

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

試金術

姚掇之馮翰飛著

商務印書館發行

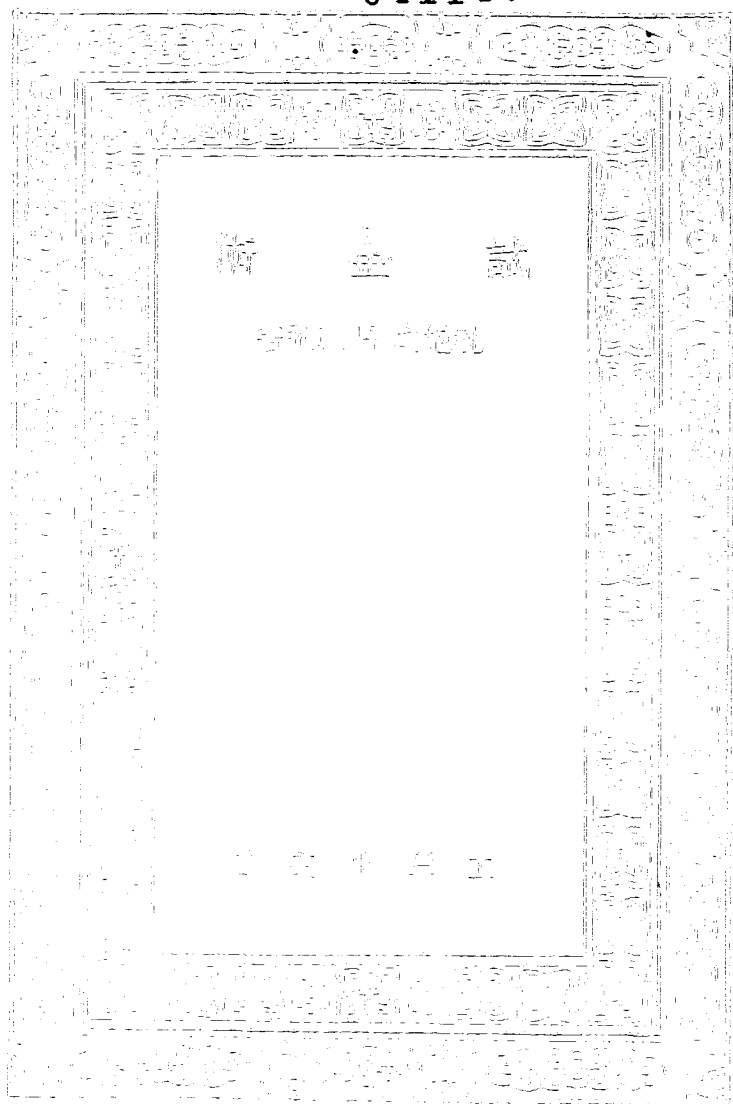
廣文書局

發行所

上海英大馬路
廣文書局

電話二二二二

041147



術 畫 戲

繪 畫 片 之 絕 頂

五 十 八 二

試金術目錄

第一章	緒論	一
第二章	取樣	四
第一節	總論	四
第二節	樣品之重量	五
第三節	堆高四分法	七
第四節	更換鏟取法	八
第五節	金屬條取樣法	一一
第三章	鎔爐及鎔爐工具	一二
第一節	鎔爐	一三
第二節	鎔爐工具	二九

第四章	天平及砵碼	三二一
第一節	天平	三三一
第二節	砵碼	四二
第五章	試藥	四五
第一節	試藥	四五
第六章	還原及氯化	五四
第一節	還原	五四
第二節	氯化	六一
第七章	坩堝試金術及試金冶滓	七三
第一節	坩堝試金術	七三
第二節	冶滓	七七
第八章	灰皿鍊金術	九八
第九章	分金	一〇八

試金術

第一章 緒論

定義 試金術(assaying)乃化學分析之一分科,用科學方法,檢驗鑛石,冶金產物,金屬塊,合金(alloy)中所含某種金屬(metal)之量,而定鑛石等之價值者也。

分類 試金術之分類如下:

(一) 乾法(dry ways)。

火試金術(fire assaying)。

(子) 熔融法(fusion method)。

(丑) 蒸溜法(distillation method)。

(二) 溼法(wet ways)。

(甲) 重量分析法 (gravimetric analysis)。

(子) 沉澱法 (precipitation method)。

(丑) 電法 (electric method)。

(乙) 體積分析法 (volumetric analysis)。

(子) 滴定法 (titration method)。

(丑) 比色法 (colorimetric method)。

(寅) 氣體法 (gasometric method)。

火試金術

火試金術，係藉熱及適宜熔劑 (flux) 之助，使所求金屬，從鑛石中分出，而測定純淨金屬之重量。例如欲知鉛鑛石中含鉛幾何，則取鉛鑛石與適宜熔劑混和，置入坩堝中而熔融之。鉛即還原成爲金屬體，極易從熔渣中析出而定其重量也。

重量分析法

重量分析法，係將所求物質，從鑛石中分出，而測定純淨物質之重量，或測定已知成分之化合物之重量，而推求其含有所求物質之重量。例如欲知某鑛物中含氯化鈣幾何，可處

理此鑛物，使生純淨之氯化鈣，而直接定其重量；或處理此鑛物，使生硫酸鈣，而定其重量，又由此計算氯化鈣之重量，因硫酸鈣及氯化鈣均有一定之成分故也。

體積分析法 體積分析法，係使所求物質，與鑛石中一切有關係之物質分離，最後測定所需完成某種化學變化之溶液之量；或在比色法，則以所求物質賦予某定量液體之色，與所求物質之某已知量，賦予與此液體同量之水或適宜液體之色，作為比較。例如欲知鐵鑛石中含鐵幾何，則因第二鐵可還原為第一鐵，而以後再加適宜之氯化劑，可使其復行氯化而成第二鐵，如知所需令第一鐵恰成為第二鐵之氯化劑之分量，立可算出鑛石中含鐵之量也。

本書之範圍 試金術範圍甚廣，如上所述。本書為篇幅所限，僅就火試金術，述其大略，使讀者得一概念。至於重量分析法及體積分析法，與普通化學分析法相類，學者可由分析化學書得其原理，故今從省略。

第二章 取樣

第一節 總論

取樣之重要 試金術中之取樣一事，最關重要。若所取樣品，不能代表全部鑛物，則試金時，雖十分謹慎，終歸無效。故寧可多費金錢，以取正確樣品，俾能代表多量之鑛物。冶鍊廠買進大宗鑛物，而以取樣試金之結果，定其價值，如取樣略有錯誤，則買賣兩方，總有一受損者也。通常由大宗鑛物取樣，有人專司其事，送交試金者，而試金者可不問其樣品如何採取。然試金者對於取樣方法，卻不能不熟悉也。

方法分類 取樣方法，可分下列二種：

(一) 人工取樣法 (hand sampling)。

(甲) 堆高四分法 (coning and quartering)。

- (乙) 更替剗取法 (alternate shovels)
- (丙) 分別剗取法 (split shovels)
- (丁) 選取法 (riiding)
- (二) 機械取樣法 (machine sampling)
 - (甲) 常時挑取鑛流一部分法 (part of the ore stream for the whole time)
 - (乙) 間時挑取鑛流全部分法 (the whole of the ore stream part of the time)

第二節 樣品之重量

無論用何種方法取樣，應使鑛塊之大小，與取樣品之重量，有一定關係。鑛塊大（直徑一〇至一二英寸），取樣須多。鑛塊小（直徑〇・一至〇二・英寸）取樣可少。美國科羅拉多（Colo. rado）省季爾品（Gipin）州諸金鑛，有一取樣成規。凡每噸鑛合金一至四盎斯者，其取樣之量如下表所示。

第一表 美國科羅拉多省季爾品州金鑛取樣分量表

最大鑛塊之直徑(英寸)	○·○四	○·○八	○·一六	○·三二	○·六四	一·二五	二·五○
應取樣品最少量(磅)	○·○六二五	○·五○四	三二	二五六	二○四八	一六三四五	

欲知別種直徑之鑛塊，應取樣品若干磅時，可取上表任何一種為標準，以其直徑，與所欲取樣之鑛塊之直徑之比之立方數，乘其重量即得。

克黎布爾川 (Cripple Creek) 各金廠，對於每噸含金二至六盎斯之鑛石，用機械取樣。先將鑛石軋碎，使能通過直徑一·五英寸之圈。次用味晉氏取樣器 (Vein sampler) 取其全量四分之一。復次，送至軋碎機，軋碎至直徑○·二五英寸。復次，用別一味晉氏取樣器，取其十分之一，較之原來之量，僅為四十分之一矣。復次，磨碎，以普通取樣法（例如更替鏟取法）取相當之樣品。

樣品之大小，不僅依鑛塊而定，并須視鑛物之成分如何為準。如鑛質均勻，則樣品雖少亦可。如不勻，則非取多樣，不足以代表全體。

機械取樣法，如有精緻之取樣器，採用者甚多。有時人工取樣法，亦可應用，蓋冶鍊廠爲免軋碎大部分鑛物起見，樂用此法也。

第二節 堆高四分法

堆高四分法 堆高四分法，行之甚久，現尙有用者。惟因其工作甚難，且不易得正確結果，故多改用更替鑿取法矣。圓錐之堆成，以四人至八人，作一圓圈，每兩人相對，圍繞而行。將鑛物剷取堆在一點，此點可用一鐵棒，插入地面，以爲標識。堆時須十分留意，使大小鑛塊，平均分配於圓錐面上。圓錐體既堆成，再由周圍將鑛石從錐頂刮下。平鋪成十二至十八英寸厚之圓臺。用鐵片作十字形，插入其中，分成四分。取其相對之任何兩分，而棄其餘。以所取兩分，重行堆高四分，而取其二分。再將鑛塊敲碎，重施此法。如是反復行之，得二十五至三十磅之樣品爲止。於是用適當器具，將樣研細。此法遲緩，且頗煩瑣。

第四節 更替鑿取法

更替鑿取法 取樣之原則，計有三項：（一）常取，（二）多換取樣之地點，（三）每隔有定之時間，取同量之樣品。此三項，更替鑿取法兼而有之。

本法係於鑛物下車後，卸在平臺，送入鑛倉之時行之。九鑿裝入鑛倉，一鑿作為樣品。如鑛質不勻，取樣較難，則樣鑿可增加。如鑛質平勻，可減少其數，本法優點如下：

- （一）比堆高四分法正確可靠。
- （二）費用節省。
- （三）迅速。

美國南達科他省 (South Dakota) 刺匹德城 (Rapid City) 標準冶煉公司 (Standard Smelting Company) 煉廠，用更替鑿取法所取之樣，經過布未克氏軋碎機 (Blake crusher)。機口為九英寸寬，一五英寸長。出口成一 A 字形，樣品被分為二部分。其一部分，經二四英寸長，一二

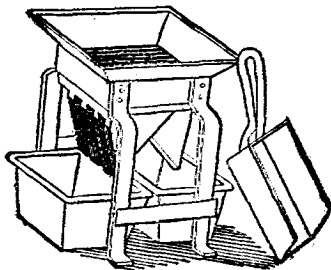
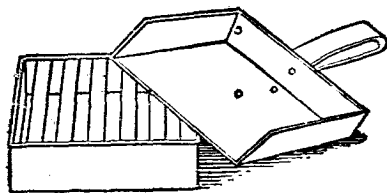
英寸直徑之輓軸碾碎機 (rolls) 壓過。出機時又分爲二分。如最初之鑛石有一百噸，此時僅存二
• 五噸（每十鏟中取樣品一鏟，）而鑛塊之直徑，無有大過〇・三七五英寸者矣。自輓軸碾碎機
所出之鑛石，直接卸至鐵板上，再於每五鏟或十鏟中，取樣一鏟，所得之樣品，約有五百至一千磅。再
經一二英寸長，一二英寸直徑之取樣用輓軸碾碎機 (sampling rolls) 碾細。用瓊斯氏分樣機
(Jones split or riffle sampler) 平分，至得十五磅至二十磅之樣品爲度。於是移入圓錐碾磨機
(cone grinding mill) 磨碎。測定水分之百分率。此後送入試金室，用小號瓊斯氏分樣機，分至僅
有二磅樣品。後用粉碎板 (duck board) 研至能篩過每英寸一百二十絲之篩孔爲度。試金樣品，至
是告成矣。恐其吸收空中水分，復熱至攝氏一百度以驅除之。然後分成四分，裝入紙袋內。其一由礦
石賣主試之。另一由買主試之。餘則分別保存。一作爲公正人試金之用。一備意外之需也。

買賣兩方試金之結果，名曰定價試金 (control assay)。如相差不遠，則照買者之結果，或買
賣兩方之平均結果定價。如相差出於限度之外，各自重復行之。或交換品，再行試之。設所得之結果，
依然不同，則須由第三者行公正試金 (umpire assay)。依其結果，以定價值。兩方中之結果與公正

試金結果相差較遠者，負擔公正試金之費用。

定價試金，每一樣品，須有參校試金三次互相核對。公正試金，則須有參校試金四次。

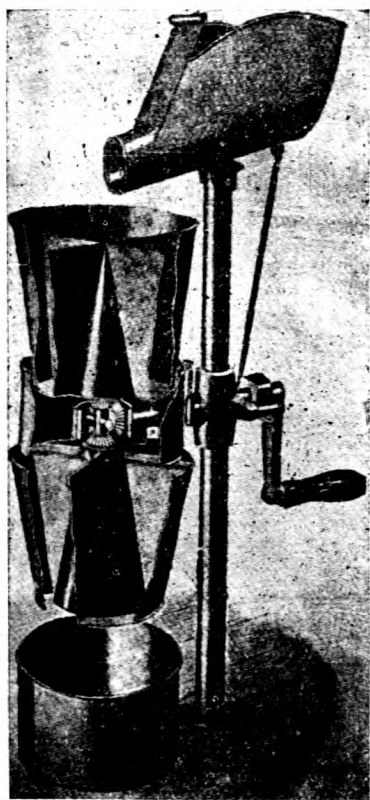
在實驗室中，由少量材料取樣時，亦可應用上述原則。瓊斯氏分樣機，用者最多；堆高四分法，亦有用之者，然不相宜。最後之樣品，須經過每英寸一百二十絲之篩。高等礦物，經過每英寸一百五十至二百絲之篩更佳。後置於橡皮布或光滑厚紙上，和勻，鋪成○·二五英寸厚薄層。再用扁匙 (spatula) 分向數處，各挑取若干，至重量已足為度。第一圖所示，為瓊斯氏分樣機 (Jones riffle sampler)。第二圖所



十

第一圖 瓊斯氏分樣機

示，爲公正分樣機 (umpire ore sampler)。



第二圖 公正分樣機

第五節 金屬條取樣法

鉛條 鉛常澆成條，每條約重八十磅。最佳之取樣法，爲在其熔化時，相隔一定時間，用勺取出樣鉛若干。若已成條後，則於每五條或十條中，取出一條，居中鋸成兩段，收集鋸屑，照上述之法取適

當之量，以爲樣品，名曰鋸樣 (saw sample)。

銅條 銅條取樣法，與鉛條相同。

第三章 鎔爐及鎔爐工具

第一節 鎔爐

鎔爐分類 試金者所用之鎔爐 (furnace)，式樣甚多，大都依燃料之種類而定。普通可分爲下列二種。

(一) 直接加熱爐 在直接加熱爐 (pot furnace) 中，貯配合料 (charge) 之器皿，與燃料接觸。

(二) 間接加熱爐 在間接加熱爐 (muffle furnace) 中，貯配合料之器皿，納入熔器 (muffle)，外面加燃料燃燒。

間接加熱爐 煅燒法 (scorification)，灰皿法 (cupellation)，及坩堝法 (crucible fusion)，均可於間接加熱爐中之，故用者最多。此式爐，清潔而易於管理，且其溫度可以隨時伸縮，故尤宜

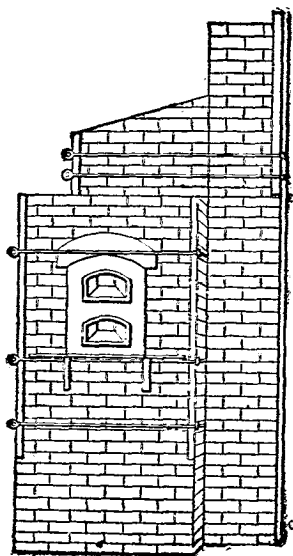
於鑛場冶廠等試金之用，因其每日常有多次試金，不能不於所用之爐，加意選擇也。

鑄爐所用燃料 (fuel)，視所在地採購燃料之便利而異，凡焦煤 (coke) 無煙煤 (anthracite)，烟煤 (bituminous coal)，褐煤 (lignite coal)，柴油 (crude oil)，汽油 (gasoline)，石油 (kerosene)，木 (wood)，煤氣 (illuminating gas) 皆可用。惟焦煤及無煙煤，因無火焰，必須將煤塊包圍熔器，致火夫生火困難，故少用之。燃料以煙煤及好褐煤能發長焰者，為最佳。

