 顏色變深
PMMA	和玻璃一樣聲音，可彎曲，大多為 透明成形品	易	黃色尾端青綠	不熄滅	壓克力 氣味	軟化
POM	乳白色不透明、強韌	易	尖端黃色 下端藍色	不熄滅	福馬林的氣味	邊滴邊燃
PP	乳白色、透明或不透明，表面光澤 良好	易	黃色 (藍色火焰)	不熄滅	特殊味 (柴油味)	快速完全 燒掉
PS	敲擊時有金屬性的聲音，大多為透 明成形品	易	橙黃 色黑煙	不熄滅	苯乙烯	軟化
PSF	硬且聲音清脆	易	略白色火焰	熄滅	硫磺味	微膨脹 鑊罅裂
UF	無色或淡黃色的透明體	難	黃色尾端 青色	熄滅	尿素味、 甲醛味	微膨脹 鑊罅白化
UP	成品大多以玻璃纖維補強	易	黃色黑煙	不熄滅	苯乙稀 氣味	微膨脹 罅裂

以燃燒法判定塑膠材質的步驟

1. 判別材質是透明、半透明或不透明，將所屬號碼填入 (A)
2. 判別材質是屬於柔軟、半硬質或硬質，將所屬號碼填入 (B)
3. 將同時出現在 (A) 及 (B) 的號碼填入 (D)
4. 判別材質表面是光亮、油滑或不光亮，將所屬號碼填入 (C)
5. 將同時出現在 (C) 及 (D) 中的號碼填入 (E)
6. 取一小片材質燃燒之，觀察下列事項：
 - 燃燒時有無黑煙？
 - 燃燒時有無滴下物，火苗拿走時是否自熄？
 - 火焰是何種顏色？
7. 將有無黑煙的結果的號碼記入 (F)
8. 將有滴無滴及是不自熄欄記入 (G)
9. 同時出現在 (G) 及 (F) 的號碼記入 (I)
10. 火焰顏色的結果記入 (H) 欄
11. 將同時出現在 (I) 及 (H) 的號碼記入 (J)
12. 將同時出現在 (J) 及 (E) 的號碼記入 (K)
13. 將未知材質燃燒，聞其味道，並與 (K) 內已知材質燃燒味道比較，若味道與未知試片相同，即為其解。



編號	名稱	中文學名	○透明 △半透明 ●不透明	◇光亮 □油滑 ◆不光亮	○柔軟 △半硬 ■硬質	○有黑煙 ×無黑煙	▼滴垂 ◇無滴垂 ×自熄	●黃 ▲藍 ■綠	燃燒後之氣味
1.	PS	聚苯乙烯 (通用級)	○	◇	■	○	◇	●	SM(苯乙烯)味
2.	HIPS	聚苯乙烯 (耐衝擊級)	●	◆	△	○	◇	●	SM+ 橡膠味
3.	AS	苯乙烯-丙烯晴共聚物	○	◇	■	○	◇	●	SM+ 刺鼻味
4.	ABS	丙烯晴-丁二烯- 苯乙烯 共聚物	●	□	△	○	◇	●	SM+ 肉桂味
5.	PMMA	壓克力樹脂	○	◇	■	×	◇	▲	水果味
6.	CA	醋酸纖維素	○	◇	△	○	◇	●	醋酸+燒焦紙味
7.	PA-66	尼龍-66 聚醯胺樹脂	●	◇	△	×	▼	▲	燒頭髮味
8.	PA-6	尼龍-6 聚醯胺樹脂	●	◇	△	×	▼	▲	燒頭髮味
9.	PBT	聚對苯二甲酸二丁烯酯	●	◇	△	○	▼	●	芳香甜味
10.	PET	聚對苯二甲酸二乙酯	○	◇	■	○	▼	●	芳香甜味
11.	PPO	聚苯撐氧	●	◆	△	○	×	●	酚味
12.	PC	聚碳酸脂	○	◇	■	○	◇	●	酚味
13.	PB	聚丁烯	△	□	○	×	▼	▲	蠟燭味
14.	LDPE	低密度聚乙烯	●	□	○	×	▼	▲	蠟燭味
15.	HDPE	高密度聚乙烯	●	□	○	×	▼	▲	蠟燭味
16.	PP	聚丙烯	△	□	○	×	▼	▲	蠟燭味
17.	PVCs	聚氯乙烯 (軟質)	○	◇	○	○	×	■	鹽酸 +DOP味
18.	PVCr	聚氯乙烯 (硬質)	○	□	△	○	×	■	鹽酸 + 焦味
19.	POM	聚縮醛	●	◇	■	×	▼	▲	甲醛味
20.	PU	聚尿酯樹脂	○	□	○	×	▼	●	異氰酸脂味

化學性質-耐酸性、耐鹼性、耐有機溶劑性

化學性質

- 塑膠的化學劣化主要是指酸鹼等腐蝕性液體或化學溶劑會以滲透、擴散等方式進入塑膠內部，造成分子結構破壞，降低機械性質或尺寸膨潤。尤其當塑品內部有應力殘留時，會加速滲入液體對分子結構的破壞。
- 常見的試驗方法包括：
 - 外觀變化判定法
 - 機械強度變化判定法
 - 重量變化判定法

■ 外觀變化判定法

- 將試片浸漬於藥液中一定時間，與未浸漬的試片比較其外觀變化，包括變色、表面粗糙、光澤性減退、膨脹、反翹、剝離等現象的比較。

■ 機械強度變化判定法

- 將試片浸漬於藥液中一定時間，與未浸漬的試片比較其機械性質，如抗拉強度、彎曲強度、衝擊強度等。並以下列方式表示：

機械強度變化=(未浸漬的強度-浸漬後的強度)/未浸漬的強度×100%

■ 重量變化判定法

- 將試片浸漬於藥液中一定時間，與未浸漬的試片比較其重量變化，並以下列方式表示：

重量變化=(未浸漬的重量-浸漬後的重量)/未浸漬的重量×100%

或以試片單位表面積的重量變化來表示，如重量變化/試片總表面積

塑膠分子結構對化學性的影響

表 6-1 塑膠耐藥品性所受化學構造的影響

	耐酸性	耐鹼性	耐氧化性	耐溶劑性 (無極性)	耐溶劑性 (極性)
飽和碳化氫	+	+	+	-	+
不飽和碳化氫 (脂肪族)	+	+	-	-	+
不飽和碳化氫 (芳香族)	+	+	-	-	+
醚 結 合	+	+	-	+	-
酯 結 合	-	-	-	+	-
醯胺結合	-	+	-	+	-
酸性基	+	-	-	+	-
塩基性基	-	+	-	+	-
鹵 素	+	+	+	+	-
聚 合 度	+	+	+	+	+
分 岐 度	?	?	-	?	?
架橋密度	+	+	+	+	+
結晶化度	+	+	+	+	+

(注) + 或 - 表示該性質的改善或劣化, ? 表示無直接影響

常見塑料的化學性

- 酚樹脂
 - 熱固性塑膠，不溶於溶劑，但不耐鹼，卻耐非氧化性酸(如鹽酸)。
- 不飽和聚酯
 - 易因強鹼或高溫酸而分解，耐非氧化性酸、極性溶劑。
- PVC
 - 耐酸、鹼，但溶於硝基苯、四氫呋喃、環己酮等溶劑
- PS
 - 耐酸、鹼，但因有苯環的蓬鬆構造，易被溶劑侵蝕。可溶於酮、芳香族碳化氫等。
- PE、PP
 - 耐酸、鹼，常溫下不被侵蝕，在強氧化酸中會劣化，在應力存在下易發生應力破壞。
- PA
 - 耐鹼，易因酸而分解，為親水性，吸水率大。會溶於酚、冰醋酸、甲醇等。

電氣性質

- 電阻
- 絕緣破壞強度

電阻

- 一般稱為絕緣體的物質，其電阻應為 $10^{18}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上。當絕緣體兩端以電極通電，通常會有些微電流通過，稱為洩漏電流，其原因是絕緣體內所含的不純物的離子或自由電子移動所導致。將電壓/洩漏電流稱為此絕緣體的絕緣電阻。

$$R = V / I$$

- 若將洩漏電流分為只通過絕緣體表面的電流 I_s ，及只通過絕緣體內部的電流 I_v ，則 V / I_s 稱為表面電阻(R_s)， V / I_v 稱為體積電阻(R_v)。

