

萬有文庫

第一集一千種

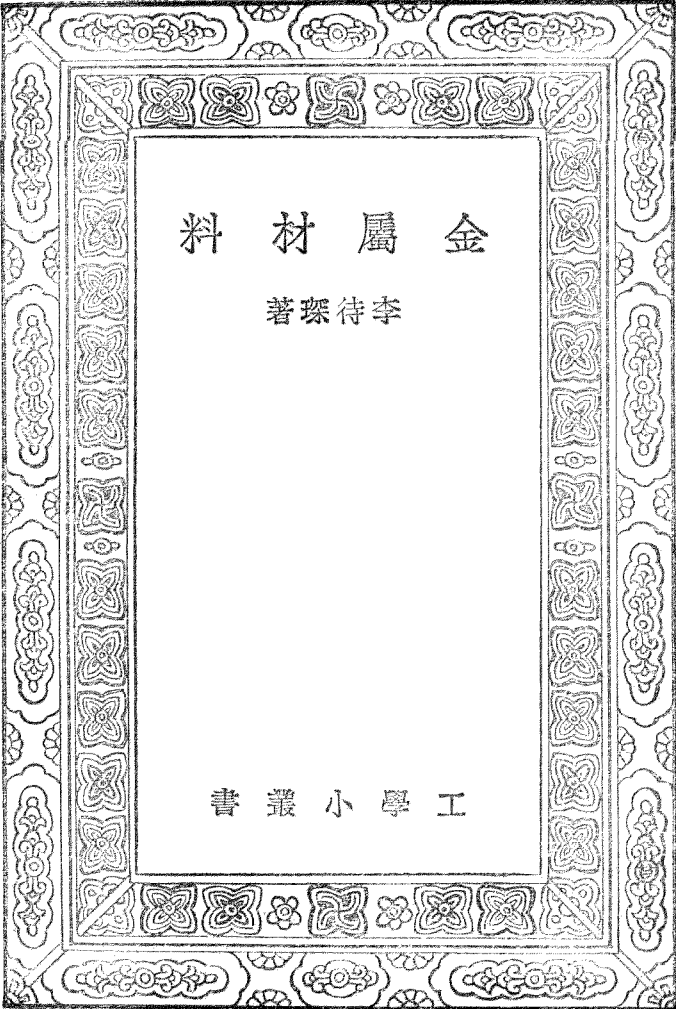
王雲五主編

金屬材料

李待琛著

商務印書館發行





金 屬 材 料

李 待 琛 著

工 學 小 叢 書

編主五雲王

種千一集一第

料 材 屬 金

著 琛 待 李

路 山 寶 海 上
館 書 印 務 商 者 刷 印 兼 行 發

埠 各 及 海 上
館 書 印 務 商 所 行 發

版 初 月 十 年 八 十 國 民 華 中

究 必 印 翻 權 作 著 有 書 此

The Complete Library
Edited by
Y. W. WONG

METALLIC MATERIALS OF ENGINEERING

By
LI TAI CHEN
THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China
1929

All Rights Reserved

金屬材料

目次

第一章	鐵	一
第二章	銅	三
第三章	鋅	五
第四章	鉛	七
第五章	錫	八
第六章	鋁	一〇
第七章	鎳	一二

第八章	銻	一三
第九章	錳	一四
第十章	鉻	一五
第十一章	鎢	一六
第十二章	鉬	一八
第十三章	釩	一九
第十四章	生鐵	二〇
第十五章	熟鐵	二三
第十六章	普通鋼	二四
第十七章	特別鋼	二九
第十八章	黃銅	三五

第二十章	特別青銅及黃銅	四三
第二十一章	銅鎳合金	四七
第二十二章	白合金	四九
第二十三章	減摩用白合金	五一
第二十四章	輕合金	五四

金屬材料

第一章 鐵

鐵之產額極鉅，用途極廣，故稱現代為鐵器時代。鐵之所以為最重要之材料者，因具有左列各性質也。

(一) 鐵之強度及延性均高；純鐵之抗張強度，為每方吋四萬磅，彈性限度為二萬磅，延長率為五〇%。

(二) 鐵與碳及他原質，如鎳、鉻、錳、鎢等相合，可製各種有用之合金。

(三) 鐵具二種以上之同質異形體 (allotropic form)。此等同質異形體，性質各不相同，對於碳或碳化鐵（碳在鋼中成碳化鐵）之作用，亦大有差異。故鐵可用加熱處理法，使具各種所需

之性質。

一八九〇年，法人阿斯曼氏發表鐵之三種同質異形體。其存在溫度，各有不同。在攝氏九〇〇度以上，爲加馬鐵 (*gamma iron*)，質硬，富於韌性，融合碳化鐵成均一之組織，不具磁性，故不吸引磁石。在七六七度以下，爲阿爾法鐵 (*alpha iron*)，質軟，富於延性，有磁性，然無融合碳化鐵之性質。在七六七度與九〇〇度之間爲柏塔鐵 (*beta iron*)，質硬而脆，無磁性，不融合碳化鐵。

純鐵具灰白色。比重七·八五至七·八七。其透磁性 (*magnetic permeability*) 極高，故極宜於製造變壓機之鐵心，電動機及發電機之各部分，與電磁石等。此純鐵之主要用途也。

日常所用之鐵，係直接取自礦石，含有多量之碳（二至五%）及其他雜質，故實爲鐵碳之合金，在第十四章中述之。

第二章 銅

銅爲人使用最早之金屬。石器時代之後，卽爲銅器時代。

銅鑛之分布極廣，種類亦多，可大別爲天然銅，氯化銅，硫化銅三種。產天然銅極富之處，爲美國密執安省蘇必利爾湖畔。銅之主要產地，爲美國，墨西哥國，西班牙國，及葡萄牙國等。美國每年產額，約七十餘萬噸。

我國各省，銅鑛亦多。銅鑛業爲我國最古之鑛業。雲南之東川，四川之會理，吉林延吉縣之天寶山等，皆爲著名之銅鑛。東川銅鑛，爲我國最大之產銅區，係東川鑛務公司所經營，每年產銅七八百噸。

銅具特有之淡赤色。其表面易於氯化，變成暗褐色。銅質比金銀稍硬。延展性極大，易於工作；可輾成薄皮，可拉爲細線。

銅之抗張強度：鑄成品爲每方吋一萬六千至二萬六千磅，碾成品，可增至五萬二千磅。銅於常溫高溫中，均可鍛碾。然在常溫加工，亦如他種金屬，增加硬性及脆性，而減少延性。欲使其恢復原狀，須熱至攝氏六百度至七百度，經時數秒，然後冷却之。