間接加熱爐，有具一個熔器者，有具二個者，亦有具三個者。係用火泥塊或火磚，外以鐵箍，中加鐵骨造成。

煤熔爐 第一圖所示為具有兩熔器之熔爐全形。第二圖第三圖所示，為其剖面。

爐內最重要之部分，為火泥塊



第一圖 兩容器之熔爐之全形

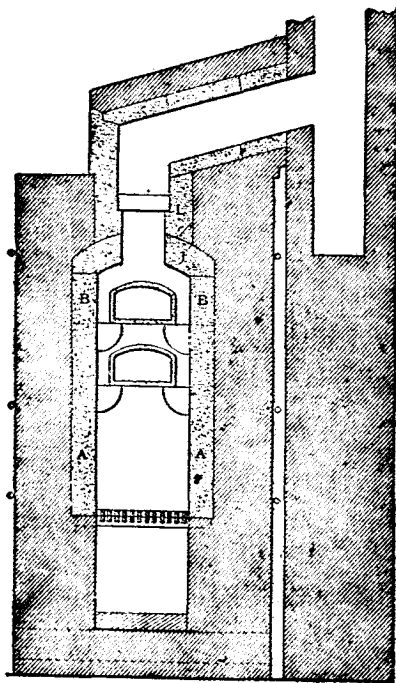
(fire clay tile) A、B、L、K等，易於購買。爐之內部，雖間有用火磚造成者，然火泥塊之爐實易於砌造，且較經久也。

在計劃煙煤熔爐時，最應注意之尺度，有下列各項：

(一) 爐格 (fire grate) 之面積。

(二) 從爐格 (fire grate) 至最低熔器底之距離。

(三) 火位 (fire space) 包括兩熔器間之距離，及熔器與爐



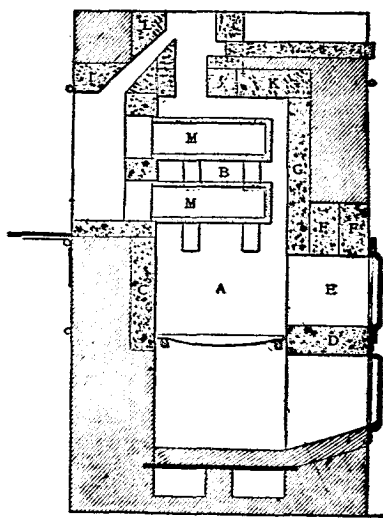
第二圖 兩容器之熔爐之剖面

側壁及爐後壁之距離，并烙器之上部與爐頂之距離。火位大小須適當，使氣體可完全燃燒。

此種尺度，隨所用燃料而異。在第二圖及第三圖。爐格爲二一英寸長，一七·二五英寸寬；自爐格至最低烙器底一八英寸；火位二·五英寸；烙器外面爲一九英寸長，一二·二五英寸寬，七·七五英寸高。

烟囪之面積，應爲爐格面積六分之一，至八分之一。宜位於烙器中心線之前部，俾火焰掃過烙器周圍而上；惟此種裝置，遇通風不足時，有發烟過多之弊。

爐壁須厚至十三英寸，以防熱外散。爐之前面，當烙器之上部，成爲拱形。拱形之內，造一穴道，將熔鉛白烟，由此引入烟囪。爐內烙器，用兩行火泥塊，嵌在爐壁內支之；有時再加火泥塊一行於後壁上。此種火泥塊，易於破損，當其墜落時，使烙器無依恃，不免毀壞。最好使兩火泥塊在烙器之中心線



第三圖 兩容器之熔爐之剖面

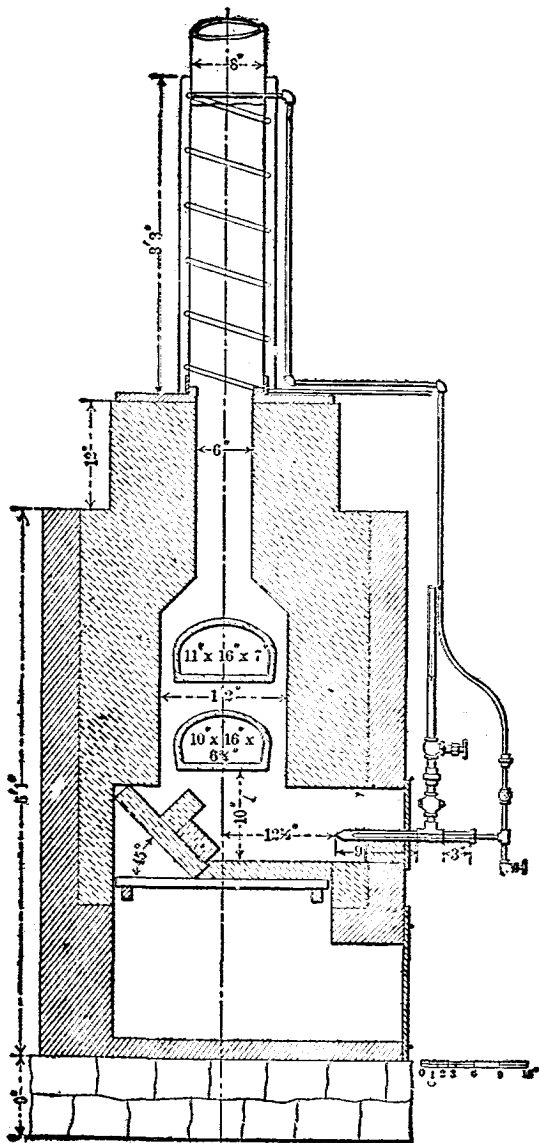
下接合，成爲拱形，互相支持。如用此法，可得滿意之結果，而烙器之壽命，能因之延長也。

上述之爐，用二十公分之坩堝，每小時可熔金二十五至三十次，并作灰皿法若干次；如改用三十公分之坩堝，或二·五英寸之煅燒皿，則可熔金二十至二十四次，通風順利時，每小時燒煤三七至四十七磅。如用良好之煤，發熱量在六五〇〇至七五〇〇卡路里間者，經四小時之燃燒，溫度可至攝氏一一五〇度至一二〇〇度。

柴油熔爐 用煤之爐，改改用油亦可。僅須在火箱 (fire box) 內用火磚鋪砌，并裝設油管及燃燒器 (burner)，足矣。

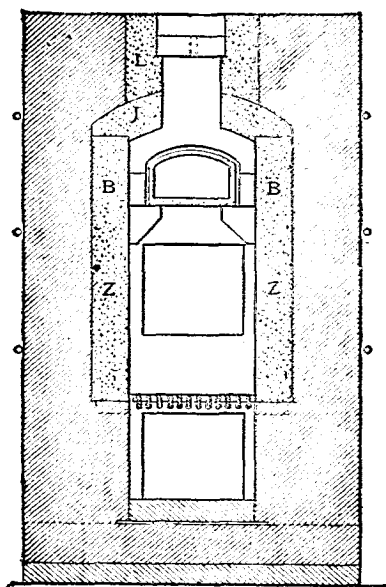
第四圖所示，卽此種柴油熔爐。其燃燒器，具內外二管。外管之直徑爲四分之三英寸，由丁字形管，連接於油管。油管之直徑，亦爲四分之三英寸。外管在爐外一端，有螺旋帽封之，於其中插入內管。內管之直徑爲四分之一英寸。是爲送蒸汽之管。此汽管在外管內可以進退，故內管口與外管口之距離，可以變換校正。於是油之流動，得以節制。燃燒器外管口之孔，直徑爲四分之一英寸，汽管口之孔，爲八分之一英寸。爐格上蓋以火磚，如圖所示。此項裝置，最爲重要，蓋熔爐效力之大小，實視火磚

第四圖 柴油熔爐



位置之適宜與否而定也。

生火之時，係先用油紗頭置在火箱內燃燒器之後，而引火燃燒。俟其燒透，將油管及汽管，同時開放。然後調節兩管之閥 (Valve)，使流出之油及蒸汽，分量適宜。所用油紗頭，必須有多量，將火箱燒熱，使油出管即燃，否則油與蒸汽混和，瀰漫火室中，有爆發之慮。所用之蒸汽，以乾者為佳，故將汽管繞在烟囱上，使蒸汽乾燥，稍開洩水閥，使汽管底凝積之水放出。在油筒內，可置小螺旋管，容蒸汽通過放熱，使油質易於流動。生火之後，歷時十五至二十分鐘，爐內赤熱，乃行試金。用此種爐時，在一小時四十五分至二小時內，可熔金二十五至三十次，并作灰皿法鍊金若干次。在三小時內，可試金五十至六十次。此爐所用油量，為每小時自四·二至五·三加倫。



第五圖 木柴熔爐橫剖面

木柴熔爐 第五圖及第六圖，爲木

柴熔爐 (wood burning muffle

furnace) 有種地方，僅有木柴爲廉價之

燃料，宜用此式熔爐。如火箱及火位之設

計得宜 (即較煤熔爐所有者爲大)，而

燃料得堆成厚層 (即爐格至火門之距

離爲八至十英寸)，則亦可從此項熔爐

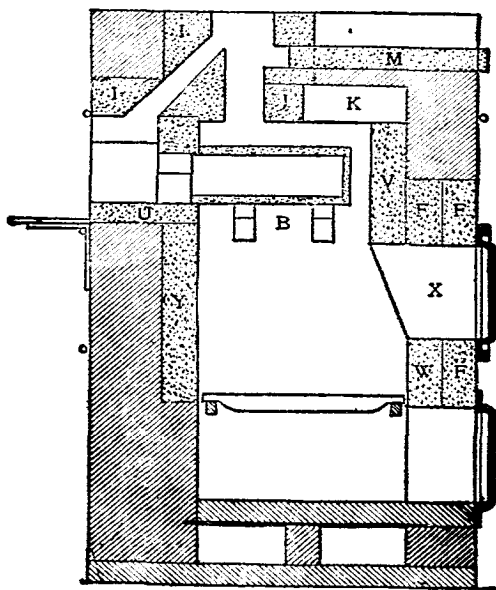
求得試金所需之充分溫度也。

第五圖及第六圖之木柴熔爐，其火

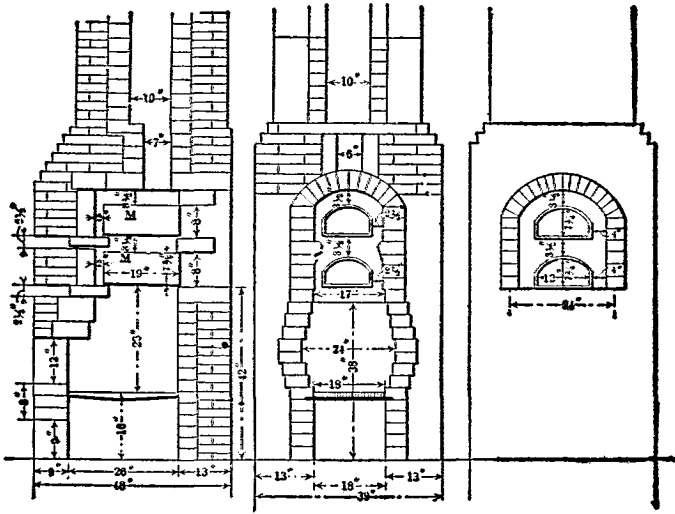
格爲一八英寸寬，二六英寸長；自火格至

熔器底之距離，爲二六英寸；火位在四邊

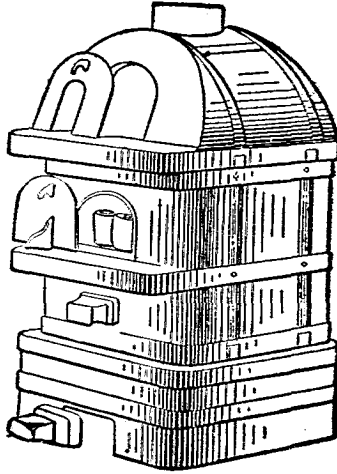
爲二·五英寸，在頂部爲三·五英寸。



第六圖 木柴熔爐縱剖面



第七圖 木柴熔爐



第八圖 焦煤爐

第七圖所示，為構造稍有不同之木柴熔爐。

焦煤及無煙熔爐 此種爐之體積，雖間有大者，然以小者為多。第八圖所示為用焦煤或無煙煤之小熔爐。煤從爐頂加入，堆積於熔器之周圍。熔器為一英寸寬，一六英寸長，七英寸高。每小時用焦煤三十二至三十八磅，視空氣之流通如何而定。此種熔爐，每小時可熔金十次。

在此種熔爐，可用木炭代焦煤。

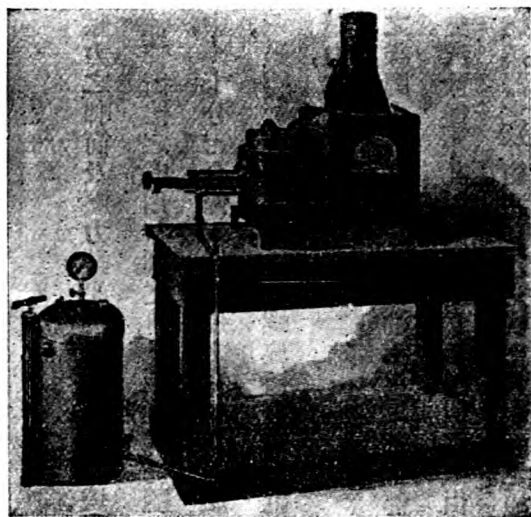
火泥熔器 火泥熔器 (fire clay muffle)，式有多種。最常用者，剖面近於長方形，頂部稍稍凸起。最大熔器，外面為一九英寸長，一四·五英寸寬，七·七五英寸高。煤熔爐所常用之最大熔器，為一九英寸長，一二英寸寬，七·七五英寸高。熔器之後端有二孔，俾空氣易流通。

熔器之耐久與否，視支承法之優劣而異。在一二處支承，不如將容器之底，全部撐持，因一二處之支承，力量不均，容器易於碎散也。新熔器宜堆於乾燥溫暖之處，以免吸收濕氣；初裝入爐時，宜先用木片烘乾，後加高熱，以免破裂。熔器中之熔渣及鉛，最易損壞器底。故底上宜鋪骨灰 (bone ash)，或石質砂，或純淨水泥 (Portland cement) 等，以吸收之。熔器有時亦受外面燃料灰之熔合作用。

所侵蝕。多含氯化鐵之灰，爲害尤烈。

熔器需要最高之溫度。故其四周須封實，使所有之熱不外散。以火泥一分，石棉 (asbestos) 一分，和火磚碎末二分和勻，爲最佳之封裹材料 (putting material)。如空處太大，先取熔器碎片塞好，再加封裹材料可也。新火泥收縮性太大，不宜單用火磚碎末，以能穿過每一英寸八絲之篩者爲佳。

汽油熔爐 Gasolene fired furnace) 小工廠用之最合宜。汽油價值甚高，不能與煤價相比，故大規模之工廠或學校，不宜用此式熔爐。惟交通不便，難得燃料之處，因汽油甚輕，便於輸送，有時亦可用之。



