

锈 和 防 锈

A. C. 費 德 羅 夫 著



锈 和 防 锈

王 文 范 编 著 李 德 校



銹 和 防 銹

A. C. 賈德羅夫著

張景岳 馬之銻 譯

...

國防工業出版社

本書共分为七節，分別介紹了金屬的晶体構造及金屬晶体構造對金屬機械性能的影響。並以較多的篇幅敘述了金屬的銹蝕過程，銹蝕原因及其防護方法。對化學銹蝕和電化銹蝕做了較詳細的介紹。關於士兵所用武器的擦拭，塗油等保管方法亦為本書主要內容之一。

本書文字淺顯易懂，避免了一切化學上和計算上用的公式而用深入淺出的筆法闡明了有關銹蝕方面的理論，故本書對於士兵工人及具有初中文化水平的廣大讀者極為相宜。

А.С.Федоров
РЖАВЧИНА
И БОРЬБА С НЕЙ
Военное издательство
министерства обороны союза ССР
Москва 1954

本書系根據蘇聯軍事出版社
一九五四年俄文版譯出

銹 和 防 銹

[蘇]費德羅夫著
張景岳 馬之鋼 譯

*

國防·軍事出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074號
北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 1/32 • 15/8 印張 • 33,750字

一九五六年八月第一版

一九五六年八月北京第一次印刷

印數：1—6,500冊 定價：(10)0.27元

目 錄

引 言	1
1. 什么是腐蝕?	5
2. 金屬是結晶体的物質	6
3. 化学腐蝕	10
腐蝕是怎样自己阻碍自己的	10
千分之几公厘	12
为提高耐热性而斗争	14
4. 电化腐蝕	17
原电池是怎样工作的	17
微小的原电池	19
在大气中的腐蝕	22
在土壤中的腐蝕	23
5. 腐蝕的后果	25
6. 武器的腐蝕及防腐法	29
7. 金屬的防腐	35
耐久、可靠、經濟	35
金屬表面的淨化	38
氧化保护層	41
金屬保护層	42
非金屬保护層	47
結 束 語	48

引 言

金屬——誰还不知道這種在我們的時代里已經成為一種十分重要的、決不可少的、出色的材料呢？在人類的生活中心，金屬起著頭等重要的作用。用金屬可以製造成千上萬的各種有用的東西。飛機、步槍、坦克、機槍、汽車、拖拉機、紡織工廠里的織布機和播種馬鈴薯的機器都是用金屬製造的；能在一秒鐘攝一百萬張電影片的複雜機器和海底觀測球——人坐在裡面可沉到海底去的堅固的大球——也是用金屬製造的。

我們到處都被金屬包圍著。金屬作成的電綫連接著城市和鄉村，連接著各個部隊。通過這些電綫可以收發電報，打電話，輸送開動工廠里機器和照亮我們的住宅用的電流。雄偉的鐵橋橫跨在河流和山谷上。埋在地下的鐵管把石油和煤氣輸送到很遠的地方。鋼筋是宏偉建築物水泥牆壁的心臟。

我們在日常生活中也處處離不開金屬。譬如我們坐下吃飯就要用金屬器皿：匙子、叉子和刀子。我們要看表，表就是用許多精密的金屬零件：彈簧、小齒輪、指針等巧妙地結合起來的。我們要寫信，手裡就得有一枝裝著金屬筆尖的鋼筆。就是連我們釘一個扣子，也得依靠金屬——一根細小的鋼針。

到處有金屬，處處有金屬。現在，在人類的生活中心沒有金屬是很難想像的……。

人們在几千年前就已經會開采和利用金屬了。現在在工業上、農業上、運輸部門、軍事上以及在日常生活中使用的金屬有數千種之多。但是人們很少只用純金屬，而用得最多的是由幾種金屬制成的各種合金。因為合金所具有的特性是純金屬所沒有的。有一些合金特別堅硬，而另一些却很柔韌，也就是便於模壓或鍛造。有的合金在高溫下，也依舊很堅硬，而有的合金只用一根火柴就能將其熔化。

