

等溫/熱模鍛造技術概述(1/2)

作者：黃錫男/張瑛慧

壹. 前言

鍛造產品朝特殊合金輕量化、複雜化、高附加價值及低成本等發展；鍛造技術朝精密、節能省料、低汙染等綠色鍛造發展；製程技術朝複合化、自動化、複動化及微細精密等成形製程發展，鍛造設備則朝向高精度、高剛性、高速度、自動化及智慧化等機能發展。對於特殊高溫合金、鈦合金及金屬間化合物等金屬，熱加工變形困難；若使用傳統模鍛很難精確控制鍛造的工作參數，鍛件組織與性能發生變異；等溫/熱模鍛造可克服上的變異，為精密鍛造生產的工藝，本文將探討等溫鍛造的優勢及產業設備應用實例。

貳. 鍛造工藝

鍛造工藝是金屬壓力加工方法之一。指利用壓力改變金屬原料形狀，以達到相應要求的一種加工工藝，應用在各種行業的金屬衝壓。鍛造工藝依不同工作溫度、受力來源、模具形式、施力來源來區分，亦可為不同各式的稱呼，如圖1- 鍛造分類。本文僅探討鍛造加工時工作溫度範圍，可區分為：熱鍛（再結晶溫度以上~固相線以下）；冷鍛（常溫下成形）；溫鍛（介於熱鍛及冷鍛之間）。茲說明如下：

(1) 冷間鍛造：

材料在常溫(室溫)之溫度下，對金屬進行壓製、滾軋、擠製、抽拉等加壓成形之鍛造法。冷鍛成型是利用壓力或衝擊力量，使金屬依模型成型。常用於矯正或形狀改變或去除多餘廢料等，冷鍛可以避免金屬加熱出現的缺陷，獲得較高的精度和表面質量，並能提高工件的強度和硬度。但冷鍛變形抗力大，需用較大噸位的設備，多次變形時需增加再結晶退火和其他輔助工序。

(2) 熱間鍛造：

將被加工物加熱至再結晶溫度以上，未達到變態點之溫度範圍內，藉由鎚擊、壓製、滾軋、擠型加壓成形之一種鍛造法，加熱溫度則因材質而有不同。在變形過程中冷變形強化和再結晶同時存在，屬於動態再結晶。

(3) 溫間鍛造：

綜合熱鍛與冷鍛之優點，採取中間溫度，溫度低於金屬再結晶溫度下，比冷鍛的常溫更高(以鋼而言一般約 300 °~ 750°C)來進行加壓成形之鍛造法(精密 750 °~900°C)。在高於室溫和低於再結晶溫度範圍內進行的鍛造工藝稱為溫鍛。與熱鍛相比，坯料氧化脫碳少，有利於提高工件的精度和表面質量；與冷鍛相比，變形抗力減小、塑性增加，一般不需要預先退火、表面處理和工序間退火。溫鍛適用於變形抗力大、冷變形強化敏感的高碳

