



苏联电镀丛书

SULIAN DIANDU CONGSHU



第七册

电 镀 合 金

П. М. 維亞切斯拉沃夫著

馮 金 柱 譯

机械工业出版社

在本丛书內叙述有电镀过程方面的基本知識，并总结有苏联和外国的电镀經驗。

本丛书可供电镀車間的技术工人、实验員及工长参考之用。

本丛书的全部书名附列于每册的后面。

在这本小册子內叙述的是电鍍銅-鋅、銅-錫、錫-鉛、鎳-鋇及其他在工业上已經采用的合金的工艺过程。此外，还談到了金-銅、鋅-鎳及其他在工业应用上有远大前途的合金鍍层。

П. М. Вячеславов

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ СПЛАВАМИ

Машгиз 1958

* * *

苏联电镀丛书

第七册 电鍍合金

馮金柱譯

*

机械工业出版社出版 (北京苏州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业許可証出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $1 \frac{5}{16}$ · 字数 28 千字
1959 年 6 月北京第一版 · 1964 年 8 月北京第二次印刷
(1963 年 9 月中国工业出版社印 2,153 册)

印数 5,051—18,050 · 定价 0.19 元

*

統一书号: T15033 · 1909(2661)

苏联电镀丛书

(共12册, 現都已譯出出版)

-
- | | |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. П. М. 維亞切斯拉沃夫 | 电镀基本知識 |
| 2 С. Я. 格里里賀斯 | 制件鍍前的准备和鍍层的
精飾加工 |
| 3. В. А. 伊利因 | 鍍鋅和鍍鋁 |
| 4. В. А. 伊利因 | 鍍錫和鍍鉛 |
| 5. А. М. 亞姆波利斯基 | 鍍銅和鍍鎳 |
| 6. М. Б. 切爾克茲 | 鍍鉻和鍍鐵 |
| 7. П. М. 維亞切斯拉沃夫 | 电镀合金 |
| 8. А. М. 亞姆波利斯基 | 电镀貴金屬和稀有金屬 |
| 9. С. Я. 格里里賀斯 | 氧化和磷化层对金屬的
保护 |
| 10. Н. Н. 比比柯夫 | 变极性电流的电镀 |
| 11. Я. В. 瓦依涅尔 | 电镀車間設備 |
| 12. Е. Г. 克魯格洛娃、
П. М. 維亞切斯拉沃夫 | 鍍槽液的分析与鍍层质
量的檢驗 |
-

目 次

緒言	2
第一章 銅合金	4
1. 電鍍銅-鋅合金(黃銅)	4
2. 鍍黃銅時經常遇到的幾種情況	8
3. 黃銅鍍槽工作中常遇之故障及其消除的方法	10
4. 電鍍頓巴克黃銅	11
5. 電鍍銅-錫合金(青銅)	12
6. 鍍青銅時經常遇到的幾種情況	16
7. 青銅鍍槽工作中常遇之故障及其消除的方法	21
第二章 鉛-錫合金	22
8. 電鍍鉛-錫合金	22
9. 鍍鉛-錫合金時經常遇到的幾種情況	24
第三章 鎳合金	28
10. 電鍍鎳-鈷合金	28
11. 鍍鎳-鈷合金時經常遇到的幾種情況	28
12. 電鍍鎳-磷合金	31
第四章 鋅合金	34
13. 電鍍鋅-鎳合金	34
14. 電鍍錫-鋅合金	35
第五章 金合金	36
15. 電鍍金-銅合金	36
16. 鍍金-銅合金時經常遇到的幾種情況	37
17. 鍍金鍍槽工作中常發生的故障及其消除的方法	39
18. 金鍍層的退除	40
參考書	41

緒 言

近年来，人們对于合金鍍層引起了莫大的注意。

二元合金鍍層获得了非常广泛的应用，同时，在工业上也提到了三元合金鍍層，甚至四元合金鍍層的应用。

由参考書[1, 2, 3]●內可以知道，合金鍍層的沉积方法就将近120余种。对于合金鍍層所以这样注意，是由于有可能得到新的物理化学性能及机械性能的材料而引起的。

例如，在鋼件上面鍍銅-鋅合金鍍層（銅70%，鋅30%），能够保証鋼件与橡皮有良好的粘合强度。以金-銅合金鍍層代替鍍金，能够提高耐磨性能及硬度1到2倍。

由于鋅-錫合金（Zn-Sn）和鋅-鎘合金（Zn-Cd）鍍層比鋅鍍層的抗蝕性能高，因此，可以使用这两种抗蝕性能較强的合金鍍層来代替鋅鍍層。

含磷的鎳合金鍍層表面光澤、而且硬度及抗蝕性能也高，根据这些因素来看，可以用它来作裝飾保护層及耐磨鍍層。

通常在鍍一种需要而又非常重要的金屬时，如加入第二种成分之后，則比較容易鍍上。例如，鉬、鎢和錳等金屬，光是一种單元金屬是非常难鍍的，可是，在同少量的鎳或其他金屬結合变成合金元素之后，就容易鍍上。

