

71.222
XKT

工程金屬材料學

徐愷廷編

現代工程小叢書



(361281)

現代工程
小叢書 工程金屬材料學

★ 版權所有 ★

編 者 徐 愷 廷
出版者 商務印書館
上海河南中路二一號
發行者 三聯書店 中華書局
中國圖書發行公司
北京談談胡同六十六號
發行所 三聯書店 中華書局
商務印書館 開明書店
聯營書店 各地分店
印刷者 商務印書館印刷廠

1935年10月初版
1951年12月8版(翻印) 定價人民幣7,000元

(滬)13601-13600

辛

自序

機械之要素有二：曰材料(Materials)，曰人工(Labor)，而材料尤爲重要。茲就各國銳意改進之兵器而論：如槍砲管之最初材料僅爲碳鋼，自鍊鋼術猛晉，合金鋼問世後，乃捨碳鋼而用鎳鋼，鉻鋼，更進而用鉻鎳鋼，鎢鋼，低錳鋼，並施鍛鍛，滾軋，油淬，碳化，導熱等加工處理，使其強度，堅韌性，耐磨性，俱臻上乘，在使用時不易爆裂及發熱；又如防禦及軍艦用之甲板，最初採用鍊鐵（即熟鐵），其後因彈丸亦捨鉛錫合金而用鋼鐵，穿鑿力大增，故改用碳鋼板，更進而用鎳鋼板，鎳鉻鋼板，並施碳化加熱處理以增其堅韌性；世界大戰爆發後，英人發明坦克戰車，使用於一九一六年夏桑姆之役及一九一七年堪布戰場，穿山拔壕，如入無人之境，軍用障礙物，悉爲其摧毀，卒能突破德軍最堅固之興登堡陣線，詎不知此奏奇功之坦克車，大半賴其採用當時發明之鉻鎳鋼爲裝甲板，故其除能抵抗槍彈外，小口徑砲彈，亦不能洞穿之。次更就普通機械而論：自美人辦別脫氏發明辦別脫合金，承攬材料，放一異彩，今之

飛機，汽車引擎及原動機等，咸採用之；自惠爾姆（A. Wilm）發明寶拉羅明合金，遂有輕金屬飛機之製造；飛機飛行速率之增加，全賴採用輕合金及合金鋼為機件原料之故；電燈中之燈絲，初為炭絲，後用鐵絲（Osmium），鎢鎢合金絲，及鉬絲，迄一九一一年古力琪（W. D. Coolidge）氏發明柔韌之鎢，可抽成燈絲後，電燈製造，至此始大告成功。是故揆諸過去歷史，足證科學之進步發明，改良材料實為一重大推動力，無怪近人謂柏塞麥鍊鋼之發明，其功不亞於瓦特之發明蒸汽機，咸有巨大影響於世界文明，此實非河漢之言。

管子云：『美金以鑄戈劍矛戟，試諸狗馬；惡金以鑄斤斧鋸鑿，試諸土木。』原說云：『駿糞磨刀，可以切玉。』考吾國於審察材料，自古尙矣，惜後之士大夫，高談玄虛，以物理之學，委諸百工，且墨守舊規，不能推陳出新，即有發明，亦祕而不宣，父子相承，不幸而遭中斷，遂致失傳，循是之故，工學不昌；溯自海通以還，工業雖日漸發達，然所製機械，恆不克與外貨抗爭，究其癥結所在，不外乎圖事外表之摹仿而忽於材料之選擇，無可諱言者也。編者有

鑒於斯，數年前已有編著本書之意，當服務於前實業部中央工業試驗所時，初在鑄，鍛，機，各工場，繼襄助汽車製造試驗，後又兼職度量衡製造所，於鑄，鍛，加熱處理法，及金屬材料，獲益頗多，所有心得，咸筆之於書，並先後作工具鋼汽車引擎材料概述，登載於工業中心；昨歲冬，來兵工署服務於德工程師馬斯德 (S. Meister) 先生處，觀其選用材料及施加熱處理，使余之知識，又得增進；至是遂下草斯書之決心，乃參考羣籍，泐成是編，並於第一章附述我國產地，書末附汽車引擎材料概述一篇，行文務求簡明淺近，取材頗費斟酌；俾不諳工程者，讀之得明瞭日常應用工程金屬材料之大概；中學職業學校亦可採用為教本及參考書；工廠工程人員，得據為選用材料之參考書；曾就教於業師前寧中大機械科主任張明治先生，教經刪改，但紕累之處，勢所難免，尙祈海內工界先進，不吝指正，是幸，是為序。

一九三四年，十一月，徐懋廷識於南京。

附 述

一、本書之參考書如下：

C. L. Mantell, "Tin", The Chemical Catalog
Co.,

H. O. Hofman, "Zinc and Cadmium",
McGraw-Hill Book Co.,

H. O. Hofman, "Copper", McGraw-Hill Book
Co.,

Bradley Stoughton, "Iron and Steel",
McGraw-Hill Book Co.,

J. H. G. Monypenny, "Stainless Iron and
Steel", John Wiley & Sons Inc.,

Samuel L. Hoyt, "The Metals and Common
Alloys" (Metallography Part II),
McGraw-Hill Book Co.,

Lionel S. Marks, "The Materials of Engi-
neering" (Mechanical Engineers' Hand-
book), McGraw-Hill Book Co.