銅爲電與熱之良導體。其傳熱率及傳電率，均高於金，而稍次於銀。傳電率隨溫度上昇，逐漸減少。溫度由攝氏零度至百度，傳電率減少二九·三%。銅中之雜質，雖含量極微，亦足以減少傳電率。銅因精度，可別爲三種如左：

種	類	含銅率(%)	用途
鑄	電	九九·九	電工
銅	銅	九九·八	
鑄	美國蘇必利爾湖銅	九八·五	鑄造及製黃銅，青銅，等合金
銅	銅	九九·八	

第三章 鋅

古代黃銅，係用銅與鋅鑄製。而單純之鋅，則發見較晚。但其年代，頗難決定。

鋅之主要鑛石爲閃鋅鑛 (zinc blende, ZnS)，菱鋅鑛 (calamine, $ZnCO_3$)。主要產地，爲美、德、比、英等國。美國產額，每年約三十萬噸。吾國鋅鑛之最著者，爲湖南之水口山，雲南之東川，二處。水口山鑛石，爲閃鋅鑛，方鉛鑛，及少量之黃銅鑛；閃鋅鑛較方鉛鑛爲多，約成二與一之比；平均鋅之淨砂，含鋅四二%；鉛之淨砂，含鉛六六%。東川鑛係東川鑛務公司所經營，其鑛石均爲碳酸鹽類。其產額，鉛最多，鋅次之。

鋅爲蒼白色之金屬。其質硬於錫，軟於銅。在常溫極脆。自攝氏一百度至一百六十度，則延展性加大，可以碾爲薄板，拉爲細線。若溫度增至二百度以上，則脆性急增，可碎爲粉。

鋅之彈性限度極低，且無明白表示之點。抗張強度：鑄造品，每方吋僅二千餘磅；碾造品，約二四、

〇〇〇磅。延長率，二〇%以上。比重，七·二。熔點，攝氏四二〇度。

錫之用途如下：(一)鍍鐵板鐵器等；(二)製造黃銅，減摩銅等合金；(三)製造蓋屋用錫皮；(四)由鉛取銀，用錫爲脫銀劑。

第四章 鉛

鉛爲有史以前六金屬（金、銀、銅、鐵、錫、鉛）之一。西曆紀元前七千年，埃及人只知用銅。自七千年降至五千年，金、銀、鉛等，次第使用。降至一千五六百年，鉛遂爲通用之金屬矣。

鉛之重要鑛石爲方鉛鑛（Galena, PbS ）。主要產地，爲美、西、德、墨等國。美國產額，年約四十萬噸。西班牙年產約二十萬噸。我國主要產地，則爲湖南、雲南等處。

鉛爲普通金屬之最軟者，硬度一·五，隨含錒、砒之量而增。抗張強度極低，每方吋自二、六〇〇至三、三〇〇磅。彈性限度極低。展性極大，可碾成薄葉。延性小，不能拉成細絲。比重一一·三七，爲普通金屬中之最大者。熔點攝氏三二六度。對於酸類之抵抗性極大，只溶解於稀硝酸，故適於製耐酸器之材料。鉛板，鉛管，在硫酸工廠中及輸水路多用之。鉛與錫合可作白鐵（White），銲接金屬時用之。又鉛箔較錫箔價廉，可作錫箔之代用品。

第五章 錫

錫之重要鑛石爲錫石。

錫鑛分布較狹，故錫之產額亦較少。全世界之總產額，每年不過十一萬餘噸。其主要產地，爲馬來羣島，玻利非亞，中國，暹羅，緬甸，英國之康瓦爾，非洲之脫蘭斯瓦爾等處。我國爲世界第三大產錫區。主要錫鑛，爲雲南之箇舊，湖南之江華，臨武，宜章，廣西之富川，賀縣等。箇舊一處，年產錫七八千噸。錫之抗張強度低，每方吋約四、六〇〇磅。延性極小，展性極大，可碾成五分之一吋厚之錫箔。錫之展性，在攝氏一百度時，最大；至二百度以上，則脆。比重，極純者七·二九；普通者七·五。熔點，攝氏二二二度。

錫具三種同質異形體。其存在溫度及性質等如下所述。

(一) 攝氏零下四八度，爲無晶體。爲灰色粉末。比重，五·八。此種變化，發生甚急，錫由結晶體變

成粉末，是名錫瘟 (Tin Pest)。此一八五一年，愛德曼氏所發見之奇特現象也。

(二)攝氏二百度以下，錫爲正方形。具白色，展性極大。

(三)攝氏二百度以上，變爲斜方晶。質極脆。

錫之用途如下：(一)製造器皿；(二)製造錫箔；(三)鍍鐵皮以防銹；(四)製造青銅，白鐵，等合金。

第六章 鋁

鋁(aluminium)係一八二七年德人魏勒氏所發見。主要礦石爲鐵礬土 (bauxite, Al_2O_3) 含有約五〇%之鋁。其重要產地，爲美，瑞，德，法，奧等國。

鋁富展性及延性。不論在常溫高溫中，均可自由鍛碾，造成種種形狀，故宜於製造各種日用器具。

鋁之比重，隨所含雜質而增。極純者，約二·五六；市上普通出售者，約二·七。因其比重極小，故宜於作飛機及汽車之材料。

鋁之強度不高，然可加少量之銅、鋅、鎂等以增進之。

鋁之抗張強度，爲每方吋一萬至一萬四千磅。彈性限度，爲每方吋六千至八千磅。延長率，爲二至三%。

鋁之鍛碾溫度，以攝氏三百度至三百五十度爲最宜。冷製品之軟化，及調質溫度時間，在四百度時，需一小時以上；若至四百七十五度，則只需五分鐘至一小時。

鋁之傳熱率頗大。傳電率尤大，如定銅爲一〇〇，則鋁爲六一·五，故鋁可用作電線。

鋁與氟化合，發生極高之熱，故鋁粉與氟化鐵之混合物可作鎔接劑(Thermite)。此係德國戈德斯密博士所發明。其兩種材料之混合量，可由次式計算之。



此混合物點火，則鋁與氟化合，使鐵遊離。而此遊離之鐵，因化合熱保持二千五百度之高溫，故即熔融。以之注入接合部，則兩部分融着接合。

鋁爲強烈之還原劑，投入鎔鋼內，可除去其中之氟化物，變成精良之鋼。

第七章 鎳

鎳 (nickel) 係一七五一年克倫斯德氏所發見。其主要鑛石爲矽鎂鎳鑛 (garnierite) 及針鎳鑛 (millerite, NiS)。主要產地爲美、法、德、諸國及坎拿大。

