

22.「鈦」(Ti) 元素的介紹

國立嘉義大學 應用化學系 和 高雄醫學大學 醫藥暨應用化學系 蘇明德教授
文章內容版權為蘇明德教授所有，如需引用請聯繫midesu@mail.ncyu.edu.tw

IA 1												VIIA 18							
IIA 2												IIIA 13	IVA 14	VA 15	VIA 16	VIIA 17			
		IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIIB 7	VIIIB 8	VIIIB 9	VIIIB 10	IB 11	IIB 12								
			22 鈦 Ti																

22. 「鈦」(Ti) 元素的介紹

化鈦^ˊ， TiO_2 ，圖3)。葛瑞格和克拉普羅特都未能活到親眼看到「鈦」的純金屬長相。



圖3、二氧化鈦， TiO_2 © Public Domain

在自然界中，「鈦」並不會以純物質出現，因為「鈦」的氧化物極為穩定，而且「鈦」的金屬態可以和「氧^ˊ」、「氮^ˊ」、「氫^ˊ」、「碳^ˊ」等元素直接緊密地化合在一起，以致純「鈦」很難從氧化礦石中提煉出來。早期許多化學家都試圖從「鈦」的化合物中分離出純淨的「鈦」，但都宣告失敗，因此「鈦」一直被人們認為是一種稀有金屬。

19世紀時，曾提煉出不純的「鈦」樣本，一直到了1910年，服務於美國通用電氣公司的工程師漢特(Matthew Albert Hunter, 1878-1961，圖4)才第一次製得純度達99.9%的金屬「鈦」。從發現「鈦」元素到製得純品，歷時一百多年。而「鈦」真正被利用、展現真面目，則是1950年代以後的事了。



圖4、Matthew Albert Hunter, 1878-1961
© CC0

也許大家對「鈦」比較生疏。「鈦」是個過渡金屬元素，在地殼中的蘊藏量居第9位，前面8個依次為「氧(O)^ˊ」、「矽(Si)^ˊ」、「鋁(Al)^ˊ」、「鐵(Fe)^ˊ」、「鈣(Ca)^ˊ」、「鈉(Na)^ˊ」、「鉀(K)^ˊ」、「鎂(Mg)^ˊ」。「鈦」在地球上的儲存量佔0.63%。有趣的是，「鈦」在地球上的含量甚至比「氫(H)^ˊ」多。「鈦」在人們常見的金屬中僅次於「鋁^ˊ」、「鐵^ˊ」、「鈣^ˊ」、「鈉^ˊ」、「鉀^ˊ」和「鎂^ˊ」。

「鈦」的主要礦物有「鈦鐵礦^ˊ」(FeTiO_3 ，圖5)、「金紅石^ˊ」(TiO_2)和組成複雜的「鈦鐵礦^ˊ」，著名的產區是在蘇俄，中國熱河灤平縣也有豐富的蘊藏量，河北省冀東一帶也有礦苗的發現，世界上



圖5、鈦鐵礦 © CC BY-SA 3.0

已探明的「鈦」儲藏量約有一半分布在中國。

多年前很難得到純粹的「鈦」，近來才因為提煉方法的改善，產量大大地增加，也因而更顯露出「鈦」的原有性質。理論上製造純「鈦」的方法極為簡單。先從不純的氧化物裏分開「鐵^ˊ」，用「氯^ˊ」(Cl)處理得到一種揮發性的液體——「四氯化鈦^ˊ」(TiCl_4 ，圖6)。再在密閉的「鐵^ˊ」製反應室裏和



圖6、四氯化鈦 © CC BY-SA 4.0

「鎂^ˊ」混合，因為「鎂^ˊ」的化學活潑性比較大，便可以把「鈦」還原成金屬狀態。從反應過程中得到的純「鈦」，是一種海綿狀的金屬，熔融後可以鑄造成錠。

雖是如此，實際上在提煉中有其困難度。在加熱時很難控制「鈦」，因為在高溫下「鈦」的活性特別大，會吸收空氣中的「氧^ˊ」和「氮^ˊ」。只要有1%的這些氣體，就完全毀壞了「鈦」的鍛造性，使「鈦」和浮石一樣脆弱。因此在製造過程中的每一個階段，必須和空氣隔離，或者是填以「鈍氣^ˊ」(像「氬^ˊ」或「氫^ˊ」)，或者在真空中進行。

