



中 華 文 庫

初 中 第 一 集

金 屬 工 藝

張 晉 唐 編

中 華 書 局 印 行



編輯大意

- (1) 本書取材，以實驗爲主。其理論部份，不過爲實驗之說明，期合普通閱覽或參考之用。故高深之數理，與繁重之設備，均力爲避免。
- (2) 本書之文字，力求簡單明白。除普通習見之名詞外，於不易會意之譯名，則附有英文原名，以資參考。且於出現不習見之名詞時，往往爲紹介式之說明，以求易於明瞭。
- (3) 工藝之事，非圖不明，本書於必要之處，均一一附圖，寧詳無略，俾於進行工作時，按圖尋索，得以增進了解之程度。
- (4) 在敘述時，多特舉簡單之工作實例，分清步驟，依次說明，期使讀者得更切實之實驗門徑。



金屬工藝目錄

第一章 金屬工藝之打樣及取材法	1
第一節 繪圖器具	1
第二節 打樣法	5
第三節 取材法	8
第二章 主要金屬材料	14
第一節 金屬材料之性質	14
第二節 鐵鋼	15
第三節 銅黃銅	19
第四節 鉛錫鋅	20
第五節 銻鋁鎳鉻鎢	21
第六節 銀金鉑	22
第七節 其他重要合金	23
第三章 工具及其使用技術	24
第一節 手用工具	24
第二節 機械工具	45
第四章 鍛冶設備及其工作技術	59
第一節 鋼之加熱處理	59
第二節 鍛工	65
第三節 焊接工	79

第四節 鑄工.....	83
第五章 工具及工作物之保全法.....	95
第一節 手用工具保全法.....	95
第二節 機械工具保全法.....	96
第三節 銹之除去及預防.....	97

金屬工藝

第一章 金屬工藝之打樣及取材法

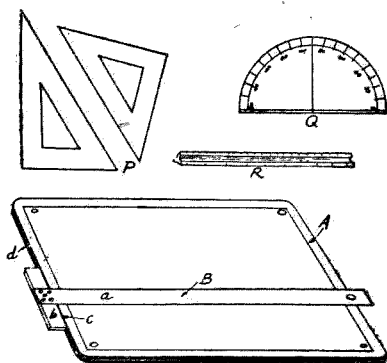
第一節 繪圖器具

在作任何事之前，若不經縝密計劃，則所得結果必難滿意，故在製作金工之前，亦不能缺少此計劃工作。此種計劃工作之結果，係用圖樣來表明，此項畫圖樣之工作，則稱打樣。「工欲善其事，必先利其器」，故在未說明打樣方法之前，先述最低限度之打樣器具如下：

繪圖板 此係厚約半吋之長方形木板，其尺寸不一，視工作情形需要而定；釘圖畫紙之木板面，須平直而無木節，同時其左面之邊亦須平直，俾丁字尺之木柄，可緊密滑動其上。

製造此種繪圖板之木

料，宜擇木紋細緊，且木質較軟而乾燥者。第一圖中之A，為一用白楊七夾板所製成之繪圖板，此板價廉而合用，其尺寸為

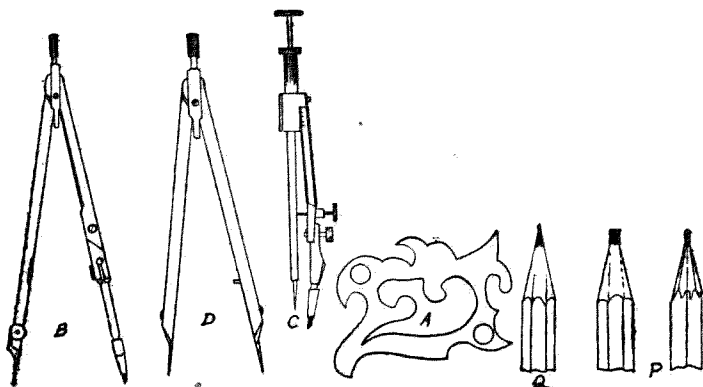


第一圖

22吋長17吋闊，此種尺寸，正適合普通對開鉛筆畫紙之用。

丁字尺 丁字尺因具丁字之形而得名，第一圖之 *B*，即示一丁字尺，尺之本身 *a*，與尺柄 *b* 互相垂直，尺柄有平直邊 *c*，可緊貼於繪圖板平直邊 *d* 上滑動，以便在任何地位，可在固定於繪圖板之畫紙上，作出與板邊 *d* 互相垂直之各種直線。丁字尺大抵採用質堅而不易彎曲之木料製成，其尺寸則視繪圖板之大小而定，配合上述繪圖板所用之丁字尺，尺之本身長度，以24吋最為合宜。

三角尺 三角尺有兩種，其一所含之角度為 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ ；另一種為 $45^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ 。三角尺可與丁字尺合用，劃出與丁字尺成上述角度之直線，或作一般劃線之用。三角尺有木製或明角製者，後者在使用時較前者為便利。普通所指三角尺之尺寸，在 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 之三角尺中，係指與 60° 角相對的垂直邊



第 二 圖

之長度，在 45° , 45° , 90° 之三角尺中，則指斜邊之長度而言。10吋之三角尺，在普通情形下，已足應付一切劃線之用（參照第一圖P）。

量角器 量角器係量各種角度，與作出各種角度用之器具。普通之式樣，為半圓形，用明角片做成者，參閱第一圖Q。上面刻有從 0° 至 180° 之劃分。直徑十吋，有半度劃分之明角量角器，已足適合此處之用。

雲形規 雲形規係用以劃不規則之曲線。此種器具有各種不同之曲線形狀；在畫曲線之前，往往先已決定曲線所經之數點，繪曲線時，只須擇經過已知點之一段曲線繪出即得。市上出售之雲形規，有數只不同形狀合成一組者，有單只而具各種曲線形狀稱萬用雲形規者，第二圖A即此種雲形規。

比例尺 此種尺上有多種劃分，同時此種劃分，皆與某種長度單位成不同之比例，以便作圖時度量尺寸之用。比例尺之式樣不一，第一圖R係通常所用之三稜尺。購置比例尺時，宜擇無伸縮性堅質木料所製，及劃分精細者。至於比例單位則有公尺與英尺之分，得由各人需要而決定之。

繪圖儀器 此種器具種類頗多，有黃銅者，有鍍鉻者，更有不銹鋼製者；其件數則有數件至數十件之分，故其價格亦相差懸殊。但在普通情形之下，如所作之圖不需要加畫墨汁者，則若有一大圓規，一小圓規與一兩端有尖針之劃分規，已足應付普通打樣之用（參照第二圖B,C,D）。

繪圖紙 為適各種用途計，打樣用之繪圖紙，其闊度有42吋者，80吋者，長度則有數碼乃至數十碼者，以便隨所需之尺寸裁剪。此種繪圖紙質地頗佳，但價格亦相當昂貴，若對開普通之鉛筆畫紙，其尺寸恰配合上述繪圖板之尺寸。此種繪圖紙非但價廉，且質亦不壞，故為最理想之繪圖紙。

鉛筆 鉛筆宜用質細而較堅硬者，以H或2H作劃線之用，H作註字或標明尺寸用最為相宜。劃線用之筆尖，應削成鑿子狀，註字或標尺寸用者，則可用普通圓錐形。觀第二圖P，Q即更能明瞭。又鉛筆尖宜時常用細玻璃砂紙或鐵砂布磨尖。

橡皮 宜用白色而質柔軟者，因可避免擦損紙面，及玷污畫面也。

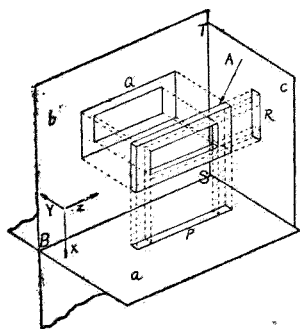
圖釘 繪圖紙係以圖釘固定於繪圖板上，上述繪圖紙之尺寸，在紙之每角釘圖釘一枚，已能使其固定於圖板上。選擇圖釘時，應注意其中心釘不宜太粗，否則易損及繪圖板。

以上所述之繪圖器具，適合打鉛筆底稿之用。正式工場中之圖樣，因需用甚廣，不能一一用鉛筆繪出，而浪費時間，故常用半透明之蠟布或蠟紙，覆於鉛筆之底樣上，用墨汁依照底樣在蠟布上描出，然後以蠟布上之圖樣，作為原稿，再以印照片之原理，晒出藍底白線之圖樣；圖樣之張數，可隨需要而增減，但於時間上則省却不少。上墨與晒圖，屬生產工場中之工作，故不另加詳述。

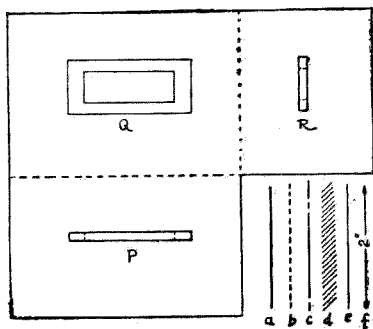
第二節 打樣法

打樣所用之器具既已備齊，再進一步，當為開始打樣。打樣之基本工作，如繪畫基本幾何圖形，平分已知角，作平行線等等，在任何初中幾何中均有說明，故不再浪費篇幅重述。現直接敘述物體在圖樣中之表現法。

投影法 物體在圖樣中之表明，係應用直角投影法解決之。此投影法係假定置物體於三互相垂直平面之空間內，平面上所受着與物體垂直之影像，即圖樣中之圖形。今舉一實例，使更明瞭其原理。參閱第三圖，假定 A 為所作圖樣之物體，並置此物體於互成直角之平面 a, b, c 之空間內，再使物體邊緣之形狀，依 X 方向垂直射於平面 a 上，得圖形 P ，照 Y 方向射於平面 b 上，得圖形 Q ，再照 Z 方向射於平面 c 上，得圖形 R ； P, Q, R



第三圖



第四圖

即物體 A 之投影。在平面 a 上之圖形 P ，稱平面圖；在平面 b 上之圖形 Q ，稱正面圖；在平面 c 上之圖形 R ，稱側面圖。簡單之物體，若繪出其平面與正面圖，已能表明其正確形狀，往往省繪其側面圖。正式之圖樣，係沿 BS 展開平面 a ，沿 ST 展開平面 c ，使平面 a, b, c 成一共同平面如第四圖。在投影時，若遇隱藏線條，如物體 A 孔中之四角，則用虛線表明之（參照 PR 圖形中之虛線）。

內部複雜之物體，在作圖時，若專用虛線來表明，其內部實在形狀，仍不能充分顯出；在此種情形下，則非用剖面或截面表明不可。剖面為物體複雜部份，被切開後所示之真實形狀，在圖樣中剖面剖到部份，通常用斜平線條表明之；兩邊勻稱之物體，在剖面作圖時，常沿物體中心線剖其一半，其另一半仍表明物體之外形，因此種方法可避免作過多之虛線，有時更可省却一側面圖故也。

打樣之基本原理，已大致明瞭，現可更進一步說明打樣之其他細則。

線條 第四圖 a 為一明顯而細之實線，用以表明圖形之輪廓。 b 為表明隱藏部份時所用之虛線。在畫有勻稱部份之圖形時，必先畫一中心線，作為繪圖之基礎， c 即中心線之畫法。 d 為作剖面用之平行斜線，此種線之斜度，為與水平成 45° ，線與線間之距離，則必須相等；有時剖面之材料，用各種形式之斜線表出之，但此為正式工場中之打樣慣例，故不詳加說明。

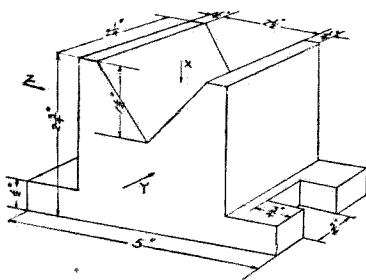
e 爲輕而細之線條，在標明尺寸，作延長線時用此種線條。*f* 亦爲輕而細之線條，但其二端有較粗之箭頭，標明兩點間距離時需用此線，此線中央之空隙，係書寫尺寸之地位。

尺寸標明法 通用之尺寸有二，一爲公制，一爲英美制。公制之單位爲公厘(mm)，如150mm 即150公厘之意。標明圖之直徑時，則可於數字後加一 ϕ 記號，如75mm ϕ 即直徑75公厘之意。英美制之單位爲英寸(吋)或英尺(呎)，英寸之記號爲"，英尺爲'，兩者皆註於數字之右上角，6"即6吋，7'即7呎之意。英寸分爲8分，1分即 $\frac{1}{8}$ "，半分即 $\frac{1}{16}$ "，再小之尺寸，則有 $\frac{1}{32}$ "及 $\frac{1}{64}$ "二種。在英美制標明直徑時，則用 *d* (diameter 之縮寫)表明之，16 $\frac{1}{2}$ "*d* 即直徑16英寸半之意。圖樣中標明尺寸時，最重要之事，爲單位之統一，即用公制時，每一尺寸必須用公厘，用英美制時，均用英寸或英尺；切忌有時用英寸，有時用英尺或乃至用公厘，使觀圖樣者極易發生錯誤。

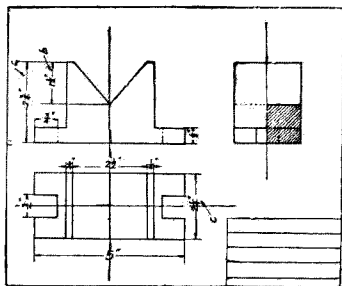
比例 圖樣中之各線，都具一定之長短，即使在作圖時，或因物體之本身尺寸太大或太小不能作圖，但仍必須依照原來之尺寸，用比例縮小或放大，使圖形之部份間，都合一定之比例；同時此放大或縮小之倍數，亦須在圖樣上標明。標明之方法，可用一英寸等於幾英寸，或一公厘等於幾公厘，視所探制度而定，標明比例之地位，通常位於圖樣之上部或下部。

打樣之實例 打樣之大概原理與方法，已相繼敘過，茲再舉一實例，以便作上述各節之總括。

第五圖所示，為一鑄鐵之V形塊(V block)，其用途將於本章中述及，第六圖所示，為此V形塊之投影圖樣，讀者不妨先照第五圖之形狀，依照X,Y及Z之方向，作出平面，正面，及半剖側面圖，再於圖樣上標明尺寸與比例，然後再參照第六圖，觀自己所作之圖樣是否正確。在標明尺寸時應注意下列四要點：(1)所標之尺寸必須準確。(2)物體之最大尺寸，如全高，全長，全闊必須另行標出。(3)若情形許可，所註之尺寸數字應在圖形之外。(4)圖樣上垂直之尺寸，在書寫時應假定書寫人之地位，係在圖樣之右面，如第六圖中之尺寸 a, b, c 等。為自己查考便利計，在圖樣之右下方可劃一表格，寫明圖樣名稱，號碼，比例，日期及繪圖者之姓名等等。



第五圖



第六圖

第三節 取材法

圖樣既能明瞭，又能繪畫，再進一步即為取材。廚子挑選

某種生料，以便適合烹調某種菜餚，可稱取材；選購衣料，以便添製某種衣服，亦可稱取材；金工之取材，與上述者亦相彷彿，即以經濟為前提，選擇與圖樣上尺寸相當，質地相同材料之意。譬如製一3"直徑之鐵皮漏斗時，苟有適當之材料不取，而偏取自6'×3'之整張鐵皮，或取七拼八湊之小料，兩者都非取材之法，因前者浪費材料，後者浪費時間故也。

取材之步驟 圖樣明白以後，先分析其工作方法；假定為鑄工，即應取鑄工之材料；假定為鍛工，即應取鍛工之材料；假定為普通之冷工作，如鉗床，或車床等工作，則材料選定之後，即可開始計劃工作 (lay out)，以便作正式工作之基礎。需要整理之鑄工與鍛工，亦需同樣之計劃工作；此工作與縫衣匠在裁剪衣料前之粉線工作同。進行計劃工作時，需要一組特用之工具，茲約略述之如下：

計劃工具與計劃工作法 第七圖所示，係計劃工作之必備工具（圖上所注數字，可與說明對照）。

(1) 表面板 (surface plate) 此係鑄鐵鑄成之板，其上部表面經刮平之工作（參閱工具章），故具正確之平面，預備計劃工作之工作物，即置此表面上。普通表面板之尺寸，大約與普通繪圖板之尺寸不相上下；計劃較大工作物所用之表面板，稱計劃板 (laying-out plates)，此種板通常置於地上，大概之尺寸為5'×10'。

(2) 平面規 (surface gauge) 此器具有準確平直之底面，

以便緊貼於表面板上滑動。底座上連有圓棒，圓棒與底座，係用螺絲鉸鏈連接之，故可與底座傾斜至任何角度，而隨時固定之。圓棒上有劃線針，可滑動於圓棒之任何地位，而使之固定。一切工作物上之線，只須與表面板平行，皆可用此平面規劃出。

(3)平行條 (parallels) 此係具平行面之鐵條，用以擱置工作物之某種部份，有時作求出圓柱之中心，或其他之用。

(4)角板(angle plate) 此為具有互成直角面之鐵板。不能擱置於表面板上作計劃工作之工作物，往往固定於此板之垂直面上而施行之。

(5)平行夾 (parallel clamp) 平行夾為可用螺絲作伸縮之夾子，用以固定工作物。

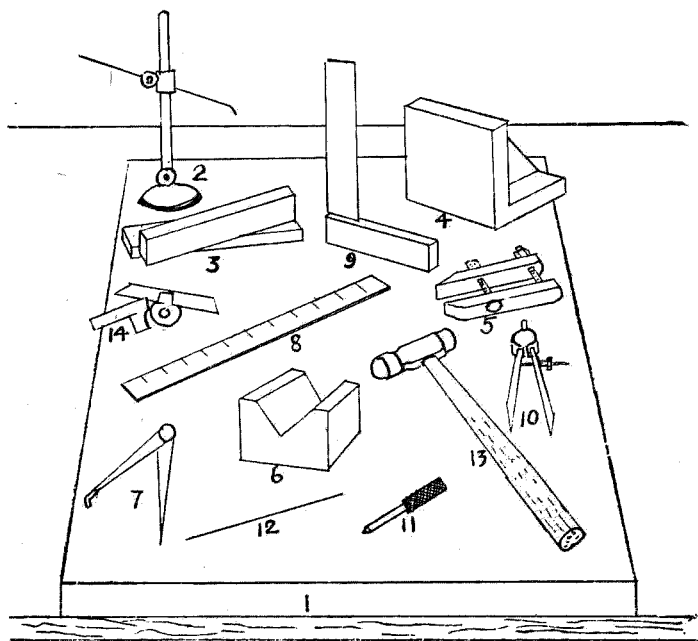
(6)V形塊(V block) V形塊係用鑄鐵製成，底面平直，上部有二平面，相交成V字形之槽。欲使圓柱不發生滾動，可置圓柱於此槽內；有時定圓心亦用此V形塊。

(7)陰陽卡鉗(hermaphrodite caliper) 此係兩腳規與卡鉗之混合物，因其一端具卡鉗形之彎腳（參照工具章），另一端則有如兩腳規上之尖針。在沿工作物邊上一點為圓心，需要作弧時，使用此器具頗為便利。

(8)鋼尺 (9)角尺 (10)兩腳規 (11)中心鑿
(12)劃線針 (13)鐵鏈 (14)量角器(bevel protractor)

(8)至(14)各節可參考工具章。

如上所述，計劃工作既如縫衣匠之粉線工作，故所劃之線，必須準確清晰，以便作施工時之依據。粗糙之鑄造品，可先擦以白粉，再行計劃工作，如此則可使劃出之線更為明顯。已經工作過之鐵鋼表面，在未刻劃之前，可塗以硫酸銅溶液，使發生一極薄之紅色銅層（參閱第五章第三節之浸鍍法）；經刻劃之處，即顯出灰黑色之原底。



第 七 圖

在開始計劃工作前，應先擇一工作面，作為工作之根據；此工作面如情形許可，最佳能貼靠於表面板，或角板之表面上者。與工作面平行之距離，即可用平面規與鋼尺，一一劃出。同上面各線成直角之線，如工作面係錯於表面板上，則可使平面規之底座，與角板相貼，在工作物上劃出所需之尺寸。反之如工作物錯於角板時，則可使平面規之底座，置表面板上，以便劃出所需之尺寸。上述之方法，係根據一工作面作標準。有時可在工作物上作一基本線，然後以此線為出發處，劃出所需之尺寸。各種距離，有時亦可用兩腳規劃出；又成角度之線，大概皆用量角器劃出之。

某種工作物因有凸出部份，或其他原因，使選定之工作面不能直接與表面板接觸，此時則可用平行條平置在表面板上，再置工作物於平行條上，繼續進行計劃工作。

需要鑽圓孔之地位，必須用圓圈劃出，欲劃圓圈，當先尋圓心；在計劃工作中，圓心係用二相交線之交點表明之，在此相交點上，可用中心鑿輕鑿一小孔，以此孔為圓心，作出圓後，可再用中心鑿，使小孔擴大，作為鑽孔時之根據點。

