

沖壓模具製造能力本位訓練教材 引伸模具的認識（一）

編號：PMT DIE0305

編著者：邱年鴻

審稿者：顏凱堂

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT—DIE0305 學習指引

當你學習本單元前，你已經學過剪切模具及彎曲模具的基本構造，模具零件的名稱、功用，沖壓加工的方式及模具相關知識及模具圖紙達的方式。若你還不了解，無法勝任，請將本教材放回原位，並取出編號 PMT-DIE0301、PMT-DIE0302、PMT-DIE0303、PMT-DIE0304 教材開始學習，或請教你的老師。

引言

引伸加工可製成各種開口有底無縫的容器，諸如圓筒形、半球形、錐形、階梯形、盒形或其他不規則的形狀等。因此汽車、航空以及日用品等的工業生產中，佔相當重要的地位。有些製品，因尺寸關係，不能一次引伸而需要經過多次引伸工作方能完成。此種加工方式已替代了早期的板金鎚擊及焊接法，大大的提高了生產效率，更能適應大量生產的需求。

典型的引伸加工法，是將引伸模具安裝在沖床上，經由與製品內徑大約相同的沖頭，將模具上的金屬材料壓入與製品外徑相同的模孔中，板料周緣一面收縮，一面被沖頭引伸入模穴中成形，為了防止皺紋的產生，常利用壓料板與沖模，將凸緣部份緊密壓住，再進行引伸。

定義

在不產生顯著皺紋、薄化或裂痕的情況下將平面材料在常溫下壓製成各種筒形平底無縫容器，或將已壓好之空心筒狀材料製成其它尺寸之工件的工作法，稱為引伸加工。

學習目標

- 一、不使用參考資料，你能夠以你自己的話正確地說明引伸加工材料受力的情形與金屬流動變化的過程。
- 二、你能夠熟練的選用體積法、表面積法或作圖法，計算引伸前材料的展開尺寸，作為準備材料及模具設計的參考。
- 三、你能夠熟用公式及查表，求出引伸率及引伸比的值，來決定引伸工程的次數及每一工程直徑縮小的數值。

學習活動指引

當你準備學習本單元之前，你必須先對 PMT-DIE0301、PMT-DIE0302、PMT-DIE0303、PMT-DIE0304 沖壓及彎曲加工的方式、目的、相關名詞及加工的機械，有一般概念的認知，且能夠簡單描述，因為引伸加工的許多觀念及模具構造源自於此兩項加工。若能勝任，則請翻到下一頁開始學習本單元。

若自認尚無法勝任，則先請教你的老師，並重新拿出教材 PMT-DIE0301 及 PMT-DIE0302、PMT-DIE0303、PMT-DIE0304 研讀。再依本教材之指示步驟進行學習。

本教材的第一個學習目標是

不使用參考資料，你能夠以你自己的話正確地說明引伸加工材料受力的情形與金屬流動變化的過程。

引伸加工的原理

一、什麼是引伸加工

將平面材料在常溫下放置於引伸模中，藉沖頭下降與封模作用將材料製成筒狀有底無縫的成形品，或將已壓好之空心筒狀材料製成其它尺寸之工件之加工方法，稱之為引伸加工。

薄材料的引伸或是較深的引伸容易發生皺摺和破裂。所以，一般的成形品，往往須經好幾道引伸加工，才能得到所要的成品。二次的引伸稱為引伸，引伸次數在二次以上時稱為深引伸。

引伸所用之模具構造部分與彎曲模具相同，但卻與剪切模具完全不同。因為引伸模具之衝頭與下模中均無鋒利之刀刃，而具有較大的圓角，而且衝頭與下模間之間隙亦與剪切模具不同。而是利用施力時的壓力將材料壓入下模，金屬受壓產生較大的流動力改變其外形。

圖1是一種簡單的引伸模具。將預先從平板切下來的圓形材料定位於引伸模中，藉由與製品內徑大約相同的沖頭，利用沖壓將材料推入封模內。引伸時在板料周緣一面收縮一面被沖頭引伸入模穴成形，為了防止在成形品的凸緣處發生皺摺，所以常使用壓料板來限制金屬的流動，引伸完成沖頭上升時成形品因略為膨脹而受阻於封模底部的埋頭孔，而自沖頭剝離。沖頭上面的通氣孔是為防止成形品自沖頭剝離時發生真空吸力。

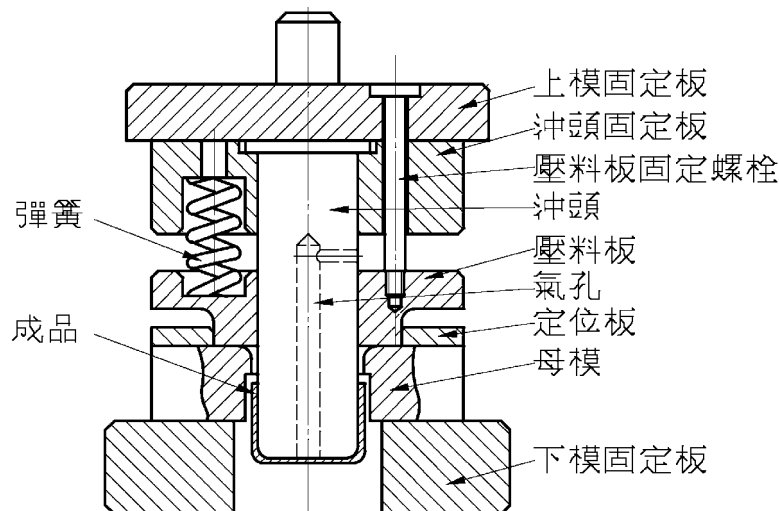
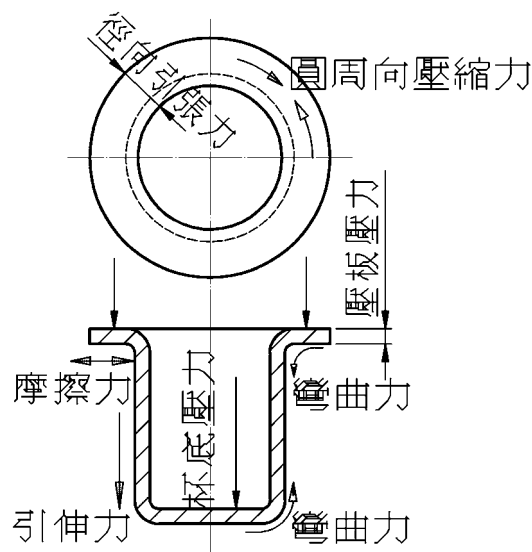