絕緣電阻、表面電阻、體積電阻示意圖

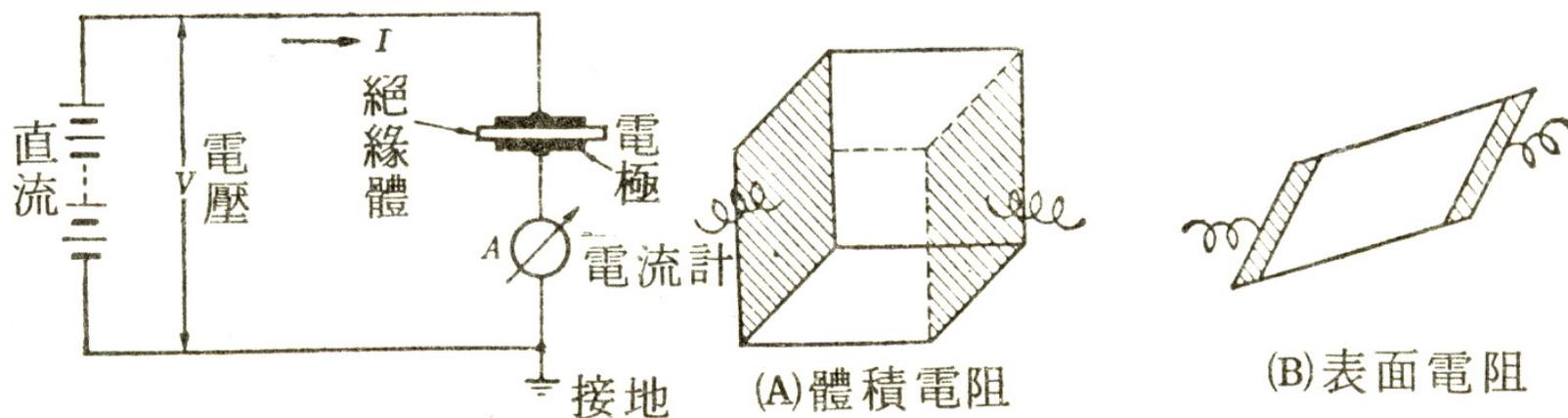


圖 5-3 絕緣體洩漏電流的測定

圖 5-4 體積電阻及表面電阻測定的原理

表面電阻與體積電阻的測定

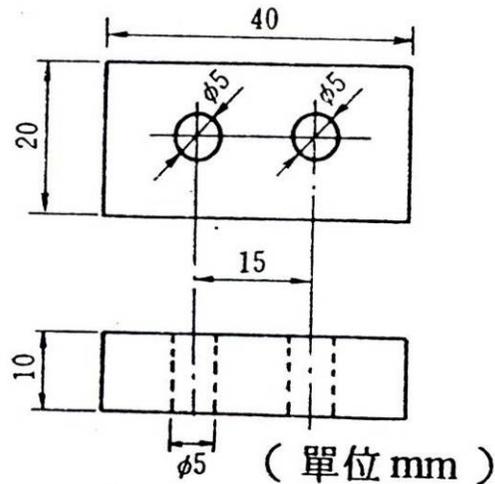
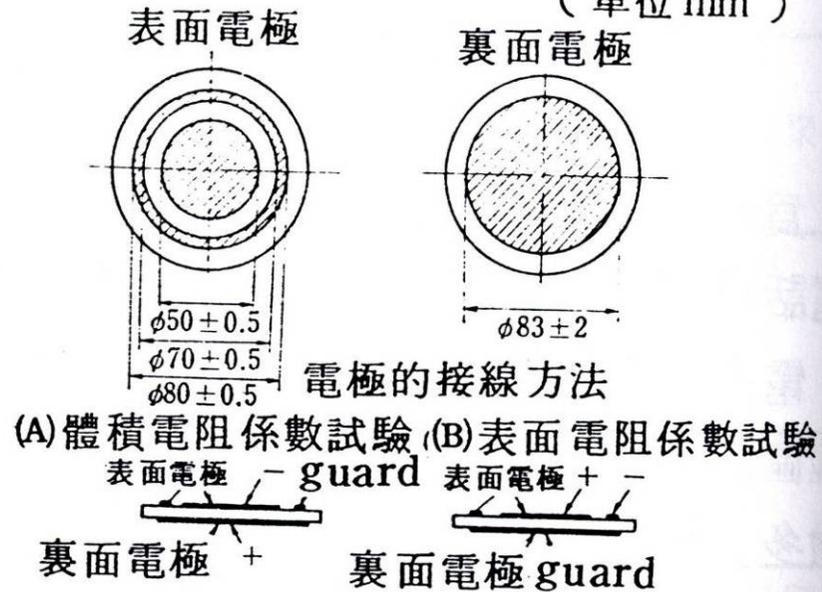


圖 5-5 絕緣電阻試驗片
(K 6911-1979)

電阻係數試驗的電極配置 (單位 mm)



(A) 體積電阻係數試驗 (B) 表面電阻係數試驗

圖 5-6 電阻係數試驗法
(K 6911-1979)

體積電阻係數

$$\rho_V = \frac{\pi d^2}{4t} \times R_V$$

表面電阻係數

$$\rho_S = \frac{t(D+d)}{(D-d)} \times R_S$$

- 一般熱塑性塑膠的電氣性質比較不會受成型條件所影響。
- 熱固性塑膠則因成型時間及溫度會影響其內部的交連反應程度，因此電氣性質與成型條件有密切關係。以酚樹脂為例，常態下，低成型溫度有較高的電阻值，但煮沸後，因為吸濕的關係，電阻值會下降。高成型溫度的樹脂耐水性較佳，受吸濕影響較小，故反而比低成型溫度的樹脂具有較高的電阻值。

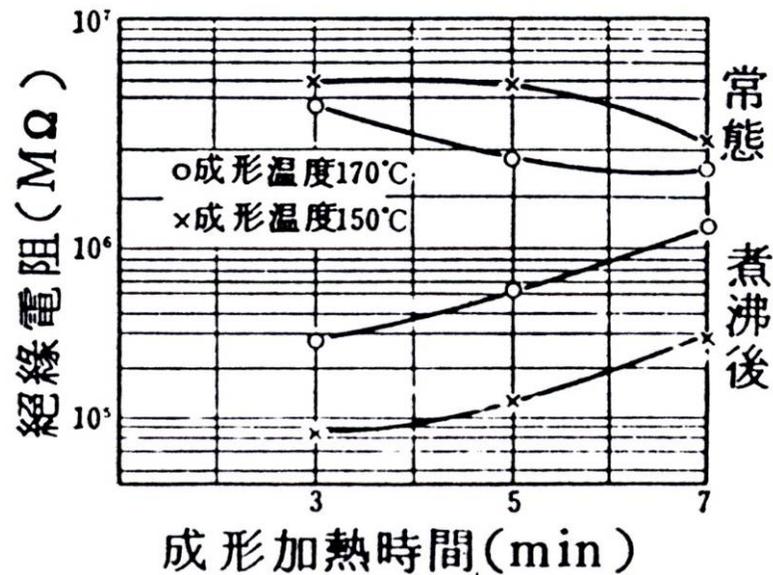


圖 5-21 一般用酚樹脂的成型條件 (成型時間, 成型溫度) 與絕緣電阻

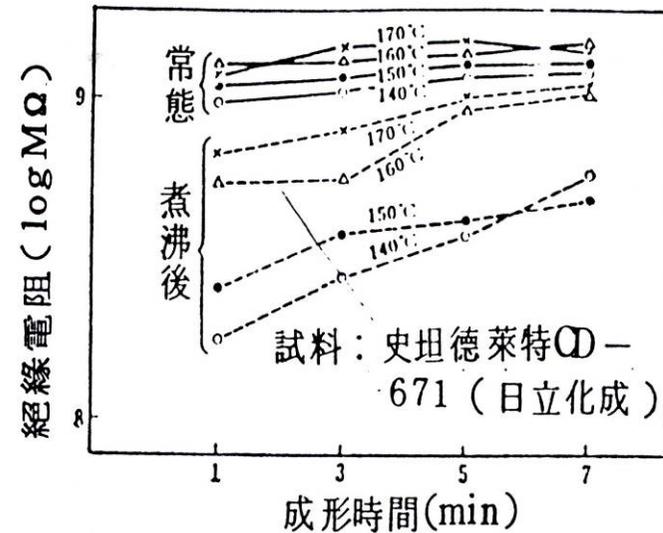


圖 5-22 diallyl phthalate (DAP) 樹脂的成型條件 (成型時間, 成型溫度) 與絕緣電阻

絕緣破壞強度

- 一般塑膠具有絕緣性，但當電壓很高時，絕緣體的絕緣性會因部份熔化穿孔或炭化而被破壞，失去絕緣性，此現象稱為「絕緣破壞」。
- 絕緣破壞強度：單位厚度的絕緣材料，當絕緣性被破壞時的臨界電壓值，以KV/mm表示。測試方法下圖

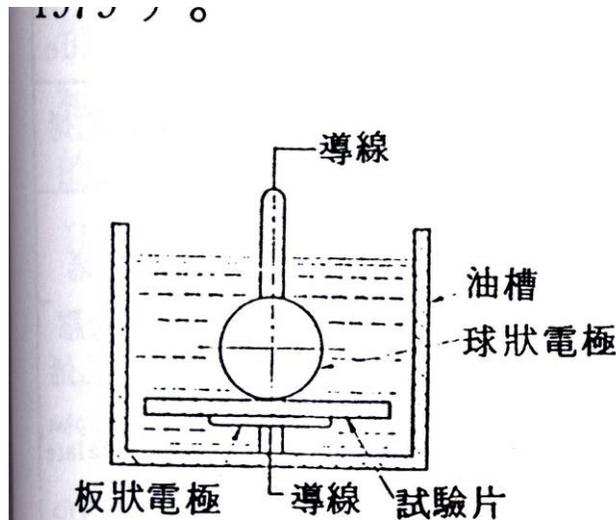
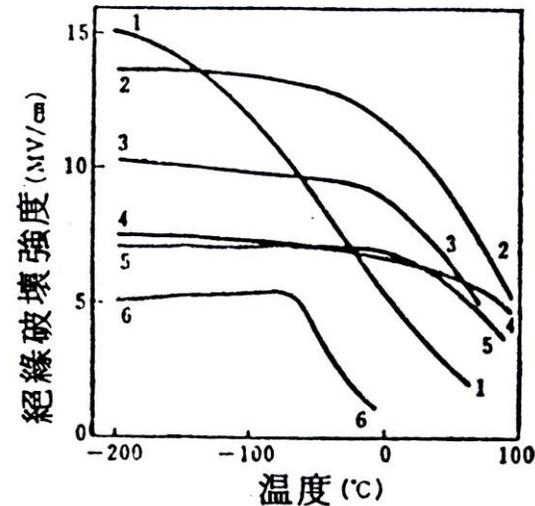