在鑄工施工時，劃於粗糙面之線，往往容易模糊。補救此弊，可在線上每隔 $\frac{1}{4}$ "或 $\frac{1}{2}$ "之距離，用中心鑿鑿上小孔，作為記號；但在工作面上當然不能利用此法。

每一工作物，均各有特點，故計劃工作亦因此而各異。以上所述，不過為總括之大概情形而已，個別之工作實例，於後

章中將有附帶述及，故本章中不再另舉實例說明。

第二章 主要金屬材料

第一節 金屬材料之性質

無材料固不能談工藝，但有材料而不知其性質，盲目使用，則更談不到工藝，故先述金屬材料之性質如下：

抗張性 金屬受外界拉力時，具有不使折斷之性質，稱抗張性；金屬中之鍛鐵與軟鋼，都具相當大之抗張性。

延長性 此為能使延長成細絲之特性，銀與銅皆有極大之延長性。

擴展性 此係指能輾成薄片之性質而言，通常所見之金箔與錫箔，皆係自金與錫打成，故金與錫皆為富有擴展性之金屬。

抗壓性 此係金屬受外界壓力時，抵抗破碎之特性，金屬中之鑄鐵，具極高之抗壓性。

柔韌性 此係抵抗重複之彎曲或扭轉之特性。

堅硬性 具有此種特性之金屬，可抵抗刻劃，即能受磨擦而不損表面之謂。

金屬材料中，同時具有上列各種特性者，頗難舉例，譬如某種金屬具極高之抗張性及延長性，但堅硬性則不高，或者有堅硬性而無擴展性；但某種金屬中加入別種金屬後，有時可使其產生數種特性，此種混合金屬，則稱合金。實際上選擇材料

時，往往單利用其顯著特性，或在各種特性中取其無甚妨礙於工作之進行者，以資適應。

彈性 在各種固體金屬材料中，此外尚有一共同之特性，此種特性，頗為重要，因無此種特性，不但金屬工藝無法利用材料，即一切工程，亦無法進行，此即彈性。大凡各種金屬，受外界拉力或壓力不超過某種限度時，該金屬能伸長或縮短少許，雖此分量非常微小。當外力消失後，則該材料立即回復原有形狀，同時此伸縮量與外力成正比例，即外力愈大，伸縮量亦愈大；但外力超過某限度時，雖外力除去，該材料即不再回復原有狀態。材料所能容忍使不變更狀態之外力限度，稱謂彈性限度，在使用材料時，應避所加諸材料之力，超過此彈性限度，否則有時材料或不破裂，但有失却原有狀態之虞。

第二節 鐵 鋼

鐵 鐵為最普遍之金屬，但鐵係一總稱，其種類甚多，有生鐵或鑄鐵，鍛鐵；鑄鐵中又可分灰鑄鐵，白鑄鐵等。因鐵之分類及性質對於其製造方法有密切關係，故先約略說明其製造法如下：

製造鐵之原料為鐵礦，鐵礦之主要成份為氧化鐵，其中含有磷，矽，錳等雜質。由鐵礦鍊成鐵，換言之，即由氧化鐵還原成金屬鐵，此還原法係混合鐵礦焦煤及石灰石，傾此混合物入圓筒形之鼓風爐（blast furnace）內，使其熔解，鐵礦即由

鐵與氧之化合物，變成含有碳及其他雜質之金屬鐵；傾此熔鐵入長方形之模型中，待冷，即成鐵塊，此可作鑄工之材料，或進一步製成鍛鐵或鋼之用。

因鐵礦本身含有各種雜質，故在熔解時，一部份之雜質即混入金屬鐵內，成不純粹之鐵，同時因燃料含有大量之碳質，故熔成之鐵內，亦難免有碳質之存在；若大部份之碳質與鐵化合，則所成之鐵必色澤較白，其質堅而脆，稱白鑄鐵；反之，若大部份之碳，遊離於鐵中，即不與鐵化合，則鐵具灰色之色澤，其質較弱而易熔解，稱為灰鑄鐵。白鑄鐵可作鍛鐵之原料，灰鑄鐵大多作鑄工材料之用。鑄鐵之抗張強度甚低，但抗壓強度則甚高，故工作物之受有拉力者，應絕對避免使用鑄鐵。

鍛鐵 鍛鐵之成份很近純鐵，其製成係用鑄鐵和焦炭間隔堆在精鍊爐內，燃燒後，鼓以風力，使其熔解，熔解後，再繼續鼓風，經相當之時間，鐵中之大部份雜質，均被氧化，成脆弱而具銀白色之金屬；此種半製成品，必須再置入攪拌爐內，熔解成糊狀後，用鐵棒攪拌，使鐵之各部份，都和氧接觸而氧化。當鐵內之碳和其他雜質，經氧化除去後，鐵之流動性亦因之減低，此因純鐵之熔解點，較含雜質之鐵為高。在此時，將此性質柔軟之熱鐵，使成球狀，施壓擗而除去鐵渣，然後輾軋成條狀。此種鐵條強度低劣，必須切成短條，堆置後而加熱，再施輾軋工作，經數度之此種工作後，始成鍛鐵。當鐵板或鐵

條經數次軋軋後，其分子則沿軋軋方向延長，成爲纖維狀之組織；此種組織如木材之木紋，對於抗力之強度有連帶關係，故在取材時應時加注意。

鋼 鑄鐵中含碳之成份，約自2.3%至5%，鍛鐵因成份較爲純粹，其含碳量不致超過0.25%，鋼中之含碳量，則介於鑄鐵與鍛鐵兩者之間，同時鋼中之碳是和鐵混合的，鋼中有時亦含有其他原質如錳，矽，磷等。此種原質，影響鋼之物理性質頗大。在鍊鋼之時，有時加入某種原質如鎳，鉻，鈳等，使其成爲某種合金鋼，以增加各種特性。最堅硬之鋼，約含碳1.2%至1.6%，最柔軟者約含碳0.25%至0.4%，後者稱低碳鋼，其性質與鍛鐵相似，可以熔接，並且在加熱後，驟然使冷，亦不能使其加硬(hardening)；若將低碳鋼中之碳的成份稍微增加，則鋼之強度亦增加，同時硬度亦增加，此種鋼可作輪邊，鋼軌等之用。當鋼中碳之成份增加至0.5%時，驟然冷卻即能使鋼加硬。鋼可從鑄鐵去碳，或於鍛鐵內加碳二法鍊成，前者製造費低廉，而質較劣，後者則反是。現將幾種鍊鋼法略述如下：

柏塞麥鋼 (Bessemer steel) 鍊製此種鋼之原料爲灰鑄鐵，此種原料，必須含有較多之遊離碳質，與少量之矽及錳，同時須不含磷質或硫質。在柏塞麥鍊鋼法中有二主要步驟，即(1)使熔解之鑄鐵成純鐵，(2)加入定量之碳，使純鐵成爲鋼。灰鑄鐵原料，先在熔爐內使其熔解，然後注入鍊鋼

爐 (Converter)內，此鍊鋼爐內部，裝有火磚，下部可以鼓入空氣，爐之本身，則置在可活動的鐵架上，以便將內部鍊成之鋼傾出。當熔解之鐵，經過約二十分鐘之鼓風後，鐵中之碳與鼓入空氣中之氧混合，成二氧化碳(CO_2)而去碳質；在此時，必須加入 5% 至 10% 已知含碳和含錳量之白鑄鐵，然後再繼續鼓風至適當時間，使內部混和。已鍊成之鋼，質鬆而不堅固，故必加熱而施以鎚擊，使其強度增高，以便輾軋成鋼軌及結構材料之用。

平爐鋼(Open-hearth steel) 平爐鋼之鍊成，係將鑄鐵，鐵屑，和破碎鋼塊，裝入平爐內，以煤氣或油，和加熱之空氣，先使之熔化，然後加入適量之鐵礦，或其他氧化材料，使所含之碳，矽，錳及磷等雜質，氧化至預定成份。欲測定所鍊鋼之成份是否適合，可用化學分析法決定，或自爐中取出少許，待冷後折斷之而視其截面之結構，以決定其成份。有經驗之工作者，可以上法檢定極小之碳質成份變化。在鍊成之鋼未傾出之前，有時加入適量之某種合金，使鍊成之鋼產生某種特性。鍊成之熔化鋼則注入模型中，待冷即成鋼塊。平爐鋼之鍊成，雖較柏塞麥法為緩慢，但易於準確的控制其成份，故此法現今一致公認為價廉而完善之鍊鋼法。此種鋼之抗張強度，約為每方吋 26 噸至 32 噸，故可用於各種機械之重要部份，及作鋼板，鋼條或其他鋼鍛工材料之用。

坩鍋鋼 (crucible steel) 坩鍋鋼因在鍊製時應用坩鍋

而得名，坩鍋鋼之鍊製法，本為鍊製高超質地之鋼之原始方法，至今仍廣為採用。鍊製此種鋼之原料，不用鑄鐵，而用初次鍊成之鍛鐵，或含碳極低之平爐鋼；應用此等原料，乃所以使所用之原料，極近乎純鐵。鍊製時則將上述之原料，置入約可含 100 磅鋼之坩鍋內，再加入適量之碳錳特種合金等，加蓋後，即置於爐上加熱，使鍋內之混合物熔化。此種方法，僅使鐵與合金熔化而互相混合，並不含精鍊或氧化作用在內，因熔化之金屬，少與空氣接觸故也。坩鍋內之金屬，一經熔化，即混和入長柄杓內，然後傾於模型內冷卻，即成坩鍋鋼。在鍊製時因不起反應，故無去氧化物之手續。質地高超之工具鋼和其他特種合金鋼，皆用此法鍊成。

電鋼 (electric steel) 電鋼為利用高熱度之電弧所鍊成之鋼。此種鍊製法，為現時鍊製高質地鋼之最新方法。其優點為可得極高之溫度，同時可甚易調節爐中之空氣情形，即可使氧化，還原或中和，此種空氣控制，可使有害之雜質如硫及磷除去；此種電爐之使用範圍亦頗廣，差不多任何等第之鋼，皆能在此爐中鍊成。因此有時已鍊成之柏塞麥或平爐鋼，再置於電爐中加以精鍊。電爐中鍊成之鋼，可不含任何氧化物和他種雜質，高等之工具鋼，與其他合金鋼，皆用此法鍊成。

第三節 銅 黃銅

銅 銅亦為重要金屬材料之一，其擴展性與延長性，均相當高超，但前者更為顯著，故銅能甚易輾成極薄之銅片，捲成管狀，或擊成各種形狀，如銅罐，銅鍋等。經鍛過之銅，具相當之彈性與強度，其抗張強度約為每方吋15噸，但鑄銅塊則不及上述之堅強，有時僅及其半，因其含有大量之氧化物與氣孔故也。銅經冷工作後，能使其性質變脆，但施適當之焗火（參閱銅之加熱處理節）後（約 $500^{\circ}F$ ），即恢復其原有之韌性。銅燒紅後，即能施各種鍛工工作，但加熱過份，其表面易於粘附黑色之氧化層。銅除其本身製造用途外，尚能與其他金屬混合，成為更有用之合金，最普通者即為黃銅。

黃銅 黃銅為銅與鋅之合金，普通之黃銅，其成份為二份銅一份鋅，但他種黃銅其含銅量有自60%至90%之上落，視所需性質而定。有時更加入2%至3%之鉛，用以增加其延長性，并使割銼等工作進行便利；但加入大量之鉛後，則能使黃銅變脆。因鋅之熔解點甚低，故黃銅不能加熱至發紅程度，而施鍛工工作。在進行鑄工時，熔黃銅內加入少許磷質，可使其流動性增加，而得薄而牢固之鑄工。黃銅之抗張強度約自每方吋12,000磅至29,000磅，視其配合成份而異。

第四節 鉛 錫 鋅

鉛 鉛之強度雖不高，但具延長性與抗銹性，故可製成各種形狀，用於抵抗銹之部份，更可作鐵管接合處之填料，使其

密合。鉛與錫混合，即成鉛錫合金，可作焊接之用。

錫 在金屬工藝中，單獨使用錫之機會甚少，因其強度太低（抗張強度約為每方吋 2.1 噸），同時其價格亦太高。錫除製各種合金之用途外，因其具有抗銹之特性，故可鍍於易銹之金屬上，作防銹之用。俗稱之馬口鐵，即鍍有錫層之鐵皮，用以製造鐵罐及家用器具。

鋅 鋅之主要用途，為加入銅中成黃銅。因鋅具有抗銹性，故可作他種金屬之防銹遮蓋層。鋅之鍍於他種金屬較錫為易，同時其價亦較錫為廉，故鋅之使用範圍較錫為廣。

第五節 銻 鋁 鎳 鉻 鎢

銻 銻之性質極脆，故此種金屬甚少單獨使用。此種金屬在凝固時，非但不收縮而反能膨脹，故用於製印字之合金中，能使字模上之細隙得以填滿，而印字遂甚為明晰。

鋁 現今之金屬材料中，鋁已佔極重要之地位，鑄鋁之比重約為 2.58，較鐵，鋅，錫約輕三倍，較銅約輕三倍半，較鉛則約輕四倍半。純粹之鋁，雖強度不高（約每方吋 10 噸），但具不生銹之特性。鋁與銅，鎳，鎢等混合可成各種優等合金。其強度可至每方吋 50 噸。鋁屬合金因其質輕而堅強，故已成為航空工業之主要材料。

鎳 鎳為具有擴展性及延長性之灰白色金屬，在乾燥之空氣中，其性質不變，但在含有酸性之潮濕空氣中即易氧化。鎳

具磁性，但加熱即能失去。鎳可鍍於他種金屬，作防銹之用；但加入某種金屬使成合金，亦為主要用途之一，不具伸縮性之鎳鋼，即其一例。

鉻 鉻俗稱克羅明，為堅而脆之金屬，具光亮之表面，在空氣中不易氧化；單以作金屬之防銹層而言，鉻已取鎳之大部份地位而代之。鉻可加入鋼中成鉻鋼，使鋼之抗張強度大增。

鎢 鎢之熔解點極高（ $5612^{\circ}F$ ），為重要金屬之一。其主要用途，除製電燈泡之燈絲外，更可混入他種金屬，成具有特性之合金，例如切割金屬用之鎢鋼，具紅堅性，即工具雖工作過份，發生紅熱，但其鋼性仍能堅硬而不失却也。

第六節 銀 金 鉑

銀 銀為貴金屬之一，質軟而具擴展性與延長性，同時具極高之導熱與導電性。銀實為極有用之金屬，惜其使用範圍為其價格所限制。銀之大半用途皆消耗於裝飾品之中。

金 亦為貴金屬之一，其質更較銀為軟，其擴展性與延長性為任何金屬所不及。金之顯著特性，即為不論在乾空氣或潮濕之空氣中，及其溫度之若何，其表面能不發生氧化。金亦因其價昂，故不能普遍使用。製金之飾物時往往加入銅或銀等金屬，所以增加其硬度也。

鉑 鉑俗稱白金，亦屬於貴金屬，其堅硬性不高，與銅不相上下。其擴展性與延長性皆極高，在空氣中，不論溫度之高

下，均不能氧化。白金之用途，大都用於化學工業及裝飾品，至於用於金屬工藝方面，則機會甚少。

第七節 其他重要合金

釩鋼 鋼之含碳量增加後，能使其堅硬性與抗張性亦隨之增加，但其質易變脆，即不能受驟然之荷載，與重複之拉力與壓力，此種弊病，可於鋼中加入少量之釩而矯正之。釩之加入鋼中，可使鋼中碳之分配更爲均勻，故可使所得之鋼質柔韌，而同時具極高之抗張性。釩鋼可作輪軸，彈簧等用。

不銹鋼 鋼鐵之缺點，當爲易於生銹，今之不銹鋼中，含0.2%至0.4%碳，12%至14%鉻，0.2%以上之矽，此種配合可產生鋼之抗銹性。不銹鋼之用途極廣，可製刀，剪等家用器具，及一切工作物之易於生銹處。

特由拉羅明(Duralumin) 此爲輕合金之一種，其成份爲4%銅，1%鎂，與極微量之鐵與錳，其餘皆爲鋁。此種合金質輕，而其抗張強度則不下於鋼，同時可施鍛工。其主要用途，大都用於航空工業。

Y合金(Y alloy) 此亦輕合金之一種，其成份爲4%銅，2%鎳，1.5%鎂，與92.5%鋁。此種合金除其質輕外，具高溫中維持其強度之特性，其主要用途爲製飛機引擎活塞之用。

第三章 工具及其使用技術

優越之金工，大半依靠準確之工具，而準確之工具，則又需徹底明瞭其工作原理，與具有純熟使用技術之使用者，方能發揮其準確度。本章所述，即以上述之理為根據，并於可能處引工作實例，以期得更切實之研究。

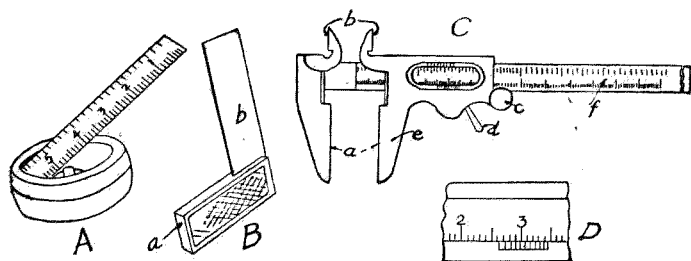
第一節 手用工具

甲 鋼尺 角尺 卡尺 測微器 測深器 量角器

鋼尺 金工用之鋼尺，須具準確之劃分，與準確之平直邊；前者用以度量尺寸，後者用以測定平面。測定平面時，可用尺邊作任何方向，貼於所欲測定之平面上，向對光處視其接合處；極準確之平面，在接合處應不使有絲毫之光線透過。通常之鋼尺刻有公分及英寸之劃分，公分一邊之最小劃分為 $\frac{1}{2}$ 公厘，英寸一邊之劃分則有 $\frac{1}{8}$ "， $\frac{1}{16}$ "， $\frac{1}{32}$ " 及 $\frac{1}{64}$ "。尺之長度，則有12吋與6吋二種。度量較長之尺寸時，可用第八圖A所示之捲合鋼尺，此種鋼尺具極大之彈性，故使用時可拉出之，用畢後則又可捲入盒內。其長度有一公尺與半公尺之別，但二者同時皆另有英寸之劃分。

角尺 第八圖B所示，為一角尺，尺柄a與尺片b互成直角而固定之；同時尺片之兩邊與尺柄之上下兩面，均為平直，故角尺可測定工作物之直角是否準確。

卡尺(vernier caliper) 第八圖C所示，為一卡尺，係作較準確的度量尺寸之用。度量圓棒之外徑或一切平行面間之距離時，則用顎 a 之內部。量管子之內徑或凹入之平行面間之距離時，則用顎 b 之外邊。顎之放寬與縮小，係藉螺絲 c 之旋轉而完成之。 d 為固定鎖之鎖柄，推動此鎖柄，可使活動顎 e 在任何地位固定之。尺之本身 f ，刻有公分及英寸之劃分。藉活動顎上之遊尺劃分之助，可甚易量出 $\frac{1}{10}$ 公厘或 $\frac{1}{64}$ 英寸。量出 $\frac{1}{10}$ 公厘之卡尺，其尺之本身刻有公厘之劃分，其活動之遊尺部份，則刻有9公厘長，分為10等分之劃分；故遊尺上每一劃分，較每一公厘缺少 $\frac{1}{10}$ 公厘。測定尺寸時，先觀遊尺上之○點，在固定尺上第幾劃分以上，然後再觀遊尺上之第幾劃分，適與固定尺



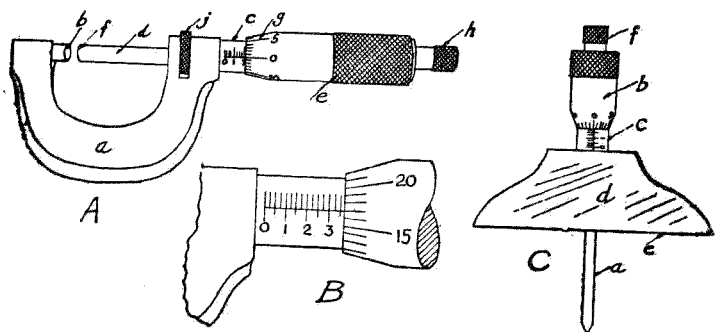
第八圖

上之公厘劃分相合，此數字即幾個十分之一公厘。第八圖D所示，即表明所量之尺寸為2.63公分，或26.3公厘。量出 $\frac{1}{64}$ 之卡尺，其原理與上述之公厘卡尺相仿，所不同者即尺之本身刻有英寸及 $\frac{1}{8}$ "之劃分，遊尺上則有長 $\frac{7}{8}$ "平分為8等分之劃分，此