圖1 一般在壓料板的引伸模具

引伸件種類很多，成形各異。在引伸過程中，各工件之受力情形，金屬流動方向也不完全相同。有關引伸成形之金屬流動理論頗為複雜，經由理論分析或模擬所得的狀態與實際操作情形將有相當的差異。圓筒件之引伸成形加工是其比較為簡單的成形加工，而且較易說明其理論。本章僅以最具有代表性的圓筒引伸加工，做進一步的說明。

二、引伸加工材料受力的金屬流動的過程

在引伸加工的過程材料受到的力計有引伸力、壓縮力、彎曲力及摩擦力，如圖二所示，凸緣圓周方向的壓縮力是由於材料流動收縮時相互擠壓的結果，而凸緣半徑方向的引伸力是因為沖頭將材料拉入下模的緣故。彎曲力發生在下模入口及筒底彎曲部份，是由於平板轉變為筒壁而產生的。摩擦力發生在材料的上下兩面是由於料板壓力及材料流動所造成，一般可用適當的潤滑劑來降低其阻力，杯底壓力是由沖頭向下運動時所加的壓力。



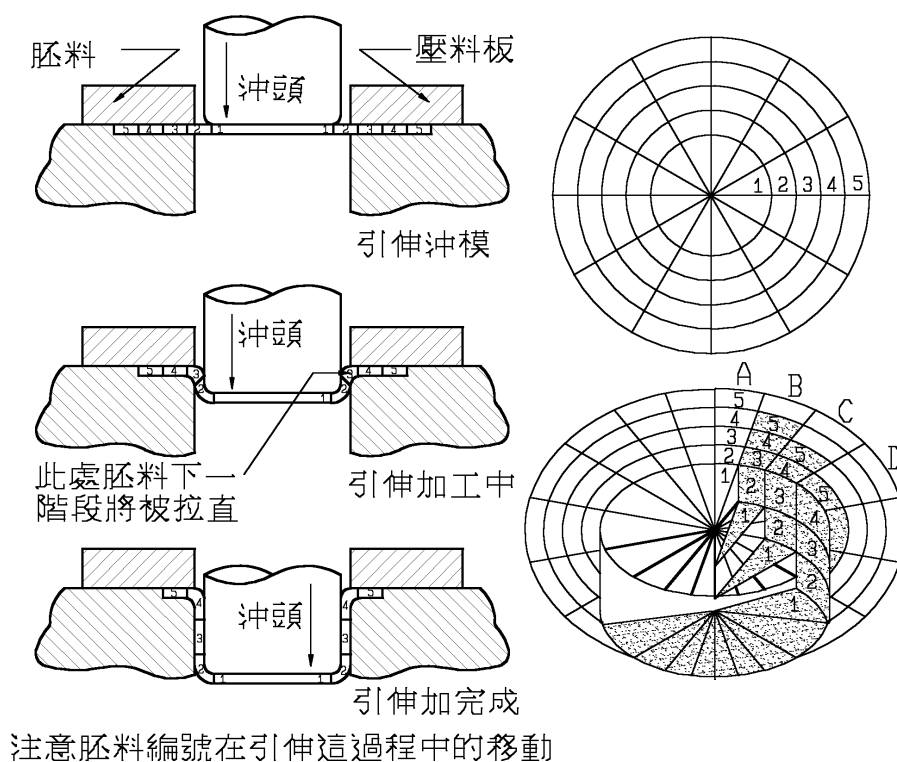
圖二 材料引伸受力的情形

圓筒之引伸加工，當引伸沖頭將剪切好之料片壓入模孔時，外週材料收縮而隆起，發生起皺的現象，因受壓料板的控制，抑制材料變形，迫使材料向料片凹部逐漸流動，造成該材料內產生相當複雜的塑性流變。若金屬的體積與厚度在原則上保持不變，而以等間隔同心圓與半徑線將金屬料片分成若干梯形及扇形等分，如圖三所示，因為料片以其中心點為對稱點，所以引伸成形時每一梯形面積內之材料都各自在其範圍內沿著半徑方向流動，每一梯形塊進行流動時，圓週方向被壓縮，半徑方向被拉長，最後變成筒壁部份，由圖中可清楚地看出金屬在每一階段中流變的過程，深色部份表示每一階段引伸時金屬成形的情況，當沖頭微量沖擊的B階段中，原來的A處第2梯形部份被壓入模孔中，緊緊的圍著沖頭的鼻端，同時材料凸緣上的3、4、5梯形部份則成輻射狀的向料片中心移動，如沖頭繼續下降，則料片的流變就如圖階段C、階段D所示。

在此流變的過程中，扇形部份與沖頭底面接觸，形成容器的底部，梯形2~4形成圓筒的側壁，梯形5則成為凸緣。每一階段，圓週方向之長度減小，而半徑方向的長度則增加，直至被拉入模子為止。

一般而言，此種引伸過程中之金屬流變將其歸納如下：

- (一) 形成筒底部份的胚料很少或完全不發生金屬流變，可由圖中各標誌線間距離不會改變看出來。
- (二) 側壁成形過程中所產生之金屬流變，使圓筒高度均勻增加，各標誌線雖皆保持同心圓狀態，但相鄰間高度距離已拉長。
- (三) 胚料凸緣之圓周上之金屬流變最大，且由於圓周方向劇烈的壓縮作用，使金屬厚度增加。



圖三 引伸加工金屬流變的情形

學習評量一

- 一、請不要用參考資料或書籍，在下面空白處，寫出何謂引伸加工？

- 二、請不要用參考資料或書籍，在下面空白處，寫出引伸加工過程中材料受到那些力的作用，並畫一簡單成品圖，說明各種力作用的原因及位置？

- 三、請不要用參考資料或書籍，在下面空白處，寫出引伸模具與剪切模具最大的不同處？

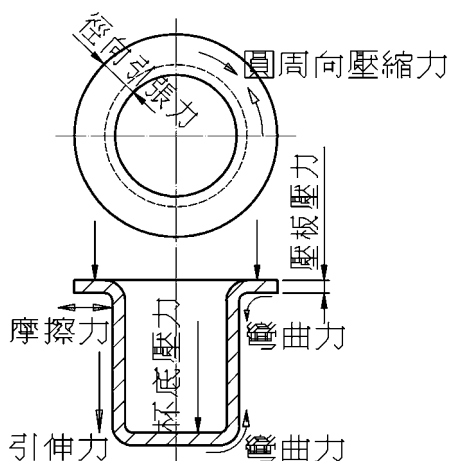
- 四、引伸成品凸緣之圓周上金屬流變最大，且由於圓周方向劇烈的壓縮作用，使金屬厚度變。

