



化學玩金術

「都是鈕扣惹的禍？」

教師 劉曉倩

國立彰化高級中學

教育部高中化學學科中心

torrina01092002@yahoo.com.tw



掃描QRcode，

下載最新電子檔

前言

西元1812年6月拿破崙帶領六十七萬大軍東征俄羅斯，然而這支堪稱史上最雄壯的隊伍卻在短短幾個月時間只剩兩萬人。殘兵敗將在同年12月從莫斯科撤退，拿破崙宣稱敗給俄國的冬天，此次戰爭對於拿破崙在歐洲版圖的消長帶來極大影響，大軍在戰爭中損失慘重，並且再也沒有恢復士氣。

為什麼拿破崙的軍隊會在極短時間內潰不成軍呢？主要原因是士兵感染斑疹傷寒所致，這些斑疹疾病經由虱子傳播，當時軍隊的衛生環境非常惡劣，所以虱子的傳播速度非常快，士兵們很快就因為軍隊裡衛生習慣不佳，患上斑疹傷寒而一個個倒下。其次還有一個很特別原因是「鈕扣惹的禍！」因為當時軍隊士兵所穿的外套、長褲甚至軍靴的鈕扣都是錫製的，一旦溫度下降，這些閃亮亮的錫製品就會逐漸變得黯淡無光，甚至開始瓦解成錫粉！雖然英勇又聰明的拿破崙應該不至於犯下這種錯誤，但是這個有趣的傳聞卻突顯了「錫」這個化學元素在歷史的定位。

這些隱藏在元素背後的歷史故事，讓我們在看待金屬元素時多了想像力，也增添了很多學習樂趣。本專欄中將以錫金屬為例，期許師生透過探究實作循序漸進了解金屬，學會將日常生活器材改造成實用的工具，用以熔解金屬、自製模具及創作獨一無二的藝術作品。

錫之探究實作的開端

老師說明錫金屬的歷史後，學生主動尋找有關錫金屬的相關資料

錫的一般性質

化學符號是Sn，原子序50，與碳、矽、鍺等同族金屬。純的錫有銀色的金屬光澤，且擁有良好的延展性，活性比鐵要小，在空氣中不易氧化，因此常被用來作為其他金屬的防鏽表面處理，錫的重要應用是製合金，其中學生最為熟悉的是製作馬口鐵，也就是在鐵表面鍍上一層錫保護層，被大量應用於罐頭工業。



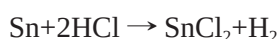
常溫常壓下錫有2種同素異形體，主要是以灰錫（ α 錫）、白錫（ β 錫）的狀態存在。常見的白錫為銀白色金屬，富有延、展性。當溫度降至 13.2°C 以下，白錫會慢慢變為粉末狀的灰錫，灰錫的晶體結構與鑽石、矽和鍺類似，如此一來延、展性消失，呈現暗灰色的粉狀。

錫被稱為古代金屬之一，古人使用錫金屬製作生活用品，因為其可以被高度拋光，且錫表面會形成保護性的氧化層，防止進一步的氧化。

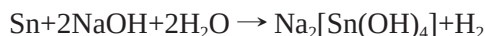
錫的化學性質

錫是兩性金屬，主要生成+2和+4價氧化態，常見的化學反應如下：

(1) 錫會溶於稀鹽酸，生成氯化亞錫：



(2) 錫能溶於氫氧化鈉鹼性溶液中，生成亞錫酸鹽：



鼓勵學生討論、研究如何「玩」錫金屬作成創意作品

化學的英文Chemistry起源於煉金術——Alchemy一詞，即使是現代化學使用的許多儀器、實驗方法，其實都是煉金術士的發明，煉金術的符號系統也常被化學界採用，例如：加熱符號「 $\triangle$ 」就是煉金術中火元素的記號。煉金術的實驗過程奠定了歐洲現代化學的基礎，即使偉大如牛頓都無法擺脫對煉金術的迷戀，時至今日我們了解到，無法從一般金屬煉製成黃金，但是卻也可以利用錫熔點低的特性，創造出獨一無二的作品，體驗煉金術的過程呢！

所謂「金屬鑄造」是指金屬加熱到熔化後，倒入特定形狀的鑄模，待其冷卻凝固成形的加工方式，而鑄模的材料可以是厚紙板、石膏、鋁箔紙等，由個人自由發揮創作。

煉金術基礎工具及材料

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. 不鏽鋼大湯匙（金屬材質要薄且把柄有隔熱為佳） | 8. 鋁箔紙 |
| 2. 鑷子 | 9. 免洗碗（回收再利用）：攪拌石膏漿用 |
| 3. 尖嘴鉗 | 10. 鉀肥皂（脂肪酸鉀）：塗抹於複合材料表面（貝殼或種子表面），避免其在石膏模具上黏著，方便脫模，一般液體皂即可 |
| 4. 粗鐵絲或金屬線 | 11. 翻模外框：鳳梨酥烘焙模具、硬紙框、木框均可 |
| 5. 強力點火槍 | 12. 石膏粉 $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ |
| 6. 可透過翻模再次設計成作品的現成物：貝殼、植物種子等 | 13. 美工刀 |
| 7. 棉質手套 | |