金屬是人類可靠的朋友和助手，但是需要人們去愛護它。如果金屬製品受到人的愛護，可以使用得很久而不會損壞。一台車床，如果是在一個細心人的手裡，經常保持清潔，按時上油，經常檢查，車床就會像新的一樣，長期地工作而不發生故障。同樣一台車床，如果保養得很差，蒙上了一層灰塵，生了銹，那麼它很快地就會損壞。

這就是說金屬物品所處的環境對它的壽命有很大的影響。金屬患了“疾病”，疾病就能縮短金屬的壽命。例如，在很久以前就已經知道錫有一種重病——“錫癩”。錫制的物品——錫像、瓶子、杯子——時間久了就會逐漸地出現一層灰色的斑點，然後變成粉末而脫落。還發現錫的疾病會傳染，當“健康”的錫器接觸了患“錫癩”的錫器時，它很快地也會生起病來。最初醫治這種病是使用“外科”的醫治法：乾脆把物品的染病部分割掉。這種手術有時也會得到好的效果，能停止“錫癩”向金屬健康部分的蔓延。

後來學者們發現了引起“錫癩”的原因。錫有兩種：一種是白錫，堅固而有金屬的光澤；一種是灰錫，容易碎裂成粉末。並且發現白錫在寒冷的情況下容易變成灰色。因此，錫器發生“疾病”，多半是因為錫器長期放置在寒冷的

屋子里所造成的。

搞清“錫瘟”發生的原因之后，學者們才找到了徹底医治錫器“疾病”的方法。方法非常簡單，只須把已患“錫瘟”的錫器加熱到100度或是把它放在沸水中浸一些時間就行了。但這種方法不是經常能完全將器皿“錫瘟”医好的。

金屬還有一種更危險的，有時甚至是無法医治的“疾病”。這種“疾病”逐漸地侵蝕金屬物品并且常常使其完全損壞。這種病是金屬的“敵人”所引起的。大部分金屬和合金的最惡毒的敵人就是氧。它是空氣，水和地殼中一種極其普遍的化學元素。金屬的這種病就叫做腐蝕，生銹就是一種最常見的例子。腐蝕常常是氧化作用引起的。鋼製品生銹，銅、黃銅或青銅製品發黑和發綠，鋁制零件變暗，白銀發黑——所有這些都是金屬發生腐蝕的例子。

對於製造化學工業用的各種儀器和設備的金屬的耐腐蝕性要求是特別高的。現代化學工藝常常是與酸類、鹼類、含有複雜的混合物的液體與氣體和各種鹽溶液有關的。在化學工藝過程中常常使用高壓和高溫。所有這些都使金屬的工作條件大大地複雜化。

需要在困難的條件下使用的還有複雜的武器。現代化的軍隊裝備有用金屬制成的飛機、坦克、大砲、槍、彈藥和其他武器。事實也是這樣，武器不但需要在溫度經常變化的條件下使用，而且需要在晴天、雨天、冬天和夏天使用。例如，用來製造砲身和槍管的鋼，發射時要經受火藥氣體的巨大壓力。同時這種火藥氣體對金屬還起化學作用。製造坦克、飛機、自行火砲、汽車的發動機等用的金屬也要經受汽缸內燃料燃燒時的壓力和化學作用。

每個士兵都知道，要是把冷的武器拿進暖和的屋子里，

在武器表面便会出现水珠——冷金属“出汗”。即使金属物装在焊得很严密的铁箱子里，也会有这种现象。通常都是金属受了潮湿之后才开始损坏或引起腐蚀。

腐蚀所带来的损失是很大的。因腐蚀而损失的金属约占每年熔炼的金属和合金总数的三分之一。这就是说，全世界每年要损坏掉几千万吨金属。

而这还只是直接的损失，间接的损失决不会比这个数字少。实际上是很容易想像得到的：要把深深埋在地下的腐蚀了的水管或海底电缆更换一下，需要耗费多少器材和劳动。如果复杂的化学机械里面的零件腐蚀了，为了更换这个零件就得停止生产。

