

8

金屬工藝

壹、金屬與生活的關係

金屬用品於我們生活四周無所不在。現代人人手一支的手機，手機殼是鋁合金或是鋁鎂合金做的；眼鏡王國的臺灣，製造的眼鏡鏡框是用金屬或鈦合金做的；家具的桌腳架或椅腳是鋁合金或鍛鐵金屬；各式廚櫃、門的把手是鋁、銅或不鏽鋼；腳踏車、機車的骨架、汽車的外殼也是金屬製



圖8-1 不鏽鋼抽油煙機

成；廚房用的不鏽鋼鍋、碗、筷、湯匙、菜刀；家家戶戶都有的鐵窗、鋁門窗、不鏽鋼大門、鐵門；出門最不能忘記帶的車鑰匙、家門鑰匙；分秒必爭的人必備用品——手錶；喜歡裝扮的小姐戴上各式各樣的珠寶飾品；年輕男女也會配帶不同的銀鏈、不鏽鋼飾品……，我們的生活真是離不開金屬。

一、食

人以食為天。許多廚具、抽油煙機是用不鏽鋼材質製作的。在煮食物用具方面，各式各樣的鍋具——不鏽鋼鍋、鋁鍋、銅鍋，炒菜的鐵鍋、切菜用的菜刀、削切水果的刨刀、水果刀、吃東西用的刀叉、湯匙、學生營養午餐必須自己準備不鏽鋼便當盒……。飲食方面充滿了不同的金屬用品。



圖8-2 不鏽鋼流理台



圖8-3 不鏽鋼鍋菜刀



圖8-4 不鏽鋼碗、便當盒、湯匙、筷子

二、衣

以眼鏡及裝飾品為主。眼鏡鏡框拜科技之賜，有各式各樣材質。其中最輕金屬框為鈦合金。一般高級的眼鏡金屬框，電鍍上不同顏色，有銀色、K金、玫瑰金、古銅色等。

裝飾品則更是多彩繽紛，各式各樣華麗的名牌珠寶、手錶，青少年的酷炫銀飾、鈦合金飾品。



圖8-5 各式各樣的金屬框眼鏡



圖8-6 青少年喜愛的酷炫銀飾品

三、住

住的方面，臺灣為防小偷幾乎家家戶戶都裝鐵窗、不鏽鋼大門，鐵窗有不鏽鋼、鐵、鋁等不同金屬材質。現代家具設計常可見到沙發椅面是皮、布材料，但椅腳是鋁合金。客廳茶几的桌面是木頭或是玻璃，而桌腳是鋁合金或鍛鐵金屬；造型具現代感的電視櫃、書櫃、衣櫃、把手等常用不鏽鋼或是鋁、銅的材質，呈現簡潔俐落感。



圖8-7 義大利具設計感的鍛造大門及街燈

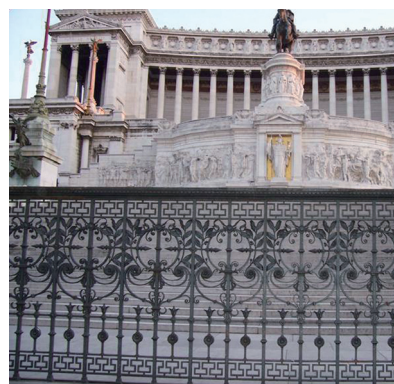


圖8-8 椅腳是鋁合金的沙發

四、行

飛機、火車、捷運、公車等是大眾常使用的交通工具，他們的外殼大部分是金屬製作而成的。一般民眾常使用的交通工具——機車骨架、小汽車車體及外殼也是金屬。現代人注重休閒活動，許多城市也特別規劃自行車專用道，自行車骨架、車輪也是金屬。



圖8-9 休閒生活的必備休旅車



圖8-10 可以健身又休閒的腳踏車

貳、金屬的特性與種類

地殼中蘊藏豐富各樣金屬。人類約在八千年前開始使用金屬，在紀元前四千年前無意中發現銅中加入錫所形成的青銅比銅更為強韌，因此進入了青銅器時代。

鐵的性質比銅更強韌，藏量也豐富，但因熔點高達 1539°C ，因此直到紀元前一四〇〇年左右才進入鐵器時代。

十八世紀末機械文明發達，金屬材料可大量生產、又能控制精純度、鋼鐵需要量大增，進入鋼鐵時代。

一、鐵類金屬

鐵類金屬材料通常是由冶鐵、煉鋼成形。工業上常用的鐵依含碳量可分為純鐵、鋼、鑄鐵，簡述如下：

- 1.工業用純鐵：含碳量 0.02% 以下的鐵碳合金，性質柔軟、富延性，但不適用於構造材料。主要作為電磁器材料、白鐵皮之素材、合金鋼之原料。
- 2.碳鋼：含碳量 $0.02\sim 2.0\%$ 的鐵碳合金。性質依化學成分、加工過程、熱處理有所不同，在正常化組織時依性質決定含碳量。

依含碳量分：

- a 低碳鋼：含碳量 $0.02\sim 0.3\%$ 。
- b 中碳鋼：含碳量 $0.3\sim 0.6\%$ 。
- c 高碳鋼：含碳量 $0.6\sim 2.0\%$ 。

「普通碳鋼」是指含碳量 $0.1\sim 0.2\%$ ，延展性、切削性、焊接性均佳，加工後表面光滑，常做為一般結構材料。「機械用碳鋼」是指含碳量在低、中碳含量範圍，性質較一般結構用碳鋼優，加工性質良好，質地均勻，常做為機件材料。

鐵碳合金若加入其他特殊合金元素，則產生特殊材質鐵類金屬，即為合金鋼。具代表性的合金鋼為「不鏽鋼」，其主要合金元素加入 2% 以上的「鉻」，在不同環境中可提高耐蝕、耐鏽性。