此外在使用「鎂^ˊ」還原「四氯化鈦^ˊ」時，

22. 「鈦」(Ti) 元素的介紹

也另有困難。溫度如果不能調節在攝氏1,600度以下，「鈦」便會溶解反應室的「鐵」壁。可是溫度的調節是一件麻煩事，因為這個反應會放出巨量的熱，而「鈦」是熱的不良導體，除非是用小的反應室，熱才能擴散得比較快。這大概是每次產量限制在125公斤的原因，除非採用另一種不同的方法。

用精製過的海綿狀「鈦」鑄造錠塊時(圖7)，困難度就更高了。因為「鈦」在電爐裏



圖7、以克羅爾法製造出來的海綿鈦 © 公有領域

熔融的時候，雖然可以用填充「鈍氣」或真空的方法，讓「鈦」不會吸收大氣中的「氧」和「氮」，但是無法避免「鈦」溶解坩堝和電爐的內部，且對別種金屬適用的玻璃狀氧化物，像「氧化鋁」(Al_2O_3 ，圖8)，也對



圖8、氧化鋁 © 公有領域

「鈦」無效。簡單地說，即使最穩定的這類物質也得把「氧」讓給「鈦」。

另外，最近的研究指出：如果不太在乎有少量的「碳」在「鈦」裏面，精緻的「碳」質坩堝勉強可以採用。但是，如果會損傷「鈦」的「延展性」(Ductility)的能力就要受到嚴格的限制，這時必須使「鈦」的成分裏不能含有絲毫的「碳」存在，如此一來，就連碳質坩堝都不能使用了。

一旦「鈦」被融鑄成錠，爾後就不需要保持在真空中了，其鍛造、熱軋、冷製、

抽絲、推管等提煉過程都沒有困難。雖然在攝氏1,300度以上時仍須用「鋼」包裹，以隔絕和「氮」、「氧」的接觸，然而在常溫下，「鈦」是可以和其它金屬一樣地處理的。

「鈦」的「比強度」(強度和比重的比值)在目前所有金屬元素中是最高的。「鈦」比「鐵」強度高，比重卻只有「鐵」(Fe)的一半；「鈦」比「鋁」(Al)稍重，強度是不銹鋼的1.3倍、「鎂」(Mg)的1.6倍。

純淨的「鈦」具有銀白色的金屬光澤(圖9)，有良好的「可塑性」(Plasticity)。前面



圖9、純鈦具有銀白色的金屬光澤 © CC BY-SA 3.0

說過，「鈦」越純，「可塑性」越強。所以雖然很難製造，但花費鉅資提煉「鈦」是很值得的。機器和儀器的設計師們老早就盼望著有一種金屬或「合金」，具備一些重要的性能，如比重小、強度高、耐熱性高和抗腐蝕性強。「鈦」的機械強度和「鋼」相近，密度比「鋼」小(「鈦」的密度是4.54公克/立方公分，「鋼」的密度是7.90公克/立方公分)。

「鈦」可以和多種金屬形成「合金」。「鈦」的「拉抗強度」(Tensile Strength)不亞於「不鏽鋼」和優質「鋁合金」，「鈦」也容易焊接、鍛造和熱處理。純粹的「鈦」的「抗拉強度」是每平方公分80公斤，用冷處理或製成「鈦合金」的「抗拉強度」很容易提高到每平方公分都在100公斤以上，所以「鈦合金」是一種新興的結構材料。

「鈦」的機械性質和「不鏽鋼」相似，可以用同樣的裝置磨削。「鈦」在長時間加熱以後，會形成一層黑色極硬的殼，必須用

22. 「鈦」(Ti) 元素的介紹

「碳化物」的工具才能磨掉它(圖10)。不過在鑽削、切斷方面，「鈦」並不比「不鏽鋼」難。雖然如此，「鈦」還是不能完全取代「鐵」、「鋁」的地位，原因是目前「鈦」的生產成本仍比「鐵」或「鋁」高。此外在鑄造、提純、加工等方面，也有很多待克服的困難。



圖10、鈦(精礦)
© 公有領域

在製備含「鈦」的「合金」(Alloy)時，主要困難是在加熱到熔點以前要吸收大量的「氧」和「氮」，這嚴重影響了該「合金」的塑性。其次是熔融的「鈦」能和任何一種已知的製造坩堝的耐火材料起化學反應，因此需要用特殊方法製備含「鈦」的「合金」，現在主要是用「粉末冶金法」。

