

輾牙模具 處理、使用、維護



一、前言

通常扣件模具的失效分為正常失效及非正常失效。正常失效是指模具經長期生產使用較均勻地磨損(如尺寸公差超出容許差等)而不能繼續工作使用;非正常失效(也叫早期失效,如斷裂等)是指模具在預期工作使用時間週期或預期壽命時間內,未達到預期正常的壽命而不能使用。模具失效的主要形式為塑性變形、磨損、疲勞與斷裂以及腐蝕等,其中斷裂失效是模具最致命的失效形式。它往往是由多種因素產生,嚴重影響模具的使用壽命。

扣件模具多數屬於冷作模具,可以從影響冷作模具失效和使用壽命的因素分析出發,對扣件模具設計、扣件模具材質、扣件機械加工、扣件熱加工和熱處理及扣件模具使用等方面的一些問題進行分析,針對扣件模具非正常失效,提出提高模具使用壽命的改善途徑的方法。

扣件輾牙模具工作使用操作服役條件主要包括足夠本體材料的強韌性、輾牙表面耐磨性、耐金屬表面疲勞性能、表面耐蝕性等表面性能,以及相對應的鍛打壓造成型或輾造滾牙使用壽命。台灣扣件生產廠商選擇符合標準或符合專業標準的冷作模具鋼材料,均已具備長期選擇冷作模具鋼之使用經驗。採用本體材料足夠強韌性的模具鋼材料,應不是造成台灣扣件生產廠商輾牙用模具早期失效或使用壽命短的主要原因。

二、應力失效因素、破壞力學斷面形態、微觀組織

因為扣件模具材料大多數為高硬度冷作模具鋼材料,通常模具工作部分的硬度 $>HRC 50$ 。高硬度材料對巨觀及微觀應力的集中特別敏感,因此易出現低應力下結構應力集中導致開裂。**在滿足模具功能的條件下,模具結構設計應當儘量以圓弧曲線光滑連接,利用曲面圓弧分散應力,減少應力集中。**

從一般冷加工鍛壓沖頭結構參數,沖頭可以用長徑比(L/d)對承載壓力及斷裂折斷率失效的影響來探討(示意圖如圖1),可見在一定載荷下,長徑比(L/d)越小,沖頭的折斷率就越低。而輾造滾牙用模具基本使用時之平面應力及平面應變狀態,與扣件其他成型應力狀態比較,負荷應力包含:1. 形成類似軋延與成型模具滾牙表面垂直之正向水平軋延力,2. 輾造滾牙用模具相對運動形成輾造擠壓之水平力,3. 與扣件受輾造滾牙軸向之軸向力。(如圖2)輾造滾牙用模具主要負荷應力破壞源自徑向水平力及滾牙軸向力。輾造滾牙用模具表面產生裂縫時,觀察裂縫型態可分析破壞的主要來源。由於預期用途為輾造滾牙用,耐磨耗為優先考慮之性能要求。耐磨性能越好磨損越小。耐磨性能越好表面破壞裂紋狀況越少,模具表面疲勞壽命越長。

根據破壞力學分析一般冷作模具鋼材料受應力時,冷作模具鋼產生裂縫時裂縫尖端之平面應力狀態(裂紋表面)及平面應變狀態(裂紋心部),冷作模具鋼產生裂縫時的裂縫尖端塑性區尺寸約為 $1\mu m$,遠遠小於一般結構鋼的塑性區尺寸(0.1 mm至幾毫米)。因此冷作模具鋼產生裂紋時,巨觀的表面沒有變形痕跡;微觀形態的觀察大多數為準脆性劈裂面或脆性塑性混合形態斷面。

多數扣件輾造滾牙用途之冷作模具鋼含有高碳高合金元素,經淬火回火熱處理後,鋼中均勻分佈著尺寸細小的合金碳化物,對提高模具的力學性能、耐磨性及耐熱性有益。

若淬火回火熱處理不適當或為製造生產冷作模具鋼原材料雜質多,成分偏析,存在冶金缺陷例如:過剩碳化物堆積或成網狀超標,也未充分預處理細化碳化物,形成高碳高合金鋼中含有粗大的碳化物及分佈不均勻的網狀組織,如圖3,輾造滾牙用模具也會有早期失效現象,模具使用的壽命往往直接變短。

