

工業新書

• 21 •

板金材料

邱燈臺編著

正文書局印行

料 材 金 板

編 著 者

邱 燈 臺

正文書局印行

編輯大意

1. 本書係參考歐美、日、等各國最新出版之有關專門書刊，並根據編者多年實際教學經驗，配合目前學生之實際需要，編輯而成。
2. 本書可供工專及同等程度學校作為教材外，並可供工程從業人員參考與自修之用。
3. 本書(一)在使學生習知，板金工業所常用之各種金屬材料之種類、製造法、規格、機械性質及其用途與試驗方法。(二)在使學生習知鋼鐵與鋁合金在工業上之重要性及其熱處理法與金屬材料之防蝕方法。
4. 本書所用名詞，概以教育部頒佈者為準，並附英文原名，書後並附有英漢名詞對照表，以資對照。
5. 本書各章之後，都附有習題，作為學生練習和溫習之用。
6. 本書之編撰、校對，皆在課餘公畢之隙，雖經多次嚴核，但謬誤遺漏之處，仍將難免，尚祈讀者先進，惠予指正，俾再版時訂正。

編 著 者
邱 燈 臺

板金材料

目 錄

第一章 概 論

1-1 金屬與非金屬	1
1-2 板金材料之種類與現代工業上之各種用途	3
1-3 板金材料之號規	6
1-4 金屬材料之一般性質	8
1-5 板金材料試驗法	17
1-6 金屬之結晶構造	31
1-7 金屬結晶與塑性變形	33
1-8 金屬之加工硬化與再結晶	34
1-9 金屬及合金之凝固	36
10-1 合金之製造與通性	38
習題	41

第二章 鐵

2-1 鐵之種類	42
2-2 鐵礦	43
2-3 生鐵之煉製	43
2-4 鑄鐵之種類、性質及用途	45
2-5 展性鑄鐵之種類及用途	47
2-6 熟鐵之煉製、性質及用途	48
習題	48

第三章 鋼

3-1 概說	50
3-2 煉鋼法	52
3-3 各種元素對鋼之影響	55
3-4 鋼之分類、性質及用途	57
3-5 鋼材成形法與其製品之規格	57
3-6 有關鋼製品之特性及規格	65
3-7 一般軋延鋼板	66
3-8 中國國家標準之鋼鐵符號	68
3-9 各國鋼鐵規格簡介	71
3-10 鋼之熱處理	77
3-11 鋼之表面硬化法	90
3-12 鋼板與鍍鋅鐵板	93
習題	95

第四章 合金鋼

4-1 合金鋼之分類	97
4-2 各種元素對合金鋼之影響	97
4-3 各種合金鋼之性質及用途	100
習題	119

第五章 銅及銅合金

5-1 銅之煉製	120
5-2 銅之性質及用途	121
5-3 各種銅合金	123

5-4 各種銅板金材料製造法及用途	127
習題	131

第六章 輕合金

6-1 鋁之煉製、性質及用途	132
6-2 鋁合金之成分及其用途	133
6-3 鎂合金及其用途	135
6-4 鈦及其合金之用途	137
6-5 輕合金板金材料之製造及其用途	138
6-6 板金扣件材料與規格	143
習題	147

第七章 其他金屬及其合金

7-1 鉛、錫、鋅、及其合金	148
7-2 軸承用合金	150
7-3 焊接用合金	152
7-4 鉛字合金與保險絲用合金	152
7-5 鎳之性質及用途	156
7-6 鎳合金	157
7-7 貴金屬	159
習題	160

第八章 金屬的防蝕

8-1 金屬材料之浸蝕性與防蝕	161
8-2 鋼鐵之防蝕法	164
8-3 輕合金之防蝕法	165

4 板金材料

習題.....166

附錄 英漢名詞對照表.....1~8

金合銀 章六第

581	金用又黃砂 / 金砂	1-1
582	金用其其金合銀	1-1
583	金用其其金合銀	1-1
584	金用其其金合銀	1-1
585	金用其其金合銀	1-1
586	金用其其金合銀	1-1
587	金用其其金合銀	1-1

