

上海市工业生产比先进比多快好省展览会
重工业技术交流参考资料

电 镀

上海医疗器械厂等編



科学技術出版社

电鍍青銅合金代替鍍鎳

(一) 鋅銅合金試驗的概況

从1月份开始,我厂进行了电鍍鋅銅合金的試驗工作(此鋅銅合金的鋅含量在70%以上,而不是一般黃銅)。在試鍍过程中采取了几种不同成分的鋅銅合金阳极,以及不同成分的电解液与操作条件。阳极先采用鑄成的鋅銅合金板,但由于鋅的含量較多,其合金形成 β 結晶。这种結晶在电解过程中不易溶解,故产生了很大的极滯作用。在試鍍中虽經采取較高的电压,并在电解液內补充了較多的游离氰化物,同时又将阳极进行回火处理,結果极滯作用稍有好轉,但仍未达到使用要求。故在第二步就改用了鋅、銅分开的联合阳极,使用这种联合阳极后,基本上消除了极滯作用,但在操作上带来了不便,并且电解液成分的控制也較复杂。

鋅銅合金在試鍍过程中开始鍍出的淀积层性質較脆,鍍层色澤不一,表面起泡发毛等不良情况很严重。这些缺陷在試鍍中經過多次改变操作条件,以及調整电解液的成分后逐

步获得解决。在試鍍过程中先以 70~75% 的鋅、25~30% 的銅淀积成为鋅銅合金的鍍层，这种成分的鋅銅合金鍍层与基体金属的附着能力很好，表面硬度不次于鍍层，防銹性能和經過鍍鉻后的光澤美观都很好。但經露天試驗和盐水噴霧試驗后，鍍层表面产生白色斑点，这种白色斑点是由于鋅銅合金鍍层中透露出来的。白色斑点剛产生时面积很細小而且又稀少，但時間一多，白点的面积逐渐大起来，而且点数也越来越多，这种白色斑点經洗刷与拋光去除不掉。試驗中发现这一缺点后，將鍍层的鋅降低到 60% (如一般黃銅)，經同样試驗結果仍然产生白点，于是將鍍层的鋅含量降低到 40% 后再經同样試驗，結果又产生了綠色的銅銹。

鋅銅合金根据两个多月的試鍍結果，其鍍层鋅含量在 50% 以上的容易产生白色斑点，鍍层的銅含量在 50% 以上的容易产生綠色銅銹。另外在鍍鋅銅合金的操作条件上，如使用的电流密度較小，电流效率較低，在电镀过程中阴极上产生的氫气泡很多，这些气泡随着淀积层的增厚，被埋沒在鍍层里面，經過一定時間后，它会向外面跑，因而造成起泡脫皮等缺点。所以鋅銅合金在防护裝飾性能上及使用寿命上都不合乎理想，我們根据試鍍中所产生的这些缺点，覺得一时不能求得解决，所以中断了鋅銅合金的試驗，而轉向鍍青銅合金的試驗。

(二) 电镀青銅合金的工艺

(1) 电解液的配方和操作条件

氰化亚銅 CuCN	37~43 克/公升
錫 酸 鈉 Na_2SnO_3	27~34 克/公升

氰化鈉 NaCN(游离)	12~15 克/公升
氫氧化鈉 NaOH(游离)	6~8 克/公升
温 度	65~70°C
电流密度	1.5~2.5 安培/公寸 ²
电流效率	65~75%

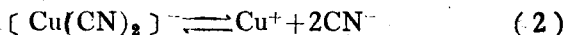
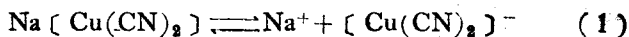
(2) 电镀青铜的操作工序

操作工序见表 1。

(三) 电解液成分和操作条件对淀积层的影响

(1) 电解液中游离氰化鈉的影响

在电解液中的铜是呈氰化物复盐状态 $\text{Na}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$ 存在的, 它是一个具有很高稳定性的络合物, 不易解离成 Cu^+ 和 CN^- 。它的化学解离反应式如下:



从以上的反应中可以看出溶液中铜离子 (Cu^+) 的浓度决定游离氰化鈉 (NaCN) 的浓度, 随着游离 NaCN 的增多 (1)

