

工 具 機 鑄 造 學

工具機手冊 第二十二冊

金屬工業發展中心 編譯

3

2

學 造 鑄 機 工 具

工具機手冊 第二十二冊

林賴李

良錦世

清滄明

全譯



中華民國六十九年四月出版

工具機手冊之(二十二)

工具機鑄造學

編譯者：金屬工業發展中心

發行者：經濟部國際貿易局

印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序

工具機若作為工作母機用途，必須能保持其精度耐久不變，始具有高度準確的要求；而工具機之組成若以重量計約90%左右皆為鑄鐵件，良好之鑄鐵為工具機另件之枝幹其重要可知；故其鑄鐵件必須按規格選材及配料，米漢納鑄鐵的優點之一即在着重此點。至於鑄件的設計，澆冒口系統之設計，鑄砂之回收與處理、鑄模砂心之製造，鑄造設備及鑄造材料等的講求，鑄鐵化學成份的分析與物理性能檢驗的設備與檢驗等等，這一系列的規定與作業，做好每一事物始可期有理想的鑄件，本手冊請鑄造專家林良清、賴錦滄、李世明等共同執筆，將分八章說明以上各節，希能對讀者有所裨益！

編者 謹誌

中華民國69年4月

工 具 機 鑄 造 學

目 錄

第 一 章	工具機鑄件簡介.....	1
第 二 章	鑄件之設計.....	3
第 三 章	鑄造之範例.....	21
第 四 章	造模及砂心.....	27
第 五 章	熔 煉.....	45
第 六 章	澆 鑄.....	58
第 七 章	鑄件之後處理.....	60
第 八 章	鑄件之檢驗.....	67
結 語		76

工 具 機 鑄 造 學

第 一 章

工具機鑄件簡介

傳統之工具機，其主要機件之材質，多為高強度鑄鐵，重量約佔整臺總重的85~90%。圖1所示為臥式鏜床之主要鑄鐵件及其裝配圖，其中以床身（Bed）所佔的比重為最大。床身之功用在於承受機械的全部重量，並使鞍跨於其上的滑動體，恒能往復於定一的軌道上，為保持床身的精度永恒不變，其材質應具備以下的條件：

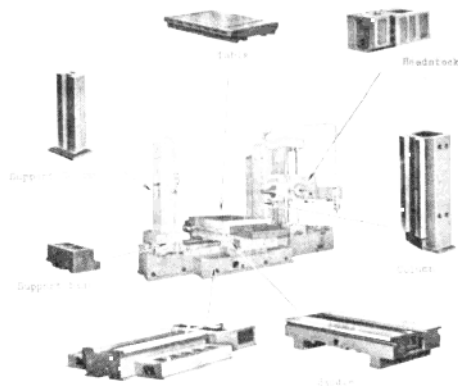


圖1 臥式鏜床之主要鑄件及其裝配圖。

- (1)良好的剛性，以抗衡外來的扭力。
- (2)良好的制震能，以吸收機械性的震動。
- (3)良好的耐磨性，以確保滑動體的軌跡。

至於對其他工具機鑄件諸如機臺（Table）、鞍座（Saddle）等

之要求亦不外乎上述三個條件。

近年來，由於各製造廠多選用世界著名的工作母機從事工具機鑄件的加工，使得國產工具機械之結構及精度確已有長足的進步，惟有關鑄件之品質，因在熔鑄技術之管制上多尚未確立操作標準，頗不穩定，往往使所產製之工具機未能充分發揮應有的性能，甚至在製造過程中，即已發生下列各項困難：

- (1) 基地組織不均勻，經熱處理後，鑄件表面硬度分佈不均勻，甚至發生裂痕等問題。
- (2) 經加工後發現針孔、氣孔或結晶粗鬆等鑄疵。
- (3) 毛胚尺寸不敷加工之用或鑄件表面有縮陷、凸起或黏砂等缺陷。