圖 5-7 絕緣破壞強度試驗法



1. 聚乙醇醇 2. 聚甲基丙烯酸甲酯
3. 氯化聚乙烯 4. 聚苯乙烯
5. 聚乙烯 6. 聚異丁烯

- 絕緣破壞強度在低溫時有較高值，隨溫度上升，絕緣破壞強度下降。
- 塑膠愈厚，絕緣破壞強度會降低，其原因是厚的試片，會積熱產生熱劣解，厚度愈薄，絕緣破壞強度會增加，其原因是容易散熱。

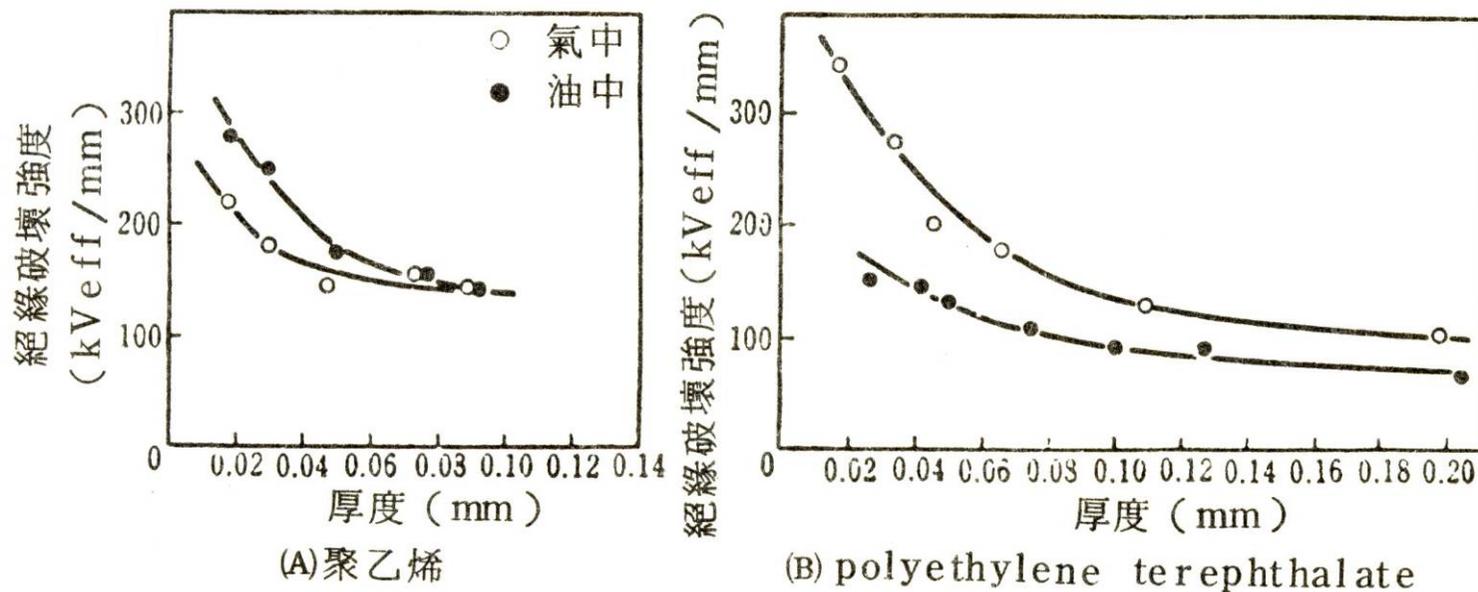
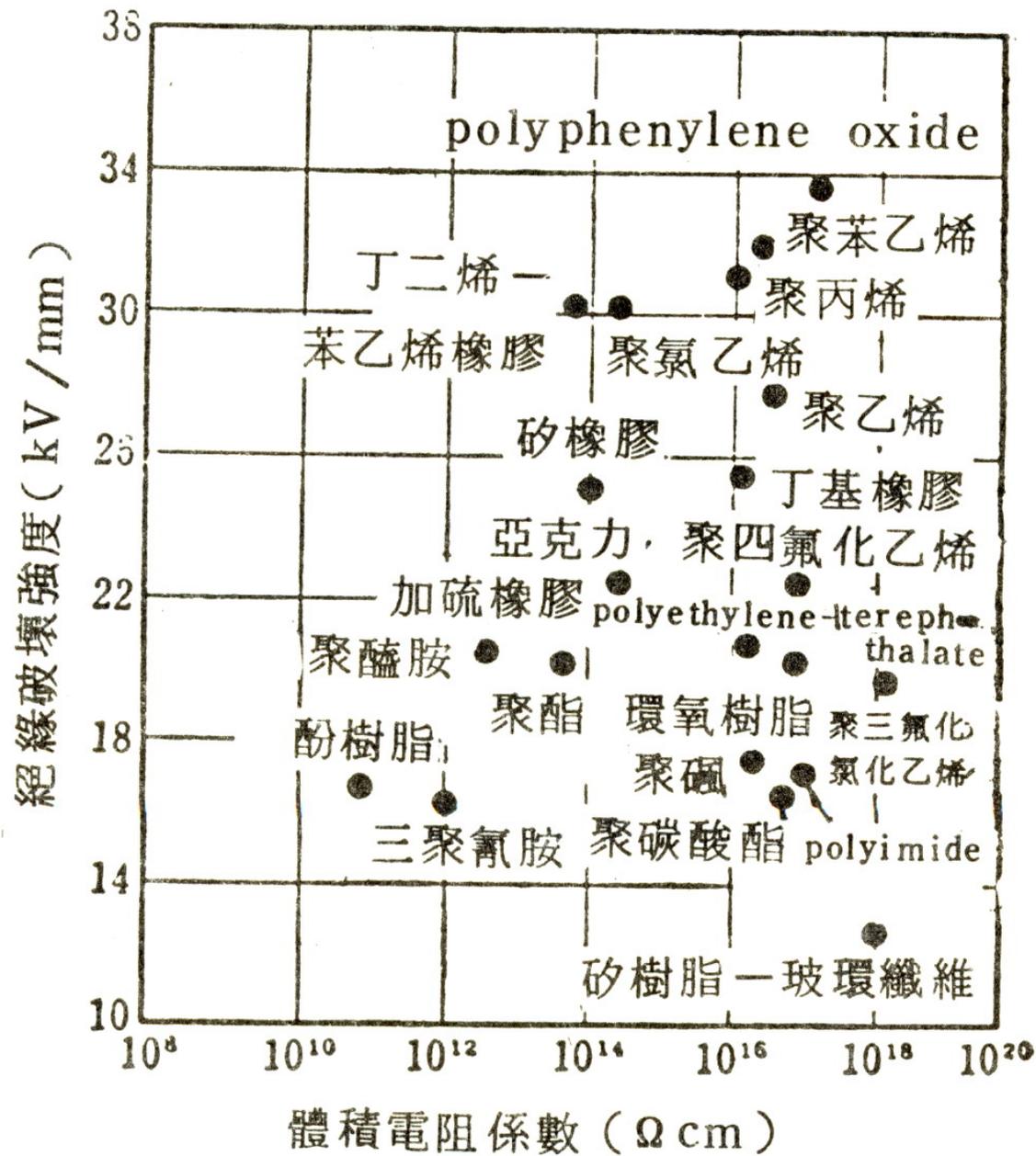


圖 5-9 絕緣破壞強度與厚度的關係 (50Hz , 20°C)



電介質常數

- 當對一物體施加電壓時，物體內部會發生帶正電及帶負電的電荷，稱之為電介質現象。一般絕緣物質均有此特性，因此絕緣體又稱為電介質。
- 物體受到高週波電壓作用時，其電介質特性對物質的升溫劣化將有明顯影響。且物質本身的極性或非極性有很大的關係。

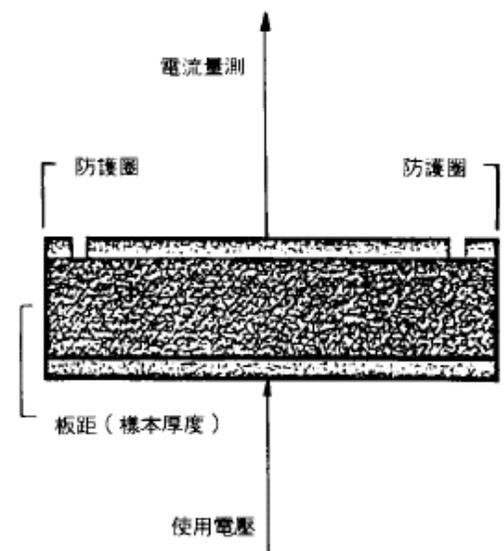
- 將物質置於兩電極之間並通入直流電壓，則因正負電荷移位，因此累積在兩電極之間的電荷增加。在單位電場中，累積於物質單位體積內的能量與兩電極之間為真空狀態下的能量相比，稱為該物質的電介質常數。
- 將有極性的塑料置於交流電場中，電場方向呈週期性變動，分子的偶極距(dipole moment)也隨之來回變動，當周波數(頻率)增加時，由於電荷在物體內的運動受摩擦阻力的影響，偶極距的變動頻率逐漸落後於電場的頻率，此時所施加得電場能量將一部份轉變為熱能，升高塑料的溫度，造成塑膠劣化。
- 因此在高周波電場中所使用的塑膠材料，應選用電介質常數小，且極性較低的材料。