每一劃分則較 $\frac{1}{8}$ " 缺少 $\frac{1}{8}$ 之 $\frac{1}{8}$ "，即 $\frac{1}{64}$ "，故依上述之方法，可測出其準確達 $\frac{1}{64}$ "之尺寸。

測微器(micrometer) 測微器又稱分厘尺，此種器具之用途，與卡尺相仿；但不能測量工作物之內部尺寸。此種測微器之準確度則較卡尺為高；通常之英寸制測微器，其準確度可達 $\frac{1}{1000}$ "即0.001"。第九圖A所示，為一測微器，*a*為鋼製之U形柄，一端有短圓棒狀之突出部份，具有準確之平面*b*。另一端則有管*c*，上有英寸之劃分，并每一英寸中又劃為40等分。鋼圓棒*d*之一端，具準確平面*f*，可與*b*完全密合；其另一端則與螺旋柄*e*固定。螺旋柄之一端*g*，其周圍則分為25等分。旋轉螺旋柄*e*，可使*b f*間之距離變動。度量尺寸時，可旋轉螺旋柄*e*，使*bf*間之距離稍大於所量工作物之尺寸，然後置工作物於其間，再旋轉螺旋柄，使其前進至*bf*，將與工作物相觸時即止，然後轉動*h*至其接觸為止。轉動*h*與轉動*e*本無分別，但*h*處裝有特種設備，可使*bf*與工作物一經接觸後，即有不再前進之效，故可避免因旋轉過緊而損壞工作物或測微器本身之弊。*j*為固定鎖，旋緊後即可固定螺旋柄*e*之轉動。

螺旋柄*e*轉動40轉，鋼圓棒*d*即移動1"，即螺旋柄旋轉一次，*d*移動 $\frac{1}{40}$ "之距離。但螺旋柄之*g*端周圍有25等分，故若螺旋柄轉動 $\frac{1}{25}$ 轉，即其一等分時，鋼圓棒*d*即移動 $\frac{1}{25}$ 之 $\frac{1}{40}$ "，或即 $\frac{1}{1000}$ "。第九圖B所示之地位即為0.367"。



第九圖

測深器(depth gauge) 此係作測量孔洞深淺之用，第九圖C所示，為一測深器。其工作原理與測微器相仿，細桿a與螺旋柄b相連，圓管c係與本身d固定。旋轉螺旋柄b，即能使a移動。測量時則置a入所量之孔中，擱置d之平面e於孔口之平面上，然後依次轉動螺旋柄b，安全螺旋柄f，使a之尖端與孔底相接觸。其尺寸則可依照測微器尺寸之測定法測定之。

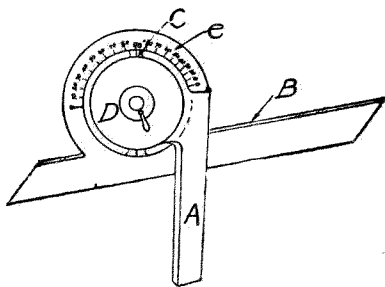
量角器 (bevel prtractor) 第十圖所示，為一金工用之量角器。此種器具之主要部份為尺片B與一端連有迴轉盤D之鋼柄A，二者俱有平直之邊，且同時可依刻度盤e之中心互相迴轉。當A與B平行時，迴轉盤D上之刻線C即與刻度盤上之○度相合。測量工作物之角度時，可置所欲量之角於AB間，再稍旋轉鋼柄A或尺片B，使其兩邊與工作物之角邊兩相密合，然後讀出迴轉盤刻線所對之角度數即得。但在讀出角度時應注

意下列二點：

(1)若所量之角在 90° 或 90° 以下者，則迴轉盤上刻線所對之角度，即為所求之度數。

(2)若所量之角在 90° 以上者，則所求之度數，為 180° 減去刻線所對之度數。此因刻度盤之度數劃分，係由相對兩 0° 點同時增加，而止於一共同之 90° 點故也。

上述各節之手用工具，都屬度量之用。此種工具影響於工作物之準確度甚巨，故使用時應特別當心；尤其對於該項工具之準確平直邊或平面，應勿使其受重擊而產生缺口，以致損失其準確度也。



第十圖

乙 測徑器 兩脚規 劃線針 中心鑿

測徑器 此種工具又稱卡鉗，度量圓棒之外徑及圓孔內徑之用。有時在施鍛工工作時，亦可用以測定工作物之寬度。但此種工具所測定之尺寸，不若前述卡尺與測微器所測定者為準確。因其價廉與使用便利，故今仍不失為有用工具之一種。第十一圖 A 所示，為度量外徑用之測徑器，俗稱外卡鉗。鉗之本身，係由二鈎狀之鋼片腳組合而成。腳之一端用鑲釘作不甚緊之釘合，故兩腳得以此鑲釘為中心作開合之動作。腳之他端尖

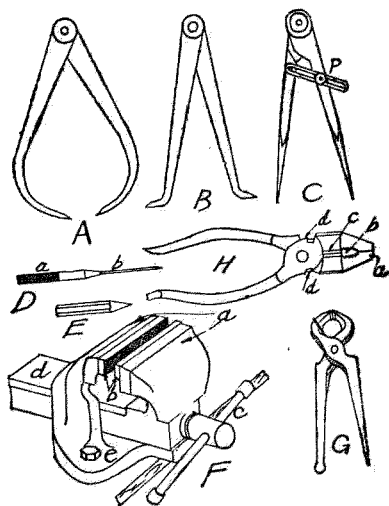
削，且向內對合，以便鉗於圓棒直徑之兩端，而量出其直徑。度量圓棒之直徑時，先拉開外卡鉗之兩腳，置圓棒於其間，如圓棒滑過而不為其鉗住，則可用手執鉗之上部，輕擊腳之凸出部份於桌上，使其腳端稍為閉合，再以圓棒試之。上述之步驟可重複行之，至圓棒密合滑過為度。最後則用鋼尺量出卡鉗尖端之距離，即得所量之圓棒直徑。第十一圖B所示，為量圓孔

內徑用之測徑器，俗稱內卡鉗。此種卡鉗與外卡鉗之不同點，即為腳之形態。外卡鉗之兩腳向外彎曲，內卡鉗之腳平直，而尖端則彎向外，如此，乃可適合於量出圓孔內徑之用。

兩腳規 兩腳規之形狀與測徑器相仿，但其尖端平直，且開合距離可藉螺絲 *P* 而固定（參閱第十一圖C）。

製兩腳規之材料，大都為較堅硬之高碳鋼，俾得於工作物上作圓或弧等刻劃工作。

劃線針 第十一圖D所示為一劃線針。*a*為針柄，*b*為針之



第 十 一 圖

本身。此種工具用以刻劃工作物之表面，以便作工作之依據，故針之材料必須堅硬。

中心鑿 用兩脚規作圓時，其圓心必先鑿一小孔，使兩脚規之一端不致滑動。又用鑽頭鑽孔時，亦必先鑿一較深之小孔，使鑽孔工作易於進行。上述之小孔，皆用中心鑿鑿成。第十一圖E所示即為適用此等工作用之中心鑿。

丙 檯虎鉗 拔釘鉗 多用鉗

檯虎鉗 檯虎鉗為鉗床工作之主要工具，第十一圖F所示為一檯虎鉗。*a*為鉗顎，具細齒面*b*，以便嚙住工作物。此齒面係硬鋼所製，藉螺絲固定於鑄鐵製之鉗顎上，故損壞時可以掉換之。鉗顎之開合，係轉動槓桿*c*而完成之。*d*為連於動顎之平面檯，其上部平直，可作一般之使用。*e*為固定檯虎鉗於工作檯之螺釘。施行鋸銼等工作時，則工作物皆鉗於檯虎鉗之鉗顎內。有時精細之工作物，或已經打磨工作之表面，鉗於檯虎鉗上後，其表面往往為顎齒嚙傷。避免此種情形之發生，則可於工作物與顎齒間，襯以鐵皮或軟鉛皮。檯虎鉗有各種的尺寸，得視需要而選擇之。

拔釘鉗 第十一圖G所示為一拔釘鉗。鉗之嚙合處頗為密合，且經過適當之加熱處理（參閱第四章第一節），故其堅硬度適當，在嚙合於釘上而拉拔時不致有破損之弊。

多用鉗 多用鉗因其有多種用途而得名，第十一圖H所示即為多用鉗，鉗柄之上，有時附有絕緣之膠木層，或橡皮套，

使修理電線時得到便利。*a* 為鉗顎，內有嚙齒。*b* 為鉗圓棒或多角形截面棒時之鉗顎。*c* 可鉗住鐵釘，如拔釘鉗之用途拔取釘子。*d* 係截斷細金屬棒用之刀口。

丁 鐵鎚 鋼鑿

鐵鎚 鐵鎚為工場中最普通之工具，其重量有自 $\frac{1}{2}$ 磅至 2 磅者，但 $1\frac{1}{2}$ 磅以上之鐵鎚，通常頗少使用。鐵鎚具有多種形狀，以適各種需要，通常所使用者當為球頭鐵鎚（參閱第三十二圖 A）。製鐵鎚之材料大都為鋼，並經加硬與導熱之加熱處理，使其質堅而帶柔韌，以適合敲擊。鐵鎚之鎚孔，其兩端較中部為寬，以便木柄裝入一端後，其另一端擊入軟鋼之尖劈，使木柄固定其中，以免鐵鎚在鎚擊時脫落而發生危險。在精細之工作物，或鑄鐵，或質脆之鋼，施行鎚擊時，應運用輕巧之力，否則即有損壞其表面，或破碎之患。避免此弊，有時則可用鉛製之鎚。

鋼鑿 鋼鑿係用以鑿去金工之不需要部份，或作一般切割之用。其種類頗多，如第十二圖 A 至 D 所示，為普通所用之鋼鑿式樣。A 為平頭鑿，用以鑿平面或切割薄金屬板。B 為角頭鑿，頭雖狹小，但具極大之強度，故可鑿狹槽及孔洞等。此二種鋼鑿之鋒口，係由二斜面組合而成。其斜面所夾之角則為 70° 。C 為鑽石尖頭鑿 (diamond point chisel)，用以鑿 V 形槽或方角處。D 為圓頭鑿，用以鑿工作物之圓角處。

用鋼鑿鑿工作物時，應注意下列各點：

(1)用左手執鋼鑿，右手執鐵錘柄之近尾處，使錘擊有力而穩定。執鋼鑿宜輕鬆而不宜過緊，以避免疲乏。

(2)鋼鑿與工作面間之角度，宜保持適當；角度過大，鋼鑿易注入工作面，過小則易於滑開。

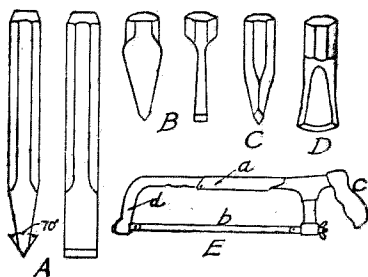
(3)欲在最短之時間內完成工作并使鋼鑿不發生折斷，則每次鑿去之金屬不宜過厚，大約 $\frac{1}{16}$ "已為足夠。

(4)若鑿去之表面廣闊時，最好先用角頭鑿，隔相當之距離鑿成淺槽，然後再用平頭鑿鑿去槽與槽間之金屬。

(5)在鑿鑄成之工作物時，應從其邊部鑿向中部，反之，工作物之邊緣或角端，即有鑿碎之患；又鑿至已經鑿過之處時，則錘擊宜輕鬆，否則即有鑿得太深之弊。

戊 手 鋸 銼 刀 刮 刀

手鋸 手鋸之主要部份係鋸架與鋸條。鋸條裝於鋸架，則用活動之螺釘固定之，故鋸條可任意掉換。第十二圖 E 所示為一手鋸，a 為鋸架，b 為鋸條。鋸條之鋸齒，有粗細之分，得視需要而選擇之。下列各項可作選擇鋸條時之參考：



第 十 二 圖

(1)鋸軟鋼用每吋16齒之鋸條。

(2)鋸高碳鋼及鑄鐵用每吋20齒之鋸條。

(3) 鋸金屬管，銅及黃銅用每吋24齒之鋸條。

(4) 鋸薄金屬板及薄金屬管，用每吋32齒之鋸條。

裝置鋸條時，鋸齒之尖鋒應指向鋸架之前部 d ，同時不可使鋸條過緊或過鬆，因二者在使用時均有折斷之虞。在施行鋸解工作時，右手執鋸柄 c ，左手執鋸架之前部 d 。向前推動時應施壓力，後退時則宜放鬆之。因前進之動作，為真實之鋸解工作故也。至於所加之壓力，則視工作物而定；大凡鋸較厚之鋼時，需較重之壓力，方能使鋸齒嚙入材料。反之鋸狹小之工作物，或質地較軟之材料如銅時，則應施較輕之壓力；否則能使鋸齒嚙入材料過深而箝住之，以致折斷鋸條也。

倘鋸條已斷而鋸解尚未完成，在掉換新鋸條而再行鋸解時，如情形許可，則不應再將鋸條插入原有之鋸槽而繼續工作，否則新鋸條即有再行折斷之可能。此因新鋸條之鋸齒兩邊，未經摩蝕，需較闊之鋸槽故也。

鋸解薄金屬皮時，可用二木板先使其夾住，然後連木板鋸之，此種方法使工作便利不少。

施行手鋸工作時，大致無須滑潤。

銼刀 工作物之精細部份，若不能使用機械工具切割成所需要之形狀，則可用銼刀銼成之；若無機械工具設備，欲使工作物之某部平直，亦可用銼刀銼出之，故銼刀實為一有用之工具。銼刀之種類甚多：在其截面形狀上分之，則有長方形，正方形，三角形式，圓形式及半圓形式等等。就其長度分

之，則有 4'', 8'', 10'', 12'' 等等。銼刀之銼鋒，則可分為粗，中，細，極細等種。又銼鋒之紋路，亦可分單割與雙割二種。單割之銼鋒，鋒紋係平行排列而成，其所銼成之面頗為光滑，但銼去之金屬則較雙割者為少；有時用以銼黃銅，鉛，焊錫等軟金屬，以避免金屬屑阻塞銼鋒間之細隙。雙割之銼鋒，係由二組平行鋒紋相交排列而成，在銼金屬時，則可銼下較多之材料。此種雙割銼鋒之銼刀，其使用較為普遍。銼刀之具有上述各種形式，亦不過為適合各種用途而已。至於吾人實驗者所常使用之銼刀，當推第十三圖所示之長方形截面之平銼刀，其銼鋒為雙割式，其長度為 10''，其銼鋒之粗細可隨宜決定，大凡備有粗，中，細三種，已足夠作普通之用。



第 十 三 圖

銼之練習 用銼刀銼金屬材料，似屬極便利之事。但實際上並不十分簡單。普通銼平工作物之某面時，須同時注意二事：(1)不能銼至小於預定之尺寸，(2)所銼成之面必須平直。欲達到此二項目的，則非經相當之練習不可。

在銼工作物時，用右手執銼刀柄，左手壓於銼刀之前部，推動於鉗在枱虎鉗上之工作物。向前推動時，應施壓力，向後移動時，則應解除壓力，此因向前之動作，為有效之銼工作故也。不論前進或後退，銼刀應始終維持水平之位置。又所施之

壓力應均勻，否則銼成之面，即成中部突起而邊緣低落之現象。有時為矯正此弊計，反能使銼去之材料過份。欲使銼成之面完美，質言之亦並不十分困難，只要勤於練習，與常使用角尺或鋼尺等測平直面器具即得。

有時欲使工作物表面之紋路方向一致，以增美觀，則可改變執銼刀之方法。銼此種工作表面時，可橫執銼刀，用右手執銼刀柄，左手執銼刀之前端，橫置於工作物而推動之。此種方法大都施行於將完成之工作物。

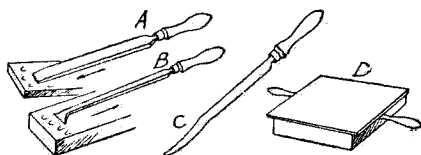
銼刀之清潔 銼刀應常常保持清潔，使銼鋒之細隙間無金屬屑之鉗住，否則能使銼成之表面上，發生一二特深之紋路，而喪失工作物之美觀。此種鉗住之金屬屑，俗稱為釘，大概為銼工作物時所加壓力過大所致，在較細之銼刀，則尤易發生。除去銼刀上之釘，可用金屬絲刷刷之，或用具有平扁頭之細銅梗剔出之。

刮刀(scrapers) 有時某種工作物之表面，需要極準確之平面，此種平面既非用銼刀可銼成，又非用普通之機械刨削所能完成，因經銼或刨之表面，雖為具體之平面，但仍具高低之紋路。刮刀乃解決上述困難之唯一工具。普通所使用之刮刀，如第十四圖 A 至 C 所示，A 為平刮刀，用以刮平普通之平面。B 為鈎狀刮刀，亦為刮平平面之用，但有時平面上需要花紋，以增美觀，亦用此刀刮出。C 係用以刮工作物之曲面，使曲面與曲面間接觸密合，如軸與軸承之承襯需要密合，即一例也。

此種刮刀之兩邊皆具刀鋒，故使用時頗為便利。

刮平方法及其附屬用品 刮平表面，換言之即刮去其突出部份之謂。欲刮去此等突出部份，則必先設法尋出之。尋出表面之突出部份，需要一已知之準確平面，稱表面板 (surface plate)。第十四圖D，為移動式表面板，并具極準確之平直面。

測定工作物表面之突出部份時，先用紅色或藍色之含油顏料，均勻塗於表面板上，然後置工作物之表面於其上，或置表面板於工作物之表



第十四圖

面上，視何種方法便利而定。表面板之表面與工作物之表面接觸後，可稍事摩擦，於是工作物方面之突出點，即染有顏色。然後將刮刀作傾斜之姿勢而刮去之。上述之步驟可重複施行。大凡在開始時，工作物表面之染色點為數甚少，且為隔離的，在將達平直時，則接觸點愈多，而其分佈亦愈均勻也。

在施行刮平工作時，應注意下列各項：

(1)所刮之表面，應避免與油類或油膩之手指接觸。

(2)工作物表面上之粗糙刀紋，可先用細銼刀銼去，但切忌銼得過份。

(3)若工作物表面已近乎平直，則加於刮刀之力應求輕鬆。

(4)表面板上之顏料，可用紗頭或手指塗上。在開始刮平時，表面板上所塗之顏料可稍多，但將近完畢時，則宜較薄。

(5)用表面板測定突出點時，其表面與工作物之表面，不容有少許之金屬屑等物附於其上，否則即難以測出突出點之真實所在。

(6)在使用表面板時，應使用其全部，不可限於一部份。

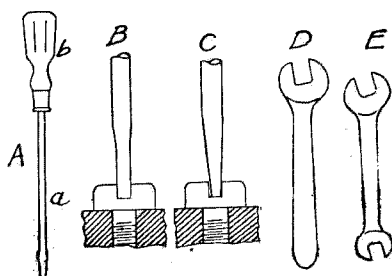
(7)刮刀應始終保持銳利，否則即有刮壞工作物表面之弊。

己 旋鑿 螺絲把 手搖鑽 螺絲公母

旋鑿 旋鑿用以旋緊或旋鬆螺釘。第十五圖A所示，為一旋鑿，*a*為鋼製桿，一端扁平，用以嵌於螺釘上之槽內，以便旋轉螺釘，他端則固定於木柄*b*內。旋鑿之扁平端，其兩面應垂直如*B*，不可如圖*C*之尖劈狀。為適合多種大小之螺釘計，一般之旋鑿端，大多為尖劈狀。用此種旋鑿旋螺釘時，其扁平端往往因尖劈作用致退出於螺釘上之槽而損壞之。故置備旋鑿時，應選擇各種大小數具，而不可僅置備一尖劈狀者，勉強來適應各種需要。

螺絲把 螺絲把係用以轉動螺釘帽。因螺釘帽有各種之尺寸，故螺絲把亦具各種尺寸以適合之。第十五圖*D*為單頭螺絲把，*E*為雙頭螺絲把，此二種為使用最普遍者。此外尚有所謂活動螺絲把，其顎間之距離可藉螺絲而改變之，故其用途亦頗

