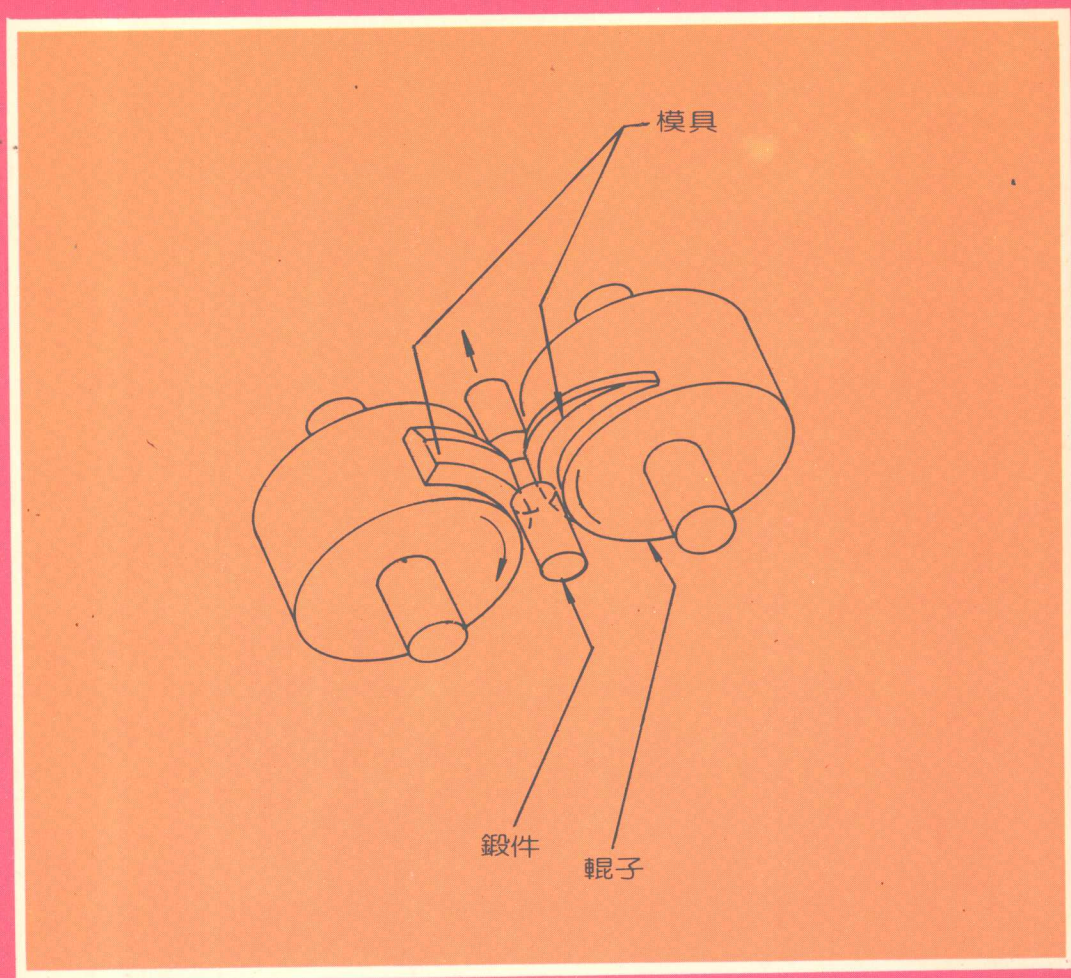


鍛造模具技術叢書之三

輓鍛模具設計手冊



經濟部中小企業處補助經費
金屬工業發展中心編印
中華民國七十九年五月初版

版權所有
不准翻印

中華民國七十九年五月初版

鍛造模具技術叢書之三
(全四冊)

第 三 冊

輓鍛模具設計手冊

補助經費：經濟部中小企業處
台北市復興南路一段368號3F

編印者：金屬工業發展中心
高雄市楠梓區高楠公路1001號

出售處：金屬工業發展中心·機械設計組
高雄市楠梓區高楠公路1001號
電話：(07)3513121 分機 285、286
FAX：(07)3 5 2 1 5 2 8

郵政劃撥：戶名：金工編輯委員會
帳號：0 4 3 3 6 1 5 — 0

印刷者：佳興印刷局企業有限公司
高雄市前鎮區一心一路172號
電話：(07)7712516 • 7718363(代表)
FAX：(07)7 7 1 7 8 6 7

