

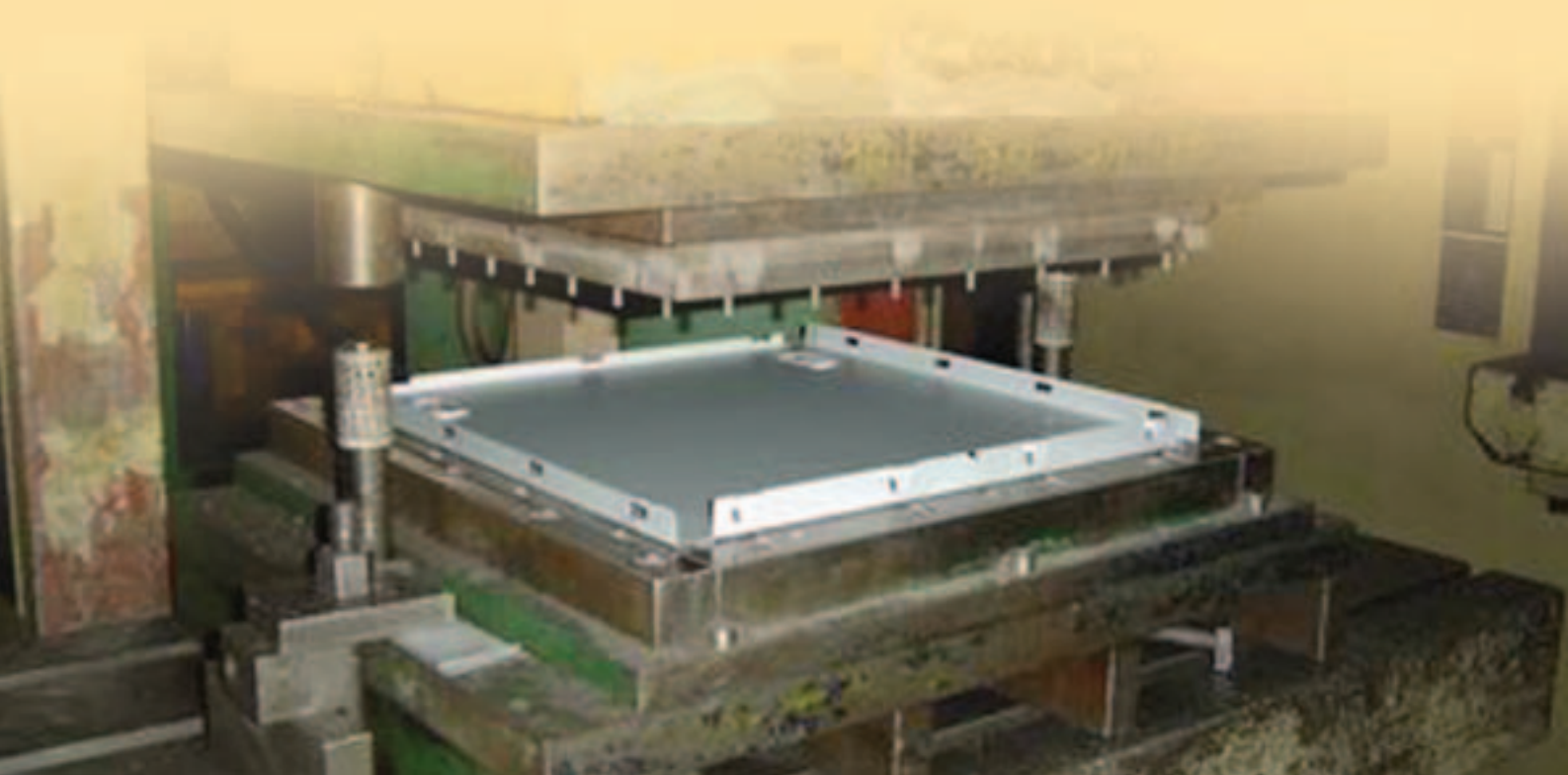


專題報導 | 金屬製造新技術

# 沖壓與沖鍛

產品的演變會驅使生產產品的軟硬體跟著進化。  
對金屬構件而言，在零件數減少、體積縮小、  
同時具有更多組裝功能的需求下，  
零件外形將變得更加複雜。

■ 蔡盛祺



## 每日與你同在的沖壓

好奇心人皆有之，只是當你所認知的事物越多，諸事習以為常後，在與你的想像和好奇心之間就會築起一道高牆，讓你無法思考充滿於周遭的學問。本文就是希望能導引讀者注意一個你並不熟悉而又與日常生活息息相關的生產技術—沖壓。

你是否曾用心觀察構成家裡各種裝置的主要材料有哪些？聰明如你應該很快就可以舉出有金屬、塑膠、木材及布料等，且每一種裝置各是由不同材料的零件所組成。