

機 械 工 程 師 手 冊

(下 冊)

中 國 機 械 工 程 學 會 編 行

版權所有
不准翻印

機 械 工 程 師 手 冊

(上中下冊)

(不分售)

特價 新台幣柒佰伍拾元

編著者：機械工程師手冊編輯委員會

發行者：中國機械工程學會
臺北市松江路204巷44號

總經銷：科技圖書股份有限公司
臺北市復興南路一段360號7樓之3
電話：7056787・7073230
郵政劃撥帳號 15697

中華民國六十六年三月初版
中華民國六十八年一月二版
中華民國六十九年八月三版
中華民國七十一年五月四版

機械工程師手冊

下 冊

總 目 錄

	頁
第十八篇 機械製造	
第一章 鑄造	18— 1
第二章 鍛造	18— 82
第三章 機械加工	18—121
第四章 粉末冶金	18—237
第十九篇 工具機	
第一章 總論	19— 1
第二章 車床	19— 25
第三章 鑽床	19— 62
第四章 搪床	19— 81
第五章 銑床	19— 92
第六章 牛頭刨床	19—119
第七章 龍門刨床	19—129
第八章 插床	19—136
第九章 拉床	19—141
第十章 磨床	19—148
第十一章 搪磨床	19—177
第十二章 研磨床	19—182
第十三章 超光製機	19—185
第十四章 切齒機	19—187
第十五章 齒輪剝削機	19—198
第十六章 切削液與輪磨液	19—200
第十七章 工具機之自動化	19—215

第十八章	工具機之保養與管理	19—222
第十九章	工具機之潤滑	19—227
第二十章	工具機之檢查與試驗	19—230
第二十一章	工具機之按裝	19—221
第二十二章	工廠衛生與安全	19—235
第二十篇 檢校工具		
第一章	公差配合	20— 1
第二章	量度工具	20— 59
第三章	長度測量	20— 64
第四章	角度測量	20—107
第五章	硬度試驗	20—126
第六章	重量測定	20—142
第七章	極限量規	20—156
第八章	其他測量	20—125
第二十一篇 起重與運輸設備		
第一章	搬運機械及起重機之分類	21— 1
第二章	起重機械	21— 6
第三章	起重機	21— 40
第四章	起重機之規格與設計	21— 67
第五章	輸送機械	21— 80
第二十二篇 運輸機械		
第一章	鐵路運輸機械工程	22— 1
第二章	汽車	22—103
第三章	輪機工程	22—158
第二十三篇 熔接工程		
第一章	緒言	23— 1
第二章	硬焊	23— 2
第三章	電阻熔接	23— 14
第四章	電弧熔接	23— 27

總目錄

第五章	氣焊及切割	23—44
第六章	熔接成果之檢驗	23—54
第二十四篇 金屬防蝕處理		
第一章	概論	24—1
第二章	腐蝕作用之性質	24—4
第三章	腐蝕作用之形態	24—13
第四章	主要結構用金屬之腐蝕作用	24—22
第五章	金屬防蝕處理	24—37
第二十五篇 儀器測量及自動控制器		
第一章	儀器測量	25—1
第二章	自動控制器	25—47
第二十六篇 電工學		
第一章	單位	26—1
第二章	導體與電阻	26—8
第三章	直流電路	26—18
第四章	磁與磁路	26—25
第五章	電磁感應	26—31
第六章	靜電	26—36
第七章	交流電路	26—42
第八章	電儀表測定	26—47
第九章	直流發電機	26—55
第十章	直流電動機	26—64
第十一章	發電機	26—72
第十二章	變電機	26—76
第十三章	交流電動機	26—87
第十四章	同步換流機	26—104
第十五章	整流器	26—108
第十六章	開關設備	26—116
第十七章	控制設備	26—128
第十八章	輸電	26—138

第十九章	配電	26—148
第二十章	內部配線	26—152
第二十一章	照明	26—161
第二十二章	電池組	26—172
第二十三章	電組器	26—180
第二十四章	電容器	26—182
第二十五章	電磁鐵	26—185
第二十六章	電子管與無線電訊	26—192
第二十七章	半導體元件及電路	26—202
第二十八章	雷達	26—236
第二十九章	電視	26—242