- 五、薄材料引伸或較深的引伸容易發生皺褶和破裂。所以，一般的成形結晶，往往須經好幾道引伸加工，才能得到所要的成品。二次(含二次)以上稱為引伸，引伸次數在二次以上時稱為引伸。

學習評量—答案

你的答案應該包括下列要點：

- 一、將平面材料在常溫下放置於引伸模中，藉沖頭下降將材料在凹模製成筒狀而底無縫的成形過程這種加工，稱之為引伸成形加工。
- 二、在引伸加工的過程材料受到的力計有引伸力、壓縮力、彎曲力及摩擦力。



各種力作用的原因及位置參考下圖說明如下：凸緣圓周方向的壓縮力是由於材料流動收縮時相互擠壓的結果，而凸緣半徑方向的引張力是因為沖頭將材料拉入下模的緣故。彎曲力發生在下模入口及筒底彎曲部份，是由於平板轉變為筒壁而產生的。摩擦力發生在材料的上下兩面是由於壓板壓力及材料流動所造成。杯底壓力是由沖頭向下運動時所加的壓力。

- 三、引伸模與剪切模具最大不同之處，是引伸模之衝頭與下模均無鋒利之刀刃，而具有較大的圓角，而且衝頭與下模間之間隙亦與剪切模具不同。引伸加工時引伸力將材料壓入下模，金屬在塑性變形範圍內受壓產生流動而改變其外形。

四、變厚。

五、再引伸、深引伸。

如今你已能正確地用你自己的話敘述引伸加工的原理，本教材的第二部份是要你能夠計算引伸前的材料展開的尺寸。

本教材的第二個學習目標是

你能夠熟練的選用體積法、表面積法或作圖法，計算引伸前的材料的展開尺寸，作為準備材料及模具設計的參考。

引伸展開的計算

在引伸加工前，應先依成品的形狀、高度，先求出展開的胚料尺寸，作為準備材料及模具設計的參考。由於引伸加工的影響成品各部份板厚起變化，故要精密計算胚料尺寸並不容易。一般常用近似的數學法或圖解法求得胚料的尺寸。其結果直接影響引伸之精度及經濟性。

引伸製品的展開，基本上有下列幾種方法：

一、用成品體積計算胚料尺寸的方法。

本方法較常用於實體模型，且接近於圓筒形狀的製品。先用秤秤出成品的重量，利用材料的比重求其體積後算出展開成品尺寸。其方法如圖四所示。

例：右圖成品板厚為 1mm 的軟鋼板，若秤出的重量為 245g，試用比重求出成品體積再求出胚料半徑其方法如下：

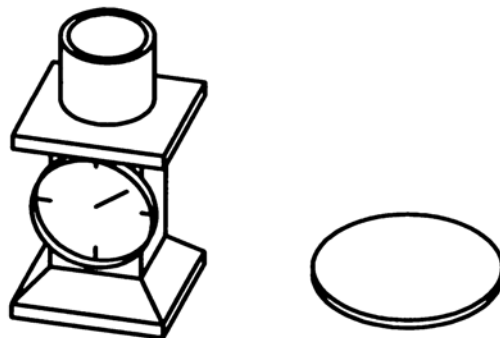
$$\frac{\text{成品重量}g}{\text{鐵的比重}g/cm^3} = \frac{245}{7.8} = 31.4cm^3$$

$$\text{體積} = \text{半徑}^2 \times \pi \times \text{板厚}$$

$$= r^2 \times 3.14 \times 0.1cm$$

$$31.4 = r^2 \times 3.14 \times 0.1$$

$$\text{胚料半徑 } r = 10cm$$



圖四 秤出成品重量求體積及胚料直徑

二、用成品表面積計算胚料尺寸的方法。

可由製品的表面積等於展開面積之關係，求得展開面積公式如圖五所示。一般而言，引伸製品有各種形狀的組合體，故將其形狀分割，分別計算其表面積後，求其合計的總面積，則可求得胚料的正確尺寸。

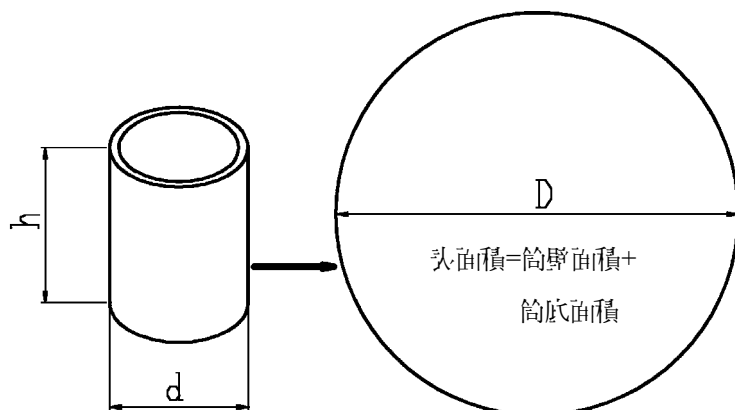
$$\text{筒壁面積} = \pi \times d \times h$$

$$\text{筒底面積} = \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times \pi = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\pi dh + \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{胚料面積})$$

$$dh + \frac{d^2}{4} = \frac{D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$$

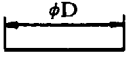
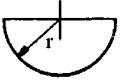
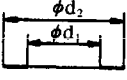
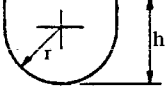
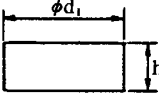
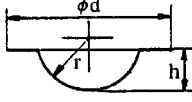
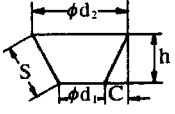
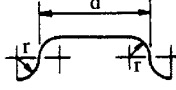
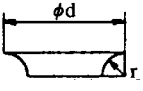
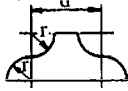
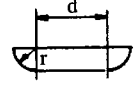
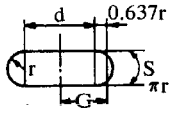
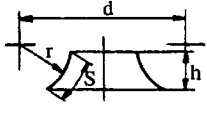
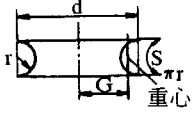
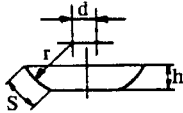
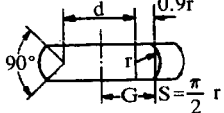
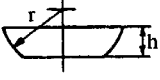
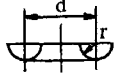
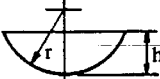