因此世界各国，尤其是从二十世纪初以来，对腐蚀进行研究并寻找防止金属过早损坏的最可靠而又最经济的方法，都进行了巨大的科学研究工作。

在许多资本主义工业国家里建立了一些防锈专科学校和科学机构。尽管在工作上取得了某些相当大的成就，可是，这个工作一直都是受着资本主义制度本身的限制。在这些国家里对腐蚀的斗争没有成为、也不可能成为整个国家的事情。有一部分资本家希望能得到不锈耐用的金属；而另一部分资本家则相反，希望金属快些损坏，这样就可以用新的去替换。每个公司和企业都研究自己的防止腐蚀的方法，防止金属生锈的方法。竞争使资本家把这些方法当作秘密，决不能让另外的企业利用它们来发财致富。

在苏联情形就完全不同了。我国国民经济的社会主义的计划性使防止金属腐蚀的工作能够真正地在全国范围内的各个阵线上展开。

1927年，就在改变我们国家面貌的五年计划的前夕，

在中央航空流体动力专科学校由 Г. В. 阿基莫夫教授組織了第一个腐蝕科学研究實驗室。現在，研究腐蝕和防止腐蝕的工作，正在苏联的数十所科学研究性的专科学校和高等技術学校里进行着。

天才的苏联学者科学院院士 В. А. 基士柴可夫斯基、苏联科学院通訊院士 Г. В. 阿基莫夫、И. А. 依斯加萊雪夫等人第一次在苏联展开了对腐蝕的斗争。他們培养出大批的專門人材，成功地研究了腐蝕的原因，寻找防止金屬腐蝕的方法和創造新的不銹的合金。他們的工作已經取得了很大的成就。

这本书將要談金屬腐蝕的原因和目前所采用的防止金屬过早损坏的几种方法。

1. 什麼是腐蝕？

金屬和合金由于受到周圍介質的作用而损坏，就叫做腐蝕。腐蝕經常由金屬物的表面开始，逐漸地向內侵蝕。这时金屬的外表也变了样(圖 1)：失去了光澤，使光滑的表面变得粗糙不平並且盖滿一層所謂的腐蝕产物——通常是一种由金屬和氧形成的特殊的化合物。例如，鉄由于腐蝕就盖滿一層褐色的锈，鉄锈就是由鉄的氧化物構成的。

各种金屬和合金遭受腐蝕的程度是不一样的。有一些金屬损坏得很快，而另一些在同样的条件下則很安定。但实际上沒有一种金屬是不發生腐蝕的。白金是最安定的金屬之一，但是它在一定条件下也要损坏。把白金合金片放进王水(硝酸和鹽酸按一定比例的混合液)里，就会损坏。

銅是一种广泛使用的金屬，在水中是不会损坏的，所以



图 1. 腐蝕坏的鐵管

水道設備——水龍頭、閘門等常常用銅或銅的合金制成。可是，如果銅器遇到氨溶液就會迅速損壞。

因此，確定金屬性質或合金成分的好壞，首先應該以其抗蝕性為依據。

但是，由於外部條件對腐蝕程度有着極大的影響，所以具有重大意義的

不僅是金屬周圍介質的性質，而且還有介質的溫度和壓力。

金屬的腐蝕有化學和電化兩種過程。因此，常常把腐蝕現象分為兩種：化學腐蝕和電化腐蝕。

前者是由於不導電的液體或乾燥氣體的作用而發生的。鋼在加熱時的氧化就是化學腐蝕的例子。

電化腐蝕是最常見的。它是由於所謂的電解液作用於金屬的結果。電解液就是導電的液體。在鹽和酸的溶液里，在潮濕的空氣里，在土壤里，鐵、銅和其他金屬及合金的損壞多半與電化腐蝕有關。