實驗步驟

1. 熔錫湯匙加工

- (1) 以尖嘴鉗將湯匙摺出一個錫金屬流出口。
- (2) 以粗金屬線（或粗鐵線）製作一個湯匙立架，方便在熔錫過程中讓湯匙站立不傾倒。
- (3) 準備平面石塊或磚頭，方便湯匙待涼，如圖一所示。



圖一：熔錫湯匙成品。

2. 石膏模製作

- (1) 鳳梨酥大小的模框最適合，將厚紙板纏繞在方型模具上，重疊處以膠帶固定即可使用。
- (2) 秤取石膏粉與水重量比2：1（或3：1），亦即將石膏粉100克倒入免洗碗中，慢慢加入水50克充分攪拌，攪拌速度要快，如此可使凝固時間較短。
- (3) 將石膏漿倒入模框內，等感覺快凝固時再將貝殼或植物種子（需事先將表面充分塗附薄薄的鉀皂，石膏硬化時才能方便脫模）放入，如圖二所示。



圖二：將植物種子均勻塗抹鉀皂後，放入尚未硬化的石膏模。

3. 創意作品DIY

- (1) 將金屬錫粒放入熔錫湯匙內以火槍熔化，倒入石膏模，切記不要倒太滿。熔融的錫金屬會因為表面張力而突起，如圖三所示。



圖三：將熔融的錫金屬倒入石膏模。

- (2) 待錫金屬冷卻後（約等5分鐘）即可將成品脫模，如圖四所示。



圖四：校園植物種子做成錫金屬成品。

實驗過程注意事項

1. 熔融的錫金屬溫度高，小心不要燙傷。
2. 石膏模製作時要注意，石膏模冷卻後體積會膨脹，所以將種子或貝殼放入時不要放得太深，以免石膏冷卻後，複合材料會取不出來。

延伸實驗應用

錫熔點低，所以很容易直接與異材質結合，如小枯木、琉璃、貝殼及玉石等，都可以透過簡單的模具結合，完成的作品也可以焊接鑲頭或指環，成為有個性的創作。

一、異材質結合

實驗步驟

1. 將軟陶土上壓出一個簡易的凹槽，並將準備好的錫箔紙鋪在上面，如圖五所示。



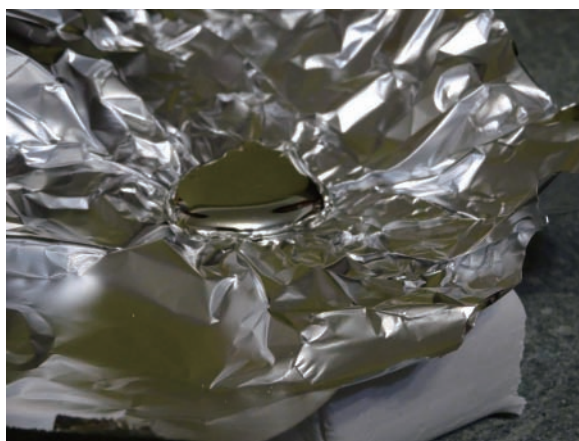
圖五：軟陶土上壓出一個簡易的凹槽。

2. 將玉石（或貝殼、小枯木）放入鋪好錫箔紙的凹槽內，如圖六所示。



圖六：將玉石（或貝殼、小枯木）放入鋪好錫箔紙的凹槽內。

3. 將熔融的錫金屬倒入，稍微掩蓋住玉石高度，如此一來玉石才不至於掉出來，如圖七及圖八所示。



圖七：將熔融的錫倒入，稍微掩蓋住玉石高度。

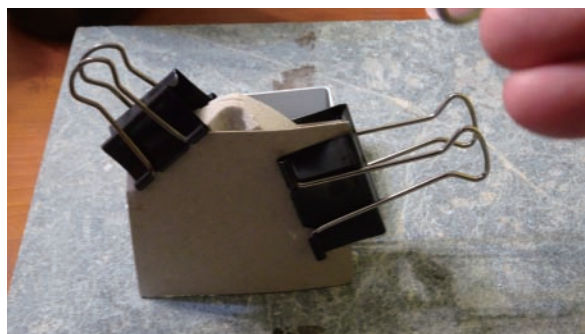


圖八：充滿藝術性的個性成品。



師生共同討論創作

1. 製作石膏模過程不如想像中簡單，石膏量若太多，硬化速度太快；石膏量少時，硬化速度慢，放入的種子或貝殼常會沉入石膏漿底部，造成脫模不易。
2. 熔融的錫金屬倒入模具內時，因為錫金屬內聚力大稍不慎就會倒太多，特別是將錫金屬倒入石膏模具時，最好用美工刀挖一個燒鑄口，並以燕尾夾固定模板，再倒入錫，如圖九所示。