鎳與鐵相似。具白色。純粹者，延性展性均大，可造細線薄皮。抗張強度：鑄造品爲每方吋四萬至五萬四千磅；碾壓品達六萬四千磅。比重約八·八。稍具磁性，然至攝氏三四〇度，則失之。傳熱率及傳電率均極小。

鎳之主要用途如下：(一)製造鎳鋼；(二)製造鎳銅；(三)鍍覆他種金屬；(四)作電器中之抵抗材料。

第八章 銻

銻 (antimony) 之產地，爲中法意諸國及澳大利亞洲。我國之銻礦，多在湖南、湖南新化縣之錫鑛山一處，曾供給世界全額之過半，其鑛石爲輝銻礦 (stibnite, Sb_2S_3)。益陽縣之板溪，亦爲大銻鑛，係華昌公司所有。該公司用特有之赫倫斯密特法 (Herren Schmidt Process) 製練純銻，供給世界。湖南之沅陵縣、溆浦縣、新寧縣；雲南之文山、阿迷兩縣；貴州之銅仁縣，亦均有大銻鑛。

銻具蒼白色。性極脆弱，易於粉碎。比重六·七一。傳熱率及傳電率極低。熔點攝氏四三〇度。由液體凝固時，體積膨脹，故適於作活字合金。銻攪入鉛中，能增加鉛之硬度，故爲硬鉛之原料。又可作其他合金之材料。

第九章 錳

我國錳鑛，發見於湖南省湘潭縣，（裕牲公司經營；）廣東欽州，（裕欽公司經營；）廣西（合益公司經營）等處。

錳 (manganese) 具灰色。質硬而脆。稍具磁性。比重約八·〇。熔點攝氏一二三〇度。在高溫度易與氮結合，故投於鎔融之他金屬中，可以驅除去其中之氮。

純淨之錳爲錳鋼及錳銅之原料，又爲銅及青銅之還原劑。而錳與鐵之合金，如錳鐵 (ferro-manganese) 及鏡鐵 (spiegel-eisen)，則俱爲鋼及鐵之還原劑。

第十章 鉻

九。○。鉻(Chromium)具鋼灰色。取自鉻鐵礦。比重，約六·八一。熔點極高，為攝氏一六一五度。硬度，以少量和入他種金屬中，可增其加硬度。

鉻為鉻鋼、風鋼、高速鋼等之原料。

第十一章 鎢

鎢 (tungsten) 係一七八一年瑞士人薛爾氏所發見。取自鎢錳鐵礦 (wolframite, FeMnWO_4) 及重石 (scheelite, CaWO_4) 等。主要產地，爲緬甸、美國、葡萄牙、阿根廷等處。我國於一九一五年，亦發見鎢礦甚多，一九一八年，產鎢砂一一、六六二噸，遂爲世界第一大產地。其鑛界於湘、贛、粵三省之間。湘之汝城，資興，臨武，宜章，常寧諸縣，贛之崇義，大庾，南康，上猶諸縣，及粵之沿海地方，皆爲鎢鑛區域。

鎢爲灰色金屬。比重，一八·七七。熔點之高，爲金屬之冠，約攝氏三、二六七度。可拉爲最細之線。其抗張強度極高。各種強酸，氫氟化鈉，氫氟化鉀，皆不能溶解之。只氟酸與硝酸之混合液能溶解之耳。

鎢之用途如下：(一) 製造鎢鋼，磁鋼，高速鋼；(二) 製電燈泡內之發光絲。鎢絲之發光率，爲炭絲

之三倍；(三)測熱用之鎢鉬電熱偶 (tungsten-molybdenum thermo-couple)；(四)標準砝碼；
(五)白金之代用品。

第十一章 鉬

吾國浙江之青田縣，福建之寧德縣，及廣東之惠陽縣，均發見鉬 (molybdenum) 礦。

鉬與鎢、鉻同系。一七八二年，葉倫氏始由輝鉬礦 (molybdenite, MoO_2) 取鉬。

鉬之比重爲九·一。熔點攝氏二、〇〇〇度。具銀白色。鉬對於鋼之影響，與鎢相似，而更銳敏，以鉬之含有量四分之一至三分之一，可得同等之效。

鉬之主要用途，爲製風鋼及高速鋼之原料。

第十三章 鈮

鈮 (vanadium) 爲灰白色之金屬。比重，約五·九。熔點，攝氏一、六八〇度。用其極微量，可以增進鐵及鋼之強度。鐵及鋼中之氮，可以少量之鈮除去之。

鈮之主要用途，爲作鈮鋼之原料。

第十四章 生鐵

生鐵係直接由鐵礦石製出。鐵礦石種類雖多，能供實用者，含鐵須在四〇%以上。故惟有磁鐵礦，赤鐵礦，褐鐵礦，碳酸鐵礦等數種。此等礦石，與焦煤，石灰石，同裝入鼓風爐內，則礦石熔解，鐵質分離，集於爐底。其岩石泥土等，則與石灰石結合成鐵渣而浮於熔鐵之面，時時開出渣口以排出之。俟熔鐵集於爐底者已多，然後開出鐵口以出之，是爲生鐵。鼓風爐之大小不一，大者每日可產生鐵至七百噸之多，小者每日只能出百噸。

我國鐵礦極富。儲鐵量依農商部地質調查所之報告，已知有五萬五千餘萬噸。未發現者尙多。我國著名之鐵礦，屬於接觸鐵礦者，有湖北之大冶縣，山東之益都縣，金嶺鎮，安徽之繁昌縣。屬於太古變質岩中之鐵礦者，有遼寧之本溪縣鞍山站。屬於水成岩中鐵礦者，有河北之龍關縣，宣化縣，湖南之寶慶縣等。

我國製鐵公司，最大者爲漢冶萍公司。係清光緒十七年建設。有百噸爐二座，二百五十噸爐二座。民國九年，於大冶新設四百噸爐二座。該公司借日本款極多，照民國二年合同，四十年間，應售與日本生鐵八百萬噸，虧累甚重，日瀕危殆。又有本溪湖公司，係中日合辦，有一百五十噸爐二座，小爐數座。所出生鐵，幾全運往日本。又有振興公司，亦係中日合辦，開採遼陽鞍山站一帶鐵礦，設有鐵廠，有二百五十噸爐二座，現漸圖擴充。其他繁昌之裕繁鐵礦公司，有日人資本。金嶺鎮鐵礦，亦係日人所經營。由是觀之，吾國鐵礦雖富，多係日人經營，不可不注意也。

