

## 1 塑膠的分類

一般概括的分類是將共聚物分為天然和合成兩種。天然的包括木材、天然纖維如羊毛和絲與及天然橡膠。加上蛋白質和其它生物共聚物也是在經濟上和技術上是很重要的，而將天然和合成的聚合物連結在一起；如使用合成黏劑。合成的聚合物包括石油、天然氣、煤或其它碳水化合物。將低分子量的碳水化合物在使用催化劑、控制壓力和溫度下，聚合轉成爲大的分子量。

其次是將成形方式視之爲另一種分類。熱塑性塑膠是可重覆的利用熱力成形而不會將塑膠本身的物理和化學特性改變得太多的塑膠。例如用新料注塑成形，將水口料打碎後再和新料混合後再塑性成形。這種方式可以重覆的使用很多次。熱固性塑膠是使用高熱及壓力成形，凝固後成永久的堅硬。再加熱是不會有反應，直至溫度高至使塑料嚴重氧化和退化。有些熱固性塑膠是可與一些化學藥品有反應。

另一種是將化學族分類。雖然塑膠之中約可以找到有 6 種一般元素，而聚合物約可找到 11 種，當中包括天然和合成的。經年來，已有 70-80 個化學族建立了出來放入了 ASTM 和 ISO 標準內，而在商業上佔非常重要的有 30-40 個族。

## 2 選擇材料的考慮因素

任何一件工業產品在設計的早期過程中，一定牽涉考慮選擇成形物料。因爲在產品生產時、裝配時、和完成的期間，物料有著相互影響的關係。除此之外，品質檢定水平、市場銷售情況和價格的釐定等也是需要考慮之列。所以這是無法使用概括全面的考慮因素而定出一種系統性處理方法來決定所選擇的材料和生產過程是爲最理想。設計指引是一條可依循的途徑，但時常在某些地方會固步不前，經驗和判斷往往是幫助成功的原因。

決定選擇材料的方法，是從芸芸眾料之中將能達致既定表現要求的抽出來，再從中篩選出一種或多種可互相選擇使用的塑料。這涉及對塑料的深刻認識、應用範圍、成形表現、物料性質、尺寸公差和成本等等。

從任何一級的塑膠物料和任一件部件成品，塑料的選擇主要是基於功能上的要求。功能上的要求是考慮沒有某種功能則產品不可能開動或根本無法長期使用。其次是設計的考慮，所涉及的是製造上的因素，產品或部件可藉此有利潤或價值的提升。

功能上的要求是由一系列的物理性質；如抗化學性、操作溫度、環境因素、電氣性能、光學性等所組成。每種產品的要求不同，應用不同，而所考慮某些重點的比較其它的重要。若重點不能單一決定則要取得各項的平衡和互補長短。

設計上的考慮是由原料價格、工序開支、模具價錢、產品環保性、市場的接受能力和使用目前生產中其它相似的物料。依循一些標準或規格是有必要的，如塑膠導管需要通過不同的標準測試來確定其設定用途適用於運送液體、污水或天然氣。而每個國家均有她們對產品的標準和安全性項目。

## 3 熱穩定性及溫度的影響

(Thermal stability and elevated temperature behavior)

長久以來很多試圖找出一些測量方法來測出塑膠的最高應用溫度，在材料能夠承受這溫度條件之下而還未有受熱力所退化至不可使用。任何一件產品，塑膠材料是受到時間因素所影響尤如產品暴露於高溫之下。這種產品多爲要長期於高溫下工作。設計工程師時常要知道所使用的聚合物能使用的最高溫度。這有賴以下兩個最大獨立因素。一爲聚合物的熱穩定性，尤其在空氣之中，其次爲聚合物的柔軟性。

UL 746B 的相對溫度指數測試漸漸廣泛使用於這些監定。爲了要在眾多的測試樣辦之中獲得溫度指數，往往這種不同的溫度的退化會持續一年之久。在這段期間樣辦是定期的取出來作測試。測試基於三個檢定方式。

1. 測量撞擊拉伸強度 — 有機械撞擊性
2. 測量拉伸強度 — 無機械撞擊性
3. 測量電擊強度 — 電器性

測試是從 10000 小時內所測出來的數值取原來的 50% 爲依據，以下是其中一些塑料所測得的結果。表中數值爲建議產品在此溫度下長期操作。

塑膠產品的建議長期操作的相對溫度指數表

塑料	相對溫度指數 RTI(°C) Relative Temperature Index
ABS	60-80
PA 尼龍	75
POM 賽鋼	90
Styrenic PPO	105
PC 防彈膠	125
	130 (40 % 玻璃纖維)
PAR	130
PBT 必備膠	140
	140 (30 % 玻璃纖維)
PET 寶特膠	150 (30 % 玻璃纖維)
PSU 聚	160
PEI	170
Polyphthalamide	180
Polyethersulphone	180

## 4 吸水特性 ( Water absorption )

塑膠產品所應用的範圍相當廣闊。從一般的家庭用品、電器用品、汽車零件、以至航天產品、這些產品要能在不同的條件下應用、包括潮濕的環境、光線的抵抗、骯髒的環境、抗損耗性等。

一般人一想到塑膠就會有一種觀念認為塑膠產品皆可防水。而事實告訴我們塑膠產品的確能有防水的作用。塑膠的外殼提供了一層很好保護層，防止水份沾濕產品內部的零件、如電路板、電子零件、金屬部件等。雖然，塑膠材料有如斯的功能，但其本身在某一定程度上是對水份有一定的吸收性。這些被吸收的水份在塑膠所表現出的特性是有一定的改變的。如加快了塑膠的退化，改變了物理特性、影響了尺寸穩定性、和降低了絕緣能力。可跟據美國 ASTM570、ISO 62 或德國 DIN 53495 的測試來作為參考，唯因測試條件不同而結果亦迥異。

### 不同標準的測試條件亦不同表

測試標準	ASTM D570	DIN 53495
泡沉時間	24 小時	4 天
增加重量	%	mg

### 塑膠材料在 24 小時沉水的吸水測試表

塑料	吸水重量(%)
PTFE	0.00-0.01
PE	<0.01
PS	0.03-0.10
EP	0.04-0.20
IPS	0.05-0.60
硬 PVC	0.07-0.40
PET, SMC	0.10-0.15
PMMA	0.10-0.40
PC	0.15-0.18
軟 PVCs	0.15-0.75
ABS	0.20-0.45
POM	0.22
PF	0.30-1.20
Nylon 11	0.40
CN	1.00-2.00
Nylon 6/6	1.00-2.80
PVB	1.0
PSU	0.22
PP	<0.01

## 5 壁厚 (Wall Thickness)

### a. 基本設計守則

壁厚的大小取決於產品需要承受的外力、是否作為其他零件的支撐、承接柱位的數量、伸出部份的多少以及選用的塑膠材料而定。一般的熱塑性塑料壁厚設計應以 4mm 為限。從經濟角度來看，過厚的產品不但增加物料成本，延長生產週期〔冷卻時間〕，增加生產成本。從產品設計角度來看，過厚的產品增加引致產生空穴〔氣孔〕的可能性，大大削弱產品的剛性及強度。

最理想的壁厚分佈無疑是切面在任何一個地方都是均一的厚度，但為滿足功能上的需求以致壁厚有所改變總是無可避免的。在此情形，由厚膠料的地方過度到薄膠料的地方應儘可能削骨。太突然的壁厚過度轉變會導致因冷卻速度不同和產生亂流而造成尺寸不穩定和表面問題。

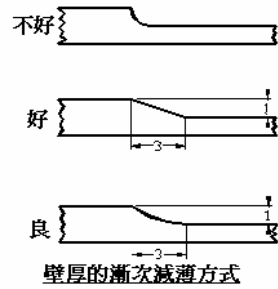
對一般熱塑性塑料來說，當收縮率〔Shrinkage Factor〕低於 0.01mm/mm 時，產品可容許厚度的改變達 ；但當收縮率高於 0.01mm/mm 時，產品壁厚的改變則不應超過 。

對一般熱固性塑料來說，太薄的產品厚度往往引致操作時產品過熱，形成廢件。此外，纖維填充的熱固性塑料於過薄的位置往往形成不夠填充物的情況發生。不過，一些容易流動的熱固性塑料如環氧樹脂〔Epoxy〕等，如厚薄均勻，最低的厚度可達 0.25mm。

此外，採用固化成型的生產方法時，流道、澆口和部件的設計應使塑料由厚膠料的地方流向薄膠料的地方。這樣使模腔內有適當的壓力以減少在厚膠料的地方出現縮水及避免模腔不能完全充填的現象。若塑料的流動方向是從薄膠料的地方流向厚膠料的地方，則應採用結構性發泡的生產方法來減低模腔壓力。

### 平面準則

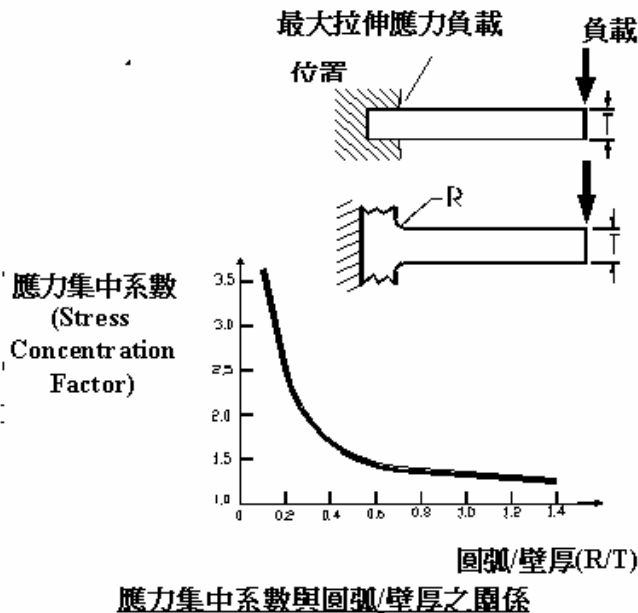
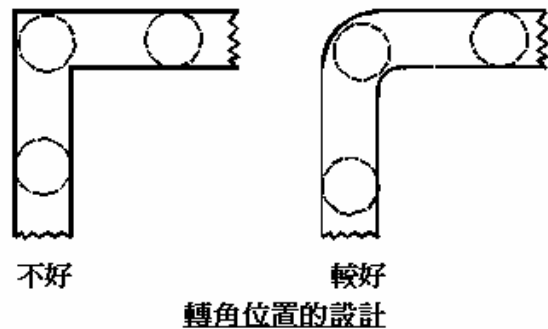
在大部份熱融過程操作，包括擠壓和固化成型，均一的壁厚是非常重要的。厚膠的地方比旁邊薄膠的地方冷卻得比較慢，並且在相接的地方表面在澆口凝固後出現收縮痕。更甚者引致產生縮水印、熱內應力、撓曲部份歪曲、顏色不同或不同透明度。若厚膠的地方漸變成薄膠的是無可避免的話，應儘量設計成漸次的改變，並且在不超過壁厚 3:1 的比例下。下圖可供參考。



### 轉角準則

壁厚均一的要訣在轉角的地方也同樣需要，以免冷卻時間不一致。冷卻時間長的地方就會有收縮現象，因而發生部件變形和撓曲。此外，尖銳的圓角位通常會導致部件有缺陷及應力集中，尖角的位置亦常在電鍍過程後引起不希望的材料聚積。集中應力的地方會在受負載或撞擊的時候破裂。較大的圓角提供了這種缺陷的解決方法，不但減低應力集中的因素，且令流動的塑料流得更暢順和成品脫模時更容易。下圖可供參考之用。

轉角位的設計準則亦適用於懸樑式扣位。因這種扣緊方式是需要將懸樑臂彎曲嵌入，轉角位置的設計圖說明如果轉角弧位  $R$  太小時會引致其應力集中系數 (Stress Concentration Factor) 過大，因此，產品彎曲時容易折斷，弧位  $R$  太大的話則容易出現收縮紋和空洞。因此，圓弧位和壁厚是有一定的比例。一般介乎 0.2 至 0.6 之間，理想數值是在 0.5 左右。