當你回到家拿出鑰匙開門，提起茶壺倒水，打開 DVD 放映機，或是拿起電話、手機開講，或是在廚房手拿鍋鏟煮美味的晚餐時，你可注意到鑰匙、門、茶壺、DVD、手機及鍋鏟等物件都是或都有金屬零件，而這些金屬零件又大都是以沖壓方式做成的，由此可知生活中不可一日沒有「沖壓」。



攝影：張志祐

以純金打造的豬小弟墜飾、精緻手鍊及戒指，十足展現黃金的可塑性。

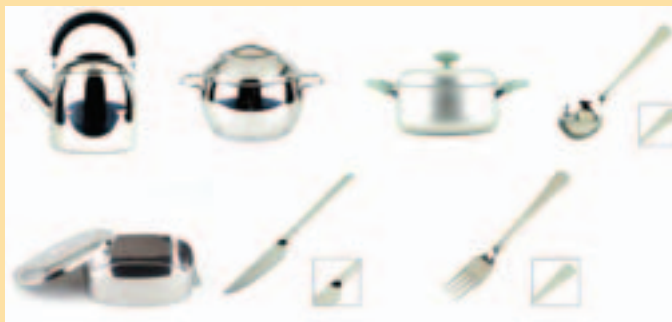
## 可隨意變形的金屬

金屬具有極佳的強度，因此常用來做為需要強度的結構件。同時我們也發現，當施加的應力（即單位面積上受到的力量）超過其拉伸強度時，金屬不會像陶瓷或磚塊等脆性材料一樣馬上斷裂，而是產生變形。也就是說金屬具有可塑性，我們稱它為塑性變形。每一種金屬各有不同的變形能力，最明顯的例子就是黃金。利用金屬的塑性變形特性，我們可以把金屬成形為各種形狀，想想家裡的湯匙或茶壺就會有明確的概念。