第二十七篇 生產管理

第一章	前言	27— 1
第二章	生產系統之設計	27— 5
第三章	生產系統之操作及控制	27— 22
第四章	生產系統之作業關聯	27— 53

第十八篇

機 械 製 造

目 錄

第一章 鑄 造

1.1	概論	18— 1
1.2	模型設計及製造	18— 1
1.3	砂及砂之試驗	18— 18
1.4	砂模之製造及其構造	18— 37
1.5	鑄件之澆鑄	18— 51
1.6	金屬材料之熔煉	18— 52
1.7	鑄件檢驗	18— 64
1.8	鑄件之瑕疵種類及其原因分析	18— 66
1.9	非砂模鑄造方法	18— 69

第二章 鍛 造

2.1	概論	18— 82
2.2	鍛造之意義	18— 82
2.3	鍛件加熱	18— 96
2.4	手工鍛造	18— 100
2.5	鍛造機械	18— 102
2.6	鍛造模	18— 106
2.7	設計鍛件時應注意事項	18— 114
2.8	鍛件之清潔	18— 116
2.9	鍛件之檢驗	18— 118

第三章 機械加工

3.1	概論	18— 121
3.2	切削施工之基本理論	18— 122

3.3	金屬切削劑	18—123
3.4	切削工具	18—125
3.5	加工裕度及公差	18—127
3.6	車床工作法	18—131
3.7	龍門刨床工作法	18—153
3.8	牛頭刨床及插床工作法	18—158
3.9	銑床工作法	18—164
3.10	齒輪銑製法	18—174
3.11	鑽孔及插孔	18—203
3.12	磨料及磨床	18—217
3.13	拉床工作法	18—226
3.14	特殊加工法	18—230

第四章 粉末冶金

4.1	概論	18—237
4.2	金屬粉末之製造	18—237
4.3	金屬粉末之特性	18—238
4.4	造形	18—239
4.5	燒結	18—241
4.6	熱壓	18—242
4.7	最後處理	18—243
4.8	粉末冶金製品舉例	18—243

第十八篇

機 械 製 造

鑄 造

第一章 鑄 造

1.1 概 論

所謂鑄造，係以熔融之金屬材料（鐵金屬或非鐵金屬）在一定的溫度範圍及其他適宜之條件下，澆鑄於特製之模中，待冷凝後，自模中取出，即得所要求之鑄件。自模中取出後，可能將模破壞無法再用；亦可能維持原模之良好情況以備再加利用。本章所述內容，包括使用各種鑄造方式之過程，所用設備、材料及其技術。整件機器或設備，係由多個機件所構成，而鑄件又為機件毛坯主要來源，其品質自應力求完善。有時某一鑄件經檢驗後發現瑕疵，如該件經焊接或其他機械方法補救後，並不至損失機器性能，則該件仍可使用。一個良好設計的鑄件，必須形狀簡單，易於製造模型及鑄模，澆鑄方便而無熔融液阻塞情形，切面厚薄儘量均勻，避免使用尖角，減少內應力之產生，儘少使用砂心，如必須使用時亦以最簡單為宜以減低製造砂模之困難等。總之，一個良好鑄件的設計，在一定生產的條件下，以提高品質降低成本為原則。故一位良好的工程師，對於鑄造施工生產情形及其有關技術，應有相當經驗。

1.2 模型設計及製造

所謂模型，係指根據鑄件設計，製成其相當的模型。此模型在砂箱內以模砂製成砂模，然後以熔融金屬澆鑄成鑄件。此種模型，大都用木材製造，因其重量輕，强度高，易於施工也。如生產量大，尺碼精確度要求高，切面細薄，則木材不能勝任，必須以金屬材料代替之。木質模型之設計，自然以鑄件設計為根據，但在構造上應以經濟、簡單、易於製造、易於操作及結構强度高為原則。澆口、冒口、砂心之安裝及砂心盒之構造等，皆應事先加以週詳計劃。模型製造完成後