### 壁厚限制

不同的塑膠材料有不同的流動性。膠位過厚的地方會有收縮現象，膠位過薄的地方塑料不易流過。以下是一些建議的膠料厚度可供參考。

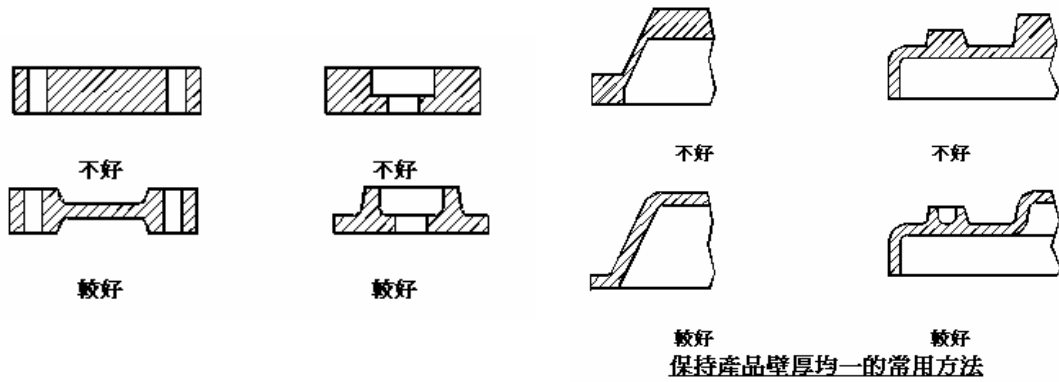
### 熱塑性塑料的膠厚設計參考表

熱塑性塑性	最薄 mm(inches)	平均 mm(inches)	最厚 mm(inches)
Acetal POM	0.4(0.015)	1.6(0.062)	3.2(0.125)
ABS	0.8(0.030)	2.3(0.090)	3.2(0.125)
Acrylic – PMMA	0.6(0.025)	2.4(0.093)	6.4(0.250)
Cellulosics – CE	0.6(0.025)	1.9(0.075)	4.8(0.187)
FEP	0.25(0.010)	0.9(0.035)	12.7(0.500)
Nylon – PA	0.4(0.015)	1.6(0.062)	3.2(0.125)
Polycarbonate – PC	0.1(0.040)	2.4(0.093)	9.5(0.375)
Polyethylene(L.D.) – LDPE	0.5(0.020)	1.6(0.062)	6.4(0.250)
Polyethylene(H.D.) – HDPE	0.9(0.035)	1.6(0.062)	6.4(0.250)
Ethylene vinyl acetate – EVA	0.5(0.020)	1.6(0.062)	3.2(0.125)
Polypropylene – PP	0.6(0.025)	2.0(0.080)	7.6(0.300)
Polysulfone – PSU	1.0(0.040)	2.5(0.100)	9.5(0.375)
Modified – PPO	0.8(0.030)	2.0(0.080)	9.5(0.375)
Polystyrene – PS	0.8(0.030)	1.6(0.062)	6.4(0.250)

### 熱固性塑料的膠厚設計參考表

熱固性塑料	最薄 mm(inches)	平均 mm(inches)	最厚 mm(inches)
Alkyd-glass filled	1.0(0.040)	3.2(0.125)	12.7(0.500)
Alkyd-mineral filled	1.0(0.040)	4.8(0.187)	9.5(0.375)
Di allyl phthalate	1.0(0.040)	4.8(0.187)	9.5(0.375)
Epoxy/glass	0.8(0.030)	3.2(0.125)	25.4(1.000)
Melamine-cellulose filled	0.9(0.035)	2.5(0.100)	4.8(0.187)
Urea-cellulose filled	0.9(0.035)	2.5(0.100)	4.8(0.187)
Phenolic-general purpose	1.3(0.050)	3.2(0.125)	25.4(1.000)
Phenolic-flock filled	1.3(0.050)	3.2(0.125)	25.4(1.000)
Phenolic-glass filled	0.8(0.030)	2.4(0.093)	19(0.750)
Phenolic-fabric filled	1.6(0.062)	4.8(0.187)	9.5(0.375)
Phenolic-mineral filled	3.2(0.125)	4.8(0.187)	25.4(1.000)
Silicone glass	1.3(0.050)	3.2(0.125)	6.4(0.250)
Polyester premix	1.0(0.040)	1.8(0.070)	25.4(1.000)

其實大部份厚膠的設計可從使用加強筋及改變橫切面形狀取締之。除了可減省物料以致減省生產成本外，取締後的設計更可保留和原來設計相若的剛性、強度及功用。下圖的金屬齒輪如改成使用塑膠物料，更改後的設計理應如圖一般。此塑膠齒輪設計相對原來金屬的設計不但減省材料，消取因厚薄不均引致的內應力增加及齒冠部份收縮引致整體齒輪變形的情况發生。



## B 不同材料的設計要點

### ABS

#### a) 壁厚

壁厚是產品設計最先被考慮，一般用於注塑成型的會在 1.5 mm (0.06 in) 至 4.5 mm (0.18 in)。壁厚比這範圍小的用於塑料流程短和細小部件。典型的壁厚約在 2.5mm (0.1 in) 左右。一般來說，部件愈大壁厚愈厚，這可增強部件強度和塑料充填。壁厚在 3.8mm (0.15 in) 至 6.4mm (0.25 in) 範圍是可使用結構性發泡。

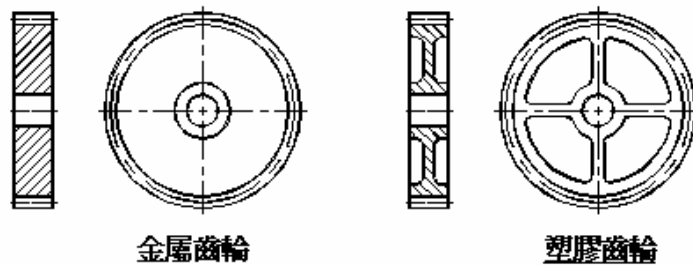
#### b) 圓角

建議的最小圓角半徑是膠料厚度的 25%，最適當的半徑 膠料厚比例在 60%。輕微的增加半徑就能明顯的減低應力。

### PC

#### a) 壁厚

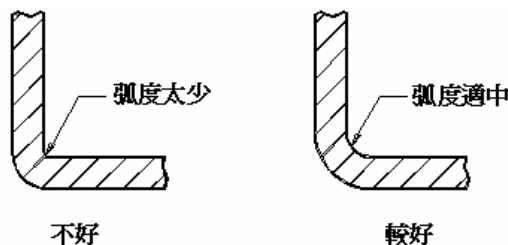
壁厚大部份是由負載要求、內應力、幾何形狀、外型、塑料流量、可注塑性和經濟性來決定。PC 的建議最大壁厚為 9.5mm (0.375 in)。



若要效果好，則壁厚應不過 3.1mm (0.125 in)。在一些需要將壁厚增加使強度加強時，肋骨和一些補強結構可提供相同結果。PC 大部份應用的最小壁厚在 0.75 mm (0.03 in)

左右，再薄一些的地方是要取決於部件的幾何和大小。短的塑料流程是可以達到 0.3 mm (0.012 in) 壁厚。

壁厚由厚的過度到薄的地方是要儘量使其暢順。所有情況塑料是從最厚的地方進入模腔內，以避免縮水和內應力。均一的壁厚是要很重要的。不論在平面轉角位也是要達到這種要求，可減少成型後的變型問題。



### LCP

#### a) 壁厚

由於液晶共聚物在高剪切情況下有高流動性，所以壁厚會比其它的塑料薄。最薄可達 0.4mm，一般厚度在 1.5mm 左右。

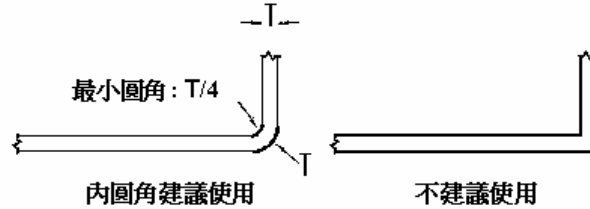
PS

a) 壁厚

一般的設計膠料的厚度應不超過 4mm，太厚的話會導致延長了生產週期。因需要更長的冷卻時間，且塑料收縮時有中空現象，並減低部件的物理性質。均一的壁厚在設計上是最理想的，但有需要將厚度轉變時，就要將過度區內的應力集中除去。如收縮率在 0.01 以下則壁厚的轉變可有 50% 的變化。若收縮率在 0.01 以上則應只有 10% 的改變。

b) 圓角

在設計上直角是要避免。直角的地方有如一個節點，會引致應力集中使抗撞擊強度降低。圓角的半徑應為壁厚的 25% 至 75%，一般建議在 50% 左右。



PA

a) 壁厚

尼龍的塑膠零件設計應採用結構所需要的最小厚度。這種厚度可使材料得到最經濟的使用。壁厚盡量能一致以消除成型後變形。若壁厚由厚過度至薄膠料則需要採用漸次變薄的方式。

b) 圓角

建議圓角 R 值最少 0.5mm (0.02 in)，此一圓角一般佳可接受，在有可能的範圍，儘量使用較大的 R 值。因應力集中因素數值因為 R/T 之比例由 0.1 增至 0.6 而減少了 50%，即由 3 減至 1.5。而最佳的圓角是為 R/T 在 0.6 之間。

PBT

a) 壁厚

壁厚是產品成本的一個因素。薄的壁厚要視乎每種塑料特性而定。設計之前宜先了解所使用塑料的流動長度限制來決定壁厚。負載要求時常是決定壁厚的，而其它的如內應力，部件幾何形狀，不均一化和外形等。典型的壁厚介乎在 0.76mm 至 3.2mm (0.03 至 0.125in)。壁厚要求均一，若有厚薄膠料的地方，以比例 3:1 的錐形漸次由厚的地方過度至薄的地方。

b) 圓角

轉角出現尖角所導致部件的破壞最常見的現象，增加圓角是加強塑膠部件結構的方法之一。若將應力減少 5% (由 3 減至 1.5) 則圓角與壁厚的比例由 0.1 增加至 0.6。而 0.6 是建議的最理想表現。

PSU

a) 壁厚

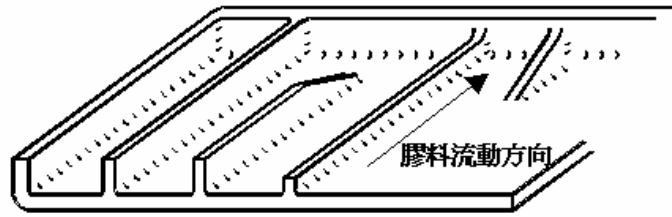
常用於大型和長流距的壁厚最小要在 2.3mm (0.09in)。細小的部件可以最小要有 0.8 mm (0.03in) 而流距應不可超過 76.2 mm (3 in)

## 6 加強筋 (Ribs)

### A 基本設計守則

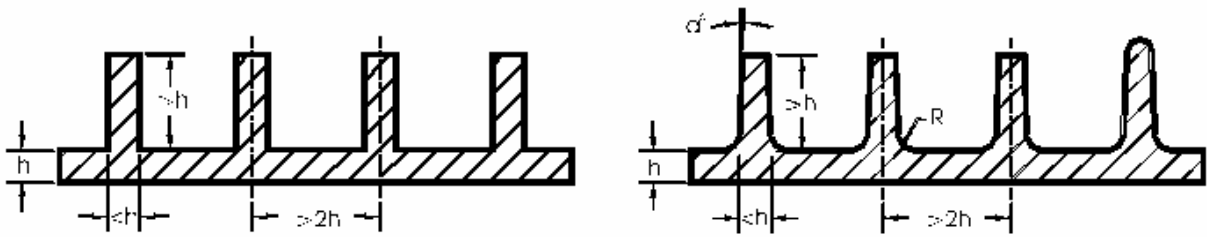
加強筋在塑膠部件上是不可或缺的功能部份。加強筋有效地如『工』字鐵般增加產品的剛性和強度而無需大幅增加產品切面面積，但沒有如『工』字鐵般出現倒扣難於成型的形狀問題，對一些經常受到壓力、扭力、彎曲的塑膠產品尤其適用。此外，加強筋更可充當內部流道，有助模腔充填，對幫助塑料流入部件的支節部份很大的作用。