電場的功率損失計算如下：

$$W = k \cdot E^2 \cdot f \cdot \varepsilon \cdot \tan \delta$$

E:電壓、f:周波數、 ε ：電介質常數、 δ ：損失角

- 功率損失主要取決於 $\tan\delta$ (稱為電介質正切或功率因素)， $\tan\delta$ 愈大，表示電能損失愈大，材質溫度升高，降低絕緣性，加速材料劣化。因此 $\tan\delta$ 常用來作為高周波絕緣材料的選擇依據。
- 愈須要維持其絕緣性的產品，應選低 $\tan\delta$ 值。但若須利用高周波來產生熱，則應選高的 $\tan\delta$ 值。



偶極子與離子在電場中之行為

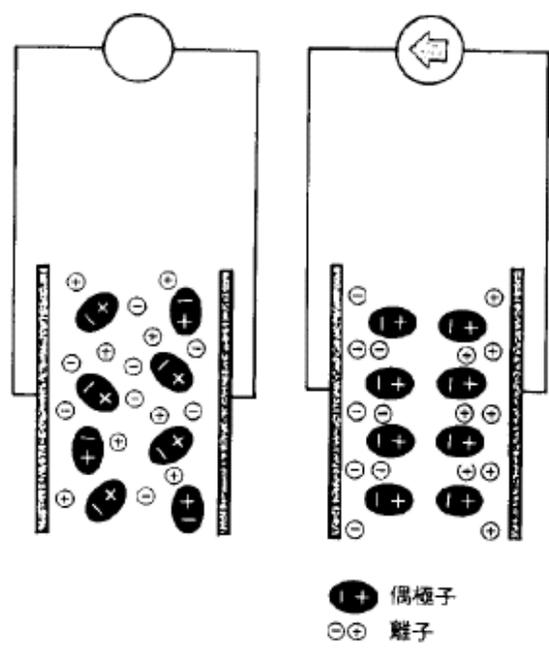


圖15 介電常數分析示意圖

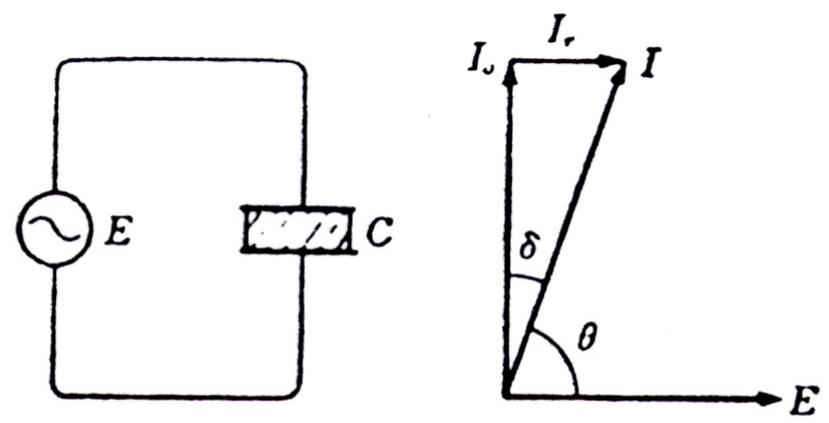


圖 5-13 電容器回路中電壓與電流的關係

介電材料之電壓/電流回應
 $90^\circ > \theta > 0^\circ$

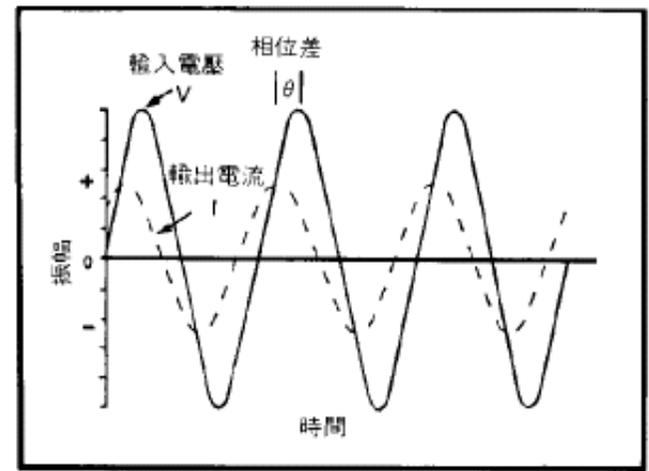


圖14 介電常數分析儀

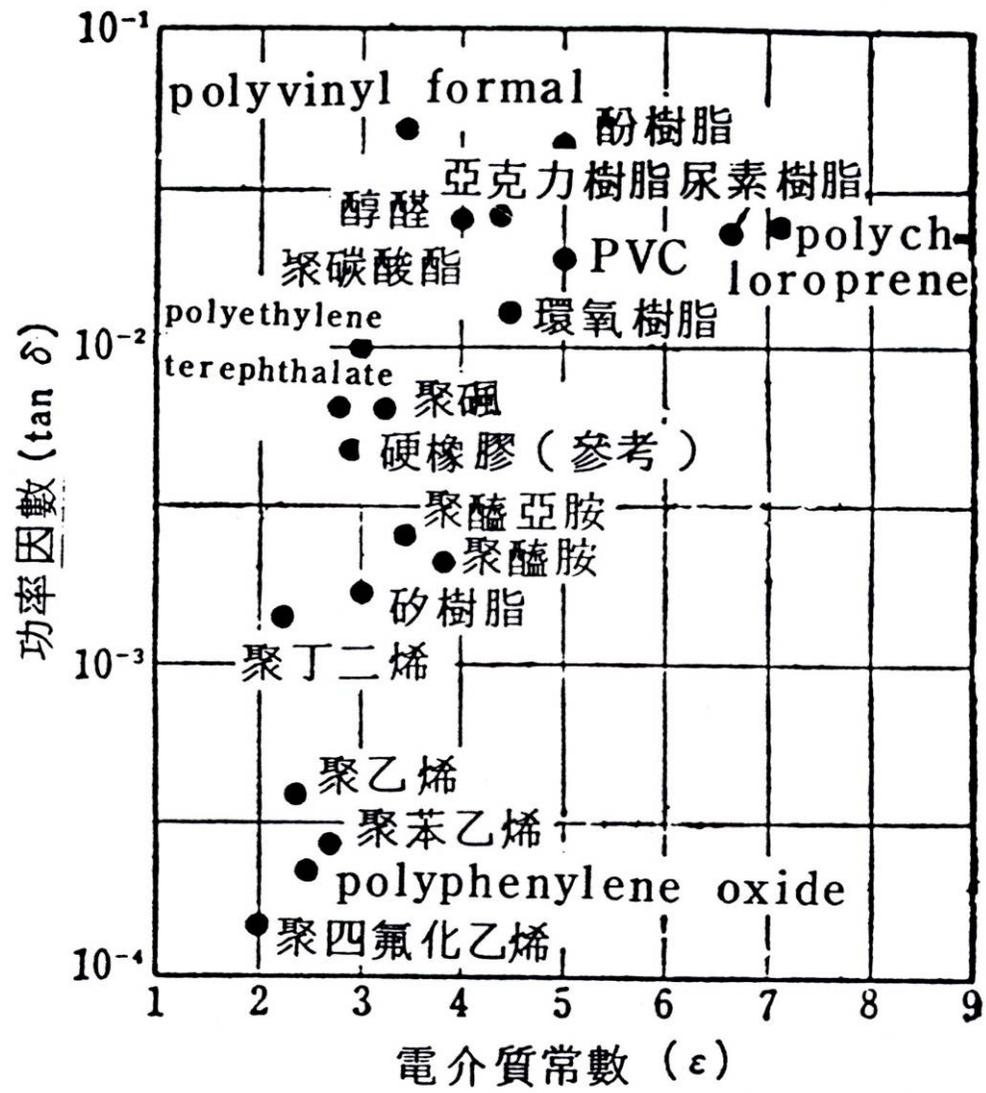


圖 5-14 各種塑膠的電介質特性

耐候性質-耐候試驗

耐候性質

- 環境中有溫度、濕度、紫外線，都會使塑膠的性能發生改變，塑膠在環境中一段時間之後，其性質的保持率稱為耐候性質，**保持率愈高，耐候性質愈佳。**
- **保持率=(經耐候處理後的強度)/未經處理的強度×100%**
- 其中以**紫外線對塑膠的的傷害最大。**
- 一般是將塑膠置於耐候實驗機內，由機內模擬戶外的環境，進行促進實驗，例如以氙燈照射、調整溫度及噴濕等，亦即以更嚴苛的條件處理試片，使試片經數拾到數佰小時的處理，可以類比在戶外歷經數月或一年的時間。