- 3.鑄鐵：通常含碳量為 $2.0\sim 6.67\%$ 的鐵碳合金。鑄鐵熔融溫度較低、熔解時流

動性良好且價格較低廉。以往鑄物強度不佳，但近幾年已發展出許多機械性質良好的鑄鐵物。

二、銅

純銅是一種質地柔軟、堅韌富延展性紫紅色有光澤的金屬。適合冷作，具機械性質和耐蝕性，自古以來，銅與銅合金即被廣泛使用。常用銅合金有：

1.黃銅：主要為銅與鋅的合金。依含鋅量不同有黃黃銅（約含鋅35%）、海軍黃銅（約含鋅29%）、彈殼黃銅（約含鋅30%）、孟慈黃銅（約含鋅40%），其用途為彈殼、汽車散熱器、樂器、銅幣等。

另一種鎳銀（又稱德銀），其銅含量約為64%、鎳及鋅約各為18%的合金，顏色從淡粉紅到銀白都有，常被用來模仿925銀。可用來製作成手鐲、戒指、飾品，也常被用為鍍銀餐具的母材。可軟焊加工、彎曲、蝕刻、除色，但極脆無法錘打成形。

2.青銅：青銅是銅與錫、鉛、矽、鎳等金屬元素的合金。青銅的強度比黃銅大，又有高度的耐蝕性。在美術工藝的應用上可說是非常廣泛，如鐘青銅為含錫20~25%的青銅，適用於鑄鐘或軸承、滑動閥等等；鑄像用的青銅則是含錫2~8%、鋅1~2%（有時會用20~40%來提高熔液的流動性）、鉛1~3%（提高至8~10%則能增強雕刻的加工性能）。現今常會在青銅中添加微量的砷或鎳以加強其銀白色澤，以供儀器製作等用途。

三、錫

錫是人類知道最早的金屬之一。自古代開始它就是青銅的合金元素之一，早在西元前三十六世紀錫就被用來硬化銅，大約在西元前七世紀開始人類就認識到純錫。錫是一種可延展而柔軟的高晶體銀白色的金屬，熔點231.93℃。在無菌的海水和自來水中錫並不會腐蝕，但是在酸、鹼、鹽中錫則可能會被腐蝕，也因為其在空氣中不易被氧化的特性所以常被用來做為其他金屬的防腐層。例如錫很容易與鐵結合，主要用於被覆在普通碳鋼罐（即馬口鐵罐）上，是鉛、鋅、鋼等金屬常用的防腐層。

四、鋅

純鋅是相當軟的低熔點軟金屬，再結晶溫度也低，對腐蝕敏感。白鐵皮為普通碳鋼上被覆鋅的薄層，再板金的型材。常用在板金、鐵絲網、屋簷、螺絲等。而鋅合金常應用在掛鎖、汽車零件、門把、門框和辦公室設備中。

五、鋁

鋁和鋁合金的特性是密度甚低，導電與導熱度高，耐蝕。而且大多數的鋁合金都具有高度的延展性與易於成型的特質。鋁的主要缺點是熔點低(600°C)。鋁合金的主要元素有銅、鎂、矽、錳、鋅等。最常見的用途是飛行器的構件、易開罐、汽車零件、營建材料。

鋁在元素中屬於「貧金屬」，質地柔軟，更是金屬中密度最小的，非常地輕。鋁的活性大，表面容易和氧作用而生鏽，不過，鋁(氧化鋁)的質地緻密，反而可以隔絕空氣，防止鋁內部繼續腐鏽。我們的房子常用的鋁門窗就是應用了鋁的這個特性。

同時，由於鋁非常輕，也是電的良導體，和其他金屬製成合金之後，既堅韌又輕巧，因此，廣泛地用作飛機、汽車、卡車等零件和電纜上。

六、金

金是一種緻密而帶黃色光澤的金屬，其熔點1064.43°C，是所有金屬中展性及延性最高的金屬。純金1克，抽成直徑7 μ 的細線，可拉伸到200公尺長。750克的黃金可作成11.9cm見方的金箔五萬張，每張的厚度只有0.07 μ 。

金同時也是所有金屬中，化學性最具穩定性和耐蝕性的金屬，在空氣中或水中永不氧化，所有的強酸都無法單獨侵蝕金，但易溶於王水(鹽酸和硝酸的混和液)。

金優秀的安定性配合其美觀的特性，自古以來就為人類廣泛運用在貨幣、裝飾品上。金可能在埃及時代紀元前三四〇〇年或更早就用於商業交易上，但是鑄成一定的形狀、品位、重量的鑄幣則是在紀元前七世紀左右。

但是純金太軟，因此需與其他金屬混合，形成各種合金，稱為「K金」，又稱金合金。在色調上或硬度、展性及熔點等各方面做改變。金、銀、銅之三相合金，展性甚高，色調與純金相近。而與鈮及鉑的合金就是常用於做為鑲嵌

寶石座框的白金。

金與合金在日益進步的工業時代，逐漸被應用於科技時代的產品中，使金的用途更多元化，如：

- 1.裝飾用品：項鍊、耳環、戒指、別針、擺飾品等。
- 2.鐘錶、筆：高級品味之鐘錶配備及金筆，為高純度金合金所製，一般常用為K14、也有K18之高品質。
- 3.牙科用途：填補牙縫、做齒冠或假牙等，金之成分須在60%以上。
- 4.包金用：以金包覆於是便宜的青銅板、黃銅板或銀合金板外表，做成片、條狀，成為手工藝品或飾品之原材料。
- 5.電鍍金用：一般均製成金鹽，以供鍍金溶液中，金成份的添加劑。常用的是電子零件或鍍金飾品。
- 6.勳章與徽章：製成獎章或獎品。一般獎章與徽章金之純度在K18以上。
- 7.陶瓷器、玻璃器皿：常用於高級陶瓷器或玻璃器餐具及藝品上，以金製特殊顏料，塗於其上還原而成。
- 8.通訊器材、電機電氣零件：通訊設備內零件或較高級之電氣開關零件，均以鍍厚金處理，精密處甚至用K金製造。
- 9.其他：如金箔、金粉應用於光學儀器、飾品或食品裝飾、金幣的鑄造等。