(2) 化学反应平衡都向左方移动, 也就是平衡移向产生复盐阴离子 $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ 的一方, 因此铜离子 (Cu^+) 浓度就随之降低。如果 NaCN 减少, 则恰好相反 Cu^+ 浓度增大。

在电解液中金属离子放电析出的放电电位是随着溶液中该离子浓度的减少而变成更负的, 也就是随着离子浓度的降低使该金属更不易放电析出。因此, 当 CN^- 浓度增加, Cu^+ 浓度减少时, 相应的使 Cu^+ 的放电电位变得较负。因为在淀积物中 $\text{Cu}:\text{Sn}$ 成分之比, 决定于他们两者的放电电位, 所以当 Cu^+ 的放电电位趋向于更大的负值时, 在淀积物

表 1

工 序 号	工 步 号	工 序 及 工 步 名 称	设 备	用 具	电 镀 表 面 积 (公寸 ²)	同 时 加 工 工 件 数		工 作 方 式				工 件 人 数	工 件 时 间 (分)	工 件 时 间 结 束 时 间 (分)	备 注	
						零 件	用 具	电 流 密 度 (安培/ 公寸 ²)	电 压 (伏 特)	温 度 (°C)	电 镀 时 期 (分)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
		电镀前准备过程														
1		擦油灰	工作台	铜皮刀			1								0.3	去锈时间 视锈情况 决定
2		化学去锈	酸洗槽	铝丝篮			26									
3		冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	铝丝篮			26									
4		化学去油	化学去油槽	铝丝篮			1								20	
5		机械洗刷	洗刷机	铜丝筛			1								0.5	
6		冷循环水中冲洗	洗刷机	帆布			1								0.5	
7		装上夹具	洗漆池	#12铜丝钩			1								0.1	添加瓦灰
8		电解去油	电解去油槽	#12铜丝钩	137.8		52								0.05	
9		电解去油	酸液处理槽	#12铜丝钩	10.6		4								3.5	
10		冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	#12铜丝钩			4								0.25	
11		酸液腐蚀	冷水冲洗槽	#12铜丝钩			4								0.1	
12		冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	#12铜丝钩			4								0.1	
13		冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	#12铜丝钩			4								0.1	

去锈时间
视锈情
况决定
添加瓦灰

二	1	氯化液镀铜过程	氯化液镀铜槽	井12铜丝钩	10.6	4	0.5	2	4~531~36	1	1.1
	2	氯化液镀铜	冷水冲洗槽	井12铜丝钩		4					0.1
三	1	青铜合金电铸过程	氯化液镀铜槽	井12铜丝钩	137.8	52	30	2	4~565~70	50	55
	2	铁青铜合金	冷水冲洗槽	井12铜丝钩		8					0.1
	3	冷循环水中冲洗	中和槽	井12铜丝钩		8					0.1
	4	稀硫酸亚铁溶液	冷水冲洗槽	井12铜丝钩		8					0.1
	5	冷循环水中冲洗	热水冲洗槽	井12铜丝钩		8					0.2
	6	拆下夹具	干燥箱	筛子		1					0.03
	7	干燥	干燥箱	筛子		52			200	60	65
	8	整理	工作台	方盘		1					0.03
	9	镀层检查	工作台	布轮		1					
	10	抛光	吸塵拋光机	布轮		1					
四	11	光潤油灰	吸塵拋光机	布轮		1					
	1	鍍銀过程	工作台	鍍皮刀紗布		1					0.3
	2	擦槽油灰	工作台	井12铜丝钩		1					0.05
	3	擦上夹具	稀硫酸浸洗槽	井12铜丝钩		2					0.05
	4	冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	井12铜丝钩		2					0.1
	5	鍍銀	鍍銀槽	井12铜丝钩	53	20	1	15~208~1042~46	10		11
	6	鍍液回收	鍍液回收槽	井12铜丝钩		4					0.1
	7	冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	井12铜丝钩		4					0.1
	8	拆下夹具	冷水冲洗槽	铜絲籃		1					0.03
	9	冷循环水中冲洗	冷水冲洗槽	铜絲籃		20					0.5
	10	冷循环水中冲洗	热水冲洗槽	铜絲籃		20					0.5
	11	干燥	干燥箱	筛子		40			60~80		15
	12	整理	工作台	方盘		1					0.03
	13	光飾	吸塵拋光机	布轮		1					

