

蘇聯大眾科學叢書

有翼的金屬

B. A. 巴菲諾夫著 丁 珂 譯



商務印書館

蘇聯大眾科學叢書

有翼的金屬

巴菲諾夫著
丁河譯

有翼的金屬——鋁是近代技術上用途最廣的一種金屬，特別是在航空事業方面，鋁和鋁合金的採用，具有更重大的現實意義。因此本書的作者把它叫做“有翼的金屬”不是沒有理由的。在這本書裏，作者先從歷史上敘述了鋁的發現和煉鋁技術發展的過程；其次就全面地介紹了鋁和鋁合金的機械與化學性質、各種處理方法及其用途。值得提出的，本書有很多蘇聯新的材料，例如新型鋁合金的發明，鋁熱法的廣泛應用以及鋁的小鋸法研究成功等等，雖然這些方面講得比較簡略，但却是一般冶金書上不易找到的新知識。

本書係根據蘇聯國家技術理論書籍出版局出版的“大眾科學叢書”之一“Крылатый металл”（1952年版）譯出，著者爲 В. А. Парфёнов。

蘇聯大眾科學叢書

有 翼 的 金 屬

丁 珂 譯

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一號

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 北 京 廠 印 刷

1954年2月初版 版面字數 29,000

印數 1—10,000 定價 ¥1,800

蘇聯大眾科學叢書已出各書

物質的構造	吉泰高洛斯基著	包于煥譯
分子的運動	庫德列夫蔡夫著	江偉珊譯
標記原子	阿爾特舒列爾著	謝百魁譯
結晶體	凱達哥拉斯基著	李則新譯
宇宙是什麼構成的	柯列斯尼可夫著	龐川譯
宇宙間的小物體	費頓斯基等著	周右泉譯
人類史前的地球	格羅莫夫著	滕砥平譯
海洋	鮑戈洛夫著	安吉譯
火山	瓦扎里茨卡婭著	王悅祖譯
河流的生命	包達闊夫著	石英；安吉譯
風及風力的利用	加爾米新著	唐維先譯
大氣的故事	略布諾夫著	周恩濟譯
天氣與天氣預報	卡洛布可夫著	石延安等譯
生物和無生物世界	陶爾夫曼著	張秉衡譯
我們周圍的電	畢略可夫著	沈慶堃譯
電子顯微鏡	庫什尼爾著	蔣芝英；滕砥平譯
日常生活中電器	杜布里寧著	張玉新等譯
聲音和聽覺	茲斯洛夫著	高文兆譯
擬結了的聲音	奧霍特尼可夫著	劉達容譯
聽不見的聲音	庫德列大采夫著	馬英麟等譯
我們的周圍化學	魯賓史金著	舒山譯
新的化學纖維	布雅可夫著	董德沛譯
人造橡膠	克留契可夫著	董德沛譯
人造冷氣	闊瑪羅夫著	謝百魁等譯
有機合成	列烏托夫著	安吉；石英譯
金屬的性質	斯拉文著	金乃學譯
噴氣式飛機	巴葉夫；梅爾庫洛夫著	朱民光譯
遠距離操縱	克里明契也夫著	沈慶堃譯
偉大的生理學家·謝巧諾夫	考施達揚茨著	董德沛譯

目 次

引言.....	1
一 “泥土中的銀子”.....	2
二 鋁的出生地.....	10
三 “單絲不成線”.....	13
四 顯微鏡上的窗孔.....	16
五 根據需要來決定性質.....	22
六 穿“衣服”的金屬.....	26
七 當“衣服”變成有害無益的時候.....	32
八 不飛的鋁.....	34
尾語.....	38

有翼的金屬

引 言

在我國（指蘇聯，以下同），每天都有銀色的飛機從飛機場升入空中，飛機爲偉大的建設事業運送急需的物資；它們還能運送旅客和郵件。蘇聯的飛機駕駛員在撲滅集體農場田地上的害蟲；將季節性魚羣的行動告訴漁人；在森林上空巡邏，以防止森林的火災。地形學家根據空中攝影來繪製地圖，地質學家利用特殊的儀器，從空中來研究地下的礦藏。