由鼓風爐直接製出之鐵，含有碳、矽、磷、硫、錳等原質。此等原質，對於鐵之性質，有多少影響，而碳之量最多，影響最大，故可視生鐵爲鐵與碳之合金。生鐵含碳量在二·〇至五·〇%之間。生鐵之質脆弱，不能鍛冶，只可熔融鑄造，故亦名鑄鐵。生鐵種類如下。

(1) 灰生鐵 (gray cast iron) 其中之碳質成爲薄片之石墨 (graphite)，遊離存在於鐵中。斷面呈灰色，結晶顆粒粗大，質地柔軟，是爲特徵。普通分爲一號生鐵至三號生鐵，皆爲鑄造機械之用。

(一)白生鐵(white cast iron) 碳與鐵結合,成碳化鐵(Fe_3C),其質極硬。鐵之斷面呈白色。顆粒緻密。為特殊鑄造品之材料。鑄造機械,亦有時混用之。

(二)斑生鐵(mottled iron) 所含之碳,一部分游離,一部分結合,故斷面為白色與灰色相混。
 本溪湖生鐵之成分,如下表所列。

種類	碳 (%)	矽 (%)	磷 (%)	硫 (%)	錳 (%)	銅 (%)
特號	三·〇〇 以上	二·〇〇 以上	〇·〇七 以下	〇·〇二 以下	〇·三〇 以上	痕跡
一號	三·〇〇	二·五〇	〇·〇八	〇·〇五	〇·三〇	〇·〇〇五 以下
二號	三·〇〇	一·八〇	〇·〇九	〇·一〇	〇·三〇	〇·〇〇六 以下
三號	三·〇〇	一·三〇	〇·一〇	〇·二〇	〇·三〇	〇·〇〇七 以下

第十五章 熟鐵

熟鐵 (wrought iron) 爲較純粹之鐵。含碳量約 0.06%。古來多由鑛石直接製造。但現今概以生鐵爲原料製造。生鐵中之碳及其他雜質，係經氮化變成鐵渣以去之。故製成熟鐵，尚含有少量之鐵渣。

熟鐵爲鐵類中最富於延展性者，易於鍛接。近來因軟鋼之製法進步，熟鐵之用途頓減。然鍋爐之火箱，汽機之曲拐，曲拐心，連接桿，鉚釘，螺釘，管，鏈等材料，用熟鐵，猶勝於軟鋼也。

第十六章 普通鋼

鋼之種類甚多，可大別為普通鋼，特別鋼二種。普通鋼，為鐵碳之合金。特別鋼，則為鐵碳及其他金屬一種或數種之合金。

普通鋼，含碳自 0.05 至 2.0% 。碳之影響極大，其少量可以增進鋼之強度及硬度。依含碳量之多少，可分普通鋼之等級如下。

等	級	含	碳	量
				(%)
極	軟	鋼	0.10	以下
軟	鋼		0.25	以下
半	硬	鋼	0.60	以上

極硬鋼	○・六〇以上
硬鋼	一・二五以上

碳在鋼中，與鐵結合成碳化鐵 (Fe_3C)。此碳化鐵再與鐵組成一種混合物。其中碳化鐵，與鐵之成分，有一定之比，即為一比七。鋼之含碳量為〇・八五%時，則其鋼全由此特種混合物而成。若碳過少或過多，則鋼中有多餘之鐵或碳化物遊離存在。

上述混合物，熱至攝氏七百度時，則忽然變化，即碳化鐵被鐵吸收，成均一之固溶體 (solid solution)。此固溶體之性質，與上述之混合物不同，其硬度強度，均比混合物大。

鋼中之鐵，又有三種同質異形體。其變形各有一定溫度。此等溫度，因含碳之多少，而有高低不同。

以上所述之變化，於溫度上昇時發生；若降下時，則恢復原狀。自此種變化發生以至完結，必經多少時間。故鋼熱至各種變形點以上之溫度，投入冷水或鹽水中，急冷之，可保存變形溫度以上之

性質之一部分或全部。此加熱處理 (heat treatment) 之原理也。

鋼中之雜質，為硫、磷、錳、矽等。錳可增強度與硬度，但含量過多，則鋼由高溫急冷時易裂。矽在少量存在時，無何等影響。硫與磷均有害。硫生赤熱脆性 (hot shortness)，即於赤熱時使鋼質脆弱。磷生常溫脆性 (cold shortness)，即於常溫度中，使鋼質脆弱。

鐵鋼中又有所謂青熱脆性 (blue shortness) 之現象，不可不注意。即將鐵鋼熱至攝氏三百度上下時，則表面發生青色之薄膜，乃一種氮化物。在此溫度時，鐵鋼之性質極脆，若勉強加工製造，則易於裂坼，不可不慎。凡鐵鋼在高溫度鍛鍊時，宜於三百度以下停止工作。又鐵鋼在三百度上下時，不但脆性極大，而強度硬度亦最大，其原因尚不甚明瞭。

鋼之用途，視其含碳量而異，列舉如下：

合 碳 量 (%)	用 途
至 〇〇・〇〇七五	電 線

至 一〇 ・・ 〇九 五五	斧、槓、開鑿用錐
至 一〇 ・・ 〇九 〇〇	鐵路機車彈簧
〇・ 六〇	大砲身
〇・ 五〇	彈簧
至 〇〇 ・・ 五四 〇五	鐵路機車輪
至 〇〇 ・・ 四二 五五	橋梁材料、建築材料
至 〇〇 ・・ 七二 五四	鐵路軌條
至 〇〇 ・・ 二一 三二	鍋爐板
〇・ 一四	卸釘
至 〇〇 ・・ 二〇 二九	鋼線、薄鋼板、建築材料

至	至	至
•• 四三	•• 三二	•• 一〇
剃刀	鋸機、鉋機、等刀具	鋸機刀、日用小刀

第十七章 特別鋼

隨機械工業之進步，有各種特別鋼 (special steel) 之發明。特別鋼內之特別原質，有完全溶解於鐵而成固溶體者，如鎳、矽等是。有一部分與碳化鐵合而成複碳化鐵 (double carbide)，一部分溶解於鐵而成固溶體者，如錳、鉻、鎢、鈳、鈾等是。茲將各主要特別鋼，分述如次。

(1) 鎳鋼 (nickel steel) 在特別鋼中，用途最廣。其含鎳之量，為二·七五至四·五%。碳為〇·一至〇·四%。而以鎳三·五%及碳〇·三%為最普通者。鎳之主要作用，係增進鋼之彈性限度及抗張強度，而不使延長率大減少。含鎳三·五%之鎳鋼，其彈性限度比普通鋼增高一半，而對於疊見應力之抵抗尤大。

