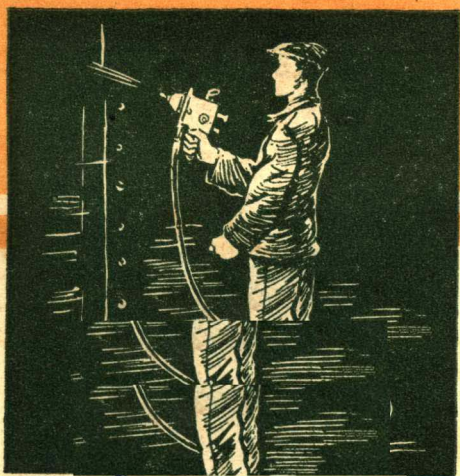


蘇聯青年科學叢書

# 怎樣防銹

費多洛夫著  
滕砥平譯



開明書店

63  
97

蘇聯青年科學叢書

怎 樣 防 銹

費多洛夫著

滕砥平譯

開 明 書 店

## 目 次

前言.....	1
一 銹是什麼?.....	5
二 金屬是結晶體.....	6
三 化學性的銹.....	11
四 電化學性的銹.....	19
五 生銹的結果.....	29
六 怎樣保護金屬不生銹.....	32
結論.....	46

## 前 言

金屬在今天已經成了最重要而且沒有東西可以代替的材料了。試看在人類社會的日常生活中，金屬實肩負着主要的任務。人類用金屬製成了千萬種不同的物品。汽車和拖拉機，織布機和馬鈴薯栽種機，以及許可人們以百萬分之一秒的速度來拍攝一小張影片的複雜照像機，和保護人們沉入海底去作工的大而且堅的潛水鐘，哪一樣不是金屬做的呢？

金屬到處圍繞着我們。金屬線聯絡着城市和鄉村。在這種金屬線上往來傳遞的，有電報、電話，還有發動各工廠中的機器和點亮各住所的電燈的電力。河流上和山谷上橫跨着精工建造的金屬橋。地面下敷設着運輸石油和煤氣的金屬管。龐大建築物的水泥牆中，支着金屬的鋼骨。

在生活中，金屬也到處圍繞着我們。我們吃飯時，得使用金屬製成的刀子、叉子和羹匙。我們看看錶，錶裏面各種小零件是金屬的。我們寫信，手中的鋼筆有着金屬的筆尖。我們要縫個鈕子，所用的針也是金屬的。

金屬處處有。沒有它，人類的的生活便很難以想像……

數千年前，人們已經學會了利用金屬和開採金屬。目前呢，在工業、農業、運輸和其他事業中，利用到的金屬多到了幾十種。人們不但使用純金屬，並且廣泛地利用由幾種金屬製

成的合金，因為合金具有純金屬所沒有的性能。有的合金硬度特高，有的卻相反地極易熔化或被打洞。有的合金，熱到高溫時還保持它的硬度，有的甚至火柴也能熔化它。

金屬是人類的可靠的朋友和幫手。但它要求人們加意照顧它。金屬的製品，如果人們小心地對待它，它就服務得好，服務得久。用熟練的手來管理機器，使它通體清潔，對它時時上油，無論什麼時候都使它像是新的一樣，那這機器也就能夠長期地工作，不出岔子。同一機器，如果照顧不良的話，上面便蒙了塵，生了銹，很快便不能使用啦。

這就是說，金屬物品所處的環境，對於金屬的安全有着很大的影響。金屬得了‘病’，就會縮短它服務的年限。所以古人知道錫有得到重病——錫疫的可能。錫製的物品，錫像、錫瓶、錫杯等，隨着歲月的前進，會蓋上一層灰色的斑點，隨後便碎成細粉，這便是錫疫。古人又知道錫疫是會傳染的：‘健康’的錫器和染有錫疫的錫器接觸在一起時，這病便會在健康的錫器上發生得更快些。醫治這種病時，最初是用外科手術，將得病的部分爽快地切掉。這樣的辦法有時也可以給我們正面的結果，使錫疫向健康部分的傳染停止下來。

到後來，科學家們又查出了錫疫發生的原因。原來錫的存在有兩種形式：一是白錫，它很能耐久，並帶有金屬的光澤；一是灰錫，它很易化成粉末。又曾注意到，白錫遇到冷的時候，很容易變成灰錫，所以錫器的病，多半是由它們長時期地

擺在沒有生火的地方而起。

確定了錫疫的原因，科學家就找到了醫治錫疫的方法。方法似乎也很簡單，只要將得了錫疫的錫器，加熱到100度，或者浸在沸水裏，經過一些時間就行。可是要完全治好這種病，卻又是常常做不到的。