金合其其銀金銀其 章六第

588	金合其其銀金銀其	1-1
589	金合其其銀金銀其	1-1
590	金合其其銀金銀其	1-1
591	金合其其銀金銀其	1-1
592	金合其其銀金銀其	1-1
593	金合其其銀金銀其	1-1
594	金合其其銀金銀其	1-1
595	金合其其銀金銀其	1-1
596	金合其其銀金銀其	1-1

金合其其銀金銀其 章八第

597	金合其其銀金銀其	1-1
598	金合其其銀金銀其	1-1
599	金合其其銀金銀其	1-1

第一章 概論

1.1 金屬與非金屬

板金材料係指板金工業上加工或製造時常應用之金屬或其合金而言，每項工程所用材料特性廣泛，有些材料強度理想，有些具有耐蝕性，有些硬度甚高，有些材料來源容易而價廉，我們可根據學理推斷及經驗來選擇最適合的材料，板金材料可分類如下：

1. 金屬材料 (Metallic Materials)

- ① 鐵金屬 (Ferrous)
- ② 非鐵金屬 (Non Ferrous)

2. 非金屬材料 (Nonmetallic Materials)

- ① 有機物 (Organic)
- ② 無機物 (Inorganic)

1. 金屬材料：

金屬材料係能供工程上使用之金屬 (Metal) 或合金 (Alloy)，在元素週期表中屬於金屬者約 70 餘種，但常用於工程上者不過十餘種而已，其中以鐵 (Fe) 最重要，佔金屬材料總量之 70% 以上，其餘為銅 (Cu)，鋅 (Zn)，鉛 (Pb)，錫 (Sn)，鋁 (Al)，鎳 (Ni)，鎂 (Mg)，鎢 (W)，鉻 (Cr) 等應用最廣。銻 (Sb)，鉍 (Bi)，鎘 (Cd) 等較次要。另外鈷 (Co)、鈮 (V)、鉬 (Mo)、鈦 (Ti) 等，是配製合金材料之重要金屬。表 1-1 為一般金屬材料之分類：

金屬材料	{	鐵金屬材料 (黑色金屬)	{	鑄鐵 (Cast Iron) 鋼 (Steel) 熟鐵 (Wrought Iron) 合金鋼 (Alloy Steel)
		非鐵金屬材料 (有色金屬)	{	銅 (Copper) — Cu 鋅 (Zinc) — Zn 鉛 (Lead) — Pb 錫 (Tin) — Sn 鎂 (Magnesium) — Mg 鋁 (Aluminium) — Al 鎳 (Nickel) — Ni

及以上各金屬元素之合金。

2. 合金材料：

(一) 鋼鐵類 (Iron & Steel)

(1) 碳鋼及鑄鐵 (Carbon Steel & Cast Iron) —— 以鐵和碳為主要合金成分。

(2) 特殊鋼 (Alloy Steel) —— 除鐵與碳外再加鎳、鉻、錳、鎢、矽及其他元素的一種或數種之合金。

(3) 合金鐵 (Ferro-Alloy) —— 鐵中加入多量之矽、錳、鉻、鎢、鉬或其他元素。

(二) 銅合金 (Copper Alloy)