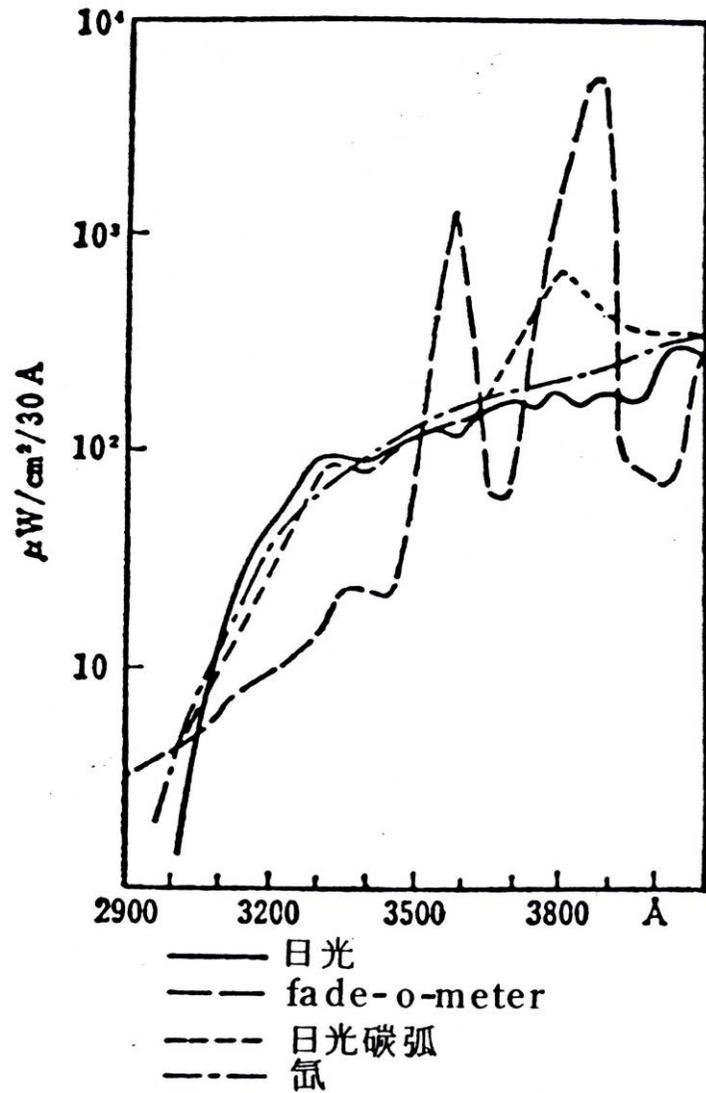


圖 7-11 各種光源的紫外部光譜分布

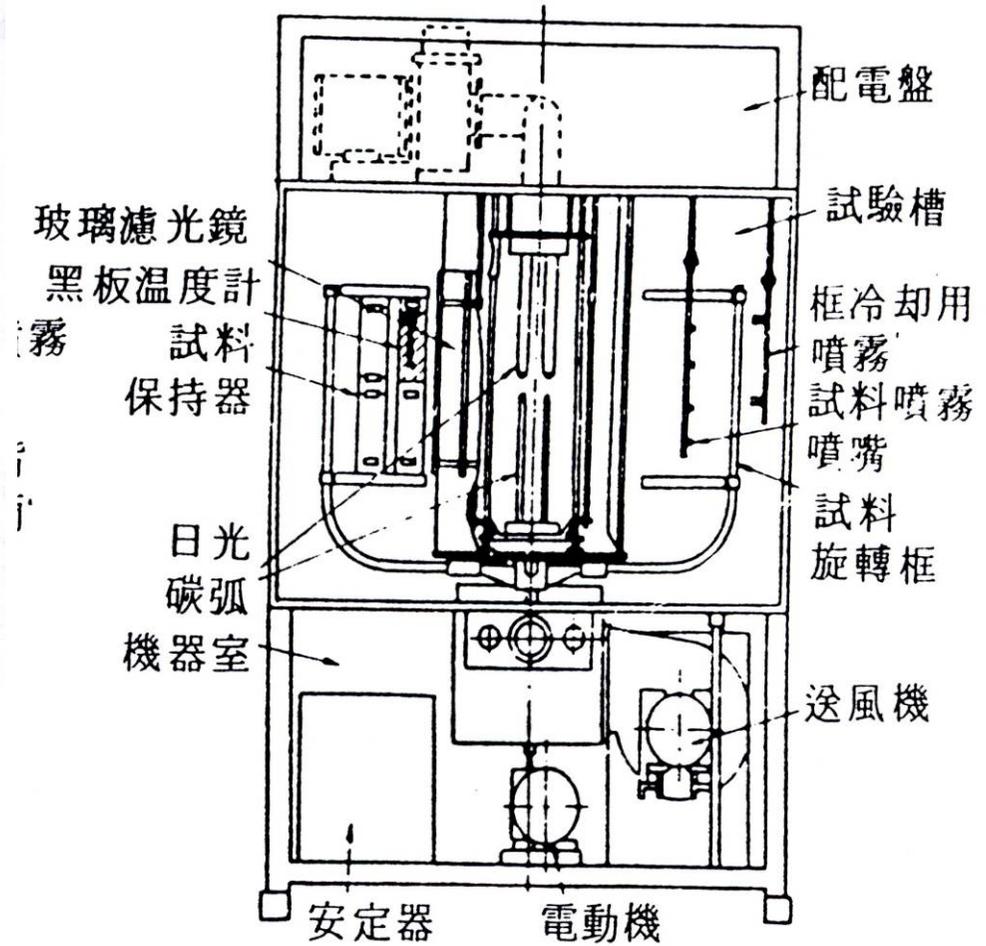


圖 7-13 WS形 weatherometer
(JIS A 1415-1977)

■羰基(carbonyl)吸收值愈高表示劣化程度愈嚴重。其原因是結晶區和非結晶區的交界處是最應力最大的地方，是紫外線最易破壞的地方，結晶度高表示有較多的交界處，其比率高，所以愈容易產生劣化。劣化產生分子鏈的斷裂，分子鏈的長度減短，所以流動性增加。

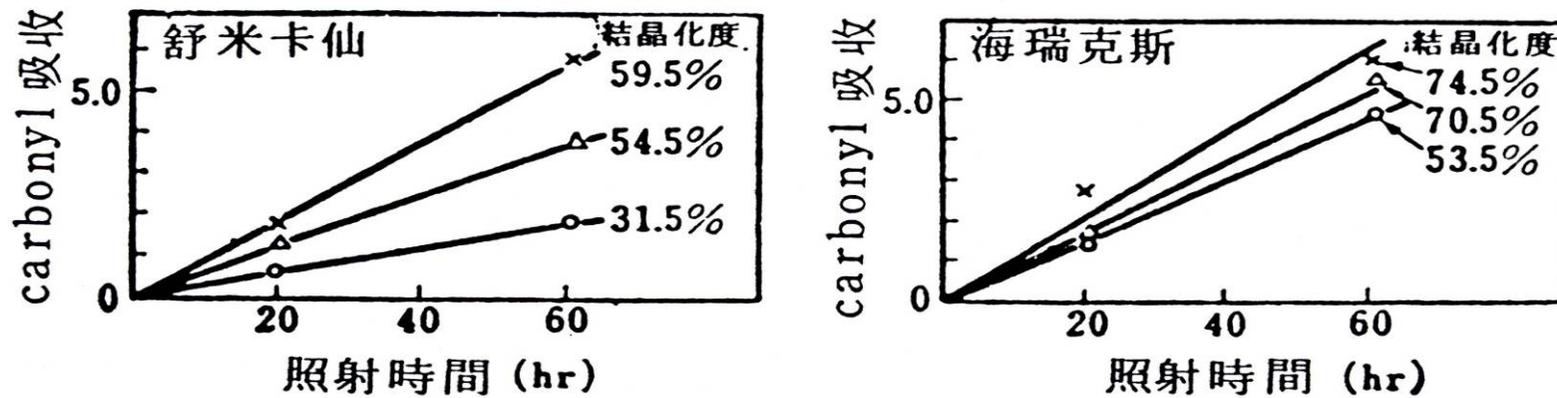


圖 7-3 聚乙烯的結晶化度與耐候性
(紫外線照射所致硬化度的變化)