在蘇聯國土的邊境上，還有軍用飛機隊在執行任務，它們機警地保衛着我們偉大和平國家的邊疆。

假使沒有鋁——有時把它叫做“有翼的金屬”——的話，現代航空技術的成就是不可能的，而飛機製造業的發展也就老早停止了。在現代的飛機中，有三分之二的材料是鋁和鋁合金；在飛機發動機中，雖然鋼是主要的材料，但輕而堅的鋁合金還要佔到25%。

鋁合金不單是用在飛機上，就是在地面上，這種輕金屬也有廣泛的用途。

現代機器的零件是旋轉得很快的。其中有些個每分鐘要轉到幾十萬轉。在激烈的運動中，就有極大的力產生出來。假使金屬愈重，所產

生的力就愈大。鋼製的零件有時不能支持這樣大的速度，就裂成碎塊；但鋁是輕而堅的，並不怕高速度的旋轉。

用鋁合金可以製造飛機，製成長途電話所用的電纜，衝鍛成飛機發動機上的複雜零件，做成器皿和高層建築物的窗柵，鑄成各種各樣的藝術品和裝飾品。

在技術上，現在要用到五千種以上的不同合金。其中鋁合金佔了主要地位之一。

這種銀色金屬的優點，並不限於它的強度和較輕的重量。它還有一系列其他的卓越性質。它是良好的導電體和導熱體，並且不受強酸的侵蝕，而又能軋成很薄的板狀。

鋁可以鑄成各種形狀的零件。假使調入少量的油漆，就能使鋁的銀色表面變成青銅或桃花心木的樣子；鋼製的零件，若是蒙上一層薄的鋁板，就能使零件對高溫度的抵抗力增加幾十倍。

一 “泥土中的銀子”

鋁是哪兒都有的。它就在我們的腳下。在自然界中，這一個化學元素分佈得很廣——它幾乎佔到地殼中全部金屬含量的三分之一。但是天然的純鋁是找不到的。鋁的化學性質很活潑，因此它“不能忍受孤單”。我們在自然界所見到的鋁，都是和別的元素化合在一起的。鋁的化合物是很多的：據著名的蘇聯地質學家 A. E. 費爾斯曼院士的估計，含鋁的礦物約有 250 種。其中有不同種類的黏土，與黏土有些相似的鋁礦——礬土，因為像冰而叫做冰晶石的礦石，寶石礦物——紅寶石及藍寶石。

當然，紅寶石及藍寶石都不能用來作提煉鋁的原料。要提煉鋁的話，需要用鐵礬土。這種鋁礦石，早在 1894 年已由傑出的俄羅斯科學家 E. C. 費奧道洛夫在北烏拉爾地方發現。

在搜集烏拉爾礦物時，E. C. 費奧道洛夫深入北方，一直進入荒僻的吐利亞居留地帶。在這個地區中的北烏拉爾前支脈地方，他找到了與鐵礦相似的巨大棕色岩層。這就是鐵礬土，其中含有 50% 以上的氧化鋁。

1916 年，在梯哈芬地方（列寧格勒附近）的地下，也發現了巨大的鐵礬土礦藏。

但是，一直到偉大的十月社會主義革命以後，這些鋁礦才被開採。雖然人類一直擁有大量的鐵礬土礦藏，但是最早得到的鋁（原先叫做“土銀”，以後才叫做“鋁”），却是從人造化合物中極小量地提煉出來的。在當時，雖然在提煉鐵、銅、鉛、鋅、銀、金的技術上已有高度的成就，但還沒有一種可以在工業上採用的煉鋁法。

雖然鋁可以較鐵更大量地來提煉，但是很久它都被認為是稀有的元素。早在十九世紀中葉，巴黎的時髦人就在他們的衣服上扣上了漂亮的鋁製玩藝兒；那時鋁叫做“泥土中的銀子”，但是那時的鋁實際上要比銀子貴得多。