爲廣汎。用螺絲把旋螺絲帽時，其作用實爲一槓桿，設計良好之螺絲把，大致可承受所加之力而不損壞。但活動螺絲把當顎間所鉗之螺絲帽過巨時，有時亦易遭損壞。



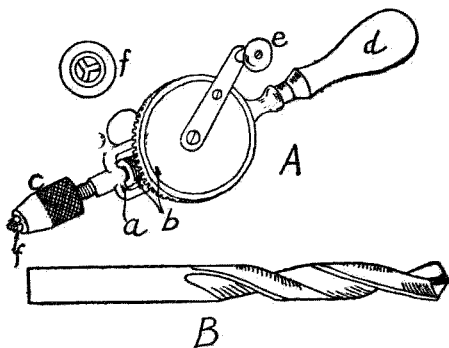
第十五圖

在使用固定之螺絲把時，顎間之距離務使適合所旋之螺絲帽。若其距離稍大於螺絲帽，旋轉時即有使螺絲帽角磨圓之患。在開始旋鬆或旋緊螺絲帽時，所加之力宜驟然而有勁。有時旋鬆過份牢固之螺絲帽，往往用鐵管套於螺絲把上，以增加其槓桿作用，但所加之力應適當，否則即有折斷螺釘之患。已銹住之螺絲帽，在未旋轉前可先於其螺紋間加入火油，使之滑潤，然後再旋轉之。再者用螺絲把代替鐵鎚，以作敲擊之用，或用鐵鎚敲擊螺絲把，皆爲不合理之舉動。

手搖鑽 第十六圖A所示，爲一通常所用之手搖鑽。此種手搖鑽，係由三主要部份組成，即(1)鑽身a，(2)傳動角尺齒輪b，(3)軋頭c。鑽身係鑄鐵所製，一端與木柄d固定，他端則有軋頭旋於其上。其中部則有二互相成直角之角尺齒輪，大齒輪上連有搖柄e，旋轉搖柄則帶動小齒輪，而使連於小齒輪同一軸上之軋頭亦隨之轉動。至於二齒輪之直徑相差懸殊，其作

用乃所以使軋頭之速度增加。軋頭之內部有三鋼顎 f ，旋轉軋頭，則能使顎依一共同之中心伸縮，俾各種粗細之鑽頭得置於其中而固定之。此種手搖鑽所能插入之最大鑽頭，約為直徑 $\frac{1}{4}$ 吋。

通常所用之鑽頭，其鑽身具有螺旋槽，稱螺旋鑽 (twist drill) (參閱 B)。此種鑽頭之直徑，普通所用者有自 $\frac{1}{64}$ 吋至 2 吋間之各種尺寸。 $\frac{1}{4}$ 吋



第十六圖

以上之鑽頭大多皆用於機械工具中之鑽床上，因其所需之力較大故也。

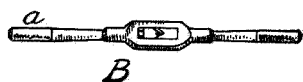
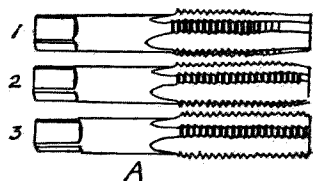
鑽孔實例 假定欲在鐵板上鑽一 $\frac{3}{8}$ 吋直徑之圓孔，其工作步驟如下：

- (1) 先決定圓孔之圓心。
- (2) 以求出之圓心為中心，用兩腳規劃出 $\frac{3}{8}$ 吋直徑之圓後，再用中心鑿擴大圓心。
- (3) 選出 $\frac{3}{8}$ 吋直徑之鑽頭，牢固的裝於手搖鑽之軋頭上。
- (4) 將鑽頭之中心對於圓心上，用左手執住木柄，使鑽身垂直；再用右手執齒輪上之搖柄，依鐘走之方向轉動之，并

同時於左手施用壓力，使鑽頭向下注入工作物。有時可在鑽孔處加入少許滑潤油，使工作進行便利。又工作物之下部，可墊以無用之木塊等物，使鑽頭鑽通工作物時，不致損及其他物件。

螺絲公 螺絲之陰紋，係用螺絲公刻成之。第十七圖 A 所示，為一副某種尺寸之螺絲公。此種螺絲公之製作材料，為質堅而韌之鋼。 $\frac{1}{4}$ " 以上之螺絲公，每種尺寸共有三只：第 1 只

之前端，約磨去五六螺紋，用以鑄刻穿通圓孔內之螺紋；第 2 只之前端，約磨去三四螺紋，若所鑄刻之孔為不穿通者，則先用第 1 只，然後用第 2 只完成之。第 3 只之前端，僅磨去第一螺紋之一部，不甚深而不穿通之孔，則往往應用第 3 只完成之。



第十七圖

第十七圖 B 所示，為執螺絲公用之手把，其中心方框內有二經加硬過之鋼頸，轉動手柄 a，可使鋼頸開合，以便將螺絲公之方形柄插入其中而固定之。

鑄割螺紋之孔，其尺寸有一定之標準。此種標準係根據螺紋之標準而決定。英國普通所採用者，有灰特威司(Whitworth)標準，及B.A.S.T.(British Association Screw Threads)二種。美國通常所採用者，則有 U.S. Std. (United States Stan-

standard) , 及 S.A.E.Std. (Society Automotive Engineers Standard) 二種, 今擇 U.S. Std. 即美國標準之螺紋, 與應鑽圓孔之尺寸, 列表如下:

螺紋之外徑 (即螺絲公之尺寸) 每吋之螺紋數 圓孔之尺寸

$\frac{1}{4}$ "	20	$\frac{13}{64}$ "
$\frac{3}{8}$ "	16	$\frac{5}{16}$ "
$\frac{1}{2}$ "	13	$\frac{27}{64}$ "
$\frac{5}{8}$ "	11	$\frac{17}{32}$ "
$\frac{3}{4}$ "	10	$\frac{21}{32}$ "
$\frac{7}{8}$ "	9	$\frac{49}{64}$ "
1"	8	$\frac{7}{8}$ "
$1\frac{1}{8}$ "	7	$\frac{63}{64}$ "
$1\frac{1}{4}$ "	7	$1\frac{1}{8}$ "
$1\frac{3}{8}$ "	6	$1\frac{3}{16}$ "
$1\frac{1}{2}$ "	6	$1\frac{5}{16}$ "
$1\frac{5}{8}$ "	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{7}{16}$ "
$1\frac{3}{4}$ "	5	$1\frac{9}{16}$ "
$1\frac{7}{8}$ "	5	$1\frac{11}{16}$ "
2"	$4\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$ "

螺紋之鑄刻實例 假定欲在 $\frac{1}{2}$ " 厚之鐵板上, 鑄刻 $\frac{3}{8}$ " 之穿通陰螺紋; 其步驟如下:

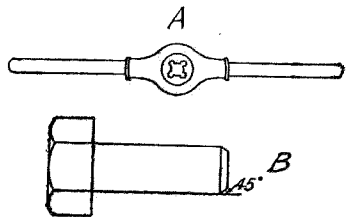
(1)從上表所得，應取 $\frac{5}{16}$ "之鑽頭，先將鐵板中鑽一 $\frac{5}{16}$ "直徑之穿通圓孔。

(2)軋鐵板於枱虎鉗中，以便進用刻螺紋之工作。

(3)取 $\frac{3}{8}$ "螺絲公一組中之第1只，裝於螺絲公手把上。

(4)用兩手執手把柄之兩端，并使螺絲公維持垂直之地位，用力旋入工作物之孔內。螺絲公之螺紋既咬入工作物後，旋進之動作即可自然進行。在每次旋進二三轉後，應倒旋半轉，使刻下之鐵屑不致軋住，此種工作可繼續施行，至螺紋完全刻成爲止。在鐫刻時，可稍加油使其動作更爲圓滑。但工作物之材料爲鑄鐵，則可不必加油。

螺絲母 螺絲之陽紋，係用螺絲母刻成之。螺絲母俗稱鉸板，係硬鋼所製，中有陰紋螺絲；其尺寸亦如螺絲公，有各種標準。在使用時，螺絲母則裝於手把之中部(參閱第十八圖A)。欲刻螺絲陽紋之金屬桿，其桿端之周圍，需銼成如B之形狀，俾鐫刻之工作易於開始。當鐫刻開始時，須運用較重之力，使螺絲母嚙入工作物；但一經嚙入之後，所加之力，應求輕鬆。前進旋轉二次後，則必後退半轉，使金屬屑除去，在鐫刻鋼或鍛金屬時，則可稍加油使之滑潤也。



第 十 八 圖

庚 磨石輪 油石 砂布

磨石輪 磨石輪係硬質細砂如金鋼砂，拌以特種粘合物質膠合而成。其形如圓輪，可藉機械之動力或人力使之迴轉，各種工具即可與其接觸而磨擦以增銳利。普通之磨石輪，大都為手搖式；搖柄軸之齒輪較磨石輪軸上之齒輪大至數倍，故搖柄迴轉一次，磨石能迴轉數次之多，因此磨石輪之迴轉速度得以增加也。在磨碳鋼之工具刀時，不宜施過重之壓力，否則摩擦過巨，產生高溫，刀鋒即有失却硬度之患。

油石 此為堅質之石，有天然與人為二種，具各種形狀，通常所用者，則為長方形。其用途為磨工具刀之精細部份，并使刀鋒光滑而銳利。在使用時應加油滑潤，并使用之部份不可限於一處，否則將漸失去其平直之表面。此宜注意也。

砂布 此係一面粘有堅質細砂之布，用以摩去金屬物之銹，或摩擦於金屬物之表面，使其光滑美觀。砂布有各種粗細，得視需要而選用；大凡在施行打摩工作物時，先應用粗砂布，次用中等粗細者，而最後則用最細者。

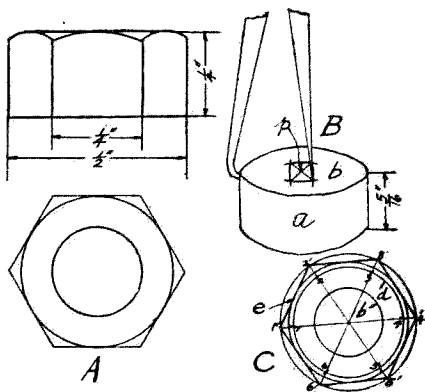
製作螺絲帽時使用各種工具實例 手用工具之原理與用法，現已大致明瞭，今舉一工作實例於下：假如今所欲製者，為第十九圖 A 所示之螺絲帽，其材料則可取自 $\frac{1}{2}$ " 直徑之圓鐵桿（俗稱洋圓）。茲述其工作之程序如次：

(1) 取一段 $\frac{1}{2}$ " 直徑之圓鐵桿，軋於枱虎鉗內，用手鋸鋸下 $\frac{5}{16}$ " 厚之一段，如第十九圖 B 之 a。

(2) 銼平任一圓面如 b，并使其與邊垂直；再塗硫酸銅溶

液於其上，以便施行計劃工作。

(3)用陰陽卡鉗之彎曲腳，貼於邊緣上，再拉開其尖端腳至稍過圓心之地位作弧。依照上法，在每 $\frac{1}{4}$ 圓周處，各作一弧相交成一近似之方形，連接方形之對角線即得圓心 p 。然後用中心鑿將此圓心稍加擴大。



第 十 九 圖

(4)以求出之圓心作依據，用兩腳規劃出 $\frac{1}{4}$ "直徑之圓 b (參照第十九圖C)，次作圓 d ，其直徑則宜稍小於圓桿段者。

(5)用 d 圓之半徑，在其圓周上順次作弧而分圓周為六等分，得交點 $1,2,3,4,5,6$ ，連圓心與 $1,2,3,4,5,6$ ，并延長之，得圓桿段邊緣上之交點 $1',2',3',4',5',6'$ ，連接 $1'2',2'3',3'4',4'5',5'6'$ 及 $6'1'$ ，即得所求之六角形。

(6)用兩腳規在求得之六角形內作圓 e 。

(7)以劃出之六角形為根據，銼出與圓面垂直之六平面。

(8)銼平螺絲帽之底面，使其與上面平行，并使其平行面間之距離達 $\frac{1}{4}$ "。

(9) 裝 $\frac{13}{64}$ " 之鑽頭於手搖鑽之軋頭內，而鑽出中心圓孔（鑽頭之尺寸，係自前表中查出）。

(10) 用 $\frac{1}{4}$ " 之螺絲公刻出圓孔內之陰螺紋。

(11) 以圓周 e 為根據，銼出螺絲帽上面之傾斜邊緣（此項手續若備有車床，則進行更為便利）。

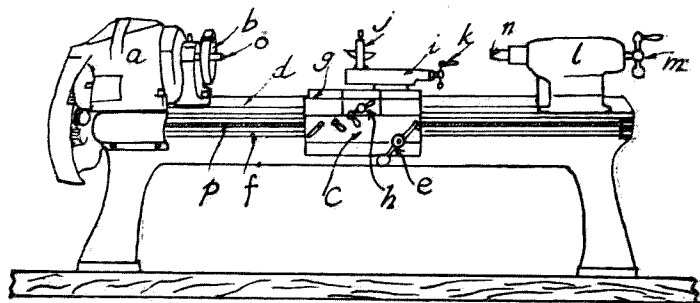
(12) 用細銼刀銼去經塗硫酸銅溶液後之銅色後，再用砂布摩光各面而螺絲帽即成。

第二節 機械工具

有幾種工作物，若單用手用工具完成之，則難得準確之效果；有幾種工作物，雖可用手用工具完成，但所費之力與時皆不經濟。上述之問題，惟用機械工具才能解決。機械工具雖屬生產工場之設備，但其構造原理與使用方法，却不可不知，故分述如下：

(甲) 車床 (lathe) 轉動工作物，用堅質鋼刀除去工作物之不需要部份，此種工作方法，則稱為車。完成此種工作方法之機械，則稱車床。第二十圖所示為具有主要部份之車床。 a 為床頭 (headstock)，其主軸能藉齒輪之助，得動力而旋轉之。主軸之一端并可裝置面板 (face plate) b ，或軋頭 (chuck)。工作物即固定其上而得以旋轉。 c 為床鞍 (saddle)，可沿準確平直之床面 (bed) d 上移動，其移動則係藉手把 e 之旋轉或與主軸帶動之押送軸 (Feedrod) f 而完成。床鞍上有滑動板 g ，可

藉手把 *h* 之轉動而作交叉之滑動。此交叉之滑動，亦可自押送軸聯動之。*i* 為複合座 (compound rest)，可旋轉於滑動板上而隨意固定之。*j* 為刀柱 (tool post)，車刀即固定其上。旋轉手把 *k* 則可完成較精密之手押送。*l* 為床尾 (tailstock)，可沿床面移動而在任何地位固定之。旋轉手把 *m*，能使死心 (dead centre) 伸出或縮進。此死心則與面板上之活心 (live centre) 相對，車較長之工作物時，工作物即置於活心與死心之間而使之轉動。*p* 為螺旋桿 (lead screw)，刻有準確距離之螺紋，其一端與主軸之齒輪聯動，其螺紋則可與床鞍內之開合螺絲帽嚙合，而使床鞍移動。因主軸之旋轉次數與床鞍之行程具一定之關係，故此種設備適合鐫刻螺紋之用也。



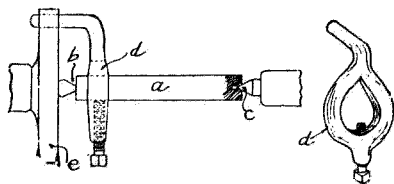
第 二 十 圖

工作物之固定法 欲車之工作物，通常可用三種方法固定

於主軸上，而使之轉動。即(1)置工作物於活心死心之間，(2)啣於有顎之軋頭 (chuck) 上，(3)固定於較大之面板上 (俗稱軋盤)。茲分述如下：

(1)第二十一圖所示，為置工作物於活心死心之間之方法。 a 為工作物，其兩端之中心鑽有 60° 之圓錐形孔，俾配合活心 b 與死心 c 。 d 為傳動器 (dog)，其彎曲部份係用以插入面板 e 上之槽內。其中心孔之下部裝有螺釘，以便工作物之一端插入其內而固定之。依圖所示之方法裝置工作物後，主軸一經轉動，工作物即隨之轉動。活心之工作僅為支持工作物，因活心與工作物間並無動作故也。但死心之作用，則除支持工作物外，并兼有軸承之作用，故此處在工作時應稍加油而使之滑潤。

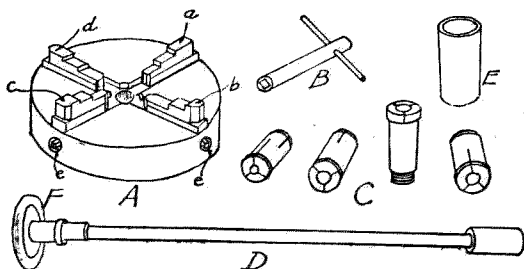
(2)第二十二圖 A 所示為一軋頭，可旋固於主軸上。軋頭上之四顎 a, b, c, d 可用 B 式之鑰匙插入孔 e 內，轉動之而使相關之顎移動，以收軋住工作物之效。至於顎須具如圖所示之形狀者，乃所以適合啣住工作物之內部或外部也。上述軋頭，



第二十一圖

在移動一顎時，其餘之顎皆不受影響。此外尚有一種軋頭，其顎有三，當移動此種軋頭之任何一顎時，其餘二顎亦跟之

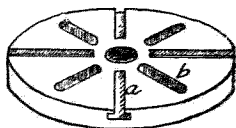
移動。此種軋頭稱自心軋頭 (self centring chuck)；在軋住圓形截面之工作物時頗為便利。



第二十二圖

第二十二圖 C 所示之軋頭，在軋住輕巧圓形截面之工作物時甚為便利。此種軋頭之一端邊緣有三缺口，故略具伸縮；一端則有螺紋，以便旋於插入軸 D 之一端內。E 則為接續器 (adapter)。在使用時先將接續器插入主軸之近刀架一端之孔內，次將插入軸自床頭之他端插入，使其經主軸之中心而入接續器內，然後擇適合之軋頭插入接續器，並使其稍與插入軸之陰螺絲端旋牢，最後插工作物於軋頭內，再旋轉插入軸之輪狀手把 F 而使工作物固定。

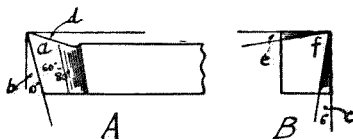
(3) 第二十三圖所示，為一軋盤，其中孔有螺紋，故得旋於主軸之陽螺紋上而固定之。盤上有 T 形截面之槽 a 與穿通之槽 b 各四，用以插入螺釘等物而固定工作物。有時工作物之重心，因某種原因不能與主軸之軸心相近，若旋轉此種工作物，則其旋轉即不能穩定。解決此問題，則可用與工作物大約相等之平衡鐵，固定於



第二十三圖

工作物之對面以平衡之。

車刀 車刀之切削工作物，其理似尖劈劈物，故自理論言之，刀鋒之角愈銳，則劈入工作物亦愈易，但因金工所用之材料，其質頗為堅硬，故銳角之刀鋒甚易磨鈍或竟折斷也。普通所用之車刀，其切削角(cutting angle)約在 60° — 80° 之間。大凡切削軟質之材料可擇較小之切削角，切削較堅之材料則宜擇較大之切削角。第二十四圖所示為車刀之基本形狀，*A*為正面圖，*B*為側面圖，*a*為前切削角，*f*為側切削角。刀鋒之前面與側面，應留出間隙，以免在切削時車刀與工作物發生摩擦。如圖所示，*b*稱前間隙(front clearance)，*c*稱側間隙(side clearance)。通常之車刀，其前間隙約為 10° ，其側間隙則約為 6° 。間隙之度數與切削角之度數既已決定，則刀鋒之上部亦必磨成至適當之傾斜(rake)，方能達到預定之切削角。此稱傾斜有二：一為前傾斜(front rake)*d*，其另一則為側傾斜(side rake)*e*，至於前傾斜度則可從 90° 減去切削角與前間隙角而求出之。側傾斜度則可從 90° 減去切削角與側間隙角而得之。

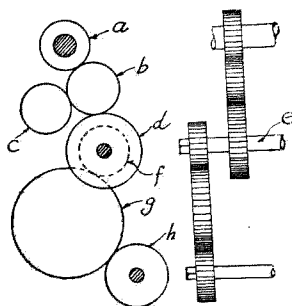


第二十四圖

上面所述者為車刀之基本形狀，有時為適合工作方法計，則其形狀有稍改之必要。此種改變大致限於刀鋒之形狀，至於上述之切削角，間隙與傾斜，則根本不能有極大之改動也。

製造車刀之原料大致為高碳鋼，因其質堅，故宜切削普通之鋼鐵或其他金屬。此種車刀在切削時，不能除去工作物上較多之金屬，因摩擦過度易生高溫，致損其硬度故也。現今工場中，大都採用特製之工具鋼，稱高速度鋼(high speed steel)。此種鋼具有極高之硬度，并具普通之高溫不能消失其硬度之優點。故在使用時對於時間方面有極大之節省也。此種鋼因價較昂，故使用時大致採用短條而固定於特製之刀柄上。