七、銀

銀是所有金屬中顏色最白的金屬，其導電性與可視光線反射率為90%是金屬中最高的。其延性與展性僅次於金，因其美麗的銀白色光澤與優良的加工性，自古便是做為飾品與手工藝品的上選材質。

純銀和金一樣都是質地太軟、抗拉強度太小，所以必須與其他金屬元素做成合金，才能發揮其特性，針對不同的用途如首飾、器皿和貨幣。銀銅合金可說是銀製飾品或是工藝製作上最普遍使用的。銅的添加量並不需很多，一般為銀92.5%、銅7.5%稱為925銀。由於加了銅，賦予銀必要之韌性，硬度增加而且其製成品在打磨後的光澤，比純銀更耀眼、美觀，這也是925銀較受歡迎的原因。

銀的延展性僅次於金，比重是10.5，熔點是961°C，極容易與空氣中的二氧化硫(SO₂)，化合成為褐色的硫化銀(Ag₂S)。

銀的化學符號為Ag，源自於拉丁文argentum，是白與亮的意思，銀有如月光般的色澤，容易製作成造型新穎的流行時尚飾品，有別於貴重珠寶除了價

格平實之外，特殊的質感造形、設計感也是深獲喜愛的原因。所以 925 銀已成為使用最廣泛的銀製品純度標準了。銀與銀合金因工業的發達，需求量與日俱增，如：

1. 照相工業：用於底片感光劑，如硝酸銀。
2. 焊材：用於一般電機業、電子業、機械業所使用的焊接材料。
3. 電鍍業：用於鍍銀時，電鍍溶液中銀的含量補充及陽極板的純銀料。
4. 銀器、工藝品原料如餐具、銀製擺飾、貨幣的鑄造等。
5. 珠寶飾品：無論流行飾品或貴重珠寶，銀飾都佔很重的市場。
6. 牙科、醫療上：用於牙科義齒的鑄造或醫療上用於消毒的銀化合物，如硝酸銀、氯化銀等。

八、銀土

日本研發成功的特殊金屬材料，成功的將「銀」研磨成極細粉末，加入特殊膠，使其具柔軟度，且將銀粉結合成類似「陶土」可塑的合成物。「銀土」在經過塑形、乾燥、燒成、修飾處理後，成為 99.9% 的純銀。

以前要做一件獨一無二的珠寶飾品，若非經過專業長時間訓練的珠寶師傅之手，是無法完成的，且需要許多專門的設備。但現在若使用「銀土」，只需簡單的美工、糕餅工具、一個小鍋爐，即可自己設計製作獨一無二的銀飾品，滿足人類創作及裝飾自己的心願。經過十多年的研發，目前銀土大概有下列幾種類型：

1. 標準土

可塑性極佳，非常柔軟，適合做雕塑及起伏大、捲曲變化的造型。在製作過程中不易斷裂，非常適合初學者。使用專用窯溫度至 900°C 時，燒 30 分至 2 小時，收縮率 30%。

2. 速成土

可塑性與標準土比起來較差，收縮率 10%。是最常使用的銀土，燒成溫度約 600°C~900°C，用小燒結爐，只需三顆固體燃料即可。

3.銀膏

收縮率與速成土相同，約10%，常被當做修補黏著劑，燒成溫度約600°C~900°C。銀膏另一特色是用來覆蓋在特殊質感表面，乾燥、燒成，即可複製特殊的質感。

4.注射器銀工

將銀土填入像針筒的注射器中，以注射銀土方式製作，適合鏤空造形。收縮率與燒成溫度、時間與速成土相同。

5.銀紙

可做折疊及編織的造形，土性、燒成溫度、時間與速成土相同。

6.PMC3

PMC3是日本三菱銀土的最新產物，以往的速成土燒成溫度約900°C，PMC3 燒成溫度約為600°C~900°C，可結合陶瓷及玻璃。



圖8-11 標準土、銀膏



圖8-12 銀紙、銀土注射器、PMC3

參、金屬工藝的加工技法

製作金屬工藝常用的工具材料及機器設備種類繁多，將常用的小工具及機具說明如後。

一、工具材料

1. 油性筆、畫線針

皆為畫線工具。可直接在金屬板上以油性筆畫線或用畫線針刻劃線條在金屬板上。



圖8-13 油性筆、畫線針

2. 小鐵尺、游標卡尺

游標卡尺為精密測量工具，可精準測出金屬板厚度及所需長度。



圖8-14 小鐵尺、游標卡尺

3. 木銼板、木工夾

所有鋸切、銼削、砂磨、壓光、拋光等加工工作皆在木銼板上進行，是消耗品。木工夾可將木銼板固定於工作桌面上，是非常方便的夾具，有了木銼板及木工夾，即使在家中也可以從事簡單的金工工作。



圖8-15 木銼板、木工夾

4. 中心衝

想要在金屬板上鑽孔，若是事先未打個小凹槽，鑽頭會在金屬板上打滑。因此一般在鑽孔之前會先用中心衝衝出個小凹洞，若是沒有中心衝，亦可簡單拿個小釘子，在金屬板上輕輕敲出小凹槽。



圖8-16 手搖鑽、中心衝

5. 小鑽頭組、手搖鑽

珠寶飾品製作也是屬於金屬工藝的範圍，製作完成物件常被穿戴在身上，且通常使用貴金屬材料，在製作上要求非常嚴謹，故也稱金銀細工。金銀細工使用的鑽頭細小，一般五金材料店並未販售，需到專門販售珠寶金工材料工具店才買得到。手搖鑽是非常方便的鑽孔手工具，雖然速度無法與電動的吊鑽相比，但相對上便宜、安全、方便。



圖8-17 小鑽頭組

6. 弓形鋸、鋸絲

弓形鋸是金工常用的鋸切工具。鋸絲可取下，珠寶金工是使用金銀細工專用鋸條，有#0、#1、#2、#3，因非常細，也稱鋸絲。平常工作用#0、#1，精細工作用#2、#3。固定鋸絲時需以小腹頂住，使鋸絲繃緊，才能有效鋸切。可鋸切直線、曲線、鏤空金屬板材。