在某些情况下，电鍍是产生特种合金的唯一方法。

但是，在合金鍍層的理論研究上与其在工业应用上，互相之

● 方括号內的数字系表示本小册子末尾所列的参考書編号。

間還存有很大的脫節現象。造成理論與應用脫節的原因固然很多，但其中首先是應該經常調節電解液，因為陰極的電流輸出效率和陽極的電流輸出效率不一樣，電解液的成分發生變化，就使得分解出來的成分在鍍層內的比例改變，因而合金鍍層的物理化學性能及機械性能也隨之改變。

另外，電解條件（電流密度及溫度）對鍍層的成分也有很大的影響，所以，一般允許電流密度及溫度有比較不大的變動範圍。

當使用可溶解的陽極時，有時採用單元純金屬的 分開 陽極。這種情況使我們必須單獨地調整每個陽極的電流強度，因而使操作程序複雜化。

在很多情況下，採用產生合金鍍層的另一種方法——電熱方法——就是這個原因。這種方法的主要特點，是連續鍍上兩種金屬或更多的金屬之後隨即進行熱處理。由於熱處理使金屬互相之間產生擴散作用，因而就能形成我們所需要的合金鍍層。

不過，我們應該預料到，由於生產檢查的改進及其實行自動化，上述理論研究與工業上具體實踐之間的脫節現象，是會克服的。合金鍍層在工業上將會得到比較廣泛的應用。

第一章 銅合金

1. 電鍍銅-鋅合金（黃銅）

銅-鋅合金（Cu-Zn）鍍層是最舊的電鍍方法之一。不過，從前這種合金鍍層是廣泛被用來作鍍鎳或鍍銀的底層的，而最近二十多年來，它已經專門拿來作提高鋼與橡皮之間的粘合強度之用。

黃銅鍍層還可以單獨應用，因為它易於拋光，也便於化學染色成各種不同顏色，例如染成黑色。

只有在兩種金屬的離析電勢相近似的情況下，這兩種金屬才有可能同時在陰極上析出。

如果銅與鋅的正常電勢相差大於一個伏特時，那末在普通鹽溶液內是不能同時在陰極內鍍上銅和鋅的。所以，為了能夠同時鍍上這兩種金屬，就必須使用這兩種金屬電勢相接近的絡鹽。

最舊的配方是根據氰化物組成的一種配方，對於富有銅的合金，最好採用下列電解液：

氰化亞銅 CuCN	27 克/公升
氰化鋅 $\text{Zn}(\text{CN})_2$	9 克/公升
氰化鈉（總量） NaCN	54 克/公升
碳酸鈉 Na_2CO_3	30 克/公升

這種鍍槽的工作溫度為 $20\sim 40^\circ\text{C}$ ，電流密度為 $0.1\sim 0.5$ 安/公寸²。

陽極是由 J162 號和 J168 號黃銅滾製成的。

新的陽極須進行退火，在 HNO_3 溶液內進行酸洗和用金屬刷

子清理。电解液的配制方法如下：分别在两个铁制容器内配制氰化铜络盐溶液和氰化锌络盐溶液。

为此，在每个容器内须预先配制氰化钠溶液，并且第一容器内的氰化钠数量应为三分之二，而第二容器内的应为配方内规定总数的三分之一。然后再往第一容器内加入规定数量的氰化亚铜，而往第二容器内加入规定数量的氰化锌。

在盐溶解之后，使溶液沉淀澄清进行倾析，然后将其倒入工作镀槽内，在作完化学分析之后即在镀槽内作最后调节。

氰化亚铜溶液及氰化锌溶液的配制，也可按照本《电镀技术丛书》第3册和第5册内所述的其他方法进行。

大家都知道，良好的黄铜镀层不是立即就能形成的，而必须经过初步的和相当长的恒定电流处理之后才能形成。为了加速处理过程，需往镀槽内加入旧的镀液（不得少于全部容量的1/20）或往电解液内加入25%浓度的氨溶液，加入量可以1毫升/公升计算。另外，还采用使溶液沸腾及用交流电流处理电解液的办法。对黄铜镀层的化学成分影响最大的是游离氰化物的浓度及温度。