加強筋一般被放在塑膠產品的非接觸面，其伸展方向應跟隨產品最大應力和最大偏移量的方向，選擇加強筋的位置亦受侷於一些生產上的考慮，如模腔充填、縮水及脫模等。加強筋的長度可與產品的長度一致，兩端相接產品的外壁，或只佔據產品部份的長度，用以局部增加產品某部份的剛性。要是加強筋沒有接上產品外壁的話，末端部份亦不應突然終止，應該漸次地將高度減低，直至完結，從而減少出現困氣、填充不滿及燒焦痕等問題，這些問題經常發生在排氣不足或封閉的位置上。



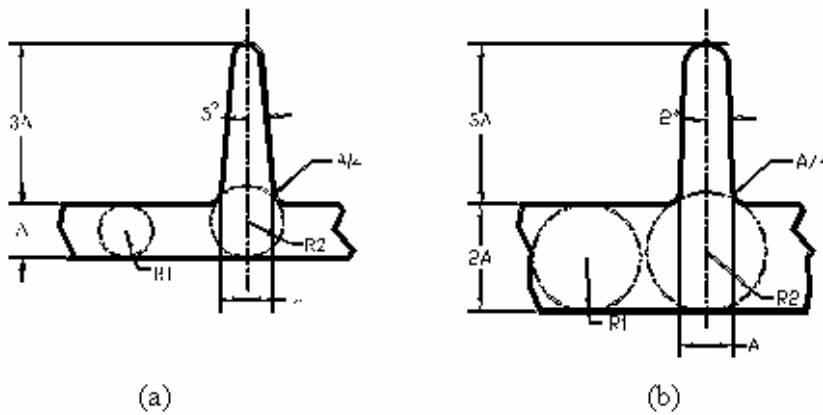
加強筋一般的設計

加強筋最簡單的形狀是一條長方形的柱體附在產品的表面上，不過為了滿足一些生產上或結構上的考慮，加強筋的形狀及尺寸須要改變成如以下的圖一般。



長方形的加強筋必須改變形狀使生產更容易

加強筋的兩邊必須加上出模角以減低脫模頂出時的摩擦力，底部相接產品的位置必須加上圓角以消除應力集過份中的現象，圓角的设计亦給與流道漸變的形狀使模腔充填更為流暢。此外，底部的寬度須較相連外壁的厚度為小，產品厚度與加強筋尺寸的關係圖 a 說明這個要求。圖中加強筋尺寸的设计雖然已按合理的比例，但當從加強筋底部與外壁相連的位置作一圓圈 R1 時，圖中可見此部份相對外壁的厚度增加大約 50%，因此，此部份出現縮水紋的機會相當大。如果將加強筋底部的寬度相對產品厚度減少一半(產品厚度與加強筋尺寸的關係圖 b)，相對位置厚度的增幅即減至大約 20%，縮水紋出現的機會亦大為減少。由此引伸出使用兩條或多條矮的加強筋比使用單一條高的加強筋較為優勝，但當使用多條加強筋時，加強筋之間的距離必須較相接外壁的厚度大。加強筋的形狀一般是細而長，加強筋一般的设计圖說明设计加強筋的基本原則。留意過厚的加強筋设计容易產生縮水紋、空穴、變形撓曲及夾水紋等問題，亦會加長生產週期，增加生產成本。

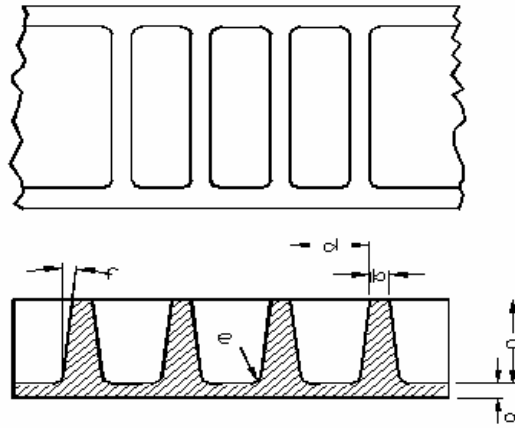


產品厚度與加強筋尺寸的關係

除了以上的要求，加強筋的设计亦與使用的塑膠材料有關。從生產的角度看，材料的物理特性如熔膠的黏度和縮水率對加強筋设计的影響非常大。此外，塑料的蠕動(creep)特性從結構方面來看亦是一個重要的考慮因素。例如，從生產的角度看，加強筋的高度是受侷於熔膠的流動及脫模頂出的特性(縮水率、摩擦係數及穩定性)，較深的加強筋要求膠料有較低的熔膠黏度、較低的摩擦係數、較高的縮水率。另外，增加長的加強筋的出模角一般有助產品頂出，不過，當出模角不斷增加而底部的闊度維持不變時，產品的剛性、強度，與可頂出的面積即隨著減少。頂出面積減少的问题可從在產品加強筋部份加上數個頂出凸塊或使用較貴的扁頂針得以解決，同時在頂出的方向打磨光潔亦有助產品容易頂出。從結構方面考慮，較深的加強筋可增加產品的剛性及強度而無須大幅增加重量，但與此同時，產品的最高和最低點的屈曲應力(bending stress)隨著增加，產品设计員須計算並肯定此部份的屈曲應力不會超出可接受的範圍。



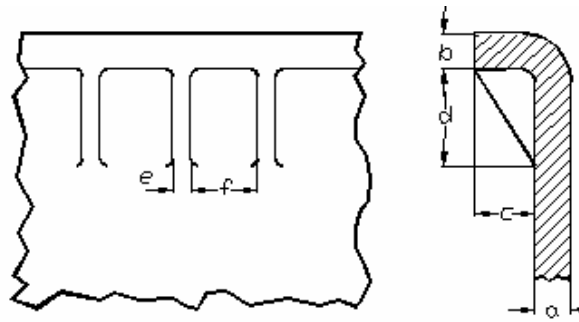
從生產的角度考慮，使用大量短而窄的加強筋比較使用數個深而闊的加強筋優勝。模具生產時(尤其是首辦模具)：加強筋的闊度(也有可能深度)和數量應盡量留有餘額，當試模時發覺產品的剛性及強度有所不足時可適當地增加，因為在模上去除鋼料比使用燒焊或加上插入件等增加鋼料的方法來得簡單及便宜。



- a = 壁厚
- b = 0.6 ~ 0.75a
- c = 2.5a ~ 3a(若須要更高之強度 則加上額外的肋)
- d = 最少 3a
- e = 0.25a(轉角半徑)
- f = 單邊最少 0.5° 傾斜

**加強筋增強塑膠件強度的方法**

以下是加強筋被置於塑膠部件邊緣的地方可以幫助塑料流入邊緣的空間。



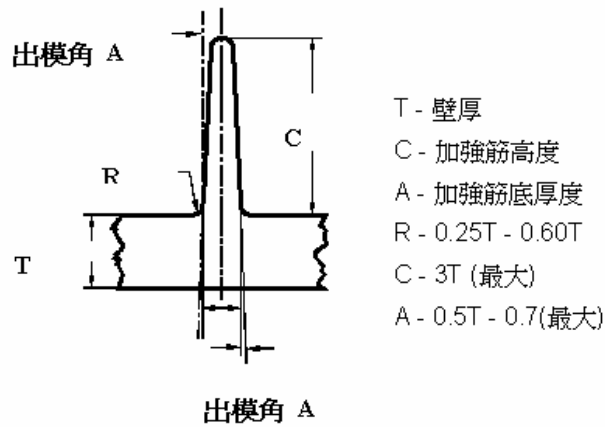
- a = 壁厚
- b = a
- c = a
- d = 2a
- e = 0.6 ~ 0.7a
- f = 最少 2a

**置於塑膠部件邊緣地方的加強筋**

**B 不同材料的設計要點**

**ABS**

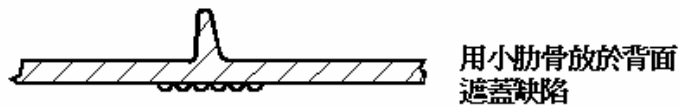
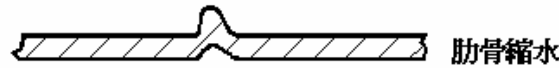
減少在主要的部件表面上出現縮水情形，肋骨的厚度應不可是相交的膠料厚度的 50%以上，在一些非決定性的表面肋骨厚度可最多到 70%。在薄膠料結構性發泡塑膠部件，肋骨可達相交面料厚的 80%。  
 厚膠料肋骨可達 100%。肋骨的高度不應高於膠料厚的三倍。當超過兩條肋骨的時候，肋骨之間的距離應不小於膠料厚度的兩倍。肋骨的出模角應介乎單邊至以便於脫模容易。



**ABS加強筋的設計要點**

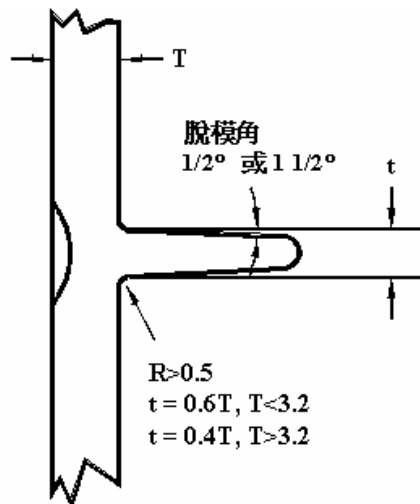
PA

單獨的肋骨高度不應是肋骨底部厚度的三倍或以上。在任何一條肋骨的後面，都應該設置一些小肋骨或凹槽，因肋骨在冷卻時會在背面造成凹痕，用那些肋骨和凹槽可以作裝飾用途而消除縮水的缺陷。



PBT

厚的肋骨儘量避免以免產生氣泡，縮水紋和應力集中。方式的考慮是會限制了肋骨尺寸。在壁厚於 3.2mm (1/8 in) 以下肋骨厚度不應超過壁厚的 60%。在壁厚超過 3.2mm 的肋骨不應超過 40%。肋骨高度應不超過骨厚的 3 倍。肋骨與膠壁兩邊的地方以一個 0.5mm (0.02 in) 的 R 來相連接，使塑料流動暢順和減低內應力。

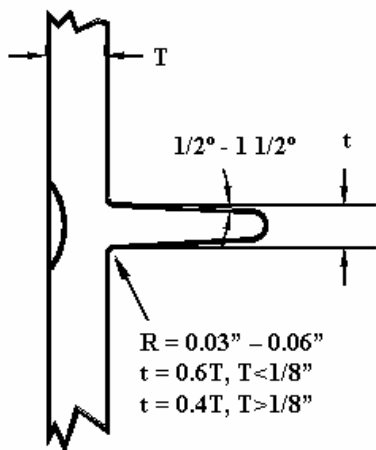


PC

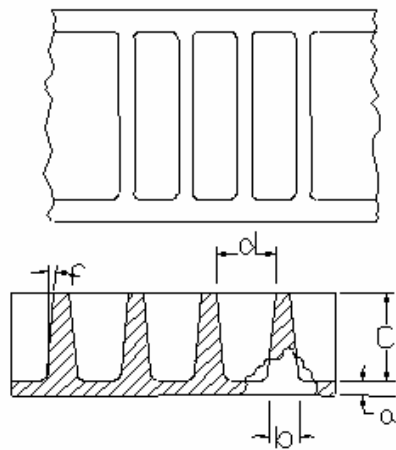
一般的肋骨厚度是取決於塑料流程和壁厚。若很多肋骨應用於補強作用，薄的肋骨是比厚的要好。PC 肋骨的設計可參考下圖 PS 的肋骨設計要點。