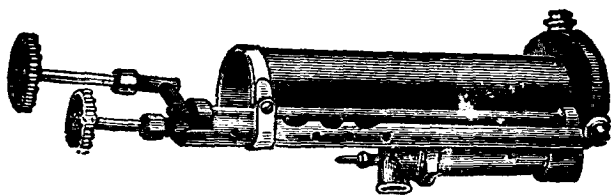
第九圖 汽油熔爐

第九圖所示爲一汽油熔爐，及其用具。爐分坩堝及熔器兩部分。內用火泥塊造，外用鐵皮包成。具有黃銅 (brass) 及銅 (copper) 作成之燃燒器。

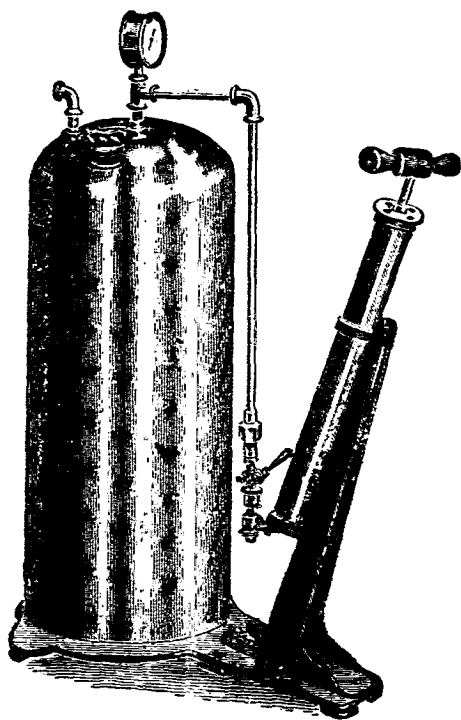
裝貯汽油之鋼筒，容量爲五至十加倫，附有加壓力之唧筒及壓力計。連接汽油筒至燃燒器之管，直徑爲〇·二五至〇·三七五英寸。燃燒器與油管銜接之處，用特製之自在關節，俾能隨意安置燃燒器，或拔出之。燃燒器插入熔爐孔之火泥圈中，應十分密合，俾入爐燃燒之空氣，全由燃燒器之管經過。封實諸關節，應用膠水 (gum)，肥皂 (soap)，蟲膠 (shellac) 等，塗在螺旋接合處，但紅鉛或白鉛則不可用。汽油加入燃燒器，用十至二十磅之壓力，有時亦用高壓。

第十圖係揆立氏式燃燒器 (Cary burner) 之詳圖。上部之閥管理汽油流出之量；下部之閥則管理發汽器 (generator)。燃燒器被發汽器加熱。汽油從小孔射出時，變爲氣體，引空氣由燃燒器內空氣管流進，兩者混和，在爐內燃燒器口燃燒。燃燒器之分類，憑其管之直徑大小而定。通常製造者，有五種，自一·二五英寸至二·五英寸，上下二種，相差〇·二五英寸。

第十一圖爲汽油筒，及其唧筒。最好將其裝置於距爐較遠之處，以免發生爆裂之危險。



第十圖 換立氏式汽油燃燒器



第十一圖 汽油筒及唧筒

第十二圖所示爲用汽油作燃料之坩堝熔爐 (gasolene burning crucible furnace)。第十
 三圖所示爲用汽油作燃料之熔器熔爐 (gasolene burning muffle furnace) 之巨大者。用第十
 二圖之小爐，可得最高溫度爲攝氏一三五
 ○度；用第十三圖之大爐，可得最高溫度爲
 攝氏一二五○度。如用特製之爐，裝有如第
 十圖所示之式，而直徑爲二英寸之汽油燃
 燒器一具，用石墨熔器，用良好保温材料，並
 改良通風法，則在生火至三小時後，當汽油
 壓力爲每方英寸五十五磅時，溫度可達攝
 氏一五○○至一五三○度。此際每小時用
 油一·五三加倫。大凡揆立氏式燃燒器，直徑爲二英寸者，在汽油具有十磅之壓力時，每小時用油
 ○·六五至○·七五加倫也。



第十二圖 用汽油之坩堝熔爐

第三十一號揆立氏式混合熔爐

(No. 31 Cary combination fur-

nace) 容納二十公分之坩堝二十個，

及一〇・五英寸長，七英寸寬，四・五

英寸高之烙器一個，每小時熔金十次。

煤氣熔爐 如當地有點燈之煤

氣(illuminating gas)或類似煤氣

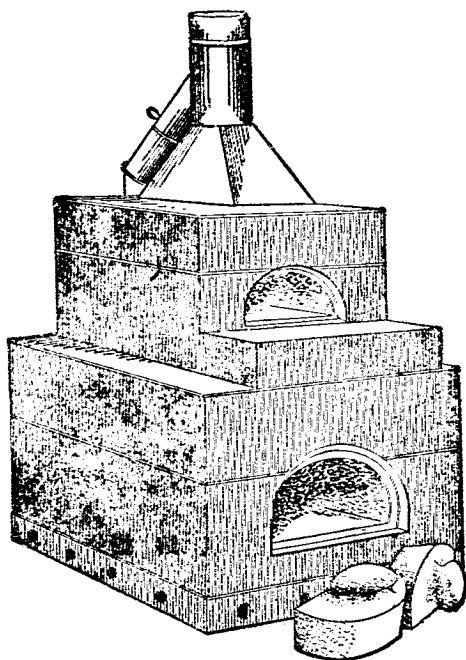
之燃料，則以煤氣熔爐(gas furnace)

作試金之用，實屬便利。用煤氣熔爐時，

係以煤氣與低壓力之空氣，依適當比

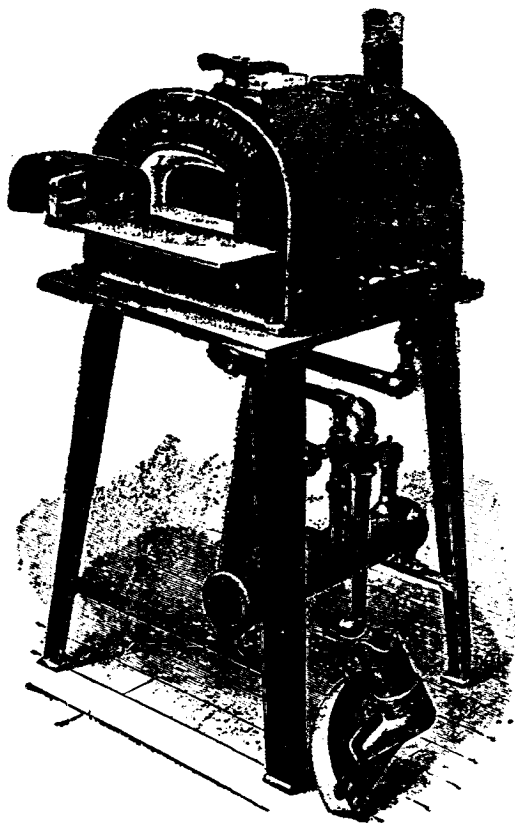
量混合，經過各燃燒器，送入爐內。煤氣

與空氣之比量，由閥管理之。第十四圖



第十三圖 用汽油之烙器熔爐

所示，爲煤氣熔爐之全形。因此式爐，可以隨意節制溫度，故需要精密溫度之工作時，以用煤氣熔爐爲宜。



第十四圖 煤 氣 熔 爐

第二節 鑄爐工具

總論 熔爐工具 (furnace tools)

包括移動坩堝、煨燒皿及灰皿等之工具，須靈便，須無使器具傾側之弊，且須不多佔地位。若如第十五圖所示之坩堝鉗，則不能用於容納多數坩堝之熔器內，因其地位有限，不能容此鉗展開也。

坩堝鉗 第十六圖所示，為合用之坩堝鉗。

灰皿鉗 第十七圖所示，為灰皿鉗。

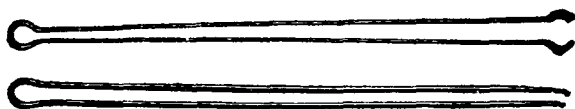
第三章 鑄爐及鑄爐工具



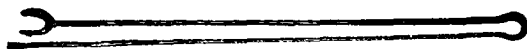
第十五圖 坩堝鐵坩不合用者



第十六圖 坩堝鐵坩



第十七圖 灰皿鐵坩



第十八圖 煨燒皿鐵坩

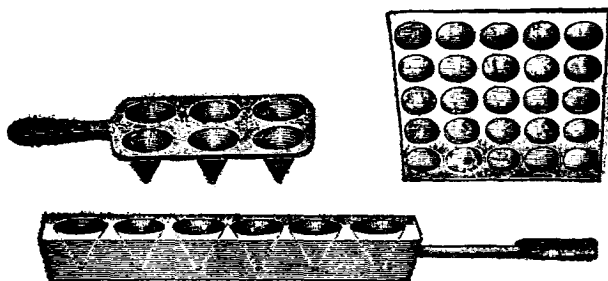
煨燒皿鉗 第十八圖所示，為煨燒皿鉗。

鉛珠型 第十九圖所示，為承受熔融金

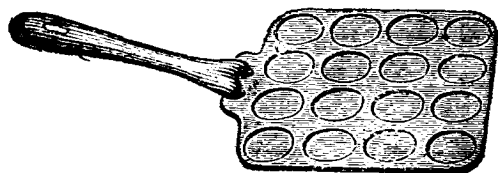
屬之型，質屬鑄鐵，經過機械鉋削而製成。穴作尖錐式者較作淺半球式者為便於應用，以製成鉛珠易有定形，且不難與冶滓分離故也。鉛珠型宜配有螺旋柄，俾在損壞時便於修理。型穴之內面應用機械將其作成平滑，如此則冶滓及鉛珠不至緊附於型穴表面也。

灰皿盤 第二十圖所示為灰皿盤

(cupel tray)，係移送灰皿至分金室時所用。乃以鐵製成。其柄可折下，每柄可供若干盤之用。



第十九圖 承受熔融金屬之型



第二十圖 灰皿盤

第四章 天平及砝碼

第一節 天平

天平 試金時測定微細金銀重量之天平，乃極精密之儀器，應仔細校準，而取攜尤宜謹慎，庶結果可以正確。天平應安置在穩實基礎之上；如基礎動搖，則天平常不能校準。用石或三和土作成之座，埋入地中至相當之深，不與地板相接，而實驗室中活動機械，不令其發生振動，如是可稱爲最良之基礎。若不能免此種振動，則應用與外方隔絕之櫥式天平座也。

天平之構造 天平橫梁用鋁，或用鍍金之黃銅，或用特別銀鋁合金作成。愈輕愈佳，惟應有充分強度，適合所需。此種材料應無磁化性，而膨脹係數小，庶溫度變化對於梁之長度不至發生影響。天平盤用鋁爲之。懸天平盤之細桿，常用鎳銀合金，或日耳曼銀爲之。天平架及其他部分，以用鍍金之黃銅製作爲最佳。刃口及支承刃口之座，用瑪瑙製作，琢磨至極正確。天平橫梁有刃口三，應在同

一平面上，如是則所測定之重量，雖大小不等，而天平之感量，可無變化，卽有變化，亦不至過大。第二十一圖所示，爲試金天平之主要部分。

當將小重量 m 置入天平盤中時，指針發生偏差，而天平系統之重心亦移動。於是平衡之條件，如下式所示：

$$Mx = m'x'$$

由上式，知在 M 增加時，卽天平系統之質量增加時。如他種情形不變， m 必增加，方能使指針有同量之偏差；易言之，天平之感量必減小，感量卽某一定質量令指針發生偏差之量也。試金天平之感量，以對於 $\odot \cdot \odot$ 一公釐或 $\circ \cdot \circ$ 五公釐之重量言之，指針尖端在其分度弧上，應移動至少半格。是以天平系統之質量應極輕微。由上列方程式，知欲保存天平之感量不變，可增加 x' ，卽延長天平之兩臂；然在實際上，則 M 之量隨之增加，故所得利益，殊不及想象者之多。長臂天平之擺動甚緩慢。昔時長臂天平頗爲普通，惟在今日，試金天平之臂罕有逾二英寸半者。

由上列方程式，可知如天平系統之重心在刃口 A 處，則 x 爲零，而

$$M \times 0 = m'x'$$

$$m'x' = 0$$

即 m' 近於零，因 x' 在實際上爲一常數故也；易言之，此天平之感應乃異常靈敏，而極微之小重量置在盤上，將引起旋轉。天平雖極靈敏，然極不安定也。

在計畫天平時，既須注重高度感量，又須注重高度安定性，二者應適得其平。因安定性大都由令重心降低（此有使天平感量減小之影響）而一部分由增加刃口之摩擦阻力得之，故天平各部分之製造，應力求正確。大多數試金天平，備具落盤支座（fall away pan rests），憑天平罩箱外之螺旋以運用之。當此螺旋轉向左時，支座與盤相離。再向前轉，則天平橫梁降落而能自由活動，而刃口安放在其支座之上，於是天平能用以測定重量矣。

螺旋球 D 係用以調整重心者。重心應略在刃口 A 之下。重心經調整後，則在置 ○ · ○ 一公釐重量於盤中或橫梁上時，指針應偏斜一格或半格。天平系統之重心愈低，則天平之擺盪愈速。天平懸掛點愈高，則天平之擺盪愈緩，而其安定性愈高。

測定重量法

在用天平測定重量之前，常先用軟毛刷將其各部分之灰塵拂去，將水平螺旋調整，俾天平完全平正，又旋轉螺旋 C 及 C'，使指針恰指 O 處。作此調整時，令天平擺盪，而指針向零點之兩邊，移過五至八格之遠。如天平橫梁兩臂之力幾相等，則指針擺盪時，向兩側移過之格數，實際上應相等，而每次減少少許，例如 +8, -7.75, +7.5, -7.25, +7, -6.75 等。如指針之擺盪情形與上述者不相類，應將兩螺旋 C 及 C' 加以調整，至其情形與上述者相類時為止。此後試驗天平之感量，如上所述，如須加以調整，係憑移動重心爲之。如天平橫梁兩臂，長度似覺不等，（在優良天平，罕有此弊，）可用雙稱法（double-weighing method）。用此法時，將所欲測定重量之物，先置於一盤中而測定其重量，次置在別一盤中而測定其重量，真正重量則爲前後二重量乘積之平方根。如天平之感量爲確知者，則不用調整天平橫梁兩臂之力幾，但可於真正零點或平衡點求出以後，察偏差而定之。其法如下：令天平擺盪，以指向右擺動之格數爲正，向左者爲負。假設其擺動格數爲

$$-8, +3, -7.5 \text{ 則零點爲 } \left\{ \frac{-8 + (-7.5)}{2} + 3 \right\} \div 2 = -2.375 \text{ 格}$$

即真正零點乃在分度弧上零點左二·三七五格也。

次將所欲測定重量之顆粒，置在右邊盤中，再行測定在此情形中，指針之休止點。假定指針之擺盪量為 $-10, +2, -9.5$ 。天平之感量為對於每 $0 \cdot 01$ 公釐，偏差 $0 \cdot 5$ 格。故新零點為

$$\left\{ \frac{-10 + (-9.5)}{2} + 2 \right\} \div 2 = -3.875 \text{ (格)}$$

顆粒之重量乃兩休止點偏差之量 ($3.875 - 2.375 = 1.5$ 格) 除以 0.5 所得之商，即 $0 \cdot 011$ 公釐。在實行測定時，常不如上所述，取指針向一側兩讀數及向他側一讀數，乃取指針向一側三讀數及向他側二讀數也。

然用此法時，須用天平橫梁上騎片 (rider)，以測定公釐之分數部分。又須在測定之前，調整天平，令橫梁兩臂之力幾相等。故此法通常不用之。

欲察見天平橫梁兩臂長度之不等，可先查出指針之真零點，置一公分砝碼一枚於右盤，置一公分經過磨蝕之舊砝碼一枚於左盤，又加微量舊騎片於輕砝碼盤中，令天平回復約略平衡地位。

設在右盤中之重量爲 A。

設在左盤中之重量爲 B。

設天平橫梁右臂爲 R，左臂爲 L。

依前述方法，定天平之零點。如此零點與天平盤中無重物時之零點不同，則隨從情形，移動天平左臂或右臂上之騎片，使天平之零點，恢復舊時地位。

設騎片所表示之重量爲 $\pm \epsilon$ 或 $- \epsilon$ ，其正負號以騎片係令天平系統恢復原來零點或否定之。

今將重量 A 移至左盤，將重量 B 移至右盤；取去騎片，再定零點；加騎片，令天平系統恢復無重物時之零點地位；稱騎片所表示之重量爲 $\pm \epsilon$ ，其正負號以騎片係與 A 之作用相同或相反定之。故可得下列結果：

$$1. \quad AR = (B \pm m)L$$

$$A = (B \pm m) \frac{L}{R}$$

2. $BR = (A \pm n)L$

$$B = (A \pm n) \frac{L}{R}$$

3. $A + B = (B + A \pm m \pm n) \frac{L}{R}$, 或 $\frac{L}{R} = \frac{A + B}{B + A \pm m \pm n}$