(1) 黃銅 (Brass) —— 銅與鋅為主之合金。

(2) 青銅 (Bronze) —— 銅與錫為主之合金。

(3) 特殊黃銅或特殊青銅 —— 上述之銅合金加入鋅與錫以外之其他特殊元素之合金，使其具有特殊性質。

(三) 鎳合金 (Nickel Alloy) —— 鎳中含有銅、鋅、鐵或鉻之合

金。

(四) 輕合金 (Light Alloy) —— 鋁與鎂為主之合金。

(五) 白合金 (White-Metal Alloy) —— 錫、鉛、鋅、銻、鉍、鎢等白色軟金屬為主之合金。

3. 金屬之特性：

(一) 常溫時為固體且為結晶體 (但汞例外) 。

(二) 為電與熱之良導體。

(三) 不透明且具有金屬特有之金屬光澤。

(四) 富於延性與展性。

4. 非金屬材料

非金屬材料存在於大自然界，可謂取之不盡，用之不完，除金屬外，凡能於工程上使用之材料，均屬於非金屬材料。如木材，磚瓦，玻璃，石膏，水泥，耐火磚，瀝青，油漆，橡膠，塑膠，紙張，石材，皮革等不勝枚舉。均屬於有機物與無機物，前者主要含有動植物之細胞或含碳者，後者不含細胞或碳者。

表 1-2 為非金屬材料之分類：

非金屬材料	有機質材料	木材、竹、合板、棉、毛、紙、皮革、橡皮、塑膠、瀝青、油漆、石油製品等。
	無機質材料	石材、磚瓦、陶瓷、黏土、水泥、玻璃、石墨、石膏、石灰、耐火材料、及各種礦物材料。

1.2 板金材料之種類與現代工業上之各種用途

1. 薄鋼板 (Sheet Steel)

薄鋼板是屬於軟鋼鋼塊經壓延機輥壓成型，其厚度未達 3 mm 之材料，鋼塊在均熱爐內長時期加熱後，經分塊壓延機先作成棒板，

然後再將棒板加熱至 1200°C ，在均熱狀態下多次用壓延機輥壓成薄板，最後以退火或正常化處理成薄鋼板，這種由加熱壓延成型之薄鋼板，稱為熱壓延薄鋼板。

一般薄鋼板應用廣泛，板金加工，沖壓加工，車廂，油桶，容器，機器外板等，但易於銹蝕，必經表面處理如塗裝，電鍍等才可耐用。

2. 馬口鐵板 (Tin Plate)

馬口鐵板是經加熱壓延很薄之鋼板，經過鍍錫槽，即鍍上錫之鋼板，一般採用連續式電鍍法，將錫之電解液由線圈通電導入薄鋼板產生電化學作用而將鋼板外鍍層微薄之錫包膜。形成外觀美麗，具有耐蝕性，並易於錫焊（軟焊）作業，可製造罐頭容器，廚房容器，電氣用品，玩具等，用途甚廣。

3. 鍍鋅鐵板 (Galvanized Sheet Plate)

鍍鋅鐵板俗稱“白鐵皮”，其製造方法是經冷加工壓延機輥壓完成之捲狀薄鋼板，連續在鍍鋅槽內鍍上鋅（ Zn ），則鋼板外表保護層可防止氧化作用而不致銹蝕為其特性。其用途甚廣，空氣調節風管，屋沿排水管，招牌，天花板，屋頂等，但近代塑膠工業之發達，衆多製品均被PVC製品所取代，故新材料的研究發展，改善了人類生活環境，更帶動各種行業，日益求精之技術，否則將被時代所淘汰。

4. 塑鋼板 (Plastics Steel Plate)

塑鋼板是由冷壓延薄鋼板上塗覆一層乙烯合成樹脂（Poly Ethylene）簡稱PE塑膠者，其製造方法有三種。

1. 用特種加工將PE塗抹於鋼板上，凝結成薄膜稱為塗抹法。
2. 用強力黏接劑將PE壓裱在鋼板上，稱為PE滾筒壓裱法。
3. 用沖床將PE壓接於鋼板上，稱為PE壓接法。

塑鋼板之特點是鋼板之強度再配合PE樹脂之耐磨損，耐衝擊，耐腐蝕，並可隨心所欲的選擇各種色彩，表面平滑美觀，為其他金屬

板所不及。但 PE 鋼板耐熱性差為最大缺點，只可耐熱 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，塑鋼板與一般金屬板相同，可施於打孔、彎曲、壓型等加工，用途則適合作耐浸蝕容器，輸排氣管，廚房設備，天花板，壁飾板等。類似 PE 塑鋼板的尚有塗裝鋼板，此法將鍍鋅鐵板塗上樹脂塗料，經紅外線高溫乾燥後再塗上色彩，以達完全防銹作用。此種合成鋼板如改善其缺點，將來應用前途必定無限光明。