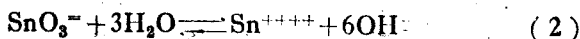
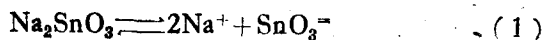
成分中 Cu 的含量减少，而相应的使 Sn 的成分增加。

另外氰化物增加，能引起电流效率的降低。因为在合金的电解过程中，阴极上 H^+ ， Cu^+ ， Sn^{++++} 同时放电，而它们的电流效率都决定于放电电位，因此当 NaCN 浓度增加， Cu^+ 浓度减少，它的放电电位移向更大负值时，相应的使 H^+ 和 Sn^{++++} 为优先放电。在这种情况下， H^+ 的电流效率是增加了，而 Cu^+ 的电流效率减低了。

氰化物过多，在电解时阴极产生大量氢气泡，附于镀层上容易引起气泡、麻点等毛病，但游离氰化钠过少了。会使镀层发暗和阳极不易溶解而产生极化。故氰化钠一般控制在 13~15 克/公升时较好。

(2) 电解液中游离氢氧化钠的影响

锡在电解液中以锡酸钠形式存在：它的化学解离反应如下：



同样，如果电解液中游离 NaOH 浓度增加，使 (1)(2) 化学反应平衡向左方移动，这样溶液中 Sn^{++++} 浓度就减少了，相应的使 Sn^{++++} 的放电电位变得更负些，而使 Cu^+ 和 H^+ 更易放电而优先析出，因此镀层中锡的成分减少，而铜的成分增多，并且相应的 H^+ 电流效率增加而使合金电流效率降低了。

但是如果电解液中 NaOH 浓度过低，则 Na_2SnO_3 容易引起水解而使镀液变得混浊。另外 NaOH 浓度过低使镀层中锡的成分增加，镀层呈现灰红色，对镀铬也增加困难，一般游离氢氧化钠控制在 6~8 克/公斤较好。

(3) 电解液中銅錫濃度的影响

电解液中銅和錫浓度的绝对值，对阴极沉积层的成分没有多大影响。电流效率会随着溶液中金属离子总浓度的升高而增加，但影响也不太大。

电解液中 Cu 和 Sn 的相对浓度，对阴极沉积层的成分有較大的影响。一般鍍青銅的电解液中 Cu : Sn 約 2 : 1 左右，这样所得的阴极鍍层合金成分約：

Cu 占 88~94%，Sn 占 6~12%。

当然游离 NaOH、NaCN 也得保持一定的浓度。

(4) 电流密度的影响

电流密度的大小对鍍层的合金成分有較大的影响。随着电流密度的升高，阴极鍍层中 Sn 的成分也相应增加，而且，随着电流密度的升高，可能使阴极、阳极的极化现象增加，因而引起了电流效率的剧烈降低。

如果电流密度过小，会使阴极沉积速度緩慢，鍍层中銅的含量过多。但电流密度过大了使鍍层中錫的成分过多，且容易引起鍍层表面疏松、发毛、起泡等现象。一般电流密度控制在 2 安培/平方公寸左右較好。

(5) 电解液温度的影响

温度对淀积成分和沉积层质量以及电流效率有較大的影响，电流效率随着温度的升高而增加，温度在 65~70°C 对电流效率一般可达到 78% 左右，然而超过此温度，电流效率并无多大的增高。

降低温度能使鍍层中銅的含量增加，但淀积物的质量却会变坏。如果温度过高，游离氰化物分解得更快，这对我們在电镀过程中是有坏处的。一般在电镀青銅时，电解液的温

度控制在 $65 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 左右。

(四) 电鍍青銅合金过程中阳极使用情况

电鍍青銅使用的阳极我們采用 90% 的銅和 10% 的錫, 將其澆鑄成合金板, 此板在使用前先行經過回火处理 (在 700°C 温度中保持 2 小时, 然后註其炉冷再取出) 并将极板表面之砂粒和氧化层全部清洗干淨。在新极板挂入鍍槽后起初一个时期产生极滯作用, 电解液中的銅含量降低很快, 而游离氰化物不断上升, 致使电解液的成分很不稳定。阳极产生极滯作用后与游离氰化物的变动情况见表 2。

