

技術資料 No. 73

銅合金鑄件之選用與規格

林江田 編著
邱紹成



中華民國鑄造學會編印

銅合金鑄件之選用與規格

林江田 編著
邱紹成

江苏工业学院图书馆
藏书章

中華民國鑄造學會編印

技術資料 No.73

銅合金鑄件之選用與規格

著 者：齊世基 (大鵬銅鐵鑄造公司工程師)

著 者：齊世基 (金屬工業研究所研究員)

發 行：中華民國鑄造學會

董事長：齊世基

地址：高雄市高楠公路1001號

中華民國鑄造學會出版委員會

印刷：正中印刷局企業有限公司

高雄市前鎮區一心一路140號

電話：(07)7718363・7717867

中華民國六十八年八月

銅合金鑄件之選用與規格 目錄

第一章 銅合金鑄件之選用	1
一、前言	1
二、選擇銅合金的要素	1
2.1 金屬價格	1
2.2 鑄造性	3
2.3 機械性能	4
2.4 設計時的考慮事項—尺寸公差	9
2.5 鑄件之加工性	9
三、一般用途的銅合金	9
四、銅合金的耐蝕性	13
4.1 大氣腐蝕	13
4.2 液體腐蝕	13
4.3 船舶推進器之耐蝕	14
五、銅合金的磨耗性	14
六、銅合金的導電率及熱傳率	20
七、生產成本的考慮	20
第二章 銅合金鑄件之規格	22
一、鉻銅 - Chromium Copper (1 % Cr)	22
二、青銅 - Tin Bronze	24
2.1 88 Cu-10 Sn-2 Zn (1 A 青銅 - Tin Bronze , Alloy 1 A)	24
2.2 88 Cu-8 Sn-4 Zn (1 B 青銅 - Tin Bronze , Alloy 1 B)	24
2.3 89 Cu-11 Sn (磷青銅 - Tin Bronze , SAE 65)	25
2.4 88 Cu-6 Sn-1½ Pb-4½ Zn (海軍青銅 - Navy M Bronze , Alloy 2 A)	26
2.5 87 Cu-8 Sn-1 Pb-4 Zn (2 B 鉛青銅 - Leaded Tin Bronze , Alloy 2 B)	26
2.6 87 Cu-10 Sn-1 Pb-2 Zn (2 C 鉛青銅 - Leaded Tin Bronze , Alloy 2 C)	28
2.7 80 Cu-10 Sn-10 Pb (3 A 高鉛青銅 - High-Lead Tin Bronze , Alloy 3 A)	28
2.8 83 Cu-7 Sn-7 Pb-3 Zn (3 B 高鉛青銅 - High-Lead Tin Bronze - Alloy 3 B)	29
2.9 85 Cu-5 Sn-9 Pb-1 Zn (3 C 高鉛青銅 - High-Lead Tin Bronze , Alloy 3 C)	31
2.10 78 Cu-7 Sn-15 Pb (3 D 高鉛青銅 - High-Lead Tin Bronze , Alloy 3 D)	31
2.11 70 Cu-5 Sn-25 Pb (3 E 高鉛青銅 - High-Lead Tin Bronze , Alloy 3 E)	32
2.12 87 Cu-4 Si-1 Sn-4 Zn-2 Fe-1 Al-1 Mn (矽青銅 - Silicon Bronze , Alloy 12 A)	33
三、黃銅 - Brass	33
3.1 85 Cu-5 Sn-5 Pb-5 Zn (4 A 黃銅 - Leaded Red Brass , Alloy 4 A)	33
3.2 83 Cu-4 Sn-6 Pb-7 Zn (4 B 黃銅 - Leaded Red Brass , Alloy 4 B)	35
3.3 81 Cu-3 Sn-7 Pb-9 Zn (5 A 黃銅 - Leaded Semi-Red Brass , Alloy 5 A)	35
3.4 76 Cu-2½ Sn-6½ Pb-15 Zn (5 B 黃銅 - Leaded Semi Red Brass , Alloy 5 B)	36

3.5	72 Cu-1 Sn-3 Pb-24 Zn (6 A 黃銅 - Leaded yellow Brass , Alloy 6 A)	37
3.6	62 Cu-1 Sn-3 Pb-29 Zn (6 B 黃銅 - Leaded yellow Brass , Alloy 6 B)	38
3.7	61 Cu-1 Sn-1 Pb-37 Zn (6 C 黃銅 - Leaded yellow Brass , Alloy 6 C)	39
3.8	81 Cu-4 Si-15 Zn (矽黃銅 - Silicon Brass , Alloy 13 B)	39
四、	錳青銅 (Manganese Bronze)	39
4.1	59 Cu-0.75 Sn-0.75 Pb-37 Zn-1.25 Fe-0.75 Al -0.5 Mn (7 A 錳青銅 - Manganese Bronze Alloy 7 A - 60,000 psi)	39
4.2	57.5 Cu-39.25 Zn-1.25 Fe-1.25 Al -0.25 Mn (8 A 錳青銅 - Manganese Bronze Alloy 8 A - 65,000 psi)	41
4.3	64 Cu-24 Zn-3 Fe-5 Al-4 Mn (8 B 錳青銅 - Manganese Bronze Alloy 8 B- 90,000 psi)	41
4.4	64 Cu-26 Zn-3 Fe-5 Al-4 Mn (8 C 錳青銅 - Manganese Bronze Alloy 8 C- 110,000psi)	42
五、	鋁青銅 (Aluminum Bronze)	43
5.1	89 Cu-3 Fe-9 Al- (9 A 鋁青銅 - Aluminum Bronze , Alloy 9 A)	43
5.2	89 Cu-1 Fe-10 Al- (9 B 鋁青銅 - Aluminum Bronze , Alloy 9 B)	44
5.3	85 Cu-4 Fe-11 Al- (9 C 鋁青銅 - Aluminum Bronze , Alloy 9 C)	46
5.4	81 Cu-4 Fe-11 Al-4 Ni- (9 D 鋁青銅 - Aluminum Bronze , Alloy 9 D)	47
5.5	82 Cu-4 Fe-9 Al-4 Ni-1 Mn - (推進器銅 - Propellar Bronze)	47
六、	洋銅 (白銅) - Nickel silver	48
6.1	57 Cu-2 Sn-9 Pb-20 Zn-12 Ni- (10 A 洋銅 - Nickel Silver , Alloy 10 A- 12 % Ni)	48
6.2	60 Cu-3 Sn-5 Pb-16 Zn-16 Ni- (10 B 洋銅 - Nickel Silver , Alloy 10 B- 16 % Ni)	48
6.3	64 Cu-4 Sn-4 Pb-8 Zn-20 Ni - (11 A 洋銅 - Nickel Silver , Alloy 11 B- 20 % Ni)	49
6.4	66.5 Cu-5 Sn-1.5 Pb-2 Zn-25 Ni - (11 B 洋銅 - Nickel Silver , Alloy 11 B- 26 % Ni)	49
七、	規格對照表	52