，應先經過試鑄階段。試鑄品之品質應加以檢驗，經逐步試驗改良合於理想後，始能送往鑄造工廠，此一階段往往需時甚久。製造模型應考慮金屬材料之收縮及加工面之尺碼加放，易於脫模用之必要拔削 (draft)，厚薄不同切面之連結處應逐漸改變其尺碼避免突然變更。由於金屬結晶方向的關係，所有尖角應改為圓角，減低鑄件之內應力。砂模構造的原則，要在能使當熔體澆鑄時所產生之氣體可急速逸出。有時鑄件為長條形，而其上下兩面之厚度大有差別，如車床本體，龍門刨床之底座或其類似之形狀等。熔融金屬澆鑄於砂模後，各部冷卻凝固速度不一致，收縮情形也有差別，故該鑄件本能的會有彎曲現象。此種情形在製模時應預先加以校正。又如鑄件之某一部份係一長條形，而其兩端各連結較厚之切面體，例如飛輪上之肋條 (rib) 係連結輪殼及外輪緣之用，後二者皆為厚斷面部份。如肋條為直形，則甚易因收縮而斷裂，如將肋條改為彎曲形，則收縮時有自動調整功用而不致斷裂。

a. 模型用木材及其處理 木材費用在整個模型之成本中所佔成份極小，故在木材使用方面應採較為合用之材料，而不必過度顧及其價格。適用於模型製造之木材，須具有：適當硬度以耐磨損，適當強度以承受製造砂模時因錘擊所產生之應力，或使用不經心時而起之破裂。比重不宜太大徒增移動取模之困難。硬度不宜太高以減少製模之困難。木紋要細密平直而無斑節、不變形，雖經長期使用仍能維持其原來形狀及尺碼。合於上列條件之木材有：柚木、柳安木、白銀松、杉木、桂木、檜木、桃花心木、櫻木、胡桃木、櫟木、楓木等。

由於樹木之生長過程其心部材料較邊部者為早，其含水量亦異。邊材含水量較心材為多，故乾燥後收縮亦不平均，即邊材收縮大而心材收縮小。木材自原木切鋸後所成之塊狀或板狀不外有下列三種如圖 1.1 所示：(a) 為平紋材，(b) 為直紋材，(c) 為斜紋材。上行各圖為鋸截後，未經乾燥變形前之形狀，下行為既經乾燥變形之情形。

木材之變形係由於水份失去，纖維因乾燥而收縮。故在製模之前先加以自然

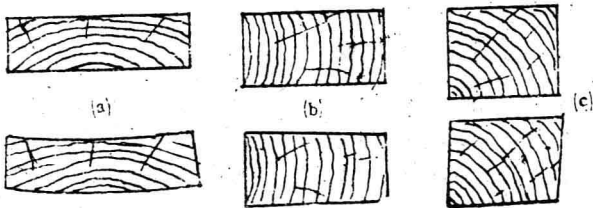


圖 1.1

的或人工的乾燥，使其含水量達到其安定含水量（此含量視木材種類之不同而異，普通大都在 10~15% 範圍內），而後再用於製模，即不致有更進一步變形。木材自然乾燥法（natural seasoning）係將鋸妥之木材交叉疊置於露天中，其上覆以棚頂，以免直接受日晒或雨淋。木堆中通風容易，可將水份蒸發至安定水份量為止，所須時間普通大都為五六個月之久，視材料之厚薄、性質、及氣候而定。人工乾燥法，又可分為下列數種：(a)浸材法，係將木材浸入清水中，將木材中之樹液除去，然後乾燥之，因無樹液，故亦可防蟲。(b)煮材法，係以沸水煮之，樹液極易除去，然後再行乾燥。(c)蒸材法，係於密閉室中以蒸汽蒸之，其效果大致與煮材法相同。(d)烘材法，係用含有相當濕度之熱空氣在木材外表循環吹烘，此法係在特建之烘爐中之。

木材經乾燥及作成模型之後，為避免更進一步自空氣中重新吸收水份而變形起見，製成之模型表面上應塗以油漆（洋乾漆或亮光漆）以隔絕與空氣中水份接觸之機會。現代鑄工廠中為便於模型之保管及參考起見，模型製成後，即行着色，並以不同顏色，代表該鑄件在該處之特殊意義。一般規定如下：

黑色——鑄件面保持清潔不需加工。

紅色——鑄件面需加工。

黃色——砂心頭或散塊砂心（loose core）頭。

黃色底上有紅色條帶——散塊（loose piece）在模型上之裝座（seat）面。

黃色底上有黑色條帶——檔塊（stopoff）表面用之。

模型斷面較厚部份，所用木材為兩塊或兩塊以上較薄之片膠合之。此舉不但可防止木材的變形，並可增加其強度，圖 1.2 示其膠合法。每單塊之厚度及長度視模型之尺寸而定，膠合用膠必須為防水膠，否則用濕砂製模，將吸收砂中之水份，以致鬆脫。模型斷面薄且面積甚大者，單層木材無論在強度及變形兩者而言皆不適用。宜使用適當厚度之優級防水層板。不同品級、厚度、層數及是否防水等規範之層板，可由市面上購得之。