軋 鍛 模 具 設 計 手 冊

目 錄

前 言.....	1
第一章 軋鍛加工基礎	2
1.1 軋鍛的特點和應用.....	2
1.1.1 軋鍛的特點.....	2
1.1.2 軋鍛的分類和應用.....	3
1.1.3 軋鍛常用的名詞和術語.....	3
1.1.4 軋鍛力和軋鍛力矩.....	5
1.2 軋鍛機.....	8
1.2.1 軋鍛機的類型、用途和結構特點.....	8
1.2.2 軋鍛機的技术規格.....	18
1.2.3 軋鍛機的選用.....	18
1.3 軋鍛送料裝置.....	21
第二章 軋鍛工程與模具設計	24
2.1 製胚軋鍛.....	24
2.1.1 根據鍛件圖設計軋鍛毛坯圖.....	24
2.1.2 型槽系的選擇.....	24
2.1.3 軋鍛道次的確定.....	25
2.1.4 型槽的尺寸確定.....	26
2.1.5 實用舉例.....	34
2.2 成形軋鍛.....	39
2.2.1 一般使用的規格.....	41
2.2.2 鍛件圖製訂.....	41
2.2.3 終成形軋鍛模設計.....	42
2.2.4 預成形軋鍛模設計.....	45
2.2.5 模塊尺寸的確定.....	46
2.2.6 軋鍛應用示例.....	46

2.2.7 冷軋鍛	49
第三章 特殊軋鍛加工	50
3.1 斜軋與橫軋	50
3.1.1 斜軋與橫軋的特點和分類	50
3.1.2 孔型斜軋	51
3.1.3 孔型斜軋設備	51
3.1.4 軋軋的孔型設計	59
3.2 環形件軋壓	75
3.2.1 軋環機	76
3.2.2 毛胚尺寸計算	80
3.2.3 軋壓力計算	84
3.2.4 軋壓模具及其設計	84
3.2.5 軋壓模具設計舉例	86

輓 鍛 模 具 設 計 手 冊

前 言

本書編輯內容主要針對模具設計人員與模具現場技術人員，為顧及讀者之瞭解儘量於主要章節後以實用例子舉例說明，內容中並加入鍛壓機械之機構與結構說明，對於大專及高級工業技術學校有志於模具技術或鍛機械之人士參考。

本書共分三章，第一章說明輓鍛加工基礎知識，第二章為輓鍛工程與模具設計，其中大分為製胚輓鍛與成形輓鍛兩類，第三章將其他形式之輓鍛加工一併稱為特殊輓鍛加工，其中擷取較常見之斜軋、橫軋與環形件輓壓等三種說明模具設計上應考慮之要項。

本書之編成儘可能採用國家標準之公制單位，編輯之時資料之取成或有較老舊之處，然技術之養成有賴早期經驗之累積，傳統之技藝尚仍有保存於前人藝能之處，如何得以青出於藍，尚待今人之努力，編輯之時對於原藍本資料之不知名前輩深有感念，倘有延引誤導之處尚期見諒，此外，還請讀者及先進惠予指正，則不勝感激之至。

第一章 輓鍛加工基礎

輓鍛是使毛胚（冷態的或熱態的金屬）在裝有圓弧形模塊的一對旋轉的輓子中通過（圖1-1）時，借助模槽使其產生塑性變形，進而獲得所需要的鍛件或鍛胚。目前，已有許多種鍛件或鍛胚採用輓鍛方式來生產，如各種扳手、剪刀、鋤頭、麻花鑽、柴油機連桿、履帶拖拉機鏈片、渦輪機葉片等。

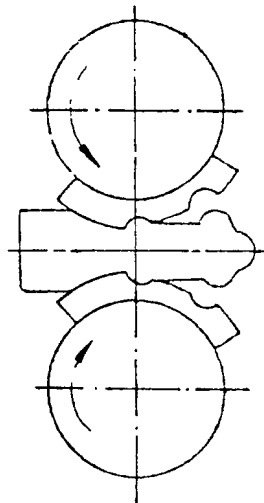


圖1-1 輓鍛

一般而言，若用於模鍛前的製胚工作則常將一個或二個素材長度的棒料在相反兩端輓軋，輓製時將棒材由輓子直角方向插入，由輓子迴轉動作帶入，於輓子迴轉半圓後出現間隙時將材料抽出置入下一道次進行輓軋，輓子的迴轉力造成材料的流動，使最終形狀趨於模鍛前應有的體積分佈。通常，細長形件且軸向橫斷面體積變化甚大之鍛件熱間鍛造時常採此法以進行先期體積分配。