銅合金鑄件之選用與規格

林江田 編著
邱紹成

第一章 銅合金鑄件之選用

一、前言

銅合金鑄件大都使用在需具耐蝕，高導電度，良好的支撐面及其他需要特殊性質者。經由鑄造法使得一些具有特殊形狀或不規則的鑄件都能做到，並且由於可大量生產因而能降低生產成本。

由於各種不同的原因，鑄件之成分與鍛件之成分不同。一般說來，鑄件所含的合金成分可以比鍛件稍高，因為成分對冷、熱作的影響並不重要。因此鑄件比鍛件更適合於特殊的用途，例如，在表 1 中所示的 18 種合金中，含有 5 % 或以上的鉛，具有較高鉛含量的合金較不適合於熱作，但卻能廣泛地應用於軸承工業方面。

雜質對冷、熱作的影響很大，因而鍛件中所允許的雜質含量就比鑄件來得低。在另一方面，雜質對熱處理造成有害的影響，因此在鑄、鍛件中必須儘量減低雜質的含量。

圖 1 中所示是成分 85-5-5-5 的銅合金是應

用最廣泛的合金；最普遍的造模法則是砂模法，圖中也列出了自 1947 ~ 1959 世界之銅合金鑄件之產量。

二、選擇銅合金的要素

至於選用何種銅合金鑄件，一般依下列四種因素而定：金屬價格、鑄造性、機械性能及生產成本。

2.1 金屬價格

假使產量少時，金屬價格這一項的考慮較少。然而若產量較多或鑄件具重複性、競爭性或金屬價格對整個生產成本有影響時，那麼金屬價格就成為最重要的一項因素了。表 2 所示為各項合金對 85-5-5-5 合金之相對價格。雖然價格隨時間而變化，但是相對價格却幾乎保持不變。在任何情形下，最終生產成本是一定要考慮的，因為金屬價格低的優點可能會因合金的鑄造性不良而受影響。