為了更詳細地了解引起腐蝕的原因，我們就不得不先研究一下金屬和合金的內部結構。

2. 金屬是結晶體的物質

請試試看，把一根生鐵、鋼、鋁或別的金屬鑄成的小棒折成兩段，你便很容易發現在金屬的折斷處有粒狀的結晶

構造。个别顆粒还很大，甚至用肉眼也看得很清楚。有时断面呈淡青色，这是說明金屬是由極微小的顆粒組成的，这些小顆粒用放大鏡才能看見。

讓我們来看看熔化的鋼是怎样硬化变成鋼錠的吧！假设我們是在一个鋼鉄工厂的熔鋼車間里。

一个不大的鐘形爐在發着巨响。煉鋼工人馬上就要开始从爐里放出鋼水来……瞧！閃爍的鋼流沿着导液槽迅速地爬着，迸散着火花的鋼水奔流到内部用耐火磚砌成的盛鋼桶里，几分鐘后就注滿了一桶。巨大的桥式起重机小心地搬动了百吨重的大桶。盛鋼桶平稳地降到排成一行的鑄鋼模——生鉄作的巨大的有着厚壁的模式——上面。鑄鋼模一个接着一个地灌滿了鋼水。鋼开始凝固了。我們要詳細地研究一下凝固是怎样进行的。我們可以看到，鋼錠的内部結構是由金屬溶液怎样凝固而决定的。

傑出的俄国学者 B. K. 車尔諾夫長期而仔細地研究了鋼水的凝固过程。八十年以前，車尔諾夫經過了無數次的实验和研究之后，得出了一个結論：鋼的凝固与熔化的鐵的凝固不同，不是均一性物質而是構成一种复杂的結晶体系。这一重要的原理成为現代了解金屬結構的基础。

結晶体的特点是組成这种結晶体的原子是按着一定的严格規則排列，並形成結晶格子，而在非結晶物質中原子的排列則是不規則的。

結晶物質的性質决定于其原子格子的結構。回忆一下我們过去講过的“錫瘟”，現在我們就完全明白，灰色錫和白色錫的區別仅仅是在于原子在晶格里的位置不同。当然，在兩種情况下的原子本身还是一样的。在一定温度下錫原子会改組，構成新的物質。

当熔化的金屬开始凝固时，首先形成所謂結晶中心，这就是未来各結晶体軸成長的基础。各軸分佈出許多分支，構成結晶体的骨骼（圖 2）。

金屬的凝固首先發生在鋼水与涼的鑄錠模壁接触的地方。鋼水首先形成了一層硬的鋼壳。这种硬壳是由小的結晶体組成的，保护着其他鋼水不能很快地冷却。以后，鋼水的凝固就緩慢下来。所以鋼錠内部形成的結晶（圖 3）是比較大的。