H. W. Gillett and E. L. Mack, "Molybdenum
Cerium and Related Alloy Steel", The

Chemical Catalog Co.,

D. K. Bullens, "Steel & Its Heat Treatment",

John Wiley & Sons Inc.,

W. M. Corse, "Bearing Metal and Bearings",

The Chemical Catalog Co.,

鑛業紀要（地質調查所），鐵冶金學（胡庶華）。

一、本書承巫寶豐君繪圖襄助，敬表謝忱。

目 次

第一章 純金屬(The pure metals).....1

1. 鋁 (Aluminum)1
2. 銻 (Antimony)4
3. 鉍 (Bismuth)5
4. 鉻 (Chromium)6
5. 鈷 (Cobalt)6
6. 銅 (Copper)6
7. 鐵 (Iron)10
8. 鉛 (Lead)12
9. 鎂 (Magnesium)13
10. 錳 (Manganese)14
11. 鉬 (Molybdenum)15
12. 鎳 (Nickel)15
13. 錫 (Tin)17
14. 鈦 (Titanium)19
15. 鎢 (Tungsten)19

16. 鈾 (Uranium)	20
17. 鈦 (Vanadium)	21
18. 鋅 (Zinc)	21
19. 鎘 (Cadmium)	23
20. 矽 (Silicon)	23
 第二章 鐵與鋼 (Iron and Steel)	 25
1. 熟鐵 (Wrought iron)	25
2. 商用純鐵 (Commercially pure iron)	26
3. 鋼 (Steel)	28
4. 合金鋼——鋼中別種元素對於物理性 質之影響	32
5. 合金鋼之應用	62
6. 工具鋼 (Tool steel)	66
7. 鋼鐵之加工處理 (Treatment of Iron and steel)	71
8. 鋼鐵之特性	83
 第三章 鑄鐵與鑄鋼 (Iron and Steel casting)	 89
1. 鑄品之分類	89

2. 鑄鐵中之元素及其影響	98
3. 鑄鐵之物理性質	106
4. 鑄工 (翻砂) 材料	109
5. 熔爐	116
6. 熔煉	121
7. 展性生鐵	123
8. 鑄鋼	126

第四章 白合金 (White-metal alloys).....131

1. 鉛錫合金	131
2. 鐸合金 (Brazing solder)	133
3. 易熔合金 (Fusible alloy)	134
4. 鉛銻合金	135
5. 錫銻合金	136
6. 錫鋅合金	137
7. 緊塞合金 (Alloys for metallic packing)	137
8. 承襯合金 (Bearing metal)	138
9. 印字合金 (Type metal)	138

第五章 輕合金 (Light metal alloys) 140

1. 合金種類 140
2. 鑄鋁合金 142
3. 鍛鋁合金 145

第六章 黃銅與青銅 149

1. 黃銅中別種元素之影響 149
2. 鑄黃銅 152
3. 鍊黃銅 153
4. 黃銅之加熱處理 157
5. 青銅中各種元素之影響 157
6. 普通青銅 160
7. 特別黃銅及青銅 163

第七章 承襯金屬 (減摩合金) 171

1. 銅基承襯合金 173
2. 錫基承襯合金 176
3. 鉛基承襯合金 179

4. 鋅基承攬合金	183
第八章 其他合金	184
1. 斯單列脫合金	184
2. 哀凡杜合金	185
3. 銅鎳合金	186
4. 壓鑄用合金 (Alloys for die casting)	189
5. 電阻材料 (Resistor materials)	189
附錄 汽車引擎材料概述	193

工程金屬材料學

第一章 純金屬(The pure metals)

第一節 鋁(Aluminum)

鋁具銀白色，性軟，故能施輾(Rolling)，鍛(Forging)，擊(Stamping)，旋展(Spinning)，拉牽(Drawing)等工作，其硬度及抗張強度(Tensile strength)可因而稍增，但其延性(Ductility)則減低，普通應用之鋁，常含微量之銅，矽，鋅，錳，鎂，鐵及鎳以增高其抗張強度，可與軟鋼相比擬；惟成分太多後，韌性之縮減大，不甚適宜。

市上所售之純鋁，其中大都含有雜質(鐵，矽，銅等)；最上等之鋁，其鋁成分為 99.971 %，在 99 % 以下者為劣貨，其密度在華氏六十八度為 2.6996，普通約自 2.68-