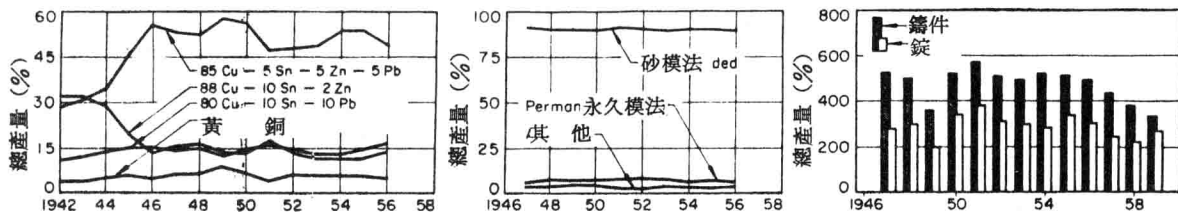


圖 1 銅合金鑄件的年產量、造模法及使用趨勢

表 1 銅合金鑄件之化學成分

一 般 名 稱	ASTM	化 學 成 分								
		Cu	Sn	Pb	Zn	Fe	Ni	Al	Mn	其 他
		ASTM B 22								
青 銅	A	80.5	19.0	—	—	—	—	—	—	—
青 銅	B	83.5	16.0	—	—	—	—	—	—	—
青 銅	C	80.0	10.0	9.5	—	—	—	—	—	—
青 銅	D	87.5	10.0	—	2.0	—	—	—	—	—
青 銅	E	64.0	—	—	Rem	3.0	—	5.0	4.0	—
		ASTM B 61								
閥青銅		88.0	6.0	1.5	4.0	—	1.0	—	—	—
		ASTM B 62								
鉛紅黃銅		85.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—
		ASTM B 66								
磷青銅		Rem	8.0	10.5	0.75	—	—	—	—	0.35 P
硬青銅		Rem	7.5	13.0	1.25	—	—	—	—	—
中青銅		Rem	7.0	19.0	1.25	—	—	—	—	—
軟青銅		Rem	5.0	25.0	1.25	—	—	—	—	1.0
		ASTM B 67								
ASTM B 67		70.0	5.5	18.5	3.0	—	—	—	—	—
		ASTM B 132								
含鉛高強度錳青銅	A	59.0	1.5	1.0	Rem	2.0	—	1.5	1.5	—
含鉛高強度錳青銅	B	57.5	1.5	1.0	Rem	3.0	—	3.0	3.5	—
		ASTM B 143								
錫青銅	1 A	88.0	10.0	—	2.0	—	—	—	—	—
錫青銅	1 B	88.0	8.0	—	4.0	—	—	—	—	—
鉛青銅	2 A	88.0	6.0	1.5	4.5	—	—	—	—	—
鉛青銅	2 B	87.0	8.0	1.0	4.0	—	—	—	—	—
		ASTM B 144								
高鉛錫青銅 (80-10-10)	3 A	80.0	10.0	10.0	—	—	—	—	—	—
高鉛錫青銅 (83-7-7-3)	3 B	83.0	7.0	7.0	3.0	—	—	—	—	—
高鉛錫青銅 (85-5-9-1)	3 C	85.0	5.0	9.0	1.0	—	—	—	—	—
高鉛錫青銅 (78-7-15)	3 D	78.0	7.0	15.0	—	—	—	—	—	—
高鉛錫青銅 (70-5-25)	3 E	70.0	5.0	25.0	—	—	—	—	—	—
		ASTM B 145								
鉛紅黃銅	4 A	85.0	5.0	5.0	5.0	—	—	—	—	—
鉛紅黃銅	4 B	83.0	4.0	6.0	7.0	—	—	—	—	—
鉛半紅黃銅	5 A	81.0	3.0	7.0	9.0	—	—	—	—	—
鉛半紅黃銅	5 B	76.0	3.0	6.0	15.0	—	—	—	—	—
		ASTM B 146								
鉛黃銅	6 A	72.0	1.0	3.0	24.0	—	—	—	—	—
鉛黃銅	6 B	67.0	1.0	3.0	29.0	—	—	—	—	—
鉛黃銅	6 C	61.0	1.0	1.0	36.85	—	—	0.15	—	—
		ASTM B 147								
含鉛高強度錳青銅	7 A	61.0	0.75	0.75	35.5	1.0	—	0.75	0.25	—
高強度錳青銅	8 A	58.0	—	—	39.25	1.25	—	1.25	0.25	—
高強度錳青銅	8 B	—	—	—	—	—	—	—	—	—
高強度錳青銅	8 C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ASTM B 148								
鋁青銅	9 A	88.0	—	—	—	3.0	—	9.0	—	—
鋁青銅	9 B	89.0	—	—	—	1.0	—	10.0	—	—
鋁青銅	9 C	85.0	—	—	—	4.0	—	11.0	—	—
鋁青銅	9 D	81.0	—	—	—	4.0	4.0	11.0	—	—
		ASTM B 149								
鉛鎳黃銅	10 A	57.0	2.0	9.0	20.0	—	12.0	—	—	—
鉛鎳青銅	11 A	64.0	4.0	4.0	8.0	—	20.0	—	—	—
鉛鎳青銅	11 B	66.5	5.0	1.5	2.0	—	25.0	—	—	—
		ASTM B 176								
壓鑄合金	Z 30 A	57.0	1.0	1.0	30.0	—	—	—	—	—
壓鑄合金	Z S 331 A	65.0	—	—	Rem	—	—	—	—	1.0 Si
壓鑄合金	Z S 144 A	81.5	—	—	Rem	—	—	—	—	4.0 Si
		ASTM B 198								
矽青銅	12 A	99.5	1.0	—	5.0	2.5	—	—	—	3.0 Si
矽黃銅	13 A	99.5	—	—	14.0	—	—	—	—	3.5 Si
矽黃銅	13 B	99.5	—	—	14.0	—	—	—	—	4.0 Si
		ASTM B 292								
鎳錫青銅	A	88.0	5.0	—	2.0	—	5.0	—	—	—
鎳錫青銅	B	87.0	5.0	1.0	2.0	—	5.0	—	—	—
		ASTM 規 格 外								
鉻 銅		99.0	—	—	—	—	—	—	—	1.0 Cr
鉍 青銅		96.5	—	—	—	—	1.1	—	—	2.2 to 2.8 Be
Si-Al 青 銅		91.0	—	—	—	—	—	7.0	—	2.0 Si
Si-Al 青 銅		90.0	—	—	—	—	—	7.0	—	3.0 Si
錫青銅		89.0	11.0	—	—	—	—	—	—	—
鋁青銅		82.0	—	—	—	—	—	—	—	—
洋 銅		60.0	3.0	5.0	16.0	4.0	4.0	9.0	1.0	—
鉛鎳黃銅		59.5	3.0	5.0	Rem	—	16.25	—	—	—

表 2 銅合金鑄件之化學成分及其鑄造性、流動性

一般名稱	化 學 成 分								價格*	鑄造性**	流動性**
	Cu	Sn	Pb	Zn	Ni	Mn	Al	其 他			
鉛紅黃銅	85	5	5	5	—	—	—	—	100	2	6
鉛半紅黃銅	81	3	7	9	—	—	—	—	95	2	6
鉛半紅黃銅	76	3	6	15	—	—	—	—	89	2	6
黃 銅	63	1	1	35	—	—	—	—	91	9	8
含鉛黃銅	63	1	1	35	—	—	0.25max	—	91	4	4
鉛黃銅	67	1	3	29	—	—	0.25max	—	85	4	4
錳青銅	58	—	—	Rem	—	0.5	1.0	1.0 Fe	103	6	2
錳青銅	62	—	—	Rem	—	3.5	5.5	2.5 Fe	128	6	2
洋 銅	64	4	4	8	20	—	—	—	112	5	7
洋 銅	66	5	1.5	2	25	—	—	—	118	5	7
錫青銅	88	8	—	4	—	—	—	—	153	3	6
錫青銅	88	6	2	4	—	—	—	—	120	3	6
錫青銅	80	19.5	—	6	—	—	—	0.5 P	182	3	4
矽黃銅	81	—	—	15	—	—	—	4.0 Si	138	7	1
矽青銅	95	—	—	—	—	1.0	—	4.0 Si	118	8	3
鋁青銅	89	—	—	—	—	—	10.0	1.0 Fe	140	8	5
鋁青銅	81	—	—	—	4.5	—	10.0	4.5 Fe	140	8	5
高鉛錫青銅	80	10	10	—	—	—	—	—	124	1	6
高鉛錫青銅	70	5	25	—	—	—	—	—	118	1	6

* 以 85-5-5-5 之含鉛紅黃銅價格為 100

** 數字 1 代表最佳者，餘類推

2.2 鑄 造 性

鑄造性不要與表示合金充滿模穴能力之流動性混為一談。鑄造性是指合金在一般鑄造工場中在不特別注意澆口、冒口、熔解、砂條件及其他因素時仍能很容易做好一個鑄件。流動性良好則能增進鑄造性。

鑄造場裡一般將合金區分為高縮孔性或低縮孔性。前者包括了錳青銅、鋁青銅、矽青銅、黃銅和一些洋銅（nickel silvers 俗稱白銅）。它們的流動性比紅黃銅（red brass）要好，能很容易充滿模穴。不管採砂模、永久模、石膏模、壓鑄法及離心鑄造都能得到優良的高級鑄件。若要改善其方向性凝固，則在設計上多加注意。避免急劇的斷面變化、適當的圓角及妥善的澆冒口安排，都可避免內部縮孔，要防止渣的捲入，則在澆鑄時要避免產生擾流。足夠大的冒口或加入冒口發熱劑可以更有效地補充金屬液。表 2 中也列出了銅合金的鑄造性及流動性。

幾乎所有的銅合金都可以用砂模鑄造，而砂模鑄造也是最經濟的一種方法，同時它對尺寸、形狀的變化適應性也大。

永久模鑄造則較適用於錫青銅、矽青銅、鋁青銅、錳青銅及黃銅，壓鑄法則較適用於黃銅，但此兩種方法均受尺寸的限制，雖然曾經用永久模鑄製了重達 10,000 磅的銅板。黃銅的壓鑄一般都在 1/2 磅以下，很少超過 2 磅的，壓鑄大型鑄件將降低模具使用壽命。