圖8-18 弓形鋸、鋸絲

7. 銼刀

金工必備的銼削工具，是修飾金屬時最常用的工具。分為粗、中、細三種，一般稱粗銼為#0、中銼為#2、細銼為#4；銼刀形狀依斷面分有平、半圓、三角、四方形。加工過程中難免留下銼痕、夾痕，因此在銼削時，不平整的凹、凸需先使用#0號銼刀，再就是用#2、#4銼刀。



圖8-19 半圓銼刀#0、#2、#4



圖8-20 各種形狀銼刀



圖8-21 大鑷子與小鑷子磚



圖8-22 小耐火板、耐火磚

8. 鑷子

焊接過程需高溫，工作物不能用手拿取，需用鑷子夾取。鑷子是不鏽鋼材質，鑷子有許多尺寸及形式，根據不同需求，選用適合鑷子。在製作過程中使用的鑷子有兩種尺寸，大鑷子尺寸長約30cm、小鑷子長20cm，大鑷子用於夾坩鍋或大工作物的焊接，小鑷子用來焊接細小工作物。

9. 耐火磚、耐火板

為石棉板，焊接或退火時，溫度很高，將近700~900℃，需於耐火磚上工作，避免燒壞工作桌面板。

10. 戒指棒、戒圍圈

製作戒指基本工具，可以將不圓的金屬板套入戒子棒，用木槌敲打，整形成為圓形，或延展戒圍尺寸。戒圍圈是測量戒圍大小的工具，將大大小小的戒圈套入手指，找出需要的大小。若是為他人製作，可請對方將常佩戴的戒子內圓圈畫在紙上，再用戒圍圈比對，測量所需長度尺寸。



圖8-23 戒圍圈、大中小戒子棒

11. 金工小鉗

形狀種類多樣，常用的有兩支夾鉗，端面為圓形或半圓形，如製作戒指，金屬板兩端需向內彎，可使用半圓形的金工小鉗來工作。



圖8-24 圓形、半圓形金工小鉗



圖8-25 鐵鎚、木槌



圖8-26 半圓形鉗、圓頭衝

12. 木槌

用於敲平金屬或敲打整形，較不會傷害金屬表面。如製作戒指：金屬板兩端焊接完畢，將戒圈套入戒子棒，使用木槌敲打，不圓的戒圈即可變圓。

13. 鐵鎚

打形鐵鎚種類繁多、大小不一，依需求選用所需鐵鎚。鐵鎚敲打會使金屬顯著延伸、變薄，敲打之後金屬會變硬，需退火才能繼續工作。

14. 圓頭衝、半圓形鉗

將金屬敲成半圓的工具，有各種尺寸。如欲做成球時，先用金屬片鋸出兩個圓，圓形金屬片放於半圓形鉗凹槽中，與圓頭衝配合，敲出兩個半圓球，再焊接成一空心圓球體。

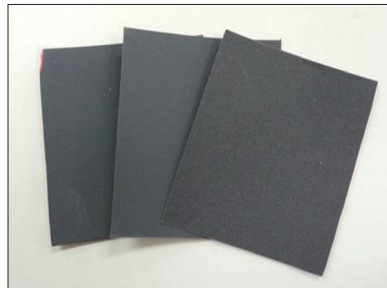


圖8-27 砂紙

15. 砂紙

粗至#220、細至#2000，通常備有#400、#600、#800、和#1000。銼削後，用砂紙使金屬表面更光滑，先使用#400，再用#600、#800、#1000砂紙。

16. 明礬

用於清除焊接後產生的氧化物。將一小塊的明礬放入盛有500cc清水的不鏽鋼鍋中，煮沸成明礬水，金屬退火、焊接後表面會變黑，將變黑的金屬放入明礬水鍋中煮沸數分鐘，待黑色氧化物去除即可取出。



圖8-28 明礬

17. 銅刷

工作物表面黑色氧化物去除後，用鑷子夾取出，用銅刷刷工作物表面，檢查是否有欲焊接之點、線、面尚未焊接完整。



圖8-29 銅刷、壓光棒、青土

18. 壓光棒

又稱搨光棒。工作物表面經過鋸切、鏤空、銼削、焊接、砂磨等工作程序，工作物已接近「完工」，此時表面已出現金屬的光澤。接著可用壓光棒沾水，以秩序性的直線在金屬表面「畫、壓」，使工作物表面壓磨出光亮。



圖8-30 棉布

19. 青土

是拋光金屬表面用的研磨劑，可將青土塗於棉布表面，再將工作物用力在沾有青土的棉布上來回摩擦，可使金屬表面發出閃爍光芒。



圖8-31 抽線板組

20. 棉布、棉繩

於拋光時用，將青土塗於棉布或棉繩上，工作物任一小細節可輕易拋亮。

21. 抽線板

為線狀材料成型模具，是鋼製品。一套有3片模具，可抽製之線直徑由0.26~6厘米，均分於三片模板上。



圖8-32 去漬油

22. 去漬油

為鼓風爐的燃料。

23. 助焊劑

焊接時母材與焊材間的接觸需圓滑、成乾淨面，需先在焊接面塗佈防止氧化的物質，



圖8-33 助焊劑

此物質稱為助焊劑 (flux)。助焊劑種類很多，有硼酸、硼砂、氟化鉀等。選用助焊劑時，須考慮其流動性、腐蝕性等，並視焊材的材質、母材種類等因素，再選擇適當者。硼酸或硼砂焊劑流動性好，可溶解金屬氧化物、使母材清淨、降低融點、包覆性良好。



圖8-34 銀焊藥

24. 焊藥

金屬和金屬之間連接時，一般是使用焊藥（接合用合金）。因金屬不同、熔點不同，而需使用不同種類焊藥，如銀便用銀焊藥。「2分」焊藥是日本早期重量單位，在1錢（3.75g）銀中，添加2分（ $3.75 \times 20\% = 0.75\text{g}$ ）的其他金屬，所製作的焊藥稱為「2分焊藥」。