此類工具機鑄件的缺陷，不但增加了其製造成本，而且影響其使用壽命及商品的價值為亟待改進者。

值此工業界正大力推展工具機外銷，加緊改進工具機鑄件之際，本文乃參酌最近歐美日各國工具機鑄件熔鑄技術之趨勢，推介著名的米漢納鑄鐵應用在工具機或其他鑄鐵件上，並盱衡國內鑄造情況，將熔鑄各項技術關鍵及所需用之設備作有系統的整理，分述如後：

第 二 章

一、鑄 件 設 計

對一般灰口鑄鐵而言，儘管其化學成份及熔煉過程完全相同，但若鑄件壁厚不同，則澆鑄後，由於凝固速度不一致，在厚薄不同部份所呈現的機械性能必將發生差異，此即質量效應（Mass effect）。因此爲了求鑄件整體材質均勻，在設計鑄件時，務須以保持其壁厚之均勻爲原則；惟就工具機之實際結構而言，鑄其件各部份之形狀及尺寸，往往受使用功能的限制在設計上不得不「厚彼薄此」，而無法使壁厚保持均等。圖2所示爲一床身滑動面，其呈倒V形部份具有引導之功能，因此，鑄件勢非凸出不可。

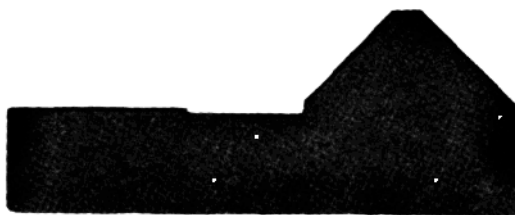


圖2 工具機之床身滑動面剖面。

在質量效應無法完全避免的情況下，欲熔鑄均質鑄鐵時，通常先熔配碳當量（Carbon equivalent value）較低的鐵水，然後在適當的溫度下，以適當、適量的接種劑施以接種處理，一般而言，經良好接種後的鐵水，其質量效應較小，其因鑄件壁厚不相同而引起的材質差異影響亦較爲輕微，故最適於澆鑄工具機鑄件；惟對大型厚壁鑄件而言，經接種以至澆鑄，其所需時間往往超過12分鐘以上，以致發生接種效果衰退（Fading）現象，而使前功盡棄，此種現象之改善，則有賴於良好的熔鑄及接種設備與技術。

總而言之，接種雖可減少因鑄件壁厚突變而引起的材質不均勻問題；但若能在設計時，經週詳之考慮，遵循下列鑄件設計的原則，當有助於鑄件之品質之提高。

1. 相接部份的剖面應避免尖角及突然的變化：單一 (Constant) 的剖面，鑄件得以均勻的冷卻，因為在各剖面相交之處即無法自由冷卻，若再加以剖面之急遽變化，則交接部份之機械特性將嚴重減弱，尤其尖角之處將產生高熱集中點，不但降低機械特性，甚至可能發生龜裂，況且，尖角設計將致使造模作業發生困難，故宜以圓角代替尖角；至於剖面變化應較為緩和是為必要，通常是楔形斜度以不超過 1:4 為原則。圖 3 為幾個鑄件剖面交接處的幾個設計實例：

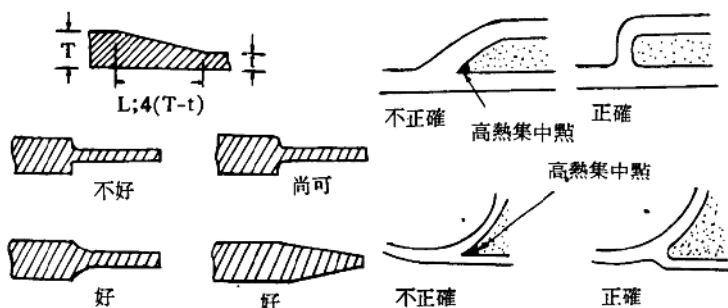


圖 3

2. 儘量減少交接在同一位置的剖面數目：寧可使交接部份增加，而減少交接的同一處的剖面數目（見圖 4），必要時，應在交接設置鑄孔以加速冷卻，如圖 5 所示。
3. 儘可能避免凸緣及支腳：凸緣將增加鑄件壁厚，產生熱集中點，而引起收縮缺陷，如確有需要，則凸出高度應較相連剖面厚度小，但須有足夠厚度允許加工，至於支腳，則應連成一體，以利加工切削。
4. 鑄件之形狀應考慮其因冷卻速度不同所造成之殘留應力：殘留應力雖可在熔鑄後施以應力消除熱處理予以消除，但僅可除去約百分之