由於含有雜質的「鈦」很脆，經不起機械加工，因此「鈦」一度被認為是一種無用的金屬。在用高爐法煉鐵的時候，「鈦」就留在礦渣裏，以前都把「鈦」當做廢料扔掉了。但是當「鈦」的性質逐漸被人們所發現的時候，這種幾乎可以和「鋁」、「鐵」成為鼎足而三的金屬「鈦」的研究和提煉，便顯得很重要了。

製造純粹的「鈦」是複雜而昂貴的，再加上「鈦」具有高熔點(攝氏1668度)使「鈦」很難被熔融和製造。工業上一直到最近幾十年才掌握了比較大規模生產方法和開闢了「鈦」的廣泛用途，現在，人們還把「鈦」看作是一種稀有金屬。目前「鈦」的生產量激增，它的應用範圍也在不斷擴大，不論在航海和航空製造業上都得到了廣泛的應用。今天，「鈦」這種金屬已經被大量應用在飛機引擎、深海鑽油平台和船隻上，甚至在英國國王的手肘骨頭裏也找得到「鈦」。

金屬「鈦」是一種新興的結構材料。前面說過：「鈦」的密度為4.54公克/立方公分，比「鋼」輕(「鋼」的密度為7.90公克/立方公分)，機械強度卻與「鋼」相似。「鋁」的密

度(2.702公克/立方公分)雖小，但機械強度較差。「鈦」恰好兼有鋼和「鋁」的優點，且耐熱性能好，又能忍受攝氏零下250度嚴寒的考驗，難怪航空科學家們在選擇超音速飛機及太空飛船材料時，一眼就相中了「鈦」。

大家都知道，減輕飛機、火箭、宇宙飛船等的重量，能大大節約燃料，提高飛行速度和增加航程。所以用密度小的「鈦」代替密度大的鋼材是很有利的。用「鋁合金」代替鋼材製造坦克的履帶和懸吊裝置，可使坦克重量減輕百分之四十，極大地提高坦克機動作戰的能力。在飛彈、火箭、飛船上，用「鈦」或「鋁合金」代替鋼材，能使體重減少幾百公斤，不僅可以改善飛行性能，還可以節省昂貴的燃料，降低製造和發射費用。

另外，隨著航空工業的不斷發展，飛機的飛行速度越來越快，據測算當飛機超過音速的2~3倍時，機翼前緣和空氣摩擦產生的溫度可高達攝氏400度~攝氏500度。「鋁合金」雖然密度小，可是到了攝氏300度，它的強度就會急遽下降，而「鈦合金」卻能承受得住這種攝氏500度以上高溫的鍛鍊且不降低機械強度，同時，「鈦合金」又能抗住攝氏零下100多度的低溫的考驗。因此，在航空工業中，人們大量地使用「鈦」來製造噴氣引擎、飛機、火箭等的機體和零件。正因為「鈦」是製造飛機、火箭和宇宙飛船等最好的材料(圖11)，所以「鈦」被譽為「宇宙金屬」。



圖11、鈦質量輕、強度高，是飛機引擎零件的理想材料。

1960年代，美國建造一架「SR-71黑鳥」號(SR-71 Blackbird，圖12)超音速噴氣式偵察機，每小時能飛3,500多公里，是音速的3倍，這種飛機機身的主要零件就是用「鈦」的「合金」製造的。現



圖12、含鈦合金的機體
© 公有領域

22. 「鈦」(Ti) 元素的介紹

在，「鈦」已在飛機製造業中站穩腳跟，民航客機的主要零件，從引擎、副翼、方向舵，甚至螺釘、螺帽，到處都可以看到「鈦」的影子。據統計，美國每年生產的「鈦」，75%用於製造飛機的機體構件和引擎零件。

含「鈦」的「合金」還是航空工程的必備材料，飛彈、火箭的外殼，太空船的船艙、骨架和其它高壓容器，都要用「鈦」或含「鈦」的「合金」來製造。用「鈦」製造的盛「液態氧」和「液態氫」的燃料箱，能禁得起超低溫的考驗，其它金屬材料則會發脆。太空人在宇宙空間建設太空站、組裝設備時，「鈦」還被選做主要的結構材料，因為「鈦」在真空中很容易焊接和切割。正因為「鈦」是製造飛機、火箭、太空船等最好的材料，所以除了曾被譽為「宇宙金屬」外，「鈦」也被讚為「空間金屬」，更是當之無愧。