車床上之鐫刻螺紋法 車床亦可代替螺絲公母鐫刻螺紋，因螺紋之距離(pitch)有各種之大小，故車床之主軸旋轉速度與螺絲桿之旋轉速度，亦必具各種比例以資適應。此種比例則可用掉換齒輪串(change gear train)改變之。傳動主軸與螺絲桿之齒輪，原有二組：如第二十五圖所示，齒輪*a, b, c, d*成爲一組，稱滾動齒輪串(tumbling gear train)。*a*爲固定於主軸之主動輪(driving gear)，*d*爲被動輪係固定於螺釘軸(stud shaft)上，*b, c*爲中間齒輪(intermediate)，此項齒輪係用以變更被動輪之方向，此二輪可藉槓桿而變更其位置。如圖所示，主動輪與被動輪之轉動，係同向者；變換其位置則可使*a*與*c*啮合，*c*與*b*啮合，而*b*則與*d*啮合，此時*a*與*d*之旋轉方向則各異。方向之變換，所以



第 二 十 五 圖

使鐫刻螺紋時發生便利也。再者 $b c$ 二輪有時更可撥至某種地位，使各不與 a 啮合，而使傳動得以停止。齒輪 f, g, h 則又另成一組，稱掉換齒輪串。 f 係固定於 e 軸上， g 為中間輪， h 則固定於螺絲桿上。以此串齒輪而論， f 為主動輪， h 則為被動輪。此種掉換齒輪之裝置，則稱簡單齒輪串 (simple gear train)。

在計算齒輪時，必先求出車床之前進數 (lead number)；欲求前進數，則必先求出主軸與螺釘軸之轉動比例，然後以此比例與螺絲桿上每吋所含之螺紋數相乘即得。譬如主軸轉動 4 次，螺釘軸轉動 3 次，螺絲桿上每吋所含之螺紋為 6，則前進數 $= \frac{4}{3} \times 6 = 8$ 。具有前進數為 8 之車床，若螺釘軸上與螺絲桿上齒輪相等，則所鐫刻之螺絲必為每吋 8 紋無疑。

前進數既已算出，則可計算掉換齒輪之齒數。計算時則可應用下列之公式：

$$\frac{L}{N} = \frac{D}{F}$$

此公式中之 L = 前進數， N = 所刻螺絲中每吋之螺紋數， D = 螺釘軸齒輪 (主動輪) 上之齒數， F = 螺絲桿齒輪 (被動輪) 之齒數。

例： 前進數為 6，所刻螺絲之每吋螺紋數為 7，所備齒輪之齒數為 20, 24, 28, 32, 36, 40，求主動輪與被動輪之齒數。

$$\text{解：} \quad \frac{L}{N} = \frac{D}{F} \quad \therefore \frac{D}{F} = \frac{6}{7}$$

故主動輪之齒數為 6，被動輪之齒數則為 7，但所備之齒輪中無此齒數。苟欲解決此問題，則可將分數 $\frac{6}{7}$ 之分子與分母各

乘以相同數而湊出所有之齒數，因此種方法可使分數之值不變故也。在此例中則可以 4 乘分子與分母，即

$$\frac{D}{F} = \frac{6}{7} \times \frac{4}{4} = \frac{24}{28}$$

故主動輪為 24 齒，被動輪為 28 齒。

有時為裝置齒輪之地位，或所備之齒輪所限制，往往不能應用簡單齒輪串。欲解決此困難，則須應用複合齒輪串 (compound gear train)。第二十六圖所示，即為一複合齒輪串，此係由二簡單齒輪串所組成。A 為主動輪，B 為被動輪，成一簡單齒輪串。C 為主動輪，D 為被動輪，又成一簡單齒輪串。因 B 與 C 係固定於同一軸上，故主動輪 A (即螺釘軸齒輪) 轉動時，被動輪 D (即螺絲桿齒輪) 亦隨之轉動也。

欲計算此種複合齒輪串之齒輪齒數時，則仍可應用上述之公式，即 $\frac{L}{N} = \frac{D}{F}$ 。但此處之 D 係代表二主動輪齒數之積，F 則代表二被動輪齒數之積。故在計算時可將 D 與 F 之數值，先各分解成二因子，然後再乘適當之數以得所求之齒數。

例：所刻之螺絲為每吋 15 螺紋，車床之前進數為 8，所備齒輪之齒數為 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60，求複合齒輪串各齒輪之齒數。

解： $\frac{D}{F} = \frac{L}{N} = \frac{8}{15} = \frac{2 \times 4}{3 \times 5}$ (分解成因子)

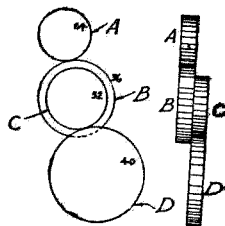
設分子 2 與分母 3 各乘 12，分子 4 與分母 5 各乘 8，

$$\text{則 } \frac{D}{F} = \frac{(2 \times 12) \times (4 \times 8)}{(3 \times 12) \times (5 \times 8)} = \frac{24 \times 32}{36 \times 40}$$

故主動輪之齒數為 24, 32。

被動輪之齒數為 36, 40 (參閱第二十六圖)。

所刻之螺紋數與所用掉換齒輪之齒數，在車床之齒輪罩上皆有註明，一覽即得。再者較新式之車床，更具有自動掉換齒輪之設備，在鑄刻指定之螺紋時，僅推動一二槓桿，即收裝置掉換齒輪之效。此處之所以說明計算法者，則不過為使其原理得以更徹底之明瞭也。



第二十六圖

車床工作實例 假定欲車成如第二十七圖 A 所示之圓頭螺釘，其工作方法如下：

- (1) 裝自心軋頭於車床之主軸上。
- (2) 將 1" 直徑之圓鐵桿軋於軋頭內，并使桿之一端約伸出 $2\frac{1}{2}$ " 之長度，如圖 B。
- (3) 裝車刀於刀架上，并使刀鋒之高度與死心之高度相等。
- (4) 先車去 $1\frac{1}{2}$ " 長之多餘部份 t ，使其直徑達 $\frac{1}{2}$ "。在車至將達需要尺寸時，車去之部份應得微少，否則即有表面粗糙或尺寸不足之弊。
- (5) 測出車床之前進數，與自前述之表中，尋出螺絲之每吋螺紋數後，算出所需之掉換齒輪；裝上後，即可從事於螺紋之鑄刻。
- (6) 將車刀掉下，換上如 C 所示之車刀，用以鑄刻螺紋。

車刀之裝置法則如 *D* 所示 (複合座傾斜至 30°)。

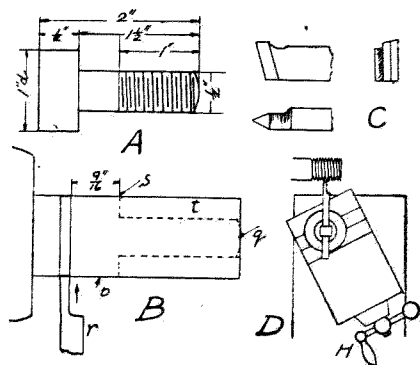
(7) 移動車刀至圓桿之端，開動車床，再使車床之螺絲桿與其螺絲帽嚙合，而床鞍遂向床頭移動，此時即可旋轉手把 *H*，使車刀稍刻入工作物。當車刀之行程達 $1''$ 之距離時，可倒旋手把 *H*，使車刀退出工作物。此時可推動滾動輪之槓桿，使床鞍回至原來地位。此時即可再改變床鞍之移動方向，而使鐫刻再行繼續。此等工作可重複行之，至螺紋刻成爲止。

(8) 再掉上切削用之車刀，稍車去部份 *p*，使其光滑美觀，再車螺釘之 *q* 面，使成向外凸出之曲面 (參閱第二十七圖 *B*)。

(9) 用如 *r* 狀之分離刀 (parting tool)，離 *s* 端 $\frac{9}{16}''$ 處，押送入工作物而割斷之。

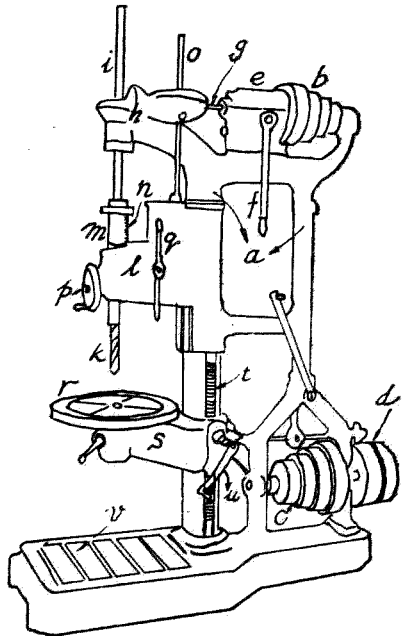
(10) 取出剩餘之鐵桿，用軟金屬皮包裹螺紋之四周，再軋此端於軋頭內，以便車平螺釘之大頭，并使其達預定之尺寸。

若欲使工作物之表面更爲光滑，則可在每一車光工作之後，用細砂布摩光之。



第 二 十 七 圖

(乙)鑽床 (drilling machine) 手搖鑽僅適用於鑽較小之圓孔，較大之圓孔則可在鑽床上迅速而準確的鑽成。第二十八圖所示，為一通常工場中所備之直立式鑽床，*a* 為支持架，*b* 與 *c* 為分級輪，可藉皮帶而互相聯動。*d* 為主動輪，係由二輪組成，其一得於其軸自由轉動，其另一則固定於軸上，將此輪用皮帶與地軸聯動，*b* 即隨之轉動。在分級輪之旁則有齒輪箱 *e* 推動相關之槓桿 *f*，能使軸 *g* 之迴轉數變更。軸 *g* 與軸 *i* 并鑽頭 *k* 之聯動，係藉 *h* 內角尺齒輪而完成之。軸 *i* 係穿入軸套 *m* 內，并得自由迴轉於其內。軸套之一邊有平面齒 *n*，係與軸箱 *l* 內之齒輪啮合，故轉動軸箱中之齒輪，即能使鑽頭押送入工作物或退出之。軸箱中齒輪之轉動，則藉與軸 *g* 聯動之軸 *o* 自動的完成，或旋動手輪 *p* 而完成之。前者稱自動押送，後者則稱手押送。槓桿 *q* 係用以迅速的使

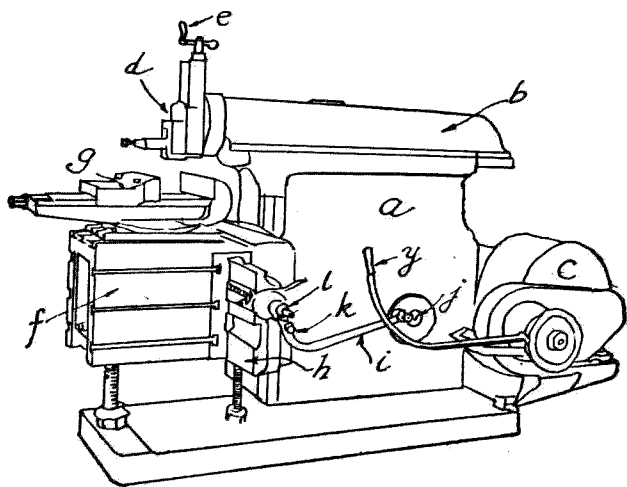


第二十八圖

鑽頭作上下之移動。 r 為工作檯，可迴轉於檯臂 s 上而任意固定之。檯臂之一端，係套於具平面齒條 t 之圓柱上，轉動搖柄 u 則能使工作檯上升或下降。工作檯上具 T 形截面之槽，此乃用以固定工作物也。較大之工作物，則可置於下面之工作檯 v 上，因工作檯 r 本亦可左右推動而使無礙於工作物故也。

在鑽床上鑽孔，其方法與手搖鑽所使用者相仿，所注意者不過為鑽頭之速度與押送之速度而已。大凡鑽較大之孔時，與鑽較硬之工作物時，鑽頭之迴轉速度與押送之速度二者皆不宜過高，反之則可運用較高之速度，又在鑽鋼或鍛鐵時，鑽孔處可稍加油滑潤。

(丙) 成形機 (shaper) 成形機俗稱牛頭刨床，係用以刨平



第 二 十 九 圖

工作物。第二十九圖所示，爲一成形機， a 爲機身，上有準確平面之槽，春枕(ram) b 即往復滑動於其上。開動馬達 c 與推動槓桿 y ，動力即傳於機身內之速回運動機構，而聯動春枕 b 。春枕之前端有工具架 d ，可旋轉而隨意固定之，刨刀即裝於其上。轉動手把 e ，可使刨刀作上下之滑動，故押送得依此而完成。 f 爲工作檯鉗工作物之機械鉗(machine vise) g 即固定其上。工作檯可滑動於交叉軌(cross rail) h 上，而交叉軌則亦可在機身上作垂直之滑動，此種裝置所以使工作檯得向上下并左右移動也。

i 爲完成自動押送之連桿。當輪 j 迴轉時，連桿之一端 k 推動軸 l 之小齒輪，而工作檯即藉此移動而完成自動押送。再者刨削之工作，係在春枕前進時完成之，後退之速度因此得增加而無礙於工作之進行，此亦所以應用速回運動機構之故也。

刨削之工作法頗爲簡單，若對於車床之使用稍有研究，則不難仿此而類推於刨削之工作也。

(丁)銑床(milling machine) 押送工作物與轉動之刀接觸，使不需要之部份除去，此種工作法則稱爲銑。完成此種工作之機械稱銑床。轉動之刀則稱銑刀。銑床與銑刀之式樣甚多，得視工作物之工作情形而選定之。銑床之主要用途，爲銑齒輪之齒，此因銑床上裝有特種設備，能使工作物旋轉一定之角度。譬如銑72齒之齒輪，當每一齒槽銑成後，可使欲銑之齒輪迴轉七十二分之一轉，俾使銑鄰近齒槽之工作得以進行。據上述之同理，可使圓桿在銑床上銑成等邊三角形，正方形，正五角形

或各種正多角形之截面，所異者僅銑刀之形狀而已。因前者所用之銑刀，爲具輪齒之形狀者，後者則具平直之刀鋒故也。銑床亦如車床鑽床等，同時具手押送與自動押送之裝置，故實爲完備而便利之機械工具也。

(戊)磨床(grinding machine) 此種機械工具，裝有能旋轉迅速之磨輪。置於工作檯上之工作物，得用手力或機械之動力押送之，而使之與轉動之磨輪接觸，以完成磨之工作也。磨床之主要用途，即爲使加硬處理後之工作物，得達極準確之尺寸，并使其表面光滑美觀。磨輪之形狀甚多，俾適合各種需要。其硬度亦各異，得配合各種材料，大凡材料輕者宜用較硬之磨輪，反之材料堅硬者則宜用較軟之磨輪。

銑床與磨床大都屬於生產工場中之設備，普通之實驗並不需要此項工具。此處之所以略加敘述，亦不過使有機會使用該項機械時，得以充分明瞭耳。

第四章 鍛冶設備及其工作技術

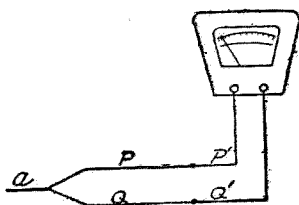
第一節 鋼之加熱處理

加熱處理之目的，爲使鋼之組織顆粒發生變化，以產生有利之特性；此種處理法，係依據適當之加熱與使冷完成之。在未敘述各種加熱處理法以前，鋼在加熱時之現象，不可不先加以研究。假定取一塊含 1.0% 碳之鋼，漸漸加熱，可得下述之溫度變遷：溫度升至 750°C 時，其上升必然稍停，在此時，鋼中之鐵與碳，成一固體溶液，故需大量之熱力，而使溫度停止其上升，同時鋼在此時失却磁性。若將此鋼漸漸使冷，溫度降至 690°C 時，其下降亦必然稍停，然後繼續下降，此表示已成之固體溶液，再恢復至原有狀態，放散熱力，以致溫度不向下降。在加熱時溫度稍停之點，稱加熱時之減熱點，在冷卻時溫度稍停之點，稱冷卻時之加熱點，此二點有時簡稱臨界點。若將已成固體溶液之鋼，驟然冷卻，鋼即不能回復原狀，此種凍結之固體溶液鋼，具有極大之堅硬性，鋼之加硬即根據此理而完成。

普通鍛工用之爐火，本可作加熱處理之用，但溫度不易控制，同時亦難準確量出。故欲得良好之效果，宜採用特製之加熱爐與高溫計。此等設備雖屬專門，普通實驗者難以置備，但其構造與工作原理却不可不知。

加熱爐 此種爐之尺寸不一，視工作物之大小而定，但其構造原理則一。爐之加熱係用煤氣，或用電流，通過高阻力之電熱體完成之。爐之四周，係用火磚火泥砌成，外面更塗有石棉，使爐內之溫度保持均勻，此外尚有調節溫度及空氣之設備，使爐內之溫度與氧之成份，得任意調整。

高溫計 加熱爐之溫度，最低在數百度以上，故普通之玻璃水銀溫度計，不能勝任。欲解決此問題，當使用高溫計，此種儀器係利用熱偶 (thermocouple) 之原理造成。熱偶為兩種相觸之不同金屬，能在不同之溫度中，產生不同之電流，而電流之增加，則與溫度之增加具有相依之關係。第三十圖所示，為一高溫計及其接線方法， PQ 為熱偶之兩不同金屬線， a 為熱偶之本身，在使用時，則置於加熱爐內。 $P'Q'$ 為連接熱偶至電流表之導線，電流表之表面，標有溫度數字，俾爐內之溫度，可於電流表上直接指出。



第 三 十 圖

鋼之加硬及其工作技術 鋼之含碳量，已如材料章所說，約自0.25%至1.6%。含碳量低之鋼，其質近於純鐵，故性質較軟，易於施工，同時熔接性亦高；反之，鋼之含碳量漸增，其硬度即隨之增加，工作亦因之漸趨困難；若將含碳量在0.5%以上之鋼加熱，至其臨界點以上，然後傾入冷水中迅速使冷，

稱淬火(quenching)，鋼性立即變硬，此種程序，稱加硬法。

欲使加硬之鋼，若加熱不足，則不能使鋼加硬，若加熱過度，則又能使鋼損壞；正確之加熱溫度，須視其臨界點而定。大凡鋼之含碳量愈低，則加熱之溫度應愈高，譬如含0.75%之鋼，需加熱於 $1425^{\circ}F$ 至 $1450^{\circ}F$ 之間，但含碳1.0%之鋼，加熱至 $1400^{\circ}F$ 已足，若加熱至 $1450^{\circ}F$ ，即能使鋼損壞。

在鍛工爐火上進行加硬時，須注意下列各項：

(1)切忌過量之鼓風，以避過剩之氧與鋼之表面接觸，燒去其碳質，使表面不能加硬。

(2)工作物之加熱宜均勻，透徹及漸進，否則在淬火以後，能發生彎曲，軟硬不勻及破碎之弊。

(3)加熱切忌過度，已經加熱過度之材料，可使其漸冷，然後再加熱至其所需溫度而施淬火。若加熱過度之工作材料表面，發現泡狀，此為材料業已損毀之表示。

(4)淬火應趁上升熱度進行之，即離火後立即淬火之謂。若闊而薄之材料，應沿薄邊浸入淬火液內，以免彎曲。若工作物截面尺寸變更巨大者，宜將截面較大之部份，先入淬火液，以免碎裂。

(5)欲避免加硬之工作物有軟點之存在，須在淬火時，將工作物在淬火液內繼續鼓動，使常與冷淬火液接觸，同時使與產生之蒸汽離開。

(6)當淬火後之工作物已不燙手，即可自淬火液中取出，

然後再加熱，至注水一滴於工作物表面，能即沸騰之程度而離火，此種措置，所以除去工作物在淬火後之內部張力，以避免碎裂也。

淬火 如上所述在加硬法中之速冷步驟，稱謂淬火。但因淬火用之液體，有水，鹹水，及油類等，此等液體所具之散熱度各異，故所得之硬度亦不同。用水淬成之工作物，較鹹水中淬成者為軟，但較油類中淬成者為硬。通常淬火，皆用冷水，有時不欲工作物太硬，則用油類；淬火用之油，有特製之淬火油，但通常亞麻仁油，棉子油，魚油或石油等，均可視其散熱程度而分別採用。又盛淬火液之容器，與工作物大小之比例必須巨大，以便使工作物之溫度迅速導去。在淬大量工作物之淬火浴，須有散熱之設備，使其溫度保持正常。

導熱(tempering) 加硬後之鋼，因受淬火影響，常發生極大之內力 (internal strain)，且硬度增加，有時可使韌性消失。補救此等弊病，惟有再使工作物加熱至預定之溫度而使冷卻，此種步驟，稱為導熱。導熱之溫度，則遠在加硬時加熱溫度之下，約在華氏 400° 至 600° 之間。其冷卻之速度，對於導熱之結果不發生重要之影響，但導熱時之溫度，則對於結果有直接影響，大凡溫度愈高，則鋼之硬度反愈低。