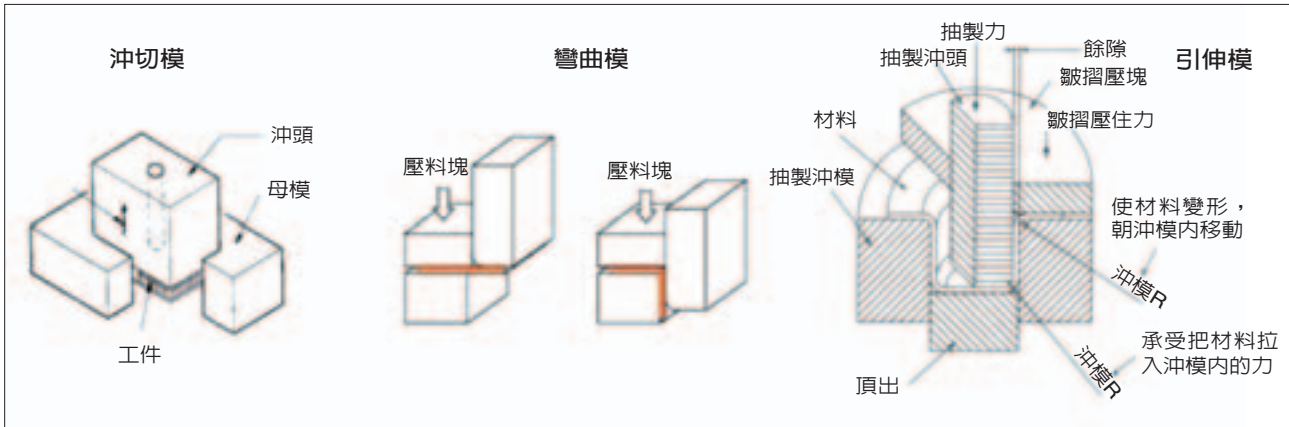
要如何才能讓看起來堅固的金屬產生塑性變形呢？那就得使用比金屬強度更高的模具鋼。把模具鋼依所要成形的形狀做出上下模具，然後把上下模具打開後置入原材料，再把模具固定在稱為沖床的設備上。讓沖床提供成形所需的力量，帶動模具做上下合模開模的動作。合模使材料成形，開模讓原材料做進出的動作，沖床、模具及原材料構成一套沖壓成形系統。在強壓之下，即使是強度甚佳的金屬也不得不隨模具形狀而變形。

## 沖壓製程

最常見的沖壓製程包括沖切、彎曲及引伸。以每天要使用的鑰匙為例，如果設計出內孔外形和它一樣的下母模，外型和他一樣但稍



日常生活中由沖壓方式製成的用品



常見的沖壓製程中模具與工件的關係

小的上沖頭，把板料置於母模上，利用沖床把固定在上面的沖頭往下沖過板料，就會得到所需形狀的鑰匙。如利用自動化的沖床生產，一分鐘內可產製二至三百件，甚至更多，這是沖切最簡單的例子。當然為了加強產品所需的功能或品質，後續尚需一些機械加工程序。

關於彎曲的製程，可以想像先以上下模具把板料以彈簧力量壓著，再用沖頭對需要彎曲成形的部分施力。彎曲製程的例子可用手表的表帶來做說明。一般的金屬表帶由不銹鋼材料製成，分為鏈帶及扣接件兩部分。當你觀察扣接件時會發現它包含3件板件，接合部位內部還包含了插軸及彈簧。每一件板件為了扣接的功能必須使某部位的材料彎曲或捲曲，更仔細的觀察會發現它同時也用到其他的成形技巧。鏈帶的部分也是把板材做一系列的沖切、彎曲與壓合，才能製成具有鏈帶功能又美觀的表帶。

當然如果把手表拆開，你會發現有更多的沖壓零件分布其中。另一個常見的例子就是釘書機，很明顯地可以看到它的結構件都是把金屬板加以彎曲而得。

關於引伸的方式，則可以想像一個大圓板材，直徑大約50公分，厚度0.2公分，放在一個內孔直徑是30公分的母模上，板材在直徑30至50公分的範圍內用彈簧力壓著，再以一直徑約29.6公分的沖頭往下使板材成形。板材會由圓盤狀變成罐體的形狀，外圍的材料被沖頭拉進母模孔內成為罐體的直壁部分。如果覺得直徑太

大，可用另一組內孔徑及直徑較小的母模與沖頭再成形一次即可。這樣的成形方式就稱為引伸。

上述過程是否會讓你想到家裡的鍋子呢？沒錯，鍋子、鋼杯，甚至口紅或鋼筆的金屬外殼，都是用引伸方式加工而成的。「沖壓」果真與我們的生活息息相關吧！或許你可以再動動腦，想想看湯匙是怎麼製作的？