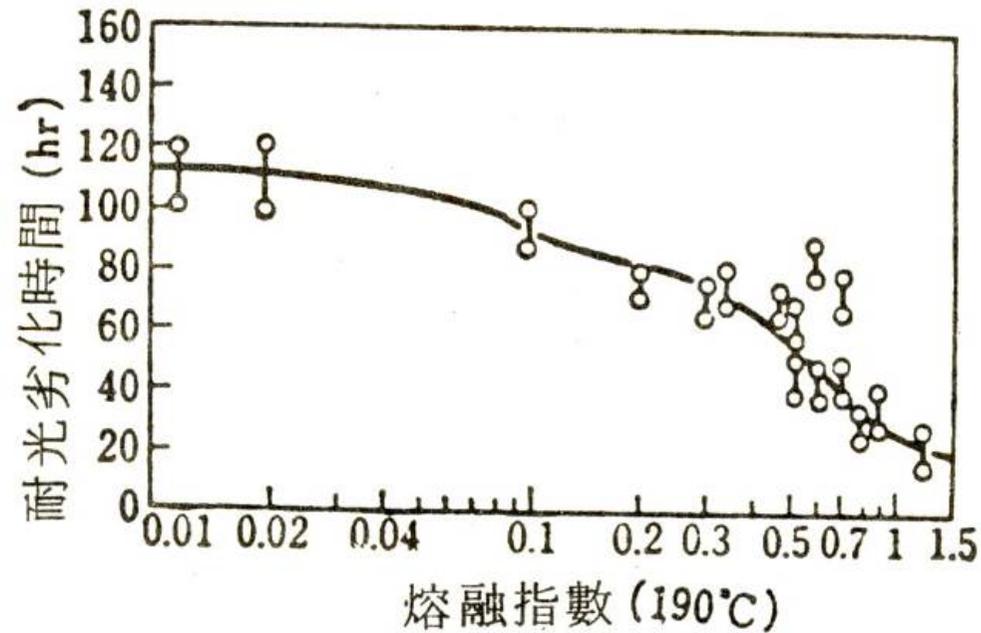
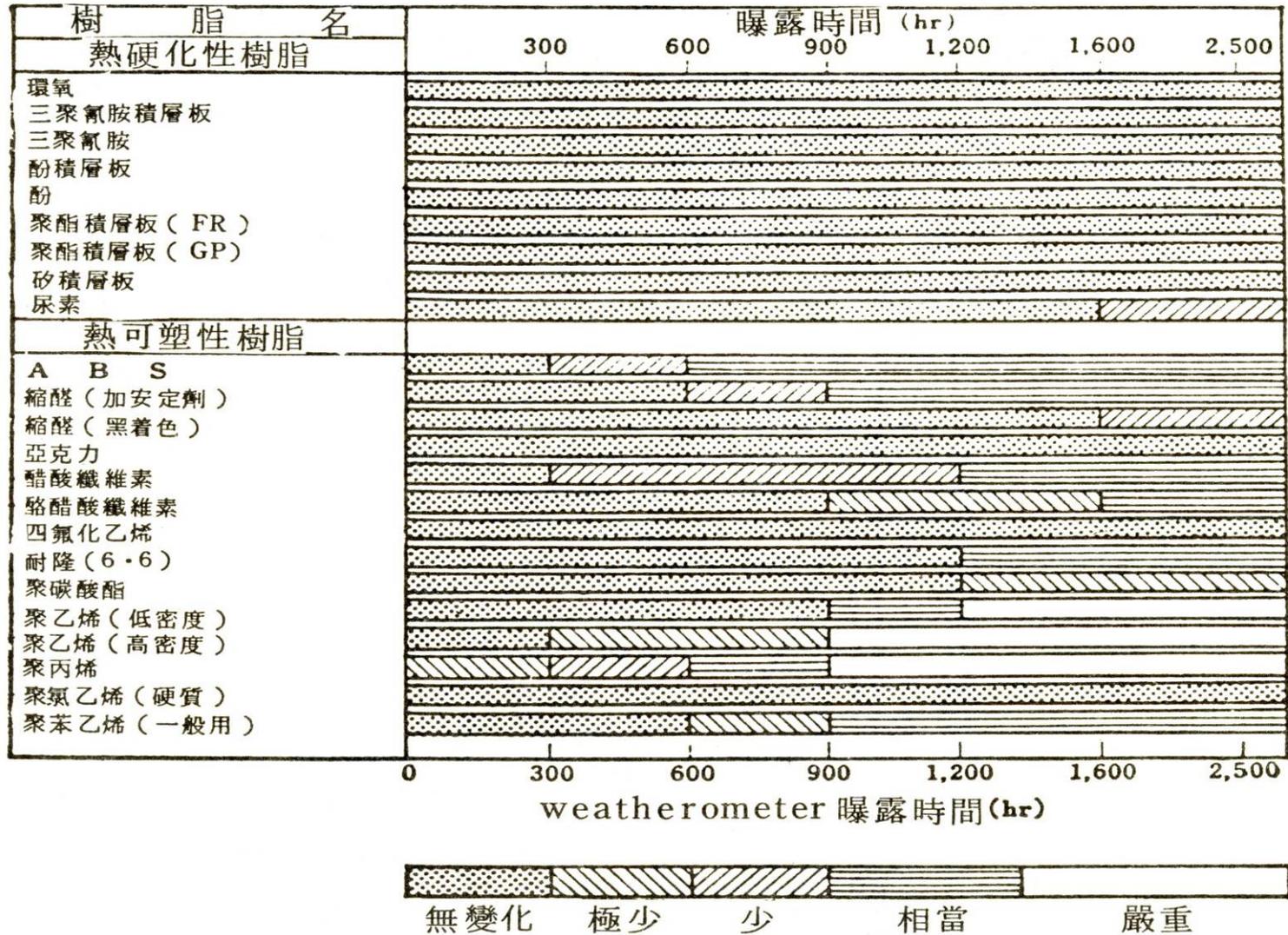


圖 7-2 聚乙烯耐候性所受分子量的影響

以PE為例，分子量愈高(熔融指數低)者，其耐光劣化時間較長，表示耐紫外線的能力愈好。

表 7-4 直到發生裂紋的曝露時間



熱硬化性的塑膠耐候性較佳。壓克力(PMMA)、聚四氟乙烯 (PTFE)、PVC耐候性甚佳。

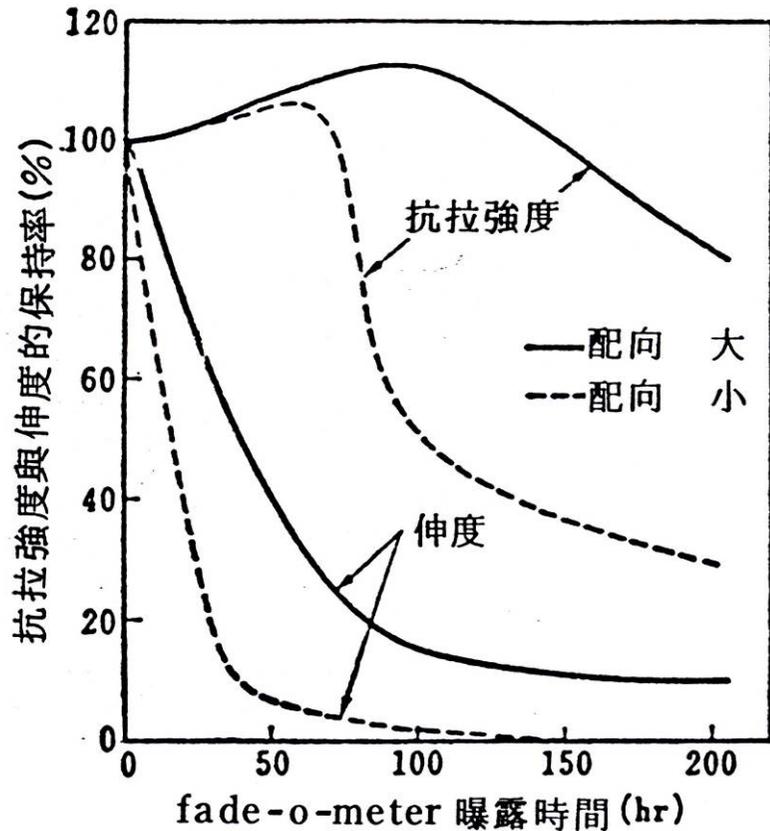
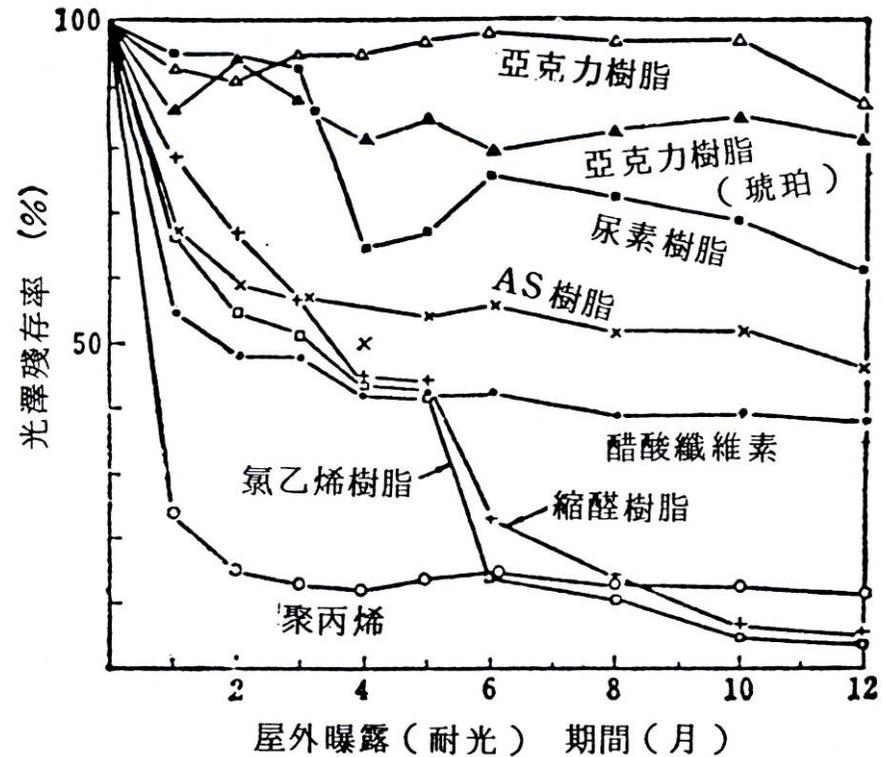


圖 7-4 耐衝擊性聚苯乙烯膜的配向度與耐候性

■ 因延伸而產生高的配向性，能使球晶(結晶區)因延伸而消除，因此耐候性會提高。



(光澤殘存率：依 JIS Z 8741 測定)