表 2 电解液成份变动情况

試 鍍 順 次	电解液成份(克/公升)				受鍍零件 面 积 (公寸 ²)	备 注
	銅	錫	游离 氰 化 鈉	游离 氰 化 鈉		
1	27.8	12.34	17.2	5.8	266	加过氢氰化鈉 2.5 克/公升
2	26.5	—	19.6	7.3	546	—
3	25.7	—	22.3	6.35	364	—
4	24.0	11.31	22.76	6.3	273	—
5	25.0	—	19.2	5.8	459	加过氰化銅 3 克/公升
6	23.0	—	21.56	5.3	546	—
附 注	1. 电流密度 = 2 安培/公寸 ² 2. 錫积面积: 陰極面积 = 2:1 3. 鍍層成份 銅 79.4 ~ 87% 錫 13 ~ 20.6%					

試鍍过程中的电压情况见图 1, 电流情况见图 2。

产生以上极滯作用現象, 可能由于新的极板表面杂质和氧化层去除不够彻底, 因而結晶顆粒沒有很好露出。其次在电鍍过程中极板面上包扎的亚麻布过厚, 影响离子扩散, 在

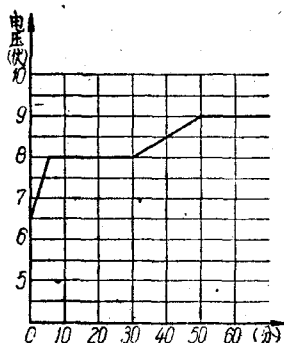


圖 1

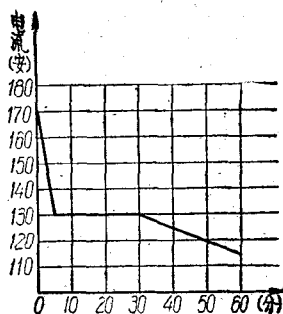


圖 2

每天工作完后解开极板，其面上有綠色和白色等粉末，而电解液中的銅不断被淀积于阴极上。但阳极溶解下来之金属不够补偿鍍出之金属，阳极与阴极不平衡，因而电解液中銅的含量逐步降低，游离氰化物不断上升。根据上面情况，曾采用以电解銅板挂入鍍槽，其挂入量之多寡和時間长短，視电解液分析結果来調整。采用这一方法試鍍后，电解液中的銅和游离氰化物之变动情况趋于稳定，如表 3 所示（錫酸銅）

表 3 增加电解銅板后电解液趋向于稳定情况表

試 鍍 順 次	电 解 液 成 份 (克/公升)				受鍍零件面积 (公寸 ²)
	銅	錫	游离氰化物	游离氫氧化鈉	
1	28.45	—	15.1	6.7	445
2	28.86	—	13.1	6.1	637
3	29.0	11.82	12.0	6	728
4	29.63	—	11	6	455

附 注

1. 电流密度=2 安培/公寸²
2. 陽極面积:陰極面积=2:1
3. 鍍層成份: 銅 89.6~91.25% 錫 8.75~10.4%

以分析結果作适当补充)。

試鍍过程中的电压情况如图 3, 电流情况如图 4。

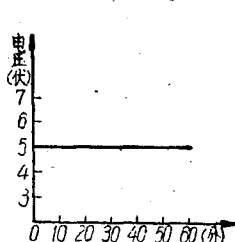


圖 3

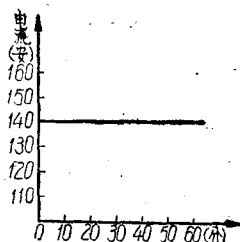


圖 4

上述办法試鍍了一个阶段的。我們停止了增添电解銅板, 并将銅錫合金板上包扎之亚麻布去除, 經過这样改变后, 极板溶解趋向正常, 电解液也較稳定。試鍍經過情况見表 4。