銀焊的種類

種類	成份		熔點(攝氏)	銀含量
銀焊藥	2分銀焊藥	熔點高 ↓ 熔點低	820°C	80%
	3分銀焊藥		780°C	77%
	5分銀焊藥		750°C	70%
	7分銀焊藥		720°C	60%
	快速銀焊藥		620°C	50%

二、機器設備

1. 腳踏式鼓風爐

傳統製作金工必備焊接加熱退火工具。其配備有腳踏式鼓風爐、油筒、火嘴，三項物件以透明塑膠管相連。使用腳踏式鼓風爐需練習，才能手腳並用，控制所需火力大小，使用的燃料是去漬油。

2. 吊鑽

可替換各式頭柄組，用以鑽孔、研磨表面質感及拋光。

3. 裁板機

用於裁切板材的機器。

4. 壓板機

使金屬板料、金屬條變薄、變長，是製作金工不可缺乏之機器。

5. 腐蝕液

用於腐蝕金屬表面，做出蝕刻效果。蝕刻貴重金屬，使用鹽酸或硝酸做腐蝕液；而紅銅、黃銅或白銅則可用較溫和的氯化鐵做腐蝕液。

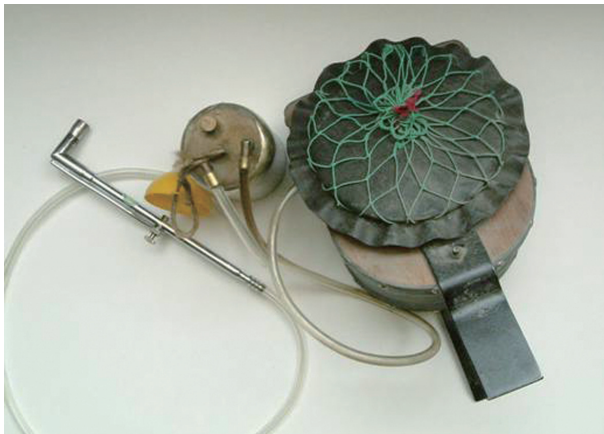


圖8-35 腳踏式鼓風爐



圖8-37 裁板機



圖8-36 吊鑽



圖8-38 壓板

三、金屬工藝加工常用的基本技法

1. 鋸切

製作金屬工藝品最常用的工具是弓形鋸，依工作需要選擇不同大小的弓形鋸。鋸切材料時，將鋸絲裝置在鋸子上，鋸齒朝外向下或向上（依自己習慣）裝於夾頭墊片中，鎖緊螺絲一端，將弓形鋸頂放工作桌與身體之間，此時弓形部分會稍許彎曲，調整鋸條，鎖緊另一端螺絲。正確的鋸條應是緊繃於鋸弓上，如此鋸切時才能發揮功能，否則鬆弛的鋸條鋸切困難且鋸絲容易斷。

珠寶金工用的鋸條有#0、#1、#2、#3。鋸較厚的金屬板可用#0、#1鋸條，珠寶金工工作物較小可用#3鋸條。

2. 鑽

鑽孔是在金屬加工製作上一個必要的步驟，不管是為了鑽洞或是要在金屬上切割圖形都要先鑽一個小孔，再進行鋸切或造形。鑽孔前一定要先用中心衝頭或釘子在金屬上先敲一個記號，以利鑽頭確定位置，也可避免鑽頭滑動，造成刻痕。如欲鑽一個較大的洞一般施工的程序都是先鑽一個小的鑽孔後再換大的鑽頭將孔鑽大。在工具使用上目前有手搖鑽孔機、電動吊鑽等。

3. 銼

金屬表面修飾通常第一個步驟就是使用銼刀來進行修飾的工作，銼削的工作看起來簡單，實際上並不容易。如何適當的使用銼刀，依據所要修飾部分形狀的不同，就必須選用不同種類的銼刀，一般要先使用中粗銼刀再用細銼刀做細部的修飾。銼刀的種類有各種形狀、尺寸、粗細不同。銼削時用力要平均，從銼刀的前端到末端都要使用到，磨銼面要愈長愈好。

此外要銼削平面時選擇大型的銼刀，能使金屬面銼平，但在進行時需一氣呵成不要在中間停頓。在銼削圓形如圓球體或戒指環等形狀的銼削時，這時右手拿銼刀需沿著物件的曲面形狀，畫圓弧而推動銼刀，左手執物件與銼刀反方向轉動。

4. 砂磨

金屬施工技法中一個重要的技法，就是砂磨。有效的砂

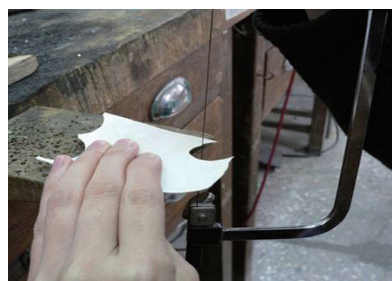


圖8-39 鋸切



圖8-40 銼削

磨，決定珠寶最後之品質。銼削後的表面還不是很光滑，這時需要用砂紙來進行進一步的細修處理。砂磨平面時可用木片包覆砂紙，用力平均的砂磨物件；砂磨圓弧狀時則可以大小類似的圓弧形包覆砂紙砂磨；如果物件的表面是不規則的形狀時，就只能以手拿砂紙來進行砂磨作業。另外還可以使用吊鑽，在夾頭上夾上砂紙棒，運用電動吊鑽的鑽動進行砂磨。砂磨的砂紙也是和銼刀一樣，由粗到細的砂紙一步一步慢慢的將金屬表面砂磨到光滑無痕，才能進行下個步驟。



圖8-41 焊接

5. 焊接

在金屬加工的過程中焊接是最重要的步驟之一。金屬焊接是以熔點低於母材的金屬或合金做為焊材，將焊材熔於兩母材之間凝固完成接合的加工方法，焊藥通常依其熔點分成高、中、低三種。一般是將焊藥預先剪成1mm的小方塊，以利焊接時使用。硼砂是常用的助焊劑，主要是幫助焊藥的熔解。