金屬還有些更危險，有時候甚至不能醫治的病。它們逐漸腐蝕金屬，結果往往可以使金屬製品完全壞掉。原來金屬有好多敵人，都能使它得到重病，而大多數金屬和合金的最險惡的敵人，就是那在世界上分布最廣的氧氣。叫做‘腐蝕’或‘生鏽’的那種金屬的重病，常常就是由有氧氣參加的化學反應而起的。鋼製品的生鏽，銅、黃銅、青銅製品的發黑和發綠，鋁器的發暗，銀器的發黑，這都是金屬生鏽的例子。

腐蝕或鏽造成很大的損失。因它而起的金屬的損失，相當於每年鍊出的金屬和合金總量的三分之一，那就是說，在全世界上每年要壞掉幾千萬噸的金屬。

可是這還只是直接的損失，間接的損失也不少。我們很容易想像，爲了將埋在土中的自來水管或電線的生鏽部分拆下來更換新的，得費去多少手續和勞力。若是化學器械的內部零件長了鏽，那就更費事了，因爲要掉換新零件，必須暫時停止生產。

因此，在全世界，尤其是在本世紀的開始，就進行了科學的探究工作，去研究腐蝕，去考察保護金屬使不致朽壞過早的

最可靠、最便宜的方法。

在資本主義國家的許多工業裏，也出現了不少和腐蝕鬥爭的科學團體；然而在這裏，個別說來，工作雖然也有成績，工作的進行卻隨時都受到了資本主義制度本身的阻礙，使對腐蝕的鬥爭沒有成爲也不可能成爲這種國家裏的全國性的事業。原來資本家對於銹的態度是不同的。某一批資本家以能夠得到更堅固耐用的金屬爲有利。可是另一批資本家卻相反地以金屬快快朽壞，以便更換新的爲有利。每一商行，每一企業，都研究出來了自己的對抗腐蝕的方法，自己的保護金屬不生銹的方法。可是商業上的競爭卻強迫着資本家替這些方法保守祕密，使它們不致成爲別的企業的資產。

在蘇聯就完全不是這麼一回事。蘇聯國民經濟的社會主義計劃性，許可蘇聯人真正展開全國範圍內的保護金屬不生銹的工作。

在1927年偉大的斯大林五年計劃剛要開始的時期，中央氣水動力學院有一位阿基摩夫教授，組織了第一個研究金屬腐蝕的試驗室。到今日已有幾十個研究所和國立高等工業學校，在緊張地進行對於銹和防銹方法的研究。

天才的蘇聯科學家基斯卡可夫斯基院士，蘇聯科學研究院通訊會員阿基摩夫和伊基加萊雪夫等人，開始了對銹的鬥爭。他們造就了許多專家，成功地研究了腐蝕的原因和防銹的辦法，又創造了新的不銹的合金。他們的工作已經有了很

大的成就。

在這本小書裏，我們要談金屬生銹的原因，和目前用來保護金屬使不至於朽壞過早的方法。

## 一 銹 是 什 麼？

金屬和金屬的合金受到周圍物質的作用而朽壞，便是腐蝕或生銹。銹經常是從金屬製品的表面長起，逐漸傳向內部深處去。金屬生銹時會改變外形（圖1）。光澤失掉了，光滑的表面變得高低不平了，一層所謂銹的產品遮蓋了它的本來面目。銹的產品中主要的是化合物，它們一般是由金屬和氧氣組成的。譬如鐵生銹時，表面上就鋪滿一層褐色的銹，其中基本成分是氧化鐵。

金屬生銹的程度不是一律的。一種金屬壞得很快，另一種金屬在相同條件下，卻顯得很堅固。

實際上，沒有不生銹的金屬。鉑是一種最堅固的金屬，但在一定條件下，它也會壞的。如果把鉑片浸在王水（硝酸和鹽酸依一定比例混合而成的液體）裏，鉑的朽壞就能夠看出來了。

用途很大的金屬銅，在水裏是不會朽壞的。因此，自來水



圖1. 銹壞了的鐵管



管上的零件，如龍頭、水勺之類，常常要用銅，或用銅和別種金屬的合金來製造。可是銅器一遇阿摩尼亞的水溶液，也就很快的朽壞了。

這樣說來，金屬的性質或合金的成分，是決定它們的抗銹力的第一因素。

然而外在的條件，對於生銹也有極大的影響。不單是金屬四周所環繞的各種東西的性質，就連周圍的溫度和壓力，都有很大的關係。

金屬的銹，有的是化學作用的結果，有的是電化學作用的結果。因此，人們往往將銹的現象分成兩大類：1. 化學性的銹；2. 電化學性的銹。

化學性的銹是由不傳電的乾燥的氣體或液體的作用而產生的。鋼因受熱而氧化，便是化學性銹的一個例子。

電化學性的銹散布得更廣，乃是液體狀的電解質，也就是傳電的液體，作用於金屬的結果。鐵、銅和別種金屬，還有它們的合金，浸在酸性的或鹽基性的溶液裏，或放在潮溼的空氣或泥土裏，就會壞掉，這都和電化學性的銹有關。