所有的銅合金都可利用離心鑄造來鑄製，且只要基本工作熟練，任何尺寸都可做，用離心鑄造法所鑄的鑄件可小從數盎司大到造紙工業所用之 50,000 磅的滾筒。

由於含鉛量低，因此包括鋁青銅、黃銅、錳青銅、低鎳青銅、矽黃銅及矽青銅，都可以採用石膏模澆鑄。在上述的合金中鉛的含量必須儘量減低，因為它會和石膏中的硫酸鈣起反應而污染鑄件表面，而增加清理及加工費用。雖然鋁青銅曾用脫蠟法澆鑄數盎司的鑄件，也採用過傳統的石膏模法澆過數百磅的鑄件，但一般說起來石膏模鑄造受到尺寸的限制。

當銅合金在模內從熔融狀態開始凝固時，它即產生收縮，為此必須具有足夠銅水供應以防止鑄件發生破裂及縮孔，而可獲得健全的鑄件。這種因凝固所生的收縮是造成錫青銅在壓力鑄造時發生“漏孔”(leaker)及構造脆弱的主要原因。

銅合金鑄件的收縮範圍廣泛，要想得到健全的鑄件就要先瞭解其凝固特性及收縮情形。不同的合金其收縮情形亦不相同，它分佈的情形與凝固範圍及溫度梯度有關，錳青銅及鋁青銅的凝固範圍分別只有 75°F 及 25°F。因而大型鑄件可以採用傳統的方法鑄製，只要注意澆冒口的大小及位置，對方向性凝固及銅水補充都有理想的結果。

85-5-5-5 的錫青銅其凝固範圍較廣，大約 300°F。具有如此廣泛凝固範圍之合金，在凝固時從泥濘層開始即產生樹狀晶或微縮孔，因為在這種情況下無法做適當的銅水補充因而導致晶粒

粗鬆或發生氣孔。要防止這些弊端就須謹慎的控制澆鑄溫度，並讓鑄件能迅速凝固。但這些要求受到斷面厚度，澆鑄溫度及澆口系統等的限制，而這些又是關係著方向性凝固之生成。斷面厚度 1 吋者可以正常方法鑄造，厚度大到 2 吋時鑄造上就有困難必須在小心控制情況下進行。因此在鑄造凝固範圍較狹窄之青銅鑄件時，而又欲得較佳的方向性凝固最適當的斷面厚度是稍大於 1 吋。

在複雜的鑄件中要獲得方向性凝固就比較困難。最好的方法是在適當的地方放置冷鐵以加速其凝固。對不規則的斷面，冷鐵外形必須配合鑄模的形狀。使用絕緣墊或冒口套有時亦能減低其凝固速率使其保持方向性凝固而克服收縮的困擾。

2.3 機械性能

大多數的銅合金都含有錫、鉛或鋅，因此只能具中等程度的抗拉、降伏強度，中、低程度的硬度及高伸長率。若需要較高的抗拉強度及降伏強度時，需採用鋁青銅、錳青銅、矽黃銅、矽青銅及洋銅。上述這些合金都具有耐腐蝕及耐磨的特性。表 3 所示是銅合金的機械及物理性能。

鋁、錳青銅依其成分可以獲得 65,000 ~ 130,000 psi 的抗拉強度，而鋁青銅在經過熱處理後可得到最大的抗拉強度，此兩種合金都具有兩相，一相相當軟另一相則硬，由於此兩相具不同的機械性能，因此合金的性能則依含有上述兩相之多寡而不同。錳青銅也具兩相組織，若行慢冷則通常降低其抗拉、降伏強度，但相對地提高其伸長率。

若在鑄造場裡同時生產鋁青銅及錳青銅，則錳青銅的鑄造比較容易，採用砂模鑄造即可得 115,000 psi 的抗拉強度，15 ~ 20 % 的伸長率。採離心鑄造時，在鑄造狀態下其強度、伸長率又比砂模者為高。其鑄造應力可以經 350 ~ 400 °F 之熱處理來消除。在錳青銅中加入鉛可以提高其加工性能，但會降低其強度及伸長率。因此在高強度錳青銅中的鉛含量不得超過 0.1 %，雖然錳青銅的硬度從 125 ~ 250 Bhn，但只要選用適

表 3 銅合金鑄件之諸性能

一般名稱	合金編號	0.5% 降伏強度 (1000 psi)	壓 降伏強度 (1000 psi)	縮 抗拉強度 (1000 psi)	伸 長率 (%)	硬 度 (Bhn) 500- kg 負荷	收 縮 (in/ft)	導 電 率 (%)	熔 點 (°F)
ASTM B 22									
閩青銅	C	17.9	17.7	39.2	30	67	1/4	10.14	1403~1705
	D	20~23	—	40~50	24~43	75~85	7/16~7/32	10.5~11.5	1800
	E	83.1	71.4	119	18	177	9/32	9.05	1625~1693
ASTM B 61									
閩青銅	—	16.4	15.1	40.7	45	64	3/16	14.32	1518~1810
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ASTM B 62									
鉛紅黃銅	—	15.1	14.4	35.3	32	62	11/16	15.08	1568~1849
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ASTM B 66									
軟青銅	—	11~15	12~14	23~30	7~16	42~55	3/16	—	1650~1700
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ASTM B 132 (含鉛高強度錳青銅)									
軟青銅	A	20	—	60	15	—	—	—	—
	B	32	—	80	15	—	—	—	—
ASTM B 143									
錫青銅	1A	20~23	—	40~50	24~43	75~85	3/16~7/32	10.5~11.5	1800
	1B	18~22	—	40~50	25~50	60~75	3/16~7/32	12~13	1800
	2A	16.4	15.1	40.7	45	64	3/16	14.32	1518~1810
	2B	16~24	9~11	33~43	18~30	60~75	3/16~7/32	10~12	1570~1830
ASTM B 144 (高鉛錫青銅)									
80-10-10 83-7-7-3 85-5-9-1 78-7-15 70-5-25	3A	17.9	17.7	39.2	30	67	1/4	10.14	1403~1705
	3B	17~21	—	30~38	12~20	55~65	3/16~7/32	—	1750~1800
	3C	12~15	13.0	28~35	20~35	55~65	3/16	15	1750
	3D	14~20	13~16	25~33	10~18	50~60	3/16	—	1700~1750
	3E	11~15	12~14	23~30	7~16	42~55	3/16	—	1650~1700
ASTM B 145									
鉛紅黃銅 鉛紅黃銅 鉛半紅黃銅 鉛半紅黃銅	4A	15.1	14.4	35.3	32	62	11/64	15.08	1568~1849
	4B	12~17	11~12	30~38	15~27	50~60	3/16	—	1800
	5A	13~17	—	29~39	18~30	50~60	3/16	18	1750~1800
	5B	14.9	12.8	37.8	37	59	11/64	16.41	1527~1748
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ASTM B 146									
鉛黃銅 鉛黃銅 鉛黃銅	6A	12~14	8~10	35~40	25~40	40~55	5/32~3/16	15~22	1700~1750
	6B	11~15	9.0	30~38	20~35	40~60	3/16~7/32	18~25	1700~1725
	6C	14~20	—	40~25	15~25	50~75	1/4	20~26	1675~1725