輾造滾牙用冷作模具鋼中碳化物的形狀一樣對使用性能影響很大。**球形的碳化物最好,碳化物長的大小尺寸也很重要,以適當熱處理方式細化處理主要改變碳化物的形態及大小,均能提高模具耐磨性的壽命。**



三、模具處理之影響

1. 熱處理影響

為了得到滿足扣件冷作生產要求(耐磨性、強韌性、疲勞斷裂性能、及耐蝕性)的模具,採用正確的熱處理非常重要。具體要求如下:

1. 採用正確的加熱速度和淬火溫度。優先參酌模具鋼材製造廠提供之冷作模具鋼材料規格型錄之用途,依用途種類於熱處理時分別注意加熱速度和淬火溫度及回火要求。例如:以模具鋼大同 DC53 為例, 絲滾牙用 [淬火 1030 ~ 1040°C 回火 520 ~ 530°C (2 次) 使用硬度 HRC 62~63]; 細長衝頭用 [淬火 1020 ~ 1030°C 回火 200 ~ 300°C (2 次) 使用硬度 HRC 58 ~ 61]。
2. 正確控制模具鋼淬火後的冷卻速度,將殘留應力 (熱處理相變應力及熱應力)減少到最低。
3. 採用適當之回火前處理。模具鋼淬火後不可避免殘留應力,熱處理淬火大部份將產生相變化,變成麻田散鐵,而未產生相變化的部份稱「殘留沃斯田鐵」,殘留沃斯田鐵組織的存在是一種不安定的相,隨時間將導致尺寸改變,甚至變形與龜裂,亦容易影響回火品質。因此,回火前減少殘留沃斯田鐵是相當重要的,將淬火後之模具鋼進行適當之深冷處理 (Subzero Treatment),將殘留的沃斯田鐵予以麻田散鐵化,以達組織安定、增加硬度、及尺寸安定性之目的。以 D2 等五種冷作生產用模具鋼深冷處理比較,如表 1,適當之深冷處理大大提高模具鋼之耐磨性。以耐磨性為優先考慮性能要求之軋造滾牙用冷作模具鋼及模具處理宜注意深冷處理提高使用壽命之必要性。
4. 正確的回火作業。冷作模具鋼淬火後對不同之回火溫度回火後,仍具有不同程度的最大殘留應力分佈。回火溫度 500°C 處理可能還存在約 20% 殘留應力。因此低溫回火通常不能完全去除模具的殘留應力。通常軋造滾牙用冷作模具高合金模具鋼回火有二次硬化現象,回火溫度與衝擊韌性或回火脆性具有相對的關係,應注意抗彎強度和衝擊韌度最佳的回火溫度範圍。