圖五 胚料面積 = 筒壁面積 + 筒底面積

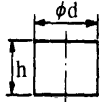
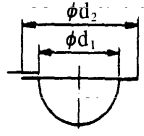
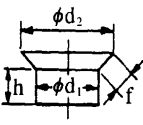
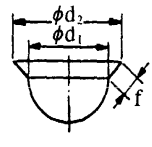
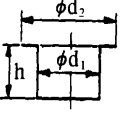
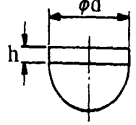
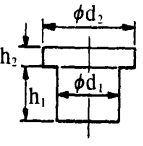
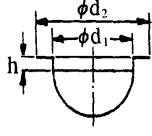
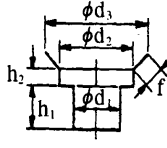
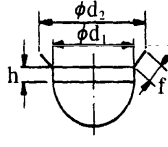
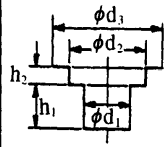
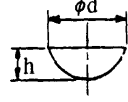
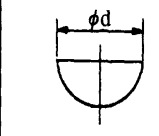
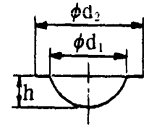
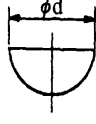
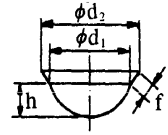
由上式可求出胚料直徑 D 的尺寸

引伸製品有各種形狀的組合體，將其形狀分割，由公式分別求出其表面積或尺寸。如圖六~圖八所示。

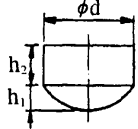
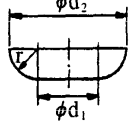
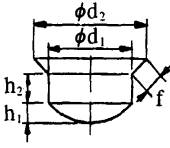
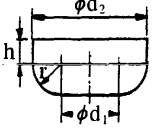
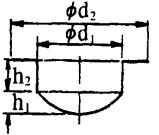
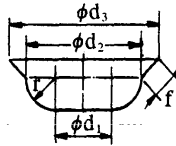
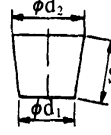
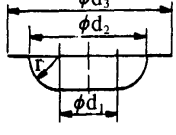
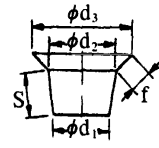
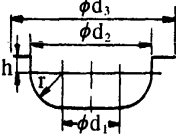
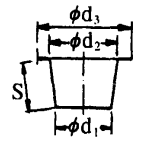
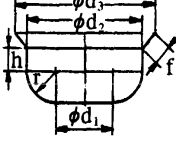
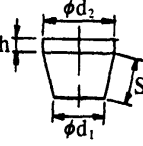
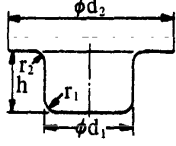
請翻到下一頁。

	$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.7854D^2$		$A = 2\pi r^2 = 6.28r^2$
	$A = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)$ $= 0.7854(d_2^2 - d_1^2)$		$A = 2\pi r h = 6.28r h$
	$A = \pi d_1 h$		$A = \pi \left(\frac{d}{h} + h^2 \right)$
	$A = \pi S \left(\frac{d^1 + d^2}{2} \right)$ $S = \sqrt{h^2 + c^2}$		$A = \pi^2 r d = 9.87r d$
	$A = \frac{\pi^2 r d}{2} - 2\pi r^2$ $= 4.94r d + 6.28r^2$		$A = \pi^2 r d = 9.87r d$
	$A = \frac{\pi^2 r d}{2} + 2\pi r^2$ $= 4.94r d - 6.28r^2$		$A = 2\pi G S = 2\pi^2 G r$ $= 19.74G r$
	$A = \pi (d S - 2hr)$		$A = 2\pi G S = 2\pi^2 G r$ $= 19.74G r$
	$A = \pi (d S + 2hr)$		$A = 2\pi G S = \pi^2 G r$ $= 9.87G r$
	$A = 2\pi r h = 6.28r h$		$A = \pi^2 r d = 9.87r d$
	$A = 2\pi r h = 6.28r h$		$A = 17.7r d$

表一 各種引伸成品表面積的公式

製品形狀	製品表面積A 胚料直徑D	製品形狀	製品表面積A 胚料直徑D
	$A = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh$ $D = \sqrt{d^2 + 4dh}$		$A = \frac{\pi d_1^2}{2} + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h + \pi f \frac{d_1 + d_2}{2}$ $D = \sqrt{d_1^2 + 4d_1 h + 2f(d_1 + d_2)}$		$A = \frac{\pi d_1^2}{2} + \pi f \left(\frac{d_2 + d_1}{2} \right)$ $D = 1.414 \sqrt{d_1^2 + f(d_2 + d_1)}$
	$A = \frac{\pi d_1}{4} + \pi d_1 h + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1 h}$		$A = \frac{\pi d^2}{2} + \pi dh$ $D = 1.414 \sqrt{d^2 + 2dh}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h_1 + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) + \pi d_2 h_2$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2)}$		$A = \frac{\pi d_1^2}{2} + \pi d_1 h + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1 h}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h_1 + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) + \pi d_2 h_2 + \pi f \frac{d_2 + d_3}{2}$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2) + 2f(d_2 + d_3)}$		$A = \frac{\pi d^2}{2} + \pi d_1 h + \pi f \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$ $D = 1.414 \sqrt{d_1^2 + 2d_1 h + f(d_1 + d_2)}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h_1 + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) + \pi d_2 h_2 + \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2)}$		$A = \frac{\pi}{4} (d^2 + 4h^2)$ $D = \sqrt{d^2 + 4h^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2)}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h^2) + \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
	$A = \frac{\pi d^2}{2}$ $D = \sqrt{2d^2} = 1.414d$		$A = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h^2) + \pi f \frac{d_1 + d_2}{2}$ $D = \sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2f(d_1 + d_2)}$