表 4

試 鍍 順 次	电解液成份(克/公升)				受鍍零件 面 积 (公寸 ²)	备 注
	銅	錫	游离氰 化物	游离氢 氧化鈉		
1	30.28	—	10.8	7.28	1360	加过氢氧化鈉3.5克/公升
2	30.28	11.80	13.55	6.84	1900	
3	31.2	—	13.23	6.50	1540	
4	31.18	11.80	13.4	6.3	1900	
5	30.78	—	12.44	6.62	2000	
6	30.82	11.20	11.32	6.09	1900	
7	30.80	—	11.32	6.03	1900	
8	30.78	—	12.8	7.6	1900	加过氰化鈉2.5克/公升
9	31.6	13.96	11.82	7.53	1360	
附 注	1. 电流密度=2 安培/平方公寸 試鍍順次 7:					
	2. 陽極面积:陰極面积=2:1 加过氰化鈉 2.5 克/公升					
	3. 鍍層成份: 銅 90~91% 氢氧化鈉 1 克/公升 錫 9~10% 錫酸鈉 4 克/公升					

試鍍过程中的电压情况見图 5, 电流情况見图 6。

根据上述試鍍过程中起初阳极产生极滞作用, 影响电解

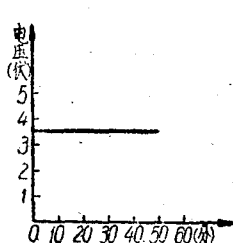


圖 5

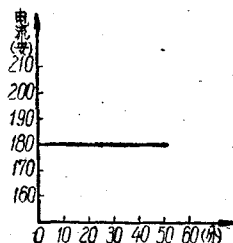


圖 6

液成分变化很大，后来阳极溶解趋向正常，我們为此曾在 10 公升試驗鍍槽中作过阳极溶解与阴极鍍上之克数比較試驗，經過如表 5 所列。

表 5 阳极溶解与阴极鍍上克数比較表

試驗 順次	電 解 液 成 份 (克/公升)	溫度 (°C)	電流 密度 公寸 ²	時間 (分)	陽極溶 解克數	陰極鍍 上克數	陽極比 陰極多 溶解克 數	(%)
1	銅 36 游离氰化鈉 11.96 錫 12.36 游离氫氧化鈉 7.3	65~70	—	275	13.6	12.84	0.76	5.92
2	銅 36 游离氰化鈉 11.5 錫 12 游离氫氧化鈉 5.5	65~70	2.5	275	32.73	26.77	5.96	22.26
3	銅 36 游离氰化鈉 11 錫 12 游离氫氧化鈉 5	65~70	2.5	450	60.05	55.02	5.03	9.14
4	銅 36 游离氰化鈉 12.82 錫 14 游离氫氧化鈉 6.3	65~70	2.5	150	21.55	19.24	2.31	12.01
5	銅 36 游离氰化鈉 12.5 錫 14 游离氫氧化鈉 5.5	65~70	2.5	160	22.96	21.57	1.39	6.44
6	銅 36 游离氰化鈉 13.5 錫 14 游离氫氧化鈉 4.2	65~70	2.5	540	73.33	64.76	8.57	13.23
7	銅 36 游离氰化鈉 13 錫 13.4 游离氫氧化鈉 6	65~70	2.5	140	19.65	17.36	2.29	13.19
8	銅 36.8 游离氰化鈉 14 錫 12.6 游离氫氧化鈉 7	65~70	2.5	210	28.01	27.76	0.25	6.9
9	銅 36 游离氰化鈉 12.6 錫 12.2 游离氫氧化鈉 5	65~70	2.5	315	41.88	38.06	3.82	10.04
共計				—	313.76	283.38	30.38	10.72
附注	陽極面積与陰極面積之 比为 2:1							