導熱之溫度測量法，在設備完善之工場中，當然為利用前述之高溫計；苟無此儀器，則可用色彩法測定工作物之大約溫度。因鋼在加熱時，其表面極易氧化，同時加熱愈高，則氧化

物亦愈厚；氧化物厚薄不同，其色彩亦因之不同，故導熱之溫度，可藉色彩而決定。下表所列，為溫度，色彩與適合各項溫度導熱之工作物。

華氏溫度數	色彩	適合之工作物
430	淡稻草色	螺絲公母，刮刀。
460	深稻草色	衝頭，模子，鑽孔刀。
500	深棕色	鑽頭，鐵鎚面。
540	淡紫色	斧頭，刻木用刀。
570	深藍色	鋼鑿，洋刀。
610	淺藍色	彈簧，旋鑿，木鋸條。

在普通鍛工爐火中施行導熱，須注意下列各點：

- (1) 施導熱之工作物，應稍離火燄，使熱度漸漸增加。
- (2) 在加熱時，應將工作物不時作前後左右及旋轉之動作，使加熱普遍而均勻。

(3) 較小之工作物，可置於熱鐵板上加熱，在未達所需之溫度時，宜在板上不斷移動。更完善之加熱法，為將工作物浸於油浴鍋中，待達到所需溫度時，取出使冷，若油鍋之溫度，達預定之數字不繼續上升，即使工作物稍久逗留，亦不致損壞。至於所用之油，則可用特製之導熱油，或普通之棉子油，滑潤油等，視導熱之溫度而決定。

爛火(annealing) 此種方法，適用於下列各項情形：

- (1) 已經加硬之工作物，欲施刨，車，鑽等工作。

(2)欲使不健全之鍛工，變更其組織顆粒之大小，以增加強度。

(3)在進行多次冷鍛工過程中，施行爛火，以免工作物之損壞。

(4)常被粗暴使用之器具，如鐵鏈，鋼繩等，施行爛火，可以延長其壽命。

爛火之加熱溫度，及冷却之速度，則視需要而定。通常之爛火方法，係將工作物裝入鑄鐵之匣內，其空隙則填以砂或火泥之類，然後使其加熱至工作物之臨界點以上，再使其漸漸冷却，俾不發生加硬作用。在爛火時，工作物應與空氣隔離，以免表面發生氧化作用。較小之工作物，如車刀之施行爛火，可用火磚在鍛工爐火中圍成匣狀，置工作物於其中，然後加熱至預定程度，覆焦炭於火磚匣之上，任其過夜而使漸漸冷却，即收爛火之效。

部份加硬 (case hardening) 在鋼之加熱處理法中，尚有一種巧妙之方法，不可不知，此即部份加硬。本來鋼之硬度增加後，其韌性即隨之減低，但有時工作物須完成兩種工作，即具有相當之韌性，以抵抗驟然之重載，與具有相當硬度之表面，以抵抗摩蝕。欲解決此問題，可用低碳鋼製工作物，再將表面處以部份加硬，此法之種類甚多：通常則將工作物置於金屬盒內，四周填以含碳之物品，然後使盒密封，置於華氏 1650° 至 1830° 之爐火中，維持相當時間，使工作物之表面碳化，

而變成高碳鋼，然後再施以適當之淬火，使內部與外表皆達所需之目的。

第二節 鍛工

若欲使金屬材料成爲某種形狀，或變更其原有形狀，必須經過一番特殊工作，這就是鍛工。在施行鍛工時，有時工作物可不加熱，有時則必須加熱，前者稱冷作，後者則稱熱作；在普通情形下鍛工包括下列三種工作方法：

(1)擠壓 此方法係用水力壓床，或機械壓床，將材料壓成所需要之形狀。通常用水力壓床工作時，材料須加熱；用機械壓床工作時，材料則不加熱。

(2)鎚擊 使用此方法時，先將材料加熱，然後用蒸汽鎚，壓縮空氣鎚，或手用鐵鎚，打成所需要之形狀，這種方法俗稱打鐵。

(3)輾軋 這種方法係利用兩滾筒間之壓力，輾軋成所需要之形狀。任何均一截面之工作物，如鐵棒，鋼軌，工字鐵，竹節鋼等，都可利用這法軋成。但在輾軋每一種工作物時，必須經過數種不同形狀之滾筒，漸漸由較大之截面，擠成所需形狀之截面。這種鍛工，可加熱施行，或不加熱施行。在普通情形下，若截面縮小量較巨，則施行熱作；若截面縮小量細微，同時需要較整潔之表面，則往往施行冷作，細鐵絲與銅絲，都用冷作輾軋法拉成。

甲 鍛工材料

各種金屬，不論在室內溫度時，或加熱至某種溫度時，若具有成形性 (plasticity)，則皆為鍛工材料，最普遍之鍛工材料，當推鋼和鍛鐵，故本章中將儘量提及。今祇略述其他鍛工材料如下。

金和銀 這兩種材料，不論純粹或含有雜質，皆能施行冷作鍛工，這種材料大半用以製作裝飾品。

銅 銅可施行冷作鍛工，但經過過份之工作後，能使質地變硬，故有時必須施行加熱處理法（參照鋼之加熱處理節），使其回復原有之軟度。

黃銅和青銅 這兩種材料係銅與錫或鋅之合金，可以施行冷作鍛工，工作情形大致和銅相仿。

鋁 這種金屬可以施行熱作鍛工，亦可以施行冷作鍛工，需要輕巧和能抵抗腐蝕之鍛工部份，大多用此金屬。

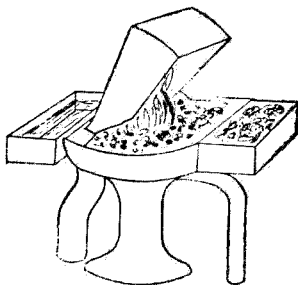
乙 鍛工工場設備

鍛工之工場設備，約可分為二大部份：(1)加熱用之器具：如鍛工爐，鼓風機等。(2)普通工具，如鐵鎚，鐵砧等。

加熱器具

鍛工爐 普通之鍛工爐，大率為開放式，即火燄之四周，無火磚等物圍繞之；此種爐之形狀與尺寸，各有不同，但其構造原理則一。普通打鐵匠所用之鍛工爐，其構造頗為簡單，爐之上部置煤，升火，下部通有鼓風管，以便增加熱度。鼓風

之法有二：(一)人力鼓風，用風箱發生風力，鼓入爐內，風力之強弱，全憑手力。(二)機械鼓風，此係用鼓風機鼓入風力，應用鼓風機時，爐下之導管須裝置特種活門，以便調節風力。第三十一圖所示，為一現代之鍛工爐，爐火之上部，裝有爐蓋，用以除去煙焰；接連爐蓋之導管，係自爐之左面通入地下煙筒，煙筒之他端，則有打風機之裝置，將煙吸出；爐之鼓風管，亦由地下導至爐內；爐邊則有煤箱及水箱之裝置，以便添煤及淬火之用。



第三十一圖

鼓風器 舊式鍛工爐之鼓風，皆用手拉風箱，費力而不便利，現今都改用風扇式鼓風器。此種鼓風器，具有蝸牛殼形鑄鐵外殼，其中有輪軸，可藉馬達或其他轉動機械，迅速迴轉。輪軸之周圍，則裝有葉片，當輪軸旋轉時，葉片扇動空氣，於是產生風力，由導管射出。所產生之風力，約自每方吋2呎至7呎，低壓力用於輕鍛工，重壓力則用於重鍛工。

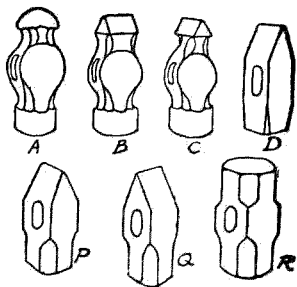
鍛工爐所用之普通燃料，為煙煤，焦炭，煤氣。較大之鍛工爐，有時用油類燃料者；若用煤作燃料，應擇純淨而不含雜質之煙煤，普通稱為打鐵煤。佳良之打鐵煤，其破碎面必清潔光亮，又於燃燒後剩餘之灰屑必少。此種煤在使用前應先擊碎，使潮濕後，方可加入爐內。

爐火 在進行鍛工工作時，最重要之事，即為使爐火在任何時間，維持良好情形。若爐火淺薄，火力經鼓入之冷風接觸後，即大失其溫度，必致置於其中之工作物，不能達其所欲加熱之溫度。在較小之工作物加熱時，工作物之下部，至少須有四吋之煤火，工作物之上部，亦必覆以煤火，使工作物之熱度不易消失。爐火之大小，視工作物之大小而定，但欲使加熱正常，則爐火應縮小至最低限度。欲縮小爐火，可用潮濕之煤屑，將火之四周嚴密圍住；反之，若欲使爐火擴大，可將圍住之煤屑擊鬆。所加入之煤，宜堆置於爐火之最外圍，使煤去其易揮發之雜質而成焦炭，然後將已成之焦炭，置於近工作物之四周，如此，可使工作物不受燃料中雜質之影響。

若鼓入之空氣過量，空氣中之氧，不能全部和煤中之碳化合而燃燒，因此在爐火中有大量之氧存在。此種氧往往與加熱之工作物材料化合，成氧化物，附於工作物之表面；此種富於氧之爐火，稱為氧化爐火，在鍛工加熱時應竭力避免。反之，若鼓入空氣中之氧，僅足使爐火明亮燃燒，使爐火中不含剩餘之氧，此時工作物之表面，不致有氧化物之存在，即使有之，有時亦自能消失；此種爐火，稱為還原爐火，係鍛工加熱所需要者也。

普通工具 鍛工所用之工具，分手用與機械兩種。機械工具大多用於較大之工作物，此處限於篇幅，故不詳加敘述；茲略述最普通之手用工具如下：

手用鐵鎚 在鍛工工場中用之鐵鎚，種類甚多，最普通的約有如第三十二圖 $ABCD$ 所示之四種， A 為球頭鐵鎚， B 為直頭鐵鎚， C 為橫頭鐵鎚，有時在鎚擊時，需用如 D 所示之方形面鎚，或稱鐵匠鎚。通常有一如 A 之球頭鎚，其重量為 $1\frac{1}{2}$ 磅者，已足能作一般鎚擊之用。



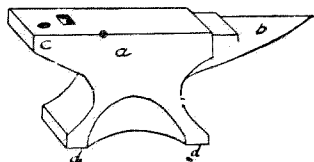
第三十二圖

鐵鎚木柄之截面，通常為橢圓形，在裝置木柄時，此橢圓形之長軸，必須與鎚孔之中心線相合，同時木柄亦必須與鐵鎚之中心線垂直，否則在鎚擊時常有發生側擊之虞。又鎚孔以下之部份，往往較其以上者為重，乃所以使鎚擊時，得較穩定而準確之效果。

大鎚 (sledges) 大鎚又稱雙手鎚，此為打鐵用之重鎚，其重量有自5至20磅間之等級，第三十二圖之下半所示，為大鎚中之最普通者， P 為橫頭大鎚， Q 為直頭大鎚， R 為雙面大鎚。普通鍛工用之大鎚，其重量約為12磅，大鎚柄之長度，通常約為30至36吋，視工作物之情形而定。

鐵砧 (anvils) 任何鐵塊，若工作物可置其上鎚擊而成形，都可稱鐵砧，鐵砧本身必須具有相當之重量，以便容受鎚擊，使其本身不發生動搖。第三十三圖所示，為一最普通之鐵砧，同時備具此種鐵砧，各種工作都可順利進行，鐵砧之本身

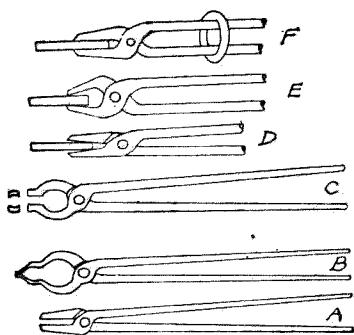
a，為鍛鐵製成，上面有硬鋼面，係熔接於其上。鐵砧之一端，有角 *b*；他端有伸出部份 *c*，稱鐵砧之尾，上有方圓孔各一。鐵砧之底部有向外伸出之腳 *d*，用以增加底部之面積，俾於錘擊時更為穩定。



第三十三圖

裝置鐵砧之地位，應打入至少有 2 呎深之木塊，使成堅固而有彈性之底腳，又鐵砧本不能避免震動，故鐵砧應堅牢裝於木塊底腳上。

鐵鉗 鐵鉗為鉗住工作物用之器具，鍛工工場用之鐵鉗，其種類與尺寸不一。各種工作物有各種之特點，故有時工場中雖備有各式鐵鉗，但仍不適合某種工作物，在此種情形下，則必須將鐵鉗之嚙物處稍加修改，方始能牢固鉗住該工作物。第



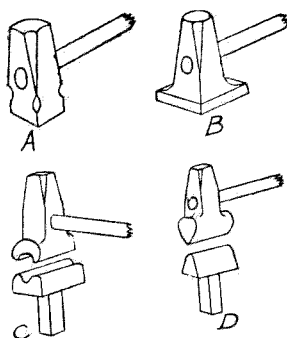
第三十四圖

三十四圖 *A*，為平顎鉗，此為最普通之式樣，*B* 為拾取鉗，用以拾取燒熱之金屬物，*C* 為鉗住圓鐵棒或方鐵棒所用之鐵鉗。鉗之顎部，須具各種的形狀，才能使工作物緊密鉗軋於其間。鉗顎具有 *D E* 之形狀者都不適用，因前者兩顎太開，後者則太閉合，二者只能鉗住

工作物之一部份； F 為正確之鉗顎形狀，因顎之全部與工作物嚙合。欲矯正 D 及 E 形狀之顎，可將鉗顎燒紅，鉗住工作物，然後錘擊使與工作物密合。而欲鉗較大之工作物時，則可用一鐵圈，套於二鉗柄上，使兩顎之嚙合得以固定（參閱 F ）。

成形錘及平底錘 (Set Hammers and Flatters) 此二種工具，皆為使平面工作物，在工作完畢時，擊成光滑平面之用；第三十五圖 A ，係一成形錘，用於工作物之內角及狹窄處；平底錘 B ，係用於較廣闊之平面。普通之成形錘，適合於輕巧工作物之用，其錘面為一邊長 $1\frac{1}{4}$ 吋之正方形，平底錘之錘面則為邊長 $2\frac{1}{2}$ 吋之正方形。

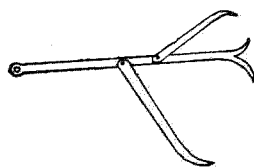
型鐵 第三十五圖 C 所示，為一凹型鐵，其上部份有柄，下部份之下端，則有方形柱，可以插入鐵砧尾部上面之方孔而固定之。此種型鐵用於工作物之圓柱或凸出部份。 D 為凸型鐵，亦分上下二部份，其用途則與上述之凹型鐵相反，即用於工作物凹進部份，如槽，孔，角之內部等，有時展開鐵塊，亦用凸型鐵之上部擊成之。



第三十五圖

其他工具 其他手用之普通工具，如卡鉗，角尺，鋼尺，兩腳規等，皆為鍛工工場所不可少者；此種工具，已於工具章中述及。此外如煤鏟，火鉗，火棒亦為重要之工具；最後，鐵

匠用之雙卡鉗，亦非備不可，此種雙卡鉗，如第三十六圖所示，同時可固定兩種尺寸，一種可量工作物長度，另一種可量其闊度，或量兩種不同直徑之用。



第 三 十 六 圖

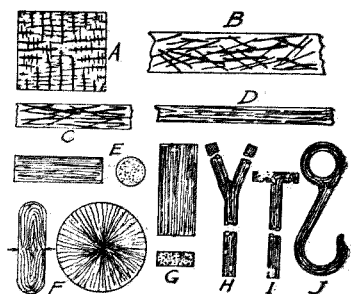
丙 熱鍛工與材料強度之影響

在進行熱鍛工時，工作材料通常易於發生三種變化：(1)成份變化，(2)成份分配變化，(3)組織顆粒變化。

成份變化 普通鍛工爐之爐火，很難使其中氧之成份控制適當，故在低碳鋼加熱時，鋼之表面自燃料中吸收碳質，發生加碳作用，使鋼之表面加硬；在高碳鋼加熱時，鋼中之碳質，為火中過剩之氧吸收，使鋼之表面變軟。上面所述兩種情形，為局部成份變化，通常並無重大關係，因工作物表面有時本須整理而除去之也。若夫工作物久置爐火中，則成份變化能影響及材料之全部，而使材料損壞，此則應加注意者。欲避免在加熱時發生成份變化，宜用特製之鍛工爐。此種爐之四周，係用火磚火泥砌成，與外界隔絕，加熱則用煤氣，油類或電流，使其溫度能調節準確，同時爐內之空氣，亦用特種開關控制之，使爐內之環境，適合所欲加熱之工作物。成份變化對於溫度之高低，有連帶關係，溫度愈高，成份變化亦愈易，但在 $1300^{\circ}F$ 以下之爐火，則不論其環境如何，極少發生成份變化者。

成份分配變化 鑄成之鋼塊，因其成份不純粹，故其組織

不能均一。第三十七圖 *A* 爲鑄鋼塊之結晶狀態。此種如柏樹形之成份分配形狀，在施鍛工時可使其改變，稱爲成份分配變化，此變化可使材料之強度增加。鍛工工作之能使材料強度增加，其理與捏粉使成份分配均一，增加韌性相似。但鋼



第三十七圖

塊經過鍛工工作後，成份中仍含有隔離份子，而不能使材料完全均一，此種剩餘之隔離份子，能使材料之中心部份，與外表差異，同時能產生所謂流線(flow lines)，此流線爲不同成份之質點，經鍛工工作後，成條狀之纖維，其方向則依工作方向而定。第三十七圖 *B*，爲 *A* 稍加鍛工工作後之內部組織形狀，其隔離份子已依工作方向而稍變其位置；*C* 爲表示再加鍛工工作後之影響；*D* 爲柏樹形之結構完全消失，而成爲流線，此流線能使材料產生方向特性，其沿流線方向之強度，較其他方向爲高。此種情形，與木材之木紋相彷彿。鍛工因有方向特性之存在，故在工作之前，宜設計特種方法，以便充分利用此特性，而產生最高之效力。第三十七圖 *E* 所示，爲鐵棒經滾軋後，所產生流線之分佈情形；將此棒之兩端擠壓，其流線分配即成 *F* 之形狀；具有此種流線分配之圓鐵餅，最宜於作齒輪之用，因輻射之流線，可增加齒部之強度也。*G, H, I, J*，爲製造鐵鈎之程

序，依照此種程序，亦不過為利用流線以得最高之強度。

組織顆粒變化 在鍛工加熱時，材料之組織顆粒，能發生變化；此種變化，為顆粒之擴大或縮小，顆粒愈小，則強度愈大；同時顆粒之變化，與溫度之高低，有密切關係，通常自室內溫度加熱至鋼之臨界點（參閱鋼之加熱處理節），顆粒不發生變化，稍過臨界點，顆粒即漸縮小。但再繼續加熱，顆粒則擴大，而使鋼之強度大減。再者，細粒既已擴大之熱鋼，在冷卻時，經鍛工工作，顆粒又能縮小，此顆粒之縮小與鍛工之停止點有連帶關係。工作在臨界點以上停止，則工作物在工作停止點之溫度，至臨界點溫度之冷卻時間內，顆粒又能擴大；若工作停止在臨界點溫度，顆粒即不再發生縮小之變化，同時顆粒亦為最小者。總括上述，可得下面之結論：即鍛工之加熱溫度，與工作之停止溫度，對於工作物之強度，都有密切關係；欲得最高之工作物強度，則加熱與停止工作之溫度，皆不宜過高。下表所示，為普通鋼類在施鍛工時，應採取之加熱與停止工作溫度。

鋼之種類	工作開始時之溫度	工作停止時之溫度
低碳鋼	2500°F	1300°F
高碳鋼	1950°F	1300°F
鎳鉻鋼	2000°F	1450°F
高速工具鋼	1750°F	1500°F
不銹鋼	1950°F	1550°F

鍛工之溫度測定法 最準確可靠之測定溫度器具，當推高溫計。但此種儀器，非每一鍛工工場皆能購置，通常溫度之測定，皆利用工作物在加熱時所產生之顏色而決定。下表所示為工作物在不同溫度中所顯之不同顏色。

顏 色	溫度
僅能在黑暗中顯出之最暗紅色	878°F
能在明亮處顯出之最暗紅色	887°F
暗紅色	1100°F
明紅色	1370°F
淡紅色	1550°F
明橙紅色	1650°F
淡橙紅色	1725°F
明黃色	1825°F
淡黃色	1950°F

欲得健全之鍛工，在加熱時，工作物所受之熱度，必須均勻，同時熱度亦必須漸漸增加，否則即有破裂之結果。

丁 鍛工之工作方法與工作實例

成形 (shaping) 金屬加熱之後，即可用鐵鎚擊成所需之形狀，稱為成形，成形係由(1)延長，(2)擠縮，(3)彎曲，(4)型擊 (swaging) 組合而成。其中型擊係指工作物置於型鐵之間，鎚擊成所需之形狀而言。彎曲即將工作物彎成預定彎曲度之謂，二者之工作方法，皆甚簡便，故不再加詳述。