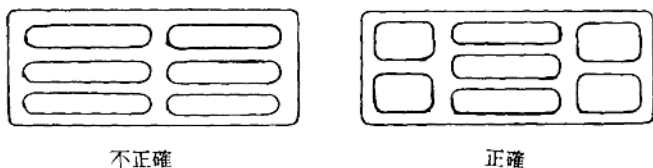


圖 4

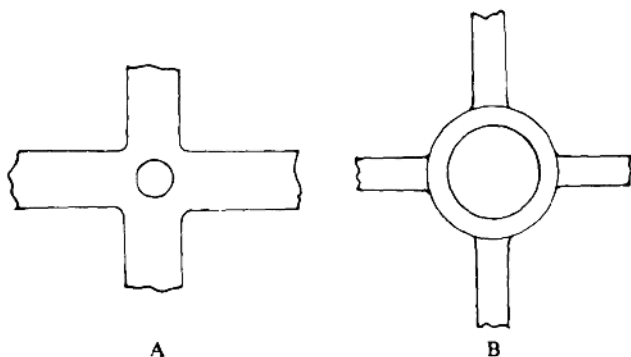


圖 5

八十的殘留應力，況且，如設計時未予充分考慮，則易造成鑄件龜裂、變形等難以彌補之缺陷。

5. 尺寸：鑄件之尺寸，除以使用功能及強度計算為基礎外，並應考慮下列因素：

(1) **冷却收縮裕度：**鑄件凝固前之收縮量，可由冒口予以補充，但凝固後，以至冷却至常溫，鑄件尺寸勢必縮小，故為保持鑄件有正確的尺寸，應於模型製作時考慮其收縮而加以放大。一般的灰口鑄鐵件之模型加放率在 $5/1000 \sim 12/1000$ ，視其材質、鑄件形狀、壁厚、澆鑄溫度、鑄模強度而異，就大多數工具機鑄件而言約

爲8/1000~10/1000。

- (2)精度：隨著自動化加工機械之進步，毛胚之精度要求亦日趨嚴格，表1、表2所示即爲鑄件毛胚尺寸之容差，模型之製作應依據表1、2之規定而調整其加放率。

表1 鑄件毛胚尺寸之容差。

長度範圍 (mm)	精 級 (mm)	粗 級 (mm)
100 以下	± 0.7	± 1.2
超過 100 至 200	± 1.0	± 1.6
超過 200 至 400	± 1.6	± 2.5
超過 400 至 800	± 2.8	± 3.8
超過 800 至 1600	± 3.8	± 4.8
超過1600 至 3150	—	± 7.0

表2 鑄件毛胚厚度之容差。

壁 厚 (mm)	精 級 (mm)	粗 級 (mm)
5 以下	± 0.5	± 0.9
超過 5 至 10	± 0.9	± 1.4
超過 10 至 20	± 1.4	± 1.8
超過 20 至 30	± 1.8	± 2.7
超過 30 至 40	± 2.7	± 3.6

- (3)加工裕量：過大的加工裕量，徒然造成加工的浪費，表3所示即爲中國國家標準所訂加工裕量之標準。
- (4)拔模斜度：拔模斜度爲方便造模作業而設；斜度過大，則超出鑄件之毛胚尺寸容差；過小，則拔模困難且易於落砂。表4所示爲拔模斜度之許可規定，至於一般模型製作時，所設定之拔模斜度則視鑄模材料及模型材料而異（見表5）。

表 3 鑄件毛胚加工裕量。

鑄 件 尺 寸	加 工 量 (mm)			
	下 面	側 面	上 面	孔 面
150 以下	3 以下	4 以下	6 以下	5 以下
超過 150 至 300	4 以下	6 以下	7 以下	7 以下
超過 300 至 600	5 以下	7 以下	8 以下	8 以下
超過 600 至 1,000	7 以下	10 以下	15 以下	10 以下
超過 1,000	10 以下	15 以下	25 以下	15 以下