含鎳三·五%之鎳鋼之主要用途，為大砲材料，輪船之推進機軸，汽車及鐵路車輛之車軸，各種之傳動軸，汽車之構架，曲拐軸，橋梁材料，鐵路軌條等。

含鎳三六%之鎳鋼名 Invar，對於熱之膨脹率，幾等於零。為製精密測量尺、帶尺及時計之擺之材料。

含鎳四二%之鎳鋼名 platinumite，其膨脹率，與玻璃相等。為通過電燈泡玻璃內之白金線之代用品。

(二) 鉻鋼 鉻之最大效用，係增進鋼之硬度，而使其脆度不同時增加如碳之影響之甚。抗張強度，彈性限度，亦可以增進。

含鉻一至二%及碳約一%之鉻鋼 (chrome steel)，用途最廣。係供製造炮彈、鋼珠、及碾壓機之碾軸，與防盜用硬鋼板等。

含鉻一二%及碳〇·三%之鉻鋼，名不銹鋼 (stainless steel)，對於空氣、濕氣、及酸類，抵抗力甚大。專用以造刀匕。

(三) 鉻鎳鋼 鉻鎳鋼 (chrome-nickel steel) 即鎳鋼之加鉻者。含鎳二至三·五%，鉻一至一·五%，碳有〇·五及〇·二五%兩種。鉻鎳鋼適於製造汽車之齒輪，內燃機之曲拐，及其他受

震動之機械部分，於軍艦甲板，大炮身，尤為適宜。克虜伯鋼甲板，含錳三·二五%，鉻一·五%，及碳〇·二五%。炮身材料，含錳三·五%，鉻一·〇%，碳〇·三%。

(四) 錳鋼 鋼中之錳，其含有量為一二至一四%時強度最大，雖極硬而不脆。過多則強度減少，過少則脆性激增，均不能使用。此英人哈德飛所發見者也。

錳鋼 (manganese steel) 普通含錳一二至二三%，碳一至二%，名哈得飛鋼 (Hadfield steel)，此鋼在常溫度中，即為固溶體。故極堅硬，無法可使軟化。

錳鋼之主要用途，為作碎鑛機之顎口，及其他機械中須耐摩擦之部分，與鑛山用之車輪，鐵路交叉處軌條，彎曲軌條，汽鏟，馬蹄鐵，保險銀箱等。

(五) 矽鋼 含矽一至五%之矽鋼 (silicon steel)，透磁性強，保磁性低，最適於作電磁石及變壓機等之材料。據哈德飛氏研究，供此種用途之矽鋼，含矽量以二·七五%為最佳；而碳錳及其他雜質，則以少為佳。

(六) 鈮鋼 鈮之少量，可除去鋼中之氮質及氫質。鈮鋼 (vanadium steel) 含鈮量，如超過

○·一五%，則強度極大，對於疊見應力，正反應力，衝擊應力等之抵抗甚大，而鍛接，切削等工作，均較鎳鋼為易。

鈮鋼之含鈮量，為○·一○至○·一八%。多加入鉻鋼或鎳鋼以製鉻鈮鋼，或鎳鈮鋼。

(七) 鉻鈮鋼 鉻鈮鋼 (chrome-vanadium steel) 含碳量，有高低兩種。前者含碳○·四五%，鉻一·二五%，及鈮○·一八%。為作齒輪彈簧之用。後者含碳○·一五%，鉻○·三○%，及鈮○·一二%，為作齒輪，車軸，傳動軸等之用。

(八) 鎳鈮鋼 鎳鈮鋼 (nickel-vanadium steel) 含碳○·二至○·三五%，鎳三·五○%，鈮○·一二至○·二四%。強度及彈性限度均高。對於正反應力及衝擊應力等之抵抗性甚大。為汽車重要部分之材料。

(九) 鎢鋼 鎢在鋼中之作用，與鉻相似，而更顯著。鎢鋼 (tungsten steel) 質最密，硬度高，強度亦大。

鎢鋼之用途日見擴充，茲列表如下。

鎢鋼之成分	用途
鎢 二% 碳 〇・六五%	步槍機關槍礮
鎢 二至五% 碳 〇・五〇%至〇・七%	永久磁石
鎢 一至二% 碳 〇・三〇%至一・〇%	鑿
鎢 三至六% 碳 一・二〇%	完工刀具

(十) 鉬鋼 鉬對於鋼作用與鎢相似，但其効力則加大兩三倍。鉬鋼 (molybdenum steel) 之用途不廣，因鉬之產量少而價昂，且製鍊不易故也。含鉬三至四%之鉬鋼，強度，彈性限度及傳熱率等均高。用此製礮，壽命可長。

(十一) 風鋼 風鋼 (air hardening steel) 在常溫度中，可保極高之硬度。不施何種加熱處理，可以切削金屬。赤熱之後，於空氣中冷卻，亦不如普通鋼之軟化。故極宜作切削工具。其平均成分如下：碳一・八%，鎢七・三%，鉻一・六%，錳一・八%，矽五・六%。

(十一)馬雪脫鋼 馬雪脫鋼 (Mushet steel) 乃西元一八六八年英人馬雪脫 (Mushet) 所發明之鋼，爲最初之風鋼，惟不含鉻耳。

(十二)高速鋼 高速鋼 (high speed steel) 爲西元一八九八年美人鐵拉氏及懷托氏所發明之工具鋼。其質極堅，切削速度極大。其刃口雖因高速度切削之摩擦而生赤熱，猶能保存其硬度，故名高速鋼。其平均成分如下：碳 〇・七五%，錳 一八%；鉻 四・〇%，鈮 〇・三〇%，錳 〇・一三%，矽 〇・二一%。自此鋼發明後，機械工業開一新紀元，其切削速度，一分間可三十吋，至百五十吋，最高達五百吋。而普通工具，每分間只能切削十五吋至四十吋耳。

(十四)斯鐵來合金 斯鐵來合金 (stellite) 係英人海桿氏所發明之新合金。具銀白色。含鐵極少。其成分不定，茲舉一例如下：鈷 五九・五%，鉻 一〇・七七%，鉬 二・五%，碳 〇・八七%，鐵 三・一一%。其質堅硬。切削速度比高速鋼大。但製造頗困難，鑄成工具，須用金鋼砂輪研磨。其價頗高。