表二 各種引伸成品表面積及胚料直徑的公式

製品形狀	製品表面積A 胚料直徑D	製品形狀	製品表面積A 胚料直徑D
	$A = \frac{\pi}{4} (d^2 + 4h_1^2) + \pi dh_2$ $D = \sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$		$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \frac{\pi^2 h}{2} (d_1 + 1.274r)$ $= \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 2.28rd_2 - 0.57r^2}$
	$A = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h_1^2) + \pi d_1 h_2$ $+ \pi f \frac{d_1 + d_2}{2}$ $D = \sqrt{d_1^2 + 4 \left\{ h_1^2 + d_1 h_2 + \frac{f}{2} (d_1 + d_2) \right\}}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r) + \pi h d_2$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4d_2(h + 0.57r) - 0.56r^2}$
	$A = \frac{\pi}{4} (d_1^2 + 4h_1^2) + \pi d_1 h_2$ $+ \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r) + \pi f \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 2.28rd_2 + 2f(d_2 + d_3) - 0.56r^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi S \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$ $D = \sqrt{d_1^2 + 2S(d_1 + d_2)}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r) + \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_2^2)$ $D = \sqrt{d_3^2 + 2.28rd_2 - 0.56r^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi S \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) + \pi f \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)$ $D = \sqrt{d_1^2 + 2 \left\{ S(d_1 + d_2) + f(d_2 + d_3) \right\}}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r) + \pi d_2 h + \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_2^2)$ $D = \sqrt{d_3^2 + 4d_2(0.57r + h) - 0.56r^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi S \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) + \frac{\pi}{4} (d_3^2 - d_2^2)$ $D = \sqrt{d_1^2 + 2S(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$		$A = \frac{\pi}{4} (d_2 - 2r)^2 + \frac{\pi^2 r}{2} (d_2 - 0.726r) + \pi d_2 h + \pi f \left(\frac{d_3 + d_2}{2} \right)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4d_2(0.57r + h + \frac{f}{2}) + 2d_3 f - 0.56r^2}$
	$A = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi S \frac{d_1 + d_2}{2} + \pi d_2 h$ $D = \sqrt{d_1^2 + 2 \left\{ S(d_1 + d_2) + 2d_2 h \right\}}$		$A = \frac{\pi}{4} d_2^2 + \pi d_1 \left\{ h - 0.43(r_1 + r_2) \right\} + 0.44(r_2^2 - r_1^2)$ $D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1 \left\{ h - 0.43(r_1 + r_2) \right\} + 0.57(r_2^2 - r_1^2)}$

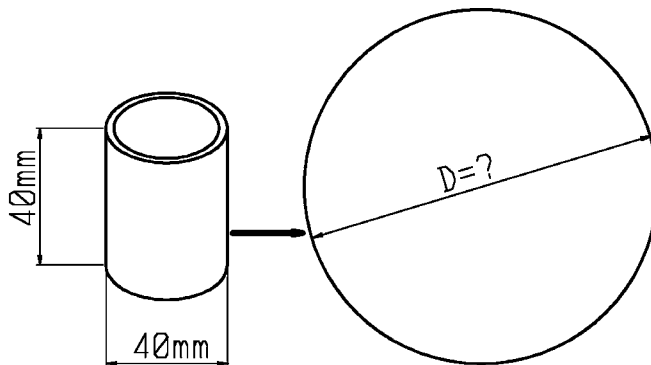
表三 各種引伸成品表面積及胚料直徑的公式

例題

若有一圓筒形成品，其尺寸如下圖所示，試以面積法代公式求出材料直徑的大小？

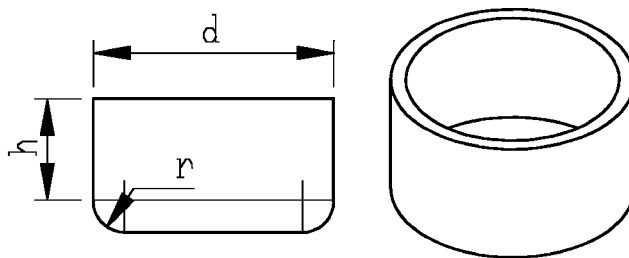
$$D = \sqrt{d^2 + 4dh} = \sqrt{1600 + (4 \times 40 \times 40)}$$