焊接的步驟：

將欲接合的部分清潔乾淨，再塗上少量硼砂，只塗在欲焊接合的面。因為銀焊材溶化時會流遍塗有助焊劑的區域。放上焊藥於欲接合處。以火槍加熱金屬，待金屬變紅，熔化焊藥成為液狀，流入結合處間隙即可。需特別注意的是如果焊接加熱的時間過久，焊藥會侵蝕金屬形成凹陷稱為焊蝕。

標準的焊接口需是無焊藥的漫流，焊藥只停留在接合處。也不能有焊蝕的產生。焊藥的漫流與焊蝕都會影響往後的銼修與砂磨作業，進而影響至電鍍作業的成效。

6. 壓光

製作金屬工藝品修飾步驟中最重要就是壓光，壓光的成功與否關係著後續鍍金的成敗。所謂壓光是將金屬在加工過程中修銼、砂磨過後的痕跡或小瑕疵，以推壓的方式使金屬表面壓磨光亮的工作法。使金屬產生明亮的光澤，也可使金屬變硬。通常壓光的工具有：

• 瑪瑙刀：

一般珠寶銀樓的金工師父常以此種瑪瑙刀做為壓光、推的工具。比較適合

使用在純金或純銀，因為高純度的金、銀質地較軟，以瑪瑙的硬度可以將金、銀推出光滑明亮的光澤。

• 壓光棒：

壓光棒為一前端以鎢鋼所製作的金屬棒，剖面有圓型、橢圓形等不同的形狀和大、中、小不同的尺寸。使用壓光棒時應注意壓光棒



圖8-42 壓光

表面是否光滑無瑕，如果壓光棒上有任何的瑕疵，會移轉到被推壓的工作物件上，所以務必保持壓光棒本身的平整。

在壓光的作業過程中最好準備一些可當介面的物質，如肥皂水。可將壓光棒的一端沾肥皂水，主要為增加壓光棒的潤滑度，比較容易進行壓光作業。

7. 拋光

金屬工作物經過銼削和砂磨的處理後，此時的工作物應該是表面平整，形狀確定。接著就是要進行拋光作業，拋光可以用手拿棉布沾研磨劑拋光，研磨劑通常是綠土或紅土。也可以使用電動布輪機拋光，使用電動布輪機進行拋光作業時應注意工作物放在布輪的正下方再往上20度左右，工作物須緊緊的握住，否則因為布輪的快速轉動極易造成工作物飛出，擊中人或物品而造成危險。拋光時也應注意工作物只需輕靠布輪的表面即可，緊靠布輪並不會讓工作物更快拋的更亮，只會讓作用力增加使工作物更易飛出或是磨削到表面形成凹陷。另外也可以用吊鑽來進行拋光作業，在吊鑽的夾頭上夾上小布輪、或小橡皮輪，可以拋磨一般電動拋光機拋磨不到的較小的部分。

8. 電鍍

電鍍為一種電解過程。一般泛指以電解還原反應在物體上鍍一層膜。提供鍍層金屬的金屬片作用有如陽極，電解液通常為鍍著金屬的離子溶液；被鍍物作用則有如陰極。陽極與陰極間輸入直流電電壓後，吸引電解液中的金屬離子游至陰極，還原後即鍍著其上，同時陽極的金屬再溶解，提供電解液更多的金屬離子。某些情況下使用不溶性陽極，電鍍時需添加新群電解液補充鍍著金屬離子。

目前使用的電鍍種類有：一般電鍍法(electroplating)、複合電鍍 (composite plating)、合金電鍍 (alloy plating)、局部電鍍 (selective plating)、筆電鍍(pen plating)等等。由於電鍍表面具有保護兼裝飾效用，故廣被應用。也有少部分的電鍍提供其他特性，諸如高導電性、高度光反射性或降低毒性，最常使用的電鍍金屬為鎳、鉻、錫、銅、銀及金。

9. 鍛造

利用鍛壓機械對金屬坯料施加壓力使其產生塑性變形，以獲得具有一定機械性能、一定形狀和尺寸的鍛件的加工方法。鍛造和衝壓同屬塑性加工性質統稱鍛壓。鍛造是機械製造中常用的成形方法。通過鍛造能消除金屬的鑄態疏松焊合孔洞，鍛件的機械性能一般優於同樣材料的鑄件。機械中負載高工作條件嚴峻的重要零件，除形狀較簡單的可用軋製的板材、型材或焊接件外，多採用鍛件。用料主要是各種成份的碳素鋼和合金鋼，其次是鋁、鎂、銅、鈦等及其合金。

10. 脫蠟鑄造

脫蠟鑄造法有兩大類：實心模法 (Solid Mold) 和陶殼模法 (Ceramic Shell Mold)，後者為前者的改良法。

實心模——考慮蠟型的冷凝收縮量、鑄模的加熱膨脹量和熔融金屬的冷凝收縮量後，製作出和最後鑄件尺寸近似之模具。將融化的蠟灌入以金屬或矽膠做成之模具內，待蠟冷卻取出蠟型。將模形蠟浸入微粉耐火材料與粘結劑混泡而成之漿液，漿液滴淨後，在整個沾滿漿液的模型蠟表面撒佈粗粒耐火材料，使之乾燥。乾燥完畢後放入鑄框，用混練有粘結劑的耐火物粒填滿鑄框，然後乾燥。接著加熱使蠟熔化流出來，即成為成鑄模。在澆注金屬溶液之前，鑄模須以高溫加熱，此步驟可燒除少量殘餘的蠟，並可提高鑄模強度，成功鑄造金屬物件。

陶殼模——蠟型製作方式與實心模相同，只是在一次沾漿和淋砂（或浮砂）之後，並不將沾滿漿液表面撒佈粗粒耐火材料的模型蠟放入鑄框內，用混有粘結劑的耐火材料進行包模作業，而是反覆多次地進行沾漿和淋砂，直至獲得預定的外殼厚度。將殼模乾燥、加熱，使蠟熔流出。將殼模高溫加熱，再澆注金屬溶液。此種方法廣泛為一般的脫蠟精密鑄造業者採用。