电解液内氰化物的浓度增大，阴极合金内的含铜量减少；相反，温度提高，镀层内的含铜量增多。

往镀槽内加入少量的氨，对镀层化学成分的稳定性会产生良好的影响。在电解液内铜（Cu）与锌（Zn）于各种不同之比例下，当加入1克/公升的氢氧化铵（ NH_4OH ）之后，就已经能够在电流密度变化较大的范围内保持化学成分的稳定。

根据参考书〔2〕规定，对于成分为Cu70%、Zn30%的黄铜镀层，最好采用下列电解液：

舍夫列里盐 $\text{CuSO}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ……40.6 克/公升

氧化鋅 ZnO	6.2 克/公升
氰化鈉 (总量) NaCN	76.5克/公升
其中游离氰化鈉.....	10 克/公升
氨 (25%濃度的溶液).....	1克/公升
溫度.....	28~30°C
阴極电流密度 D_K	0.4安/公寸 ²
阳極电流密度 D_a	0.2安/公寸 ²
酸度 (pH).....	10.5~11.5
电解時間.....	30 分鐘

除去上述組成成分外，還要往鍍黃銅的电解液內加入很多別的附加劑：硫酸鈉、亞硫酸鈉、亞砷酸、酒石酸鉀鈉。但應該指出，由於鍍槽內的組成成分增多，鍍槽調節即發生困難，因此，上述附加劑加入過多是不適宜的。

由於亞硫酸鈉被氧化（在通過舍夫列里鹽或通過專門加入电解液內的其他鹽類配制氰化銅絡合物時），硫酸鈉在鍍槽內聚集後，會多少降低溶液的電阻。

濃度達20克/公升的亞硫酸鈉，對鍍層的質量不產生任何影響，但是由於它具有還原性能，會減少氯化物的消耗量。亞砷酸會使鍍層光亮，但同時亦提高鍍層的脆性。

還採用鎳的碳酸鹽（1~2克/公升）、硫代氰酸鹽、以及某些有機附加物（硫代甲酚酸及其鹽類）來作光澤劑。

在同時提高电解液穩定性的條件下，採取往电解液內加入舍夫列里鹽和酒石酸鉀鈉及增大基本成分——銅和鋅的濃度等辦法，有可能使鍍黃銅的操作程序強化。

建議中电解液的成分如下：

舍夫列里鹽 $\text{CuSO}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.15~0.2N●

● N—當量濃度。

碳酸鋅 ZnCO_3 0.4~0.5N
 氰化鉀 (总量) KCN 0.6~0.8N
 酒石酸鉀鈉 60 克/公升
 电解液温度 18~20°C
 阴極的电流密度 D_K 1~2 安/公寸²

工件在鍍黃銅的鍍槽內保持之時間，可利用表 1 計算。

表 1 含銅(Cu)70%和鋅(Zn)30%的黃銅沉澱速度

阴極的电流 密度 D_K (安/公寸 ²)	电 流 輸 出 效 率 (%)			
	50	60	70	80
	沉 积 速 度 (公忽/小时)			
0.25	2.75	3.5	4.25	5.0
0.50	5.5	7.0	8.5	10.0
0.75	8.25	10.5	12.75	15.0
1.0	11.0	14.0	17.0	20.0
1.5	16.5	21.0	25.5	30.0
2.0	22.0	28.0	34.0	40.0

前面已經提到过，在鍍黃銅时，采用与鍍層成分一样的黃銅阴極片作阳極。如果在电流密度低于 0.5 安/公寸² 以下鍍黃銅的話，那么就可以使用鑄制阳極。但必須根据国家标准 ГОСТ 1019-47 的要求，确定出阳極內含鎳、砷、錫、鉛、銻等雜質來。阳極內每种的含量不得大于 0.005%。