第十八章 黃銅

黃銅 (brass) 爲銅與鋅之合金，重要僅次於鐵鋼之金屬材料也。銅中加鋅，強度漸增，延展性亦增，延展性在加鋅至三〇%時最高，超過三〇%則逐漸減少，至五〇%而近於零。強度在加鋅至四五%時最高，超過四五%則頓減，至五三%而近於零。

工業用黃銅，可分爲下列數種。

(一) 鑄造用黃銅 成分不定，然以銅六六%，鋅三四%者爲最佳，稱爲英國之標準黃銅。此銅最適鑄造，且可輾鍛，並可拉爲銅絲。但鑄造用黃銅 (cast brass)，普通不須受多量之機械加工，故極不純粹，多用廢銅，及雜質錫、鐵、鉛等，亦無害處。鉛使黃銅易於切削。錫與鉛可增進其流動性，以便鑄極精巧之物品，並可使其色近似青銅。

(二) 低級黃銅 低級黃銅 (low brass) 乃含銅五五至六三%，最宜於熱碾 (hot rolling)。

其初鑄成大塊，然後加熱碾造。只加熱一次，可以碾造完畢。

一八三二年，英人曼慈 (Muntz) 發見含銅六〇%與鋅四〇%之黃銅，最耐海水之侵蝕。一時盛用於木造船之被覆，名爲曼慈黃銅 (Muntz metal)，但現今多用銅板代之。

黃銅之熱碾溫度，不可不注意。製造後之組織極粗，然加熱後之碾造工作，可以使其組織加細。但溫度須在攝氏六〇〇度以上。若溫度降至六〇〇度以下，則其組織不能改良。故六〇〇度爲此合金之熱碾與冷碾之界限。

在六〇〇度以下碾壓時，黃銅之硬度脆度等增加，延性減少，其性質不均一，須熱至八百度前後，以軟化調整之。

(二) 高級黃銅 高級黃銅 (high brass) 含銅六〇%以上，適於冷碾。其最適於製造藥筒，銅管及銅線者，爲含銅七〇%，鋅三〇%者。此銅具最高之延展性及抗張強度。最初鑄成適宜之銅塊，然後碾壓造成所需之形狀。其間須時時加熱，使銅質軟化。如減少加熱次數，則成品當時雖不見有何異狀。然經過數月至一年後，或發生異狀如彎曲，龜裂等，不可忽視。

黃銅經一次碾壓後，延展性減弱，而脆性、硬性、強度增加，故須加熱恢復原狀。其溫度最須注意，過低則無效，過高亦不適宜，以攝氏六百度至六百五十度為最宜。

(四) 含鐵黃銅 加鐵於黃銅，可增進其強度及硬度，故有含鐵黃銅 (iron bronze) 之發明。

(五) 斯忒洛銅 一七七九年，客亞氏發明斯忒洛銅 (Sterro metal)，含銅六〇%，鋅三八%

鐵一·五至二%。

(六) 亞赤銅 一八六〇年，亞赤氏發明亞赤銅 (Aich's metal)，成分與斯忒洛銅相似，而含鐵量在三·〇%以下，範圍較廣。

(七) 得爾塔銅 一八八三年的，客氏發明得爾塔銅 (Delta metal)，除鐵外加磷少許，為脫氮劑，以改良銅質。此銅比之普通黃銅，強度、硬度均高，鑄造容易，在高溫度及常溫度中，均可以碾壓，適於種種之用途。德國之雕刻那銅 (Durana metal) 及美國之托賓銅 (Tobin bronze) 均與得爾塔銅相類。

第十九章 青銅

青銅 (bronze) 爲銅與錫之合金，乃最古之金屬材料。彼得利博士曾見一銅條，係西元前三七〇〇年之物。其成分約銅八九·八%，錫九·一%，及其他雜質少許，與現代青銅相近。

銅中加錫，其各種性質，均受顯著之影響。硬度漸次增加，至含錫量二七%時最大，錫更增加，則硬度減少。

抗張強度，當錫由二%增至一七%時，逐漸增加；至一七%時則爲純銅之二倍以上；超過一七%，則頓減；至二三%則與銅等。

延性，當含錫一至二%時，與銅相類，在常溫度中可以鍛治；含錫量增加，則延性急速降下。至五%時，只可在赤熱中鍛治。至一七%時，則於高溫度中亦不能鍛治。

耐磨性，隨含錫量之增加而漸次增高，然含錫量超過一〇%時，則反減少。

由上述事實觀之，可供實用之青銅，限於含錫二五%以內，可別為下列數種。

(一) 礮銅 礮銅 (gun metal) 含錫八至一四%，鋼材發明以前，係用此銅製礮，故名。茲將各國製礮用青銅之分析列表如下。

種類	銅 (%)	錫 (%)	鐵 (%)	鋅 (%)	鋁 (%)
英國礮	九一·七四	八·二六			
德國礮	九〇·九一	九·〇九			
法國礮	九〇·七三	九·二七			
美國礮	九〇·〇〇	一〇·〇〇			
俄國礮	八八·六一	一〇·七〇	〇·六九		
瑞士礮	八八·九三	一〇·三八	〇·一一	〇·四二	〇·六〇
中國礮	七七·一八	三·四二	一·一六	五·〇二	一三·二二

中國礮	九三·一九	五·四三	一·三八
-----	-------	------	------

含錫八至一一%之青銅，強度，延性，韌性，及對於衝擊應力之抵抗性均甚佳。含錫九%之青銅，抗張強度約為每方吋三萬二千磅，彈性限度一萬三千磅，延長率一六%。此銅供鑄造機械部分及其他各種物品，用途極廣，其調質軟化溫度為攝氏六百度。

青銅含有多少雜質，主要者為鉛、鋅、鐵。其影響如下述。(一)鉛為球狀存於各結晶之間。最良之青銅，不可含鉛〇·一五%以上。但不求堅強，只望易於切削者，亦可含多量。(二)鋅為脫氧劑，加入青銅內，可使其鎔時易於流動，防止氣泡發生，但其量不可過二%。(三)鐵能增進青銅之硬度及抗張強度，然含量過多，則使青銅鎔時流動不良，鑄造困難。

英國海軍規定，第一號礮銅，含銅八八·〇%，錫一〇·〇%，鋅二·〇%，供製造汽閥(steam valve)及其他需良質礮銅部分。第二號礮銅，含銅八六·〇%，錫一三·〇%，鋅一·〇%，供製造耐高壓之物品及大礮附屬品。