首先用來提取“土銀”的原料是“冰樣的岩石”——冰晶石。由於卡科夫大學 H. H. 別克多夫教授的工作，才掌握了由這種原料製造鋁的生產方法。在 1865 年，別克多夫建議利用化學反應中的代替法來提取鋁。如所週知，在這種化學反應中，參加反應的化合物中的某一部份被另一部份所代替。化學家使任何一種活潑的元素與化合物發生作用，就可以把這個化合物中所含的一個元素排擠出來。在煉鋁時，是把鋁從

冰晶石中排擠出來，而鋁的地位則被碳所代替。



著名的俄羅斯化學家，尼古拉·尼古拉維奇·別克多夫。

由於別克多夫的工作，這種銀色金屬的提取法起了重要的變化。在以前，鋁祇能從特別製成的化合物中提煉出來，用了這位俄羅斯學者的方法，却能利用天然礦物來提取。

但是，正如俄羅斯的其他許多發明一樣，在沙皇專制的條件下，別克多夫的方法在本國並未被採用。沙皇的官吏們不承認本國人能發明外國所沒有的東西。但是，外國工業家的野心倒是比較大的。他們知道了別克多夫的工作以後，就很快地按照這位俄國學者的方法來從事

鋁的生產。在德國的格麥林津城及法國洛恩地方，都建立了特別的工廠。在德法兩國中，皮克多夫的方法被採用了大約十年之久。在這一段時間內，利用這種方法，一共煉出了五萬八千公斤以上的“土中的銀”——共佔這個時期內世界鋁總產量的百分之二十五。

別克多夫的工作，是鋁工業發展中的一個重要步驟。但是這種方法還不能完全解決提煉鋁的問題。冰晶石在格林蘭地方分佈得很廣，但在別的地方却幾乎都沒有發現；它必須從遠處運來，或用人工來製造。因此，必須要找出能從國產礦石提取鋁的方法。要做到這一點當時是很困難的。

主要的困難，是將各種鋁礦石中所含的氧化鋁（鋁和氧的化合物）和別種金屬的氧化物分開。

上面已經說過，鋁是哪兒都有的，但是鋁礦石至少要含有20%的氧化鋁（ Al_2O_3 ），才能被認為是豐富的礦石，才可以用來提取鋁。這種豐富的礦石中的一種就是鐵礬土，其中含有氧化鋁、砂、鐵及水。從外形上看來，這種礦石和普通黏土一樣；它和普通黏土不同的地方是：當它與水混和以後，並不能變成可塑性物質。鐵礬土中含得最多的是氧化鋁及氧化鐵。

在十九世紀末年，有一個化學家 K. H. 巴也耳在彼得堡及伊拉堡（在卡姆河邊）的工廠中工作。他研究如何使這些“鄰居們”分開，要使它們分開，需要找出一種物質，這種物質要能溶解鐵礬土中所含的氧化鋁，而同時又不能溶解氧化鐵。這種物質就是鈉鹼①的水溶液。巴也耳發現，假使溶解過程是在密封容器內高壓加溫下進行，鐵礬土中所有的

① 鹼是鈉、鉀、鋰及其他數種金屬與氧和氫的化合物。鹼有強烈地侵蝕很多物質的能力。鈉鹼是當氧化鈉與水作用時得到的。

氧化鋁幾乎都能溶解，這樣就能使它和氧化鐵及氧化矽分開。

其次的一個問題，就是怎樣從溶解氧化鋁的鹼液中把氧化鋁分出來也解決了。爲了要說明怎樣能做到這一點，我們來做一個簡單的試驗。

假使將食鹽溶解在熱水中，一直到不能再溶解爲止，然後把未溶解的殘餘食鹽分出，再把若干鹽粒（結晶）放入溶液中，鹽粒就迅速地增多。飽和溶液中落有結晶體，就能使溶液中的固體物質更快地析出。