$$D = \sqrt{8000} = 89.5\text{mm}$$



引伸成品為了成形容易，避免破裂，一般圓筒形底部角隅處均設有小圓角 r 如下圖所示，以增加引伸安全性及降低引伸壓力。其公式則需加以修正可由表 3 查出。

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.57r) - 0.56r^2}$$

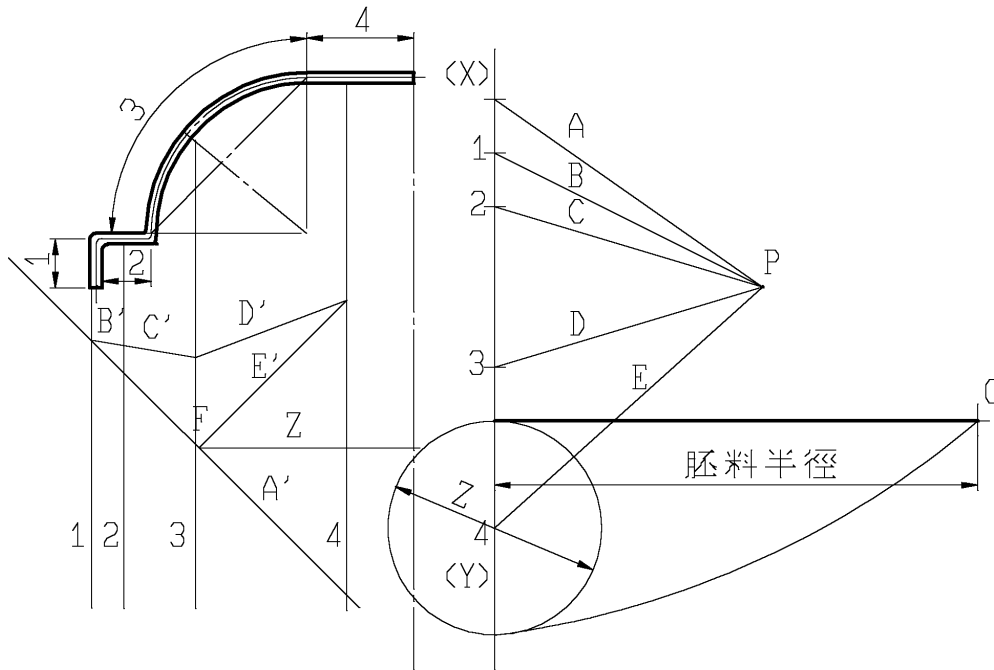


三、用作圖法求材料的大小。

此作圖法應用於可以繞軸迴轉的對稱任意曲線迴轉體。如圖六所示其具體的作圖過程及詳細說明如下：

- (一) 繪出引伸製品的半剖面圖，可能的話用 1:1 的比例最好。
- (二) 將製品剖面之輪廓以直線及圓弧為單位分別加以細分成數個線段，並自左到右分別標出代號 1.2.3.4。
- (三) 畫一 $X \sim Y$ 垂直線，並由上到下將輪廓各線段用量規或比例尺從中心線測出長度，(弧長用下述公式計算)。分別依各線段的數字次序由上而下截取之，則 $X \sim Y$ 即為各線段之總長。
直角所對的弧長 = 半徑 $\times 1.5708$ ，若不是直角而是任一角度 θ ，則所對的弧長 = 半徑 $\times 0.01745 \times \theta$ 。
- (四) 找出各線段的重心位置，分別繪出與 $X \sim Y$ 線段平行之垂直線 1¹.2¹.3¹.4¹。直線的重心位置在其中央，圓弧的重心在弦到弧的 2/3 處。
- (五) 自點 X 向右上繪一 45° 之 A 線段， P 點大約位於 XY 之中點，任意畫 A 線段平行於 A 線段，並交於步驟 4 之諸重心垂直線上。

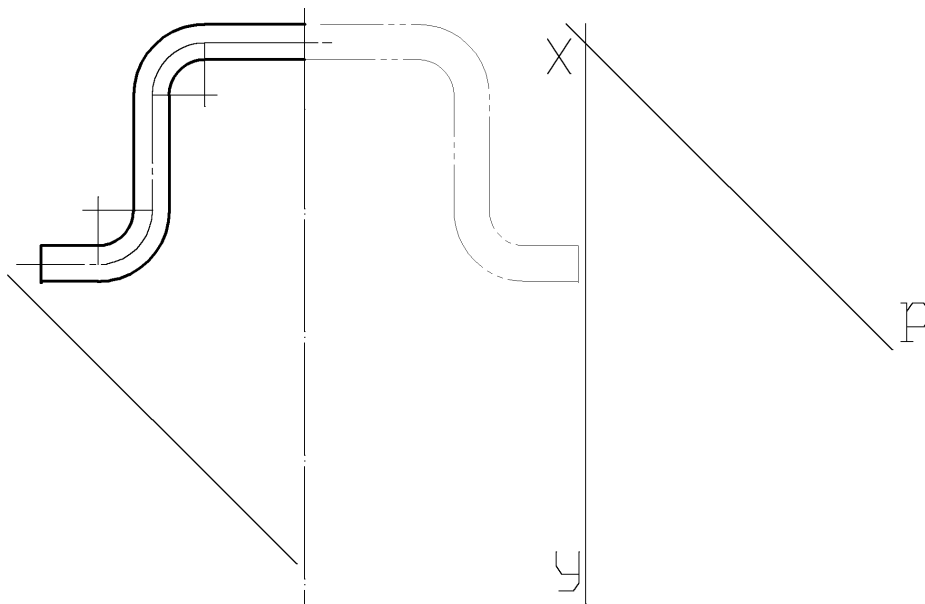
- (六) 在圖以 P 點連接各線段端點，作 B.C.D.E 各線段，並畫與 B.C.D.E 線段平行之線，B'、C'、D'及 E'。B'由 A'與線段 1 之重心相交之點為起點，如此類推繪到 E'與 A'相交為止。
- (七) 通過 A'與 E'之交點 F 向圓筒中心線畫一水平線段 Z。以 Y 為中心，Z 為直徑畫一個圓，再以 X 點為中心畫與小圓外切的大圓弧。
- (八) 畫一與小圓上端相切之水平線與大圓弧相交於點 O，則點 O 至 X~Y 線之水平距離，就是胚料所需的半徑。



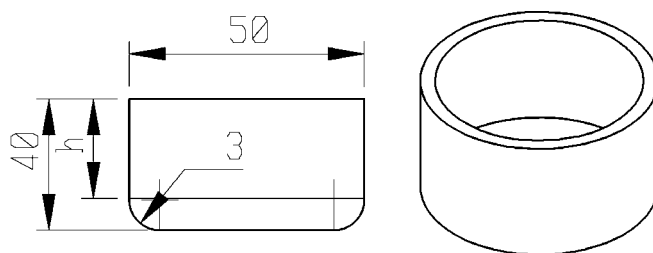
圖六 利用輪廓作圖法求料片展開直徑 D

學習評量二

一、請不要用參考資料或書籍，在下列圖處，用作圖法求出下列圖成品之材料半徑大小？



二、請不要用參考資料或書籍，在下列空白處，計算一引伸厚度 1mm，圓筒直徑 50mm，圓筒高度 40mm，角隅半徑 3mm 之筒狀成形品，試以面積法代公式求出其材料直徑 D=？



筆記欄

學習評量二答案

你的答案應該包括下列

一、本題請參考 16 頁之繪圖說明，按程序即可繪出膨料半徑大小。

$$二、 D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.57r) - 0.56r^2} \quad (\text{由公式求得})$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{(50)^2 + 4 \times 50[37 + (0.57 \times 3)] - 0.56 \times 3^2} \\ &= \sqrt{2500 + 200(38.71) - 5} = \sqrt{10237} = 101.2mm \end{aligned}$$