圖 7-10 各種塑膠因屋外曝露所致光澤的變化

■ 不同的塑膠耐候性不同，容易結晶(如PP)者，耐候性較差。

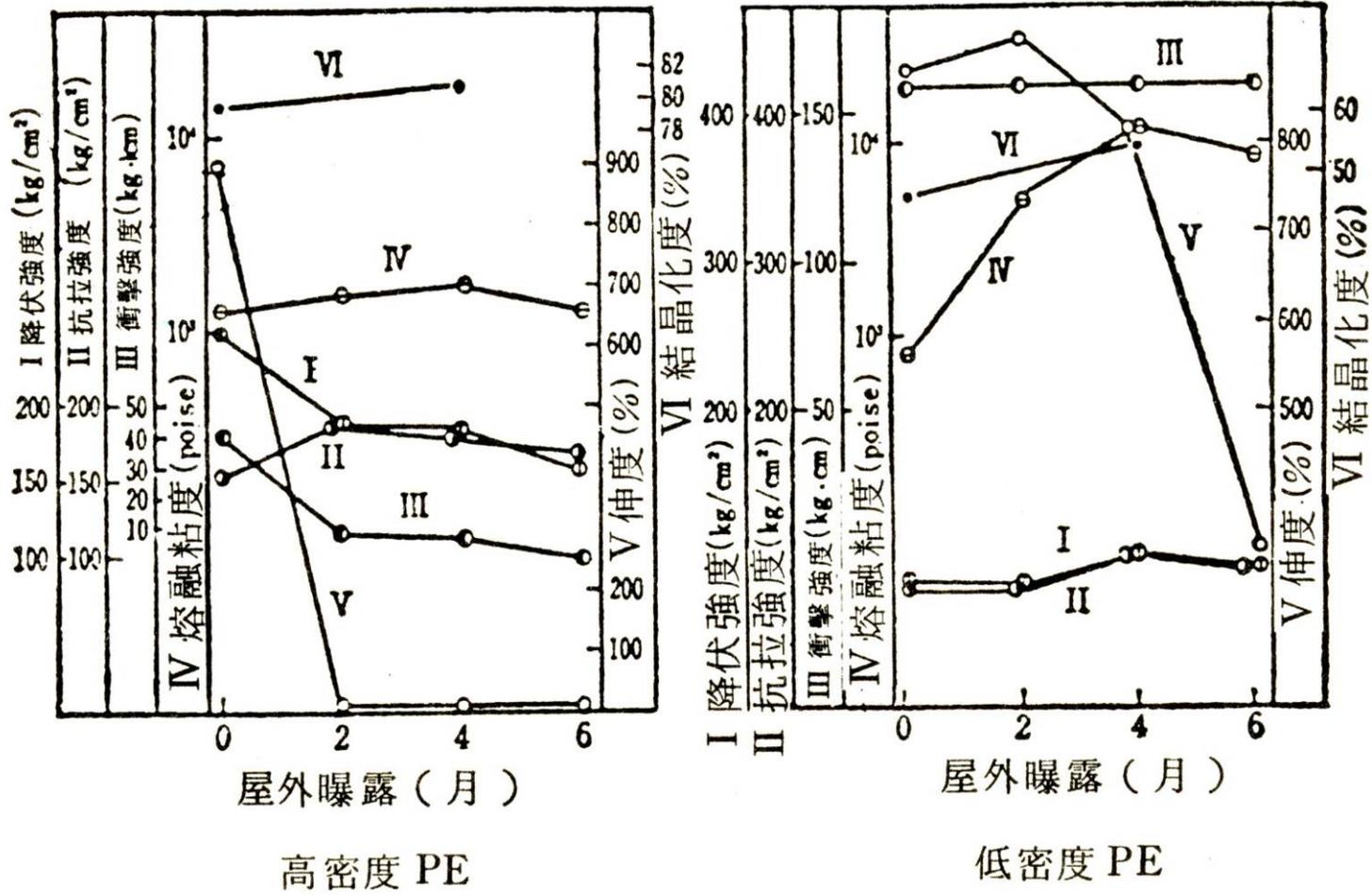


圖 7-5 聚乙烯耐候性

HDPE比LDPE結晶度高，因此耐候性約低1~2級(order)，即10~100倍。

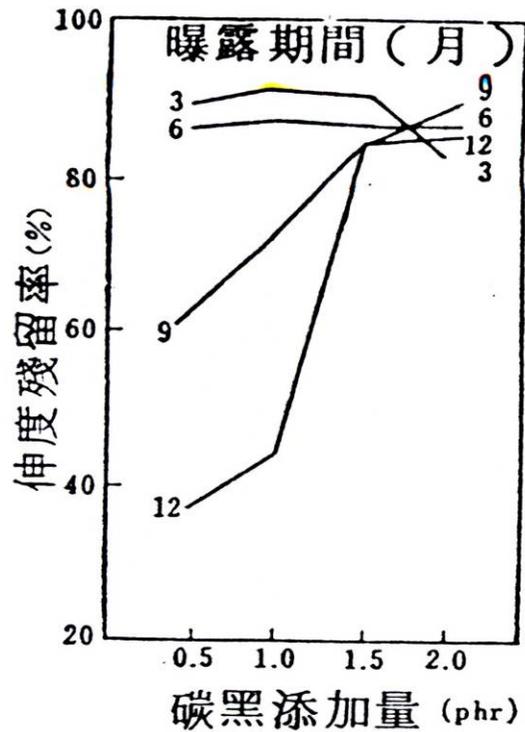


圖 7-15 氯乙烯樹脂因碳弧所致的耐候性變化

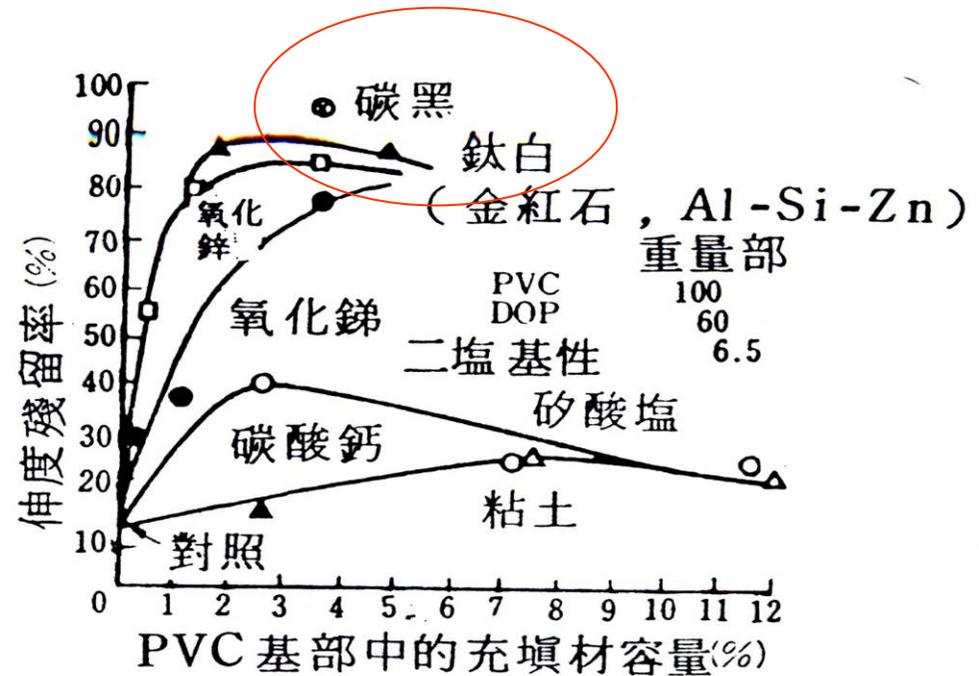


圖 7-16 在新澤西、佛羅里達、阿利桑那曝露 3 年的耐候性

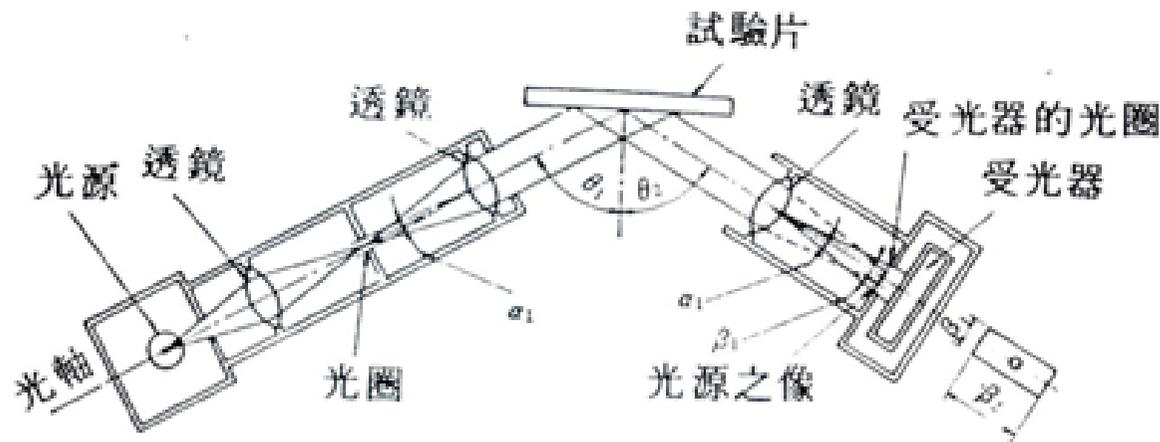
■加入添加劑(如紫外線吸收劑)可以提高耐候性。碳黑是效果很好的添加劑。

光學性質

- 光澤
- 透明度與霧度
- 折射率

光澤

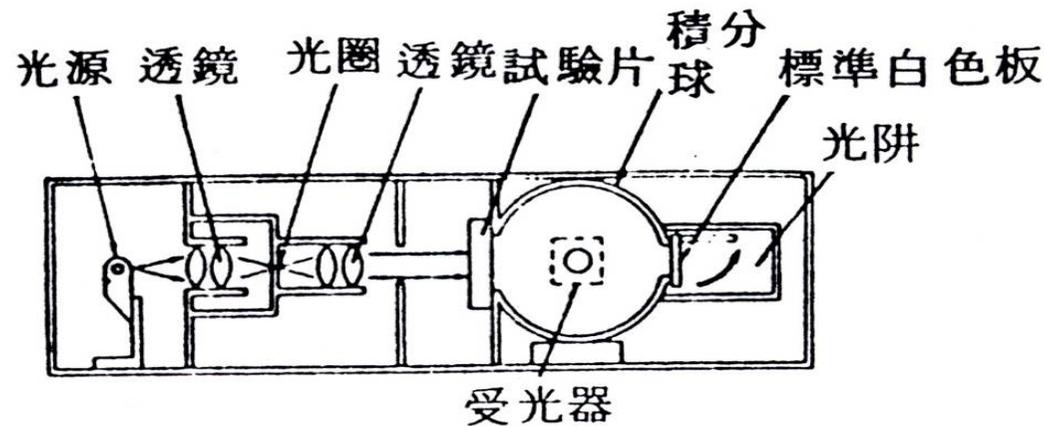
- 光澤：光照射物體表面產生的眩亮耀眼的程度。其主要是光線反射所造成的。
- 以折射率1.567的玻璃為例，在等於入射光角度的地方，以受光器測定其反射程度，並以其當作表面光澤100%，來計算塑膠試片的光澤度。入射角度有20、45、60度等。例如 $G_s(60^\circ)=76\%$ ，表示入射角60度，光澤度76%。



透明度與霧度

- 當光照射在透明物體上時，有一部份反射，有一部份被吸收，其餘則穿透過去。穿透過去的光線又分為垂直透過及擴散透過。
- 垂直透過：是指光線穿透物體之後仍以垂直物體表面的方向繼續前進。
- 擴散透過：是指光線穿透物體之後，因折射而朝其他方向前進。
- 全穿透過去的光/入射光=全光線透過率(Tt)，可由積分球測定
- 垂直透過的光/入射光=垂直光線透過率(Tp)，愈高愈透明。
- 擴散透過的光/入射光=擴散光線透過率(Td)，愈高則愈模糊。

- 霧度(haze 或稱為模糊值)：入射於透明物的光線，其擴散的程度稱之。因此以擴散光線透過率(T_d) / 全光線透過率(T_t) 表示。
- 例如毛玻璃，光線可穿透過去，但卻完全看不清楚其後面的景物，表示穿透過去的光線全部都偏折擴散了，因此其霧度就很高，愈透明的材質，光線垂直穿透過去之後，仍維持仍與物體表面垂直的方向繼續前進。



