

TB303
2

現 代 科 學 譯 叢

陶 瓷 塑 膠 及 金 屬

原著者：Krock and Ebner

譯 者：劉 祥 鈞

正 中 書 局 印 行



版權所有

翻印必究

中華民國六十二年三月臺初版

現代科學
譯叢

陶瓷塑膠及金屬

全一冊 基本定價 一 元

(外埠酌加運費匯費)

原 著 者	Krock	and	Ebner
譯 者	劉	祥	鈞
發 行 人	李		潔
發 行 印 刷	正	中	書 局

臺灣臺北市衡陽路二十號

暫遷臺北市南昌路一段十二號

海外總經銷 集 成 圖 書 公 司

(香港九龍旺角洗衣街一五三號地下)

海 風 書 店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(6581)大興
(1000)

前 言

在日常生活當中，我們將能夠很輕易地分辨出何者為陶瓷？金屬？或塑膠？本書之目的在以它們的內部構造給予區別。前人已留給我們許多有關固態構造之智識，我們可以從第一章讀得它們發展的歷史。第二章主要是在討論元素之原子構造。第三章在描述原子如何建立起分子固態和結晶性固態，同時介紹結晶性固態中之電子能帶與錯位之觀念。第四章說明由顯微鏡觀得的構造如何與原子構造和其過去所經情況之間的關係。

我們依據固態的不同特性而分別予以利用。第五章在討論固態物質的電氣、磁氣和機械性質與其內部構造之間的關係。在最後一章結論裏，近代冶金家和材料科學家分別介紹了七種新材料與其設備——混合固態、磁性氧化物、熱電材料、超導電性固態、分子過濾器、麻時綫和雷射。

本書希望能啓發學生們對科學的興趣以及對固態物質的好奇，進而繼續研讀更多有關固態科學的書籍。若有基本化學或物理學作為基礎乃有助於研習固態學，但並不一定需要。

目 次

前言

第一章	材料的歷史.....	1
第二章	原子.....	15
第三章	分子與格子.....	25
第四章	微細構造.....	59
第五章	固態的構造與性質.....	65
	電氣性質.....	67
	磁氣性質.....	76
	機械性質.....	82
第六章	明日的材料.....	89

第一章

材料的歷史

人類走向文明，進步，完全得自過去不斷地研究與了解“物質的性質”，進而利用其“材料的適應性”。首先被人類取為建築材料者，為天然出產的木材、骨骸及石頭。然而天然材料不符使用，必須經過挑選、製作才能成為有用的器具或美麗的裝飾品。材料之製作，有些只要改變其形狀，如燧石切成刃片；有的必經熱處理改變其性質，如陶瓷之燒製。

人類經多方的體會，運用技巧，利用豐富的自然材料，如燧石和粘土，製作成各種器皿。有了充足的原料與新技術，導致交易擴充與工作專業化。最早時期人類為求發展，材料的獲取與製作有極密切的關聯。

公元 4000 年前，人類即已精於狩獵、造屋、耕作、編織、以及石器、骨器的製造。除此之外，也略懂寫作，但沒有留下太多的記載，以供後人研習。公元前 3000 年，在地中海地區

2 陶瓷塑膠及金屬

(Mediterranean Area) 形成幾個文化中心。文明乃起自文字的紀錄，要証明其發展與繁榮應綜合許多因素，其中最重要的要算材料的使用了。美索不達米亞 (Mesopotamia) 位於幼發拉底河 (Euphrates River) 與底格里斯河 (Tigris River) 之間，也就是今天的伊拉克 (Iraq)。茲將當地居民如何運用三種材料為例，加以討論：一粘土 (Clay) 爲陶瓷 (Ceramic)，二地瀝青 (Bitumen) 爲塑膠 (Plastic)，三鋼鐵 (Steel) 爲金屬 (Metals)。

今天我們使用陶瓷、塑膠和金屬等名詞感到非常的自如與普遍。同時，我們也非常容易分出陶瓷、咖啡杯與塑膠玩具或金屬烹飪鍋所使用材料的不同。假如我們爲精確地給它們下定義的話，將發現很多的困難。