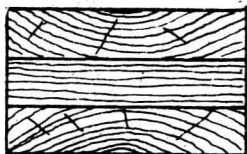


圖 1.2

b. 模型構成之基本要素 無論模型之構造如何，製模時有數個基本原則，必須為製模所共同遵守，茲分述如下：

① 拔削（draft）模型上與起模方向平行之面，應有適當之傾斜，使其易於脫模，因其一經提出少許，模型與砂模之間即產生空隙，否則砂模即易於損壞。如模型係用金屬製造，其表面可製成較為光滑平整，與模砂之摩擦亦小，

故拔削度可較小。模型內面之傾斜度較外面為大。小件者較大件者為大。一般的拔削約為 $\frac{1}{16}$ " 每呎 (0.58%)，但最多不超過 1 度 (1.745%)。

② 收縮加放 (shrinkage allowance) 金屬材料由注入模型中之液態經冷卻後變為固體，其尺碼有一定的收縮。收縮率以每單位長度收縮之長度為單位。例如每呎 (公尺) 收縮若干吋 (公分)。收縮之大小視金屬材料及模型之構造而異。模型之形狀複雜時，鑄件之某一部份可能受砂模之阻礙，其收縮亦受相當程度之限制。製模時，該處之收縮加放可略為減少，其量之多寡由製模者之經驗而定。永久式金屬模型之製造，係先作成木模，經砂模鑄造後，再加工為金屬模型。似此，在最初製造木模時，應將此兩次的收縮一併計算在內。例如目的在鑄鋁合金，但所用之金屬模為銅合金所製，故在最初製造鑄銅模所用之木模時，應將銅鋁二者之收縮一併計算在內，其餘以此類推。可鍛鑄鐵鑄件之製造，第一步係鑄成白口鐵 (white cast iron)，再加熱處理而成者。白口鐵之收縮，約為每呎 $\frac{1}{4}$ 吋。但經熱處理後，石墨由固定型炭而分離後，尺碼又再膨脹，每呎約為 $\frac{1}{8}$ 吋。縮脹相抵，每呎之總收縮率約為 $\frac{1}{8}$ 吋。球炭鑄鐵 (nodular cast iron) 之收縮率，視炭在凝固時石墨化 (graphitization) 之程度而異，普通約為每呎 $\frac{1}{8}$ 吋至 $\frac{1}{4}$ 吋。製模者所用之尺，較普通標準尺為長。此種尺係將收縮加放長度，一併計算在內，故名之為縮尺 (shrinkage rule)。應用於不同金屬材料之各種縮尺，在一般五金店中皆可買到。表 1•1 係根據美國鑄造學會所公佈之資料，以資參考。

③ 施工加放 (finish allowance) 完成後之鑄件，其某一部份表面如須加以施工，於製造模型時，應預將該處尺碼加放。加放之多寡視機械施工方法、金屬性質、機件形狀、模型在砂模內之位置、鑄造方法、及施工面在鑄件上之位置等而異。例如灰口鑄鐵經鑄造後，其表層常形成一層極硬之白口鐵，為了保護工具刀口，第一刀必須加深，然後再經數次淺刀施工至規定尺寸，似此則施工放大應加多。若某處係加冷塊鑄造，使該處材料硬度加高，或鑄造金屬本身即為極硬之材料，施工時僅能用砂輪研磨，研磨深度甚淺，似此則加放程度，亦必甚小。機件之薄而長者，或其構造在冷卻時極易引起彎曲變形者，加放程度應高。又由於熔融金屬大多較其雜質之比重為大，澆鑄後雜質上浮，砂模下部或在下砂箱之部份，可得較優之品質，該處亦絕少收縮下凹現象，故施工放大不必太高。反之如該面在製砂模時必須放在砂模上部，不但品質可能較差，同時可能有較多的收縮現象，故該面之放大應提高。如放置砂心面為施工面時，往往因砂心的定位略有偏差，而影響鑄件之精度，該處之放大亦應提高。永久性模子可得較精之尺寸，及光平的表面，施工放大可低。表 1•2 係美國鑄造學會規定一般砂模鑄