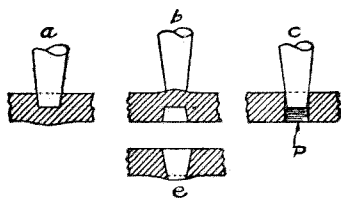
延長 縮小工作物之截面，而使其長度增加，稱為延長。在進行此種工作時，宜先使工作物加熱，至工作物能容忍之最高溫度，然後橫置於鐵砧之角上，而加以鎚擊，使之延長，此為延長長方形截面工作物之方法。在延長圓棒時，必先將圓棒擊成方形棒，如第三十八圖 *B*，再將方形之四角，加以鎚擊，使成八角形如 *C*，然後再將八角形旋轉擊成圓形如 *D*。如不依照上列步驟工作，則延長後之圓棒，內部有裂開之患。



第三十八圖

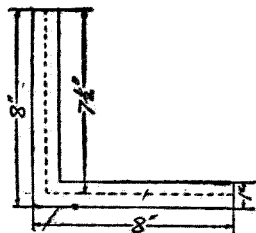
擠縮 縮短工作物之長度，以增加工作物截面之面積，稱為擠縮。較短之工作物，可將一端置於鐵砧上，用鎚擊其另一端，使之擠縮。進行此工作時，工作物必須維持垂直之位置，若工作物稍發生彎曲之現象，應立即以鎚擊法矯正之。在擠縮較長之工作物時，可將工作物提起後，垂直傾擊於置在地面之重鐵板上，而使其擠縮。再者，鎚擊之輕重，與擠縮之需要程度有相當關係，欲使其局部擠縮，宜施輕擊，反之，欲使其全部擠縮，則宜施重擊。

鑿孔 普通之鑿孔，需要兩種工具，即鑿孔器，與鐵鎚。在鑿孔之前，先將鐵板燒紅，然後置鑿孔器於擬欲作孔之地位，用鐵鎚擊之，使鑿孔器之尖端，注入鐵板之一半，如第三十九圖 *a*；次將鐵板翻轉，



第三十九圖

置鑿孔器於凸出部份如圖 *b*，用鎚擊鑿孔器，使其注入鐵板之半，如 *c*；最後將鐵板置於鐵砧面之孔上，再用鎚擊去小塊 *P* 即成。若不照此方法，用鑿孔器一次鑿成，法雖簡便，但所得之結果，則如 *e* 所示，一端凸出，同時孔之兩端直徑，亦不能相等。

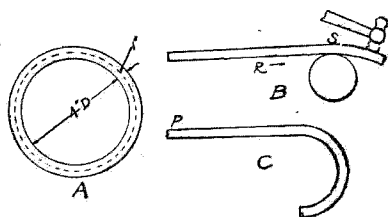


第四十圖

材料之長度計算 在工作開始前，當先計算材料之尺寸，使與製成品之尺寸得以適合，假定欲彎成如第四十圖所示之角鐵，其材料所需之長度，必先計算，例如照角鐵之內部長度，所需材料長度為 $14''$ ，若以角鐵之外邊為根據，則材料長度當為 $16''$ 。但自經驗所得，將已知長度之材料，彎曲後再量其外邊，中心線及內邊之長度，其結果為外邊伸長，內邊縮短，而中心線之長度，則始終不變。故在計算材料時，應取中心線為標準。第四十圖之中心線長度為 $15''$ ，故材料之長度當亦為 $15''$ 。

鍛工工作實例 假定欲用 $1''$ 直徑之鐵條，打成一 $4''$ 內直徑之鐵圈(參閱第四十一圖 *A*)，第一步工作，當為計算所需材料之長短，此鐵圈之中心線直徑為 $5''$ ，故所需長度為 $5'' \times \pi$ 或 $5'' \times 3.1416$ ，約等於 $15.7''$ ；在此種工作情形，截取一段長 $15\frac{3}{4}''$ 直徑 $1''$ 之鐵條已儘够準確。第二步工作為將鐵條之一半燒紅，然後橫置於鐵砧之角上，燒紅之一端稍向外伸出，並用鐵鎚擊之，使向下方彎曲(第四十一圖 *B*)，隨擊隨將鐵條沿 *R* 方向推

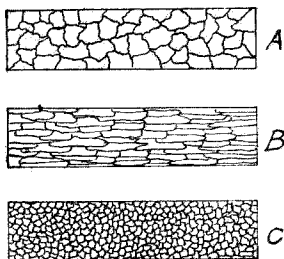
出，最後彎成半圓如C。在彎曲時，鐵鎚宜擊於鐵條之伸出部份，若直接擊於擱置部份S，即有使鐵條本身變形之弊。第三步工作，為使鐵條之另一半加熱，再照上法，依P端為開始點，彎曲另一半圓，與前此彎曲之半圓相合成一鐵圈。



第四十一圖

冷鍛工 冷鍛工者材料不加熱而施軋軋，擠壓等工作也。此工作方法之優點，為工作物之表面清潔，尺寸較準確，損失減少，及易得均一之出品。

工作物材料，經冷鍛工後，其組織顆粒亦能變形，第四十二圖A為未經工作之材料，經高倍放大後所示之顆粒組織；此材料經冷鍛之軋軋後，其細粒即沿工作方向牽長如B，此已變形之顆粒，若加熱至 $1250^{\circ}F$ 以上，然後漸使冷卻，即回復至原有狀態，但較前更為細密，如C。再者，加熱至 $1250^{\circ}F$ 以上，係指鐵而言，若材料為鋼，則應加熱至臨界點上方可除去變形。



第四十二圖

冷鍛工能增加材料之抗張強度及硬度，同時減低其延長

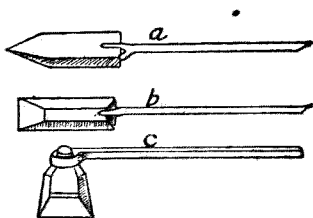
性，若工作過量，則能使材料脆弱而破裂。又冷鍛工對於純鐵及銅等之硬度增加，為唯一之方法。

第三節 焊接工

錫焊 金屬本有互相混合，成為合金之特性，此種特性，有時在普通之溫度下即能發生，如水銀與金，銀，銅等，稍加摩擦，即能混合；有時則需高溫方能混合。錫焊即根據此理而完成者。錫焊之焊錫，為等量之錫鉛合金，在華氏 430° 左右，即能熔解。施行焊接時之大概，為先使銅製之烙鐵加熱至適當溫度，然後將此燒熱之烙鐵接觸焊錫，使之熔解而粘於其上，再以此熔解之焊錫，加於熔接之點。但在實際上並不如此簡單，因金屬之表面極易與空氣中之氧化合，成一極薄之氧化層，此種情形，在高溫時尤為顯明，如其熔接之工作物表面有此氧化層，熔接即不能進行，因金屬與焊錫之間，一有此氧化層隔離，即不能接觸而成合金也。欲解決此問題，當為加焊藥於接觸處，使焊藥在熔接時蒸發而除去上述之氧化物。此種焊藥種類頗多，在焊接錫或銅製品時，最理想之焊藥當推松香，因其價廉而不損及工作物故也。焊接銅鐵之焊藥，可依下法製成；即加鋅於鹽酸中，使其漸漸化合，至再加鋅片而溶液不再發泡為止，在進行加鋅時，應注意二點：(1)鋅應漸漸加入，(2)應使金屬之工具遠離，因所發生之氣體，能使金屬生銹故也。

烙鐵 烙鐵雖含有鐵之意義，但為易於傳熱計，烙鐵大都

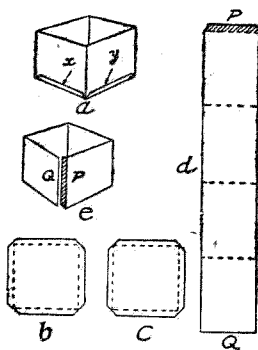
用銅製成。第四十三圖所示為最普通之烙鐵形狀，*a* 為尖頭烙鐵，*b* 為平頭烙鐵，*c* 為斧狀烙鐵；至於何種工作需用何種烙鐵，但憑常識即可決定，此處不再多述。烙鐵之加熱，可用普通之爐火或煤氣，近



第四十三圖

時之電烙鐵，係用電熱絲圍繞烙鐵之四周，導電後，電熱絲產生熱力，而使烙鐵加熱，此實為便利合用之工具。

錫焊工作實例 第四十四圖 *a* 所示，為一用鐵皮所焊成之盒，盒上有蓋可自由取下或蓋上，在製作此盒時，須(1)剪鐵皮成 *bcd* 之形狀，再沿虛線所示之處，折成直角，於是材料 *d* 即成 *e* 之形狀，以便作盒邊之用。部份 *P* 則為與邊 *Q* 焊接之處；材料 *bc* 之尺寸相等，一用以作蓋，另一則焊於 *e* 之底部，作為盒底。(2)置烙鐵於爐火中，加熱至適當溫度後，用鐵鉗取出蘸焊藥後，即與焊錫接觸，使焊錫熔解而



第四十四圖

粘附於烙鐵，此項手續稱為鍍錫，為將來工作順利計，新使用之烙鐵，必經此番鍍錫手續。(3)再置烙鐵於爐火中加熱，在此時可順使用鐵砂布，清潔焊接部份；清潔工作完畢後，可先在 *PQ* 處塗以焊藥，此時用鐵鉗取出已熱之烙鐵，蘸焊藥與焊錫

後，即可施 PQ 部份之焊接工作。在焊接時，左手執材料，同時使 PQ 固定，右手執烙鐵鉗，先使烙鐵與 PQ 之上端接觸，然後漸漸向下移動，至完全接合為止。(4)將盒底套於已焊牢之方框上，塗焊藥於四周之連接處，如 a 中之 xy 處，再用烙鐵蘸焊藥焊錫，進行盒底四周之焊接工作，此工作完畢後，可將剩餘之焊藥，用棉布揩去，而使製成之鐵盒清潔而美觀。

烙鐵之加熱程度應使適當，加熱不足，則不能使焊錫熔解，因而工作不能進行順利，加熱過度，則烙鐵之外表，被氧化物包住，使烙鐵之熱不能足量導於工作物，亦不能使焊接進行。已經過份加熱之烙鐵，可於冷卻後，用銼刀或鐵砂布，除去其黑色之氧化物，而使之復原。

銅焊(brazing) 上述之錫焊因焊錫之強度有限，故工作物之焊接處不甚牢固，欲得較堅固之接合，則可用銅焊。銅焊之焊接金屬，為銅鋅各半之合金，具有較高之強度，與較高之熔解點，通常銅焊用之焊藥為硼砂(borax)粉，在工作時，以水少許，與硼砂調成漿狀，塗於工作物接合處之表面，然後置工作物於爐火中，在加熱時，再灑硼砂粉於接合處，繼續加熱，至硼砂開始熔解，此時加焊銅於接合處，再繼續加熱，至焊銅熔解，流入接合處之各間隙而後止。金屬中之銅，黃銅，鍛鐵或鋼，皆可用上法施行銅焊，但在銅或黃銅施行銅焊時，應注意加熱不使過份，否則工作物本身亦有熔解之可能。

熔接 若置鐵或鋼於爐火中加熱，當溫度漸增，其軟度亦

隨之增加，最後溫度升至一定程度，稱為熔接熱度時，鋼鐵則達具有粘性之程度，此時若使二種熱至同樣程度之材料接觸，即互相粘住，若將粘住之材料再施鎚擊，即能使之接合。此種步驟，即稱熔接。

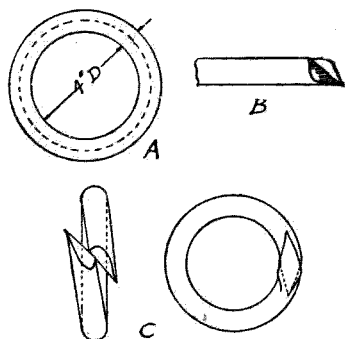
加熱適當，為熔接時最難解決之問題。加熱不足，則不能使工作物熔接，加熱過度，則易使材料損壞，通常有以材料之表面發出火星，作為熔接溫度到達之標記者；但此種方法，並不可靠。較正確之測定法，可觀察材料之色彩，大凡工作物顯出一種奶油色時，即為熔接溫度到達之表示。

欲使兩端熔接，其接合部份須無他種雜質存在，但鋼鐵在高溫度時，其表面必產生黑色之氧化物，故在進行熔接前，亦必如施行錫焊或銅焊時，先除去此氧化物，普通則用硼砂，使此氧化物除去，又普通之硼砂，常含水份，當溫度達某種程度，水份蒸發時，硼砂即沸騰而溜開，欲避免此弊病，可先將普通硼砂置於容器內加熱，待水份完全蒸發，放冷後研成細粉，再行使用。

熔接工作實例 為求實際計，今舉一熔接實例如下；第四十五圖 A 所示，為所欲製成之鐵圈，此鐵圈係用圓鐵桿彎成圓形，再將兩端熔接而製成，其工作程序如下：

(1) 此圈之內徑為 4"，鐵桿之本身直徑為 1"，故圈之中心線直徑為 5"，圈之全長 $= 5\pi = 15.7"$ ，故所取材料為一根直徑 1" 長 $15\frac{3}{4}"$ 之鐵桿。

(2)將所取材料加熱後，兩端用鐵鎚擊成如 *B* 所示之形狀，作為熔接之接頭，接頭之中部凸起，所以使熔解之氧化物，易於向外流出，而使熔接更為健全。



第四十五圖

(3)再使材料加熱，以便擊成如 *C* 之圓圈（注意接頭之接合方法）。

(4)將已彎成之圈加熱至臨近熔接溫度時取出，於接合處灑硼砂粉後，再加熱至熔接溫度，再取出，置於鐵砧上，用鎚擊熔接部份，使其熔接成功。

上述之熔接，稱爐火熔接法。此法所需設備固甚簡單，但須注意於加熱之程度使之適當可耳。現今之熔接，大多傾向氣體加熱與電加熱，前者係用壓縮之高熱燃燒氣體如乙炔（acetylene），經特製之噴射管，噴射於熔接處，使其局部熔解而成一體；後者係藉電弧之高溫，或利用熔接處之較高阻力，導電後，產生高熱，使接合處局部熔解而熔成一體，此種設備似屬專門，同時亦限於篇幅，故不詳加敘述。

第四節 鑄工

用熔解之金屬，注入預製之模型中，使成某種形狀，此種

工作，稱謂鑄工，俗稱翻沙。鑄工之材料，可分鐵類與非鐵類兩種：通常之鐵類鑄工材料，為灰鑄鐵，鑄鋼與合金鋼；非鐵類鑄工材料，則為銅基合金，如黃銅，礮銅(gunmetal)，鋁合金，鋅基合金，與鋁基合金等。鑄工之模子，通常使用者，分金屬與沙模二種：前者適用於大量生產之工場，後者適用於普通之製作。沙模有乾模與濕模之分；乾模之製成，係以製成之潮濕沙模，置烘箱中去其水份而得，此種沙模適用於精確之鑄工。濕模之製作方法較為便利，且價亦廉，故本章所述，都屬於濕沙模鑄工之製作。

木樣 欲鑄成之實體形狀，必先用易於製作之材料製出。製作之材料，通常用無伸縮性之乾燥木材，故此等形體稱作木樣。在作沙模時，此木樣即埋入沙中，待模型做成，木樣取出後，沙中即現木樣之印象，成為鑄工之模型。

沙 製沙模之主要材料當為沙，適合製模用之沙，(一)須具粘性，使沙模不受熔解金屬之重量而破碎；(二)須具透氣性，使熔金屬中之氣體發散，而避免鑄工中氣孔之產生；(三)更須有耐高溫之特性，否則鑄工之表面，常因沙粒與金屬熔成一體而失去美觀，有時更能使車削等工作發生困難。沙粒之粗細，應與工作物之性質配合，大凡粗沙適合製作重大鑄工之沙模，反之細沙則適於精巧鑄工沙模之製作。有時在製沙模時，必須裝置特種之泥心(core)，如鑄製鐵管時，管中之空心部份，在沙模中必須裝置適當尺寸之泥心，方能使鑄成之管中部

空心；製造此種泥心之沙，則宜擇海邊或湖邊之沙，因其質地純粹，顆粒均勻故也。

沙模表面 爲避免沙模之沙溶解於鑄工之表面計，則有使用某種物質置於沙模表面之必要；此種物質，通常爲石墨(graphite)，因其與溶解之金屬接觸後，能緩慢其燃燒，在燃燒時所發之氣體，則居於熔金屬與沙模之間，而使之隔離，故能使冷卻後之鑄工，其表面光滑而美觀。普通較小之沙模，可將石墨粉均勻灑上，而完成其表面之隔離。至於巨大鑄工之沙模，其鄰近木樣之沙層，係用沙與某種隔離物質之混合物所製成。

火泥 火泥爲耐火之礦物，其成份爲氧化鋁，加耐火沙與水調和後，可作熔爐修補，及一般耐火塗料之用。

粘土水 此係水與粘土之混合漿，可用於沙箱之橫檔，使沙得牢附其上，可塗於乾燥之火泥損壞部份，使塗上之火泥不致落下，及其他需要粘着部份之用。欲試驗粘土水之厚薄是否適當，可用手指浸入其中，伸出後，手指之四周若粘有一均勻之糊狀層，即爲適當。

隔離沙 此種沙用以隔離沙模之某部份，使其不致互相結合，故隔離沙須絲毫無粘性物質如粘土之類，混入其中。優良之隔離沙，大半來自海濱，因其中之粘性物質已爲海水漂洗潔淨也。

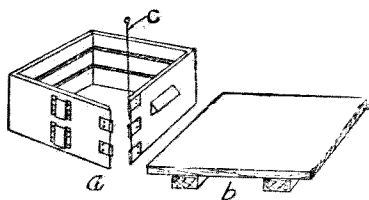
泥心粘合物 在製造泥心時，必將某種物質混入沙中，使沙粒與沙粒之間粘住，得使製成之泥心整個而不破碎，麵粉，

松香及油類等等，皆可作泥心粘合物之用。

製沙模用之工具 沙模之製造，本係專門技術，其所用之工具亦因沙模之大小，性質及形狀等因素而甚複雜，今擇製造輕小沙模用之主要工具，略述如下：

沙箱 沙箱用以製造沙模，沙箱之形狀有圓有方，其材料則可用木，鐵，鋁，或其他金屬；普通實驗用之沙箱，以方形木製者最為相宜。此種沙箱可分上下兩部，其形狀相似，方框之一角，裝有鉸鏈，其對角則裝有插梢C，可以開合，木框邊上裝有鐵門，以便上下箱裝置後，不發生活動（參閱第四十六圖a）。較大之沙箱，其上箱之上部，裝有橫檔，所以避免上箱在翻轉時，因沙過重而碎落也。

製模板(mold board) 製模板之尺寸，應稍大於沙箱之外緣。在製模時，沙箱即置於此板上，第四十六圖之b，即為製模板之大概形狀。



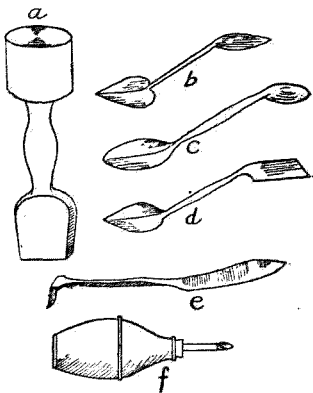
第 四 十 六 圖

鐵絲篩 製模用之沙，其顆粒之大小，必須均勻，同時沙中之雜物，如鐵釘碎鐵等，亦必須除去；完成此種工作，則可用鐵絲篩，至於篩眼之大小，則須視沙之需要細度而定。

鐵鏟 鐵鏟係用以拌沙或取沙，此種鐵鏟不必需要特製，普通之鐵鏟亦可代用。

搗固器(rammers) 使用搗固器，可使沙箱中之沙迅速及均勻固定於沙箱內；製較小之沙模，可用如第四十七圖 *a* 之搗固器。

平滑器(Slicks) 木樣取出後，沙模有時必加修補或整理使其表面平滑。施行此等工作，則用平滑器；此種工具之分類，係根據其形狀及其葉片最寬處之寬度作標準，第四十七圖 *b* 為一葉及心，*c* 為一葉及匙，*d* 為一心及方形，其尺寸自 1" 至 $1\frac{3}{4}$ "，*e* 為特種平滑器，用以整理深狹孔洞之邊及底。上述之各種平滑器，皆適合小型沙模製作之用。



第四十七圖

拖拂(swabs) 在取出木樣之前，必先將木樣鄰近部份之沙，使之潮濕，施行此工作時，可用如第四十七圖 *f* 之拖拂，此拖拂之一端，為球形之貯水器，另一端為毛刷，中間之銅管係作導水之用。拖拂為一危險之工具，因多用拖拂，即在沙模中多加水份，水份增加，能使製成之鑄工發生大量之氣孔。