「鈦」的化學性質在高溫下變得很活潑，能和大氣中的「氧」和「氮」化合，在室溫時卻顯現出極大程度的不活潑。「鈦」原來就是個活潑的化學元素，活潑性介於「錳」(Mn)和「鋁」之間。但在常溫或冷凍時，「鈦」的外表有一層看不見的氧化物薄膜包裹，保護內部的「鈦」金屬，就像「鋁」和「鎂」在常溫時的外表也有氧化物保護層一樣，阻止「鈦」繼續和其它物質發生化學反應。

以前由於技術上的困難，純粹的金屬「鈦」很難得到，因此過去一直沒有發現到「鈦」的真正用途。其實，「鈦」是個全才的金屬。外表呈現銀白色，性質很像不鏽鋼，重量卻少了一半，前面說過，「鈦」的密度約為鋼的60%，也就是說，「鈦」的外觀與鋼相似，並具有鋼鐵的強度，但沒有鋼材那麼沈甸甸的感覺。雖然重量輕，強度卻異常高，實際上也沒有常見的「金屬疲勞」現象。「鈦」的材料強度比「鋁」還要強，還能和「鉑」(Pt)一樣有高度的抗腐蝕力。正因為「鈦」具有這些優點——重量輕，強度大，抗蝕力大，因此被認為適合用來製造火箭和噴氣式飛機引擎的理想骨架材料。這裏就舉一例子：在現今每架波音747噴

氣式飛機的引擎上，就可發現含金屬「鈦」4500公斤(圖13)。

「鈦」也不易被任意濃度的「硝酸」、「稀硫酸」、各種弱鹼性溶液所腐蝕，但能溶解在「鹽酸」、「濃硫酸」、「王水」和「氫氟酸」(HF)中。也正因為「鈦」能夠耐得住硝酸和「氯氣」(Cl_2)，化學工程師就用「鈦」來建構深海鑽油平台。

在酸性溶液中，從標準電極電勢來看，「鈦」是屬於還原性很強的金屬，但因為「鈦」的表面容易生成緻密、鈍性氧化物薄膜，使「鈦」具有優良的抗腐蝕性，特別是對海水的抗腐蝕力很強。用「鈦」製造的輪船不用塗漆，在海水中也不會生鏽，因此「鈦」可以說具有極強的抗腐蝕性。化學家曾做過一對比試驗，把「生鐵」、「不鏽鋼」和「鈦」3種材料分別製成「幫浦」(Pump)，注入腐蝕液，並靜放3晝夜後，「生鐵」幫浦就被「吃掉」了，「不鏽鋼」幫浦堅持了10天，而「鈦」幫浦半年後仍一切正常。

在常溫下，「鈦」除了不易被稀酸、鹼液腐蝕外，對潮濕的「氯氣」和海水的耐腐蝕能力也很強，對海水的耐腐蝕能力可與大名鼎鼎的「鉑」(Pt)相媲美。正因把「鈦」或含「鈦」的「合金」放在海水中泡上幾年仍能保持光亮，所以「鈦」是製造軍艦、輪船的理想材料。

用「鈦」製造的潛艇、水翼船和快艇，不僅重量輕、航速快、載重大、使用壽命長，由於不是磁性物質，用「鈦」製造的軍艦、潛水艇，不會被磁性水雷發現和跟蹤。此外，還能抗深水壓力，例如「鈦」潛艇能在深達4,500公尺的水下航行，這是一般鋼製艦艇不能到達的深度。

請注意，這裏強調了「鈦」的一大優點：「鈦」不是磁性物質。因此，「鈦」也常被



圖13、含鈦金屬噴氣式飛機引擎 圖片來源：Microsoft, Copilot

22.「鈦」(Ti) 元素的介紹

應用在做為高磁場的設備材料，只因為「鈦」本身不具磁性，不受磁場影響。

雖然「鈦」在常溫下不活潑，但在高溫時，能直接和許多非金屬或金屬生成填隙式化合物或「合金」。例如把「鈦」加入鋼水中用來脫氧、除氮和去硫，以改善鋼的性能，可使「鈦鋼」堅韌而有彈性(圖14)。