表 4 鑄件拔模斜度。

區 分	精 級	粗 級
外拔斜度	5/1000以下	15/1000以下
內拔斜度	15/1000以下	25/1000以下

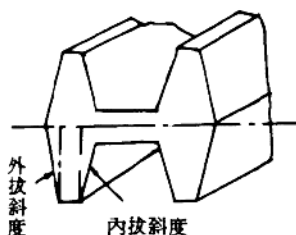


表 5 各種鑄模及模型之拔模斜度。

模 型 \ 鑄 模	濕 模	自 硬 性 模
木 模	1°	30/1000
樹 脂 模	0.5°	25/1000
金 屬 模	0.25°	20/1000

二、鑄造方法

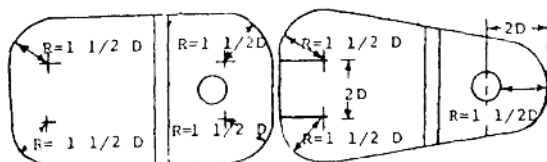
設計澆、冒口之目的，乃在使澆鑄之鐵水，能平靜快速地進入模穴中，避免氣體或熔渣被捲入模穴及發生鐵水沖蝕鑄模等現象，並促使澆鑄後之鐵水，能依照預期的方向凝固、收縮，且能使冒口發揮補充作用，以熔鑄健全之鑄件。

1.澆口箱(Pouring basin)：澆口箱之功用在調節鐵水流速，以免引起噴濺而捲入空氣或發生沖砂現象，並可過濾熔渣，防範鑄件夾渣，由於其功能要求劃一且需求量大，故應予以標準化，以利鑄件生產：

(1)典型的標準化澆口箱如圖6及表6所示，形狀分為矩形及梨形兩種。大型澆口箱並附有擋渣板，小型澆口箱則無。

上視圖

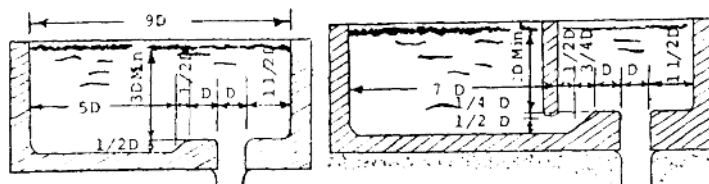
擋渣板



矩 形

梨 形

側視圖



無擋渣板

附擋渣板

圖6 標準澆口箱之形狀。

表 6 標準澆口箱之尺寸規格。

鑄件重量 (lb)	澆 道		長 (in)		寬 (in)	高 (in)
	數 量	尺 寸 (in)	有 栓 塞	有 擋 渣 板		
≤75	1	1	9	12	5	3
≤400	1	1½	13½	18	7½	4½
≤1,000	2	1¾	18	24	10	6
≤3,000	4	1¾	22½	30	12½	7½
≤5,000	3	1¾	25	33½	14	8
≤10,000	5	1½	29	38½	16	10

(2)澆口箱之出口應較澆口略小，且在組合時，應將兩者中心對準成爲同心圓。

(3)澆口箱出口的中心線應與鑄模頂面垂直，又澆口上端之開口必須修成適當的圓角。

2.過濾片 (Strainer core)：過濾片具有減小鐵水漩渦，避免熔渣或鐵水內懸濁物被捲入模穴中，故不但無澆口箱時必須裝置外，即使有澆口箱，亦應在澆口、下澆道底或其附近之流道內裝置過濾片。圖 7 A、B、C、D 爲過濾片之裝置適當與否之效果說明；表 7 爲標準過濾片之尺寸規格。

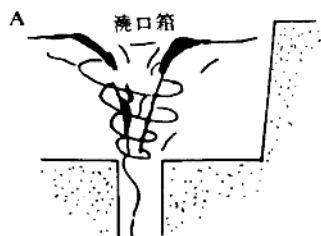
3.澆道 (Sprue) (參閱圖 8)