鑿孔棒(vent rods) 熔金屬中之氣體，必須自沙模內向外排出，否則凝結後之鑄工，必多氣孔；鑿孔棒即為鑿通氣孔用之器具。在輕小之沙模中鑿通氣孔時，普通結細絨線用之鐵針，可以代用，為使用便利計，針之一端宜裝置一木柄；又針

之直徑，愈小愈妙，只要在使用時不發生彎曲即可。

拉木樣釘及螺絲 (draw spikes and screws) 木樣自沙箱中取出時，需拉木樣釘或螺絲，拉木樣釘爲 $\frac{1}{4}$ " 至 $\frac{3}{8}$ " 直徑之鐵棒，一端具有尖鋒，取木樣時，釘入木樣即得；拉木樣螺絲，亦爲如上述直徑之鐵棒，但其尖端之地位，則代以一木螺絲，將螺絲旋入木樣，木樣即可拉出。

製濕沙模之大概技術 優良之鑄工，其表面必須清潔光滑，無鐵渣，沙等雜物粘住，其內部必須堅實，無裂紋氣孔等病態存在。欲得上述之優良結果，須注意製模之技術，而製模技術之主要關鍵，則又不外下列各項：

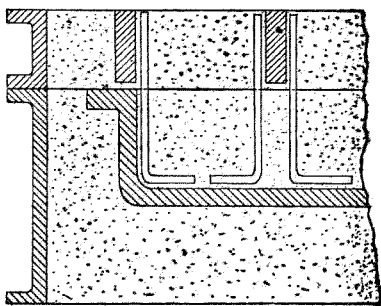
沙之調和法 製輕小沙模用之沙，在每次用過之後，稍加新沙，即能維持其良好情形，因輕小之鑄工，不致燒壞大部份之模沙也。調和少量之沙時，可使用噴水壺灑適量之水於沙堆上，然後用手翻動拌勻，所加之水宜適當，太少則沙之粘性減低，製成之沙模即容易破碎；過多，則又能發生水蒸汽，使製成之鑄工，產生大量之氣孔。若將調和之沙，以手捏之而無浸透之現像，同時以兩手折斷此沙塊，其折斷之邊緣牢固而不碎落，此即水份適當之表示。

篩沙 上下模接合處，與接近木樣部份之沙，在未填入前，必先篩過，此接合層之厚薄，視鑄工之大小而定；通常輕小之鑄工，其沙模之接合層，有 $\frac{3}{4}$ "之厚度已可。一吋十網眼之篩，最合上述沙模之用。

搗固 搗固之目的，為使模沙固定箱內，同時使模之形狀不因受熔金屬之流入而冲破。搗固至適當硬度，為製沙模時之最要關鍵，搗固不足，沙模易被熔金屬冲壞，使鑄工之表面凹凸不平，或竟使鑄工完全損壞；搗固過度，則又將封閉沙之氣孔，結果不能使熔金屬中之氣體排出，致製成之鑄工多氣孔。再者，沙模下部所受之壓力較上部為大，故下部之搗固，應較上部略堅，又上下模之接合處，因其接觸工作之機會較多，故亦宜搗固較堅。

沙模之增強法 沙模中之精細部份，往往容易破碎，欲補救此弊，可在易破之處，置入小型之鐵釘鐵梗等物，使其強度增加。上沙箱之下部有一部份沙模者，則必須用 L 形之鐵條，將其下部搗入模內。上部之垂直部份，亦須搗固於橫檔邊上，使上沙箱之凸出部份固定（參閱第四十八圖）。

有泥心裝置之沙模，在製作木樣時，必先在預備固定泥心處，製出凸出形狀，俾在製成之沙模中，留有泥心印 (core print)，使泥心固定。有時單用泥心印，不能使泥心固定，或鑄工之形狀特殊，不能使用泥心印；此時則可用特製



第四十八圖

之支撐物，使其固定。此種支撐物，具有各種形狀，視情形需

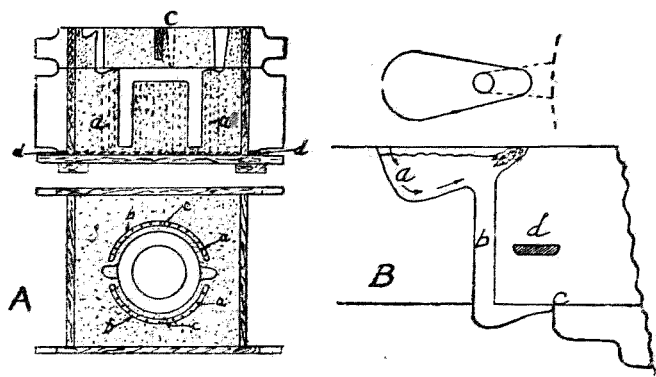
要而定。其製作之材料，可用鍍錫之鐵；有鐵銹附着之鐵皮鐵釘等，不能使用，因鐵銹與熔金屬接觸後，能發生氣體，而使製成之鑄工多氣孔；又此等支撐物之厚薄，以易於熔合，及不因高溫而彎曲為適度。

透氣 (venting) 在澆熔金屬時，沙模內有下列三種氣體：(1)在未澆之前，沙模空穴中之空氣；(2)熔金屬與濕沙接觸後所產生之蒸汽；(3)鑄工在冷卻時，熔金屬內部因化學作用所發生之氣體，與沙中之有機物質，或泥心之粘合物，因燃燒而產生之氣體。上述之各種氣體，已如前述，必須迅速排去，否則回入熔金屬內成無數之細泡，此等細泡，即鑄工中之氣孔。氣體之排除，本不能單依模沙之透氣性，必另覓透氣之方法：在輕小鑄工用之沙模，可用鑿孔棒鑿沙箱之上部，使成多數小孔，作透氣之用。較大之沙模，其空穴之四周，亦必鑿有多數垂直之透氣孔，上端與上下沙箱接合處之透氣溝連通，下端則與下沙箱底部之橫透氣孔連通；透氣溝之上面，則鑿有一二較大之透氣孔，通於沙箱之外部。參閱第四十九圖A，*a*為垂直透氣孔，*b*為透氣溝，*c*為與*b*連通之上沙箱透氣孔，*d*則為下沙箱底與底板間之橫透氣孔。

在澆灌開始後，透氣孔透出之氣體，應立刻使之燃燒；此種透氣孔口之燃燒，能幫助模內之氣體排出，同時更可使工場內之毒氣不致發生。

澆灌口 (gate) 澆灌口為注入熔金屬之處，其構造如第四十九圖B所示，可分三部；*a*為澆灌池 (pouring basin)，其底

向澆灌管 (runner) *b* 傾斜，澆灌管在普通情形下，其直徑不宜過 $\frac{3}{4}$ "，*c* 為澆灌口之本身，其截面面積應小於鑄工之各部，又其截面之深度，應小於寬度如 *d*。在澆灌時，熔金屬應澆於澆灌池之最深處，使熔金屬中之雜渣浮於上面，而純淨之金



第四十九圖

屬，得經小截面之澆灌口，平靜流入模中。通常鑄鐵用之沙模，其澆灌口往往作於模之上部；鑄鋼與鋁時，澆灌口則作於模之下部，前者因其高溫而易冲破沙模，後者則因攪動能增加其本身氧化故也。

上升管 (risers) 通常金屬有二種收縮性：一種發生於自凝結點至室內溫度之時期內，另一種則發生於熔解情形中。前者可在製木樣時補償之，上升管即為補償後者之用；上升管之截面面積，應大於其與沙模之接合部份，俾鑄工在收縮時，得充份供給熔解之金屬。上升管之其他用途，則為減少熔金屬加

於上沙箱之壓力，與推知沙模之是否充滿等。

濕沙模之製作實例 假定欲用灰鑄鐵鑄成如第五十圖 A 所示之面板（參閱車床節），其製沙模之步驟如下：

(1)用木料製成所需之木樣，此處因尺寸不甚巨大，鑄工在冷卻時之縮小量亦不大，故製木樣時可無須放大其尺寸。

(2)取適合之製模板，置木樣之大端於其上，同時使木樣略近製模板之一邊，以便留出澆灌口之地位；再擇適宜之沙箱，取其下箱，置於製模板上，此時應使箱之上部，即與上沙箱之接合邊，靠近於製模板上（參照第五十圖 B）。

(3)灑預先篩過之沙於其上，約至 $1\frac{1}{2}$ "之厚度時，用手指緊壓木樣及沙箱之邊緣之沙，此時應勿使木樣移動。

(4)加滿調勻之沙，用搗固器之尖端，作傾斜之方向，沿箱邊及木樣部份，先後加以搗固（如123456所示）。在搗固時，搗固器之尖端不可與木樣過份接近。然後用搗固器，垂直搗固其他部份；至於搗固之緊密程度，若稍作實驗，即能測定其是否適當也。

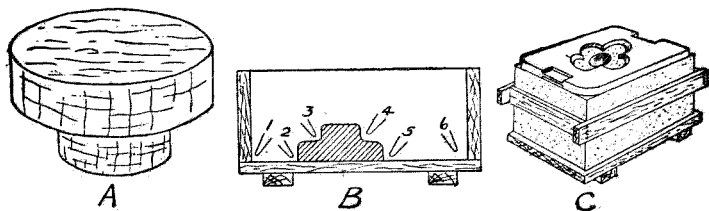
(5)再加滿沙於沙箱中，用搗固器之平面端，沿箱邊而漸至中部，把沙搗平，再用直尺括去其多餘部份，此時可灑上 $\frac{1}{4}$ "厚之沙，蓋上底板，用雙手將底板稍作推動，使其密合後，再以兩手緊執製模板與底板，翻轉沙箱，取去製模板，而顯出木樣之大端。

(6)用平滑器整理表面後，即可灑上隔離沙，木樣之顯

出部份，應用吹風器吹去其隔離沙。離木樣約2"之地位，可插入木製之澆灌棒，其對面可插入同樣之上升管棒，然後裝上上沙箱，以便開始作模之上部。

(7)加入 $1\frac{1}{2}$ " 篩過之沙，用手指壓緊木棒邊及箱邊之沙後，再加滿調勻之沙，再用如搗下沙箱之方法，使沙搗固；括平箱之上部；用平滑器之匙端，靠近澆灌棒，作成澆灌池之大概形狀後，可取出澆灌棒與上升管棒。再以平滑器使澆灌池，澆灌管，及上升管等處光滑。用吹風器吹去碎落之細沙，取去上沙箱，以箱邊置於桌上，以便整理其下面之不完整處。

(8)以小拖拂使木樣之邊緣潮濕後，用拉木樣釘或螺絲，釘入木樣之中間，再以鐵棒向釘上作前後左右之輕擊，然後拉出木樣。若沙模稍有破碎，則可用平滑器修補之。最後作澆灌口與連上升管之口。沙模經吹風器吹去碎沙後，即可灑上石墨粉，預備澆灌。



第 五 十 圖

在澆灌時，先使上下箱密合，然後取下箱框，用木框緊執上下箱之接合邊緣（參閱第五十圖 C）。模之上部，則壓以適當之鐵板，以抵抗在澆灌時，上模向上升起之影響。

在大規模之工場，熔解鑄鐵，則用特製之熔鐵爐（cupola）；此種爐為圓筒形，其中置有燃料與鐵塊之間隔層，爐之下部四周有鼓風孔，通鼓風機，以便增加爐內之溫度；熔解之鑄鐵，則能自下部之開關流入澆灌杓內，以便作澆灌之用。上述之設備，所費甚巨，作普通之試驗，可用熔金屬之坩鍋，內置鐵塊，置坩鍋於爐火，加風力而使鐵塊熔解，撇去鐵渣即可澆灌。

第五章 工具及工作物之保全法

吾人普通所注意者，爲工具使用，及工作物之製作法，但往往忽略保全法。在工場中倘若濫用工具，則物資金錢二者俱蒙極大之損失。語有云：「少成若天性，習慣成自然」，將來之良好習慣，吾人必須在開始實驗時，即養成之。本章所述，不過爲保全工具及工作物之大概方法，至於個別之保全法，不難本此而類推也。

第一節 手用工具保全法

手用工具之損壞，大致可分三類：(1)意外之損壞，(2)自然之消耗損壞，(3)腐蝕損壞。

(1)意外之損壞 意外之損壞，爲不自然之損壞，如驟然之折斷或破碎。此種損壞之原因可分二種：(1)材料缺點，(2)使用過失。前者可用嚴密之選料法矯正之，後者之避免，則全憑使用者之常識程度與使用者之當心與否而決定。譬如對於質堅而脆之鋼，濫用鐵鎚施猛擊；如用螺絲公刻螺紋摩擦過巨時，不知用油滑潤，而使螺絲公折斷等等，皆屬使用之過失。

(2)自然之消耗損壞 工具因使用之結果，漸漸消耗而致損壞，此當爲應有之現象。但其壽命之長短，則與使用之合理與否，有極大之關係；此在準確之工具，其關係尤大。譬如在使用測微器時，若根據其工作原理，與運用輕巧之動作，其壽命

幾可延長至無窮；否則以重力使用，雖亦不致破碎，但其準確度已失，此即損壞之謂。又工具中之銼刀，若使用時注意工作物之硬度，與在不使用時不任意亂拋，其壽命亦可維持相當之長久。

(3)腐蝕損壞 此種損壞，大致為使用後不經整理，而任意擱置之結果。此種損壞包括酸或鹼之腐蝕，及銹之腐蝕；工具受腐蝕後，不但失却美觀，并有失去其準確性之危險。其除去與預防法，可參考本章第三節。

第二節 機械工具保全法

滑潤 上述手用工具之保全法，大半皆可應用於機械工具，惟機械工具之活動部份，具有相當速度，速度增高，能使摩擦部份發熱而至損壞地步，若於摩擦部份施以適當之滑潤，此種情形即可不致發生。滑潤用之滑潤油，其種類甚多，其分類大致以其膠黏性分別之。如備有油脂滑潤油（俗稱牛油），與普通之紅車油，已足滑潤實驗者所用之機械工具。加油時所加之量，務使適當，因過份之加油，不但消耗油類，且有時能使機械損壞故也（參照馬達保全法）。

機械工具之全部整理 機械工具經長時期之使用後，應拆下其各部份，用汽油或火油洗淨其灰塵，及摩擦時所磨下之金屬細屑，然後用紗頭拭乾，再行裝置。在全部整理時，應檢視軸承之承襯及其他摩擦部份，是否摩蝕過甚，如發現此種現

象，可掉換處應即加以掉換，如此則可使機械工具之準確度不變。此外尚有一點，亦為保全其準確度之必具條件，即在使用機械工具時，不應拋置其他手用工具於其準確部份，如車床之床面是；因拋置他物於其上，不無摩擦，即能失其準確度故也。

馬達保全法 馬達荷載，均有定量，苟超過之，即能發熱燒壞，普通之保護馬達，係於其電路中串連以適當之保險絲而完成之。保險絲之作用，為使電流超過限量時，自行熔解而割斷電流，故此種保險絲具各種粗細，以便配合每一馬達所需之電流。保險絲之粗細不可任意增加，否則有保險絲未熔解，而馬達已損壞之弊。

擱置已久之馬達，其內部線圈往往受有潮氣，若立即使用，即有燒壞線圈之患。解決此弊，可在使用前，置其線圈部份入 70°C 至 100°C 之烘箱內，烘2至48小時，其時間長短，視馬達之大小而定，然後取出裝置使用。再者馬達之加油，切忌過量，否則滑潤油流入線圈，有使其絕緣損壞之虞。

第三節 銹之除去及預防

大部份之金屬，其表面與空氣，或水份，或兩者同時接觸後，皆具產生氧化層之特性，然所產生之氧化層，有牢固粘於表面，而不能於水中熔解者，此種氧化層，能防止其金屬之再行繼續氧化，故可作金屬之自然保護層，金屬中之鋁，鋅，

鉛，即顯著之例子；亦有易於剝落，而繼續氧化至金屬完全消滅為止者，鐵即其例也。已生之銹，可用下法除去之。

銹之除去法 已生銹之鐵類，有二法可除去之：(1)機械方法，(2)化學方法。前者可用銼刀或鐵砂布等物刮去其鐵銹，而使表面光潔。工作時應先用較粗之鐵砂布，使大部份之鐵銹除去後，再用所需細度之鐵砂布摩光之。後者大都施行於鍍不銹金屬於易銹金屬表面之手續之前，作為預備工作之用；其詳細情形，可參考下面之銹之預防節。

銹之預防 表面整理光潔之工具或工作物，若欲維持其情形不變，則必採取適當之措置，使其不再與空氣及水份相接觸。此種措置，有暫時與永久之分，前者可浸光潔之金屬物件於火油或滑潤油中，或於其表面塗以牛油，或凡士林之類，使其與外界之空氣或水份隔絕；後者則又可分為塗油漆，與鍍不銹金屬二種。

塗油漆 通常欲使金屬之本色顯出者，則可用透明之凡立水 (varnish)，或透明之噴漆。若不欲顯其本色，則可用不透明之各色磁漆 (enamel)。工作物在未塗漆之前，應先除去其銹，與附於表面之油膩，然後用漆帚蘸少量之油漆，均勻的塗於表面，或用噴射器將噴漆噴於其上。

鍍不銹金屬 在施行此種工作之前，工作物之表面，必須經特種整理工作，使其表面十分潔淨，以收金屬層牢固附於表面之效。已經摩光之工作物，必須先浸於揮發油 (Benzine) 或

浸於沸騰之10%氫氧化鈉(caustic soda)溶液中，經一刻至半小時，使其表面之油膩除淨。鋼鐵銅均可用上述之法行之；經過此手續後，金屬表面之油膩雖已除去，但未除盡之銹，則仍附於表面，故必須設法完全除去。通常之方法，為浸工作物於1%至5%之硫酸或鹽酸內，浸入時間，則以不損及其金屬本身為度。取出後置清水中漂之，再浸於稀氫氧化鈉溶液內，使表面細孔內所剩餘之酸類中和，再漂於清水中；至此，工作物即完全潔淨，以便進行正式之鍍不銹金屬之工作。再者，工作物經除油膩之手續後，應用潔淨之木鉗或金屬鉗拾取，切忌用手拾取，因手指上之油膩，又能玷污工作物故也。

熔鍍法 使金屬熔解成液體，浸被鍍之潔淨工作物於其中，取出時，工作物之表面，即附有一金屬層，此種方法即稱熔鍍。熔鍍用之金屬，大都為鉛，鋅，錫，此種工作程序雖甚簡便，但其器具笨重，且需要較高之溫度，故因高溫而能損壞之工作物，不能使用此法。茲舉鋅之熔鍍法為例，述之如下。

鋅之熔鍍法 置鋅塊於鐵製之容器內，然後擱容器於爐火上加熱，使鋅熔解。鋅之熔解點為 420°C ，熔解鋅之溫度則不得超過 450°C ，因較高之溫度能使熔鋅與容器或工作物之鐵混合，成鋅鐵合金也。此種合金影響於鍍成之工作物，則為其質較純鋅堅而脆，故不適用。

熔鋅之上面，應蓋以約2"厚之氯化氨與氯化鋅，使已潔淨之工作物在浸入時不再發生氧化，而使鋅層牢固附於工作物之

表面；工作物取出後，置於熱水或油中使冷，再用木屑擦光。

浸鍍法 含有金屬化合物之溶液，其金屬可藉他種較不貴重金屬之作用而分出之。大凡較貴重之金屬，其化合成溶液較難，同時使其金屬分出則較易；反之較不貴重之金屬，其化合成溶液較易，同時使其金屬分出則較難。根據此理，則不貴重之金屬，若與貴金屬之溶液接觸後，其表面之金屬，即逐出貴金屬而化合成其自己之溶液，同時被逐出之貴金屬，遂附於其表面，而收浸鍍之效。自浸鍍方面而言金屬賤貴次序如下。

鋁 鋅 鐵 鎳 錫 鉛 銅 銀 金

故鐵可用浸鍍法鍍鎳，錫，鉛，銅等，而不能鍍鋅鋁。茲舉鐵或鋼之銅浸鍍法為例，述如下：

先以5至10克之硫酸銅，5至10克之硫酸，化於1公升之水中成浸鍍溶液，然後使已潔淨之工作物浸於上述之溶液內，作短時間之逗留而取出之即得。若浸入之次數較多，或浸入之時間延長，均能使銅層易於剝落。

浸鍍法雖工作簡便，但其金屬層甚薄，故不能受相當之摩擦，與產生相當之防銹效力。現今製品工場中，大都採用電鍍法，即用電流使溶液中之金屬，附於所鍍金屬之表面，以收較牢固之效。此種方法所需之設備較為繁重，同時欲得美滿之結果，亦需相當之技術，故其詳細方法容當別述也。



(13566)

定價 圓角