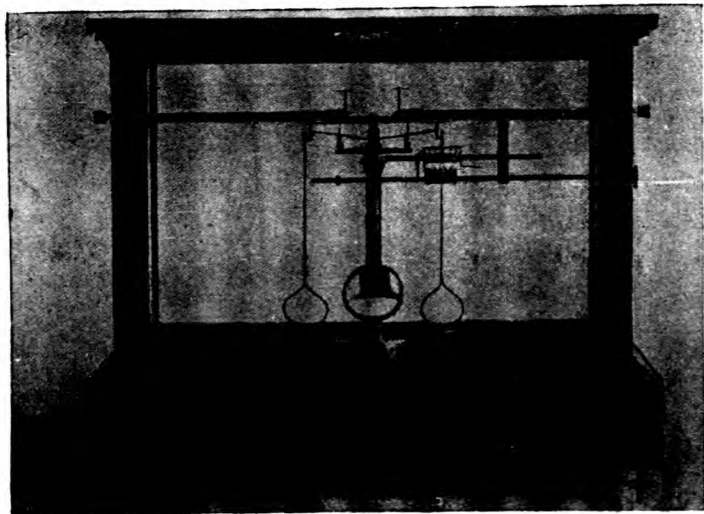
4. $\frac{L}{R} = 1 - \frac{\pm m \pm n}{A + B \pm m \pm n}$ 或 $\frac{L}{R} = 1 - \frac{\pm m \pm n}{2A}$ (約數)

如 $B \parallel \square$ 或互換兩質量時，零點移至實在零點之對面與前相同之距離，則天平橫梁兩臂相同；即 R 與 L 之比為一。 R 與 L 之比，不可過 1 ± 0.000003 。

關於試金天平應注意之點 如在試金室中，不能設石料基礎以支承天平，每令天平受外方

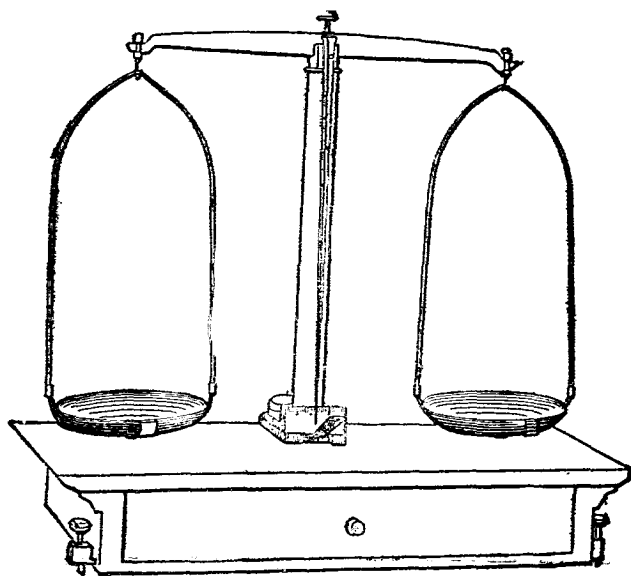
振動之影響。欲避免此種振動，可用橡皮作成截錐形塊，以支承天平之水平螺旋。每塊下部見方二英寸，上部見方一英寸，厚約一英寸。用小塊毛玻璃，膠着在各橡皮塊上面，以受水平螺旋之壓力。別一法係於安置天平之臺面，鑽孔四，深各半英寸，用第五號橡皮塞塞入其中，而以厚鉛片（厚約八分之三英寸）小塊置於各塞之上。令水平螺旋嵌入鉛片中，深約十六分之三英寸。

精密之試金天平常發生磁化或含蓄靜電之現象，於是在測定重量時，發生極大誤差。故天平橫梁，應用能受磁化之材料製之。如有磁化性之材料，作成天平橫梁，則在使用時，應改變其地位，以避免磁化力。例如天平橫梁應不置於南北方向線上是也。用無磁化性之材料，作成天平，亦可因含蓄靜電之故，而生相類之弊病。在天氣乾燥之處尤易有此弊，而用玻璃或橡皮支承天平令與外方絕緣（即不通電）時亦然。發生此弊時，宜用銅絲一根，一端連於天平，一端接地以防止之。天平盤一面黑色，一面明亮者，有時發生特異之攪亂，以兩面俱作成黑色為宜。

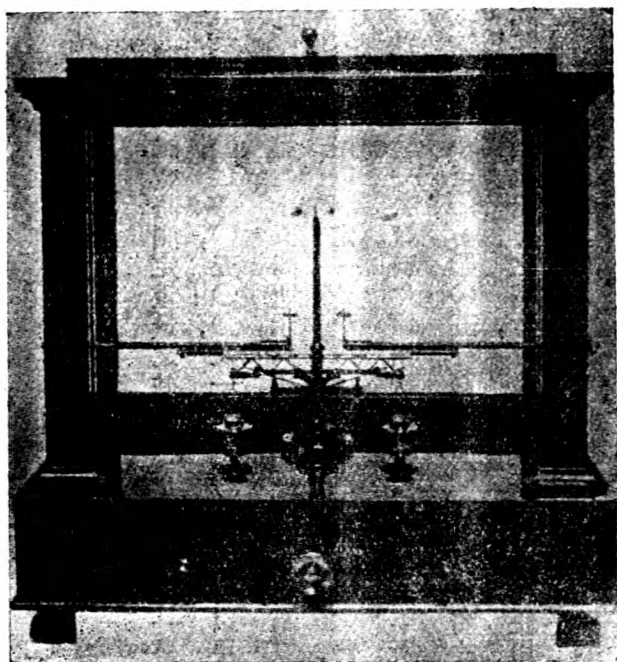


第二十二圖 試金天平

天平室中溫度，宜約爲華氏六〇度，而保持無變化。室中應無日光。在測定重量時，天平室門應常關閉，因微風亦足以攪動天平之平衡也。欲得正確重量，必須依空氣浮力之影響，加以校正，惟此項誤差尙小，故常可忽略不計。第二十二圖所示爲尋常試金天平。第二十三圖所示爲礦粉天平。第二十四圖所示爲無柱式試金天平。此式天平之柱極短，故令活動質量集中在其中軸附近，而天平之安全性得以增加，而其感量不因之減小。此式天平之指針向上，而指針之弧度弧，乃在天平橫梁之上。有數式天平之指



第二十三圖 礦粉天平



第二十四圖 無柱式試金天平



第二十五圖 鉑製試金砝碼

針成水平，而分度弧成垂直，置在橫梁之一側也。

第二節 砝碼

砝碼 試金時測定重量之砝碼爲公釐砝碼，自一公釐至一千公釐，單位如下：一，二，五，一〇，二〇，五〇，一〇〇，二〇〇，五〇〇，及一〇〇〇公釐。砝碼以用鉑製者爲最佳，因其不易磨蝕，可保持其重量不變也。第二十五圖所示爲鉑製試金砝碼一組，第二十六圖所示爲公分砝碼一組。

騎片常用以測定一公釐以內之重量，天平橫梁之臂，分爲一〇〇格，對於一公釐之騎片，每格相當於〇・〇一公釐。騎片係用細鉑絲製作，試金天平所用者爲〇・五公釐及一公釐兩種。如天平之感量可小至〇・〇〇五分釐時，用〇・五公釐騎片爲宜；否則可用一公釐騎片，以其在使用之時，不易磨損也。出售之騎片，分量未必正確，故應在使用前較準之。砝碼亦然。每一試金室，應有一組標準砝碼，作比較之用。此種標準砝碼，可由天平店購買之。

試金噸制 公分及試金噸砝碼，用以測定鑛粉及熔劑之重量。試金噸制乃美國紐約哥倫比

亞 (Columbia) 大學教授查德勒 (Charles F. Chandler) 氏所創。通常礦石重量係以常衡計之，而金銀重量，係以金衡計之，兩種制度不同，計算時有困難。試金噸制，即所以免除此種困難者也。其根據為一試金噸乃常衡一噸 (二〇〇〇磅) 中之金衡盎斯之數。

一噸 為 二〇〇〇磅；

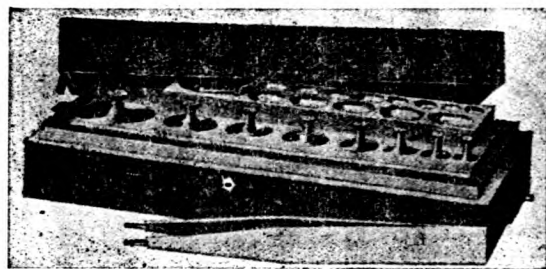
一磅 (常衡) 為 七〇〇〇克冷 (金衡)；

是以一噸 為 一四、〇〇〇、〇〇〇克冷 (金衡)；

一盎斯 (金衡) 為 四八〇克冷；

一四、〇〇〇、〇〇〇以四八〇除之，

得 二九、一六六盎斯 (金衡)。

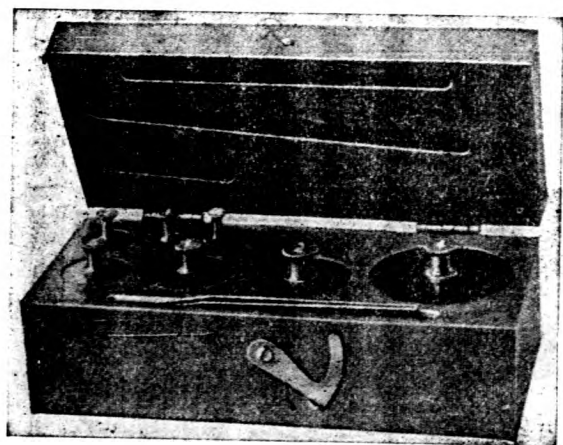


第二十六圖 公分砵碼

以一公釐爲單位，則一試金噸爲二九、一六六公釐，即二九·一六六公分，而一公釐與一試金噸之關係，與一金衡盎斯與二〇〇〇常衡磅之一噸之關係相同。

由上所述，可知如取一試金噸之礦石，而將試金所得金銀，測定重量，以公釐計之，則此重量之數即每噸礦石中所含金衡盎斯之數。

第二十七圖所示爲一組試金噸砝碼。



第二十七圖 試金噸砝碼

第五章 試藥

第一節 試藥

欲知礦石或冶金產物中金銀含量之多寡，先使所含金銀聚入鉛中，成一種合金。此係用坩堝 (crucible) 或煅燒皿 (scorifier) 行之。後再用灰皿 (cupel) 將鉛除去，剩餘者即金銀。用天平權其輕重。再用硝酸或硫酸，將銀質溶解，可得純金。

求盡聚所有金銀於鉛中，必先配合一種合宜之熔劑 (flux)，使鐵物完全熔解，而在熔解時，金銀及鉛所成之合金，因較熔劑爲重，沈降而析出。熔劑係由各種試藥 (reagents) 配合而成。今將常用之試藥列表如下：

第二表 常用試藥表

中	名	化學式	化學名	反應性
氫	化鉛	PbO	鹽基	性
碳	酸鈉	Na ₂ CO ₃	鹽基	性
重	碳	NaHCO ₃	鹽基	性
碳	酸鉀	K ₂ CO ₃	鹽基	性
矽	石	SiO ₂	酸	性
硼	砂	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	酸	性
硼	砂	Na ₂ B ₄ O ₇	酸	性
螢	石	CaF ₂	中	性
石	灰	CaO	鹽基	性
赤	鐵	Fe ₂ O ₃	鹽基	性
鉛		Pb	鹽基	性
酒	石	KHC ₄ H ₄ O ₆	鹽基	性

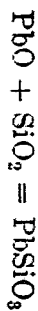
木	炭	0		
焦	煤			
麩	粉			
鉛	熔劑			
黑	熔劑			
黑	熔劑代用品			
硝	化鉀	KON	中	性
鹽	(鉀) 化 鉀	KNO ₃	鹽	基 性
	化 鈉	NaCl	中	性

鉛，如下式所示：
氯化鉛 (litharge) 卽密陀僧。在坩堝中，遇還原劑如木炭 (Charcoal) 等，則生金屬



此種金屬鉛，與貴重金屬相合，成爲合金。

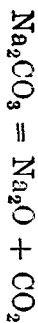
未經還原之氟化鉛與矽石 (silica) 化合，成矽酸鉛 (lead silicate)，如下式所示：



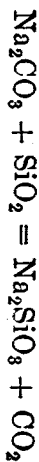
或與硼砂化合，成硼酸鉛。

氟化鉛之熔點，爲攝氏八八四度。

碳酸鈉及重碳酸鈉 碳酸鈉之在坩堝中受熱分解，如下式所示：



惟其溫度須甚高，非平常試金時所易達到。碳酸鈉遇矽石 (silica) 時，受熱分解，成矽酸鈉 (sodium silicate) 及二氟化碳氣。如下式所示：



氟化鈉與氟化矽相合，而成矽酸鈉，極易熔融。氟化鈉別有一種功用，易於與硫化合，成硫化物 (sulphide) 或硫酸化物 (sulphate)，故可作去硫劑。

碳酸鈉之熔點，爲攝氏八一四度。

碳酸鈉之價較高。試金者有時爲省費起見，用重碳酸鈉 (sodium bicarbonate) 代之。但重碳酸鈉熔解時，發出多量之碳酸氣，易令其他物質散失，因之結果不能精確。故仍以用碳酸鈉爲宜。

碳酸鉀 碳酸鉀 (potassium carbonate) 之作用與碳酸鈉相同。熔點爲攝氏八八五度。

矽石 矽石 (silica) 爲最有力之酸性熔劑。鑛石中鹽基性物質，與之化合，成矽酸化合物 (silicate)，爲冶滓 (slag) 之最重要部分。矽石在鑛物中，多少不等。其熔點爲攝氏一七七五度。

硼砂及硼砂晶 硼砂 (borax) 或硼砂晶 (borax glass) 用爲酸性熔劑，惟易與矽石或礬土 (alumina) 化合，致坩堝 (crucible) 被其侵蝕。如鑛石含鋅 (zinc) 時，用氟化硼爲熔劑，或與硼砂合用，則生成一種極易流動之冶滓。惟此物對於黏土坩堝，侵蝕最劇。含硼砂多之冶滓，降冷時偶以利器接觸，即破碎飛散，並易帶有鉛膜一層，致生損失也。

螢石 螢石 (fluorspar) 在試金時，僅偶爾用之。其熔點爲攝氏一三三〇度。既熔之後，質極稀薄，而易流動，且其大部分，不生化學變化。故其所含石灰，不能視爲堪與矽石化合也。因螢石之熔融體，極易流動，故其中每混合多少未經熔解之物質。此所以在試金時，如須令鑛石完全分解，即不

宜用螢石爲熔劑也。

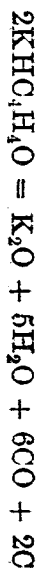
石灰 石灰 (lime) 之熔點甚高，爲攝氏一九〇〇度；但與其他鹽基性物質及矽石相遇時，則成極適宜之熔劑。苦土 (magnesia) 之性質與石質相似，惟其熔點更高，達攝氏二二五〇度。

赤鐵礦 赤鐵礦 (hematite) 與還原劑如木炭等，同置在坩堝中加熱，失其一部分之氧，成爲氯化第一鐵 (ferrous oxide)，此物能與矽石化合。故赤鐵礦可用爲氯化劑。與赤鐵礦性質相似者，有二氯化錳 (manganese dioxide) 及礬土，惟礬土無氯化作用。赤鐵礦熔點爲攝氏一五六〇度。

試鉛 試鉛 (test lead) 在鉛收法試金及灰皿法俱用之。其鉛與空氣中之氯化合，成氯化鉛。在鉛收法中，此氯化鉛之一部分，化氣飛散；其大部分成爲液體，而溶解鑛石中別種氯化物或吸收之，使其懸浮，如是生成所謂氯化物渣滓。其未經氯化之鉛，則聚合金銀，沉澱於下。在灰皿法中，一部分之鉛成氯化鉛而飛散，餘一部分則爲灰皿所吸收。鉛之熔點，爲攝氏三二六度。

酒石 酒石 (argol) 乃重酒石酸鉀 (bitartrate of potassium) 於酒桶中沉澱而成，加熱

則分解。



其所生之碳及一氯化碳(carbon monoxide)，大有還原力。

木炭，焦煤，煤屑，糖，麵粉 均為還原劑，因其含碳或氫，或兼含二者也。

鉛熔劑 鉛熔劑(lead flux)係用於試驗鉛鑛中含鉛量之熔劑，其成分如下：

重碳酸鈉 十六分

碳酸鉀 十六分

硼砂晶 八分

麩粉 四分

以上配分之成分，非一成不變者，可視情形而增減之。

黑熔劑 黑熔劑(black flux)乃用硝酸鉀(potassium nitrate)一分與酒石三分混和後，燃燒而成。試鉛錫兩種金屬時用之。

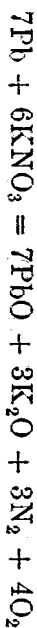
黑熔劑代用品 黑熔劑代用品 (black flux substitute) 乃以麩粉三分與重碳酸鈉十分，混和而成。試錫時用之。