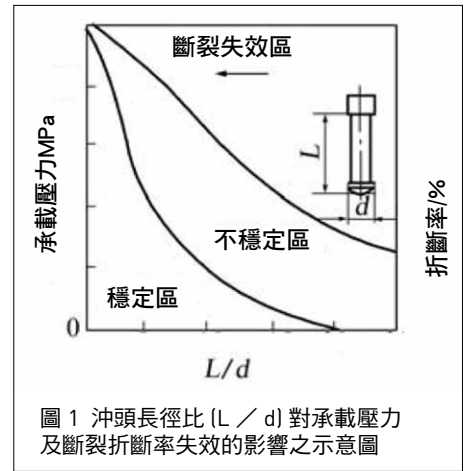


圖 1 沖頭長徑比 (L / d) 對承載壓力及斷裂折斷率失效的影響之示意圖

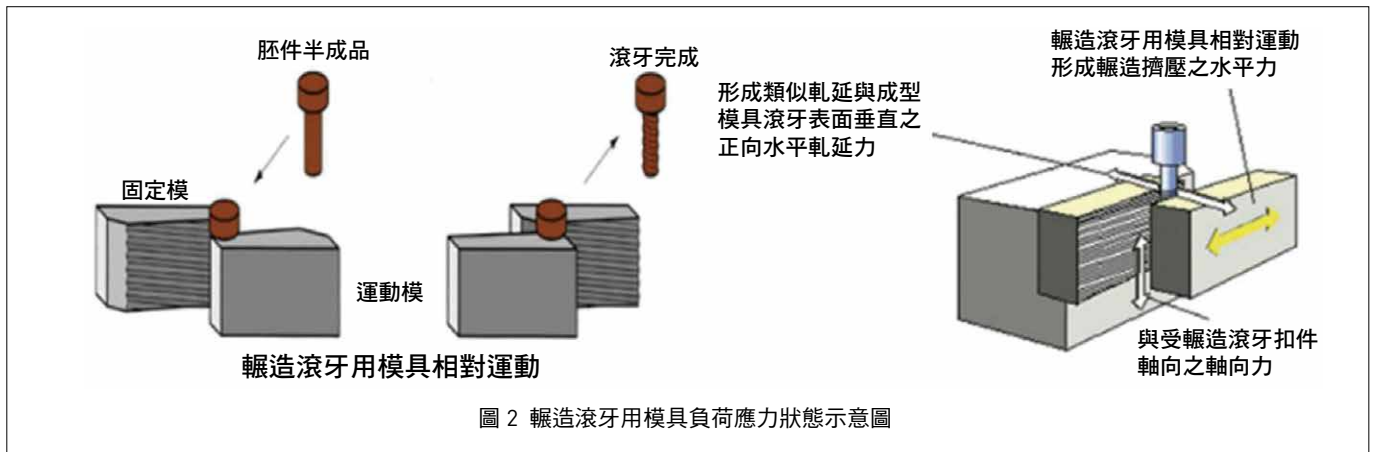
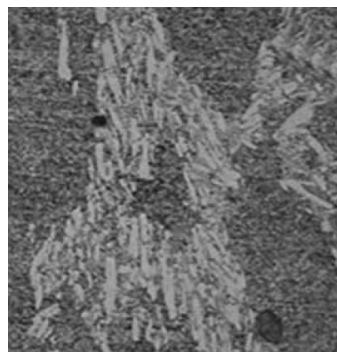
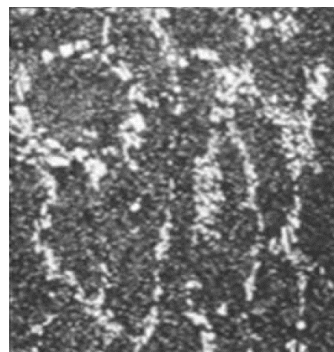


圖 2 軋造滾牙用模具負荷應力狀態示意圖

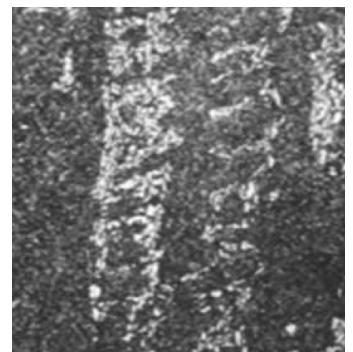
圖 3 冷作模具鋼中碳化物不良分佈狀態示例 100x



(a) 碳化物堆積 carbides stack



(b) 網狀碳化物 Net carbides



(c) 帶狀碳化物 Strip carbides stack



表 1 D2 等五種冷作生產用模具鋼深冷處理耐磨性比較

合金	耐磨性, Rw(a)		
	未處理	經浸泡	
		-84° C (-120° F)	-190° C (-310° F)
52100	25.2	49.3	135
D2	224	308	878
A2	85.6	174.9	565
M2	1961	2308	3993
O1	237	382	996

(資料來源 Heat Treater's Guide - Practices and Procedures for Irons and Steels, ASM international, 1995)

正確使用熱處理法控制模具鋼的組織(減少鍛造網狀碳化物和帶狀組織), 模具鋼組織及碳化物雙細化處理, 可以顯著改善碳化物的分佈形態, 將殘留應力減少到最低程度, 均可顯著提高模具的使用壽命。

2. 提高軋造滾牙用模具耐磨性之處理

使金屬表面附近形成表面壓縮應力可以適度改善金屬疲勞防止疲勞裂紋於金屬表面生成, 因此, 考慮軋造滾牙用冷作模具之表面防止疲勞裂紋產生, 即可有效提升滾牙用冷作模具壽命, 最簡易之方式就是於軋造滾牙用冷作模具加工熱處理後, 以珠擊法對滾牙接觸面實施珠擊, 使滾牙接觸面形成表面壓縮應力並增加耐磨性。