鋼錠在凝固时，其体積亦漸縮小。但鋼錠外部的大小已經是不能改变了，因为它已被凝固的鋼的硬壳所限制。鋼水不能填滿鋼錠的内腔，因此鋼錠的内部就形成了叫做收縮孔的空間。

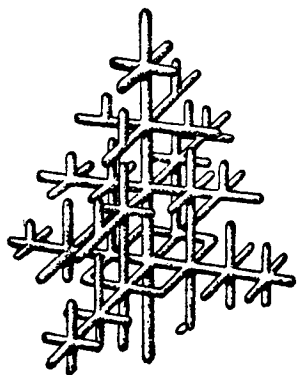


圖 2. 鋼結晶的成長圖

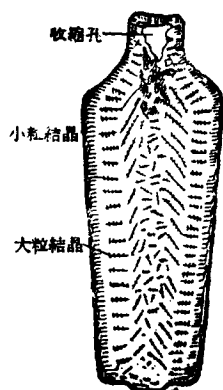


圖 3. 鋼錠的縱断面

在逐漸凝固的鋼錠里，同时生長着大量的結晶体。它們的分支互相交錯着、弯曲着，彼此都变了形。也有时个

別的結晶体正好長在收縮孔里。这种結晶体的生長遇不到任何障礙，所以它的形狀也不会弯曲。这种結晶能長得很大很重。Л. К. 車尔諾夫所收集的标本里就有一支从百吨重的鋼錠的收縮孔里获得的結晶体，重达3.46公斤，長达39公分。

我們知道，普通鋼是由鉄再加上少量的碳、矽、錳和不可避免的有害雜質——硫和磷——所組成的。特种鋼除此之外还含有其他金屬——鉻、鎳、錫、鉬。加入不同分量的这些物質之后使鋼具有特殊性質，使它变得坚硬、耐酸、柔韌或具有耐热性，即在很高的溫度下保持硬度不变的性能。

鋼所含的各种成分都有着各不相同的熔点和凝固点。純鉄的硬化溫度是1530度，而鉄和硫或其他元素的化合物，在較低的溫度下才能变硬。金屬先硬化的一層，是些較难熔解的元素——鉄和炭。后硬化的是有害的易熔解的硫和磷的雜質，它們被排挤到鋼錠的中心，因此大部集中在收縮孔附近。

鑄錠模的上部裝有保温帽口，有时还特意將其加热。因此鋼錠的“头部”凝固得最晚，因而含的有害雜質也最多，而且收縮孔也正在这里。所以，在以后加工过程中，这一占鋼錠全重很大的百分比的“头部”，多半就被当作不能用来制造物品的部分截去了。

就是鋼錠其余好的部分在化学成分上也是不均一的。外層金屬所含的有害雜質較少，比鋼錠内部的金屬具有更高的机械性能。甚至在一个結晶体的範圍內金屬的成分也不一样。鋼的結晶体的骨骼是由純鉄和炭素構成的，而在分支間的空隙中則凝集了一些易熔解的雜質，其中包括硫和磷。这种不均一性是鋼錠不可避免的缺陷。

鋼還有其他嚴重的缺陷。即金屬含有極小的渣粒及金屬內部有着大的和小的氣泡等等。這些缺陷會降低金屬的質量。

制造機器零件所用的鋼錠需經鍛造或軋制。因此必須將鋼錠加熱，然後再用錘或壓鍛機或軋鋼機的軋輥加以鍛壓。鋼錠中大的結晶體被擊碎，其碎片壓展為纖維形狀。因此鋼便具有了纖維形狀的結構。鋼錠所受的鍛壓越重，鋼的纖維形狀越細，鋼制品的質量也就越高。

但是，完全消滅金屬的不均一性是不可能的。當我們研究金屬的生活和“疾病”（包括腐蝕）時也必須估計到這一點。

3. 化 學 腐 蝕

腐蝕是怎樣自己阻礙自己的 甚至在乾燥的地方在室內溫度下金屬制品也不能毫無變化。它們的光滑表面隨着時間逐漸地發暗而失去光澤。金屬蒙上一層很薄很薄的氧化層——金屬和氧起化學作用的產物。隨着溫度的提高腐蝕將增加，渾暗層也很快地增長起來。

空氣中的氧首先作用於物體的表面。它和金屬的表面層化合之後成為氧化層。這種氧化層在一定程度上可以阻止氧氣繼續氧化金屬內部，氧化新的一層。這樣，由於腐蝕而產生的氧化層就防止了金屬的進一步損壞。因此這種氧化層便叫做保護層。

有一些金屬所產生的保護層，例如鋁，能有效地防止金屬進一步損壞；使腐蝕的過程大大地減慢。而另一些金屬，例如鐵上的保護層就不很完善。它有無數的孔隙和裂縫，腐蝕性的氣體和液體是比較容易由這些孔隙和裂縫侵