表3 銅合金鑄件之諸性能(續)

一般名稱	合金編號	0.5% 降伏強度 (1000 psi)	壓縮 降伏強度 (1000 psi)	抗拉強度 (1000 psi)	伸長率 (%)	硬度(Bhn) 500-kg 負荷	收縮 (in/ft)	導電率 (%)	熔點 (°F)
合 鋅									
ASTM B 147 (高強度鎳青銅)									
鋅青銅	7A	25~40	20~26	60~78	15~30	80~95	7/32~1/4	20~24	1675~1725
鋅青銅 (鑄造狀態)	8A	25.8	23.8	71	40	98	15/64	20.64	1583~1616
鋅青銅 (經熱處理)	8B	46~50	50.0	91~97	19~25	170~195	1/4~5/16	7~8	1700
鋅青銅 (鑄造狀態)	8C	83.1	71.40	119	18	177	9/32	8	1625~1693
ASTM B 148									
鋅青銅	9A	25~30	27~31	70~87	22~38	110~140	5/16~11/32	12~14	—
鋅青銅 (鑄造狀態)	9B	30~35	16~20	70~85	20~35	110~160	7/32~5/16	12~15	—
鋅青銅 (經熱處理)	9B-HT	40~55	35~45	80~95	12~16	160~225	—	13.8	—
鋅青銅 (鑄造狀態)	9C	30~41	—	75~95	12~20	150~185	7/32~5/16	13~15	1800~1900
鋅青銅 (經熱處理)	9C-HT	45~52	—	90~100	6~15	190~235	—	—	—
鋅青銅 (鑄造狀態)	9D	40~50	—	90~105	7~20	175~210	7/32~1/4	8~9.5	1900
鋅青銅 (經熱處理)	9D-HT	60~80	—	110~124	5~12	215~260	—	—	—
ASTM B 149									
合鉛黃銅	10A	15~20	—	30~40	10~25	5~60	1/8~3/16	5.7	—
鉛青銅	11A	26	24.3	47.1	22	85	1/4	4.79	2027~2089
鉛青銅	11B	26~40	—	50~65	15~25	120~150	3/16	4~5	—
ASTM B 176									
壓鑄合金	Z 30A	30	—	55	15	—	—	22	1700
壓鑄合金	ZS 331A	30	—	58	15	—	—	—	—
壓鑄合金	ZS 144A	30	—	90	25	—	—	—	—
ASTM B 198									
砒青銅	12A	22~30	15~22	55~65	25~55	85~120	7/32~1/4	4.5~6.4	—
砒青銅	13A	21~33	—	50~70	20~50	70~130	—	—	—
砒青銅	13B	30	26.5	67.8	17	115	15/64	6.07	1510~1683
ASTM B 292									
銀錫青銅 (鑄造狀態)	A	20	—	45	25	—	—	—	—
銀錫青銅 (經熱處理)	A	50	—	75	5	—	—	—	—
銀錫青銅 (鑄造狀態)	B	20	—	40	20	—	—	—	—
ASTM 規格以外									
鉻銅 (鑄造狀態)	—	12	—	31	35	63	15/64	45	1985
鉻銅 (析出硬化)	—	43	—	55	18	120	—	82	—
鉻-鋁青銅	—	85~100	—	90~125	0~4	325~425	1/4	18~25	1930
砒-鋁青銅	—	29	—	70	20	135	3/16	7	1800
砒-鋁青銅	—	38~41	—	75~84	5~14	165~190	3/16	6	1800
錫青銅	—	28~30	—	50~60	15~40	85~105	—	8~9.5	1830
洋銅	—	38	—	90	20	150	—	7	—
鉛黃銅	—	17	—	38	25	65	3/16	5.2	—

當的刀具是非常容易加工的。

在低強度錳青銅中加入錫可阻止脫鋅 (de-zincification)，但在高強度錳青銅中錫含量必須限制在 0.1 % 以下，除非允許強度及延性的大幅減低。同樣地，這些含有大量 β - 相的錳青銅將被熔融金屬穿透，就像是巴氏合金套筒。

錳青銅具雙重組織 ($\alpha + \beta$)，在某些熔液中產生腐蝕。錳青銅大都用做船舶推進器及配件、小齒輪、滾珠軸承面、蝸輪、齒輪移位叉 (gear shifted forks) 及建築另件，同時當需高強度及硬度時，可做為滾軋機螺帽及滑板、橋樑耳軸 (bridge trunnions) 齒輪及軸承等。

鋁青銅鑄件含 9 ~ 14 % 的鋁及少量的鐵、錳、鎳。它的凝固範圍很窄，又需較適合的澆冒口因此比較難鑄造。只要鑄件成分準確，經熱處理後可獲得 100,000 psi 以上的抗拉強度。

大多數的鋁青銅含鐵量在 0.75 ~ 4 % 可以細化晶粒及提高強度，含鋁量 8 ~ 9.5 % 時無法做熱處理，除非其他合金元素如鎳、錳等含量超過 2 %，如此一來它比普通的錳青銅具有更高的強度，延性和韌性，它可使用在閘螺帽，凸輪軸承、葉輪、鹽浴中的掛勾、攪拌器、起重機齒輪及連桿等。