PS

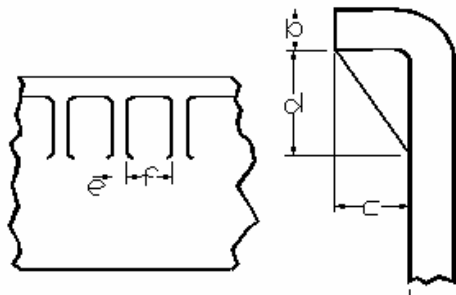
肋骨的厚度不應超過其相接壁厚的50%。經驗告訴我們違反以上的指引在表面上會出現光澤不一現象。



PS置於中位的肋骨設計要點



- a = 壁厚
- b = 0.5至0.75a
- c = 3a(最多)
- d = 2.5a(最小)
- e = 0.25a(圓角)
- f = 1/2° 單邊最小之脫模角

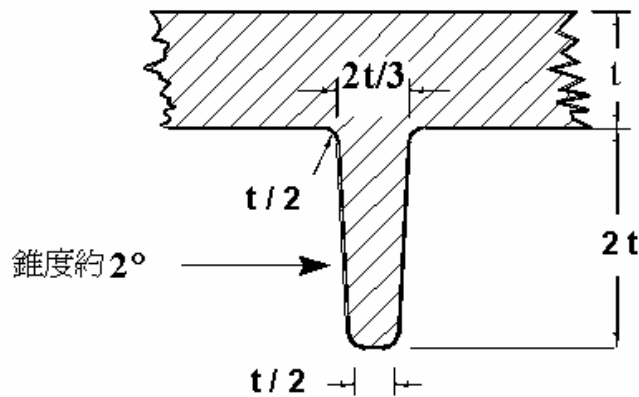


- a = 壁厚
- b = a
- c = a
- d = 2a
- e = 0.5 - 0.75a
- f = 2.5a 最少

PS置於邊位的肋骨設計要點

PSU

肋骨是可以增強了產品的撞擊強度和利用最經濟的成本達致有效的結果。不良的設計是會使表面有收縮痕和非期望的撞擊強度。



PSU肋骨的設計要點

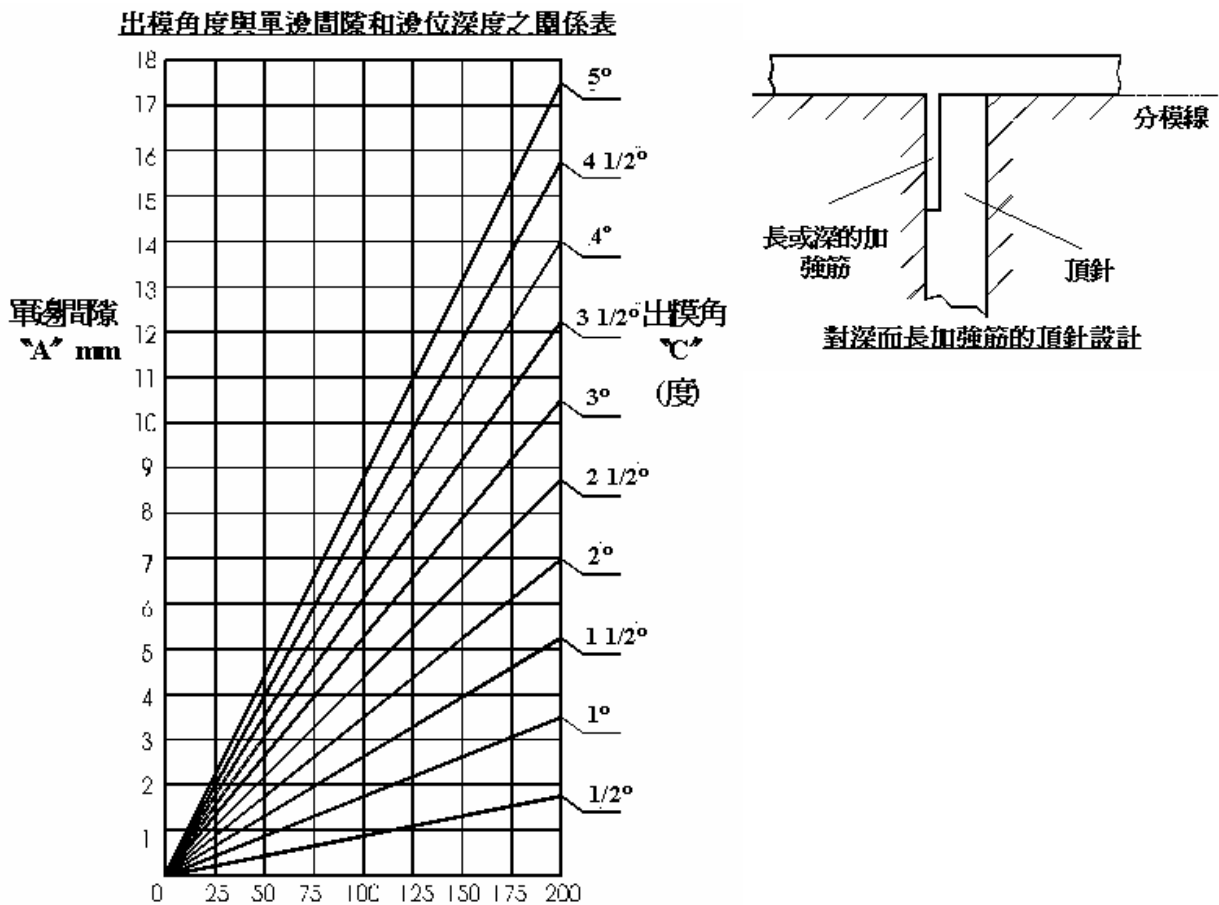
7 出模角 (Draft Angle)

## A 基本設計守則

塑膠產品在設計上通常會為了能夠輕易的使產品由模具脫離出來而需要在邊緣的內側和外側各設有一個傾斜角〔出模角〕。若然產品附有垂直外壁並且與開模方向相同的話，則模具在塑料成型後需要很大的開模力才能打開，而且，在模具開啓後，產品脫離模具的過程亦相信十分困難。要是該產品在產品設計的過程上已預留出模角及所有接觸產品的模具零件在加工過程當中經過高度拋光的話，脫模就變成輕而易舉的事情。因此，出模角的考慮在產品設計的過程是不可或缺的

因注塑件冷卻收縮後多附在凸模上，為了使產品壁厚平均及防止產品在開模後附在較熱的凹模上，出模角對應於凹模及凸模是應該相等的。不過，在特殊情況下若然要求產品於開模後附在凹模的話，可將相接凹模部份的出模角盡量減少，或刻意在凹模加上適量的倒扣位。

出模角的大小是沒有一定的準則，多數是憑經驗和依照產品的深度來決定。此外，成型的方式，壁厚和塑料的選擇也在考慮之列。一般來說，高度拋光的外壁可使用 1/8 度或 1/4 度的出模角。深入或附有織紋的產品要求出模角作相應的增加，習慣上每 0.025mm 深的織紋，便需要額外 1 度的出模角。出模角度與單邊間隙和邊位深度之關係表，列出出模角度與單邊間隙的關係，可作為參考之用。此外，當產品需要長而深的肋骨及較小的出模角時，頂針的設計須有特別的處理，見對深而長加強筋的頂針設計圖。



## B 不同材料的設計要點

### ABS

一般應用單邊 0.5° 至 1° 就足夠。有時因為拋光紋路與出模方向相同，出模角可接近至零。有紋路的側面需每深 0.025mm (0.001 in) 增加 1° 出模角。正確的出模角可向蝕紋供應商取得。

### LCP

因為液晶共聚物有高的模數和低的延展性，倒扣的設計應要避免。在所有的肋骨、壁邊、支柱等凸出膠位以上的地方均要有最小 0.2-0.5° 的出模角。若壁邊比較深或沒有磨光表面和有蝕紋等則有需要再加額外的 0.5-1.5° 以上。

PBT

若部件表面光潔度好，需要  $1/2^\circ$  最小的脫模角。經蝕紋處理過的表面，每增加  $0.03\text{mm}$  ( $0.001\text{in}$ ) 深度就需要加大  $1^\circ$  脫模角。

PC

脫模角是在部件的任何一邊或凸起的地方要有的，包括上模和下模的地方。一般光潔的表面  $1.5^\circ$  至  $2^\circ$  已很足夠，然而有蝕紋的表面是要求額外的脫模角，以每深  $0.25\text{mm}$  ( $0.001\text{in}$ ) 增加  $1^\circ$  脫模角。

PS

$0.5^\circ$  的脫模角是極細的。 $1^\circ$  的脫模角是標準方法。太小的脫模角會使部件難於脫離模腔。無論如何，任何的脫模角總比無角度為佳。若部件有蝕紋的話，如皮革紋等，一般均以紋的深度，每深  $0.025\text{mm}$ ，就多加  $1^\circ$  脫模角。

## 8 支柱 (Boss)

### A 基本設計守則

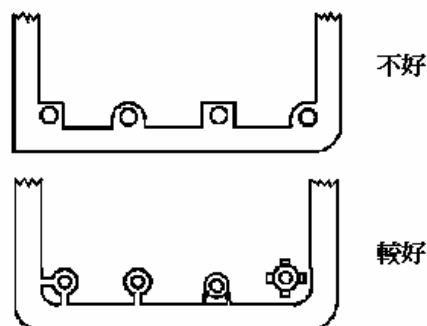
支柱突出膠料壁厚是用以裝配產品、隔開物件及支撐承托其他零件之用。空心的支柱可以用來嵌入鑲件、收緊螺絲等。這些應用均要有足夠強度支持壓力而不致於破裂。

支柱盡量不要單獨使用，應盡量連接至外壁或與加強筋一同使用，目的是加強支柱的強度及使膠料流動更順暢。此外，因過高的支柱會導致塑膠部件成型時困氣，所以支柱高度一般是不會超過支柱直徑的兩倍半。加強支柱的強度的方法（尤其是遠離外壁的支柱），除了可使用加強筋外，三角加強塊（Gusset plate）的使用亦十分常見。

一個品質好的螺絲 / 支柱設計組合是取決於螺絲的機械特性及支柱孔的設計，一般塑膠產品的料厚尺寸是不足以承受大部份緊固件產生的應力。因此，從裝配的考慮來看，局部增加膠料厚度是有需要的。但是，這會引致不良的影響，如形成縮水痕、空穴、或增加內應力。因此，支柱的導入孔及穿孔（避空孔）的位置應與產品外壁保持一段距離。支柱可遠離外壁獨立而處或使用加強筋連接外壁，後者不但增加支柱的強度以支撐更大的扭力及彎曲的外力，更有助膠料填充及減少因困氣而出現燒焦的情況。同樣理由，遠離外壁的支柱亦應輔以三角加強塊，三角加強塊對改善薄壁支柱的膠料流動特別適用。

收縮痕的大小取決於膠料的收縮率、成型工序的參數控制、模具設計及產品設計。使用過短的哥針、增加底部弧度尺寸、加厚的支柱壁或外壁尺寸均不利於收縮痕的減少；不幸地，支柱的強度及抵受外力的能力卻隨著增加底部弧度尺寸或壁厚尺寸而增加。因此，支柱的設計須要從這兩方面取得平衡。