1.1 輓鍛的特點和應用

1.1.1 輓鍛的特點

輓鍛變形過程是一種連續的靜壓過程，沒有衝擊和震動，它與一般鍛造和模鍛相比有以下特點：

1. 要求設備噸位小。因為輓鍛過程是逐步的、連續的變形過程，變形的每一

瞬間，模具只與毛胚一部份接觸，所以只需要噸位較小的設備與動力設施。

2. 噪音、震動小，操作者工作環境條件較佳。
3. 易於實施自動化和機械化。
4. 設備結構簡單，對廠房和地基要求低。
5. 生產率高，可連續式生產。
6. 輓鍛模具可以球狀石墨鑄鐵或鑄鋼製造，以節省昂貴的模具材料費及加工費。

但是，輓鍛雖有以上特點，也有其先天限制，即輓鍛較適合長軸類鍛件。對於截面變化複雜的鍛件，成形輓鍛後仍需配合於鍛機上進行最終成形或精整作業。

另外，除了上述直輓鍛之外，亦有交叉輓鍛或稱斜輓鍛及環輓鍛及偏心式輓鍛。

1.1.2 輓鍛的分類和應用

輓鍛的分類和應用見表1-1。

1.1.3 輓鍛常用的名詞和術語

1. 壓下量 Δh

壓下量是指輓鍛前後毛胚高度之差（圖1-2），即

$$\Delta h = h_0 - h_1 \text{ (mm)}$$

式中 h_0 = 毛胚原始高度 (mm)；

h_1 = 輓鍛後毛胚高度 (mm)。

2. 相對壓下量 ε

相對壓下量是指壓下量對原始毛胚高度之比，以百分數表示：

$$\varepsilon = \Delta h / h_0 \times 100\%$$

3. 展寬量 Δb

展寬量是指輓鍛前後毛胚寬度之差（圖1-2），即

$$\Delta b = b_1 - b_0 \text{ (mm)}$$

式中 b_0 = 毛胚原始寬度 (mm)；

b_1 = 輓鍛後毛胚寬度 (mm)。

4. 展寬係數 q

4 軋鍛模具設計手冊

表1-1 軋鍛的分類和應用

分類		應 用	變 形 過 程 特 點
製 胚	單 型 槽 軋 鍛	用於拔細毛胚端部或作為模鍛前的體積分配。例如，剪刀柄部的錐形端拔細及梅花扳手的桿部延伸（模鍛前製胚）	採用開式型槽一次或多次軋鍛，或採用閉式型槽一次軋鍛。
	多 型 槽 軋 鍛	主要用於模鍛前的製胚工作（代替落錘鍛模的伸長及軋鍛模穴），亦可用於軋細毛胚端部。例如汽車連桿的製胚軋鍛，汽車變速操縱桿的錐形端部的延伸。	在開式型槽中軋鍛或在閉式與開式的組合型槽中軋鍛。
成 形	單 型 槽 軋 鍛	適於小型鍛件的直接軋鍛成形，如醫用鑷子的成形軋鍛。	一般採用開式型槽一次成形。鍛軋迴轉一次，可軋鍛一件或多件。
	多 型 槽 軋 鍛	適於截面差較大的鍛件，如柴油機連桿、渦輪機葉片的成形軋鍛。	採用開式型槽，閉式型槽，開式與閉式組合型槽。 每個槽軋鍛一次，終成形軋鍛後一般要有整形工程。
冷 軋 鍛		用於終成形軋鍛或作為軋鍛最後的精整工程，它可以使鍛件得到較高的表面光潔度及提高鍛件機械性能，如葉片的冷軋鍛。	在開式型槽中一次或多次軋鍛。