美國海軍部規定，廠銅含銅八七至八九%，錫一%，鋅一至三%。供製造諸種汽閥，蒸溜器，抽水機，扇風機，齒輪等。

(二) 軸承青銅 機械中軸承及其他受摩擦部分所用之軸承青銅 (bearing bronze) 爲增加黏性之故，含有多量之鉛。鉛之分量與錫之分量有關。依克拉馬氏 (G. H. Clamber) 之研究，含錫五%者，可含鉛三〇%；含錫七%者，可含鉛二〇%。

(三) 鐘銅 鐘銅 (bell metal) 以發美音爲主。其發音如何，與形狀，尺度及鑄造法等，固有關係，然隨其合金之成分，亦大有差異。普通鐘銅，含錫一五至二五%。小鐘用一五%，大鐘用二五%。此種合金，不宜含有他種雜質。雜質有使音響不良之弊。又最初優良之鐘銅，鎔化數次後，因氟化物侵入，亦或不發美音。

(四) 鏡銅 鏡銅 (speculum metal) 以白色堅硬，能研磨極平爲主。其成分以銅六六·六%，錫三三·四%者爲最佳。雜質宜少。合金全部由 SnCu_4 而成。

(五) 像銅 鑄造銅像及其他美術品用像銅 (statuary bronze)。鑄時宜易流動，始便於鑄造。

曝露於空氣中，須呈美麗之青綠色。其成分，爲銅八八至九四%，錫一至一〇%，銻〇至九·五%，鉛〇至二七%。

第二十章 特別青銅及黃銅

(一)磷青銅 加磷於青銅，可除去其氟化物，使銅質堅實，最易於鑄造，是名磷青銅 (phosphor bronze) 但加磷之分量極少。茲舉數例如下。

用途	成 分		
	銅 (%)	錫 (%)	磷 (%)
英國海軍規定鑄物磷青銅	九〇・〇〇	九・七〇	〇・三〇
銅線	九二・八五	六・五〇	〇・三一
薄板	九六・九〇	三・〇〇	〇・一三
齒輪	八六・八〇	一二・二〇	一・四三

軸承

八九·一〇 | 一〇·一〇 | 〇·七二

(二) 錳青銅 於銅與鋅之合金內，加少許之錳鐵，或錳銅，爲脫氮劑。實際上雖爲錳黃銅，習慣上稱錳青銅 (manganese bronze)。又銅錳合金 (錳三至六%) 亦稱錳青銅，最宜於製水壓管及船之底板，汽閥等。其強度比其他合金爲高。在歐洲大陸，多用於機車鍋爐之火箱中。

(三) 赫斯勒氏磁性合金 銅與錳之合金毫無磁性。加鋅、砒、銻、鉍等則略具磁性。加鋁則磁性最著。此種有磁性之合金，名曰赫斯勒氏磁性合金 (Heusler magnetic alloy)。赫斯勒氏謂含銅六四·四%，錳二三·四%，及鋁四%之合金，其磁性最良。此合金硬而脆，工業上之用途不多。然於鐵及鎳以外，尙有此磁性金屬，亦一有趣之事也。

(四) 鋁青銅 鋁青銅 (aluminium bronze) 爲銅與鋁二至一〇%之合金。

鋁青銅對於正反應力，具最大抵抗力，幾與鋼相等。且耐受海水之侵蝕。故適於鑄造船舶推進機及受高壓之汽缸。

(五) 鋁黃銅 黃銅內加鋁為脫氮劑，使鎔時易於流動，且防止發生氣泡。含鋁4%以下之鋁黃銅 (aluminium brass) 容易鑄造，在高溫度中可以鍛碾，可供製造抽水機及推進器之用。法國用以製造潛水艇。

(六) 矽青銅 矽青銅 (silicon bronze) 實為純銅內加少量之矽以為脫氮劑者。其含矽量在0.1%以下者，強度極高，傳電率比磷青銅為高，故電話電報及電車線等，極宜用之。茲將此青銅與其他金屬之強度及傳電率列表比較於左。

種	類	成	分	(%)	抗張強度 (磅)	導電率
純	銅	線			三五、五六〇	一〇〇
含矽	青銅	電報線	錫 矽	〇・〇三	五七、一四〇	九六
矽	青銅	電話線	錫 矽 鋅	〇・〇五 〇・〇四 〇・〇二	九六、五〇〇	三四

磷青銅電話線

九一、四二〇

二六

(七) 鈳青銅 加鈳入銅，不僅爲脫氮劑，使鑄造物質地充實均一，且其微量可以增加合金之強度及延性。含銅量六〇%，鋅四〇%之黃銅，加極微量之鈳，可使其抗張強度由每方吋三萬八千磅增至四萬九千磅，延長率由二八%增至四五%。鈳青銅 (vanadium bronze) 實宜稱含鈳黃銅。鈳青銅在美國多用爲船舶材料。

第二十一章 銅鎳合金

鎳與銅可合成固溶體，其質均一，用途極廣。

(一) 含鎳五%，銅九五%之合金 英國政府規定為礮彈導帶之材料。

(二) 鎳印金及錳印金 含鎳三二%，銅六八%之合金。名鎳印金 (nickel in)。含鎳二至四%，錳一二至一五%，銅八六至八一%之合金，名錳印金 (manganin)。皆為電氣中作抵抗線用之材料。

(三) 空斯坦坦金 含鎳四〇%，銅六〇%之合金，名空斯坦坦金 (constantan)，對於電之

抵抗性極大，故用為抵抗線之材料。又與銅線聯結，可作熱電偶 (thermo-couple)，測較低之溫度。

(四) 摩涅金 含鎳六〇%以上，銅三三%，鐵六·五%以下之合金，名摩涅金 (Monel metal)，

由美國一鎳鑛直接採取冶鍊。用途甚廣。加鋁或鉬等為脫氮劑，極便鑄造，易於碾為長條薄板。德國

用此合金，造鍋爐用之，火箱板。

(五)日耳曼白銅 黃銅中加鎳或鎳銅中加鋅，所得合金，種類甚多。含銅四〇至六七%。鋅一七至三一%，鎳六至三七%。含鎳量高則呈白色而美。然其價高，故增鋅以代之。

日耳曼白銅 (German silver) 中，色彩最美而易於加工者，為含銅四六%，鋅二〇%，鎳三四%之品，然其價高，不適用於普通之用途。用途最廣者，含鎳在二〇%以下。造槍彈外殼多用白銅。其成分為鎳二〇%，銅八〇%；或鎳二〇%，鋅二〇%，銅六〇%。