#### 1) 支柱位置

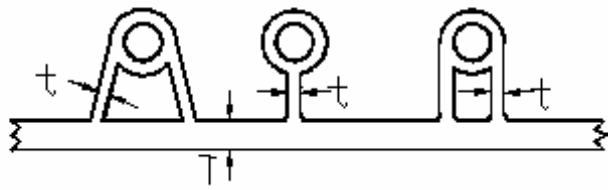


支柱的位置設計

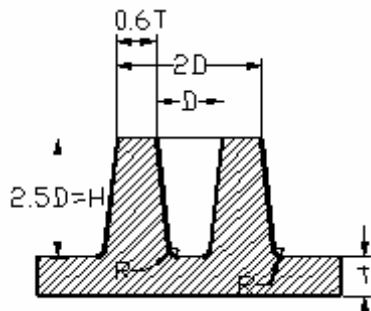
#### 2) 支柱設計

$$T < 1/8", t = 0.6T$$

$$T < 1/8", t = 0.4T$$



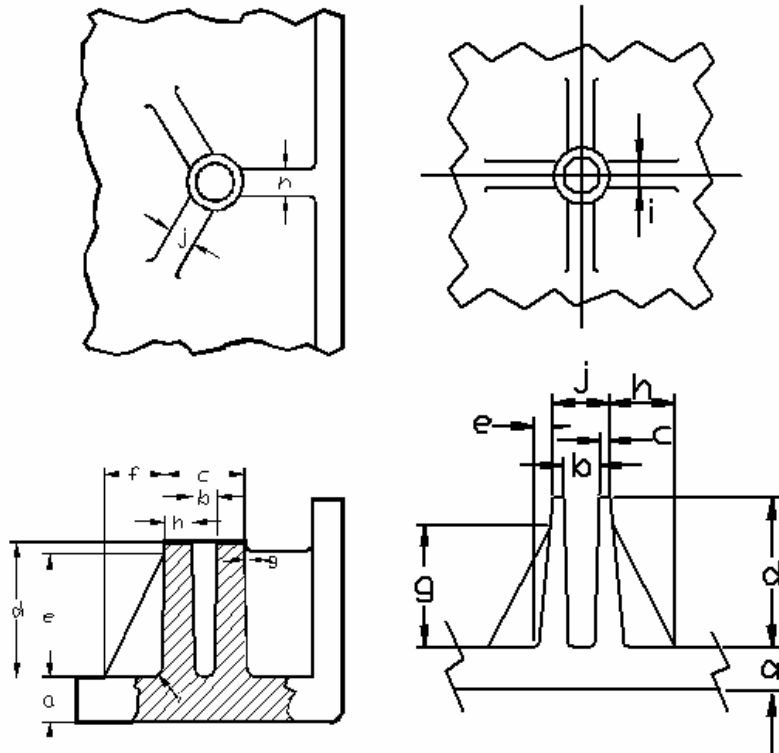
a) 支柱離開外壁時



b) 獨立支柱設計要點

a) 支柱靠近外壁時

b) 支柱遠離外壁時



支柱的兩種設計要點

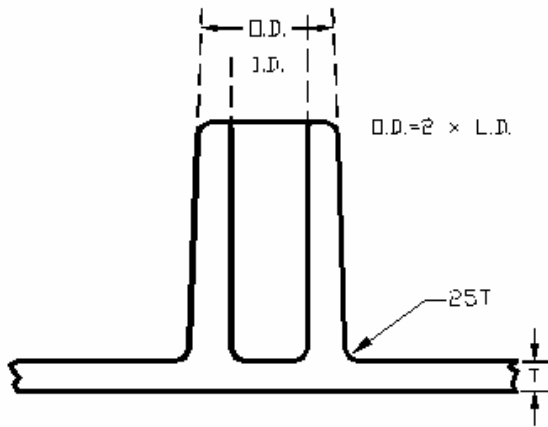
- a = 壁厚
- b = 支柱頂部圓孔之直徑
- c = 3b(支柱之頂部)
- d = 3a
- e = 0.9d
- f = 最小0.3e
- 最大e
- g = 傾斜角每邊1/20
- h = 0.6a(肋之頂部)
- i = 0.25a(邊角半徑)
- j = 0.6a(肋之頂部)

- a = 壁厚
- b = 支柱頂部圓孔之直徑
- c = 0.6a(支柱之頂部)
- d = 3a
- e = 傾斜角每邊1/20
- f = 0.25a(邊角半徑)
- g = 0.95d(最大值)
- h = 最小0.3g
- 最大g
- i = 0.6a(支柱之頂部)

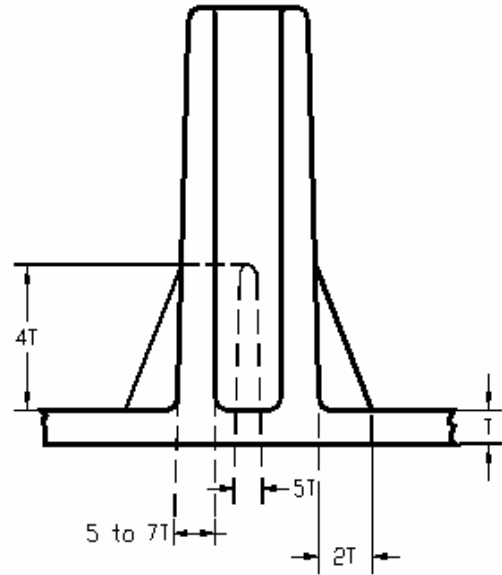
## B 不同材料的設計要點

### ABS

一般來說，支柱的外徑是內徑的兩倍已足夠。有時這種方式結果支柱壁厚等於或超過膠料厚度而增加物料重量和在表面產生縮水紋及高成型應力。嚴格的來說支柱的厚度應為膠料厚度的 50-70%。如因此種設計方式而支柱不能提供足夠強度，但已改善了表面縮水。斜骨是可以加強支柱的強度，可由最小的尺寸伸延至支柱高的 90%。若柱位置接近邊壁，則可用一條肋骨將邊壁和柱相互連接來支持支柱。



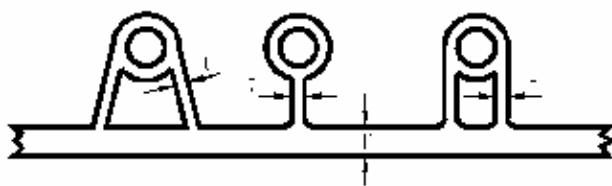
ABS一般支柱之設計要點



ABS 附有肋骨支柱的設計要點

### PBT

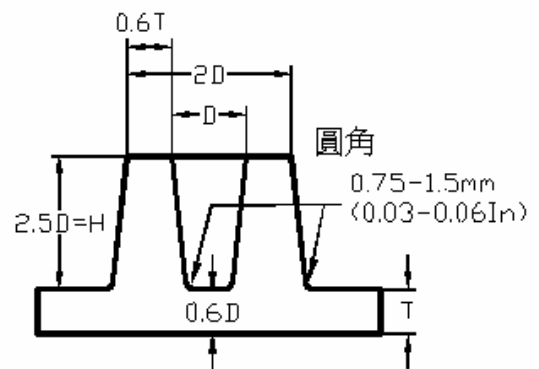
支柱通常用於機構上裝配，如收螺絲、緊壓配合、導入裝配等多數情形，支柱外徑是內孔徑的兩倍就足夠強壯。支柱設計有如肋骨設計的觀念。太厚的切面會產生部件外縮水和內部真空。支柱的位置在邊壁旁時可利用肋骨相連，則內孔徑的尺寸可增至最大。



$$T < 3.2\text{mm}, t = 0.6T$$

$$T > 3.2\text{mm}, t = 0.4T$$

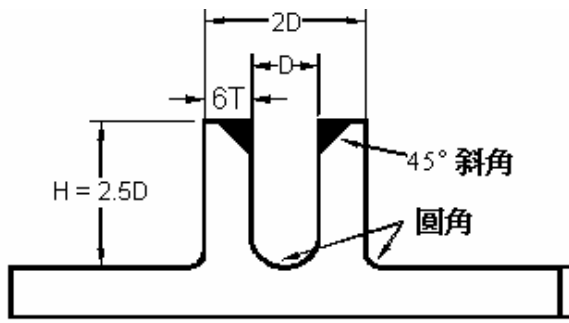
PBT靠在壁邊旁的支柱設計方式



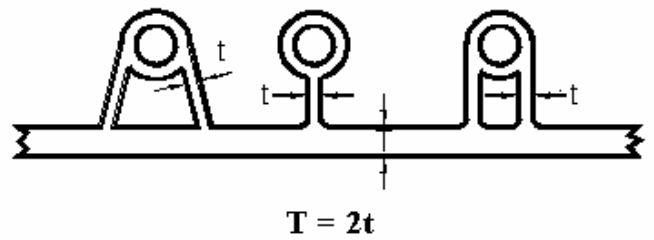
PBT支柱的設計指引

### PC

支柱是大部份用來作裝配產品用，有時用作支撐其它物件或隔離物體之用。甚至一些很細小的支柱最終會熱溶後作內部零件固定用。一些放於邊位的支柱是需要一些肋骨作為互相依附，以增加支柱強度。



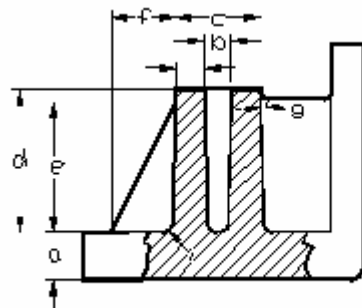
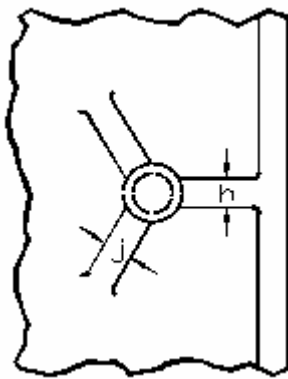
PC支柱的設計



PC支柱在邊位時與肋骨的配合

## PS

支柱通常用於打入鑲件，收緊螺絲，導向針，攻牙或作緊迫配合。可能情形之下避免獨立一支支柱而無任何支撐。應加一些肋骨以加強其強度。若支柱離邊壁不遠應以肋骨將柱和邊相連在一起。

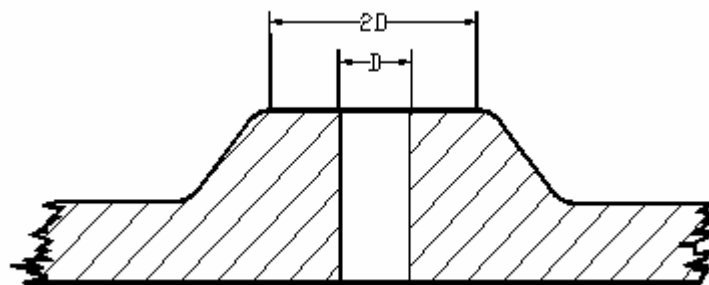


PS支柱接近邊壁的設計

- a = 壁厚
- b = 內圓尺寸(柱頂)
- c = 2.5b
- d = 3a
- e = 0.9d
- f = 0.3e (最小)
- f = e (最大)
- g = 1/20單邊說模角
- h = 0.6a(底)
- i = 0.25a(圓角)
- j = 0.6a(底)

## PSU

支柱是用作連接兩件部件的。其外徑應是內孔徑的兩倍，高度不應超過外徑的兩倍。



PSU支柱的設計要點

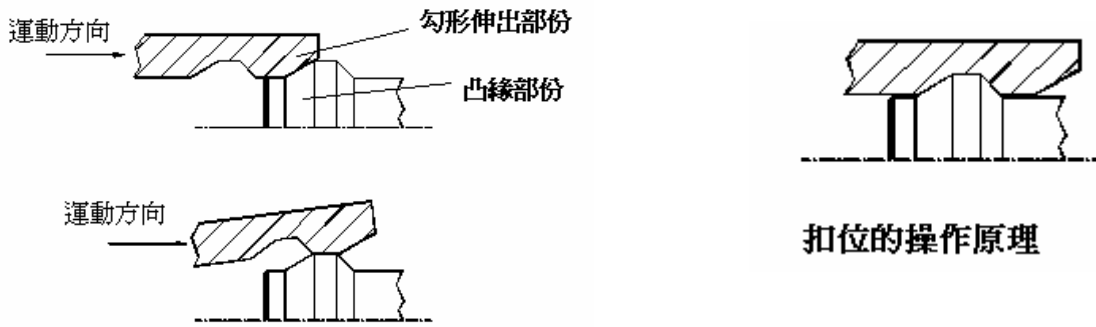
## 9 扣位 (Snap Joints)