利用這種方法，也可以將鹼溶液中的氧化鋁分析出來。

不過，從溶液中分析出來的結晶體，還不是純潔的氧化鋁，裏面還有水的分子。因此，爲了除出水份起見，還要把結晶體烤過。

這樣，巴也耳簡單而精巧地解決了從鐵礬土中提取氧化鋁的問題。鐵礬土的分解——這就是說，從中取得純潔的氧化鋁——是從天然原料提煉鋁時所必需解決的困難問題之一。

巴也耳的工作，給當時尚未成熟的鋁工業奠下了基礎。鋁工業的進一步發展，主要是和有色金屬電冶金學創始人 И. И. 費道節也夫的工作分不開的。

當費道節也夫開始他的研究工作的時候，物理學上已很熟悉電流通過液體的規律。科學家都知道：假使把兩個電極（金屬或碳精的板）浸入鹽或酸的溶液中，電極之間就有電流通過。這種現象的原因是這樣的：任何物質的分子都是由原子結合成的，每一個原子就是一個電的系統——帶陽電荷的原子核和繞原子核旋轉的陰電荷質點（電子）。祇要一個原子失去一個電子，它的電荷平衡狀態就被破壞了。它就帶有多餘的陽電荷。反之，當原子的電子多過陽電荷時，也會發生相同的現象，但這時候它將帶有陰電荷。帶有電荷（陽的或陰的）的原子或原

子羣叫做離子^①。在溶液中，鹽或酸的分子也分成離子。當兩電極間的電流成閉路（接通）時，溶液中所含的離子就開始運動：陽離子向帶有陰電荷的板（陰極）運動；而陰離子就向陽電荷的板（陽極）移動。這種過程叫做電解；這時候，假使溶液中含有金屬鹽類，陰極上就有純淨金屬粒子析出，這就是以前包含在化合物內的金屬。

費道節也夫決定將這種電解的方法應用到鋁工業上去。那時，已經知道氧化鋁能良好地溶解在熔化的冰晶石中。費道節也夫把這種冰晶石——氧化鋁的熔化物加以電解。

II. II. 費道節也夫深入而詳細地研究這種過程：他說出了怎樣進行冰晶石——氧化鋁熔融物的電解，他確定了氧化鋁在冰晶石中的溶解量，他還建立了熔化鹽類中導電的理論。

當氧化鋁在熔化的冰晶石中溶解以後，它就分解成離子。在電流的作用下，帶有陰電荷的氧離子向陽極靠近，把多餘的電子給予陽極，而本身就變成中性的原子。在陰極上，鋁的陽離子變成鋁的中性原子。

費道節也夫的工作，使得鋁從一種稀有的金屬變成一種用得最廣的金屬。

冰晶石——氧化鋁熔融物的電解法，要比別克多夫的方法來得好，因為每一個氧化鋁分子中的鋁含量，要比每個冰晶石分子中的含量大到四倍；此外，氧化鋁把金屬主體直接析出在電極上，這種方法要較用冰晶石省得多（雖然在電解法中，原料也必需要用人工製過，這和用冰晶石的方法是一樣的）。

II. II. 費道節也夫是一個新式的科學家。他用實踐來證實所有的理

① 關於電流，可以看“大眾科學叢書”中 Д. И. 阿吉洛維奇所著的“電流”一書，中譯本已由中國青年出版社出版。

論結論，並且累積了豐富的經驗，來更勇敢地改正理論。

對於外國的電冶金學家，這位俄羅斯學者的工作是真理的啓示。外國的研究者德里比斯，安德里及別的人都認為熔融狀態的冰晶石是鹽類的混合物，而並不是化合物。費道諾也夫否認這種觀點；他的結論經過了長時間的實驗證明，到現在已被大家所接受。

在偉大的十月社會主義革命以後，這位學者的工作成就特別大。在1929年，他得到了八公斤蘇聯第一次製成的鋁。



巴微耳·巴夫羅維奇·費道諾也夫，鋁金屬電冶金的創始人。

И. И. 費道諾也夫的主要著作“電冶金學”是在1921年至1923年完成的。而“冶金中的電解”是在1933年及1934年中出版的；這兩本書直到現在還是各國工程師的科學指南。