(五)青銅鍍层的性能試驗

(1)鍍层防腐性能試驗

鍍层防腐性能試驗是采用鍍好各种不同厚度的鍍层与青銅合金层,在同样条件下进行相互比較。試驗方法是采用露天試驗和盐水噴霧試驗,露天試驗經過情况見表6。

表 6

試样 編号	鍍 層 类 別	鍍層 厚度 1/ 1000 公厘	露 天 試 驗 發 生 銹 点 数					
			6 天后	14 天后	22 天后	28 天后	35 天后	40 天后
3	拋光青銅合金層加鍍鉻層	12.5	无	无	无	1	1	10
4	拋光青銅合金層加鍍鉻層	12.5	无	无	无	无	1	7
47	拋光青銅合金層加鍍鉻層	22.5	无	无	无	4	4	4
50	拋光青銅合金層加鍍鉻層	21	无	无	无	无	无	2
46	拋光青銅合金層加鍍鉻層	28	无	无	无	无	无	1
48	拋光青銅合金層加鍍鉻層	28	无	无	无	无	1	3
25	拋光青銅合金層加鍍鉻層	50	无	无	无	无	无	1
27	拋光青銅合金層加鍍鉻層	55	无	无	无	无	无	2
36	拋光鍍層加鍍鉻層	13.5	无	无	6	12	數拾点	數拾点
38	拋光鍍層加鍍鉻層	12.5	无	无	15	30	數拾点	數拾点
6	拋光鍍層加鍍鉻層	20	无	无	无	无	2	10
8	拋光鍍層加鍍鉻層	24	无	无	无	无	5	6
5	拋光鍍層加鍍鉻層	27	无	无	无	无	5	9
7	拋光鍍層加鍍鉻層	36.5	无	无	无	无	5	6
17	拋光鍍層加鍍鉻層	51.5	无	无	无	无	3	6
20	拋光鍍層加鍍鉻層	54	无	无	无	无	4	7

- 附 1. 試样經過40天露天試驗过程中,有20天晴天,16天雨天,4天陰天;
 2. 气候温度最高为 38°C, 最低 27°C;
 3. 鍍層成份: 銅=88.8~91.7%, 錫=8.3~11.2%;
 注 4. 試驗地点: 上海楊浦区;
 5. 試样表面都鍍有 1/1000 公厘的鉻層。

盐水噴霧試驗經過見表 7。

(2)鍍层硬度試驗

表 7

試樣編號	鍍層類別	鍍層厚度 1/ 1000 公厘	噴霧試驗發生銹點數							
			14小 時后	22小 時后	34小 時后	42小 時后	50小 時后	58小 時后	66小 時后	74小 時后
3	銅錫合金層加鍍銻層	12.5	1	1	2	2	10	15	15	15
43	銅錫合金層加鍍銻層	21	无	无	2	3	10	10	15	15
6	銅錫合金層加鍍銻層	31	无	无	1	1	6	6	8	8
33	銅錫合金層加鍍銻層	41	无	无	无	无	5	9	9	10
25	鍍銻層加鍍銻層	14.5	19	30	36	36	36	50	數拾点	數拾点
39	鍍銻層加鍍銻層	21	1	1	2	10	20	20	20	數拾点
16	鍍銻層加鍍銻層	27.5	4	7	7	10	15	20	20	數拾点
23	鍍銻層加鍍銻層	44.5	无	无	5	6	10	20	20	數拾点

附
注

1. 噴霧用之鹽水含有 20% 氯化鈉, PH 值为 6.8~7.2;
2. 噴霧時間為連續的, 在每次檢查時約停止 30 分鐘;
3. 噴霧箱內溫度為 30~32°C;
4. 鍍層成份: 銅=88.67%, 錫=11.33%;
5. 試樣表面, 都鍍有 1/1000 公厘的銻層。

鍍層硬度試驗是縱向截取試樣。經拋光后以 20 克負荷測其表面鍍層之显微硬度值, 測定結果見表 8:

表 8

試樣編號	鍍層類別	鍍層成份	維氏显微硬度值
8	青銅鍍層	Cu=81.78% Sn=18.22%	245
10	青銅鍍層	Cu=89.48% Sn=10.52%	230
3	青銅鍍層	Cu=91.48% Sn= 8.52%	227
4	青銅鍍層	Cu=92.29% Sn= 7.71%	215
10	鍍銻層		212
2	鍍銻層		185

以上硬度值皆系測定五点的平均值，根据表中的数据看来，青銅鍍层的硬度大于鍍层。青銅鍍层中錫之含量多，其硬度越高，但鍍层的性質容易变脆。

(3) 鍍层与基体金属附着能力的試驗

鍍层与基体金属結合强度的試驗，是采用以下三个办法进行。1. 做 180 度的往复弯曲試驗后檢查，經弯曲的地方有无鍍层脫落或剝离現象；2. 用尖銳的刀尖，在試样表面上划成許多互相交叉的痕，其深度深入基体金属，在划痕的交叉点上檢查鍍层有无脫落或剝离現象；3. 用砂輪在試样的邊緣和尖端部位磨出基体金属，当露出基体金属时，檢查有无出現邊緣鍍层剝离或分层現象。