一般的不采用分开的銅阳極和鋅阳極，因为它很难使电解液的成分保持穩定。

由于氰化物电解液有毒，很多研究工作者都曾設法鍍黃銅不使用氰化物电解液。

在参考書 [2, 13] 內也談到，鍍黃銅可以采用 硫代 硫酸盐、硫代氰酸盐、乙二酸盐、丙三醇、三羥乙基胺及焦磷酸盐电解液。

但是需要知道它的操作程序复杂（如硫代硫酸盐及乙二酸盐电解液），所采用的成分昂贵而且都是稀有物质（如丙三醇、硫代氰酸盐、三羟乙基胺），必须增加辅助工序（如在使用焦磷酸盐电解液时须加镀底层），而且更主要的是尚未在生产中检验过，因此，这些种电解液还不能在工业上应用。

采用两种金属单独电镀后再进行热处理的办法，亦可在铜件上形成黄铜镀层。

去除质量不好的黄铜镀层，可以采用化学方法（在硝酸内酸洗办法）或采用下列成分的电解液用阳极溶解的电化学方法来达成之：

铬酐 CrO_3	300 克/公升
硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	100 克/公升
阳极的电流密度 D_a	8~10 安/公分 ²
温度.....	15~25°C
阴极.....	铅

2. 镀黄铜时经常遇到的几种情况

铜件在压制橡皮之前镀黄铜 铜与橡皮的粘合强度不太大。为了提高它们的粘合强度，铜件须镀黄铜（镀层厚度为3~5公忽），与橡皮一同压合，然后再进行橡皮硫化。为此目的所使用的电解液的调节，应比一般的电解液更要细致。

橡皮与黄铜的粘合强度，首先是取决于黄铜内含铜量的多少，一般的规定，镀层内的含铜量大约应为70%。基体底金属的预先准备也应该特别细致。铜件在电镀之前进行喷砂处理是无益的。

镀有黄铜镀层的工件，必须特别仔细地用水清洗并加以干燥，同时还要谨防表面用手摸和接触潮湿。

最好在鍍上黃銅之后立即压制橡皮。

粘合的强度大小,还与选择的橡皮成分正确与否有密切关系。

導綫鍍黃銅 導綫鍍黃銅的目的很多,青銅導綫鍍黃銅是为了以后容易拉延。在这种情况下,黃銅鍍層是用来作潤滑剂的。

導綫以盘叠形式装入电解液內,并在鍍槽內于3.5伏左右的电压条件下保持15~30分鐘。

实际上,黃銅鍍層在拉延的过程当中完全脫掉。

銅綫鍍黃銅还可以代替鍍金。为此,0.8~1公厘粗的銅綫須在直綫自动鍍槽上鍍黃銅鍍層。并且能够获得非常密实的鍍層,这种鍍層甚至在拉延最大(如制造細銅綫)的情况下,也不会裂开和脫落。

厚黃銅的电鍍 当在鋼件上直接鍍复厚黃銅鍍層时,黃銅鍍層会有产生脫落和膨脹的傾向。

为了避免这种現象發生,須采用很多預防办法。其中防止脫落的最簡便的方法是在酸性鍍槽內鍍以鎳和銅的底層。

在直接往鋼件上鍍黃銅鍍層时,必須預先将工件放在 HNO_3 (I:I)的溶液內酸洗,然后放在冷水中清洗并在下列成分的电解液內鍍黃銅:

氰化鉀銅 $\text{K}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$	26 克/公升
氰化鉀鋅 $\text{K}_2\text{Zn}(\text{CN})_4$	45 克/公升
焦亞硫酸鉀 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$	7.5 克/公升
碳酸鈉 Na_2CO_3	16.5 克/公升
氰化銅 $\text{Cu}(\text{CN})_2$ (白色的)	10 克/公升
氯化銨 NH_4Cl	1 克/公升
氰化鉀 KCN	9.5 克/公升
氨(25%)	4 克/公升
阴極电流密度 D_K	0.6安/公寸 ²