表 1-2 鑄件模型施工加放

鑄造 金屬	模型尺寸		孔內面		表面	
	英寸	公尺約數	英寸	公厘約數	英寸	公厘約數
鑄 鐵	12 以下	0.3 以下	$\frac{1}{8}$	3.2	$\frac{3}{32}$	2.4
	13—24	0.33—0.61	$\frac{3}{16}$	4.8	$\frac{1}{8}$	3.2
	25—42	0.64—1.07	$\frac{1}{4}$	6.4	$\frac{3}{16}$	4.8
	43—60	1.09—1.52	$\frac{5}{16}$	7.9	$\frac{1}{4}$	6.4
	61—80	1.55—2.09	$\frac{3}{8}$	9.5	$\frac{5}{16}$	7.9
鐵	81—120	2.29—3.05	$\frac{7}{16}$	11.1	$\frac{3}{8}$	9.5
	120 以上	3.05 以上	特別規定		特別規定	
鑄 鋼	12 以下	0.3 以下	$\frac{3}{16}$	4.8	$\frac{1}{8}$	3.2
	13—24	0.33—0.61	$\frac{1}{4}$	6.4	$\frac{3}{16}$	4.8
	25—42	0.64—1.07	$\frac{5}{16}$	7.9	$\frac{5}{16}$	7.9
	43—60	1.09—1.52	$\frac{3}{8}$	9.5	$\frac{3}{8}$	9.5
	61—80	1.55—2.03	$\frac{1}{2}$	12.7	$\frac{7}{16}$	11.1
鋼	81—120	2.29—3.05	$\frac{5}{8}$	15.9	$\frac{1}{2}$	12.7
	120 以上	3.05 以上	特別規定		特別規定	
可 鍛 鑄 鐵	6 以下	0.15 以下	$\frac{1}{16}$	1.6	$\frac{1}{16}$	1.6
	6—9	0.15—0.23	$\frac{3}{32}$	2.4	$\frac{1}{16}$	1.6
	9—12	0.23—0.30	$\frac{3}{32}$	2.4	$\frac{3}{32}$	2.4
	12—24	0.30—0.61	$\frac{5}{32}$	4.0	$\frac{1}{8}$	3.2
	24—35	0.61—0.89	$\frac{3}{16}$	4.8	$\frac{3}{16}$	4.8
鐵	36 以上	0.91 以上	特別規定		特別規定	
黃銅 青銅 及鋁 合金	12 以下	0.30 以下	$\frac{3}{32}$	2.4	$\frac{1}{16}$	1.6
	13—24	0.33—0.61	$\frac{3}{16}$	4.8	$\frac{1}{8}$	3.2
合金	25—36	0.64—0.91	$\frac{3}{16}$	4.8	$\frac{5}{32}$	4.0
	36 以上	0.91 以上	特別規定		特別規定	

造之施工加放尺碼。

④ 圓角 (fillet) 之應用 由於金屬材料之結晶過程，係由外向內，進行方向與表面成垂直。結晶顆粒之大小，視結晶速度而異，冷卻速度愈高，結晶快而細，其强度高。是以在模之設計上，只要受力情況允許，斷面愈薄愈好，

因其結晶快也。兩組結晶界相遇之處，結晶進行方向在該處受阻而不能繼續。此面上成爲斷面，其物理性能自然大爲減低，如圖 1•3 上層之 (a)(b)及(c) 所示。如將尖角處改爲圓角，如下層所示，則此一弱點可大爲改良。圖 1•4 所示之改良型