當然沖壓這一門技術不會如上述的那麼簡單，它包含了更多不同的生產方式。為了求得更佳的品質，每一種加工的方式都必須建立標準，或是加以變化，精益求精。一項產品由數十個甚至數百個零件組合而成，如果其中某個零件的品質差異性較大，例如每一個的尺寸都不相同，那麼，將不可能藉由自動化方式組裝產品，甚至人工組裝也裝不上，嚴重的更會造成產品的失敗。因此，今日業者所競爭的是零件加工的品質與製造成本的降低，能以較低成本製造出相同甚至較高品質零件的終將勝出。

## 沖壓加工技術

關於沖壓加工技術，以沖一個圓孔為例，一般沖切表面由於材料本身的特性，會有一半的斷面屬於撕裂面。但使用圓孔時常要求全部的斷面必須都是光滑表面，為了這項要求，沖切技術發展出許多不同的方式，例如先實行沖切，再以刮除方式去掉沖切所留下的撕裂面。也可以把沖切模具的直角刀口修成一極小圓角



## 沖壓與沖鍛

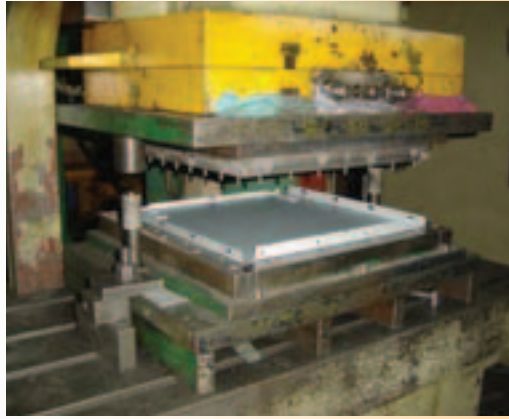
的刃口，或是在沖切部位周圍的材料上施加一經過計算的很大的壓力，再進行精密下料沖切。不同的沖切方式，沖切面品質及生產成本也會不同，沖切方式的選用端視生產者的評估與取捨而定。

零件在彎曲時常因模具與材料間的摩擦而產生刮痕，這時你或許會想到滾動摩擦時，模具與板料之間的相對運動應該會小於滑動摩擦。沒錯，在彎曲沖頭與胚料接觸的部位加裝一滾輪，可以有效地改善刮傷的問題。另外，或許你也會有經驗，當你彎曲一樣東西時，常會發現它會彈回去一點點，這是因為每一種材料都有彈性的緣故。這個問題也會發生在金屬彎折的時候，沖壓工程針對這個問題也發展了各種改善的方式。

為了使成形的零件有正確的尺寸，可以與其他零件完美地組裝搭配，最直接的方式就是「過彎」。譬如直角彎曲時若材料會回彈2度，可以在彎曲時彎成88度，當模具離開胚料時，工件會回彈至目標值90度。

另外也可以正本清源，材料會回彈是因為彎曲部位的塑性變形，使這區域的內部產生應力，當模具釋放後，這內部應力使材料產生一個回復的動作而造成回彈，因此利用模具壓縮這個區域以破壞其應力狀態，也可以有效克服這個問題。也可以先彎45度，回彈一部分後再彎成90度。由此可以發現工程師在面對問題時如何想盡辦法去克服，有巧思也必須符合物理的原理。

關於抽製杯狀的罐體，想像一個直徑較大的罐體如何願意縮入一個直徑較小的空間之內？外圍胚料與內部罐體互相以拉力對抗，設計不當會料破模亡。因此，如何選擇逐步變小的直徑與模具入口的圓角，並配合不同的材料制定出設計準則，是引伸工程中一門很深的學問。在全世界相互競爭之下，為了提高產品的品質，同時



<http://www.vervol.com/product/waisher/labs/2005-02-20-13628.htm>

**金屬板正在接受沖壓處理** 機殼生產的第一道程序是金屬成片和沖壓，它是整個機箱生產的基石，也是最複雜的程序之一。在這個冗長的過程中，通過已經製作好的金屬沖壓模型，把金屬片製造成組裝用的金屬側板、頂板、機架等。如果在沖壓過程中有任何一塊板材或一個部件出現問題，都會導致機架組裝後發生變形而成為次品。因此，每個零件、每塊板材都必須沖壓得很好才可以進入下一道程序。