### A 基本設計手則

扣位提供了一種不但方便快捷而且經濟的產品裝配方法，因為扣位的組合部份在生產成品的時候同時成型，裝配時無須配合其他如螺絲、介子等緊鎖配件，只要需組合的兩邊扣位互相配合扣上即可。

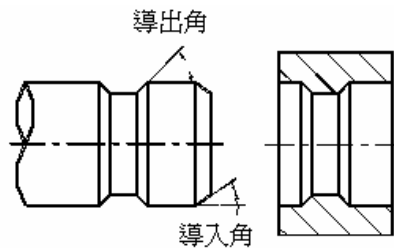
扣位的設計雖可有多種幾何形狀，但其操作原理大致相同：當兩件零件扣上時，其中一件零件的勾形伸出部份被相接零件的凸緣部份推開，直至凸緣部份完結為止；及後，藉著塑膠的彈性，勾形伸出部份即時復位，其後面的凹槽亦即時被相接零件的凸緣部份嵌入，此倒扣位置立時形成互相扣著的狀態，請參考扣位的操作原理圖。





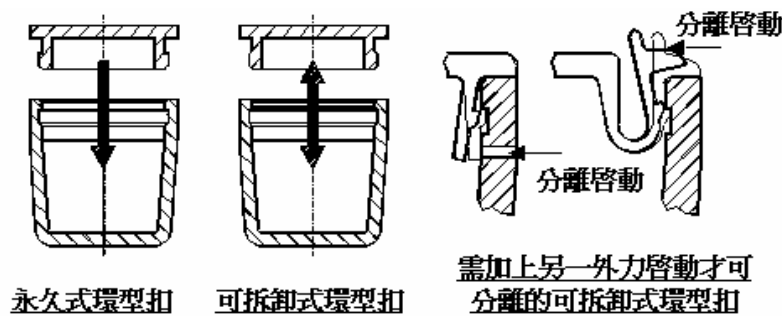
扣位的操作原理

如以功能來區分，扣位的設計可分為永久型和可拆卸型兩種。永久型扣位的設計方便裝上但不容易拆下，可拆卸型扣位的設計則裝上、拆下均十分方便。其原理是可拆卸型扣位的勾形伸出部份附有適當的導入角及導出角方便扣上及分離的動作，導入角及導出角的大小直接影響扣上及分離時所需的力度，永久型的扣位則只有導入角而沒有導出角的設計，所以一經扣上，相接部份即形成自我鎖上的狀態，不容易拆下。請參考永久式及可拆卸式扣位的原理圖。



永久式及可拆卸式扣位的原理

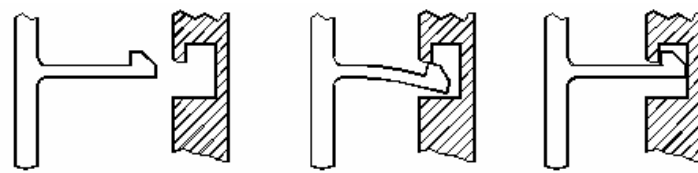
若以扣位的形狀來區分，則大致上可分為環型扣、單邊扣、球形扣等等，其設計可參閱下圖。



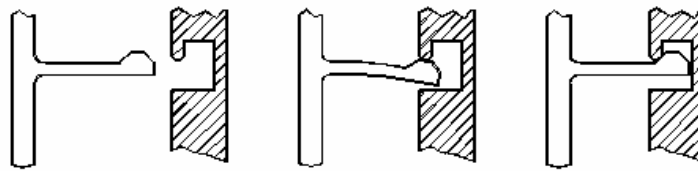
永久式環型扣

可拆卸式環型扣

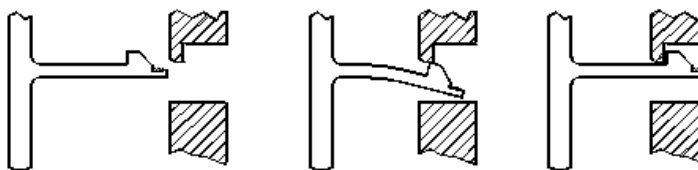
需加上另一外力啓動才可分離的可拆卸式環型扣



永久式單邊扣

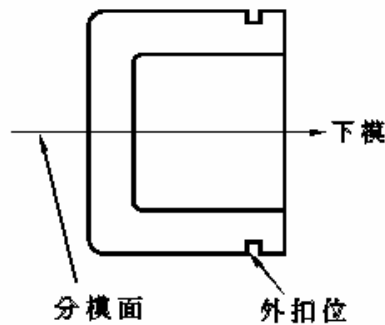


可拆卸式單邊扣



需加上另一外力啓動才可分離的可拆卸式單邊扣

扣位的設計一般是離不開懸樑式的方法，懸樑式的延伸就是環型扣或球型扣。所謂懸樑式，其實是利用塑膠本身的撓曲變形的特性，經過彈性回復返回原來的形狀。扣位的設計是需要計算出來，如裝配時之受力，和裝配後應力集中的漸變行為，是要從塑料特性中考慮。常用的懸樑扣位是恆等切面的，若要懸樑變形大些可採用漸變切面，單邊厚度可漸減至原來的一半。其變形量可比恆等切面的多百分之六十以上。



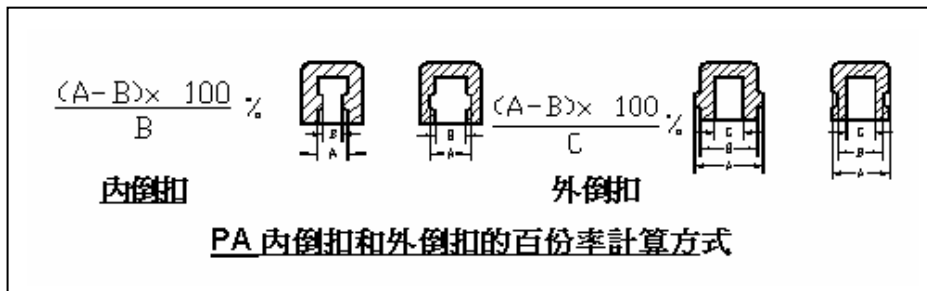
**不同切面形式的懸樑扣位及其變形量之比較**

扣位裝置的弱點是扣位的兩個組合部份：勾形伸出部份及凸緣部份經多次重覆使用後容易產生變形，甚至出現斷裂的現象，斷裂後的扣位很難修補，這情況較常出現於脆性或參入纖維的塑膠材料上。因為扣位與產品同時成型，所以扣位的損壞亦即產品的損壞。補救的辦法是將扣位裝置設計成多個扣位同時共用，使整體的裝置不會因為個別扣位的損壞而不能運作，從而增加其使用壽命。扣位裝置的另一弱點是扣位相關尺寸的公差要求十分嚴謹，倒扣位置過多容易形成扣位損壞；相反，倒扣位置過少則裝配位置難於控制或組合部份出現過鬆的現象。

B 不同材料的設計要點

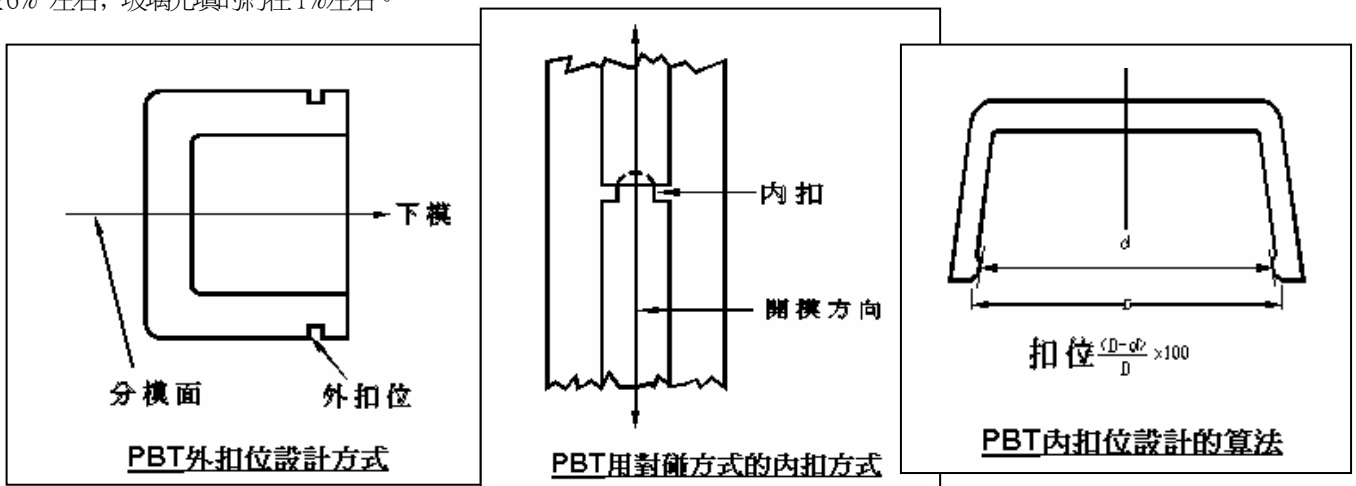
PA

免時，特別的造模零件是可以達致以上效果。另一種可得到倒扣效果的設計是考慮塑膠物料的特性。利用塑膠柔軟的變型，將倒扣的地方強頂出模具，但通常要注意不會把倒扣的地方括傷。以下是扣位的計算方式。尼龍的百分比在 5% 左右。脫模角大一點和倒扣的地方離底部高時是可有 10%。



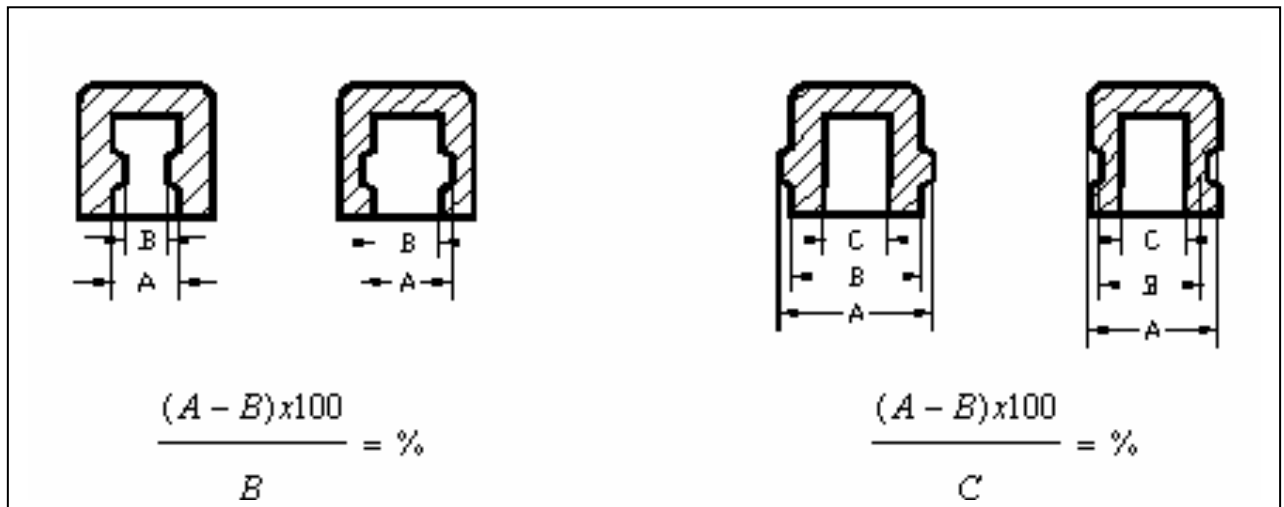
PBT

扣位有分內扣和外扣，外扣的可利用分模面做成，內扣的可用變形方式或對碰方式出模。內扣的可利用算式計算扣位百分率，一般在 6% 左右，玻璃充填的約在 1% 左右。



POM

扣位必須為弧形或轉角弧度要大，方便塑膠成品容易滑過模具表面。並且減少脫落時應力集中的現象。內置扣位通常比外置扣位難脫模，因塑膠收縮時將模蕊抓緊，外置式的就剛好相反而易於脫模。較高的模具溫度使成品較熱，易於彎曲變形而易於頂出模具，POM的扣位百分率可以比較大，可有5%。