圖14、鈦鋼製的飾品
圖片來源：
Microsoft, Copilot

「鈦」也具有「光觸媒」的性質。所謂「光觸媒」是指當光線照射到的時候，可以促進各種化學反應的物質。像是「鈦」的著名化合物「二氧化鈦」(TiO_2)具有被光照射就會分解污垢的「光觸媒」效果，及易溶解於水中的親水性特性。

「鈦工業」是從1930年代開始的，當時的油漆製造業者想找出可以取代「白鉛」的原料，於是找上「二氧化鈦」(TiO_2)。「二氧化鈦」的英文俗名是Titania，恰好是莎士比亞名劇《仲夏夜之夢》(A Midsummer Night's Dream)裏的仙女女王的名字。這種化學品現在是一種年產量300萬噸的大產業。

「鈦」的氧化物——「二氧化鈦」(簡稱「鈦白」)是世界上最穩定的白色物質，1公克「鈦白」就可以把450平方公分的面積塗得雪白，它的遮蓋性大於「鋅白」，持久性高於「鉛白」，是一種寶貴白色常用顏料，如今已是世界上最重要的顏料之一。「鈦白」不僅雪白，而且沾附性很強，不易起化學變化。特別可貴的是，「鈦白」無毒、不會褪色、有非常高的「折光指數」。

鑽石雖以光彩奪目而比「鈦白」有名，但「二氧化鈦」的「折光指數」(37)甚至比鑽石(24)高。「折光指數」是指分散光線的能力。因為折光力高，所以「二氧化鈦」可以

讓冰箱、洗衣機和烘乾機的外表又白又亮。也正因「鈦白」用途廣泛，除用做高級白色顏料外(圖15)，家裏雪白的廚具、塑膠水管和油漆都是「鈦白」的功勞，馬路上的白漆標線、白色橡膠、高級紙張等的填充劑，以及合成纖維的消光劑也要用到「鈦白」。現在在你身旁四周白色牆壁的油漆塗料裏就含有「二氧化鈦」成分。



圖15、鈦白當作高級白色顏料。圖片來源：淘寶

並且，「二氧化鈦」的另一個主要用途，是混合在植物油裏做為白色塗料。這種塗料性能很優秀，遮光力強，覆蓋力大，1磅「二氧化鈦」相當於5磅最好的「鋇鋅」(BaZn)塗料。因為「二氧化鈦」的遮光力極大，所以可以應用在造紙工業上，使極薄的紙不透明，可做為航空信件用紙。

又因「二氧化鈦」的熔點很高(攝氏1,800度)，因此還常用來製造耐火玻璃、耐高溫的實驗器皿、瓷釉、琺瑯等。

「二氧化鈦」總產量的一半除了用來製造油漆外，有四分之一用在塑膠產品裏，像是手提袋、窗戶和水管，其它則用來製成紙、合成纖維和陶瓷。少量用在化妝品裏，因為它很安全，甚至還用在食品中，像是冰糖和糖果。「二氧化鈦」還會吸收陽光中有害的紫外線，因此拿來做保護窗戶的塑膠窗框，以及製成防曬油(圖16)，在陽光下保護人體。



圖16、含二氧化鈦成分的防曬油。圖片來源：
Microsoft, Copilot

先前提過「鈦白」是個重要的白色顏料，事實上，「鈦白」的光學性質取決於粒子的大小

22.「鈦」(Ti) 元素的介紹

(圖17)。比如說，可見光可透過「鈦白」的「奈米」($=1 \times 10^{-9}$ 公尺)粒子，但紫外光不能透過，正因如此，「鈦白」在防日曬、化妝品工業上成為熱門必需品。除此之外，「鈦白」的表面反應性可利用來和各式各樣的氧化物鍵結，展現出各種不同的光吸收度和光反應。「鈦白」也是個高效率的半導體物質，它的應用在現今高科技工業上正如火如荼地開發中。