本教材的第三個學習目標是

你能夠熟用公式及查表，求出引伸率及引伸比的值，來決定引伸口徑的次數及每次引伸直徑縮小的數值。

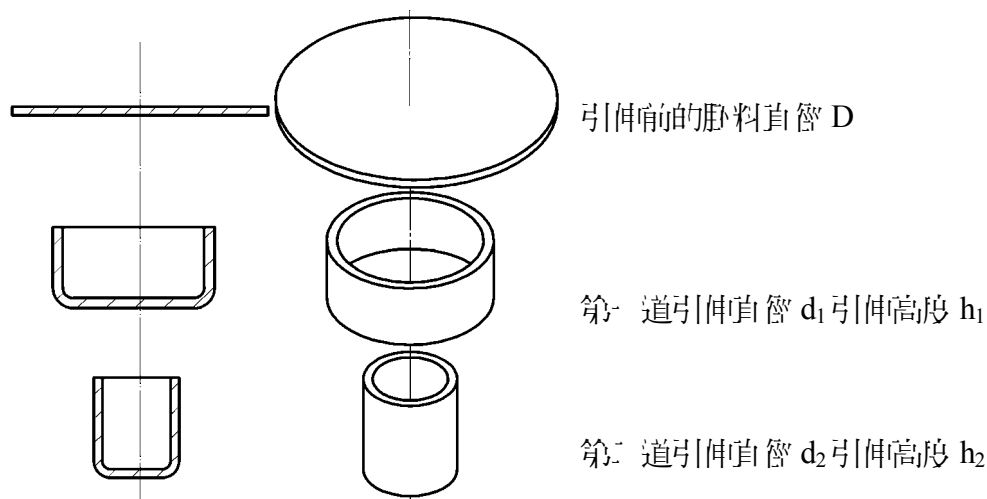
引伸率與引伸次數

材料尺寸經決定後，其次要考慮的是製造該圓筒應分幾次工程才能引伸完成，而每一引伸直徑要縮小多少才適當，當然能由一次加工直接完成引伸作業是最理想的，但由於材質、材料形狀、引伸深度、引伸形狀、沖頭的圓弧半徑、模肩圓弧半徑、熱處理情況以及模具的構造等因素的影響，想要一道工程完成加工常受到限制。因此引伸比太大或引伸太深，也就是加工量超過材料的極限強度時，會產生引伸作業中途產生破裂的現象，使得模具設計及製造前功盡棄，所以不能不加以注意，為使材料不發生這種現象，就需要把材料分成二、三次引伸工程完成，甚或五、六次以上工程也常見，如圖七所示。

因此要決定引伸的工程次數及每一工程直徑縮小的數值，必須以引伸率及引伸比的值來決定。設引伸製品的材料直徑為 D ，以材料引伸成的圓筒直徑為 d ，或以 d_1 為第一次引伸筒直徑， d_2 為第二次引伸筒直徑，則引伸率及引伸比就可以用下式表示之。

$$\text{引伸率 } m = \frac{d}{D} \text{ 或 } m = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\text{引伸比 } \beta = \frac{D}{d} = \frac{1}{m} \text{ 或 } \beta = \frac{d_1}{d_2}$$



圖七 兩道引伸工程完成引伸成品

由上列公式可知引伸率是由引伸後的圓筒直徑與引伸前材料直徑的比值，或是將較大的圓筒直徑引伸成較小的圓筒直徑的比，其倒數則為引伸比。若引伸率很小，引伸加工必然會很困難，小到某一個數值以下時，製品就會產生破裂，所以在不會產生破裂的情況下，能夠引伸的最小引伸率稱為該材料的引伸界限，引伸界限受諸多因素影響，如材料材質、加工條件、熱處理等因素影響外，材料厚度也是重要因素之一。

模具設計時，引伸率不能低於（小於）引伸界限。一般所採用的實用引伸率及其決定的方法有以下二種。

- 一、以製品材料為依據，如表四所示。
- 二、以材料厚度 t 與胚料直徑 D 之比為根據，採用表五所列的數值。同一胚料直徑同一引伸率，由於板厚不同，其引伸的難易差別很大。

假如製品不能以一次工程完成引伸，則必須按工程順序逐次引伸，其引伸過程直徑設為 $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ 適用的引伸率為 $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ ，則各直徑間的變化由下列公式表示之。

$$m_1 = \frac{d_1}{D} \times 100\% \quad m_1 \text{ 第一引伸率}$$

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} \times 100\% \quad m_2 \text{ 第二引伸率}$$

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} \times 100\% \quad m_3 \text{ 第三引伸率}$$

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}} \times 100\% \quad m_n \text{ 第 } n \text{ 引伸率}$$

此 m_1, m_2, \dots, m_n 引伸率由表五中可知並不相同，每次引伸一次引伸率都變大，換句話說變形就小了，這是因為引伸加工給板料帶來的加工硬化之故。加工工程愈多板料就愈硬化而失去伸展性，所以每次應變因素皆小於前一次加工之值，若要多次工程深引伸的時候甚至要把製品退火軟化，再進行加工。

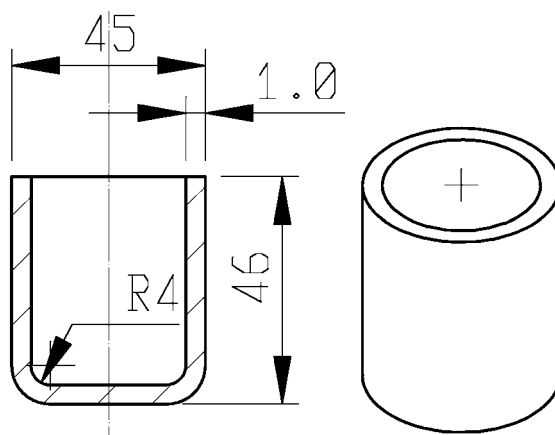
表四 各種材料的實用引伸率

材料	初引伸的引伸界限	再引伸的引伸界限
深引伸鋼板	0.55~0.60	0.75~0.80
不銹鋼板	0.50~0.55	0.80~0.85
電鍍鋼板	0.85~0.65	0.88
銅	0.55~0.60	0.85
黃銅	0.50~0.55	0.75~0.80
鋅	0.65~0.70	0.85~0.90
鋁	0.53~0.60	0.80

表 2 從材料厚度與直徑之比值查出適當的引伸率

引伸率	成品之相對厚度 (材料厚度與材料直徑之比) $t/D \times 100$					
	2~1.5	1.5~1.0	1.0~0.6	0.6~0.3	0.3~0.15	0.15~0.08
第一次引伸	0.48~0.50	0.50~0.53	0.53~0.55	0.55~0.58	0.58~0.60	0.60~0.63
第二次引伸	0.73~0.75	0.75~0.76	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.82
第三次引伸	0.76~0.78	0.78~0.79	0.79~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.84
第四次引伸	0.78~0.80	0.80~0.81	0.81~0.82	0.82~0.83	0.83~0.85	0.85~0.86