與 И. И. 費道節也夫同時，以彼得堡電氣技術學院教授尼古拉·安東納維奇·潘新爲首的一組俄羅斯研究者，也在研究冰晶石——氧化鋁熔融物的電解。它們的目的是從國產原料中提取鋁。他們在 1914 年所完成的集體著作叫做“從俄羅斯礦石來提煉鋁”。這些研究者們並不知道有鐵礬土的礦藏，所以他們所採用的是一種烏拉爾的礦石，名叫梭蒙石 (СОМОНИТ)，其成份中含有氧化鋁。

與費道節也夫的情形一樣，Н. А. 潘新和他的助手們從由梭蒙石提取氧化鋁開始，直到在特殊構造的槽中進行電解過程時爲止，全是走着艱苦的路程來的。

即使在最豐富的鋁礦(鐵礬土)中，所含的氧化鋁也隨鐵礬土的種類而異，並不是全一樣的。某種鐵礬土含有 60% 以上的氧化鋁，不過這種礦藏是極少見的。普通鐵礬土中的氧化鋁含量不超過 35—50%。1915 年，А. Н. 庫茲涅佐夫教授及 Е. Н. 茹闊夫斯基創造了一種方法，不但能從這種礦石中提取純淨的氧化鋁，甚至還能從氧化鋁含量僅有 20—30% 的普通黏土中來提取。在地球上，普通黏土的儲藏量是很大的，因此庫茲涅佐夫和茹闊夫斯基的方法具有重大的意義。這種方法的重點是很簡單的。把鐵礬土或黏土，和氧化鈣及礬混合，然後在電爐或鼓風爐中熔融。此時，黏土中所含的氧化鋁就和氧化鈣化合，變成礦渣，浮在下層燃燒物質的上面。在別種金屬的生產過程中，礦渣通常是副產品。在這裏却要將它進一步的處理。在這種礦渣中所得到的氧化鋁和氧化鈣的化合物，是很容易溶解在蘇打水溶液中的，含水氧化鋁就是從這種溶液中沉澱下來，至於把水和氧化鋁分開的方法，則與巴也耳所用的方法相似。

在二十世紀二十及三十年代中，著名的俄羅斯化學家 А. А. 雅可夫

金完成了另一種由低級鐵礬土中提取氧化鋁的方法。這種方法叫做乾鹼法。它是把鐵礬土和石灰石及蘇打混合，然後在巨大的圓筒形旋轉爐內加熱（煉渣）。在高溫的影響下，鐵礬土中的氧化鋁和蘇打化合，由於這種化合反應的結果，生成了鋁酸鈉；這種鋁酸鈉是很容易溶解在水中的，而煉渣物質中的其他成份不能在水中溶解。這樣，就可以使鋁留在鋁酸鹽溶液中，使它和混合物中的其他物質分開。然後，將含水氧化鋁的結晶體從鋁酸鹽溶液中析出；這種含水氧化鋁先經過熱烤（使水分排出），再用來製造金屬鋁。在蘇聯鋁工業的發展中，A. A. 雅可夫金所發明的方法是具有很重大的意義的。

二 鋁的出生地

鋁出生地的工廠，並不像普通提煉鋼鐵的冶金企業一樣。在這裏，並沒有噴火的鼓風爐，也看不到高聳的熱風爐和貯氣塔^①。

我們看到的是粗重的地下電纜，是無數輸送電流的導線；它們通到光亮的車間建築物上。此外，還可以看到變電所。

老實說，這並不祇是一個工廠，而是一個巨大的組合；它把一系列的工廠聯合成一個生產整體。在這些工廠中，有一個把鐵礬土轉變成氧化鋁，另一個從事於人造冰晶石的生產，還有一個製造提煉金屬時所必需的破精電極，再有一個就進行這種提煉的工作。

在鋁的電解車間中，沿着寬闊的房屋裝置了巨大的槽（圖2）。這種金屬槽是固定在基礎上的，裏面裝有耐火磚和破精板。槽的底部是由

^① 熱風爐的用途是將進入鼓風爐的空氣預先加熱；貯氣塔是用來存貯氣體燃料的塔，熱風爐就是用這種可燃氣體的火焰來加熱的。

碳精塊做成的。這些碳精塊每一塊下部都有鋼的導電柱，用鑄鐵鑄在碳精塊上。槽底就是槽的陰極。碳精的陽極是從上方插入“冰晶石——氧化鋁”熔融物中的。輸送到槽中的電流強度達到 60,000 安培。