試驗結果見表 9。

根据試驗結果，在表 9 中可以看出，青銅鍍层与基体金属的附着能力是和鍍层相同的。

表 9

試样 編号	鍍层类别	鍍层厚度 1/1000 公厘	試 驗 方 法 和 結 果		
			試驗方法(1)	試驗方法(2)	試驗方法(3)
1	青銅鍍层	10	試样直至折斷 鍍层无脫落或 剝离現象	試样划痕交叉 处鍍层无脫皮 或剝离現象	試样基体金属 露出时鍍层无 剝离或分层現象
2	青銅鍍层	10	(同上)	(同上)	(同上)
3	鍍层	10	(同上)	(同上)	(同上)
4	青銅鍍层	25	(同上)	(同上)	(同上)
5	青銅鍍层	25	(同上)	(同上)	(同上)
6	鍍层	25	(同上)	(同上)	(同上)
7	青銅鍍层	50	(同上)	(同上)	(同上)
8	青銅鍍层	40	(同上)	(同上)	(同上)
9	鍍层	40	(同上)	(同上)	(同上)
附 注	1. 青銅合金鍍层試样成份銅为 88.5%，錫为 11.5%； 2. 試样多系铁的板材，鍍前經过抛光并鍍約 1/1000 公厘的碱性 銅层。				

(4) 鍍層孔隙度試驗

鍍層孔隙度的試驗是采用貼濾紙的方法顯示的，濾紙以試劑浸透后貼在試樣的鍍層面上，使其與鍍面下金屬的離子化合成有色的化合物，然後採用刻有平方厘米方格的玻璃，將其放在印有孔隙痕迹的紙上，孔隙點數是在每一平方厘米的格內單獨計算，測定結果見表 10。

表 10

試樣編號	鍍層類別	鍍層厚度 1/1000公厘	鍍層成份	孔隙數目 點數/公分 ²
1	銅錫合金	10	銅=88.67% 錫=11.33%	5點
2	銅錫合金	10	銅=88.67% 錫=11.33%	4
3	銅錫合金	10	銅=88.67% 錫=11.33%	3
4	銅錫合金	10	銅=88.67% 錫=11.33%	3
5	銅錫合金	20	銅=88.67% 錫=11.33%	3
6	銅錫合金	20	銅=88.67% 錫=11.33%	4
7	銅錫合金	20	銅=88.67% 錫=11.33%	2
8	銅錫合金	20	銅=88.67% 錫=11.33%	3
9	鍍	10		12
10	鍍	10		17
11	鍍	10		12
12	鍍	20		9
13	鍍	20		8
14	鍍	20		9
15	鍍	20		8
附 注	1. 孔隙試驗溶液的取制：在 1000 CC 蒸餾水中溶解 10 克 鐵氰化鉀和 20 克氯化鈉。 2. 上表所列孔隙點數是根據試驗中孔隙點最多的一個平方 公分內計算的。			

(5) 青銅合金的受鍍時間與淀積層的厚度試驗見表 11:

表 11

試 樣 編 号	受 鍍 时 間 (分)	鍍 層 厚 度 (1/1000公厘)	平 均 值 (1/1000公厘)
1	15	10.5	11.42
2	15	11 ~ 12	
3	15	12 ~ 12.5	
4	30	21.5 ~ 23.5	22.81
5	30	23.5 ~ 24.5	
6	30	21 ~ 22.5	
7	30	22 ~ 24	40
8	50	38 ~ 39	
9	50	40 ~ 40.5	
10	50	39 ~ 43.5	

附	電解液成份:
	銅 28.4 克/公升, 游 离 氰 化 鈉 12.3 克/公升; 錫 11.8 克/公升, 游 离 氫 氧 化 鈉 7.75 克/公升;
注	操作条件:
	溫度: 65°C;
	電流密度: 2 安培/平方公寸;
	陽極面积: 陰極面积 = 2:1; 陽極与陰極距离为 250 公厘。

根據以上試鍍過程中的情況，電鍍青銅的電流效率很高，我們採用 2 安培/平方公寸的電流密度，試樣受鍍 30 分鐘後，淀積層平均厚度為 22/1,000 公厘。

(六) 電鍍青銅電解液的配制和維護

(1) 電解液的配制

青銅電解液是用氰化亞銅 CuCN 、錫酸鈉 Na_2SnO_3 、氰化鈉 NaCN 和氫氧化鈉 NaOH 配制成的，它的配制方法如下：