例題：欲引伸成品大小如下圖所示，材質為軟質鋼板厚度 1mm，外徑 45mm，高度為 46mm，成品底部圓弧半徑 4mm，試計算引伸率及決定引伸次數(h 為直筒高)。



要計算引伸率只要把尺寸計算出來。

$$D = \sqrt{d^2 + 4d(h + 0.57r) - 0.56r^2} \quad D = \sqrt{(45)^2 + 4 \times 45[42 + (0.57 \times 4)] - 0.56 \times 4^2}$$

$$= \sqrt{2025 + 180(2.28) - 8.96} = 100mm$$

$$m = \frac{d}{D} = \frac{45}{100} = 0.45$$

例題中 $D=100mm$ ， $d=45mm$ 計算引伸率為：

將 m 值與表 2 中第一次引伸率 m_1 比較，若 m 值大於 m_1 ，則此成品僅需一次即能完成加工，若 m 值小於 m_1 ，則此製品需要二次以上引伸加工，那麼到底要多少次呢？決定的方法是將 m 之值與逐次引伸率乘積相比較，直到 m 值大於後者，就可決定引伸次數，如 $m \geq m_1 \times m_2$ ，則需兩次引伸加工，否則再將 m 值與 m_1, m_2, m_3 ，乘積相比較，若 $m \geq m_1 \times m_2 \times m_3$ ，則此成品需要三次引伸加工，以此類推。

查表 2 找出 $t/D \times 100=1$ 之材料，引伸率分別如下：

$m_1=0.53$ ， $m_2=0.76$ ， $m_3=0.79$ ， $m_4=0.81$ ……由於 $m=0.45$ ， $m_1=0.53$ ， m 小於 m_1 ，故無法一次引伸完成，將會產生破裂。

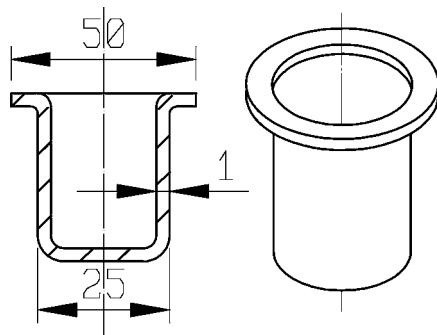
請翻到下一頁。

若以 $m_1 \times m_2 = 0.53 \times 0.76 = 0.4$ 則可以看出 m 大於 $m_1 \times m_2$ ，故此圓筒容器要二次引伸口程才能完成引伸功口。

找出引伸率代引伸率公式就可求出第一次引伸的直徑。再代入材料直徑公式也可以求出引伸製品的高度，以做為模具設計及製造的參考。

學習評量三

- 一、請不要用參考資料或書籍，在下面空白處，計算高度 h 為 30mm 如下圖所示之引伸成品，要用多少次引伸工序，才能安全的完成引伸工作？



- 二、引伸比以 _____ 或引伸以 _____，也就是加工量超過材料的極限強度時，會有引伸作業中產生破裂的現象。

- 三、引伸率為 _____ 及 _____ 的比值，其倒數則為 _____。

- 四、在不產生破裂的情況下，能夠引伸的最小引伸率稱為該材料的 _____。

- 五、引伸加工工序愈多材料就愈硬化而失去伸展性，若要多工序深引伸的時候要把製品 _____，再進行加工。

筆記欄

學習評量三答案

你的答案應該包括下列

一、首道引伸率之前先計算引伸材料 D 的大小？已知 $d_1=25\text{mm}$ $d_2=50\text{mm}$ $t=1\text{mm}$

$$\text{用簡易公式求毛胚直徑 } D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h} = \sqrt{50^2 + 4 \times 25 \times 30} = \sqrt{2500 + 3000} = 74.2\text{mm}$$

求出材料直徑 D 約為 74mm，利用 t/D 的值從表 3.1 中查出各工程的引伸率。

$$t/D = 1/74 \times 100 = 1.4 \quad \text{查表可得 } m_1=0.5, m_2=0.75, m_3=0.78$$

$$\text{第一道引伸工程可加工至 } d_1 = D \times m_1 = 74 \times 0.5 = 37\text{mm}$$

$$\text{第二道引伸工程可加工至 } d_2 = d_1 \times m_2 = 37 \times 0.75 = 27.75\text{mm}$$

$$\text{第三道引伸工程可加工至 } d_3 = d_2 \times m_3 = 27.75 \times 0.78 = 21.65\text{mm}$$

由說明中可知第三次引伸已超過成品直徑 25mm 甚多，所以首三個工程內就可以安全的完成引伸工作。因第三道工程（最終工程）尚有餘裕，可考慮重新均衡每一引伸工程。

二、大，深。

三、引伸後的圓筒直徑，製品毛胚直徑，引伸比。

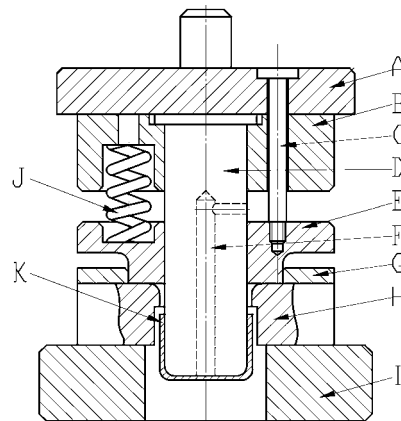
四、引伸界限。

五、退火軟化。

學後評量

一、請不要用參考資料或書籍，在下面空白處，寫出引伸模具與剪切模具最大的不同處？

二、請不要用參考資料或書籍，參考下圖依編號填寫引伸沖模各部分零件名稱。並簡單說明引伸成品成形的方式？



A: _____ B: _____ C: _____ D: _____ E: _____ F: _____
 G: _____ H: _____ I: _____ J: _____ K: _____。

三、若有引伸成品重量為 980g，板厚為 2mm，試用比重法求出成品展開膠料的直徑大小？

四、引伸加工的過程中材料受到的力計有 _____ 力、 _____ 力、 _____ 力及 _____ 力。 _____ 力發生在材料的上下兩面，是由膠料板壓力及材料流動所造成。

請翻到下一頁。

五、引伸加工中一般引伸率的值 _____ 於 1。

六、每次引伸一次引伸率都會變大，換句話說變形就小了，這是因為引伸加工給板料帶來的 _____ 緣故。

七、引伸比大 _____ 或引伸以 _____，也就是加工量超過材料的極限強度時，會產生引伸作業中途產生破裂的現象。