圖九：以美工刀刻出一個燒鑄口，可以避免空氣的進入。

各組成品展示及報告

實驗過程觀察到的現象及自己的創意亮點

1. 粗製錫成品雖不盡完美，但卻是自己獨一無二的創作，異材質結合錫金屬創作不是很容易，有些玉石遇到高溫時會褪色，同時慎防玉石脫落。必要時可以將成品以研磨砂紙輪加工拋光，錫金屬表面會更平滑，質感也會提升，如圖十所示。



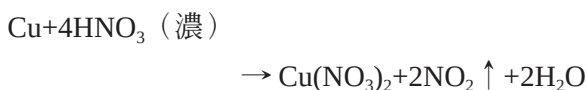
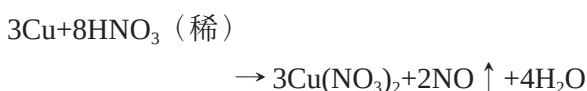
圖十：利用棉布輪安裝在電動工具上，加工拋光。

2. 高溫時熔融的錫也會氧化變黑，所以用量上要評估，避免浪費。

二、變化萬千的銅—銅蝕雕創作

除了錫金屬製作外，在化學實驗室裡易取得的銅金屬片，除了可以當作電池電極外，也可以作成創意的銅蝕雕作品呢！

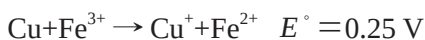
金屬銅活性低，不易氧化，易溶於硝酸及濃硫酸等強酸，銅和硝酸的反應如下：



利用此原理雖可將銅板製作出不同圖案的銅雕作品，但是反應的同時也產生刺激性且有氧的二氧化氮（ NO_2 ），是否可以想出其他替代方法呢？

實驗原理

利用氯化鐵溶液與部分裸露在外的銅板進行反應，使其呈現各種不同的銅文字或創意圖案。



器材及藥品

1. 薄銅板（ $3 \times 8 \text{ cm}$ ）數塊
2. 氯化鐵溶液（ FeCl_3 ，1 M）100 mL / 飽和溶液也可以
3. 卡點西德 / 自粘性透明膠布1捲
4. 美工刀
5. 塑膠水槽（ $30 \times 25 \times 10 \text{ cm}$ ）或250 mL 燒杯
6. 砂紙1片
7. 塑膠夾子



實驗步驟

1. 準備一塊薄銅板，先用細砂紙將表面磨光，去除銅鏽或其他氧化物。
2. 取一張 3×8 cm的自粘性卡點西德紙在電路板上黏牢，注意兩面都需黏貼。
3. 用粘膠或噴膠將自己畫的圖案黏貼在卡點西德紙上，並用美工刀將不需要的圖案連同其下的卡點西德紙一起割除，使最底部的銅裸露出來。
4. 將雕刻後的銅板浸泡至氯化鐵溶液中，靜置1~2節課（50~100分鐘），時間愈久，蝕刻痕愈清晰明顯，如圖十一所示。



圖十一：雕刻後的銅板浸泡在氯化鐵溶液中。

5. 用塑膠夾取出蝕刻後的銅板，先以清水沖洗，再以衛生紙拭乾。
6. 均勻噴上一層透明噴漆，即可完成精緻的銅蝕雕作品，如圖十二所示。



圖十二：學生銅蝕雕作品呈現。

學生成品展示及報告

比較錫金屬創作及銅蝕雕製作原理及心得

1. 錫金屬製作過程較為繁複，但是成品創作範圍廣；銅蝕雕製作過程容易上手，唯需注意卡點西德紙需將銅片黏牢，避免脫落，以免造成裸露出來的部分被氯化鐵氧化，圖案模糊。
2. 銅片常應用在傳統的電路板上，請問可能的原因為何？
3. 在雕刻卡點西德紙時需注意陰刻及陽刻的區別，否則所雕刻出來的圖案會與銅蝕雕出來的成品圖案左右相反喔！

圖片來源：

圖一~圖十二：劉曉倩老師提供

參考資料：

1. 科學教育月刊，第231期，91~93頁。
2. 錫金屬創作上手指南，黃淑蘭，國家圖書館出版品，2015年4月
3. 消失的湯匙，Sam Kean著，大塊文化出版，2011年7月
4. 門德列夫之夢，保羅·史查森著，究竟出版社，2003年3月
5. 金屬工藝入門－玩金術，趙丹綺及王意婷著，練丹場珠寶金工工作室，2009年8月
6. 維基百科，自由的百科全書