溫度..... 30~40℃

电压..... 2.5~3.5 伏

3. 黃銅鍍槽工作中常遇之故障 及其消除的方法

在鍍黃銅过程中經常遇到的主要故障及其消除的方法見表2。

表2 黃銅鍍槽工作中常遇之故障及其消除的方法

故障性質	造成原因	消除方法
无鍍層形成，有強烈氣體發生，陽極有光澤	游离氰化物過多	加添CuCN
黃銅沉積過緩	a) 游离氰化物過多 b) 電解液內銅鋅的濃度過小	a) 加添CuCN b) 鍍槽內加添鋅鹽和銅鹽
鍍層呈深紅顏色	含銅量過多	鍍槽內加添氰化鋅絡鹽
鍍層呈紅色	a) 游离氰化物含量不足 b) 鍍槽內pH大於10.3	a) 加添少量氰化鉀或氰化鈉 b) 加添酸式鹽減少 pH 值
鍍層呈綠色	a) 含鋅量過多 b) 游离氰化物過多	a) 鍍槽內加添適量作氰化絡鹽 b) 加添 CuCN，減少多餘的游离氰化物
鍍層顏色不均勻	游离氰化物含量不足	加添少量氰化鉀或氰化鈉
鍍層膨脹和脫落	a) 碳酸鹽含量過多 b) 基體金屬（鋼件）處於不活動狀態 B) 由於鍍槽內氰化物過多或電流密度過大，基體金屬充滿氫氣 2) 工件在電鍍前處理不良	a) 用水稀釋鍍槽並加添銅的氰化絡鹽和鋅的氰化絡鹽 b) 在硝酸（1:3）內酸洗，使金屬處於活動狀態 B) 降低電流密度及減少多餘的氰化物 2) 改進鍍前准备工作

(續)

故障性質	造成原因	消除方法
鍍層在鍍槽內呈黑色	游离氰化物過多	加添氰化亞銅，減少多餘的氰化物
鍍層在空氣中呈暗色（由鼓形或鐘形鍍槽內取出之小工件）	工件在切斷電流之後，用清水清洗和干燥不夠迅速	必須用清水清洗工件和進行干燥
鍍層變灰色	鍍槽碰過多	在大電流密度條件下，使鍍槽工作几小時
鍍黃銅之後（一般過1~3天）在工件上呈現褐色斑點或黑色斑點	在基體金屬的孔隙內含有鹼	在鍍前用硝酸（1:3）將工件浸洗
陽極上復以白色薄層	a) 游离氰化物不足 b) 鍍槽內碳酸鈉集聚過多	a) 加添氰化鉀或氰化鈉 b) 用水稀釋鍍槽

4. 電鍍頓巴克黃銅

目前，對採用電鍍頓巴克黃銅產生雙金屬的方法引起很大的注意。頓巴克黃銅是一種含銅（Cu）88~91%及含鋅（Zn）9~12%的銅鋅合金（ГОСТ 1019-47）。在工業應用上一般都是採用機械熱處理的方法（包復方法）產生鋼-頓巴克黃銅雙金屬的，具體點說，就是先加熱附有两層頓巴克黃銅片的薄鋼板坯，然後再滾軋即得。經過滾軋金屬就能達到需要的厚度，而且鋼與頓巴克黃銅也能牢靠地粘合在一起。頓巴克黃銅鍍層的厚度一般為50~150公忽。

列寧格勒林索維特工藝學院電氣化學教研室研究出來的用電鍍產生雙金屬的方法與熱處理方法相比較有很多優點，這些優點是：1）節省有色金屬；2）電解金屬純潔；3）對操作過程的檢查較為完善並能實行自動化；4）勞動條件有所改善。

在工業上用电解方法產生鉄-銅雙金屬與用包復方法產生鉄

一噸巴克黃銅雙金屬相比較，結果證明，一噸電解雙金屬比一噸包復雙金屬在經濟上要便宜一半，同時還多出合格品25%。

電鍍頓巴克黃銅用的電解液成分及其操作規範：

銅(氰化銅).....	28~42 克/公升
鋅(氰化鋅).....	3~4.5 克/公升
氰化鉀(游离的).....	10~15 克/公升
苛性鈉(总量).....	25~35 克/公升
酒石酸鉀鈉.....	40~45 克/公升
氨(25%濃度的溶液).....	2 毫升/公升
陰極的電流密度 D_K	2~3 安/公寸 ²
陽極的電流密度 D_A	3.3~3.5 安/公寸 ²
電解液溫度.....	50~55°C
陰極和陽極的電流效率.....	77~80%

陽極採用與陰極鍍層成分相適應的合金(Cu90%及Zn10%)。

在正確遵守陽極規範的條件下，電解液的成分變化極為微小。

調正電解液的方法，主要的是增添必要數量的 KCN 和 NaOH，因為它的濃度在工作過程中(經過10安-小時/公升)會逐漸減小。所以必須每隔50~100安-小時/公升按銅和鋅的含量加以調節。

為了改進鍍層與基體的粘合性能，雙金屬最好在 600~700° 溫度條件下熱處理30分鐘。

5. 電鍍銅-錫合金(青銅)