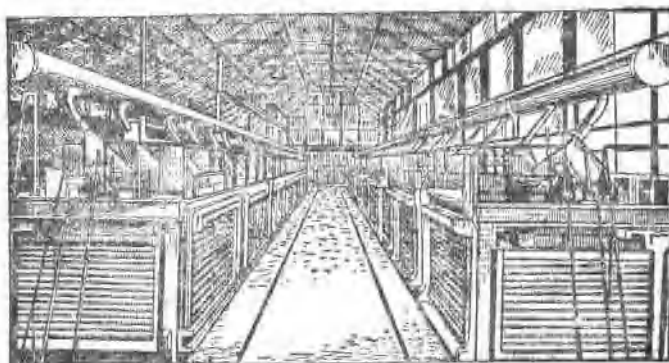


圖1 提煉鋁的車間。

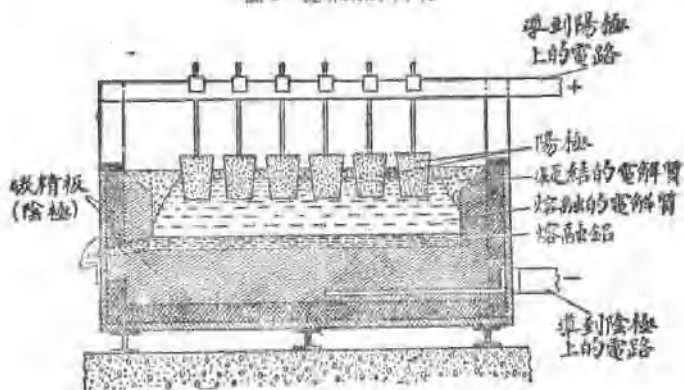


圖2 氧化鋁的電解槽。

鋁槽需要極大的電力。要提煉一噸的鋁，需要大約 20,000 仟瓦小時。在幾十年以前，所需要的電力還要大，那時候提煉一噸鋁需要

40,000 仟瓦小時。

氧在陽極上析出。陽極上的碳和氧化合，所以逐漸地燒去。在陰極上(槽底上)就不斷地析出鋁。每一個新式的槽每晝夜可以生產幾百公斤的鋁。

由礦物中提煉出來的鋁，含有大約百分之一的各種雜質。這種混入金屬中的雜質，有從陽極上落下的碳和氧化鋁，有由鐵礬土中出來的鐵、鈣、鈉、鉀的微粒(這幾乎是一定有的)；此外，在電解時，液體鋁中可能溶解了各種氣體，這種雜質都會使金屬的性能變壞，使它變脆而不堅固。因此，這樣的鋁必須再加以淨化。

使鋁淨化的方法，是在液體鋁中吹入氟氣，這時候，氟氣和鋁發生作用，產生了氟化鋁的蒸氣。非金屬雜質的微粒，就迅速地吸收這種蒸氣，和它一同浮到槽的表面，同時還把金屬中所溶解的氣體帶出。這樣就形成了渣層，這種渣層是不難移去的。

然後將淨化過的鋁倒在不同的模子裏，假使它們以後是作為鑄造用的話；而淨化的過程就到此為止。

如果鋁是用來製造鋁線或鋁板，它還要重煉一次，因為用來製造鋁線或鋁板時，鋁中所含的雜質還應該更少些：雜質多了，就容易出現裂縫。

重煉過的鋁有時也管它叫做精煉鋁，它是非常純淨的。其中所含的雜質不超過千分之三。

這種純鋁的可塑性是很大的。它可以軋成像紙一樣薄的箔，或者抽成蜘蛛絲一樣的線。

這樣薄的箔和細的線，並不是為了要表演奇蹟而做成的。它們在技術上是有實際用途的。譬如說，用幾公里細鋁線所捲成的線捲並不比火