早年居住於底格里斯河和幼發拉底河流域附近的居民，使用粘土作爲他們建造房子的材料。木材和石頭在那裏是缺乏的，然而適於建築用之砂質粘土却非常的豐富。當地的氣候非常乾燥，沒有燒過的壁磚是不能抵抗大雨的侵蝕。在很早以前，粘土就被用於建造房屋了。公元前 5000 年，建造房子均使用蘆葦、樹枝作爲骨架，而後用泥漿塗塑而成。在公元前 4000 年間的居所，已開始使用粘土、板塊造房子了，比起早期的茅屋已好多了。用細稻草或細樹枝混於泥漿中增加強度，以防止破裂。圖一所示的農莊正是用這種方法建造而成的。

開口無底的方形木框供做製作形狀一致的磚塊，以便於搬運和堆積。它是混合粘土、水和切細的稻草或馬糞，填塞木框

中，加以鎚勻，然後移去木模，放置於太陽下曬乾。在公元前 3500 年用此法製造同一形狀的乾磚，已非常普遍，並盛行於中東（Middle East）一帶。

雖然日晒的磚塊很容易製成和搬運，但是却不如今日我們造房子所用的紅磚來得堅硬。運用窖炉（Kilns）燒製的磚，才能獲得堅實和牢固。早在公元前 3000 年，美索不達米亞人，已知利用窖炉，燒製的技術；當然當時的燒製費非常的昂貴，唯有特殊建築物的磚塊才採用窖炉的燒製方法。約在公元前 1750 年，亞述（Assyrian）的後期已懂得在磚塊上塗釉了。上釉不但可以減少磚塊表面的透水性，也可以作為裝飾用。美索不達米亞人的造磚技術已有 3000 年的歷史。約在公元 600 年前，豐盛的巴比倫（Babylon）時期，已竭力於改進技術，在牆壁上雕塑圖案；首先將濕粘土做成一大塊模板，雕刻師即在上面完成浮雕花樣，而後小心翼翼的切成磚塊，進窖燒製並上釉，燒成之後，即組合起來鑲於牆上作為裝飾。易斯塔城門（Ishtar Gate）及聖靈街（Processional Street）是進入巴比倫市中心必經之路，都是這樣嵌成的。

地瀝青（Bitumen）乃是天然的產物，猶如石油，其濃度在重油脂（Heavy Grease）與硬焦油（Hard Tar）之間。古美索不達米亞人在很早以前就會使用了，在公元 2000 年前曾有記載，一隻簡單的載貨船需用 120,000 磅的地瀝青。希特（Hit）城是一主要生產中心，位於巴格達（Baghdad）以西 90 哩的幼發拉底河畔。這兒的地瀝青和天然氣取自淺井（Sh

4 陶瓷塑膠及金屬

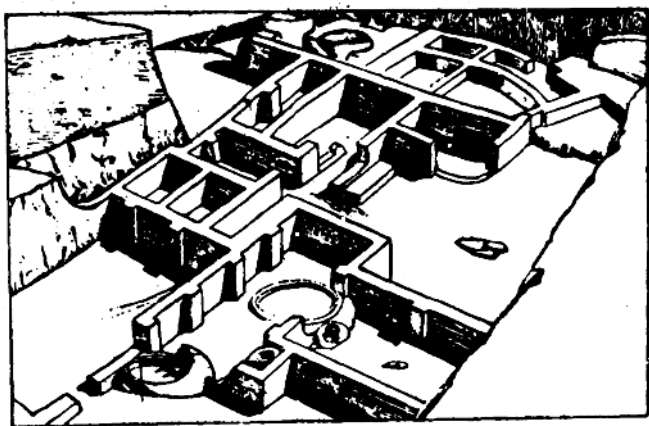
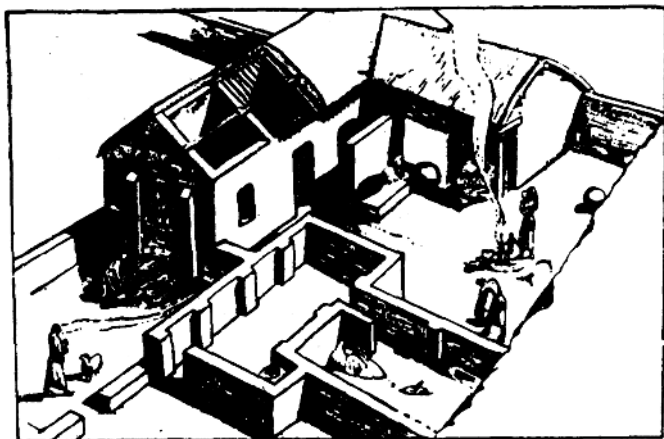