利用石膏模的脫蠟鑄造法用於精密鑄造，例如牙科製作假牙、珠寶飾品、裝飾品和小型工藝品常應用這種方法製作成品。

將金屬製作之成品原型模，置於金屬框中，金屬框與金屬原型模之間塞滿專用橡膠，再將此放於熱壓模機上加熱加壓，橡膠受熱熔於金屬模四周。待橡膠冷卻，用手術刀切開橡膠模，取出金屬原型。將兩片橡膠對合、鎖緊，注入口緊靠於注蠟機之注出口，用抽真空將橡膠模中空氣抽出，並注入熔融的蠟液，待蠟液凝結取出，即可獲得一個與金屬原型一樣的蠟模。

將數個蠟模組成蠟樹，蠟樹放於入不鏽鋼圈內，倒入高溫石膏，然後震動及抽真空。待石膏模硬化乾燥後，使用電爐脫蠟。將石膏模鋼圈置於專用電窯將石膏燒結。石膏燒結後，鋼圈仍放置於電窯中維持在 500°C — 550°C ，將石膏鋼圈取出置於真空鑄造機或離心鑄造機內進行澆注。離心鑄造機附設有高週波加熱裝置，可以將坩堝內貴金屬溶化成液體，藉離心力使熔融金屬注滿石膏模內。待金屬冷卻後，將鋼圈置於水中，高溫石膏成粉碎狀，取出金屬物件，將金屬表面石膏去除，修飾金屬表面，即可獲得與原型相同的金屬物件。



圖8-43 腐蝕

12. 腐蝕

蝕刻為利用化學藥劑，腐蝕金屬表面的技法。待蝕刻之金屬，儘可能徹底清除所有沾污，如油脂或氧化物；不需蝕刻的區域，以耐酸物質遮蓋，如瀝青、松脂做成的顏料、油性筆、轉印貼紙或自黏貼紙。將整個金屬物件，浸沒於依金屬種類而定的適當酸溶液中。蝕刻貴重金屬，可用鹽酸或硝酸的酸液來做腐蝕液；而紅銅、黃銅或白銅則可用氯化鐵來做酸溶液。依所欲溶蝕深度，調整金屬留置酸溶液的時間。由於蝕刻的化學藥劑本身有腐蝕功能，而其氣體也有毒性，故必須於通風良好的地方，戴上手套、口罩、護目鏡再開始工作，以防危險。

13. 打形

即以各種衝子和榔頭，配合各式形狀衝座鉗台，逐漸壓迫金屬成所需的不

規則形狀。若欲不留榔頭痕跡的方法，便使用衝子先在木墊或鉛墊上預行凹模，再將金屬敲貼其上；或是配合衝座敲擊；若是需要較大曲折面的複雜形體，則可在鉗台上，配合各式榔頭輕敲金屬成形。



圖8-44 打形

(1) 退火

因為金屬在受到錘擊壓縮時會變硬易裂，先將金屬以火加熱至櫻紅色，再迅速浸入冷水或酸漬液中驟冷退火，使其柔和。

(2) 切割

將金屬切割成略大於待成形之形體。

(3) 錘打

將切割好的金屬置於衝座或鉗台上，利用一端為磨光之圓拱形或球狀、而另一端為打磨成寬平面的榔頭，配合衝頭以輕而均勻的敲擊開始錘打，緩慢造形。由一中心點向外依緊湊螺旋形法展開。