讓我們詳細考察考察生銹的原因。爲了這，應當首先研究金屬和合金的內部組織。

## 二 金屬是結晶體

試將一根小鐵條（鋼條、鋁條或他種金屬造成的條子也

行)折爲兩段。有時候,你就很容易看見金屬的折斷處有着粒狀的結晶組織。粒子是這樣的大,就是肉眼也能看出來。有時候,折斷處發着沒有光澤的顏色,這表示金屬是由極小的粒子組成的,而這種粒子是這樣的小,只有在放大鏡裏纔看得出來。

讓我們說一說熔化了的鋼汁是怎樣變成堅硬的鋼條的。我們可以想像自己是在一個冶金工廠的鑄型室裏。

鐘聲響了,工人們開始從爐裏放出金屬的汁來;閃光奪目的熔化了的鋼汁,很快地沿着凹槽向前流去,隨即衝進了擺在耐火磚中間的大桶,數分鐘之後,桶就裝滿了。龐大的起重機,小心地舉起了幾百噸的重量,使桶剛剛來到一列鑄型上面。鑄型是有着厚牆的很大的生鐵鑄成的傢伙。它們一個跟一個地裝滿了鋼汁之後,鋼汁便開始冷凝起來。我們現在就來細看一下鋼的冷凝過程吧。原來鋼條鑄成後的內部組織如何,是和鋼汁凝成固體的方式有密切關聯的。

卓越的俄國科學家捷爾諾夫早就仔細研究了鋼汁冷凝的過程。八十年前,做了許多次試驗和探究之後,捷爾諾夫得到了結論,認爲鋼並不凝成均勻的一塊。在冷凝時所形成的乃是一個結晶體的複雜體系。這個重要的結論成了現代關於金屬組織理論的基礎。

結晶體的原子,是嚴格地按照一定的秩序排列成結晶的格子,而非結晶體的原子,卻並不按照固定的秩序排列,這是

結晶體與非結晶體的不同處。

結晶物質的特性，又和那由原子組成的格子的組織方式有關。請回想一下前面說過的‘錫疫’。現在我們已經很清楚，無論灰錫或白錫，它們的原子都是一樣的，分別只在格子中原子的排列法。在某一特定的溫度下，錫的原子改變了排列法，於是就形成了新的物質。

熔化了的金屬開始冷卻時，首先出現的是所謂中心的結晶過程。這過程使未來的結晶體能夠長出軸來。軸上再長出許多枝子，成為結晶體的框架(圖2)。

金屬的冷凝過程開始於熔化了的金屬和鑄型的冷壁相接觸的地方。在開始時，液體的金屬表面，蓋上了一層由極小的結晶體造成的硬殼。它保護着其餘的鋼汁使不致很快地冷卻。因此，進一步的凝固過程就慢了下來，使鋼條的內部有充分的時間長出更大的結晶體來(圖3)。

在冷卻時，鋼的體積縮小了，可是鋼條外殼的尺寸並不縮小，這就決定了冷凝金屬外殼的大小。殼裏的鋼汁不夠裝滿殼裏的空隙，所以鋼條內部就出現許多因凝縮而生成的空隙(下文簡稱空隙)。

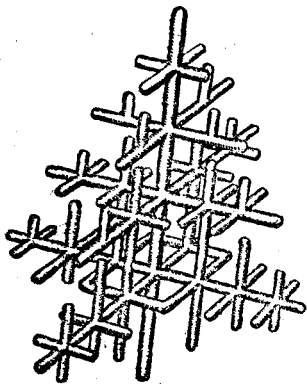


圖2. 鋼的結晶體的生長

在鋼條的冷凝過程中，會有大量的結晶體在同一時間生

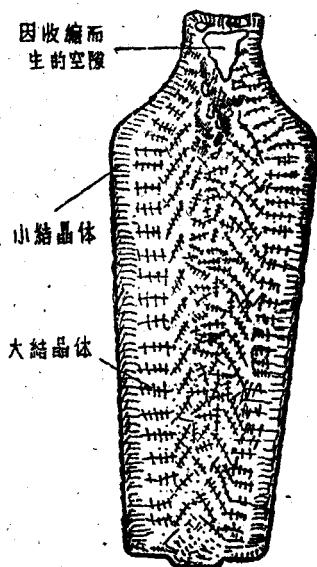


圖3. 鋼鐵的縱斷面

長出來。它們的枝子互相交錯盤旋着，可是也有時候在一處空隙裏生長着一些誰也不挨着誰的晶體。它們的生長既然受不到任何的阻礙，它們的形狀也就不會歪曲。這樣的結晶體於是便能長得很大，很重。在捷爾諾夫所收藏的晶體裏，有些是從一百噸重的鋼條的空隙中取出來的晶體。它們重達3.45公斤，長到39厘米。