圖 1 公元前 4000—5000 年古美索不達米亞人 (Mesopotamian) 的農莊。

上圖：改建。

下圖：發掘。

allow Well)。引火將地瀝青熔化，並加砂土及切細的蘆葦或稻草，不但可供牆壁塗料，還有防水的作用。

據說希特城生產兩種地瀝青；一為屋用瀝青（House Asphalt），二為灌注用土瀝青（Irrigation Bitumen）。屋用瀝青加上適當的填充料（Fillers）做成泥漿（Mortar），用於塗刷泥磚及排水管或陰溝。灌注用土瀝青用於塗附抽水機械和船隻等。在古美索不達米亞（Mesopotamia）的簡單建築物耗用土瀝青高達 640,000 磅之多，這樣大的消耗量直到希臘（Greek）和羅馬（Roman）的建造方法才告改變而停止。然而伊拉克希特城的土瀝青的開採到今天仍在繼續生產而從未停頓。

人類生產金屬，鑄造各種器具及美術品，已有很久的歷史。為求發展，金屬作為工具是相當特殊和重要。我們今天是生活在鋼鐵時代裏（Steel Age），一切的構造物均用鋼鐵、建造大廈及輪船等；鋼鐵是含有少量碳的鐵合金（Iron Alloy），其用途廣泛，因此我們應多加運用此合金，力求社會的發展。

歷史學家承認希太特（Hittites）是首先製造鋼鐵的民族，約在公元前 1200 年，這些居住在現為土耳其（TurKey）的人，係在黑海（Black Sea）的東南方，發現到極豐富的鐵礦石露頭（Outcropping）。因此獲得鐵的來源，進而用來鑄造刀劍及其他器具，它曾經是君王時期的寵物。不幸的是考古學家（Archeologists）再沒有發現到有關希太特鋼鐵的記載。但是路利斯坦（Luristans）人做出的刀劍、手鐲倒發現了很多，這足可証明在公元前 1000 年，鋼鐵製作已成為一個高度發

6 陶瓷塑膠及金屬

展的工藝。



圖 2 鋼與鐵的時代。

- (a) 公元前 1000 年路利斯坦人的刺劍 (Luristan Thrusting Sword)，刀口長約 11 吋。
- (b) 同一刺劍的 X-光照片，它即是使用鍛打結合而成。
- (c) 鐵之微細構造 (Microstructure)，顯示出晶粒 (Grains) 與夾雜物 (Inclusions)。刺劍(a)有同樣的構造。
- (d) 鋼之微細構造；紅熱鋼經淬火而得的麻田散鐵構造，刺劍(a)並未有此構造，但可以熱處理獲得此種組織。

居住於美索不達米亞東北高地的路利斯坦人，無疑地是繼承希太特的工藝技術。圖二(a)所示正是路利斯坦人常用的刀劍。此劍至少由十塊鐵鍛造接合而成。經 x 光射綫照射其接合處，如圖二(b)所示。檢查結果，此劍乃是由熟鐵 (Wrought Iron) 滲碳而成，並使用木炭加熱鍛打接合的。

製造品質最好的鋼工具有三個步驟：(1)加碳進入熟鐵 (Hot Iron) 做成鋼；(2)紅熱的鋼 (Red Hot Steel) 冷浸於油或水中，使之產生麻田散鐵，它是一種非常硬的鋼；及(3)將麻田散鐵構成的鋼，再加熱減少其脆性 (回火法)。在路利斯坦人的劍中發現含有碳元素，但並未發現有淬火的痕跡。到公元前 700 年鋼的淬火硬化法才告盛行；回火法 (Tempering) 的操作到羅馬時代 (Roman Times) 才有之。

全世界普遍而大量使用鋼乃起自 19 世紀中葉以後。由於貝塞麥轉爐 (Bessemer Converter) 和平爐 (Open Hearth Furnace) 煉鋼前後的發明，使鋼之生產量急速的增加，使用這兩種新方法煉鋼可以由表 1 美國生產鐵軌鋼軌的噸數比較而得。此表也說明了美國從 1865 年到 1905 年，鐵與鋼用於製造鐵軌相互消耗的關係。又從此表可以清楚的看出，美國在南北戰爭 (Civil War) 業已大量的生產鋼鐵，它乃是由於工業社會高度需求所致。