適當的在長期軋造滾牙用冷作模具之表面被覆耐磨之鍍膜, 延緩摩擦過程中磨損的現象, 亦為增加耐磨性之方法, 耐磨之鍍膜磨損只需再重新鍍膜, 即可增長模具壽命, 也是能防止軋造滾牙用鋼材表面疲勞裂紋產生。

在日本亦有利用 0.04 ~ 0.2 mm 左右的微粒以 100 m/s 以上的高速撞擊金屬表面, 在模具表面附近會產生更高的表面殘留壓縮應力延長疲勞壽命的 WPC 處理法, 在增強金屬表面形成高硬度的表層的同時, 經組織的細微化提高韌性。由表面的細微凹陷形成的積油層空隙, 以增強扣件壓造軋製時之滑動性能。增強耐磨損耐切屑性能。且具有防止應力腐蝕、粒間腐蝕、電位腐蝕等效果, 並減少扣件軋造滾牙時的噪音。

珠擊法及 WPC 處理法或其他以物理處理方式使金屬表面附近形成表面壓縮應力的表面處理, 均可再與氮化、TiN 鍍膜、TiCN 鍍膜、TiC 鍍膜等適當的耐磨鍍膜進一步複合處理, 不但也增強各種鍍層表面處理的附著強度, 也可獲得耐磨性提高及模具壽命提升的事半功倍的乘數效應。

3. 軋製時之扣件滑動摩擦影響

扣件軋製滾牙時, 滾牙模具表面與滾牙坯料接觸, 產生相對運動。由於表面的相對運動, 不僅需藉助摩擦力使螺紋成形, 又需要藉助潤滑避免摩擦力過大造成坯料成形過度或坯料螺紋表面損傷, 軋製滾牙模具表面亦極易因摩擦力過大產生瞬間的衝擊磨損或表面裂紋。使用適當的潤滑油品, 在軋製滾牙往復運動的作用下, 除了可以在必要的摩擦及滑動下調整機械應力, 也可以具有散熱冷卻效用, 緩和軋製滾牙的熱應力或摩擦高溫的衝擊。如果潤滑油品在摩擦過程中, 滾牙模具表面和周圍潤滑介質或成形坯料發生化學或電化學反應, 再加上摩擦力的機械作用, 引起表面材料脫落的應力腐蝕磨損現象, 也會引起磨損失效。一般扣件高速軋製滾牙生產過程中, 潤滑油品更容易於模具金屬表面的形成氣泡破裂或氣體高壓衝擊, 使滾牙模具表面形成微小麻點和凹坑的氣蝕磨損現象。

一般不少工廠都是傳統使用柴油或煤油或機油搓牙, 常因潤滑不足, 無法提供有效的耐壓抗磨耗效能, 而導致油溫升高(冒煙)加速油品損耗、牙板快速磨耗生產成本居高不下、螺絲表面細微度不足良率下降, 適當的添加搓牙專用極壓潤滑添加劑或選擇改用極壓潤滑油搓牙, 可於軋牙搓牙工作時提供出色的極壓與耐磨的特性, 能有效降低模具的耗損, 進而降低生產成本。極壓性, 是潤滑膜承受載荷而不被擠出摩擦表面, 導致摩擦面缺少潤滑的能力。主要是由油品中的添加劑的強極性或強氧化性與金屬發生摩擦化學反應, 生成了堅韌的極壓膜。提升軋製搓牙潤滑油極壓能力, 可以有效增加牙板軋製搓牙成型數量, 增長牙板模之壽命也增加牙板模生產效益。捨棄傳統(柴油、煤油、機油)搓牙, 選擇適合的軋製滾牙極壓添加劑於搓牙潤滑油品添加或直接改用極壓潤滑油, 也是避免非正常磨損延長模具使用壽命的方法。以單純的扣件軋造滾牙生產角度而言, 潤滑油品適當的添加極壓劑或選擇極壓潤滑油, 避免潤滑油品誤用或潤滑油品變質, 潤滑油品現場使用狀況良好管理, 均可直接避免滾牙模具表面不正常工作條件發生, 是減緩磨損及模具壽命提升長期提高的最佳方式。■

撰文: 王維銘 著作權所有: 惠達雜誌