含鋁量在 9.5 ~ 11 % 的合金則可進行熱處理，這些合金的組織經 1,400 ~ 1,700 °F 的淬火及 800 ~ 1,200 °F 的回火後如同熱處理過的鋼，至於其處理溫度依實際的成分及所需的性能而定。

從表 3 所示的性能範圍中看起來似乎所有合金的最高性能都無法得到。但一般說來，抗拉強度、降伏強度及硬度和伸長率成反比，因此回火溫度愈低，抗拉強度愈高而伸長率就愈低。這種合金用來做滾軋機螺帽及滑板，蝸輪、套筒、滑塊、葉輪、無火花工具、閘及模具等。

鋁青銅對多種物質具有耐腐蝕作用，包括鹽浴在內。它所具有的疲勞限度，超過所有的銅合金鑄件。錳、鋁青銅對斷面厚度增加時，不像 Cu-Zn, Cu-Sn - Pb - Zn 合金其機械性能不會

降低。這是由於它們具有較狹窄的凝固範圍，因而只要設計上正確及冒口補充足夠，則可得到緻密的組織。

當錳青銅在 450 °F 以上發生熱裂時，鋁青銅則可在 750 °F 高溫下短時間內不減低其強度。例如在室溫下其抗拉強度為 78,000 psi，500 °F 時則變弱為 76,700 psi，在 750 °F 時則為 67,000 psi，1,000 °F 時更降為 58,000 psi。而其伸長率則分別為 28 %，32 %，35 % 及 25 %。

與錳青銅不同的是，鋁青銅在慢冷的情況下，會增加降伏強度及硬度而同時會降低抗拉強度及伸長率。在慢冷過程中，當錳青銅析出相當軟的相時，鋁青銅則在狹窄的溫度 1,050 ~ 900 °F 的範圍內很快地析出硬的組織。因此，大鑄件的機械性能與冷卻速度的快慢有關。同一現象亦會發生在鋁青銅的時效處理上。在淬火或時效處理後，緩慢地冷卻通過其臨界溫度範圍將降低其伸長率。加入 2 ~ 5 % 的鎳將大大緩和這種影響。

鎳黃銅、矽黃銅和矽青銅則大都用在耐蝕方面。

圖 2 所示為三種不同銅合金的抗拉強度及硬度之分佈情形。試棒的性質一由不同的試棒所得

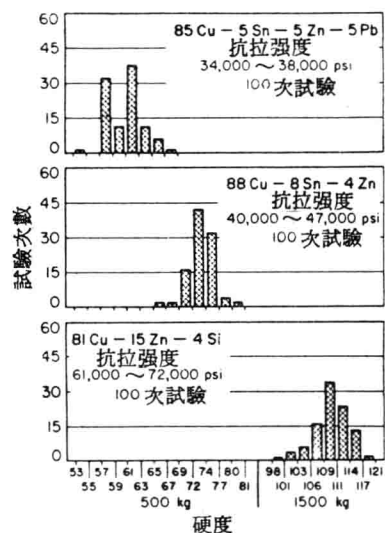


圖 2 三種不同之銅合金之強度與硬度之關係

的機械性能數值會有些微的不同圖 4 所列的六種不同銅合金之機械性能是由如圖 3 所示之試棒所得。

對錫青銅而言，不同的鑄件尺寸對其機械性能有影響，當鑄件斷面大到 $1\frac{1}{2}$ " ~ 2" 時，在機械性能上有明顯的差別，圖 4 中所顯示的數據，最大的差別則是在伸長率及強度。