展寬係數是指看胚的展寬量與壓下量之比，即

$$q = \Delta b / \Delta h$$

5. 延伸係數 μ

延伸係數是指軋鍛前後毛胚截面積之比，即

$$\mu = F_0 / F_1$$

式中 F_0 —軋鍛前毛胚截面積（ mm^2 ）；

F_1 —軋鍛後毛胚截面積（ mm^2 ）。

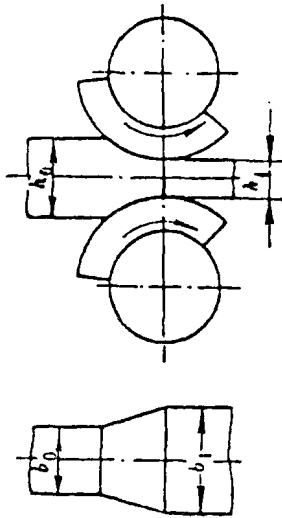


圖1-2 軋鍛前後毛胚尺寸的變化

延伸係數也可用軋鍛後毛胚長度與軋鍛前毛胚長度之比表示：

$$\mu = l_1 / l_0$$

式中 l_0 —軋鍛前毛胚長度 (mm)；

l_1 —軋鍛後毛胚長度 (mm)。

6. 前滑 S

前滑是指毛胚出模速度與軋鍛模圓周速度之差除以軋鍛模圓周速度，通常以百分比表示：

$$S = (V_B - V_D) / V_D \times 100\%$$

式中 V_B —毛胚出模速度 (m/sec)；

V_D —軋鍛模圓周速度 (m/sec)。

1.1.4 軋鍛力和軋鍛力矩

1. 軋鍛力

軋鍛時，金屬作用於模具上的力稱為軋鍛力，以 P 表示 (圖1-3)。

軋鍛力按下式計算：

$$P = P_a F \quad (\text{kg})$$

式中 P_a —軋鍛變形區平均單位壓力 (kg/mm)；

6 軋鍛模具設計手冊

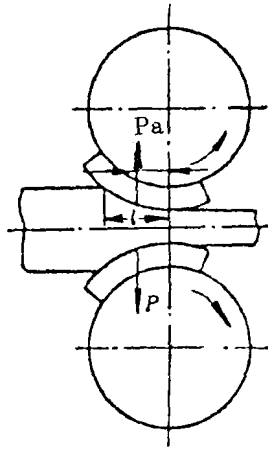


圖1-3 軋鍛力和軋鍛力矩

F —軋鍛變形區水平投影面積 (mm^2)。

軋鍛變形區的水平投影面積 F (mm^2) 按下式計算：

$$F = b_a l \quad (\text{mm}^2)$$

式中 l —變形區長度 (mm)

$l = \sqrt{R \Delta h}$ 其中， R 為軋鍛模具半徑 (mm)； Δh 為壓下量；

b_a 變形區平均寬度 (mm)。

$$b_a = \frac{b_0 + b_1}{2}$$

其中， b_0 為軋鍛前毛胚的寬度 (mm)； b_1 為軋鍛後毛胚的寬度 (mm)。

。

平均單位壓力 P_a 的實驗數值如下：

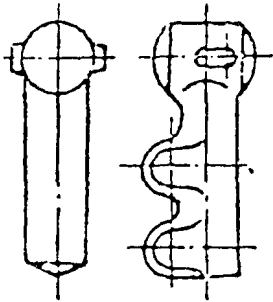
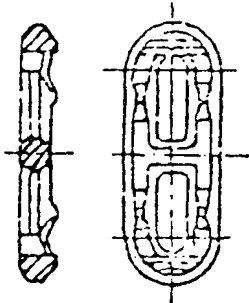
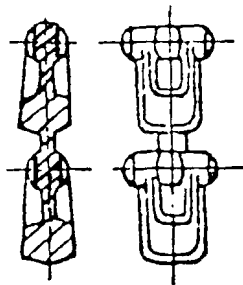
(1) 成形軋鍛破鋼鍛件 (其成分為： $C \leq 0.35\%$ ， $Si \leq 0.3\%$ ， $Mn \leq 0.7\%$) 的平均單位壓力列於表1-2中。

當鍛件材料為合金鋼材時，平均單位壓力也可以參考表1-2中值選取，但需進行修正。例如對 2Cr13 在 900°C 時軋鍛，軋鍛力為按表中所得值的1.5倍。

(2) 製胚軋鍛的平均單位壓力見表1-3。

2. 軋鍛力矩

表1-2 中碳、低碳鋼成形軋鍛平均單位壓力

鍛件複雜程度	鍛件簡圖	軋鍛溫度 (°C)	平均單位壓力 (kg/mm ²)
簡單形狀		900~1000	25~20
複雜形狀		900~1000	30~25
高複雜形狀		900~1000	35~30

根據軋鍛變形區中軋鍛力 P 的作用點與上下鍛軋軸中心連之間有一距離 a (見圖1-3), 便可確定鍛件作用在上、下兩個鍛軋上的鍛力矩 M , 即

$$M = 2P \cdot a \text{ (kg} \cdot \text{m 或 ton} \cdot \text{m)}$$

其中 P —軋鍛力 (kg)

a —力臂 (mm)。力臂 a 可用一係數表示: $a = \psi \cdot l$ 。其中, l 為

表1-3 製坯軋鍛的平均單位壓力 Pa

相對壓下量 $\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100\%$	軋鍛溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	平均單位壓力 (kg/mm^2)	
		無潤滑劑	石墨潤滑劑
30	1150	8	6
40	1150	10	8
50	1150	12	10
60	1150	17	13