(1)澆道高度較長者應有適當的減縮度，以利澆鑄中澆道能爲鐵水所充滿且能避免發生擾流而捲入氣體或熔渣。(通常澆道錐度約爲

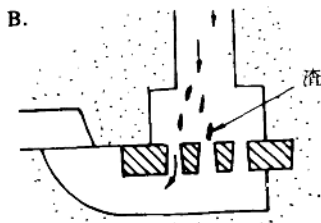
$$\frac{1}{10} \sim \frac{2}{10}$$

(2)澆道底形狀應以淺度圓筒狀爲佳(半球形之澆道底反而易產生亂流)，因平底之澆道底較易吸收鐵水下落之能量，而使鐵水充滿圓筒狀澆道底，於是對後繼之鐵水形成緩衝，可防範鐵水沖激。

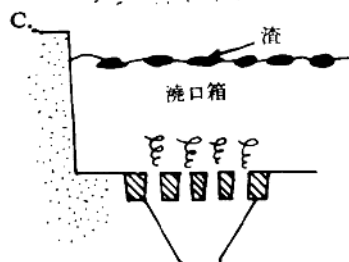
(3)圓形澆道之直徑或矩形澆道之寬度，應等於(或略小於)流道 (Runner) 之寬度。



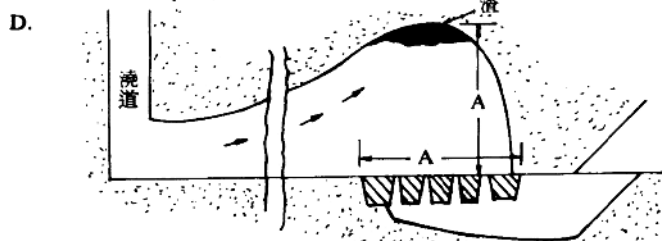
澆口箱下澆道孔徑大，鐵水發生大旋渦，捲入浮渣。



撇渣砂心置於下澆道末端，其作用僅堵塞鐵水，浮渣不可能浮起，而被鐵水由過濾孔擠入。



過濾孔徑小，產生甚小之渦流，故許可浮渣浮出。



最佳方法，置撇渣砂心於分模面，自下澆道流至砂心須經一段距離，浮渣易集於突起之集渣包中，A之尺寸與澆道直徑有關。

圖 7

表7 標準過濾片尺寸規格

片 號	澆道直徑 D(in)	濾片直徑	濾孔數目	濾孔直徑 (in)	濾孔總面積 (in ²)	片厚 (in)	片頭 (in)
3 C-1	1¼	3.5 D	15	5/16	1.151	5/8	1/4
3 C-2	1½	3.5 D	20	5/16	1.534	5/8	1/4
2 C-1	¾	2.75 D	12	1/4	0.588	1/2	1/4
2 C-2	1	2.75 D	15	1/4	0.735	1/2	1/4
1 C-1	¾	2 D	10	3/16	0.277	3/8	3/16
1 C-2	¾	2 D	15	3/16	0.414	3/8	3/16
矩 形	½ × 3¾ × 2 ¹¹ / ₃₂		28	1/4	1.372	—	—

註：(1)過濾片之周斜度 (Draft on Cores) 為14°。

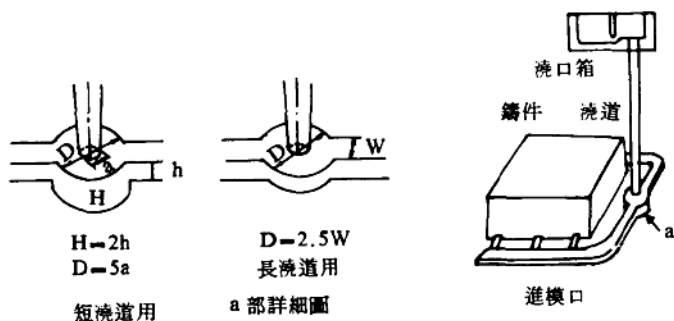


圖8 澆道尺寸圖解。

(4)澆道之斷面積應依鑄件之重量及澆鑄時間適當訂定之，通常是以每1平方吋澆道斷面積在6.3秒內允許100磅鐵水的澆鑄速度為原則。表8所示即為澆鑄重量與澆道之關係。

4. 流道 (Runner)