5. 銅板與黃銅板 (Copper sheet)

銅板或銅之合金板，富有展性、延性、傳熱、傳電率甚高，耐蝕性較鋼板強，是板金材料中用途最廣之一種。

1. 銅板 (Copper Sheet) 是赤黃色金屬，銅板用壓延機冷加工後略呈硬化，強度增加但伸長率減少，經彎曲，壓延，成型作業中往往會發生裂痕，故作業中常施於退火或烘焙處理以改變機械性質。

2. 黃銅板 (Brass Sheet)

黃銅板是銅與鋅之合金板，不但未失去銅之特性，且增強其機械性質，富耐蝕性，色澤美麗光彩，銅板焊接性優良可用軟焊或硬焊，故可製作各種形狀之裝飾品、電氣開關零件等，因冷壓加工產生加工硬化，必須作退火軟化處理，才不致裂痕。銅的合金板除了黃銅板外，還有紫銅板，磷青銅板等特殊板金加工用材料。

6. 鋁板 (Alluminium Sheet)

鋁板富有優良延性、展性、耐蝕性，且可焊接，是板金材料中最重要者，冷凍櫃，電器用具，熱交換器，家庭用具，廚房用具，以及建築材料，船舶，車輛車廂，貨櫃等用途不勝枚舉。鋁板純度是 $99.0 \sim 99.5\%$ ，由鋁錠加熱再壓延出來之硬質鋁板，經 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ 之退火處理變成軟質鋁板，鋁板在空氣中易受氧化，形成一層三氧化二鋁 (Al_2O_3)，以保護裏層不再被氧化之作用。鋁與其他元素合成為機械性質優良之鋁合金板，如鋁合金板，硬鋁板等。

7. 不銹鋼板 (Stainless Steel Sheet)

不銹鋼板可以說是廿世紀的寵兒，因不銹鋼板具有防銹、耐蝕、光澤外表等特性，不銹鋼是高級合金材料，如鎳，鉻，錳，矽，磷，鉬等元素合金而成，機械工業，化學工業，食品工業之容器，耐酸槽，反應槽，輸送管路等均需不銹鋼板製造，建築材料，家具，廚房用具等均取代了從前的鋁製品。如全套不銹鋼廚具不僅耐用，且永保清新。

1-3 板金材料之號規

1. 薄板號規 (Sheet Metal Gages)

金屬薄板之號規大多根據美國標準號規 (United States Standard Gage) 簡稱 U.S.S.G., (Brown & Sharpe Wire Gage) 簡稱 B.W.G., (Imperial Standard Wire Gage) 簡稱 S.W.G., 電機用薄板 (矽鋼板) 則以美國之 Electrical Steel Sheet & Strip Gage 為標準。通常美國用號規單位以板厚英吋之十進小數表示，日本則為板厚公稱厚度之公厘數表示之。1-3 表為各號規之對照表。

表 1-3 電機用矽鋼片與板條之號規

號 碼	厚度 mm	號 碼	厚 度 mm
11	3.18	22	0.79
12	2.78	23	0.71
13	2.38	24	0.64
14	1.98	25	0.56
15	1.79	26	0.47
16	1.59	27	0.43
17	1.42	28	0.39
18	1.27	29	0.36
19	1.10	30	0.32
20	0.95	31	0.28
21	0.86	32	0.25

表 1-4 號規 (Gage) 對照表 (1 in = 25.4 mm)