註：材料：S50C，軋鍛模直徑為 $\phi 500\text{mm}$ ， h_0 、 h_1 為軋鍛前後的毛坯高度 (mm)。

軋鍛變形區長度 (mm)； ϕ 為力臂係數。當軋鍛件帶有毛邊時， $\phi = 0.25 \sim 0.30$ ；當軋鍛件不帶毛邊時， $\phi = 0.4 \sim 0.45$ 。

1.2 軋鍛機

1.2.1 軋鍛機的類型，用途及結構特點

軋鍛機分為懸臂式軋鍛機、雙支承軋鍛機和複合式軋鍛機三種。各類型軋鍛機的用途及結構特點見表1-4。

1. 懸臂式軋鍛機

圖1-4是懸臂式軋鍛機的立體圖。圖1-5是 D-41-400 型懸臂式軋鍛機的結構簡圖。

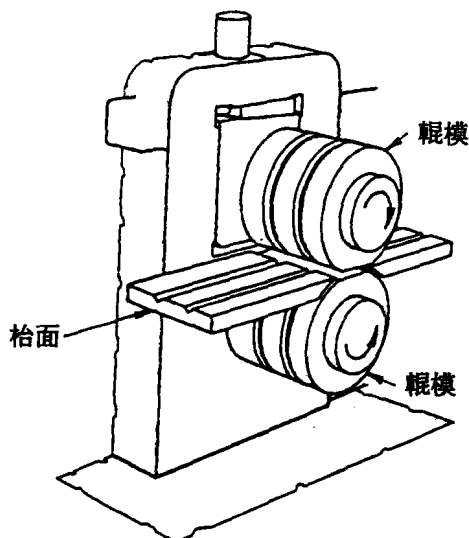


圖1-4 懸臂式軋鍛機

表1-4 軋鍛機的類型、用途及結構特點

類型	用途	結構特點
懸臂式軋鍛機	適用於大批生產，多用於軋製供模鍛用的毛坯，可安裝 2~3 付模具，在側面操作時，可使毛坯獲得較大的展寬，出料方向一般對著操作者。多台懸臂式軋鍛機順序排列，並使其鍛軋線互相錯開成 60° 或 90° ，進而組成軋鍛生產線，適於大量生產。	鍛軋工作部分懸伸在床身外部，模具裝在鍛軋上，傳動部分一般裝在封閉的床身中。一般設有鍛軋中心距調整，模具角度調整及軸向調整機構。當帶有摩擦離合器和制動器時，軋鍛機具有單次，連續、點動調整等多項操作功能。這類軋鍛機結構緊湊，操作方便、更換模具容易，不需要特殊地基，可在空間內任意移動，但剛性較差。
雙支承軋鍛	適用於大批生產，可用於製坯軋鍛或成形軋鍛，熱軋鍛或冷軋鍛，能安裝多付模具（可裝 4~6 付），出料方向一般對著操作者，也可以使毛坯或鍛件順向通過鍛機。	軋鍛工作部份在兩機架之間，其傳動部份可以裝在封閉的床身中，也可以單獨布置，用聯軸器與鍛軋相連。一般設有鍛軋中心距調整、模具角度及軸向調整機構，當帶有離合器及制動器時，軋鍛具有多種操作功能。雙支承軋鍛機的剛性佳，使用較為廣泛。
複合式軋鍛機	適用於中小批量生產，在一台軋鍛機上可同進行製坯軋鍛及成形軋鍛。在內鍛軋上可安裝 2~4 付模具，外鍛軋上可安裝 1~3 付模具 當外鍛軋裝上曲柄後，還可以進行矯直、壓彎，切斷等輔助工程。外鍛軋裝上搖桿機構後，還可作為自動送料裝置的驅動用。	鍛軋可分為在兩機架間的內軋及懸伸在機架外的外軋，傳動部份可裝於封閉的床身中或單獨布置。 一般設有鍛軋中心距調整，模具角度調整及軸向調整機構，當帶有離合器及制動器時，軋鍛機有多種操作功能。
專用軋鍛機	用於軋製某些特定的毛坯或鍛件。	根據所軋製的鍛件的工程要求，設計專門結構的軋鍛機。