精化鉀 精化鉀 (potassium cyanide) 可用為還原劑，及去硫劑。



精化鉀用於試鉍，鉛，錫，及銻。此物有劇毒，用時須極謹慎。

硝石 硝石 (niter) 乃一種強有力之氯化劑，其對於鉛之作用，如下式所示：



硝石有時亦用為鹽基性熔劑。其熔點為攝氏三三九度。智利硝石 (Chile saltpeter) 有時代硝石用，但因其易於透潮，故不便利。

鹽 鹽 (common salt) 在坩堝中熔融，並不生化學變化，僅作遮蓋用。在攝氏八〇一度時，凝成固體。

試藥之試驗 爲求得精確結果起見，有先行試驗試藥是否純潔之必要。但其方法頗繁。本書爲篇幅所限，姑從略。

第六章 還原及氯化

第一節 還原

定義 在試金術中，還原 (reduction) 之定義，爲用還原劑 (reduction agent) 使一種金屬，從化合物變成純淨金屬。在化學上，還原之定義，爲用還原劑，使一種化合物，從其高級氯化狀態，變爲低級氯化狀態。同時此定義在試金術，亦可應用也。

氯化 (oxidation) 與還原相反。乃由純淨金屬變爲氯化物；或由低級氯化物，變爲高級氯化物之現象，如鉛氯化爲氯化鉛 (lead oxide)，硫 (sulphur) 氯化爲氯化硫 (sulphur oxide)，一氯化鉛 (PbO) 變爲二氯化鉛 (PbO₂) 是也。

還原與氯化兩種反應，在試金過程中，常時遇到。故試金者對於其理論及事實，均須深切認識。在試金術上言及還原及還原劑，大概特指在坩堝中使氯化鉛還原爲鉛一事。所用還原劑有

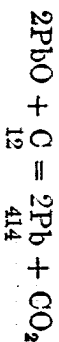
(一) 酒石、(二) 木炭、或焦煤、或煤末、(三) 糖或麵粉。用其一種或數種，加入坩堝中，使生成合宜之鉛珠 (lead button)，以收集貴重金屬於其中。有時礦物本含有還原劑，如硫化物等，不須外加還原劑者，亦有所含還原劑過多，反須加氯化劑 (oxidizing agent)，以減少其還原力者。

用酒石將氯化鉛還原為鉛之化學公式如下：



一公分之酒石從五·九三公分之氯化鉛，得五·五〇公分之鉛。上列之公式，認酒石為最純之重酒石酸鉀 (potassium bitartrate)。普通之酒石中，大概多含有其他之碳化物 (carbonaceous matter)，故其還原力較大。實際上酒石之還原力，一公分可以使自七至九·五公分之鉛還原，其量視酒石之純淨程度而定。

用木炭將鉛還原之公式如下：



一公分之碳，可使三四·五公分之鉛還原。但木炭、焦煤、及煤末，多少含有不生化學作用之灰

質 (ash) 其實在之還原力，大概爲一公分可使自二〇至三〇公分之鉛還原。

一公分之麩粉，可使九至一二公分之鉛還原，其量視麩粉之品質而定。

普通硫化物常存在礦物之內而有相當之還原力者，有下列數種：

磁黃鐵礦 (pyrrhotite, Fe_7S_8)

黃鐵礦 (pyrite, FeS_2)

毒砂 (arsenopyrite, $FeAsS$)

黃銅礦 (chalcopyrite, $CuFeS_2$)

硫銅礦 (chalcocite, Cu_2S)

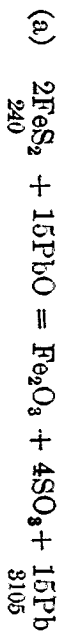
輝銻礦 (stibnite, Sb_2S_3)

方鉛礦 (galena, PbS)

閃鋅礦 (sphalerite, ZnS)

鉛受上列硫化物作用而還原之量，隨硫化物之種類及混和方法而異。後當詳論之。

以黃鐵鑛爲例言之。取此與氯化鉛及碳酸鈉混和而熔之。其變化如下列公式所示。



照上式計算，一公分之黃鐵鑛，可令一二·九公分之鉛還原。用以下配合料即得。

黃鐵鑛 三〇公分

碳酸鈉 一〇公分

氯化鉛 一〇〇公分

如黃鐵鑛與氯化鉛同熔，而不加碳酸鈉，則無上述結果。碳酸鈉爲極強之鹼性鹽基質，引起無水硫酸 (sulphuric anhydride) 之生成，此物與碳酸鈉化合成硫酸鈉 (sodium sulphate, Na_2SO_4)。非普通熔爐之熱所能熔解，常浮在熔劑上，冷時成白色。其熔點爲攝氏八八五度。如將氯化鉛在上述之配合料中減至七〇公分以下，則氯化力減少，黃鐵鑛中之鐵，僅一部分氯化爲第二鐵。其反應如下列二公式所示。



在第一公式，一公分之黃鐵礦，可令一二公分之鉛還原。在第二公式，一公分之黃鐵礦，可令二·九公分之鉛還原。下表所示，為各種還原劑之還原力，係以其在碳酸鈉氯化鉛配合料中，能令鉛還原之公分數計之。

第三表 還原劑之還原力

還原劑	一公分之還原劑令鉛還原之公分數
酒	石 九·六一
麩	粉 一〇·五三
糖	一·七八
木	炭 二六·〇〇
硫	一八·一二

閃	硫	輝	磁	黃
			黃	
錳	銅	銻	鐵	鐵
鑽	鑽	鑽	鑽	鑽
八·一六	四·三八	七·一七	八·七一	一·二·二四

上述各種反應，係就理論方面而言。事實上因鑛物之雜質甚多，每不能如理論上所期望者之準確。雜質中最普通而最易擾亂常態者，為矽石。氯化鉛最易與矽石化合。所得者如為一價矽酸化物 (mono-silicate)，二價矽酸化物 (bi-silicate)，或三價矽酸化物 (tri-silicate)，尚易熔解；如為再高價矽酸化合物，則不易熔解。故一種還原劑（如酒石、硫化物等）與鉛之矽酸化合物同熔時，或與氯化鉛及矽石配合料同熔時，則還原之鉛頗少，其量視矽石之多寡而異；矽石少，所成之矽酸鉛為一價或二價者，則鉛尚多；如矽石多，所成之矽酸鉛在三價以上者，鉛更少矣。因碳化物或硫化物，非在攝氏一千度以上，不能令矽酸鉛還原為鉛也。可知矽酸化合物之價愈高，則還原愈不易。然有時

有其他鹽基質（如氯化鐵，碳酸鈉，氯化鈣等）存在時，矽酸鉛亦可在較低之溫度時還原。惟單有氯化鈣時，不生效力。下列公式，表明此種反應。



硼酸鉛 (lead borate) 或硼酸鈉 (sodium borate) 在攝氏 1100 度，受普通還原劑之作而還原，尚無困難。碳酸鈉對於硫化物還原劑之還原力，雖有大影響，然對於碳質還原劑則否，祇略減少配合料之酸性，使其易於還原耳。

以還原劑一公分，氯化鉛四五公分，碳酸鈉一〇公分，矽石七公分，作成配合料時，各種還原劑之還原力，如下表所示。

第四表 還原劑之還原力

還	原	劑一公分之還原劑令鉛還原之公分數
酒	石	九·六
麩	粉	一〇·九二

糖	一·七四
木	二六·〇八
鐵	九·三〇
硫	一八·一一

用碳質之還原劑時，其配合料之酸性，（由矽石，或硼砂而生，）對於鉛珠之大小，無甚影響，惟須在氯化鉛以外之鹽基質，分量充足，能使所成矽酸化合物分解，且其矽酸化合物祇爲一價者耳。氯化鉛之量，可以影響鉛珠之大小。如碳質還原劑之量有定，則氯化鉛愈多，鉛珠愈大。

用硫化物之還原劑時，其鉛珠之大小，略隨配合料之酸性而定。然鹼性鹽基物之存在，影響尤大，因其引起硫酸化合物之產生，使多量鉛質還原，而硫則成二氯化硫而發散故也。

第二節 氯化

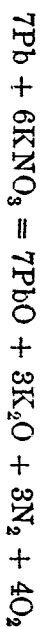
精密試金時，須令鍍物中之雜質氯化。如鍍物不含硫化物，砷化物等過多時，（過多者，謂較所

需以造成應有大小之鉛珠之量爲多也。必用氯化劑以減其還原力，而使其成爲氯化物而揮發，或歸入熔劑中。令雜質氯化，有下列兩種方法：

(一) 加硝酸鉀 (potassium nitrate, KNO_3) 或別種氯化劑於配合料中。

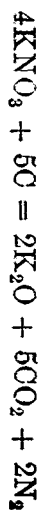
(二) 煅焙礦物，藉空氣中之氯，以令其中之雜質氯化。

硝酸鉀加入配合料中，先與最易被氯化之物如硫化物等起反應。爲便利起見，將硝酸鉀之氯化力，以鉛計之。如用鉛之細末，與硝酸鉀同熔，溫度高至攝氏一〇〇〇度，約歷半小時後，生下式之反應。



依上式，一公分之硝石，可令二·三九公分之鉛氯化。惟由多次實驗，其實在之量，乃二·三七公分。當熔解時，發出之氣體，含一〇·七五%之氯，其餘爲氫，而絕無氯化氫氣。此足以表明硝酸鉀用於坩堝試金時，發生之氯氣，可有不起反應而遊離者。硝酸鉀與還原劑起反應，已如上述，故以鉛計硝酸鉀之還原力，僅爲圖便利之方法而已。在某數種配合料內（例如氯化鉛，硝酸鉀及還原劑

合成者，或氯化鉛，碳酸鈉，硝酸鉀及還原劑合成者）可得理論上之結果。例如硝酸鉀之力，以木炭爲比較，係如下式所示。

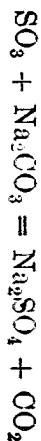


即一公分之硝酸鉀，可令 $0 \cdot 15$ 公分之碳質氯化也。

假設碳質一公分之還原力，爲三四 \cdot 五公分之鉛，則硝酸鉀之氯化力，用鉛計之，爲 $0.15 \times 34.5 = 5.17$ 公分。經十次之試驗，用八十五公分之氯化鉛，一公分之木炭，三公分之硝酸鉀混合，再用五公分之氯化鉛蓋住，其結果與此相仿，表明硝酸鉀之氯化力爲五 \cdot 一〇公分之鉛。木炭之還原力，係用上述之配合料，除去硝酸鉀，經五次之試驗而測定之。

此種試驗用不純潔之木炭亦可，例如用一公分，可令二六公分鉛還原之木炭，則其中含 $2.60 \div 3.45 = 0.765$ 公分之純碳。如用三公分之硝酸鉀，加在此種配合料中，則可有還原力之碳，實數爲 $0.765 - (3 \times 0.15) = 0.315$ 公分，可令 $34.5 \times 0.315 = 10.75$ 公分之鉛還原。則硝酸鉀之氯化力，以鉛計之，爲 $(26 - 10.75) \div 3 = 5.12$ 公分。

鑛物中如有硫化物，氯化劑恆用硝石。下列公式，表示在氯化鉛碳酸鈉配合料中之反應。



即一公分之硝石，可令〇・三九公分之黃鐵鑛氯化也。

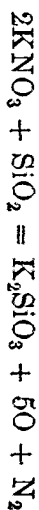
在氯化鉛碳酸鈉配合料中，一公分之黃鐵鑛，可令一二・二二公分之鉛還原；故一公分之硝石，在此例中，將令 $12.22 \times 0.39 = 4.76$ 公分之鉛氯化。下表詳示硝酸鉀在其遇各種還原劑時氯化力之實數。

第五表 硝石之氯化力

還	原	劑	硝石之氯化力以鉛計之
黃	鐵	鑛	四・七三公分
木		炭	五・一五公分
麩		粉	五・〇九公分
酒		石	四・七六公分

由此可知硝酸鉀之氯化力，隨還原劑而異也。

如配合料中，含有氯化矽，或無水矽砂，則上表所列數目，不能作準；因此種物質，可令硝酸鉀中之氮遊離故也。此遊離氮之量，大概隨溫度升高之情形而異。然氯化矽與硝酸鉀相遇，當氯化鉀與木炭化合之溫度，或氮與碳化合之溫度，亦起作用，而令氮氣遊離。硝酸鉀熔點為攝氏三三九度；惟其所含之氮，非至攝氏五三〇度，不遊離。木炭着火之溫度，為攝氏三四〇度至七〇〇度，視環境溫度之高低而異。氯化矽與硝酸鉀開始化合之溫度，為攝氏四五〇度；其變化如下列公式所示。

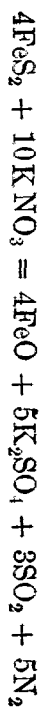


當坩堝中溫度漸昇至黃熱時，氮氣在攝氏四〇〇度至五〇〇度之間，遊離而出。攝氏五〇〇度，可作木炭開始氯化之平均溫度。

硝酸鉀與黃鐵鑛或酒石化合之溫度，與其熔點相近。

當用木炭為還原劑時，在含氯化矽之配合料中，硝酸鉀之氯化力為自三·七至四·二公分，平均為四公分。此較在氯化鉛碳酸鈉配合料中低一·一公分。當用硫化物為還原劑時，雖有氯化

砂或無水硼砂，硝酸鉀之氯化力，減低甚微。如用黃鐵礦以定硝石之氯化力，用鉛爲標準，則硫化物在各種配合料中，還原力之變化，必須計及。例如配合料中含多量之氯化矽時，大部分之碳酸鈉被吸收而成矽酸化物，只餘少量，由黃鐵礦之氯化而成硫酸化物。黃鐵礦之還原力，前言爲九公分之鉛。在此配合料中，硝酸鉀與黃鐵礦之反應如下：



卽一公分之硝酸鉀可令○·四七五公分之黃鐵礦氯化也。若以鉛計之，則硝酸鉀之氯化力爲 $9 \times 0.475 = 4.275$ 公分。實際上較此數僅稍少，因氮遊離者甚少也。實驗所得之數爲四·二〇公分。

由上所述，可知硝酸鉀之氯化力，視配合料之性質而異。例如還原劑爲黃鐵礦時，自在酸性配合料中之四公分，至在鹽基性配合料中之四·七六公分。如還原劑爲別種硫化物時，其差異更大。試金者常預將硝酸鉀與鹽基性較重之配合料熔化，以定礦物之還原力。然後用此數計算，在最後配合料中應用硝酸鉀幾何。此種配合料，常係酸性甚重者。前後結果常不同，則因硝酸鉀之氯化力，

與鑛物之還原力，視配合料之酸性或鹽基性而大異故也。

設預先試驗之結果，知一種近於純淨之黃鐵鑛之還原力，為一二公分之鉛。則在最後之配合料中，用半試金噸之鑛石，將令 $12 \times 15 = 180$ 公分之鉛還原。從此數中，將鉛珠應有之重量二〇公分除去。其餘一六〇公分之鉛，必須氯化。於是必須加入四〇公分之硝酸鉀。但最後配合料屬酸性，故其中黃鐵鑛之還原力，每公分僅有一〇公分之鉛，而半試金噸之總數，為一五〇公分之鉛。於是加入四〇公分之硝石後，遂無鉛珠可得。應用之硝酸鉀之氯化力，為 $(12.10) \times 4 = 48.4$ ，而加入三一公分之硝酸鉀。如是可得適當之鉛珠。黃鐵鑛之還原力，每公分自九至一二·二之鉛，視配合料是否為酸性及是否含碳酸鈉不多而異。計算應用硝酸鉀之量，最佳之法，係使預試之配合料，與最後之配合料，性質相仿，再以四至四·二公分鉛，為硝酸鉀氯化力之標準。下列兩種配合料，用以測定氯化力及還原力，最為相宜。

黃鐵鑛	五公分
氯化砒	八公分

預試料第一種含

氯化鉛	一〇〇公分
-----	-------	-------

碳酸鈉	一二公分
-----	-------	------

上蓋無水硼酸

預試料第二種含

黃鐵鑛	五公分
-----	-------	-----

氯化矽	八公分
-----	-------	-----

氯化鉛	一〇〇公分
-----	-------	-------

碳酸鈉	一二公分
-----	-------	------

硝酸鉀	三公分
-----	-------	-----

上蓋無水硼砂

用上列第一種預試料與第二種預試料，所得鉛珠重量之差，以三除之，其商數為硝酸鉀在此種配合料中之氯化力。用第一種預試料，所得鉛珠之重量，以五除之，其商數為鑛物之還原力。