多數的銅合金鑄件的冶煉工作是複雜的，冷

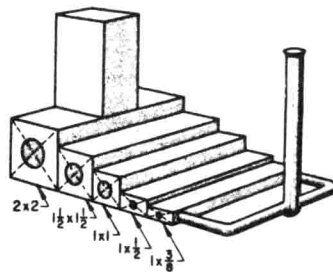


圖 3 試棒尺寸

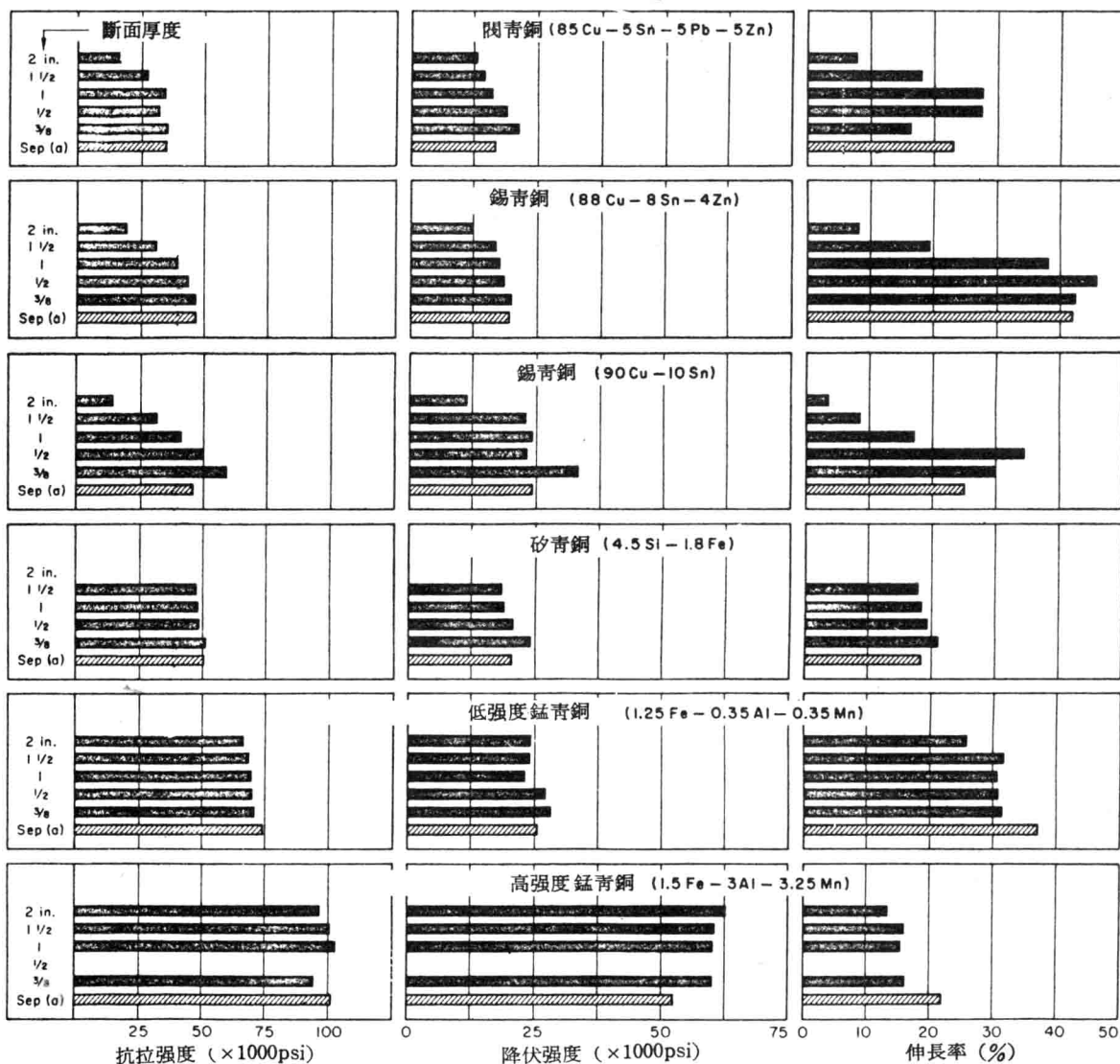


圖 4 六種不同的銅合金，斷面厚度對其機械性能的影響其試棒尺寸如圖 3 所示。

却速率直接影響到晶粒大小，化合物的偏析及晶粒間收縮。反過來說這些因素也影響到金屬的機械性能。為此，造模及鑄造技術要基於合金的冶金學原理及鑄件的外形。

2.4 設計時的考慮事項—尺寸公差

表 4 所示為各種造模法鑄件之尺寸公差。若一個鑄模由二個或兩個以上的部份組成，那麼在模與模之間的公差要較大些。以濕模為例，其公差則依上下模所設的筍梢的精確度而定。

圖 5 所顯示的是鑄造 50 個紅黃銅鑄件，檢驗其中兩處比較重要的尺寸所得的數據與藍圖上的尺寸比較起來，要獲得 3.750" 的尺寸似乎很困難，全部 50 個鑄件檢查結果尺寸都在 3.750" 以下，圖 6 所表示的是兩個外形相似的閥砂心及所得鑄件尺寸檢驗結果。

2.5 鑄件的加工性

銅合金鑄件的加工性區分為三類型。第一種是合金中僅含鉛者，其車屑很容易斷裂，因此這種合金的切削速度可加快，一方面減低刀具的磨損，另方面可改進光度。第二種類型的合金是包括有兩個或更多的相者，通常這第二種相比起基地組織都較硬或脆，因此，生成的車屑較短。像矽青銅、鋁青銅及高錫合金屬於此類。在金相上看，錳青銅應屬此類。但是其車屑却成長螺旋狀，兩邊非常平滑，並且不易斷裂。有一些鋁青銅也能產生長螺旋狀的車屑，但在底面比較粗糙且易斷，看起來就像是短車屑一類。第三類合金，也是最難加工的一種，像高強度錳青銅、鋁青銅含有較高的鐵及鎳。表 5 所列為以快削黃銅（3% Pb, 35% Zn）為基準，將上述三類之加工性加以比較。

三、一般用途的銅合金

一般用的銅合金可區分為兩級就如同兩種顏色，紅、黃一樣，表 1，3，6 中分列了這些合金的成分，一般性質及特性。

含鉛之紅青銅及半紅青銅在一般鑄造場中很容易做，其鑄造性亦很高。合金 4 A 是這類合金中很容易做，其鑄造性亦很高。合金 4 A 是這類

合金中最普遍者，一般稱為 85-5-5-5 銅合金，經改良的 4 B 型（83-4-6-7）是鑄造場中產量最大之銅合金，它用在需具耐腐蝕，良好的加工性，具中等程度之強度及延性和良好的鑄造性者。4 B 型比 4 A 型合金的機械性能低，但是其加工性較佳，金屬價格亦較便宜。

此兩種合金都用在衛生水管、水龍頭、凸緣、供水泵、一般家庭用品，及機械五金、造紙機械、油壓或蒸氣閥、閥蓋或閥座、葉輪、噴射器、紀念品、裝飾品、雕像等等。

5 A，5 B 型的合金，含有較高的鉛及鋅取代較貴的銅與錫，因此價格比較便宜。抗拉強度及硬度也較低，它最大用途是在衛生水管工業。

6 A，6 B 的黃銅，價格及機械性能仍低，它的主要用途在衛生水管附件之壓鑄件、低壓閥、空氣或氣體的彎管、一般五金及裝飾品。一般說來，它最適合做小零件及壁厚較小的大型鑄件，若需具壓力緊密性時可加入磷以增加流動性。黃銅中加入 0.15 ~ 0.25 % 的鋁可以增加流動性及獲得較光滑的表面，但若鑄件需壓力緊密性者則不可添加鋁，亦不能與磷結合。

所有這類的紅、黃銅，只要成分正確，表面清潔都可以鍍鎳或鍍鉻。

不含鉛的合金（1 A、1 B）加工比較困難，像砲金，海軍砲銅等。合金中含 10 ~ 12 % 錫，1 ~ 2 % 鎳及 0.1 ~ 0.3 % 磷者如齒輪青銅，通常加入鉛（最高 1.5 %）是為了改進其加工性。在 1 B 合金中添加鉛可增進其加工性，若同時降低錫含量則可保持其伸長率。這種合金使用較普遍者像：閥青銅，海軍 M（2 A）或商用 G 青銅（2 B）。

這類合金較適用於高溫下需具耐蝕，緊密或較高強度者，而高溫長期操作的溫度限制是海軍 M 者 550°F，1 A、1 B、2 B 為 500°F。這是因為在高錫合金中會析出一種相很容易脆裂。這種現象不會發生在含錫量低的合金中。含鉛的錳青銅（ASTM B 61）及含鉛的紅、黃銅（ASTM B 62）在不同溫度下之許可工作應力列於表 7。