(4) 修形

錘擊幾次後，工作件可能會撓曲，與所欲完成的形狀不同，需以木槌在木板表面修正之。

(5) 重覆退火

若工作物需較深凹曲折的造形，每錘擊數次，均應先將金屬退火。

(6) 重覆錘打

每次退火完重新錘打時，須從同一點開始敲擊，並且整個凹入部分都需均勻錘打，以防空心或起坑。另為避免過大之撓曲，可改變工作件敲擊角度。

(7) 去除錘痕

基本深度完成後，需去除榔頭痕跡。凹入區域可用曲銼；凸起表面和邊緣可用扁銼；如要去除銼紋可用砂紙。重複以上步驟至工作件完成。

14. 銀土技法

銀土使用工具設備機具非常簡單，技法亦簡便，是體驗製作珠寶飾品的好素材。常用的工具有：

(1) 擀麵棍、圓棒

用來擀銀土片，可用PVC水管、傳真紙筒代替。

(2) 保鮮膜、烘焙紙

銀土暴露在空氣中，容易乾裂，不用時需覆蓋保鮮膜以保持濕度。銀土在擀薄時，上下需墊著烘焙紙，避免銀土粘著擀麵棍或切割墊上。

(3) 切割墊或墊板

銀土需保持乾淨，可在工作桌上墊著切割墊，便於切割及保持銀土乾淨。

(4) 筆刀、美工刀、塑膠卡片刀、塑膠卡片

用來切割銀土，非常方便。

(5) 壓克力板、卡紙

不同厚度的卡紙或壓克力片，放置銀土兩旁，可以擀壓出不同厚度的銀片。

(6) 模型拔

各式各樣形狀的模型拔，可壓出各式各樣形狀的銀土。

(7) 不鏽鋼刷

銀土燒成後，銀土表面呈特有的雪白銀結晶，需使用不鏽鋼刷，表面即可成光澤亮麗的銀色。

(8) 壓光棒

壓光棒前端的金屬非常硬，可以在金屬表面壓出光澤。

(9) 壁紙、塑膠桌布

在銀板製作上，呈現特殊紋路的素材。

(10) 水彩筆

銀土加工過程中，出現裂紋或太乾燥時，用於沾水輕刷表面保溼，也可修飾表面。

銀土燒成機具設備非常簡單，分述如下：

(1) 吹風機、三腳架

乾燥銀土時，可將吹風機架在三腳架上吹，吹時風量要適中，避免作品被吹跑。

(2) 低溫土專用爐

專為銀土開發的小爐，適用於低溫土。體積小、操作方便、不需電力。用三顆固體燃料，待燃料燒盡則作品燒結完全。



圖8-45 不鏽鋼刷、壓光棒



圖8-46 模型拔

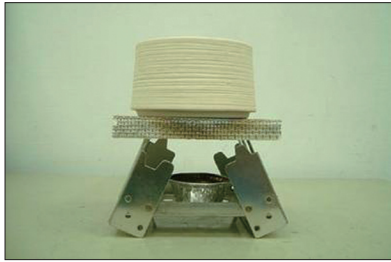


圖8-47 低溫專用小爐



圖8-48 吹風機三腳架



圖8-49 電窯

(3) 專用窯

專業用窯，有溫度控制器，可精準地控制溫度。作品受熱均勻，作品失敗率較低。

銀土製作方法簡便，以設計一個愛心墜飾為例：

(1) 揉土、滾土條

取出銀土，像搓湯圓一般，將土放在手心，搓揉成一小球，此動作目的為讓銀土空氣擠壓出。接著拿出適量的銀土，滾成土條狀。

(2) 壓印紋路

在銀土上用筆刀後端壓印凹點或用壁紙紋路在銀條壓印花紋。

(3) 彎曲繞形

在銀土尚柔軟時，彎曲出心形，並在銀土條末端塗抹少許水分，將兩端緊密碰觸，待一分鐘後即可將銀土黏接。



圖8-50 用不鏽鋼刷表面則可顯現銀光澤



圖8-51 用壓光棒壓出亮點



圖8-52 加入圈環即完成了獨特飾品

(4) 乾燥

將作品置於三腳架下，用吹風機吹，進行乾燥動作，至少需半小時，置於室內自然乾燥則需一天。

(5) 燒成

放進專用窯以900°C燒成。若使用PMC₃低溫土，則可使用廠商開發的小爐，非常方便。

(6) 表面修飾

燒成待冷卻，用不鏽鋼刷刷表面或用壓光棒壓出閃爍光澤。

(7) 加入配件

穿入相關配件，即可完成自己的風格鑿飾。

肆、金屬工藝作品賞析

一、餐具類



〈琵琶〉

作者：許伊玲

材質：925銀

尺寸：大～長11cm，小～
長8cm

技法：油壓成型、焊接

創作理念：以國樂器的造形
為發想，設計一
系列湯匙。



〈胡〉

作者：許伊玲

材質：925銀

尺寸：長13cm

技法：油壓成型、焊接

創作理念：以國樂器的造形
為發想，設計一
系列湯匙。



〈甜蜜雙喜〉～糖罐與奶精罐

作者：許伊玲

材質：925銀、壓克力

尺寸：糖罐 $4 \times 4 \times 8\text{cm}$ ，奶精罐 $4 \times 4 \times 7\text{cm}$

技法：焊接、冷接、壓克力疊層融合

創作理念：加入糖與奶精入口的咖啡或茶是喜孜孜、甜蜜蜜的滋味。以紅色中國式建築為發想呈現喜氣的氛圍。



〈情人的晚餐〉～餐巾環

作者：簡魁男

材質：紅銅片

尺寸： $13 \times 8 \times 2.5\text{cm}$

技法：紅銅片材製作，滾壓、鍛敲、焊接成形、電鍍處理。

創作理念：能增進用餐氣氛的實用性及裝飾性餐巾環，附小花插。



大自然餐具系列

作者：謝小瑩

材質：（紅）銅片

尺寸：湯匙 3.5×15cm，叉子 1.5×10cm，攪拌棒 3×12cm

技法：鍛敲打型、雕刻

創作理念：利用大自然的造形（大樹、樹枝、樹苗）和湯匙、叉子、攪拌棒等餐具做一結合，增加其趣味性。

二、生活用品類



銅宮燈

作者：黃淑郁

材質：紅銅、布、紙、陶瓷、木

尺寸：約40×30×20cm

技法：宮銅燈：紅銅鋸切、鏤空、焊接；日本人偶：用陶土捏塑臉、特殊紙製作服飾、木頭製作宮燈底座

創作理念：起舞弄清影，時代換置讓古久的「長信宮燈」轉換為現代裝飾品。



國立臺灣藝術大學

——2006畢業相框

作者：蕭銘菴

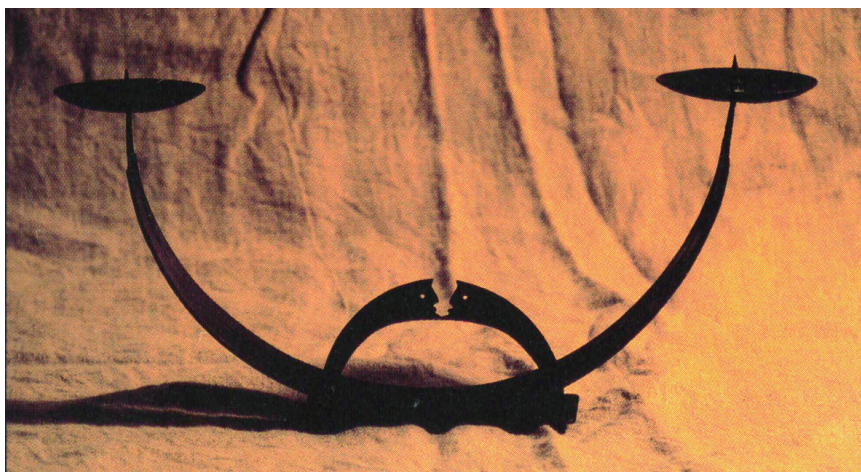
材質：錫合金、金、銀

尺寸：20.5×13.5cm

技法：鑄造、金、銀雙色電鍍

創作理念：以臺灣藝術大學校徽為設計基本元素佈滿相框，

左上角一片緞帶，上面有著二〇〇六、校徽及“graduation”等文字、圖案，代表二〇〇六年的畢業紀念相框。緞帶內文字、校徽用金色電鍍，凸顯特定為二〇〇六年度畢業生所設計製作之紀念相框。



燭臺

作者姓名：羅若文

材質：紅銅

尺寸：約30×2×7cm

技法：鋸切、鏤空、鍛敲、焊接

創作理念：以圓弧為基本造形，燭臺座以鋸切、鏤空的技法鋸切出互看的兩人造形，增加趣味性。