預試料第三種含

黃鐵礦	.....	五公分
氯化鉛	.....	一〇〇公分
碳酸鈉	.....	一二公分
上蓋食鹽		

在第三種預試料中，礦物之還原力，較在第一種預試料中為大。測定酒石及木炭之還原力，特配下列之兩種預試料。

預試料第四種含

氯化砒	.....	五公分
氯化鉛	.....	六〇公分
碳酸鈉	.....	一〇公分
酒石	.....	二公分
上蓋無水硼砂		

預試料第五種含

氯化矽	五公分
氯化鉛	六〇公分
碳酸鈉	一〇公分
木炭或焦煤或煤末	一公分
上蓋無水硼酸	

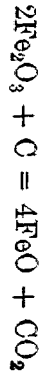
測定硝酸鈉之氯化力，特配下列之預試料。

預試料第六種含

氯化矽	五公分
氯化鉛	六〇公分
碳酸鈉	一〇公分
木炭或焦煤或煤末	一公分
硝酸鉀	三公分
上蓋無水硼酸	

其結果之計算法，與前黃鐵礦同。

某數種鹽基性礦物，有微弱之氟化力，故有時用常量之還原劑，而所得之鉛珠太小。此種礦物中之氟化成分，大概為赤鐵礦（hematite），磁鐵礦（magnetite），及二氟化錳（manganese dioxide）。其反應如下式所示。



一公分之紅鐵礦，須用○·○三七公分之碳，始還原為氟化第一鐵（FeO）。

如礦物之大部分屬鹽基性時，則測定其氟化力，特配下列之配合料。若其中氟化矽太多，則配合料中之氟化矽量，應當減少。

配合料	礦物.....一試金噸
氟化鉛	碳酸鈉.....二〇公分
氟化矽	.....九〇公分
氟化矽	.....一五公分

煤……………一分
上蓋無水硼酸

第七章 坩堝試金術及試金冶滓

第一節 坩堝試金術

鑛物與熔劑之混和 在行坩堝試金術 (crucible assay) 時，最重要者，爲使被試驗之鑛物，與配合之熔劑，密切混和；卽每一個鑛石分子須與一個或數個之熔劑分子相接觸，蓋貴重金屬之能析出，全恃其對於鉛之化學愛力故也。受試驗之鑛石，必須軋碎，能穿過每英寸八十絲至二百絲之篩孔，方爲合宜。

坩堝中鑛石變化 鑛石在坩堝中所生變化，隨下列諸種原因而異。

一、鑛石粉之細度 有時磨粉稍粗已能使貴重金屬，完全脫離附合之廢物。有時雖碾磨至極細，而貴重金屬仍混雜在廢物中。

二、貴重金屬之原狀 貴重金屬如與他物化合，必須在化合物分解後，方易與鉛成爲合金。

三、冶滓之物理的性質 此指冶滓之生成點 (formation point) 及其在到生成點之溫度後，并在過熱後之流動性等而言。

四、冶滓之化學的性質 此指冶滓之鹽基性或酸性，及其中鹽基質（最堪注意者，為銅，鋅，錒，錳，鐵等）之性質等而言。

當坩堝中物質開始熔融時，若隨取坩堝敲碎，則見其中有雜合物質，其中布滿微細或較粗之鉛粒。其較大之鉛粒，係由溫度漸高時，坩堝內物質，漸漸熔化，最微細之鉛粒，逐漸下沉團結而成。貴重金屬，在此時期，是否完全被鉛質所吸收，全恃上述之四項情形而定。炭質開始令氯化鉛還原為鉛時，溫度為攝氏五三〇度至五五五度，距氯化鉛之熔點攝氏八八四度尚遠。一種矽酸鹽硼酸鹽 (silicate-borate $PbO, Na_2O, 4SiO_2, 2B_2O_3$) 之生成點，為攝氏五九〇度。

在坩堝之配合料中，如含有氯化矽，各種鹽基質，及無水硼砂，則先生成生成點最低之矽酸鹽硼酸鹽；在造成此生成點最低之化合物所需以外，尚有餘存之氯化矽及鹽基質；當溫度升高時，吸收氯化矽或鹽基質，或一齊吸收之。如溫度之升高，不足以致此，則氯化矽及鹽基質無變化，而雜在

所成之矽酸鹽硼酸鹽中。如所成之矽酸鹽硼酸鹽較多時，則其結果物爲不完全不勻整之冶滓。如過量之氯化矽及鹽基質較多時，則其結果物，爲未全溶解之玻璃料。

今舉一最簡單但最常見之例。卽鑛物在壓碎時，其中之金完全遊離者。在低溫度時，還原之鉛分子，一經生成，與金分子相合，沉至坩堝之底。此際鑛物之全部熔化及化學的分析，不關重要。再舉一最普通之例言之，卽貴重金屬，不能於壓碎時，盡數遊離者。此際貴重金屬被包在雜質中，非在鑛石完全化學分解後，不能與已還原之鉛混合，而被吸收。如鉛質下沉太速，則必有一部分貴重金屬，遺留在冶滓之內。欲免此弊，可用下列方法。

(一) 將鑛石碎至極細，使金屬多與雜質分離。

(二) 選定一種冶滓，具有適宜之物理學性質者，卽其生成點甚低，而在近生成點時，成爲粘質者。

(三) 在試金開始之時，加熱頗緩，令鑛石熔融不速，故鉛珠下沉，不至有過速之弊，而貴重金屬與鉛珠相遇之機會較多。

坭塢 美國試金者通用火泥坭塢。科羅

拉多(Colorado)省產坭塢火泥之成分如下：

燃燒損失

一〇・一四

鋁

一五・〇九

矽

七一・八一

氯化第二鐵

一・七五

氯化鈣

〇・一四

氯化鎂

〇・〇五

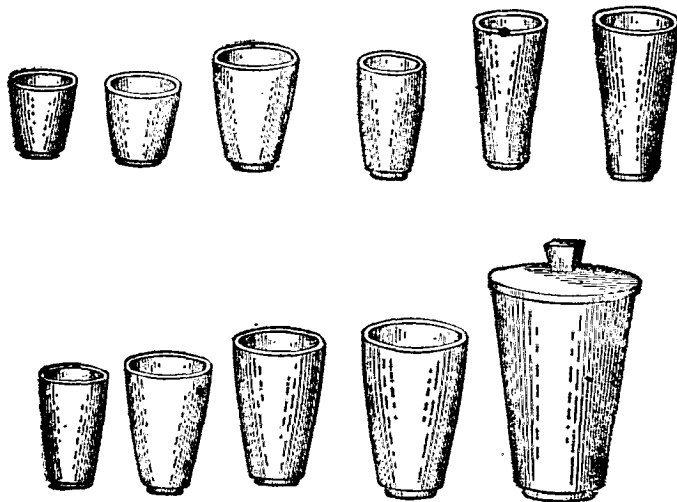
鹼質

一・〇二

坭塢係依公容量分別等級，即以其所

能容與適當分量之熔劑之鑽石重量公分數

計之。主要之等級爲五，一〇，一二，一五，二〇，三



第二十八圖 火 泥 坭 塢

○及四○公分等；其中最常用者爲二○及三○公分兩式。二○公分者適於○·五試金噸之熔金；三○公分者適於一試金噸之熔金。第二十八圖所示，爲坩堝之各種形式。

第二節 冶滓

冶滓 坩堝試金，所生冶滓，大都含有金屬冶滓鹽基之矽酸鹽或硼酸鹽。雖其質地整齊，然成爲化合物者甚少。常可視爲固溶體(solid solution)。凡結晶體之混合物，及不結晶之玻璃狀物，皆屬之。例如氯化鉛與氯化矽相遇，成爲某數種矽酸鹽化合物，但其實在情形，不得而知，僅從其冷卻線(cooling curve)上或可定其中之一種之公式爲 Pb_2SiO_4 耳。此種矽酸鹽，在某種情形中，堪以溶解氯化鉛或氯化矽，成爲固溶體。在此種固溶體中，如所含氯化矽量超過一一·九四%與 Pb_2SiO_4 相當，則物質呈玻璃狀。

同乎此者，一切普通鹽基，如氯化鈉(Na_2O)，氯化鉀(K_2O)，氯化鐵(FeO)，氯化鈣(CaO)，氯化鎂(MgO)，氯化鋁(Al_2O_3)，氯化鋅(ZnO)，及氯化錳(MnO_2)，所成矽酸鹽，熔融時，互相溶解，迨

凝固，則成複雜之結晶體混合物，或玻璃狀之固溶體。故試金治滓，常為一種複雜固溶體。硼酸或鹼性硼酸鹽，與氯化矽之反應相同。如試金配合料中，含有硼砂，則所成之治滓，為複雜之固溶體，含有氯化鉛，氯化鐵，氯化鈣等之矽酸鹽或硼酸鹽，視鑛石所含鹽基質，及所用之熔劑而異。矽酸鹽以鹽基之氯與酸之氯之比例，而定其價。其在化學上之分類，如下表所示。

第六表 矽酸鹽之價

名	稱鹽基之氯與酸之氯之比	例
Orthosilicate	1 : 1	$MgO \cdot FeO \cdot SiO_2$
Metasilicate	1 : 2	$MgO \cdot CaO \cdot 2SiO_2$
Sesquisilicate	1 : 3	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
Basilicate	1 : 4	$CaO \cdot 2SiO_2$

在冶金學上，矽酸鹽之分類，亦以鹽基之氯與酸性之氯之比為標準，但稍有不同，列表如下，本書所用者即此。

第七表 矽酸鹽之價

名	稱	公式	RO (鹽基)	公式	R ₂ O ₃ (鹽基)
Subsilicate		4RO · SiO ₂		4R ₂ O ₃ · SiO ₂	
Monosilicate		2RO · SiO ₂		2R ₂ O ₃ · 3SiO ₂	
Sesquisilicate		4RO · 3SiO ₂		4R ₂ O ₃ · 9SiO ₂	
Basilicate		RO · SiO ₂		R ₂ O ₃ · 3SiO ₂	
Trisilicate		2RO · 3SiO ₂		2R ₂ O ₃ · 9SiO ₂	

硼酸鹽亦可依同法分類。

普通言之，矽酸鹽之價愈高，則混合物之熔化愈難；又多數鹽基之混合物，比少數者為容易熔。惟以上所述，非無例外，蓋有時二價矽酸鹽 (basilicate)，三價矽酸鹽 (trisilicate)，熔點反較相當一價矽酸鹽 (monosilicate) 為低也。又鹽基之性質如何，對於矽酸鹽之熔點，亦有影響。如氯化鉛，氯化鈉，氯化鉀所成之矽酸鹽，甚易熔化；氯化鐵及氯化錳所成之矽酸鹽，尚易熔化，氯化鋁，氯化

化鈣、氯化鎂，所成之矽酸鹽則難熔。惟如將以上各種鹽基之矽酸鹽混和，互相溶解，成一種質地整齊之凝結物，則熔點常降低。矽酸鹽混合物，實可與合金等樣觀之；故矽酸鹽混合物可有最低熔點混合物 (eutectic mixture)，即由兩種或多種矽酸鹽所合成，其熔點較任何一種成分之熔點為低者也。

最低熔點混合物，含二〇%之斑輝石 (hypersthene) (即鐵之二價矽酸鹽) 及八〇%之蓋微輝石 (rhodonite) (即錳之二價矽酸鹽)。其熔點為攝氏九八五度，遠較任何一種成分之熔點為低。

在 CaSiO_3 及 Na_2SiO_3 之混合物中，最低熔點混合物，含八〇%之 Na_2SiO_3 及二〇%之 CaSiO_3 ，其熔點為攝氏九二〇度，在 Na_2SiO_3 之熔點 (一〇一〇度) 及 CaSiO_3 之熔點 (一五〇五度) 之下也。

試金冶滓舉例 有一種冶滓，具有低生成點，而在此溫度 (約攝氏五九〇度) 現高度之粘性 (viscosity)，其成分為 $\text{PbO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 。

從原子量計算，知下列之配合料，可得此治滓。

氟化鉛 三三·三公分

氟化矽 三六·二公分

無水硼砂 三〇·四公分

又有一種治滓，其熔點爲攝氏七四〇度。其公式爲 $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{PbO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ ，宜於明礬礦 (aluminous ore) 之試金。用下列配合料，可生此種治滓。

氟化鉛 二四·九公分

氟化鋁 一一·五公分

氟化矽 四〇·七公分

無水硼砂 二二·九公分

用無水硼砂以代替上列治滓中之一部分之氟化矽，則其生成點降低，顯然可見。

第八表 治滓

公	式	矽酸鹽之價格	點(攝氏)	備	致
(1)	$2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	一	價	一〇七〇	玻璃狀，無色，透明。
(2)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$	二	價	一〇九〇	石狀，白色，結晶。
(3)	$2\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$	一	價	一〇三〇	玻璃狀，淡黃色，透明。
(4)	$\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$	二	價	一〇五〇	玻璃狀，淡黃色，透明。
(5)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$	一	價	一〇七〇	甚流動，石狀，黑色。
(6)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{FeO} \cdot 2\text{SiO}_2$	二	價	一〇七〇	玻璃狀，黑色。
(7)	$\text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$	一	價	一一〇〇	樹脂狀，黑色。
(8)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$	一	價	一〇二〇	玻璃狀，黃綠色。
(9)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot 2\text{SiO}_2$	二	價	一〇三〇	玻璃狀，黃綠色。
(10)	$2(\text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{CaO}) \cdot 3\text{SiO}_2$	一	價	一一一〇	玻璃狀，黑色。
(11)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$	一	價	一〇三〇	玻璃狀，黑色，含方形結晶。
(12)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2$	二	價	一一〇〇	玻璃狀，黑色。
(13)	$2(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{CaO}) \cdot 3\text{SiO}_2$	一	價	一〇九〇	石狀，淡黃色。

(14) $2(Na_2O \cdot FeO \cdot CaO) 3SiO_2$	1	價	1150	有粘性，石狀，灰棕色。
(15) $2(Na_2O \cdot PbO \cdot FeO) 3SiO_2$	1	價	1030	玻璃狀，黑色。

氯化鈣，氯化鐵，氯化鎂，氯化錳，氯化鋇，氯化鋁等鹽基，或多或少，常存在於各鑛石中。氯化矽尤為處處有之。故所得治滓，必有如上表所舉者。易熔之氯化鉛及氯化鈉，常使治滓之生成點降低。如治滓之配合，為一定之比例，則既知鑛石之大概成分後，即可加入過量鹽基性或酸性之熔劑，使成一種適宜之治滓，恰如所預定者。最適宜之治滓成分，大概為一價矽酸鹽或三二價矽酸鹽，間有為二價矽酸鹽者，惟甚少。鑛石若為鹽基性，治滓宜成二價矽酸鹽，庶使鑛石得以完全分解；若鑛石近酸性，則治滓宜成一價矽酸鹽，或竟不及一價。

用下表，可節省計算治滓之工作。

第九表 治滓之計算

單位分子鹽基比率 例如 $PbO : Na_2O : FeO, etc = 1 : 1 : 1$	所 需 其 他 鹽 基 量						生成一價矽酸鹽 所需氯化矽量
	所	需	其	他	鹽	基	
(以重量計)	Na_2O	PbO	CaO	Al_2O_3	FeO	ZnO	
Na_2O	1.0000	3.5900	0.9031	1.6461	1.1601	1.3111	0.486
PbO	0.279	1.0000	0.2520	0.4590	0.3333	0.3650	0.136
FeO	0.862	3.0950	0.7790	1.4190	1.0000	1.1300	0.419
CaO	1.108	3.9760	1.0000	1.8230	1.2840	1.4520	0.539
Al_2O_3	0.608	2.1810	0.5490	1.0000	0.7050	0.7970	0.886
CaO	0.780	2.8010	0.7040	1.2840	0.9050	1.0230	0.379
ZnO	0.763	2.7380	0.6890	1.2550	0.8850	1.0000	0.371

當計算二價矽酸鹽時，所需氯化矽之量，可先計算一價矽酸鹽所需之量，以二乘之即得。反是計算一價矽酸鹽時，如已知二價矽酸鹽所需氯化矽之量，以二除之，即得應用之氯化矽之量。計算其他各價之矽酸鹽時，可以類推。

試金治淨計算法舉例 今試計算一種配合料，可生成一價矽酸鹽 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot$