日耳曼白銅較黃銅硬度大，延性稍減，於常溫度中可碾壓成薄板，拉為細線。因碾壓等機械加工增加之硬度脆性，可用加熱處理法調質軟化之。

第二十二章 白合金

用鉛、錫、銻等造成之合金，名曰白合金 (white metal alloy)，茲舉其重要者如左。

(一) 白鐵或錫錫 其成分因用途而異。普通白鐵 (solder) 含錫五〇%，鉛五〇%。鍍錫鐵皮之接合，用錫六〇%鉛四〇%之白鐵。鉛管之接合，用鉛六六·七%，錫三三·三%之白鐵。

(二) 硬鉛 鉛中加銻，則硬度增高，是為硬鉛 (hard lead)。硬鉛為製槍彈之鉛頭，及榴霰彈之鉛粒之材料。槍彈用者，含銻二%。榴霰彈用者，含銻一五%。其含銻量與硬鉛硬度之關係如下表所列。

含銻量 (%)	○	四·〇	八·三	一三·〇	一七·〇
硬度(壓力三百斤)	四·三	八·〇	一二·一	一七·七	二三·三

含錫量(%)	二〇・〇	四〇・〇	七四・四	一〇・〇
硬度(壓力二百尅)	一五・九	一八・八	二一・二	三九・八

(三)不列顛合金 不列顛合金(Briannia metal)之成分稍差異。普通含錫九〇・六%，錒九・二%，銅〇・二%。其主要用途，係製造日用器具。

(四)易熔合金 易熔合金(fusible alloy)為鉛、錒、鎋等之合金。其主要用途為作鍋爐之熔塞(fusible plug)，電器之保安鎔線(fuse)，防火之自動灑水器等。鋼料之加熱處理亦用之。茲舉其成分與熔融溫度如下。

成		分		熔點(攝氏溫度)
錫	鉛	鎋	鎳	
二五	七五			二五〇

四〇	六〇			二二一
六〇	四〇			一六七・五
四〇	四〇	二〇		一三九・五
二〇	三〇	五〇		一〇〇
一三・三	二六・七	五〇	一〇・〇	六八
一二・五	二・五	五〇	一二・五	六五・五

(五)活字合金 活字合金(type metal)應有下列二特性：(一)可鑄清朗之活字粒，(二)受摩擦壓力，不易漫漶。欲得第一項，須用銻，以其凝固時膨脹故也。欲得第二項，須用錫，以其能增強硬度故也。

活字合金之成分，因用途稍有差異。最普通者，含鉛八二%，銻一五%，錫三%。為增加硬度起見，可混入少量之銅或鐵，但鑄造較為困難。

第二十三章 減摩用白合金

減摩用白合金 (white antifriction alloy) 多用為軸承之襯墊 (bush) 材料。其應有之性質如下：(一) 摩擦時不易生熱；(二) 摩擦時不易損蝕；(三) 不因受壓力而崩壞；(四) 鑄造及加工均易。減摩用白合金之種類甚多，其重要者則為巴比特合金 (Babbitt metal)。巴比特 (Babbitt) 氏最初發明之巴比特合金，含錫八八·九%，銻七·四%，銅三·七%。其後配合之範圍擴大，然猶通稱為巴比特合金。美國材料試驗協會，規定左列五種成分，其硬度自第一號逐漸減少。第一號合金最硬，第五號最軟。若使用適宜，均可得良好之結果。

合金號數	
錫 (%)	成分
銻 (%)	
銅 (%)	
鉛 (%)	
鉛 (%)	

五	四	三	二	一
號	號	號	號	號
	五	五〇	八九	八三・三三三
一〇	一五	一五	七	八・三三三
		二	四	八・三三三
九〇	八〇	三三三		

第二十四章 輕合金

鋁爲普通金屬中之最輕者，然其質太軟，不適工業上之用。近時配合他種金屬之少量，以增其硬度及強度，是爲輕合金 (light alloy)。其實用範圍，逐漸擴大。

鋁與鋅鎔合成固溶體，爲極有用之合金。與鐵、銅、鎳、錒、錳、錫等，不成固溶體。此等金屬，與鋁一部結合成化合物，存在其餘之鋁中。此等合金，只可供特殊之用。

鋁之合金，由高溫急冷，其初質軟，硬度與時俱增，故冷時須過一定時間，始達最高硬度，是爲多數鋁合金之特有現象，名閱時性 (aging)。

(一) 鋁鋅合金 鋁中加鋅至四〇%，硬度及強度漸增，延性漸減。含鋅一五%之合金，適於碾壓。一五至二五%者，其質硬，宜於鑄造。

鋁鋅合金最適於製造各種科學器械，及汽車諸部分。用於汽車者，鋅之含量在二〇%以下，多

含銅二至三%。如齒輪所用者，鋁八八%，錳一〇%，銅二%；其抗張強度，每方吋自一萬六千至二萬磅。

(二) 鋁銅合金 鋁中加銅至四%，融合成固溶體。延性高，可以碾造。超過四%，則生鋁銅化合物。質脆，延性減少。抗張強度亦不大增進。

含銅三至五%之合金，多供汽車各部分之用。

(三) 鋁鎳合金 含鎳五%以下。其性質與鋁銅合金相似。

(四) 鋁鎂合金 鎂比鋁猶輕。故鋁鎂合金，輕於純鋁。鎂與鋁之一部結合，成鋁鎂化合物，散在鋁中。其含量適宜，為脫氧劑，可增強度。鋁鎂合金，市上稱為馬格那留合金 (magnalium)，供鑄造用者，含銅一·七六%，鎳一·一六%，鎂一·六%。其抗張強度，每方吋一萬七千至一萬磅。供碾壓用者，含錫三·一五%，銅〇·二一%，鉛〇·七二%，鎂一·五八%。抗張強度，每方吋二萬八千至四萬二千磅。其碾壓溫度，至攝氏三五〇度，輓軸須先熱至百度。

馬格那留合金亦具閱時性。自高溫急冷後，須經數時間，其硬度始達最高度。

馬格那留合金摩擦係數小。傳熱率高。比重小。強度大。宜於造輕機關之汽缸及鞴。又不為稀薄酸類所侵蝕，可造庖廚用具。然其價昂，用途不甚廣。

(五) 雕刺琉民合金 為含鋁、銅、鎂、錳等極複雜之合金。含銅三·五至五·五%，錳〇·五至〇·八%，鎂〇·五%。其比重約二·七九。抗張強度，每方吋三萬二千磅。延長率，對於長二吋為一七%。硬度為純鋁之三倍。其閱時性極著，由高溫急冷後，經四十八小時間，硬度達最高度；抗張強度，增至每方吋八萬磅。

此合金製為條、板、管，供造飛機之用。