圖17、這是一個二氧化鈦顏料分子的晶體晶格，它的外表是一層奈米狀的砂包裹著。
右上角插圖：展示著該二氧化鈦顏料的粒子型態。

硬質「合金」中的「碳化鎢」(WC)。從「鈦」的性能和各種用途，不難看出「鈦」對現代工業化的重要性(圖18、圖19、圖20)。



圖18、鈦合金用於鐘錶

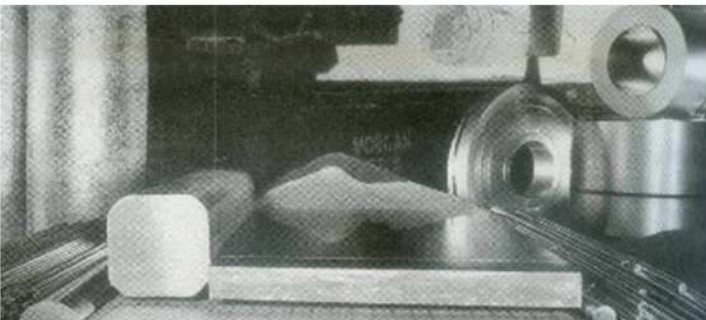


圖19、鈦合金製造的產品



圖20、鈦合金製造的眼鏡

「二氧化鈦」的生產過程分成幾個階段。老式的生產方法是把「鈦」礦石放進「硫酸」中溶解，讓濕氧化物沉澱，接著再以攝氏100度加熱。最新的生產方法是使用「氯氣」(Cl_2)把礦石轉變成「四氯化鈦」(TiCl_4)，接著在攝氏1千度和氧進行氧化，如果是在攝氏2千度進行氧化，效果更佳。

附帶一提的是，「四氯化鈦」(見圖6)也是「鈦工業」的重要化學品之一。這種晶瑩剔透、容易揮發且無毒的液體，會在攝氏136度沸騰，因此很容易精煉。在電熔爐裏用「鎂」、「鈉」金屬和「四氯化鈦」加熱，就會釋放出「鈦」金屬。並且在接觸潮濕空氣後，「四氯化鈦」會形成一層厚厚的「二氧化鈦」微粒的白霧。在第二次世界大戰中，美國空軍就用「四氯化鈦」製造煙霧屏障，以保護目標免受攻擊。其實，現今電影和電視節目中使用的煙霧效果，有時就是用「四氯化鈦」為原料完成的。

此外，在冶金工業中，可以用「鈦」來脫氧和淨化，改善「合金」的機械性能。在化學工業中，也可以用「鈦」來製造能夠承受反射作用的設備。在電器及無線電工業中，也可以用「鈦」來生產熱電偶、電子管、發熱器材等。「鈦」和含「鈦」的「合金」還可以用來生產人造寶石、外科醫療器具。在製造金屬切削工具時，更可以用來代替

用「鈦」做成的自行車(圖21)更令體育界興奮不已，很多自行車手認為「鈦自行車」集重量輕、強度大於一身，差不多是一種「神奇的交通工具」。不幸的是，就工藝水準來說，這種自行車仍非常昂貴。



圖21、鈦自行車架

最難能可貴的是：「鈦」對人體本身毫無毒性，再加上「鈦」的耐化學腐蝕性，這些特性使「鈦」成為極有價值的醫療工具。例如由於不和體內組織發生反應，「鈦釘」常用骨科手術中。在1950年代，外科醫師注意到「鈦」是修補斷裂骨骼的最佳材料。「鈦」不會被體液侵蝕，也沒有毒性，能夠

22.「鈦」(Ti) 元素的介紹

和骨骼結合在一起，不會被身體排斥。髋骨和膝蓋的代用品、心律調整器、金屬骨板，以及供頭蓋骨破裂傷患使用的金屬頭蓋骨，都是用「鈦」金屬製造的，可以留在體內長達20年(圖22、圖23、圖24)。



圖22、心律調節器
CC BY-SA 3.0



圖23、鈦骨釘

正因為「鈦」在醫學上有獨特的用途，可以用來代替損壞的骨骼，這種「鈦骨」猶如真的骨骼一樣，因此也稱為「親生物金屬」。現在的英國國王查爾斯三世(Charles III,1948-迄今，圖25)就曾因手肘斷裂，由英國諾丁罕倫特大學(Nottingham Trent University)附設醫院的外科醫師用「鈦」金屬板替他修補斷裂的肘骨。還有著名的機車賽車手辛恩(Bary Sheen)在一次嚴重的賽車車禍中折斷好幾根骨頭，據說也是用「鈦」金屬製成的架子把斷裂的骨頭固定住的(圖26)。