備考 也可在光源部介入視感度濾光鏡

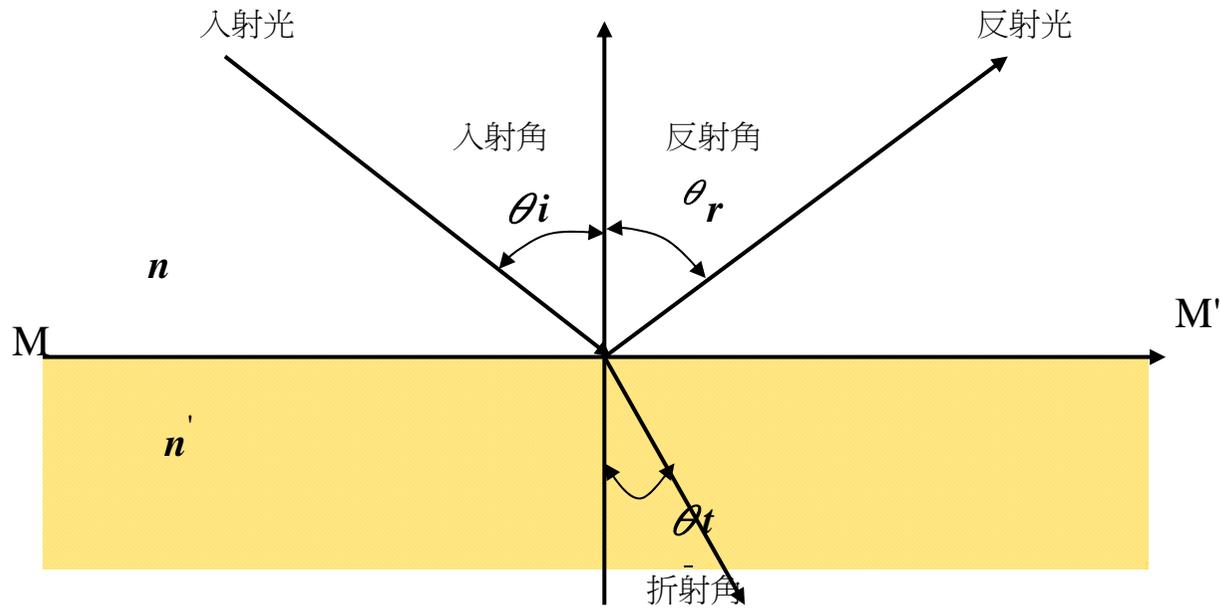
圖 2-5 積分球式測定裝置

表 2-1 各種透明塑膠的光學性質

項 目	樹 脂	亞克力樹 脂	聚苯乙烯 (一般用)	A S 樹脂	聚碳酸酯	硬質 PVC	鈉玻璃
全光線透明率 (%)		> 92.0	88.6	86.8	86.8	86.8	90.2
模糊值 (%)		3.0	9.7	8.2	7.1	13.0	—
紫外線透過最短波長 (m μ)		252	298	296	300	305	310
折 射 率		1.49	1.58	1.57	1.58	1.54	—
分 散 值		0.0067	0.0188	0.0181	0.0197	0.0104	—
Abbe 數		74.4	30.6	31.4	29.6	51.8	—

- PE、PA的透明度不高是因為結晶與非結晶共存，折射率不同，在交界處產生反射或折射(或散射)。
- 減少晶粒數目及粒徑、使二相的折射率相近、改善塑品表面的平滑度，均可防止光的散射。

光折射現象



Snell折射定律

$$n \sin \theta_i = n' \sin \theta_t$$

$$n' = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t}$$

- 物質對不同波長的光線，其折射率略有差異。
- 不同的塑材，折射率亦有所不同
- 折射率也會隨著物質溫度而略有改變。

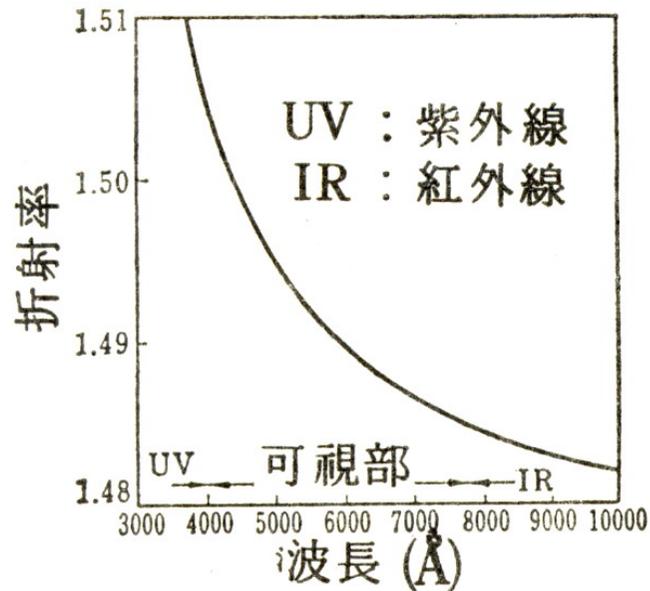


圖 2-8 亞克力樹脂的折射力與波長的關係

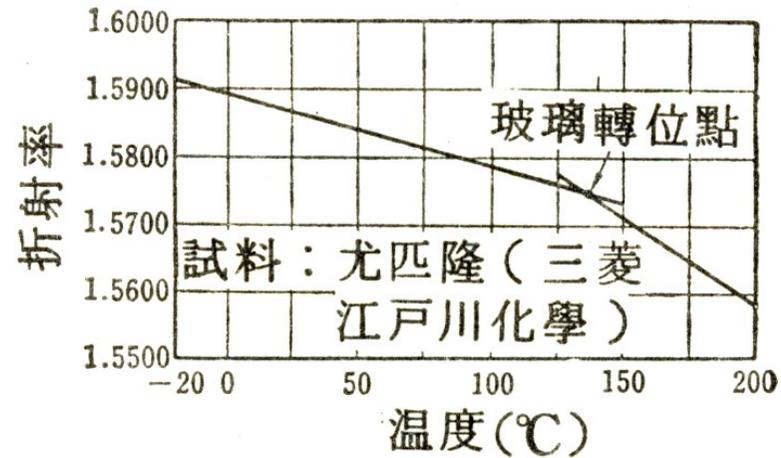


圖 2-9 聚碳酸酯折射率的溫度特性

表 2-3 各種樹脂的折射率 (n_D)

樹 脂	折 射 率	樹 脂	折 射 率	
PMMA	1.49	PVC	1.52 ~ 1.55	
POM	1.48	PS	1.59 ~ 1.60	
CAc	1.46 ~ 1.50	PC(GP)	1.59	
PE {	LD	AS	1.56 ~ 1.57	
	MD			
	HD			
PP	1.49	耐隆 {	6-6	1.53
			11	1.52

結束

http://godplace.myweb.hinet.net/tw/htm/06_info.htm