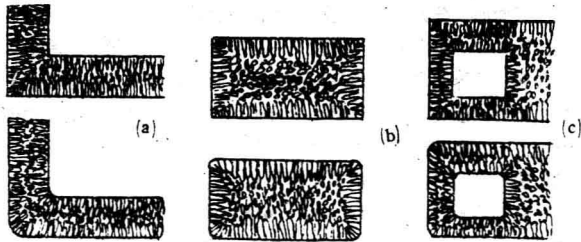


圖 1•3

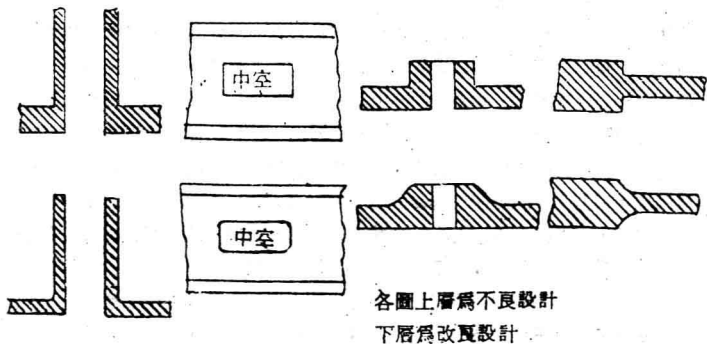


圖 1•4

與原設計不良型之比較。圖 1•5 所示之最嚴重之情形，可能因未用圓角而產生收縮缺口現象。退一步言，鑄件於鑄造完成後，未用圓角之處，雖不致立即龜裂，但可能存有相當的內應力。此處如再承受某一程度的外力，可能即行破裂。

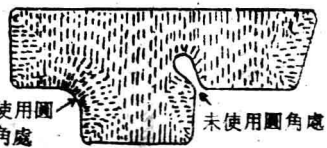


圖 1•5

⑤ 機型分界面 (pattern parting) 機型在模砂及砂箱中製成砂模，再由砂中將機型抽出，始成中空之澆鑄模穴。是以砂箱至少應由兩層組成之。

即上砂箱 (cope) 及下砂箱 (drag)，必要時可用三層或三層以上組成之。模型構造爲了便於脫模起見，亦須作成兩層或兩層以上，配合砂箱分界，以便分層自砂箱中抽出。模型之分界面儘可能使之成爲平面，但必要時可視模型之形狀，作成適當之凸凹或彎曲。分界面之決定不但與模型之外形有關，同時視該模型擬在模中放置之位置如何，直立、平放或有某一斜度而定。製造模型之原則，無論其放置之位置如何，分界面之決定如何，但在分界面之兩側，必須有拔削。爲了固定分裂模型之相對的位置，免於因製砂模時而相互移動，分界面上，須使用活定位銷 (dowel)。定位銷緊插在模型之一的分界面上，在其對面之另一塊模型面相對位置處也鑽一孔，可使定位銷鬆鬆插入。

⑥ 砂心及砂心頭 (core and core print) 鑄件如爲中空之管狀物，活門機件某一部份必須中空以備裝另一機件，或發動機主體之水冷流道等，於裝配砂模時應將預先作成之乾砂心 (core) 放置該處。澆鑄時該處即無金屬流入，冷卻後將砂心取出，該處即爲中空。砂心設計之原則，是以易於製造，斷面不宜過於薄弱，以免裝配時易於斷裂。同時薄細之砂心於烘乾時易生變形，鑄造後亦不易脫砂。砂心係另用砂心盒製造之，故砂心盒亦爲製造模型工作之一種。砂心盒除製造砂心之本體外，尚須在砂心上適當之位置，製成突出部份以備支持砂心之用。這些突出部份在砂模內必須有相當之凹坑，用於配合並承托該砂心之突出部份。砂模之凹坑，實際是由於在模型本體作成相等之突出實體，始能在砂模內成爲凹坑。模型突出部份稱之爲砂心頭 (core print)。砂心頭之大小，形狀及位置方向等，應考慮砂心之大小及形狀，是否易於脫模，及裝配砂模時是否可確保不致對砂模損壞而定，模型工應有充份之經驗。圖 1·6 示一管狀物在砂模內垂直位置，下端砂心頭斜度只要能起模即可，但上端砂心頭斜度至少應大於 15° 度，以免在按裝砂箱蓋時，碰壞凹坑之邊緣。若模型係平放，其上砂箱之砂心頭應

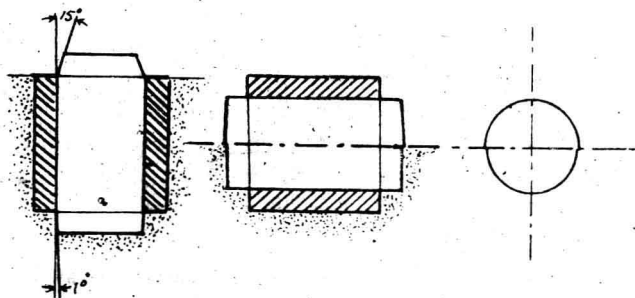


圖 1·6