POM 扣位的計算方式

PS

基本上扣位的設計是不鼓勵，但由於設計上的需要，則模具上使用凸輪、模蕊推出或其它裝置以達成設計要求。

10 鑲入件 (Moulded-in Inserts)

A 基本設計守則

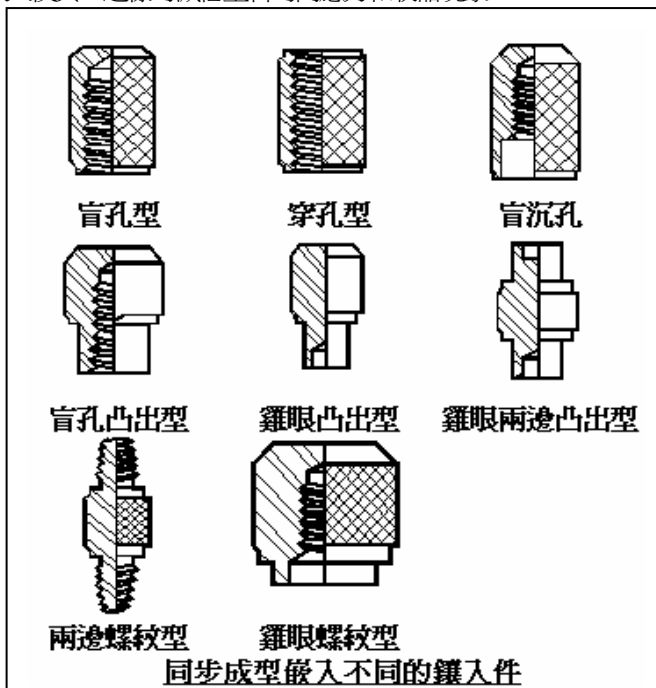
塑膠內的鑲入件通常作為緊固件或支撐部份。此外，當產品在設計上考慮便於返修、易於更換或重複使用等要求時，鑲入件是常用的一種裝配方式。但無論是作為功能或裝飾用途，鑲入件的使用應盡量減少，因使用鑲入件需要額外的工序配合，增加生產成本。鑲入件通常是金屬材料，其中以銅為主。

鑲入件的設計必須使其穩固地嵌入塑膠內，避免旋轉或拉出。鑲入件的設計亦不應附有尖角或封閉的邊緣，因為尖角或封閉的邊緣使塑膠件出現應力集中的情況。

鑲入件的成型方式分為同步成型嵌入和成型後嵌入兩種：

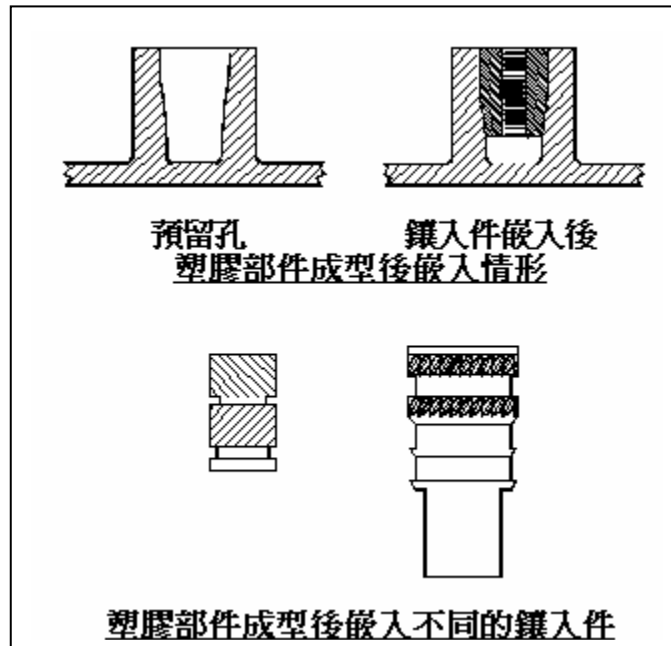
(1) 同步成型嵌入

同步成型嵌入是在部件成型前將鑲入件放入模具之中，在合模成型時塑料會將鑲入件包圍起來同時成型。若要使塑料把鑲入件包合得好，必先預熱後才放入模具。這樣可減低塑料的內應力和收縮現象。



(2) 成型後嵌入

成型後嵌入是將鑲入件用不同方式打入成型部件之中。所採用的方法有熱式和冷式，唯原理都是利用塑膠的熱可塑特性。熱式是將鑲入件預先在鑲嵌前加熱至該塑膠部件融化的溫度，然後迅速的將鑲入件壓入部件上特別預留的孔中冷卻後成型。冷式一般是使用超聲波焊接方法把鑲入件壓入。用超聲波的方法所得到的結果比較一致和美觀，而預熱壓入在工藝上要控制得好才有好的效果。否則出現鑲入件歪斜、位置不正、塑料包含不均勻等現象形成壞品。正常情形下鑲入件是在塑膠成品平面對齊或有些微的在平面之上以減少塑膠內的應力。



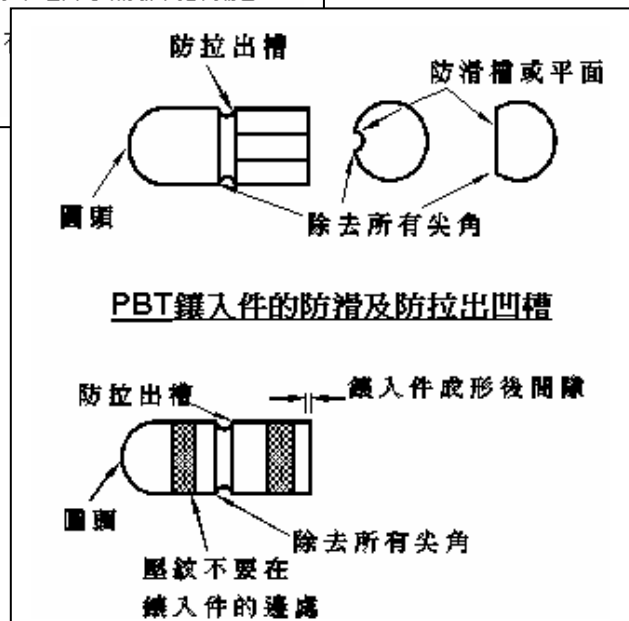
B 不同材料的設計要點

POM

POM 成型時，因塑料和鑲入件收縮比率不同而有應力產生。漸漸在鑲入件的地方發生了龜裂現象而成品破裂，以下方法可改善成品破裂現象。用溫度達 90°C 左右的鑲入件放於模腔內成型。模具內溫度達 90°C 左右。鑲入件要潔淨及避免有尖角或利邊。

PBT

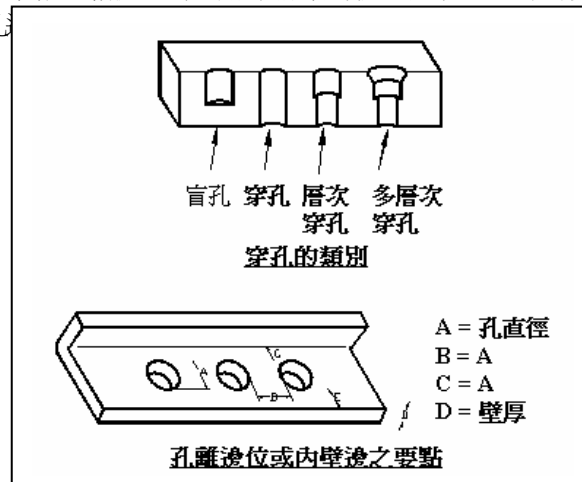
鑲入件通常是用以裝配方便或維修容易為目的，但亦有的是特殊用途如加金屬扣等。為了使鑲入件在塑膠成品內減低應力和因不同物料的熱膨脹系數所影響。鑲入件儘量不要有尖角，防止拔出和轉動的凹槽要使用簡單的設計。壓花的花紋面積不要太大，壓花的邊要和鑲件邊位遠離，花紋的地方要放於穩藏處。鑲入件表面不能有任何不相容的化學藥品如潤滑油等。80 至 110°C 的模溫來減低成型後的內應力。



## 11 洞孔 (Hole)

在塑膠件上開孔使其和其它部件相接合或增加產品功能上的組合是常用的手法，洞孔的大小及位置應盡量不會對產品的強度構成影響或增加生產的複雜性，以下是在設計洞孔時須要考慮的幾個因素。

相連洞孔的距離或洞孔與相鄰產品直邊之間的距離不可少於洞孔的直徑，如孔離邊位或內壁邊之要點圖。與此同時，洞孔的壁厚理應盡量大，否則穿孔位置容易產生斷裂的情況。要是洞孔內附有螺紋，設計上的要求即變得複雜，因為螺紋的位置容易形成應力集中的地方。從經驗所得，要使螺紋孔與產品邊緣的距離必須大於螺孔直徑的三倍。

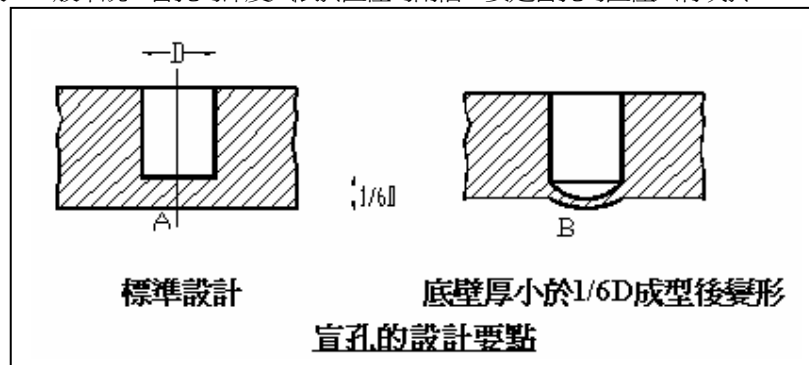


### 穿孔

從裝配的角度來看，穿孔的應用遠較盲孔為多，而且較盲孔容易生產。從模具設計的角度來看，穿孔的設計在結構上亦較為優勝，因為用來穿孔成型的邊釘的兩端均可受到支撐。穿孔的做法可以是靠單一邊釘兩端同時固定在模具上、或兩枝邊釘相接而各有一端固定在模具上。一般來說，第一種方法被認為是較好的；應用第二種方法時，兩條邊釘的直徑應稍有不同以避免因為兩條邊釘軸心稍有偏差而引致產品出現倒扣的情況，而且相接的兩個端面必須磨平

### 盲孔

盲孔是靠模具上的哥針形成，而哥針的設計只能單邊支撐在模具上，因此很容易被溶融的塑料使其彎曲變形，形成盲孔出現橢圓的形狀，所以哥針的長度不能過長。一般來說，盲孔的深度只限於直徑的兩倍。要是盲孔的直徑只有或於 1.5mm，盲孔的深度更不應大於直徑的尺寸。



### 鑽孔

大部份情況下，額外的鑽孔工序應盡量被免，應盡量考慮設計孔穴可單從模具一次成型，減低生產成本。但當需要成型的孔穴是長而窄時（即孔穴的長度比深度為大），因更換折斷或彎曲的哥針構成的額外成本可能較輔助的後鑽孔工序為高，此時，應考慮加上後鑽孔工序。鑽孔工序應配合使用鑽孔夾具加快生產及提高品質，亦可減少因斷鑽咀或經常磨磨鑽咀的額外成本及時間；另一做法是在塑膠成品上加上細而淺的定位孔以代替使用鑽孔夾具。