具有競爭力，沖壓技術已做了極致的演化與發展。

### 自動化生產線

提到沖壓，不可不說明「連續模」。若有一個複雜的零件需要極繁複的沖壓加工，例如需要10個沖壓步驟，可能包含沖切、彎曲及引伸等，若是逐個步驟分別進行加工，則需10台設備及10個人工，而且每台操作者都需要進料與卸料的動作，明顯地成本會很高而且生產效率低。

因此在沖床能力及模具空間許可下，可以



<http://www.efco.com.tw/mold.htm>

**鋁金沖壓成型** 幾乎各工業領域都可以看到金屬沖壓製品的身影，依成品的尺寸可區分成3類：小型沖壓製品、中型沖壓製品及大型沖壓製品。其中小型沖壓製品最常見的是IC腳架彎腳成型、精密端子成型、彈片成型；中型產品如3C產品金屬外殼、LCD外框、家電面板成型、馬達外殼等；大型沖壓製品如機械零件、汽（機）車鋁金成型等。



鍛造工程示意圖及其汽車零件、螺絲、螺帽製品。

使用料捲做為原材料，藉由自動送料機把材料送至沖床模具內部進行加工，把所有沖壓工程整合在一組模具內部，料捲則定量逐步往前送。每一定量胚料會經過所有沖壓程序完成成形，成形過程中胚料會連結在料帶上，最後再沖切分離。如此可在一部沖床設備上完成所有成形工程，因此在成本、效率及產品品質上都可大幅地改善。

每分鐘可生產的零件數目視產品尺寸、形狀及沖床設備能力而定，少則數十件，多則可達上千件甚至二千件。當然產品必須達到一定數量才有經濟效益，因此「連續模」是今日量產型沖壓生產線的主要生產型態。

經過數十年的發展，沖壓生產技術在廣度與深度上都已經發展至極致。在沖床設備能力與特性的改良、模具設計技術的多樣性與加工精密性、原材料成形性的掌握與改良、以及自

以前的所謂鍛工就是打鐵，現在的鍛工已是一種精密的加工技術。



攝影：張志昂

動化或是潤滑及檢測等周邊技術上的進步，構成一完整而成熟的加工體系，尤其以日本最具代表性。

但是市場的競爭是現實的。藉由網際網路的連結，工廠可以分布在全世界，技術的傳播也比以前更快速，造就了更多的競爭者，台灣、韓國及中國大陸的快速進步就是極為明顯的例子。製造者必須與全世界的對手比品質、比成本、比服務、比效率，因此若大家的生產技術都已達到難以再有明顯進步的極致時，業者的生存會極為艱鉅。

近數十年來科技的發展一日千里，追求進步的動機促使人們不斷地改良原先的技術與產品，我們可以發現生活中的產品越來越小越薄，功能越來越多，品質越來越精緻，重量也越來越輕，手機就是一個代表性的例子。10年前當你拿著一個像家用電話大小的大哥大在講電話時，絕對想像不到現在手機的多樣性、小巧、便宜並具備多種功能。同樣地，現在也無法想像10年後手機的模樣，生活上其他的產品也有相同的趨勢。

## 鍛造技術

產品的演變會驅使產品的軟硬體跟著進化。對金屬構件而言，在零件數減少、體積縮小、同時又具有更多組裝功能的需求下，零件外形會變得更為複雜，不同部位的厚度也會產生變化。體積縮小時強度的變化也使得對材料或製程產生不同的選擇，面對市場的要求超出傳統沖壓所能承製的極限時，生產技術必須跟著蛻變才能生存，「沖鍛製程」於焉產生。