鎳通常被加入合金中以增加其密度及緊密性

表 4 不同造模法所得銅合金鑄件之尺寸公差

砂	模	殼	模	永	久	模	壓	鑄	石	膏	模	精	密	鑄	造
土平均公差															
一般為 3/32 in/ft, 最佳為 0.005 in/ft 有部 分少於 0.005 in/ft, 乾 砂與濕模大致相同。		0.005 in/in; 部分為 0.003 "	第 1 吋為 0.015 " / in ，以後每增 1 吋加 0.001 ~ 0.002 "。對 某些鑄件可以減至 ± 0.010 "。			0.003 in/in 最小 0.005 "		0.005 in/ft 或更小						尺寸超過 1 吋者為 0.005 in/in, 最小為 0.002 in/in。	
分模線之公差															
濕砂模者在上述尺寸加 0.010 "		在上述尺寸加 0.005 ~ 0.015 "	在上述尺寸加 0.010 ~ 0.020 "			在上述尺寸加 0.003 ~ 0.010 "		在上述尺寸加 0.010" 或全部為 0.010 in/in						在上述尺寸加 0.001 in / in	
由單一鑄模所得的鑄件公差 (min)															
3/32 in		0.003 in	0.010 in			0.005 in		0.005 in						0.002 in	
附有砂心之鑄件公差 (min)															
3/32 in		—	—			0.017 in		—						—	
外部斜度															
1/2 min		0°	2° min			1° min		± 1/2 min						—	
內部斜度															
1/2 min		—	2° min			2° min		2° min						—	
砂心斜度															
1/2 min		—	—			4° min		—						—	
砂心孔直徑 (min)															
濕砂模最佳為 1/4", 乾砂 模為 3/16 ~ 1/4"		1/8 ~ 1/4 in	3/16 ~ 1/4 in			3/16 in		0.500 in						0.020 ~ 0.050 in	
斷面厚度 (min)															
3/32 in		3/32 in	3/32 ~ 1/8 in			0.031 ~ 0.062 in		0.040 ~ 0.060 in (依斷面積定)						0.025 ~ 0.050 in (依斷面積定)	
斷面厚度 (max)															
地模法無限制		—	2.0 in			5/16" 較佳, 一般低於 0.125"		—						一般 0.500", 有時可大 些	

表 5 銅合金鑄件之加工性

一般名稱	合金	化學成分							加工性
		Cu	Sn	Pb	Zn	Ni	Al	其他	
	第一類 易切削合金								
鉛紅黃銅	4 A	85	5	5	5	—	—	—	90
鉛紅黃銅	4 B	83	4	6	7	—	—	—	90
鉛半紅黃銅	5 A	81	3	7	9	—	—	—	90
鉛半紅黃銅	5 B	76	3	6	15	—	—	—	90
高鉛錫青銅	3 E	70	5	25	—	0.75 max	—	—	90
高鉛錫青銅	3 A	80	10	10	—	0.75 max	—	—	80
高鉛錫青銅	3 D	78	7	15	—	0.75 max	—	—	80
鉛黃銅	6 A	71	1	3	25	—	—	—	80
鉛黃銅	6 B	67	1	3	29	—	—	—	80
高鉛錫青銅	3 C	85	5	9	1	0.5 max	—	—	70
高鉛錫青銅	3 B	83	7	7	3	0.5 max	—	—	70
鉛鎳黃銅	10 A	57	2	9	20	12.0	—	—	70
	第二類 普通切削合金								
含鉛錫青銅	2 A	88	6	2	4	—	—	—	60
含鉛錫青銅	2 B	87	8	1	4	—	—	—	60
含鉛高強度 錳青銅	7 A	61	0.75	0.75	35.5	—	0.75	1.00 Fe 0.25 Mn	60
矽鋁青銅	—	90	—	—	—	—	7.0	2.00 Si	50
矽鋁青銅	—	91	—	—	—	—	7.0	3.00 Si	50
錫青銅	1 A	88	10	0	2	—	—	0.35 P 最佳	50
錫青銅	1 B	88	8	0	4	—	—	—	50
鋁青銅	9 B	89	—	—	—	—	10	1.00 Fe	35
高強度錳青銅	8 A	58	1max	0.4max	Rem	—	1.00	1.25 Fe 1.5 Mn	30
高強度錳青銅	8 B	64	0.2max	0.20max	Rem	—	5.25	3.00 Fe 3.75 Mn	30
鈹 銅	—	96.5	—	—	—	1.1	—	2.6 Be	20~40
	第三類 困難加工合金								
高強度錳青銅	8 C	64	0.2max	0.20max	Rem	—	7.5	3.00 Fe 3.75 Mn	20
鋁青銅	9 A	88	—	—	—	0	9	3.00 Fe	20
鋁青銅	9 C	85	—	—	—	—	11	4.00 Fe	20
鋁青銅	9 D	81	—	—	—	4	11	4.00 Fe	20

表 6 部分銅合金鑄件之接合性能

名 稱	氧乙炔焊接	碳弧焊接	金屬弧焊接	硬 焊	軟 焊
ASTM B 145					
鉛紅黃銅	4	4	3	2	2
鉛紅黃銅	4	4	3	2	2
鉛半紅黃銅	4	4	3	2	2
鉛半紅黃銅	4	4	3	2	2
ASTM B 146					
鉛黃銅	4	4	4	3	2
鉛黃銅	4	4	4	3	2
ASTM B 143					
錫青銅	3	3	3	2	2
錫青銅	3	3	3	2	2
鉛錫青銅	3	3	3	3	3
鉛錫青銅	3	3	3	3	3
ASTM B 147					
含鉛高強度黃銅	4	4	4	3	2
高強度黃銅	2	2	2	4	2
高強度錳青銅	2	2	2	4	2
高強度錳青銅	2	2	2	4	3
ASTM B 148					
鋁青銅	2	2	2	4	4
鋁青銅 (鑄造狀態)	2	2	2	4	4
鋁青銅 (鑄造狀態)	2	2	2	4	4
鋁青銅 (鑄造狀態)	2	2	2	4	4
ASTM B 144					
高鉛錫青銅 80-10-10	4	4	4	3	1
高鉛錫青銅 83-7-7-3	4	4	4	3	1
高鉛錫青銅 85-5-9-1	4	4	4	3	1
高鉛錫青銅 78-7-15	4	4	4	3	1
高鉛錫青銅 70-5-25	NG	NG	NG	3	1
ASTM B 149					
鉛鎳黃銅	4	4	4	3	2
ASTM 規格以外					
砂鋁青銅	2	3	3	3	4
砂鋁青銅	2	3	3	3	4
鍍青銅	4	3	3	3	NG

1 = 最佳 ; 2 = 佳 ; 3 = 好 ; 4 = 不佳 ; NG = 劣