表 1

美國鐵軌鋼軌之生產量

年	鐵 (噸)	鋼 (噸)
1865	400,000	2,000
1870	550,000	20,000
1875	400,000	400,000
1880	400,000	700,000
1885	20,000	2,000,000
1890	10,000	1,500,000
1895	3,000	1,200,000
1900	1,000	2,000,000
1905	少於1,000	4,000,000

古時候，一種新材料的發現及其製造方法，完全依賴工匠們的直覺 (Intuition) 和幸運 (Luck)。近代，由於有新的研究工具和原子奧秘的被揭發，促使人類進一步的研究與利用陶瓷、塑膠和金屬材料。這種新工具的發展，慢慢形成有一

系統的固態科學 (Science of Solid)。雖然“幸運”仍是一個重要因素，但是，第一次的試驗結果可以與第二次的試驗結果作相互的比較，得到更多的知識與了解，更可預期第二次的試驗的成功與希望。爲要了解如何利用其固態，已從工藝 (Art) 發展成“科學” (Science) 了。首先讓我們利用近代的方法，研究其固態的組織；當然，今天有許多工具可以用來研究固態物質，如光學顯微鏡 (Light Microscope)，x 光繞射照相機 (X-ray Diffraction Camera) 及電子顯微鏡 (Electron Microscope) 等重要工具。在我們討論如何利用這些工具之前，我們將談及有關固態科學之萌芽事跡。

第一種工具爲光學顯微鏡，自發明至今已有二百五十年的歷史，它是亨利·克萊弗頓·蘇比 (Henry Califton Sorby) 用來觀察生物、岩石和金屬的微細構造。蘇比是業餘的科學家，他是做家庭用刀類的生意，有很好的收入，足夠允許他做此範圍之研究，這完全因興趣所致。蘇比非常熟練於準備薄生物試片，做透過光的檢查工作。1849 年他曾利用此技術去做岩石檢查試驗，他發現到可以利用偏光 (Polarized Light) 做岩石的檢定工作。德國的西克爾 (Zirkel) 利用蘇比的方法，發展成近代的岩石學 (Petrography)。今天此種技術在地質學家做岩石檢定工作時，仍然佔有非常重要的地位。

蘇比運用熟練、巧妙而具耐心的準備一片岩石薄片的技術去研磨一片純鐵到達如鏡面一樣的光亮，而後用酸腐蝕，並置於顯微鏡下觀察。他將這一天的試驗經過記於他的日記本上

10 陶瓷塑膠及金屬

係 1863 年七月二十八日；是日可以說為近代金相學 (Metallography) 的生日。隨後，他曾使用同樣步驟去觀察許多不同的鐵合金試樣，除了近代新式的方法之外，該技術可以說是一種標準而具典型的方法。最後他能檢別七種不同的鐵合金，以及正確地推測它們形成的環境與原因。此種金相研究方法已成為今日研究固態物質的重要一環。

第二種研究固態物質的新近工具為X光繞射照相機，它乃是物理學革命的產物，發現於本世紀初。1883年，巴樂 (Barlow) 曾經描述說：在同樣大小的圓球堆積下，將有五種對稱的排列方式。此後不久，也有人提出相同的說法，在晶體中的原子 (Atom) 却有同樣方式的排列。此項論述曾受到嚴厲的非議，但是確無正確的依據，直到 1895 年，倫琴 (Roentgen) 發現X光射綫，爭論才告平息。弗勞厄 (Von Laue) 曾提及X光的波長僅有一個 $\text{\AA}$ (10^{-8} cm)，它將被 $1 \text{ \AA}$ 直徑的原子排成的晶體所折回。巴樂深信食鹽的鈉與氯原子係排成立方排列 (Cubic Arrangement)，如圖三所示。

假如弗勞厄與巴樂的想法是正確的話，一條X光綫射入一食鹽晶體時，將分散出許多束光。德國的夫來里乞 (Freidrich) 與尼賓 (Knipping) 証實了這項分離繞射的確會發生。英國的布雷克 (W. H. Bragg) 與他的孩子 (W. L. Bragg) 為固態物質的內部原子組織首先做有系統的研究。在他們簡單的研究報告中：(1)描述X光綫的特性，(2)使用高敏度的器材為固態物質做X光研究，(3)証實巴樂所預言之氯化鈉結晶構造，以及