大家都知道，平常的鋼裏面含有鐵和少量的碳、矽、錳，此外，不可避免的還含着一些有害的混合物，硫、磷。特種的鋼除了上述

各種元素以外，更含有鉻、鎳、鎢、鉬等金屬。這些金屬的加入，依着比例的不同而使鋼產生特別的性質，如硬性、抗酸性、韌性、抗熱性等等（所謂抗熱性就是在極高溫度裏保持本身硬度的性能）。

鋼中所含的物質，有着種種不同的凝固點和熔點。純鐵在1530度就凝成固體，可是鐵和硫的混合物，或者鐵和他種元素的混合物，要冷到更低的溫度纔凝固。首先凝固的金屬

層裏面所含的是最難熔化的元素鐵和碳；硫和磷這種比較容易熔化的雜質，是後來纔凝固的。因此，它們被排擠到鋼條的中心部分，並且主要集中在空隙附近。

鑄型的上端往往要特別加熱。因此，鋼條的頭部總要等到最後纔冷卻，於是最大量的有害的雜質和空隙，就都排列在這一部份。這一部份往往佔整個鋼條重量的很大的比例。到後來加工時，如果發現它對於製作品的生產不合適，往往要把它截去。

可是，剩下來的更好的部分，其化學成分也不是均勻的。金屬的外層所含有害的雜質較少，它的機械性就比較深在內部的金屬要高得多。就是在金屬的同一個結晶區域裏，組織也是不均勻的。鋼的結晶體的框架是由純鐵和碳組成的，而在各枝間的空隙，則聚集着更易熔化的雜質，其中含有硫和磷。這樣的不均勻性，乃是鋼條的不可免的缺點。

鋼還有別的嚴重的缺點，如含有熔渣的極細的顆粒，和大小氣泡等，這些缺點是會貶低金屬的品質的。

用來製造機器零件的鑄鋼，經得起鍛或軋壓。鍛鋼時，先把鋼條燒熱，然後用錘子錘，或者送進軋壓機去軋。鋼條中巨型的結晶體被軋碎了，它們的碎片又被軋成絲，於是鋼就得到了絲狀的組織。鋼條被軋壓得越利害，鋼裏的絲就越細，而鋼製品的品質也越高。

可是要完全消滅鋼的不均勻性也是做不到的，所以在研

究金屬的生活和它們的病態(銹也在內)時,必須把這種不均勻性一同加以考慮。

### 三 化學性的銹

#### 銹怎樣阻止自己向前發展

縱使在乾燥的地方和室內溫度裏,金屬的製品也不是永遠不起變化的。隨着時間的前進,它的光澤的表面會發暗。那是因為金屬和氧氣起了化學作用,使金屬罩上了一層氧化物的薄膜的原故。溫度越增高,發暗的薄膜長得越快,也就是銹生得越多。

空氣中的氧氣,首先和製品的表面起作用,使金屬的外層變成氧化物的薄膜。這種氧化物的薄膜能在某種限度內阻止氧氣進一步透入金屬的內部,使新的金屬層氧化。這樣說來,由生銹而起的薄膜卻能阻止金屬進一步生銹。所以這種薄膜就叫做保護性薄膜。

有幾種金屬,例如鋁,所生的保護性薄膜能夠使生銹的作用變得很慢,也就是能夠很可靠的防止金屬進一步被銹壞。別種金屬呢,例如鐵,它所生的保護性薄膜就不那麼完好,上面有着許多小孔和裂縫,使能起銹的氣體和液體很容易透進去。

一般說來,雖然有保護性的薄膜,腐蝕作用並不因而停止。因此,隨着時間的前進,膜的厚度是要增加起來的。氧化物的薄膜,在金屬的溫度升高時,特別生長得快。鋼條被鍛或

被軋時，要加熱到高溫度，高到 1200-1300 度是常事。在這種高溫度之下，鋼條雖然容易被軋壓，可是加熱的結果，會有很厚的一層金屬和氧氣迅速化合，形成鐵滓。在巨型鋼條加熱時，鐵滓的厚度有時可以到達一厘米。巨型的鋼條經過一次加熱，就有幾百公斤的好鋼變成鐵滓。事實上，在鍛製複雜的製品時，鋼條往往要經過好幾次的加熱，所以金屬在加工中受到的損失是很可觀的。