### 側孔

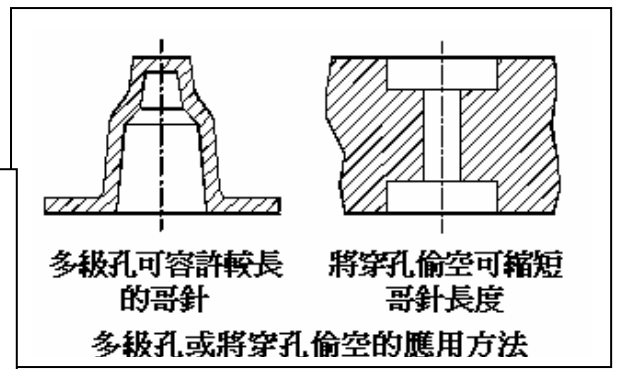
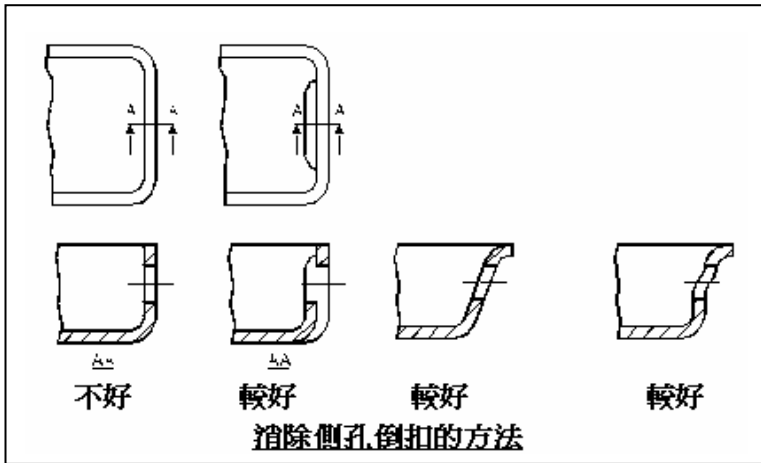
側孔往往增加模具設計上的困難，特別是當側孔的方向與開模的方向成一直角時，因為側孔容易形成塑膠產品上的倒扣部份。一般的方法是使用角針（Angle Pin）及活動側模（Split Mould），或使用油壓抽哥。留意哥針在膠料填充時會否受壓變形或折斷，此情況常見於長而直徑小的哥針上。因模具的結構較為複雜，模具的製造成本比較高，此外，生產時間亦因模具必須抽走哥針才可脫模而相應增加。

### 其他設計考慮

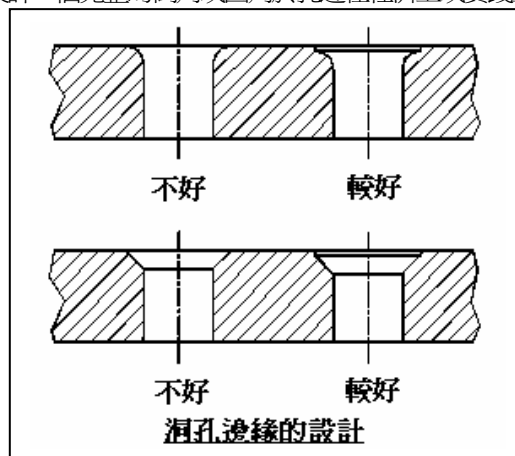
有關孔穴在產品設計上的考慮，尚有下列各點：

1. 多級（多個不同直徑但相連的孔）的孔可容許的深度比單一直徑的孔長；此外，將模具鑲件部份孔位偷空，亦可將孔的深度縮短，下圖說明這兩種方法的應用。
2. 側孔若使用角針、活動側模或油壓抽哥必會使模具的

結構複雜及增加成本，此問題可從增加側孔壁位的角度，或以兩級孔取代原來的側孔得以消除側孔引起的倒扣，消除側孔倒扣的方法圖說明這兩種方法的應用。



3. 洞孔的邊緣應預留最少 0.4mm 的直身位，設計一個完整的倒角或圓角於孔邊在經濟上或實踐上都是不設實際的，可參考洞孔邊緣的設計圖。



## 12 公差 (Tolerance)

### A 基本設計守則

大部份的塑膠產品可以達到高精密配合的尺寸公差，而一些收縮率高及一些軟性材料則比較難於控制。因此在產品設計過程時是要考慮到產品的使用環境，塑膠材料，產品形狀等來設定公差的嚴緊度。除著顧客的要求愈來愈高，以往的可以配合起來的觀念慢慢得要修正過來。配合、精密和美觀是要同時的能在產品上發揮出來。

公差的精密度高，產品質素相對提高，但隨之而來的是增加了成本和因達到要求而花更多的時間。故此公差的設定可以跟隨不同塑料來作一標準，以下是幾種由塑料供應商提供的塑料公差設計要點。而設計的容許公差範圍是可在美國 SPI 規格內找得到。

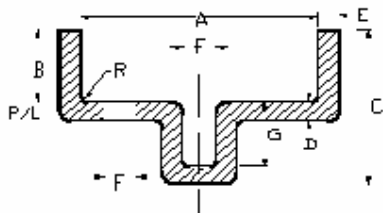
### B 不同材料的設計要點

液晶共聚物成品容許公差隨著設計的複雜程度和壁厚而定。薄壁的部分經常可以在液晶共聚物的產品上可找得到。而且液晶共聚物容許公差可是極小容許公差的50%。

LCP 液晶高分子設計容許公差的指南

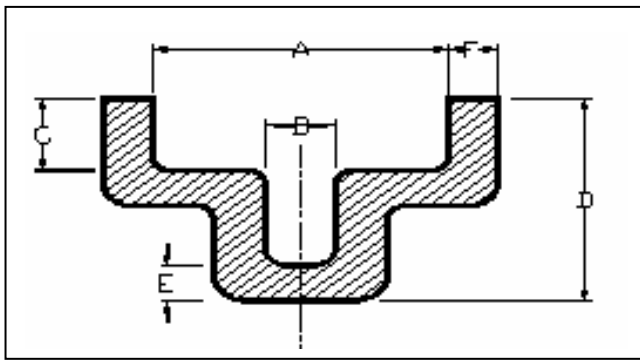
繪圖代碼	尺寸 mm(in.)	正或負千分之一英寸		
A=直徑 (見註#1) B=深度 (見註#3) C=高 (見註#3)		150(6.000)至 300(12.000)	商業化±	精密±
		對每一額外的 mm(inch) 增加 mm(inch)	0.08 (0.003)	0.05 (0.002)
D=底面壁 (見註#3)		0.10 (0.004)	0.08 (0.003)	
E=側壁(見註#4)		0.13 (0.005)	0.08 (0.003)	
F=孔徑大小 (見註#1)	0 至 3 (0.000 至 0.125)	0.05 (0.002)	0.03 (0.001)	
	3 至 6 (0.125 至 0.250)	0.08 (0.003)	0.05 (0.002)	
	6 至 13 (0.250 至 0.500)	0.08 (0.003)	0.05 (0.002)	
	13 及以上(0.500 及以上)	0.13 (0.005)	0.08 (0.003)	
G=孔深 (見註#5)	0 至 6 (0.000 至 0.250)	0.10 (0.004)	0.05 (0.002)	
	6 至 13 (0.250 至 0.500)	0.10 (0.004)	0.08 (0.003)	
	13 至 25 (0.500 至 1.000)	0.13 (0.005)	0.10 (0.004)	
每側偏移的容許度 (見註#5)		1.5 至 2.0°	0.2 至 0.5°	

參考附註



1. 這些容許公差不包括材料退火特性的容許度。
2. 依據 3.0mm (0.125 in) 等部份的容許公差。
3. 接合線必須列入考慮。
4. 塑件設計必須維持肉厚越接近固定值越好，在這個尺寸的完全的均一性是不可能達成。
5. 小心核心洞的深度對它直徑的比值不能達到一個點，此將導致過度的穿孔損傷

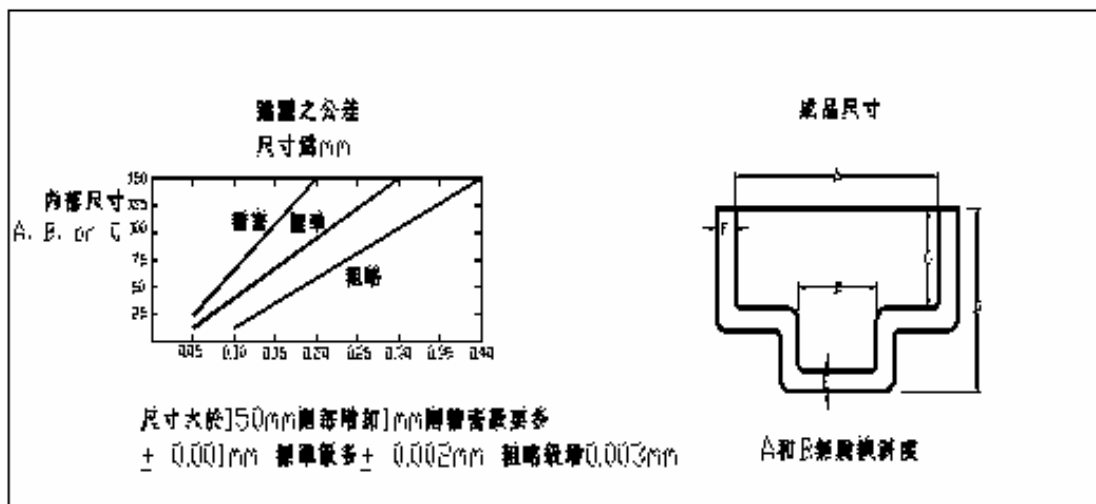
(資料提供：由杜邦Zenite)



代號	尺寸(英吋)	正或負千分之一英吋																																					
A=長度 B=長度 C=深度		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>0.000</td> <td colspan="13" rowspan="6"> </td> </tr> <tr> <td>0.500</td> </tr> <tr> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>2.000</td> </tr> <tr> <td>3.000</td> </tr> <tr> <td>4.000</td> </tr> <tr> <td>5.000</td> </tr> <tr> <td>6.000</td> </tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.000														0.500	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																										
0.000																																							
0.500																																							
1.000																																							
2.000																																							
3.000																																							
4.000																																							
5.000																																							
6.000																																							
	由 6.000 至 12.000 每增加一英吋	精±	標準±	粗±																																			
		0.002	0.003	0.005																																			
	超過 12.000 每增加一英吋	0.002	0.003	0.005																																			
高度 D	單模腔 0.000 至 1.000	0.002	0.003	0.005																																			
	多模腔 0.000 至 1.000	0.003	0.004	0.006																																			
	一英吋以上 每增加一英吋	0.002	0.003	0.004																																			
底壁 E	0.000 至 0.100	0.002	0.003	0.004																																			
	0.100 至 0.200	0.003	0.004	0.005																																			
	0.200 至 0.300	0.004	0.005	0.007																																			
	平均邊壁厚 F	0.005 至 0.007																																					
	單邊容許斜度	1/4°	1/2°	1°至 2°																																			
每英吋 平直度	0.000 至 6.000	0.003	0.005	0.007																																			
	6.000 至 12.000	0.004	0.006	0.008																																			
	12 吋以上每增加一吋	0.005	0.007	0.009																																			

(資料提供：由GE VALOX)





		精密	標準	粗略
外部高度 D	單模腔, D=0 至 25 多模腔, D=0 to 25 D 大於 25 的每 mm 公差增量	0.05 0.08 0.002	0.1 0.13 0.003	0.15 0.18 0.004
側壁厚度 F	當 C=0 至 25 C 大於 25 時, 每加 1mm 的公差增量 當 F=0 至 6	0.05 0.001	0.08 0.002	0.1 0.003
底壁厚度 E	E=0 至 2.5 E=2.5 至 5.0 E=5.0 至 7.5	0.05 0.1 0.15	0.1 0.13 0.18	0.15 0.18 0.2

(資料提供：由杜邦DELIINE)