「鈦」植入器用來附著假牙，要先把植入器的栓子插入顎骨，再裝上假牙。這種技術是瑞



圖24、鈦不與人體組織反應，因此鈦釘經常用於外科手術中。



圖25、Charles III, 1948-迄今
公有領域



圖26、鈦金屬制骨板
圖片來源：屏東基督教醫院-自費特材線上查詢系統-鈦

典哥特堡的布拉尼馬克(Per-Ingvar Branemark, 1929-2014，圖27)醫師發明的，他在1965年開始以這種技術替病人植入假牙。「鈦」植入法的成功要素是必須使用高純度的「鈦」金屬，並且要絕對乾淨。為了達到這個目的，必須使用電漿弧(Plasma Arc)除掉「鈦」金屬的表層原子，讓新的金屬層暴露出來後立即氧化，身體組織會和這個氧化層緊密地結合在一起。

簡而言之，「鈦」具有質量輕、對人體無毒性，及相對上容易和人體組織相結合的優點，使「鈦」成為現代人類的有用醫療「骨骼金屬」。

除此之外，「鈦」也在化學的「齊格-那他催化劑」(Zigler-Natta Catalyst)中扮演催化反應的主角。這是由德國化學家齊格勒(Karl Waldemar Ziegler,1898-1973，圖28)和義大利化學家那他(Giulio Natta, 1903-1979，圖29)二人各自發明了含有

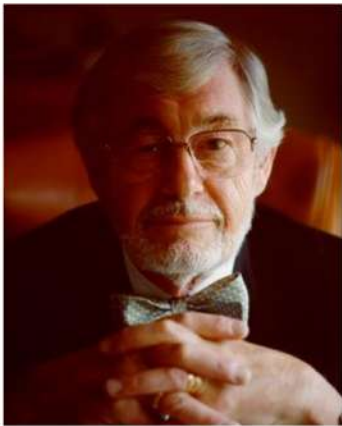


圖27、Per-Ingvar Branemark, 1929-2014
CC BY-SA 3.0

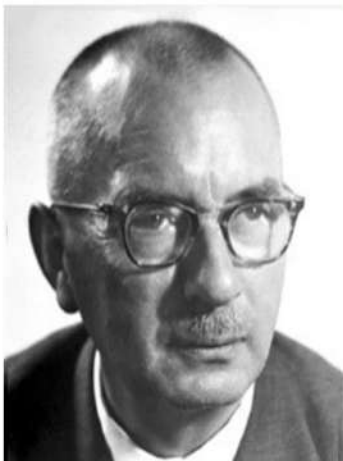


圖28、Karl Waldemar Ziegler, 1898-1973
公有領域



圖29、Giulio Natta, 1903-1979
公有領域

「鈦」基的催化劑。這個催化劑的出現已成為高分子合成化學的重要里程碑。自1956年來，「齊格-那他催化劑」被廣泛應用在生產各種高分子聚合物，由此所做成的商品塑膠、彈性體和橡膠產品的總量，據估計已超過1億噸。無怪乎，齊格勒和那他共同獲得1963年的諾貝爾化學獎。也正因為

22. 「鈦」(Ti) 元素的介紹

如此，使得科學家們開始意識到：其它的過渡金屬元素也應該很有希望成為重要的催化主角，於是展開大搜尋，希望能找到也可以進行催化反應的其它過渡金屬元素。

必須強調的是，前面曾說過，由於「二氧化鈦」是一種白色又無毒的物質，這使得不少不肖廠商常拿來泡製成水溶液狀，再加入「增稠劑」和「牛奶香精」製成假牛奶，在市面上販售，一般不知情的消費大眾喝下肚後，還認為是喝到又香又純的真牛奶。這些不良廠商真是可惡至極。

從以上的介紹，可以瞭解到：「鈦」金屬具有質量輕、抗腐蝕性、高「拉抗強度」、高「延展性」、對人體無毒害的種種優點，可以預測：因科學的發展，「鈦」的需要量將大增而成為民衆常用的金屬之一。也可以這麼說，正因為有「鈦」的存在和應用，增進了人類的生活品質。從上天(製造太空梭)到下海(製造潛艇)，從醫學到軍事，處處可見到「鈦」的蹤跡。無怪乎，「鈦」一直被現代科學讚譽為是「骨骼金屬」、「宇宙金屬」、「空間金屬」及「新生物金屬」。

隨著高科技時代的到來，「鈦」在多元領域中的應用價值勢必將受到更廣泛的重視。同時，「鈦」的新穎應用及其相關技術亦將不斷被開發，這一趨勢有望推動未來研究與創新持續向前發展，且讓我們拭目以待吧！