2.95。

鋁富展性 (Malleability), 可軋成 0.00025 吋之薄片, 可牽為直徑 0.004 吋之線, 又富於空氣腐蝕之抵抗性 (Resistant to atmospheric corrosion), 又有抵抗化學腐蝕性如 CO , CO_2 , SO_2 , H_2S 及硫; 但對於鹽酸, 氫氟酸, 氯, 溴, 碘及苛性鹼, 易與其起化學作用; 鋁面經切削後, 在平常溼空氣中, 其表面立刻氧化而成透明, 此層始終緊附於其表面, 獲保護之功效。

鋁之運用, 晚近日漸廣大, 因其與其他金屬配合, 其強度甚高而其比重仍輕, 故在飛機, 汽車工業, 甚為需要; 且其有抗蝕性, 無毒, 傳熱率傳電率均高, 其中高強度, 質輕, 尤為其特色; 其在工業上可軋鋁板, 鋁片 (較簿), 鋁箔 (最簿), 建築材料, 圓料, 管子, 模型, 螺釘, 鑄件, 鍛件等。

鋁之密度為 2.71, 熔點為華氏 1214 度, 比熱在華氏 32-1214 度為 0.247, 膨脹係數在華氏 68-212 度為每度 0.0000133, 在 50-68 度為 0.0000155, 熔解所需熱量每磅約 167.4 英國熱單位 (B. T.U.)。

鑄鋁之抗張強度爲13500-15500 磅，滾軋後爲33500至67000 磅，彈性限度(Elastic limit)鋅者爲 6750-9000 磅，滾軋者爲33500磅，彈性係數(Modulus of elasticity)爲 9800000 磅左右（抗張強度彈性限度彈性係數之單位爲每方吋磅數下仿此）。

鋁之用途有六：（1）製造炊具器皿；（2）製造管、板及模型；（3）煉製輕合金之主要原料，其強度可達每方吋 63000 磅，供飛機、汽車製造之用；又爲煉製青銅之原料；（4）可製爲電線；（5）可作爲熔焊劑 (Alumino-thermic process of welding)；因鋁與氧化合時，發生極高之熱度，故鋁粉與氧化鐵之混合物，可熔接鐵板；當其着火後，鋁與氧化合，熱度增高，而遊離之鐵，被其熔化，可將其注入接合部，此法爲德人戈德絲密博士所發明；（6）可作爲煉鋼時之提氧劑 (Deoxidizer)，將鋁投入熔鋼內，可除去其中之氧化物，使鋼之質地優良。

我國鋁之產地，經發現者爲山東之淄川，博山及遼東之復縣，遼陽，成分皆不低，鑛量亦富；又浙江之平陽，福建之福鼎，安徽之廬江，四川之江北，亦富有製鋁原料，惟

迄今尚未有人從事採煉，國外以美，法，德，奧，瑞士為重要產地。

第二節 銻 (Antimony)

銻具銀白色，性脆弱，市上所售之銻，含有雜質（硫，鉛，銅，砷，鐵），其含量分析為銀 0.001%，砷 0.12%，錫 0.006%，鉛 0.089%，銅 0.076%，鈷及鎳 0.046%，硫 0.008%，及微量之鐵；銻為 99.654%，此係指上等銻貨而言。

銻之比重為 6.71，熔點華氏 1167 度，比熱 0.0493，導熱係數及導電係數極低，性因脆弱，易於粉碎，當其由液體凝固時，體積膨脹。

銻之用途為煉製印字合金，辦別脫合金 (Babbitt metal) 及別種承襯合金之原料，加入鉛中，能增加鉛之硬度，故又為硬鉛之原料。

我國銻之產量為世界各國冠，尤以湖南之新化，安化，益陽等地，儲量最富；餘如廣西之賓陽，南丹，河池等地，廣東之曲江，樂昌，貴州之銅仁，獨山，大塘等地，雲南之平彝，阿迷，峨山，文山，廣南等地，四川之寶興，浙江之淳

安，遂安，開化，昌化，福建之龍巖，江西之星子等處，皆有銻，其中尤以賓陽，河池，南丹，銅仁，獨山，阿迷，文山，廣南，寶興等處，較為重要，湖南，廣東，廣西，雲南四省，業已開採，產量曾供給全世界總額過半，惟國內冶金事業，尚未發達，故開採後幾完全運銷國外，就一九三二年統計，全國產額 13630 噸，而輸出竟達 12957 噸之巨，殊為可惜。國外以墨西哥，玻利維亞，捷克斯拉夫，法，意，土耳其為重要產地。

第三節 銻 (Bismuth)

銻具白色，比重 9.8，熔點華氏 520 度，比熱 0.0291，導熱係數導電係數均極低，其主要用途為煉製印字合金及易熔合金之原料。

我國銻之產地，為江西之大庾，安遠，贛縣，廣東之翁源，樂昌，河源，湖南之寶興，郴縣，廣西之賓陽，南丹，福建之長樂，霞浦，河北之撫寧，遷安等處，其中已開採者為江西，廣東，廣西，湖南四省。按銻礦與鎢礦共生，故上述各地，同時又為鎢之產地。