鋼、中高合金鋼、軸承鋼、不銹鋼等。

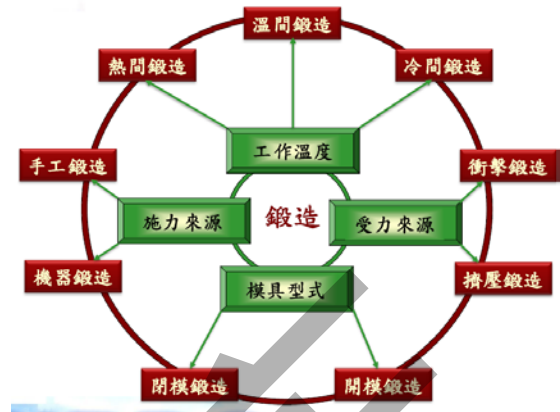
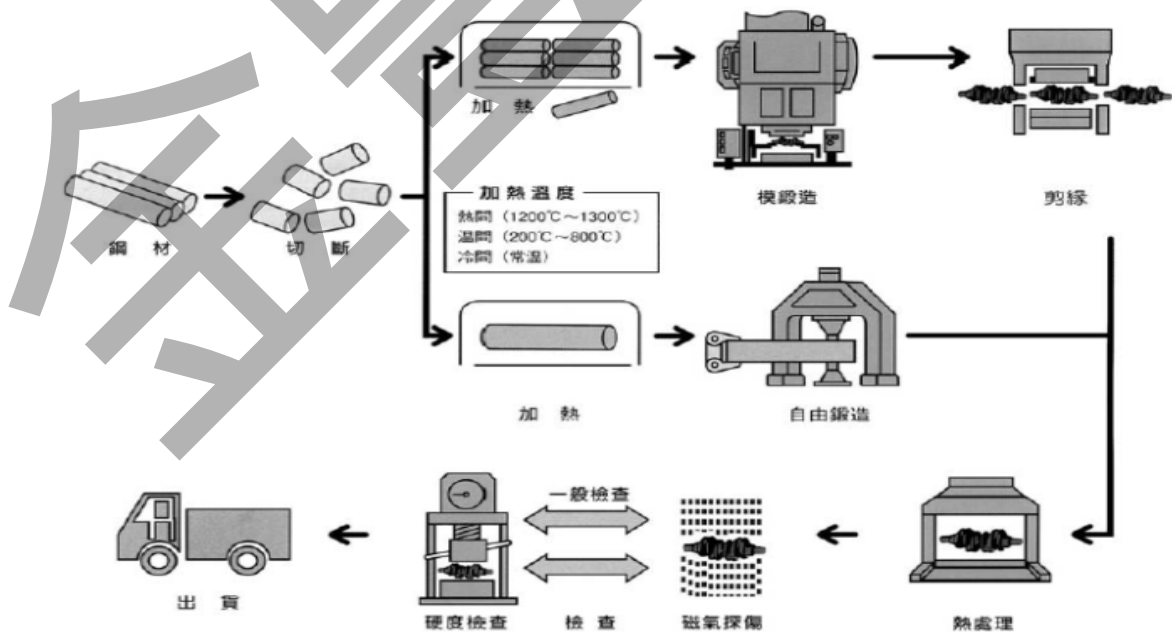


圖 1 沖壓產業應用 與 鍛造分類

(4) 等溫鍛造：

把模具加熱到與胚料變形溫度相同或相近的溫度，以較低的應變速率進行變形的一種鍛造方法。嚴格意義來講，等溫鍛造的模具與胚料應具有相同溫度，但實際成形時模具溫度往往稍低於胚料溫度。由此發展近等溫鍛造和熱模鍛造。近等溫鍛造一般指模具溫度低於胚料溫度 30~80℃，熱模鍛造溫度更低，模具溫度一般低於胚料溫度 100~150℃。對於特殊高溫合金、鈦合金及金屬間化合物等金屬，熱加工變形困難；若使用傳統模鍛很難精確控制鍛造的工作參數，鍛件組織與性能發生變異；等溫/熱模鍛造可克服上的變異，為精密鍛造生產的工藝，也是本文探討的重點。

