

合 金 电 鍍

〔苏联〕Г. Т. 巴赫巴洛夫^著
Л. И. 卡达涅尔

高維翰編譯

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書自苏联“电镀手册”与“电镀新成就”两書中的合金电镀部分选譯編纂而成。叙述了黃銅、銅錫、銅鋅、鋅錫、鉛錫、銘錫等合金的电解液成分、工作过程及鍍层的特征与用途；还扼要地說明电镀鋁、鎘、銻、銀等稀有元素及其合金的鍍液配方与优缺点等。

合 金 电 鍍

СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОСТЕГА;
НОВЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ
ГАЛЬВАНОСТЕГИИ

原 著 者 [蘇聯] Г. Т. 巴赫巴洛夫等
Л. И. 卡達涅爾等

原出版者 Металлургиздат, 1951;
Издательство харьковского
университета 1954.

編 譯 者 高 維 翰

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

中國科學院上海分院印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

開本 787×1092 1/32 印張 2 1/8 字數 39,000
(原科技版印 8,000 冊)

1958 年 12 月新 1 版、1958 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
印數 1—3,000

統一書号：15119·505

定价：(十二) 0.26 元

目 录

1. 緒言	1
2. 鍍黃銅	2
3. 在非氰化物電解液中鍍黃銅	6
4. 在焦磷酸鹽電解液中鍍黃銅	8
5. 鍍黃銅過程加速法	9
6. 鍍黃銅的特种用途	13
7. 鍍銅錫合金	15
8. 鍍銅鋅錫合金	24
9. 鍍鋅鎳合金	25
10. 鍍錫鋅合金	27
11. 鍍鉛錫合金	30
12. 鍍鉻鎳合金和鐵鉻鎳合金	31
13. 鍍錳和錳合金	34
14. 鍍鉬和鉬合金	39
15. 鍍鎳和鎳合金	40
16. 鍍銻和銻鎳合金	41
17. 鍍貴重金屬合金	43
18. 鍍銀鎳合金	46
19. 鍍磷鎳合金和磷鎳合金	47
20. 鍍鎢鎳、鎢鎳、鎢鐵、鎢鉻合金	51
21. 鍍減摩合金	54
参考文献	59

1. 緒 言^①

最近几年来, 对于合金的电鍍以及許多尙未在电鍍中得到应用的新金属的电鍍, 頗有人加以研究。可是这种电鍍合金的新工艺, 在工业上有的完全沒有得到应用, 有的(如銅錫合金、銅鋅合金、鉛錫合金)只得到极其有限的应用。

这是因为要同時沉积两种或两种以上的金属, 实有相当困难。大家知道, 要同時沉积这些金属, 一定要有一个条件, 就是它們的放电电位必須相近, 例如沉积鉛錫合金, 就是这样。如果几种金属的标准电位相差极巨, 問題就复杂了。在这种情况下, 可使几种金属結合为半离解的复鹽, 来使它們的电位变得相近。这往往只要应用表面活潑的物質使几种金属中的一种的临界电流值从較高的电位迅速降低, 就可以了。如果几种金属形成固态溶液或金属間化合物, 那末同時沉积几种具有显著不同电位的金属, 就不是什么难事。例如鎂, 一般地說来是不可能在水溶液中加以沉积的, 它却可以与鋁同時沉积出来, 这就是因为它同鋁形成了金属間化合物的緣故。

如上所說, 沉积合金是有許多困难的。合金的成分, 在大多数情况下对于电解液成分的濃度、电流密度、溫度等等都是极敏

① 本篇譯自 Л. И. Каданер, Новейшие достижения гальваностегии, Госуниверситет имени А. М. Горького, Харьков, 1951. (以下簡稱“电鍍的新成就”)129~130頁——編譯者

感的。由于被镀物件表面上电流密度分布得不均匀，在被镀物件的不同部分就沉积出成分不同的合金。有许多时候，阳极电流效率和阴极电流效率极不一致，因此电解液的成分发生变化，沉积过程就遭到破坏。但是无论如何，过去所进行的研究总使我们根据认为，将来许许多多合金的电镀必定可以得到工业上的应用。

关于在电镀中应用各种新金属的可能性，同样应当这样说。

2. 镀黄铜^①

在含有铜和锌的氰化物复盐的溶液中，采用一定的电解规范，可以镀得铜锌合金(黄铜)的镀层。

黄铜中铜和锌的含量，在极大程度上是取决于溶液中游离氰化物的浓度、阴极电流密度和镀槽温度。

表 1 表示镀黄铜的电解液的成分和镀槽操作规范。

表 2 表示镀黄铜的速度。

电解液的配制 镀槽 1 ——在铁的容器中配制氰化铜复盐的溶液，在另一铁的容器中配制氰化锌复盐的溶液。配制这两种溶液时，可预先在两个容器中分别制成氰化钠溶液，其第一容器中的氰化钠的量约为配方(表 1)中所需氰化钠总量的三分之二，其第二容器中的氰化钠的量约为配方中所需氰化钠总量的三分之一。然后在不断搅和下，在第一容器中加入适量的氰