號規 單位 號碼	B.W.G		U.S.S.G		S.W.G	
	mm	in	mm	in	mm	in
7/0	—	—	12.70	0.5000	12.70	0.500
6/0	—	—	11.91	0.4688	11.79	0.464
5/0	12.70	0.500	11.112	0.4375	10.97	0.432
4/0	11.53	0.454	10.319	0.4063	10.16	0.400
3/0	10.80	0.425	9.525	0.3750	9.45	0.372
2/0	9.65	0.380	8.730	0.3437	8.84	0.348
0	8.64	0.340	7.938	0.3125	8.23	0.324
1	7.62	0.300	7.144	0.2813	7.62	0.300
2	7.21	0.284	6.747	0.2656	7.01	0.276
3	6.58	0.259	6.350	0.2500	6.40	0.252
4	6.05	0.238	5.953	0.2344	5.89	0.232
5	5.59	0.220	5.556	0.2187	5.38	0.212
6	5.16	0.203	5.159	0.2031	4.88	0.192
7	4.57	0.180	4.762	0.1875	4.47	0.176
8	4.19	0.165	4.366	0.1719	4.06	0.160
9	3.76	0.148	3.969	0.1562	3.66	0.144
10	3.40	0.134	3.572	0.1406	3.25	0.128
11	3.05	0.120	3.176	0.1250	2.95	0.116
12	2.77	0.109	2.778	0.1094	2.64	0.104
13	2.41	0.095	2.381	0.0937	2.34	0.092
14	2.11	0.083	1.984	0.0781	2.03	0.080
15	1.83	0.072	1.786	0.0703	1.83	0.072
16	1.65	0.065	1.5875	0.0625	1.63	0.064
17	1.47	0.058	1.4288	0.0562	1.42	0.056
18	1.24	0.049	1.2700	0.0500	1.22	0.048
19	1.07	0.042	1.1113	0.0437	1.02	0.040
20	0.89	0.035	0.9525	0.0375	0.914	0.036
21	0.81	0.032	0.8731	0.0344	0.813	0.032
22	0.71	0.028	0.7938	0.0313	0.711	0.028
23	0.64	0.025	0.7144	0.0281	0.610	0.024
24	0.56	0.022	0.6350	0.0250	0.559	0.022
25	0.51	0.020	0.5556	0.0219	0.508	0.020
26	0.46	0.018	0.4763	0.0188	0.457	0.018
27	0.41	0.016	0.4366	0.0172	0.417	0.0164
28	0.36	0.014	0.3969	0.0156	0.376	0.0148
29	0.33	0.013	0.3572	0.0141	0.345	0.0136
30	0.30	0.012	0.3175	0.0125	0.315	0.0124
31	0.25	0.010	0.2778	0.0109	0.295	0.0116
32	0.23	0.009	0.2580	0.0102	0.274	0.0108
33	0.20	0.008	0.2381	0.0094	0.254	0.0100
34	0.18	0.007	0.2183	0.0086	0.234	0.0092
35	0.13	0.005	0.1984	0.0078	0.213	0.0084
36	0.10	0.004	0.1786	0.0070	0.193	0.0076
37	—	—	0.1687	0.0066	0.173	0.0068
38	—	—	0.1588	0.0063	0.152	0.0060
39	—	—	0.1488	0.0059	0.132	0.0052
40	—	—	0.1389	0.0055	0.122	0.0048

2. 線之號規 (Wire Gage)



圖 1-1 板金線號規

線之直徑在 13 m/m 以下者用號規表示之，即以線之斷面直徑表示各種線材之直徑，線號規主要種類如下：

1. 美國線號規 (American Wire Gage) 簡稱 A.W.G 或 Brown & Sharpe Wire Gage (B & S) 為美國常用之線號規，用於銅線、鋁線、電阻線等。

2. U.S. Steel Wire Gage 在美國用於鐵線或鋼線，略稱 S.W.G. 與英國之 S.W.G (British Standard Wire Gage) 略同，規格參照表 1-4 所示。一般有電鍍包膜之鐵板使用號規讀出尺寸要比實際厚些。最正確之量度法應使用分厘卡 (Micrometer) 最精密，但沒有號規簡便。