入的。

总的說来，尽管有这种保护层，但是腐蝕过程还是永远也不会停止的。所以保护层随着时间的延長而逐渐变厚。特别是在金屬的温度增高时，氧化層的增長就更快。鋼錠在鍛造或軋制前需要加热到很高的温度，通常都加到1200~1300度。这样，鋼才易于鍛压。但是，这种加热会使很大一層金屬迅速地和氧化合成为氧化鉄皮。很大的一塊鋼錠在加热时所产生的氧化鉄皮的厚度常常达到一公分。这样，鋼錠加热一次就有数百公斤优良的鋼变成了氧化鉄皮！而在鍛造复杂机件时鋼錠需要加热不止一次，而是好几次。这就造成了金屬大量的損失。

但对金屬有影响的並不仅仅是氧。例如工厂区空气中所含的一氧化碳和二氧化硫对金屬也起着很大的作用。这些气体強烈地作用于金屬物品的表面也能使金屬损坏。

很早已經發現，金屬和空气中的氧或其他氧化气体和液体的長期接触，会減慢腐蝕过程，也就是說，降低了金屬的化学活潑性。金屬轉为鈍态。保护层的作用正表現在这里。只要擦去这种氧化層，腐蝕就会猛然加剧。

我們来作一次实验。拿一小塊鉄放进濃硝酸里。这时金屬上很快地便产生了薄薄的一層防止鉄繼續氧化的氧化層。現在以表面擦得很乾淨的同样的一小塊鉄，放进盛有用水稀釋了的硝酸的容器里，这时鉄便很快地开始损坏，直到完全溶于酸内为止。这是怎么回事呢？为什么稀硝酸对金屬的作用比濃硝酸还強呢？

这是因为稀硝酸的氧化能力較小，不能使金屬产生保护层。要是你把鉄先放进濃硝酸里，等金屬上已經产生了保护层之后，再把它放进稀硝酸里。那么薄層就完全能防止

金屬的进一步损坏——放到任何濃度的稀硝酸里（由最濃的到最稀的）都是一樣。濃硝酸給鐵进行了防銹处理，使它变为鈍态，即在其表面形成了保护層。

在普通条件下及在室内温度下，金屬表面保护層的厚度很薄，不超过0.5公忽，即二千分之一公厘。怎样才能發現这种極薄的氧化層呢？学者們又怎么能量出它的厚度并研究它的特性呢？

千分之几公厘 較厚的保护層(厚0.5公忽以上)用肉眼也容易發現。用最普通的工具——銼子或小刀就可把它从金屬物品上面刮下来。可是金屬上产生的保护層常常是很薄的一層。

把一塊薄鋼板加热到250~300度。我們看来金屬表面像塗上了彩虹色，这种所謂“虹彩澤”的出現，說明金屬上面产生了一層很薄的氧化層。

为什么有了这种薄層会使金屬表面出現奇怪的色彩呢？“虹彩澤”是什么所引起的呢？已經証明，虹彩澤是光学現象，和薄層的顏色沒有連系。

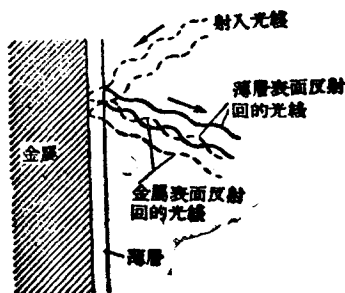


图4. 虹彩澤产生的說明图

圖4表示了金屬表面及表面上形成的氧化層。射到金屬上的光線，一部分被薄層表面反射回来，而一部分透过薄層被金屬表面反射回来。因此光線成波浪形，在薄層的厚度和射入光線波長的一定比例下兩種反射的光線重合

而互相抵銷。这样，組成射入的“白光”的一定顏色的光線，