$\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ 者。

用十公分之 Na_2O 為單位，查上表所載，知所需各種材料如下：

Na_2O $10 \times 1 = 10.0$ 公分

PbO $10 \times 3.59 = 35.9$ 公分

FeO $10 \times 1.16 = 11.6$ 公分

CaO $10 \times 0.903 = 9.03$ 公分

所需之氟化矽如下：

對於 Na_2O $10 \times 0.486 = 4.86$ 公分

對於 PbO $35.90 \times 0.136 = 4.86$ 公分

對於 FeO $11.60 \times 0.419 = 4.86$ 公分

對於 CaO $9.03 \times 0.539 = 4.86$ 公分

總數

19.44 公分

所需之氯化矽量，又可由先計算合於一種鹽基者，然後以在鹽基中氯之分子之數乘而得之。在計算配合料之先，須知氯化鈉，係由重碳酸鈉 (NaHCO_3) 所供給，其中僅含四〇%之氯化鈉；而氯化鐵 (FeO) 則由一種鐵礦所供給，其成分為三二氯化鐵 (Fe_2O_3) 八〇%，氯化矽一七%；氯化鈣由石灰石供給，此物殆不含雜質。

此外必須造成一相當之鉛珠；故應額外多加氯化鉛，使氯化鉛還原，須用煤末。煤末有用於令三二氯化鐵還原為氯化鐵者，故須照下列計算。需十公分之 Na_2O ，應用 $(10 \div 40) \times 100 = 25$ 公分之 NaHCO_3 。

PbO 含九二%之鉛；故欲得二〇公分鉛珠，應用 $20 \times 100 \div 92 = 22$ 公分之 PbO ，連作成矽酸鹽所需之三五·九公分，總共為 $35.9 + 22 = 57.9$ 公分。

今需一一·六公分之 FeO 。查 Fe_2O_3 含九〇%之 FeO ，礦石含八〇%之 Fe_2O_3 ，故應用 $(11.6 \times 100 \div 90) \times 100 \div 80 = 16.1$ 公分之礦石。

石灰石含五四%之 CaO ，故應用 $9.03 \times 100 \div 54 = 16.7$ 公分之石灰石。

所用之煤末，其還原力為一公分可使二〇公分之鉛還原者。

碳與三氧化鐵之反應，如下式所示。



1 公分之 Fe_2O_3 需 $12 \div 320 = 0.037$ 公分之碳。但所用之煤末，力量僅得木炭之 $20 \times 100 \div 34.4 = 58\%$ ，故應用 $0.037 \times 16.1 \times 801 \div 0.56 = 0.82$ 公分之煤末，方能使一六·一公分之 Fe_2O_3 還原。此外尚須加用一公分，以便氯化鉛還原而得二〇公分之鉛珠。故所需之煤末，總計為一·八二公分。

因鐵鑛石內含有氯化矽，其量必須從計算所需之氯化矽量內扣除。在鐵鑛石內之氯化矽，為 $16.1 \times 17 \div 100 = 2.74$ 公分。

於是改正之配合料為：

重碳酸鈉 (NaHCO_3)

二五公分

氯化鉛 (PbO)

五七·九公分

三二氯化鐵礦石 (Fe_2O_3)

一六·一公分

石灰石 (CaCO_3)

一六·七公分

氯化矽 (SiO_2)

一六·七公分

煤末

一·八二公分

上蓋食鹽

今再將由含石英九五%之礦石，作成同樣冶滓（即 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{PbO} \cdot \text{FeO} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ）計算之法，敘述如下：

設用一試金噸之礦石。取整數為三〇公分，含 $30 \times 95 \div 100 = 28.5$ 公分之氯化矽。將此量等分成四部分，與四種鹽基相配，成一價矽酸鹽。每一部分為七·一公分。

七·一公分之 SiO_2 須配以 $7.1 \times 2.07 = 14.7$ 公分之 Na_2O

七·一公分之 SiO_2 須配以 $7.1 \times 7.36 = 52.25$ 公分之 PbO

七·一公分之 SiO_2 須配以 $7.1 \times 2.40 = 17.04$ 公分之 FeO 。

七·一公分之 SiO_2 須配以 $7.1 \times 1.86 = 13.20$ 公分之 CaO 。

需用之 Na_2HCO_3 爲 $14.70 \times 100 \div 40 = 37$ 公分。

需用之 PbO 爲 $52.25 + 22 = 74.25$ 公分。

需用之菱鐵礦 (siderite, FeCO_3) 爲 $17.04 \times 100 \div 62 = 27$ 公分。

需用之石灰石爲 $13.2 \times 100 \div 54 = 24.4$ 公分。

完全之配合料爲：

礦石

一試金噸

重碳酸鈉 (NaHCO_3)

三七公分。

氯化鉛 (PbO)

七四公分。

菱鐵礦 (FeCO_3)

二七公分。

石灰石 (CaCO_3)

二四·五公分。

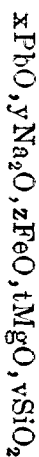
煤末

一公分。

上蓋食鹽

在前一例中，礦石係鹽基性（赤鐵礦及石灰石），而在後一例中，礦石係酸性（石英），但所得之治滓則同。可見治滓為不變之成分。視礦石之性質如何，加適量之合宜熔劑，得使所成治滓，成分大略相等。以上所舉兩例，內含四種鹽基（即 $PbO \cdot Na_2O \cdot FeO \cdot CaO$ ），其量依單位分子鹽基比率。但試金者，普通不用 CaO 或 FeO 為熔劑。治滓內之有此兩種物質，均自礦石中來。平常所用熔劑，限於三種，即 $PbO \cdot Na_2O$ 及 K_2O 是。故當取大部分為氯化矽之鑽石，行試金時，所成治滓，大概為氯化鉛及碳酸鈉之一價矽酸鹽及硼酸鹽。

上列試金治滓表，所列諸鹽基，均僅為依單位分子比率而存在者。然礦物中含有多種鹽基時，不定依單位分子比率，故治滓之公式，應如下列普通之式：



如為一價矽酸鹽，式中各英文字，可視為代表氯之係數，則 $x + y + z + t + v$ 。欲得一生成

點較低之冶滓，則難熔之鹽基之係數，如 CaO , MgO , Al_2O_3 等，將較易熔之鹽基之係數，如 PbO , Na_2O 及 FeO 等為小。

在試金術上，不能在試知其中有無金銀之先，將鑛物分析。試金者必具有巖石學及礦物學智識，對於礦物有相當之認識。不難一見某礦石，即知其為石灰石或白雲石 (dolomite)，或能辨明其中含有褐鐵鑛 (limonite)，或赤鐵鑛，或硫化鐵；或能識其中有無氯化鎂，氯化鋇 (baryta)，及別種鹽基質存在，并其比量如何。

下列係砂質鑛及鉛錫鑛之分析表：

第十表 砂質鑛物之分析

成	分	第一種	第二種	第三種	第四種	第五種	第六種
金		一·三六英兩	〇·八五英兩	三·三五英兩	二·〇〇英兩	〇·七八英兩	〇·九〇英兩
銀		二·〇〇英兩	六·〇八英兩	一·七五英兩	〇·六二英兩	一·〇〇英兩	……英兩
氯化砂		六五·三八%	八〇·〇〇%	八〇·九〇%	八四·八〇%	七七·三八%	九三·七二%

鐵	一三・四〇%	七・五〇%	九・九四%	七・五〇%	三・五四%	二・六七%
硫	一一・四〇%	四・四〇%	四・五三%	〇・七五%	四・四二%	〇・六九%
神	〇・九〇%	二・〇〇%	〇・二九%	〇・〇〇%	〇・五五%	〇・〇二%
錳	微跡	跡	微跡	跡	微跡	〇・〇八九%
錫	〇・〇〇三%	微跡	〇・〇〇七%	微跡	……	……
鋅	……	……	……	……	……	……
銅	〇・〇二%	〇・〇〇四%	〇・〇一三%	〇・〇〇八%	微跡	……
錳	微跡	〇・五四%	微跡	〇・九六%	……	〇・八二%
氯化鋁	五・四三%	一・七九%	一・七〇%	一・〇二%	二・八〇%	三・五三%
氯化鈣	二・一〇%	一・七〇%	〇・五〇%	〇・九〇%	〇・五六%	……
氯化鎂	〇・二〇%	……	微跡	……	微跡	……

第十一表 鉛錫鑛之分析

第十二表 赤鐵鑛之分析

成	分	第一		第二		第三	
		種	第	種	第	種	第
成	化	砂	一	砂	二	砂	三
第一	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第二	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第三	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第四	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第五	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第六	化	錫	一	錫	二	錫	三
第七	化	磷	一	磷	二	磷	三
第八	化	水	一	水	二	水	三
第九	化	砂	一	砂	二	砂	三
第十	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第十一	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第十二	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第十三	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第十四	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第十五	化	錫	一	錫	二	錫	三
第十六	化	磷	一	磷	二	磷	三
第十七	化	水	一	水	二	水	三
第十八	化	砂	一	砂	二	砂	三
第十九	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第二十	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第二十一	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第二十二	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第二十三	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第二十四	化	錫	一	錫	二	錫	三
第二十五	化	磷	一	磷	二	磷	三
第二十六	化	水	一	水	二	水	三
第二十七	化	砂	一	砂	二	砂	三
第二十八	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第二十九	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第三十	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第三十一	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第三十二	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第三十三	化	錫	一	錫	二	錫	三
第三十四	化	磷	一	磷	二	磷	三
第三十五	化	水	一	水	二	水	三
第三十六	化	砂	一	砂	二	砂	三
第三十七	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第三十八	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第三十九	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第四十	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第四十一	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第四十二	化	錫	一	錫	二	錫	三
第四十三	化	磷	一	磷	二	磷	三
第四十四	化	水	一	水	二	水	三
第四十五	化	砂	一	砂	二	砂	三
第四十六	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第四十七	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第四十八	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第四十九	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第五十	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第五十一	化	錫	一	錫	二	錫	三
第五十二	化	磷	一	磷	二	磷	三
第五十三	化	水	一	水	二	水	三
第五十四	化	砂	一	砂	二	砂	三
第五十五	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第五十六	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第五十七	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第五十八	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第五十九	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第六十	化	錫	一	錫	二	錫	三
第六十一	化	磷	一	磷	二	磷	三
第六十二	化	水	一	水	二	水	三
第六十三	化	砂	一	砂	二	砂	三
第六十四	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第六十五	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第六十六	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第六十七	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第六十八	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第六十九	化	錫	一	錫	二	錫	三
第七十	化	磷	一	磷	二	磷	三
第七十一	化	水	一	水	二	水	三
第七十二	化	砂	一	砂	二	砂	三
第七十三	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第七十四	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第七十五	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第七十六	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第七十七	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第七十八	化	錫	一	錫	二	錫	三
第七十九	化	磷	一	磷	二	磷	三
第八十	化	水	一	水	二	水	三
第八十一	化	砂	一	砂	二	砂	三
第八十二	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第八十三	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第八十四	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第八十五	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第八十六	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第八十七	化	錫	一	錫	二	錫	三
第八十八	化	磷	一	磷	二	磷	三
第八十九	化	水	一	水	二	水	三
第九十	化	砂	一	砂	二	砂	三
第九十一	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三
第九十二	化	鋁	一	鋁	二	鋁	三
第九十三	化	鎂	一	鎂	二	鎂	三
第九十四	化	鈣	一	鈣	二	鈣	三
第九十五	化	鉛	一	鉛	二	鉛	三
第九十六	化	錫	一	錫	二	錫	三
第九十七	化	磷	一	磷	二	磷	三
第九十八	化	水	一	水	二	水	三
第九十九	化	砂	一	砂	二	砂	三
第一百	化	鐵	一	鐵	二	鐵	三

第二	氮	化	鐵	七三・六八%
氮	化	鋁	五・〇三%	
二	化	鈣	〇・五七%	
磷	化	錳	〇・一九%	
			〇・一〇一%	

第十三表 石灰石之分析

成	分	一・九四%	
氮	化	砂	〇・六八%
氮	化	鐵	〇・一八%
氮	化	鎂	五三・六一%
氮	化	鈣	四三・八一%
水		碳	〇・一一%

從上列各種分析，可知何為幾種主要鹽基性，并可知鑛物之屬於酸性，及屬於鹽基性者之情形。如有硫化物存在，則經氯化後，須用熔劑，將遺留之氯化物除去。

有時冶滓，宜在硼酸鹽及矽酸鹽外，另成一種氯化物。此須在無氯化矽時，或在用過量之氯化鉛時方可。氯化鉛之熔點，為攝氏八八四度，能溶解或保有某數種金屬之氯化物。

成一價矽酸鉛及碳酸鈉之配合料，（用單位分子鹽基比率，）如下：

氯化矽或石英鑛

○・五試金噸

Na_2CO_3

三九公分

PbO

五五公分

上蓋無水硼砂

成二價矽酸鹽之配合料如下：

氯化矽或石英鑛

○・五試金噸

NaHCO_3

二〇公分

PbO

二八公分

上蓋無水硼砂

設鉛珠重二〇公分，則全部配合料如下：

第一種一價矽酸鹽

第二種三二價矽酸鹽

第三種二價矽酸鹽

鑽石(石英)〇・五試金噸

鑽石(石英)〇・五試金噸

鑽石(石英)〇・五試金噸

Na_2CO_3

二六公分

Na_2CO_3

一一〇公分

Na_2CO_3

一四公分

PbO

七七公分

PbO

六〇公分

PbO

五〇公分

煤末

一公分

煤末

一公分

煤末

一公分

上蓋無水硼砂

上蓋無水硼砂

上蓋無水硼砂

上列三種配合料，均可產生最滿意之冶滓。如鑛物之成分，恰如上述，第三種配合料，價值最廉，第二種應用最廣。

冶滓之色 從冶滓之色，可略知所含成分。普通冶滓之色，自淡綠至深綠，以至黑色，乃視所含

矽酸第一鐵之多少而異。如冶滓中缺乏鐵質，則黃色，即矽酸鉛之本色轉顯；或作白色，灰色，或無色，是乃由其氯化鈣，氯化鎂，氯化鋅等所致。銅令冶滓現紅色，由矽酸化第一銅(cuprous silicate)所致。鈷令冶滓現藍色，由鈷(cobalt)所致。

第八章 灰皿鍊金法

灰皿法 灰皿法之目的，在使金銀等與鉛合金中之鉛，先氯化為氯化鉛，其一部分（九八·五%）被灰皿吸收，其餘（一·五%）揮發，於是合金中之金銀，成小珠（bead）而遺留。此種試金法係用灰皿行之，故名灰皿法。

灰皿 灰皿乃疏鬆多孔之淺盤。其材料用骨灰（bone-ash），氯化鎂，或水泥（cement）均可。骨灰和水瀝木灰混合製成之灰皿，吸收金銀量小，尤為合用。

骨灰皿 製骨灰皿之牛羊骨，其化學成分，如下表所示。

第十四表 牛羊骨之化學成分

化學成分	分	羊	骨	牛	骨
磷酸鈣 ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	六二·七〇%		五八·三〇%		
碳酸鈣 (CaCO_3)	七·〇〇%		七·〇〇%		

磷酸鎂 ($Mg_3(PO_4)_2$)	一・五九%	二・〇九%
氟化鎂 (CaF_2)	二・一七%	一・九六%
有機質	二六・五四%	三〇・五八%

牛羊骨所生骨灰之化學成分，如下表所示：

第十五表 骨灰之化學成分

化學成分	羊骨	灰牛骨	灰
磷酸鈣 ($Ca_3(PO_4)_2$)	八四・三九%	八三・〇七%	
碳酸鈣 ($CaCO_3$)	九・四二%	一〇・〇〇%	
氟化 $Ca(OH)_2$	四・〇五%	三・八八%	
磷酸鎂 ($Mg_3(PO_4)_2$)	二・一五%	二・九八%	

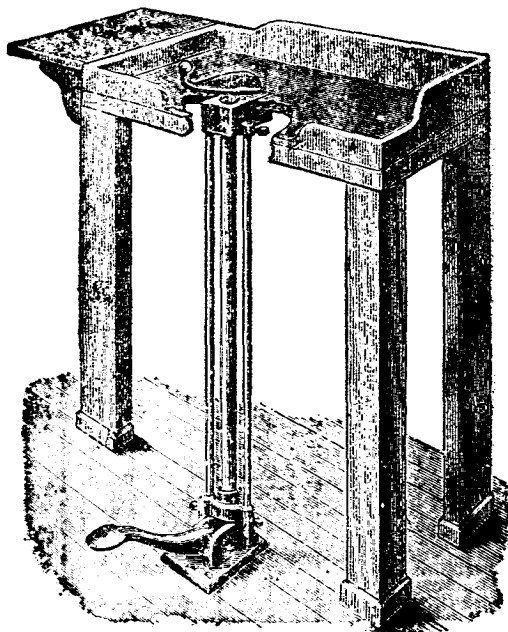
骨灰於製皿之先，須用氫化銦水洗滌之。所用氫化銦水中之氫化銦，約為灰之二%。灰中之碳酸鈣與氫化銦化合，成氫化鈣，被水溶解而去。碳酸鈣為最不合宜之物質，熱至攝氏八百度時，即分