可是對金屬有影響的還不止氧氣。工廠區域空氣中常常含有碳酸氣和二氧化硫，它們對於金屬的影響也不小。因為這些氣體積極地在金屬的表面上起作用，一樣可以使金屬壞掉。

早已查出，金屬和空氣中的氧氣，或者和他種有氧化力的氣體和液體長期接觸以後，腐蝕作用會很顯著的慢下來，也就是說金屬的化學活動性會降低下來。金屬為什麼變得不活動了呢？原因就是它的表面已經長了一層保護性的薄膜。如將薄膜剝去，腐蝕作用又會很快地進行的。

讓我們來作一個試驗。把一塊細長的鐵片放進濃硝酸裏。這時候，鐵片上會很快的出現一層很厚的氧化物薄膜，保護着鐵，使它不致進一步被氧化。再將同樣的一塊有着很好的清潔表面的鐵，浸入用水稀釋了的硝酸裏。在這場合，鐵片卻很快地壞掉，終於溶解在硝酸裏。這是怎麼回事？為什麼稀硝酸對於金屬的作用反而比濃硝酸更有力？

這是因為稀硝酸沒有足夠的氧化力去在金屬上造成一層

保護性薄膜。可是如將鐵片首先浸入濃酸，等它上面出現了保護性薄膜之後，又將它移到稀酸裏，那薄膜就會很可靠地保護金屬，使任何濃度的酸——從最濃的酸到最稀的酸——都不能蝕掉它。濃硝酸所以會使鐵失去活動性是因為它能使鐵的表面發生保護性的薄膜。

在普通的條件下和室內的溫度中，金屬上的保護性薄膜是很薄的，不超過二千分之一毫米。這樣極薄的薄膜是用什麼方法觀察到的呢？科學家是怎樣測量它的厚度，研究它的特性的呢？

#### 薄到千分之幾毫米的薄膜

比較厚的保護性薄膜（厚度在二千分之一毫米以上的薄膜）是用肉眼也容易看見的。就是使用最簡單的工具——鑿子或刀子——也能把它從金屬製品的表面上起下來。可是金屬上的膜常常比這薄得多。

鋼片加熱到 250-300 度，表面上就好像有虹的全部彩色放出來。這種彩色的現象，可以用金屬上所生極薄的膜來解釋。

為什麼薄膜的存在會使金屬表面產生奇妙的彩色呢？科學已經證明，這種彩色只是一種光學的現象，和薄膜的顏色沒有關係。

圖 4 畫着一塊金屬的表面和長在上面的氧化物薄膜。落



在金屬上的光，一部分從薄膜的表面反射出來，一部分透過薄膜從金屬的表面反射出來。

光既然是波的現象，在膜的厚度對射來的光線的波長的比例，到達一定的數字時，這兩種反射回頭的光線相遇在一起，就會彼此抵消。這樣一來，射來的白光裏所含一部分顏色光線，在反射回頭的光線裏就會顯得很淡，所以

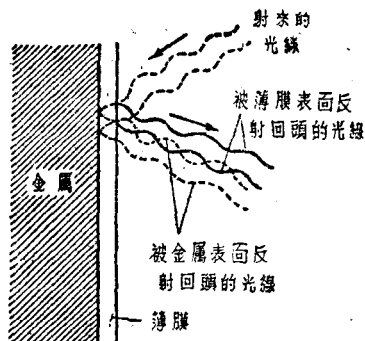


圖4. 金屬熱到 250-300 度時  
表面發生彩色的原因

以薄膜在我們眼睛裏鮮明地呈現出一種補色的彩色。隨着膜的厚度的加大，這種彩色也改變着——從黃色開始，最後變成灰綠色。當膜到達一定的厚度時（這厚度隨金屬而不同），彩色就消滅了。因為薄膜變得不那麼透明時，光線就要完全被它吸收了進去。

早已查出，彩色不但靠賴膜的厚度，還靠賴長膜的金屬是哪一種。已經作出了一種特別的表，使我們能按照彩色來大略決定保護性薄膜的厚度。

金屬表面上還會發生薄到十萬分之一毫米的薄膜。這樣的薄膜已經不會產生彩色了。人們很久都不能證明它們的存在。可是現在已有方法，使我們能把這種特別薄的薄膜也分離出來，加以研究。