1.4 金屬材料之一般性質

金屬材料種類雖多，性質各異，但綜合分析其性質亦有共同之特性，綜括如下：

(1) 比重恒大於 1。通常比重在 1 ~ 4 之間者為輕金屬，大於 4 者為重金屬。

(2) 不透明且具有金屬特有之金屬光澤，除金、銅的色澤較特殊

外，大致呈銀灰色或近似白色。

(3) 在常溫時均為固體（除汞外），且同時結構均為結晶體。

(4) 加熱到高溫時均能熔解，惟溫度各異，鎢之熔點最高（ 3410°C ）鎢的熔點最低（ 232°C ）。

(5) 電與熱之良導體。

(6) 具有塑性變形能力，富於延展性。

(7) 易於氧化合而生銹。

選用金屬材料時必須各種性質有所了解，如物理性質，化學性質，機械性質等，工程應用以物理與機械性最為重要，分述如下。

1. 物理性質 (Physics Properties)

(1) 比重 (Specific Gravity)

材料重量與 4°C 時之同體積水之重量比稱為比重，此比重值為一比較量，故無單位。材料之比重隨溫度，純度，加工因素相異而不同。

(2) 比熱 (Specific Heat)

某材料溫度升高 1°C 所需之熱量，與同質量的水升高 1°C 所需熱量之比稱為比熱，通常水之比熱定為 1 或 1 卡/ $^{\circ}\text{C}$ ，一般金屬材料之比熱均小於非金屬材料，故受熱時溫度上升較快。

(3) 熱膨脹係數

金屬之熱脹冷縮為其一般通性，熱膨脹係數為單位溫度物體體積之變化率。體膨脹係數比線膨脹係數大三倍，熔點愈低之金屬其熱膨脹係數愈大。

(4) 熱傳導率 (Thermal Conductivity)

物體內二點間的溫度差一度，其剖面的每平方公分於每秒傳導的熱量，即為熱傳導率，單位 $\text{Cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。材料之傳熱性質甚為重要，如建築材料之保溫保冷，導熱絕熱等。金屬純度愈高者，其導熱率愈大，合金之導熱率較差。

(5) 比電阻 (Specific Resistance)

今設金屬線長度 l ，斷面積 A 時，其電阻 R 由公式表示

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

式中 ρ 爲比電阻，斷面積 1 cm^2 長 1 cm 的材料之電阻以歐姆 (Ω) 表示者稱爲比電阻，一般以 10^{-6} ，亦即 $\mu\Omega$ 表示比電阻，高純度之銅、鋁等電阻很小，故導電率高。

(6) 熔點 (Melting Point)

金屬之熔解溫度稱爲熔點，金屬熔解時，由固體變爲液體所吸收之熱量稱爲熔解潛熱。同一種金屬升高溫度所需之熱量及熔解潛熱與該金屬之重量成正比。

(7) 磁性 (Magnetic)

各元素在軌道上之電子因自轉作用均有磁勢而生正負磁性，凡物質之磁化方向與外加磁場方向相反則成爲反磁性體 (Diamagnetic Material) 如 Bi, Sb 等。若物質之內生感應磁場被外加磁場吸收則稱爲順磁性體 (Paramagnetic Material) 如 Al, Pt 等屬之。下表爲各重要金屬元素之物理性質。

(8) 電學性質

金屬材料多爲電之良導體，非金屬材料則多爲絕緣體，但亦有例外，如石墨爲非金屬，仍能導電，用於馬達電刷或電極。通常電阻與導體之長度成正比，與斷面積成反比。當材料潮濕時電阻變小，因此用作絕緣材料時，務須注意防潮及選擇吸水性較小之材料爲宜。

2. 化學性質

1. 化學成份

工程材料不論所含元素及化合物爲何種？其元素及化合物之比例如何？以鋼鐵或混凝土等材料而言，其基本性質多少有所改變。而且