電鍍青銅是一種比較新的電鍍方法，只是最近幾年來在工業上才開始採用。

含錫2~3%的鍍層，其顏色好似紅銅，含錫15~20%的鍍層，其顏色呈金黃色，而含錫在35%以上的鍍層則呈白色。

目前實際採用的青銅鍍層有兩種成分，一種成分含錫 15~

20%，另一种成分含錫40~45%。

虽然青銅鍍層对鋼来講是阴極鍍層，但根据很多著者的意見[1, 4]，都認為这种鍍層由于沒有气孔，在一定的条件下具有良好的防蝕性能。

譬如，10公忽厚的青銅鍍層，实际上沒有一点气孔，但是鍍層就不然，在1公寸²表面範圍內就有50~60个气孔。在最初，青銅鍍層仅是用来代替鍍作鍍銘的底層的，因而不但提高了耐蝕强度，同时还保證了銘与基体有良好的結合能力。

現在 Cu-Sn 合金已用来作为独立的鍍層。

对电鍍青銅鍍層，曾提出过很多种电解液来[1]，但是在工业上采用的电解液，其成分有錫（錫酸盐 Na_2SnO_3 ），銅（复式氰化盐 $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CN})_3$ ）及苛性鈉 NaOH 和氰化鈉 NaCN 或氰化鉀 KCN 。这种电解液的配制方法，是单独地配制 氰化 銅鈉溶液和錫酸鈉溶液。

复式氰化銅和錫酸盐溶液的配制方法，叙述在本丛書的第4册和第5册內。这两种溶液根据所需电鍍層的成分以一定的比例关系进行攪拌，并在必要时調配些 NaOH 和 KCN 。

一般的采用含錫銅与阴極鍍層比例关系一样的青銅作阳極。

还可以使用分开的阳極。当使用銅阳極和錫阳極工作时，应保證能够单独地調整这两个極上的电流密度，如圖1內的电路所示。为了避免銅阳

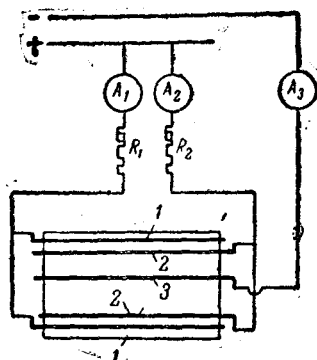


圖1 銅阳極和錫阳極單

独供电的鍍槽电路：

1—銅阳極棒；2—錫阳極棒；
3—阴極棒； A_1 ， A_2 ， A_3 —
安培表； R_1 ， R_2 —可变电阻。

極产生鈍化作用，銅阳極上的电流密度应不大于 1安/公寸^2 。

錫阳極上的电流密度，应保証使阳極局部鈍化（参看本丛书第4册）。在青銅鍍槽工作条件下，电流密度一般保持在 $2.0 \sim 2.5\text{安/公寸}^2$ 范围内。在开始通电之前及在电解中断时，錫阳極的构成也应像一般鹼性鍍槽内一样；否則，錫在电解液内将以两价离子形式被溶解，因而使鍍層質量降低。

經過銅阳極和錫阳極的电流比例关系，应保証使銅和錫与阴極鍍層内同样的比例关系轉入溶液内。

B. И. 拉伊涅尔建議在电解含錫量多的合金（白青銅）过程中，应将銅阳極和銅阳極（或鎳阳極，作为非溶解性阳極）淹沒在电解液内，而錫含量在电解液内的减少，应采用定时增添錫酸鈉的办法給予弥补。

但是，在这种情况下，只有采用非溶解的阳極（鎳阳極）并加添錫和銅来調节电解液，操作才簡便。

在采用溶解的阳極时，其成分須非常潔淨，如果含有鉛、銻和砷杂质时，会产生很坏的影响。

电鍍青銅时阴極的变化經研究証明，鍍層的成分，以及电流的輸出絕大部分是取决于 KCN 和 NaOH 的濃度及电解液的溫度[4, 5]。

如果降低溫度时，鍍層內的含錫量随之减少，而且阴極的电流輸出也跟着急烈地下降。因此，电解液的溫度最好不要降低到低于 60°C 。

改变苛性鈉 NaOH 的濃度，对阴極鍍層的成分影响最显著。

如果提高电解液內的含碱量时，鍍層內的含錫百分数就将减少。

譬如，在成分为 Cu— 19.7克/公升 ，Sn— 22.7克/公升 ，KCN