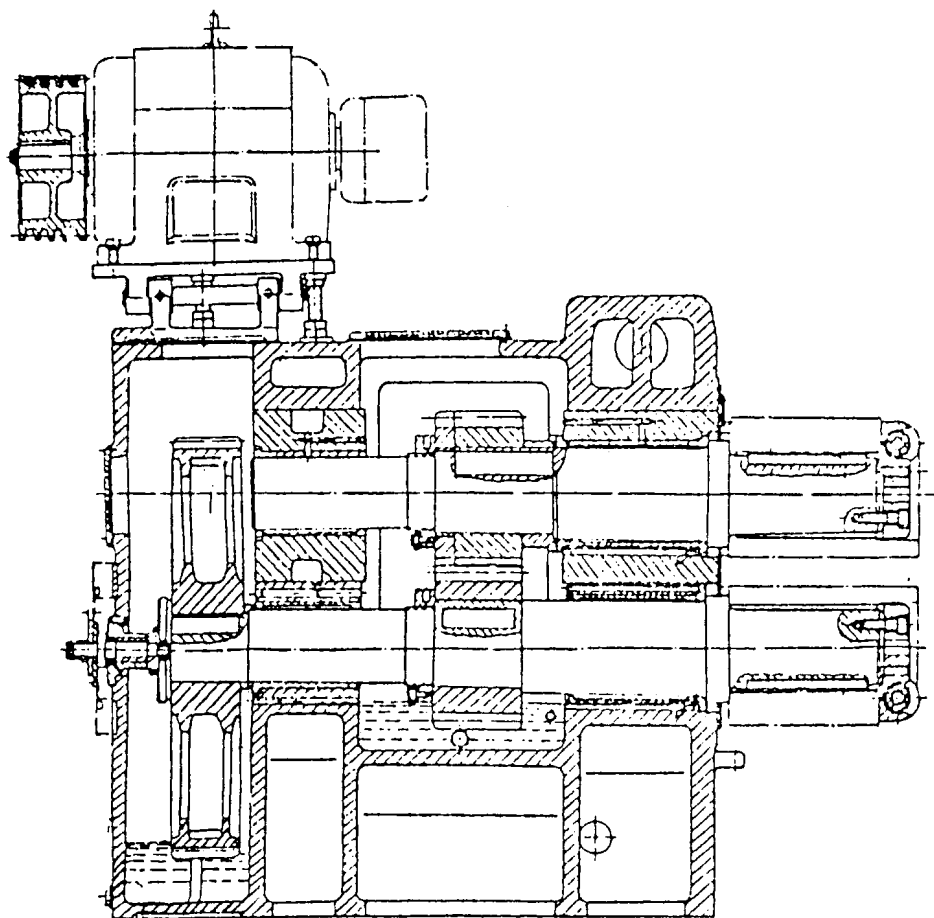


圖1-5 D-41-400型懸臂式軋鍛機結構簡圖

圖。

圖1-6是該軋鍛機傳動系統的示意圖。電動機1啟動，通過三角皮帶2，經傳動齒輪4和5，再帶動一對長齒齒輪8、9轉動，長齒齒輪直接帶動上、下鍛軋10、11轉動。採用長齒齒輪後，可允許中心距調整量有所增加。