如果你稍微注意前述的沖壓製程技術，會發現不管是沖切、彎曲或引伸，板材都只產生局部的塑性變形，而在板材的厚度上甚少變化。這是沖壓製程在形狀功能上的限制，以致有時無法符合產品對金屬結構件的要求。

「鍛造」是生產金屬零件的另一種方式，它與沖壓製程一樣，利用沖床做動力源，同樣



# 沖壓與沖鍛

攝影：張志銘

把上下模具固定在沖床上，主要成形方式則是將塊料局限在上下合模時的密閉模穴內，使模具對塊料產生極高壓力，致使塊料產生明顯塑性變形，並充填整個模穴而得到所需的形狀。

沖壓與鍛造這兩大生產金屬零件的體系，技術都是博大精深，深入研究時卻又各成體系。因為兩者在模具設計與加工或是生產體系都有明顯的不同，工程師少有同時精通兩樣的。日本的产品開發本就處於世界的前端，產品的發展趨勢及鄰近國家的低成本競爭促使其結合沖壓與冷鍛技術，發展成為沖鍛技術，並成功應用在3C產業及汽機車產業，使沖壓業者在激烈競爭的世界體系中仍保有極佳的競爭優勢。

## 沖鍛

將鍛造工程技術併入沖壓連續模，形成沖鍛製程技術時，藉由鍛造可使胚料做大範圍的變形，也使工件在形狀及厚度上產生大幅度的變化。金屬材料有個特性稱為「加工硬化」，就是當施加負荷使其產生塑性變形時，材料內部組織會產生變化而使得強度提高，因此可利用較小的尺寸或較輕的材料達到相同的強度。由此可知，在沖鍛製程中，工件可以在厚度上有大幅度變化、形狀可以更複雜、尺寸可以更小、以及採用的材料可以更輕，這些優點符合目前產品對零件的要求。

或許大家會問，既然這麼簡單，那各找一個會沖壓及會鍛造的工程人員一起設計不就可

以了？理論上是如此，但在實際上會發現熟知的鍛造技術難以完全應用在沖壓連續模中。

例如沖壓的料帶必須互相連結才能往前傳送，但如此一來鍛造模難以形成密閉空間以鍛壓胚料。另薄板材料的流動特性與鍛造時塊料的流動特性也不相同，因此材料流動不易控制。而且鍛造負荷通常較沖壓負荷高出許多，在沖壓連續模中，鍛造程序可能只占十幾道沖壓程序中的二或三道而已，產生的重負荷分布在連續模中可能會造成偏心負荷，因此沖床設備和模具結構的精度及剛性必須提高才能符合所需。由於沖床設備、模具設計及加工、生產線的操作都不同於傳統的沖壓與鍛造製程，以致亟需一套新的製程技術。

產品的設計者必須熟知各種加工技術的限制，這些限制包含尺寸、精度、強度或幾何特徵，才能設計出可以合理製造的零件與產品。今日沖鍛製程技術已突破某些限制，使零件的複雜性與功能性有更多的選擇。因此，在产品設計階段，設計者與零件加工者必須共同討論，檢討零件的設計，使其在利用沖鍛製程加工時，達到零件數減少、組裝道次減少、體積變小、輕量化及整體成本降低的最終目的，方能創造出更高的生產價值，使得製造端、產品端甚至消費者都能享受其利益。

金屬加工技術似乎離每個人很遠，卻又和每個人的日常生活息息相關。本文不做技術的深入說明，只概略介紹沖壓與沖鍛生產技術，以及市場的演變與需求如何影響製造技術，以便讓大家了解生活周邊事物的形成。 □



光碟讀取頭承座 QFP散熱片 Flip Chip散熱片 主軸馬達承座

安全帶防滑棘 主軸馬達殼蓋 硬碟讀取臂結伴件 磁性殼蓋  
輪沖鍛件

利用沖鍛製程加工板材，使它們變成形狀複雜的零件。

### 蔡盛祺

金屬工業研究發展中心精密成形系統組