一般加熱鍛造件從胚料的準備到沖壓成形、檢驗供需九個步驟，如下示：



胚料準備→加熱→預鍛→模鍛→剪緣→整形→除銹皮→熱處理→檢驗

參. 等溫/熱模鍛造技術的特點

等溫/熱模鍛造能夠受到業界的使用，具備以下特點：

1. 低熱形抗力和高延伸率。在胚料及模具等溫和低速變形條件下，鍛胚較易產生動態回復和再結晶，使應力顯著降低，塑性提高，從而導致變形抗力降低和所需設備噸位的減少。採用熱模/等溫鍛造所需壓力為常規模鍛的1/5~1/10。
2. 工藝可控性好。採用傳統模鍛，工件在轉移和模鍛造過程中，因周圍冷環境的作用，溫度會不斷下降，鍛工的操作也不近相同，易造成鍛件的組織和性能不穩。工藝可性不好。等溫鍛造採用液壓機，變形的各種參數，如溫度、壓力、速度和壓下量等都要能預設定並自動控制，極大限度地保證了產品的穩定性，可獲得穩定、理想的組織和性能。
3. 均勻變形。在製胚和模鍛過程中，模具的激冷作用會強烈影響工件與模具接觸面附近的變形，加上摩擦力的作用，使工件表面低溫層的變形量特別小，無法破碎原有的粗晶，從而形成變形死區。採用等溫鍛造，減少了毛胚與模具之間溫度差，較好地消除了模具激冷效應，減少了胚料在鍛造過程中及截面各部位的變形溫度梯度，能獲得組織均勻的鍛件。
4. 材料利用率高。等溫模鍛件在最終成形階段，實際上處於蠕變變形狀態，有利於模腔的填充，可以獲得小餘量或近無餘量的鍛件精度，實現淨成形，材料利用率高。
5. 等溫/熱模鍛造亦有存在影響鍛造沖壓生產因素，如以下說明：

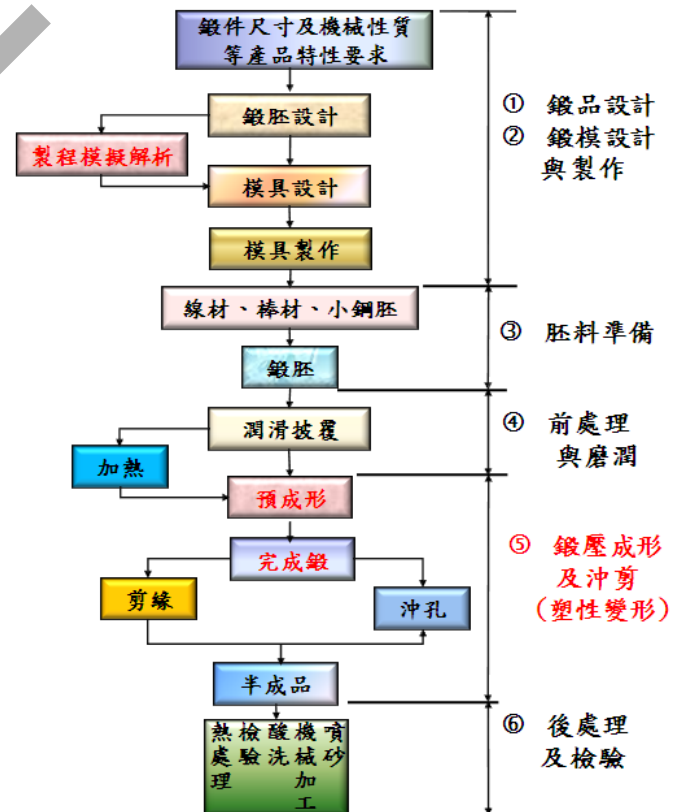
影響鍛造生產因素概述

5-1. 鍛造技術：

- (1) 鍛品設計。
- (2) 鍛模設計與製作。
- (3) 胚料準備。
- (4) 前處理與磨潤。
- (5) 鍛壓成形及沖剪(塑性變形)。
- (6) 鍛品後處理及檢驗。

5-2. 鍛造製程關鍵因素：

- (1) 胚料性質：塑性變形前之特性。
- (2) 塑性變形：分析材料流動行為。
- (3) 鍛品特性：胚料變形後的問題。
- (4) 鍛模狀況：鍛模設計與製造的問題。
- (5) 鍛模介面：摩擦與潤滑之處理。
- (6) 週邊表面：鍛件與大氣環境反應。
- (7) 鍛造設備：鍛造機與週邊設備。
- (8) 製程系統：鍛造製程與生產系統整合。



鍛造品生產典型作業流程