離合器3與制動器6之間有機械聯鎖，用壓縮空氣控制開合。浮動長齒輪7是消除由於調整鍛軋中心距而引起的齒側間隙而設置的。

D-41-400型懸臂式軋鍛機的中心距調整是利用轉動裝在上鍛軋軸瓦上的兩個偏心套實現的。這種調整機構較複雜，且容易卡住，經改良後一般都已改

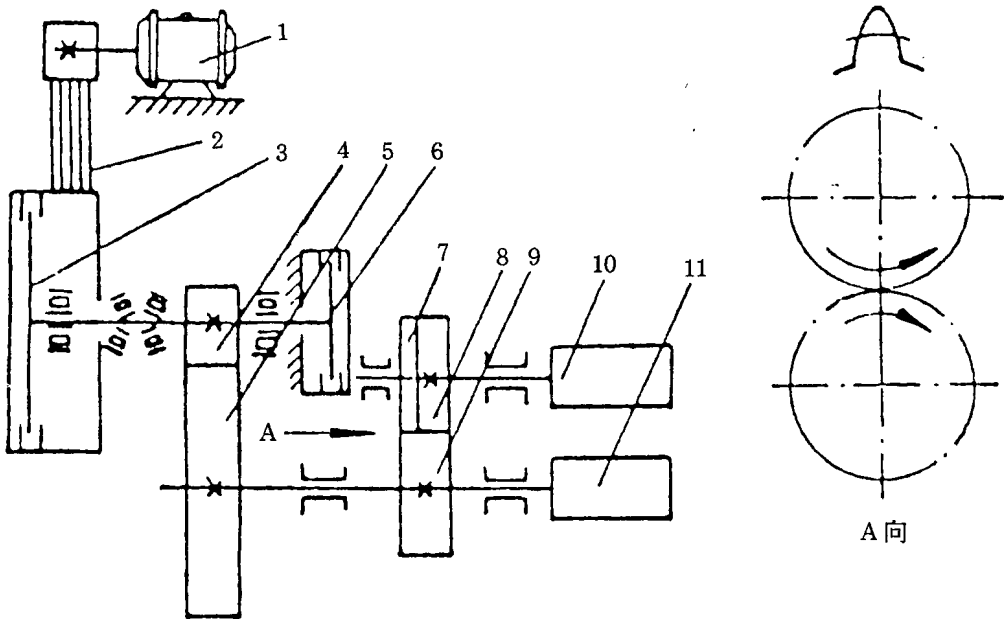


圖1-6 D41-400型懸臂式軋鍛機傳動系統示意圖。

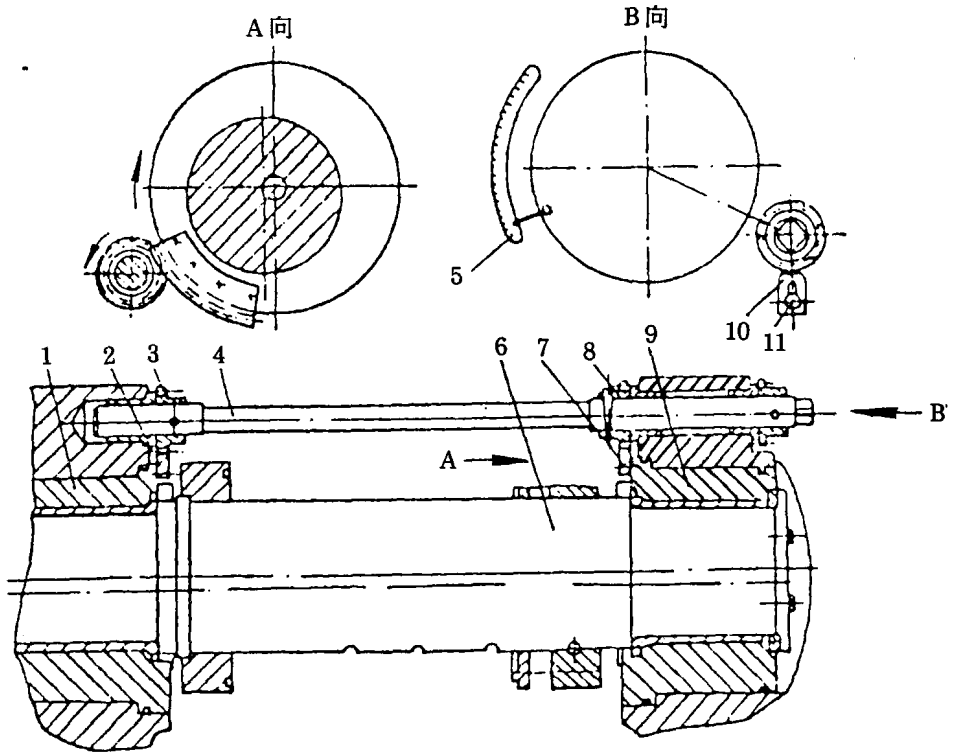
採類似圖1-7的機構。

為了消除上、下軋鍛模沿鍛軋圓周方向的錯移，D-41-400型懸臂式軋鍛機上裝置有模具角度調整機構（圖1-8）。模具套8借助于錐套3及平鍵7固定在鍛軋4上，進行角度調整時，先鬆開螺栓2，再轉動螺釘1，稍退出錐套，使模具套鬆動，然後轉動調整螺桿5，通過球面墊塊6頂著模具套相對於鍛軋轉動一個角度，亦即上下模具相對轉動了一個角度。調整完畢後，鬆開螺釘1，鎖緊螺栓2，使模具固緊。