解而發碳酸氣，令熔融之鉛珠，起泡四濺，而貴重金屬，因之損失。灰皿不宜置於有硝酸氣之處，因灰皿中如有氯化鈣，則與硝酸氣化合，而生硝酸鈣，以後受熱分解，有同樣之弊害也。

造成灰皿之骨灰，不宜過粗，否則灰皿罅隙多，而吸收貴重金屬易；亦不宜過細，否則灰皿結構過密，吸收鉛質之時間延長，揮發損失增大。

下表所示，為普通骨灰之用篩分析結果。

第十六表



製灰皿機圖二十九第

骨灰中粉末之粗細	百分率
通過每英寸二十絲之篩者	一〇〇・〇〇%
留於每英寸三十絲之篩上者	二・九〇%
留於每英寸四十絲之篩上者	六・四〇%
留於每英寸六十絲之篩上者	一〇・〇四%
留於每英寸八十絲之篩上者	二・〇〇%
留於每英寸一百絲之篩上者	一一・二〇%
通過每英寸一百絲之篩上者	六八・八八%

上列之灰尙覺粗者較多。

灰皿之質地宜勻淨，疏密合宜。故以機器壓成者爲佳。第二十九圖所示，爲製灰皿機之一式。所用壓力可以甚大。製成之灰皿，經過三星期或一月後，應行試驗。其法以二〇公分純銀，和以二〇公分純鉛，盛入皿中，加熱至攝氏八五〇度，而測定損失之量。其量應不超過一・五至一・八%。

作灰皿之骨灰，先加八至一二%之水；水中可溶入少量之碳酸鉀或糖漿，或陳啤酒。已成之灰皿，須緩緩乾燥。經過數月後，方可應用；有陳至二年以上者。

灰皿如乾燥太速，或製造時太溼，則用時易裂，而結果不可憑信。

試金術結果之精密與否，灰皿之良窳有重要關係，不可忽視。且灰皿之形狀，亦有多少影響。如用扁平之灰皿，則其熔鉛掩蓋之面積較大，可以縮短試金時間；然貴重金屬之損失，却因之大增也。

苦土皿 苦土皿 (magnesia cupel) 大都由苦土九〇%及雜質一〇%造成。惟其確實成分，因關於工業秘密，不得而知。

水泥皿 水泥皿 (Portland cement cupel) 普通純淨水泥，和以相當之水，可製成合用之灰皿。用水量應為水泥量之八%，如少於五%，則所製之皿，易於脆裂；如過二〇%，則不能成皿，而由機器中瀉出。含水五%以下，一五%以上之皿，經熱後，則邊緣坼裂。灰皿由一半水泥一半骨灰製成者，最佳。水泥皿價較賤，因骨灰之價超過水泥數倍也。水泥皿亦以乾透後應用為宜，否則有裂縫之虞。

灰皿法

灰皿之製造法既明，請進而言灰皿鍊金之程序。先將空皿置燒紅之爐內，約十分鐘，驅出水分及有機質。（如製灰皿時，水內曾加糖漿，則灰皿中有機質。）如不依上述方法，却逕將鉛珠置於冷灰皿中，則溫度一高，皿中所含水分，化爲蒸氣，激熔鉛飛濺，貴重金屬，因之損失矣。

如灰皿中，含碳酸鈣，則當受熱至攝氏八百度時，發生碳酸氣，亦激熔鉛飛濺。

將鉛珠放在灰皿內，在攝氏三二六度時，鉛開始熔融，其表面有灰黑皮一層遮住。如鉛質頗純淨，至攝氏八五〇度時，則此層黑皮，忽然不見。此後鉛面光明，異常流動，氯化進行甚速。鉛珠入爐後，應從速去皮。如鉛中含有難熔之銅鐵等質，則所需溫度較高。惟此種雜質，恆不應存在。

熔鉛面上，起氯化鉛之羽狀薄片，從中間高處分向周圍，與灰皿接觸，即被吸收。灰皿法，全恃灰皿表面與熔鉛合金及所成氯化鉛二者表面之關係。熔鉛合金之表面張力與氯化鉛不同，且氯化鉛能潤溼骨灰而被吸收，鉛則不能，縱被吸收，量極微細。金銀之情形與鉛同。故鉛被氯化後，金銀遺留於皿上，而未被吸收。惟金銀仍不無損失者，而其中之大部分，實被灰皿所吸收。但此種吸收，究係金銀與鉛成合金時，被引入灰皿所致，或銀起氯化，而被引入灰皿所致，則不能斷定矣。灰皿之材料

如何，疏密如何，影響於其吸收力甚大。惟其最大原因，尤在溫度。溫度加高少許，即令吸收力增加甚多。此項吸收之量，究由於金銀氯化之增加，或鉛合金表面張力之減少，則難言矣。

溫度在灰皿法中，最爲重要。有三種溫度，尤須注意。（一）熔鉛之溫度；（二）煉爐中灰皿之熱度；（三）煉爐中空氣之熱度。三者之中，以第一種爲最重要。但此種溫度，非有特別儀器，不易測驗。故今常用煉爐溫度，爲灰皿法溫度之標準。

灰皿法之標準溫度，應爲攝氏八五〇度，以此溫度令鉛珠去皮，由此降低至攝氏七七〇度，最後提高至攝氏八三〇度以竟全功。熔鉛之溫度，常較空皿爲高，因鉛珠急速氯化故也。此由熔鉛表面之光明，可以知之。

如有其他金屬，如銅，錫，鐵，鋅等存在，則起氯化，而被灰皿吸收。

如有銻，鉍，銻等質存在鉛珠內，當受熱時，半被吸收，餘則成氯化物而揮發。

用灰皿法取銀，溫度不應超過攝氏八二〇度。在此種工作中，有羽狀之氯化鉛，浮在灰皿之邊，與爐口相對。如溫度太低，則羽狀氯化鉛，沈在下部。如溫度適宜，則上昇至四邊。然有一事須注意，即

空氣在爐內之流通，影響於氯化鉛之生成是也。溫度雖高於攝氏八二〇度，而空氣流通，則氯化鉛仍生成。所以當灰皿在爐內時，爐門不可大開，使空氣直接接觸灰皿，僅將爐門微啓可也。如兼取金銀時，因金銀合金之熔點甚高，故至最後必提高溫度，不得低於攝氏八六〇度也。

當灰皿法試金進行時，鉛漸少，金銀漸多。光亮之氯化鉛，成大片自中心分向周圍，鉛珠愈見渾圓。發現此種情形時，須將灰皿推入爐中最熱部分，或將爐內溫度升高若干。最後之鉛不見時，珠上現色彩甚鮮明，而圓轉不定。移時色彩退而變暗，遂現銀之本色。

爐中溫度如低至攝氏九六二度（銀之熔點）以下，或低至金銀合金之熔點以下，則金銀合金之小珠上發閃光。其珠從液體變成固體，放出潛熱，於短時間中，令溫度增高甚多，故有此現象也。將灰皿自爐內取出時，亦然。但珠體甚小，此種閃光，不易注意。如珠內尚有銅鉛存在，則閃光更小。如有銻 (rhodium)，銦 (iridium)，鈳 (ruthenium)，銻 (osmium) 等存在，縱其量甚微，珠亦不發閃光。但鉑 (platinum) 及鈳 (palladium)，則與發閃光無關。

依給呂薩克 (Gay-Lussac) 氏實驗，銀在熔解時，溶解氯氣，可多至其體積之二二倍。後來學者

研究，知此說不差。且知在任何有定溫度時，銀中含氮之量，與氮氣壓力之平方根成正比例。此種氮質，溶解在銀中，或成爲一價元子之氮，或爲氮化銀 (Ag_2O)。氮化銀不能留在固體銀中，故銀冷卻時，氮遊離爆發而出，銀珠上遂有生芽現象。有時爆發過烈，乃有銀粒噴散，生重大損失。但銀珠內含金至三三%以上，或含微量之鉛、鋅、銅、鈹等時，則無生芽現象。故此現象可爲銀質純淨之表示。

銀珠大者易有生芽現象。重量不及五公釐者則否。防止生芽之法，或爲令其在爐中緩冷，或爲預取一空灰皿置在爐中盛珠灰皿之旁，後將其覆於盛珠灰皿上，再移出爐外，使珠之降冷較緩。凡已生芽之珠，應棄之不用。

如行灰皿法以定鑽石含銀之量，或含金銀之量，應詳細觀察試金，將近完畢時之情形。在珠色發暗後之三十秒鐘至一分鐘，即將珠皿取出。如珠皿在爐中時間延長，則銀即大有耗失。如祇定金之量，而不計及銀，則放至五分鐘或十分鐘亦無妨。

鉛銀合金，如含銀量在八〇至九〇%之間，亦易生芽。

銀珠既冷後，用鉗從灰皿取出，用錘稍錘扁，以便令附着珠上之骨灰脫去。并應用放大鏡，細察

骨灰會除盡否。

銀珠應作白色或黃色，視含金多少而定。銀珠應圓而不扁。扁則知其質不純淨。於附着骨灰一面，須有晶狀表面，而緊附於灰皿。如不緊附，或有鬚根貫入灰皿者，則知其含鉛。用後之灰皿，宜無裂罅，冷時宜現黃色；如現其他顏色，則爲別種金屬存在之象。

第九章 分金

分金 (Parting) 者，係指用酸質將金從銀內分解而出一事言之。所用之酸，幾專為硝酸。用硝酸以分金銀，所有銀之重量，至少須二倍於金。否則其結果不能美滿。如銀有金之二倍，硝酸可用比重為一·二六者，煮二〇至三〇分鐘，以分解之。

灰皿法留下金銀合金之珠，含銀量須五倍於金，方便於分金。如含銀量不足，可將銀加入，謂之補銀 (ingartation)。所用硝酸，應不含氫，以免金被溶解，故必先行檢驗，確知無氫存在，然後用之。欲求分金之成功，下列三點，必須注意：(一) 硝酸之濃度，(二) 硝酸之溫度，(三) 珠內銀與金之比率。下再詳細言之。

硝酸之濃度 硝酸應有適宜之濃度，此點最為重要。昔時試金家，多認比重一·一六或一·二六者為佳，(即水二分和比重一·四二之硝酸一分，或水一分硝酸一分者) 先用淡者，後用濃者。洛茲 (T. K. Looze) 氏謂宜用硝酸四分，和水三分；如此濃度之硝酸，經熱後，雖在珠中含銀量五

十倍於金時，亦不致使金散成細末。刻勒 (Keller) 氏謂宜用硝酸一分，(比重一·四一) 和蒸溜水九分；如此濃度之硝酸，即在珠中含銀量五〇〇倍於金時，金亦不分散。故此種濃度，為試金者所常用。銀珠須在硝酸內煮十至十五分鐘，以期分金完全。

硝酸之溫度 先將硝酸加熱至沸點。次將銀珠放入。如將銀珠放入冷硝酸中，而緩緩加熱，最易使金變為細末，尤以含銀量過大者為甚。金既變為細末，在後來洗滌時，或經其他處理時，易致失落。故冷硝酸決不可用。

金銀之比量 珠中金銀之比量，最好為五分之銀與一分之金相當。但試金者無力可使其比量，恰如此數。過於此數則聽之。不足此數必須補銀。如不須測定鑛石之含銀量，可將銀加入坩堝或鉛收皿，或於行灰皿法時，加入灰皿中。

如須測定銀量，又須補銀，則應取珠秤過，將所需之銀及珠，包在二公分重之鉛皮內，行灰皿法除鉛，取所留之珠分金。

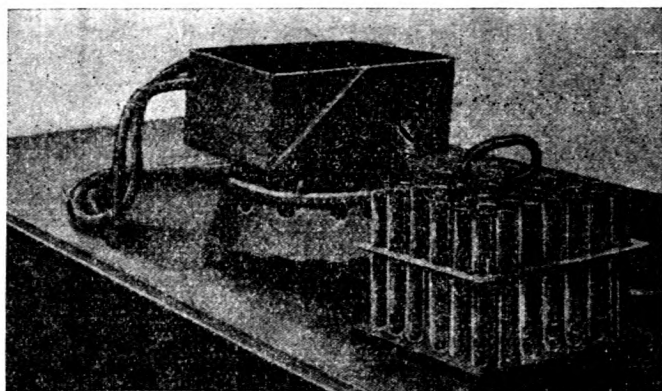
須補銀之珠，亦可與銀同放在木炭一塊上，用吹管熔合。但此法易於耗銀，不用為妙。

有時試金者，疑珠內銀不足時，即加銀入坩堝內，不在此試驗中定含銀量。而於另一試驗中行之。

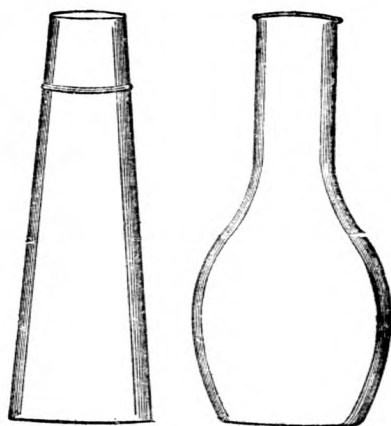
尚有一種補銀之法，即於配合料中，加入硝酸銀溶液，其濃度為一立方公分，含銀一公釐者，其量如所需。由珠之重量，即可計算鑛石之含銀量，但被灰皿吸收之銀，亦必計及。

金屑 分金既畢，從分金杯內，將硝酸傾出。所留金屑，用熱蒸餾水洗滌三次，將所有硝酸銀完全洗淨。如分金杯上尚有黑點，即洗滌未淨之證，因此黑點，乃銀從硝酸銀內被熱所還原也。分金可在瓷分金杯內，或玻璃試驗管內，或分金瓶內行之。如用分金杯，既經洗滌，可置在爐內，燒至暗紅色，或用吹管燒熱亦可。金經硝酸處理後，成為軟黑質，諒是一種同質異物。但經燒紅後，即變為原來之金黃色。然後權其重量，計其在鑛石中之比量，而試金之事告成。

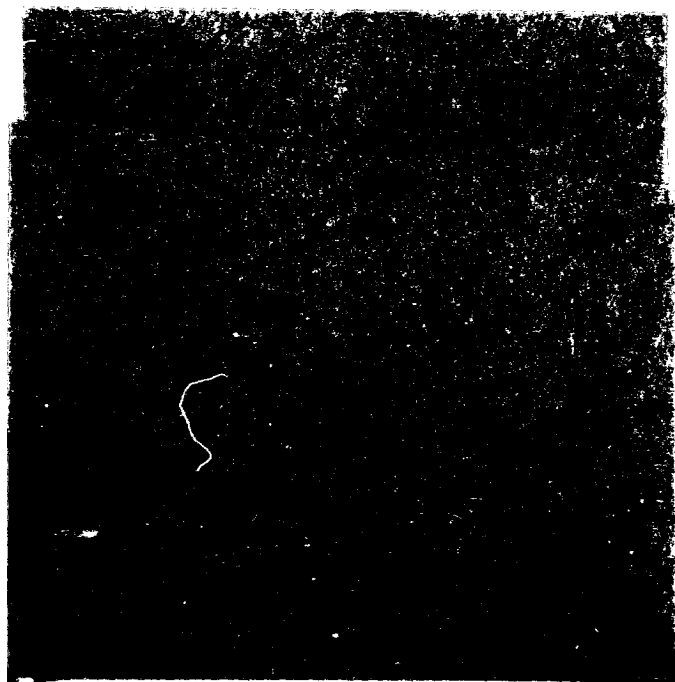
第三十圖所示為分金湯浴及試驗管。第三十一圖所示為通用之分金瓶。



第三十圖 分金湯浴及試驗管



第三十一圖 分金瓶



編主五雲王
庫文有萬

種千一集一第

術金試

著飛翰馮 之挹姚

號一〇五路山寶海上			
五	雲	王	人 行 發
路 山 寶 海 上			
館 書 印 務 商			所 刷 印
埠 各 及 海 上			
館 書 印 務 商			所 行 發

版初月四年十二國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

ASSAYING

BY YAO I CHIH AND S. FENG

PUBLISHED BY Y. W. WONG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1931

All Rights Reserved

041147



2121.6