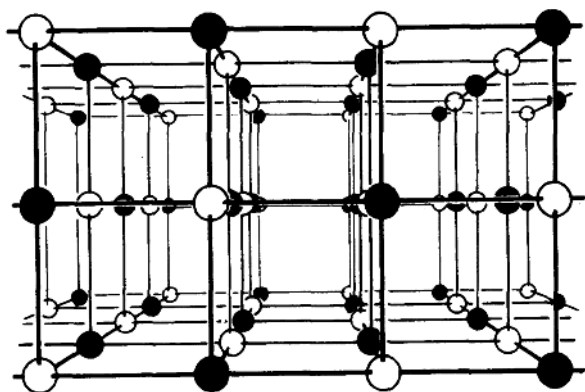


圖 3 氯化鈉的結晶格子。

鈉(黑色)與氯(白色)原子交換而緊密的排在一條線上。離子化時並不成此比例。

(4)證明X光撓射技術確是研究結晶性物質最有力的方法。他們並使用X光量取原子面間的距離，其方法如圖四所示。隨後，化學家、冶金學家、礦物學家以及許多有關的科學家開始用X光為固態物質的內部構造組織做有系統之研究。今天雖然能夠運用X光的特性歸類10,000種以上的固態物質，其技術仍然還是那麼幼稚和未成熟。

第三種重要工具為電子顯微鏡(Electron Microscope)是近代研究固態物質不可否缺的器材，乃是近幾年才有的設備，除了電子束(Electron Beam)代替了光束(Light Beam)之

12 陶瓷塑膠及金屬

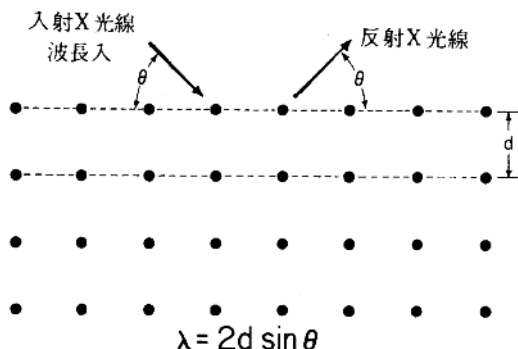


圖 4 布雷克 (Bragg) 使用 X 光線研究結晶體的方法。結晶面與結晶面的距離 d ，可以使用試驗所得的值代入以上的方程式予以決定之。

外，電子顯微鏡却非常像光學顯微鏡，電子束有光之特性，使用磁場或靜電場代替玻璃透鏡 (Glass Lenses)，改變電子束進行的方向。由於電子束的波長短於光束，所以電子顯微鏡可以在更小的地方辨明組織的差異。1926 年卜斯 (H. Busch) 使用磁場代替透鏡調整電子束的焦點，正如小放大鏡 (Pocket Magnifier) 將太陽光焦聚在一起。六年之後，諾爾 (M. Knoll) 和魯斯克 (E. Ruske) 根據卜斯的觀念建造世界第一架電子顯微鏡。

這種儀器立即被用於研究生物細胞的組織 (Biological Tissue)，因其試件易於做成薄片好讓電子通過。但是並未立即用來觀察緻密的固態物質 (Dense Solid)，如金屬之類的

固態，還待有思想、有技能的人想出製作夠薄的試件方可。這是難於取勝的嚐試，要將一個金屬試樣的厚度磨至低於 $3000\text{\AA}$ 。第一位提示我們直接觀察金屬內部組織的，乃是海登里(R. D. Heidenreich)於1949年發表一篇報告描述有關直接觀測金屬內部的構造，和研製薄試片之技術，同時在那篇報告中，也有幾張鉛及鉛合金之直接觀察的像片。1956年喜爾西(P. B. Hirsch)，合恩(R. W. Horne)和惠蘭(M. J. Whelan)發表了他們將鋁打成鋁箔所造成的錯位排列(Arrangement of Dislocation)之研究；這是人類第一次觀得金屬內部最細小的尺寸，幾乎到達原子的大小。自從1956年之後有許多研究皆運用電子顯微鏡研究固態物質的特性，但是還有許多問題和困難，還待於解決和研究。

自從1863年蘇比(H. C. Sorby)小心翼翼與不斷求進的工作至今，僅有一百年的歷史，回顧起來，其發展有如神速。現在讓我們共同努力，以求得更輝煌的成就與進步。