2. 雙支承軋鍛機

圖1-9為雙支承軋鍛機之示意。圖1-10為D-42-400型雙支承軋鍛機的結構簡圖。

圖1-11是該軋鍛機的傳動系統示意圖。電動機1啟動，通過三角皮帶，經傳動齒輪4、5，使齒輪8轉動，同時啮合上鍛軋齒輪7、齒輪9及下鍛軋齒輪10，分別帶動上、下鍛軋11、12轉動。這個傳動系統中，傳動上、下鍛軋的齒輪不直接啮合，因此鍛軋中心距調整量可以較大，而產生的齒側間隙也較小。



1.左偏心套 2,7扇形齒塊 3,8齒輪 4.軸 5.刻度桿 6.下鍛軋 9.右偏心套
10.止動塊 11.螺絲

圖7 偏心套調整鍛軋中心距機構

D-42-400型雙支承軋鍛機採用的中心距調整機構，如圖1-7所示。下鍛軋6的兩軸頸分別裝在左偏心套1和右偏心套9中，左，右偏心套上分別裝有扇形齒塊2和7。扇形齒塊分別同軸4上的齒輪3和8相嚙合。當用扳手扳動軸4外端方頭時，通過齒輪3和8帶動左、右偏心套1和9同步轉動，便改變了鍛軋的中心距。調整完畢後，用止動塊10鎖緊，防止偏心套自行轉動。中心距調整量可於刻度盤上讀出。

該軋鍛機沒有專門的角度調整機構，根據使用要求，可利用墊片或在平鍵上安裝螺桿式的機構進行模具的角度調整。

墊片調整法（圖1-12）在實際生產中使用較多，它是在模具的圓周定位鍵4上楔進不同厚度的墊片3，使上下模具1、2的槽對正。

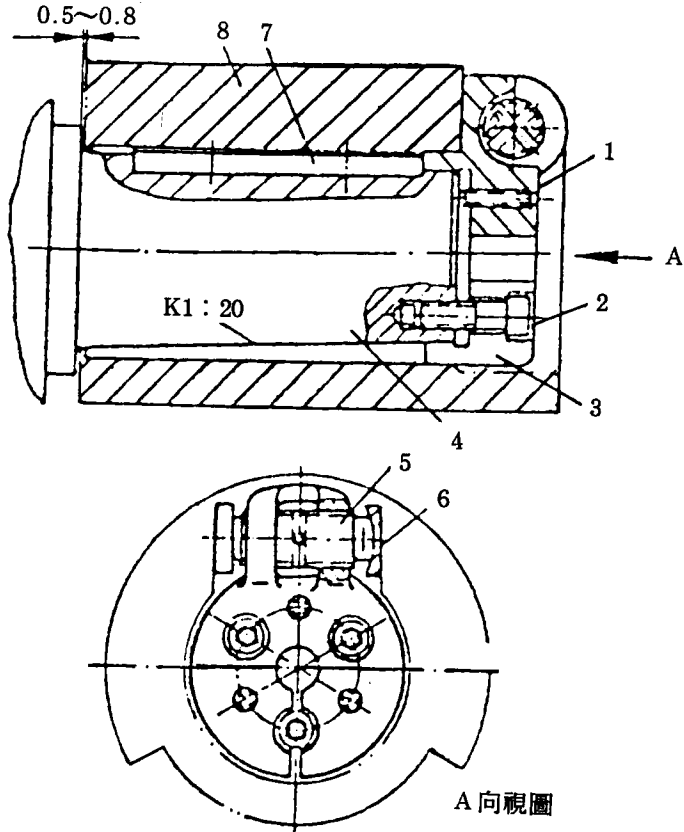


圖1-8 D-41-400型懸臂式軋鍛機角度調整機構

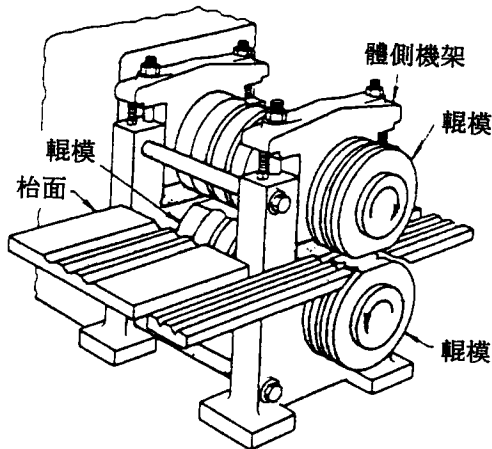


圖1-9 雙支承軋鍛機