① 本篇译自 Г. Т. Бахвалов, Л. Н. Биркган и В. П. Лабу-
тин. Справочник гальваностегия, Металлургиздат, Москва,
1954. (以下简称“电镀手册”)196~199 页及 140, 105 页——編譯者

鍍黃銅的電解液成分(克/公升)和
鍍槽操作規範(電流效率—60~70%) 表 1

電 解 液 成 分	鍍 槽 1	鍍 槽 2
氰化銅	27	—
西佛萊鹽形式的銅	—	20
氰化鋅	9	—
氯化鋅形式的鋅	—	20
氰化鈉,	54	100
其中游离的	16	28
亞硫酸鈉	—	10
溫度(°C)	20~40	30~40
電流密度 D_K (安培/分米 ²)	0.1~0.5	0.3~0.5

注1:黃銅陽極板應含銅 70±2%, 含鋅 30±2%, 大致與所要得到的沉積物的成分相同。

注2:不宜採用各別的銅陽極板和鋅陽極板。

注3:新使用的陽極板, 應先退火, 並放在濃度 5% 的硝酸溶液中进行腐蝕, 然後用金屬刷刷淨。

注4:往往有人在鍍黃銅的電解液中加入 30 克/公升以下的碳酸鈉。

化銅, 在第二容器中加入適量的氰化鋅。等它們充分溶解後, 讓溶液澄清, 然後傾入工作槽, 再在鍍槽中注水至所需水平。在仔細攪和後, 對溶液中所含有的銅、鋅和游离氰化物进行分析, 並加校正。

鍍槽 2 ——預先分別制成氰化銅和氰化鋅的溶液, 然後把它們混和在一起, 電解液即可配制成功。配制氰化銅溶液(利用

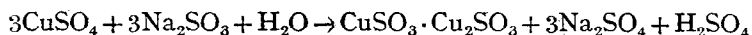
鍍含銅 60~70%、含鋅 30~40% 的

黃銅的速度(微米/小時)

表 2

电流密度 D_K (安培/分米 ²)	电 流 效 率 (百分数)			
	55	60	65	70
0.1	1.3	1.4	1.5	1.7
0.2	2.6	2.8	3.0	3.2
0.3	3.8	4.2	4.6	5.0
0.4	5.1	5.6	6.1	6.5
0.5	6.4	7.0	7.6	8.2

西佛萊鹽), 可把硫酸銅和亞硫酸鈉分別溶解在 60~65°C 的少量水中(用里面搪有聚氯乙烯塑膠板的容器), 然后在激烈攪和下徐徐地把亞硫酸鈉溶液加入硫酸銅溶液中, 即有西佛萊鹽沉淀出来:



但是因为实际上制得的西佛萊鹽只有硫酸銅用量的 60%, 所以电解液中每需銅 10 克/公升, 就需要硫酸銅 70 克/公升和亞硫酸鈉 126 克/公升。西佛萊鹽制成后, 用热水漂洗两三次, 然后把它加入氯化鈉溶液中, 即可制得氰化銅溶液。配制氰化鋅溶液, 可把新制成的氫氧化鋅或氧化鋅溶解于氰化鈉溶液, 不必另加氫氧化鈉。

把銅和鋅的溶液傾瀉入工作槽, 加水至所需水平并仔細加以攪和后, 对电解液中游离氰化物的含量进行分析。

除此之外, 还可以使碳酸鈉作用于硫酸銅和硫酸鋅, 利用其所沉淀的新鮮的銅鹽和鋅鹽来配制电解液, 茲不贅。

新配制成的电解液，須預先通直流电加以处理（時間为 2 天到 3 天）。为了增加速度起見，可在新配制成的电解液中加入 1/10 的長時期使用过的老电解液，或在电解液中加入 1 毫升/公升的氨水。

电解液中的有害杂质 一般認為含鉄 0.1% 以上，含碳酸鹽 100 克/公升以上，含鉛、砷、銻、錫、鎳 0.005% 以上，是有害的；同時膠态有机物也是有害杂质。鍍黃銅用电解液中的銅、鋅和碳酸鹽量应每星期分析两次，游离氰化物量应每日加以分析，有害物質于必要時分析之。

鍍黃銅用鍍槽操作中的缺陷

表 3

缺 陷 的 征 候	发生缺陷的原因
阴极沉积物呈不正常的紅色	阴极电流密度过低。电解液的温度过高。游离氰化物的含量过低。应当按照所希望鍍得的鍍层顏色增高电解液中的鋅含量。
阴极沉积物呈不正常的淡白色	阴极电流密度过高。电解液的温度过低。游离氰化物或鋅的含量过高。
黃銅顏色不正常（仅在个别鍍件上）	鍍件和挂具或阴极导电杆的接触不好。鍍件在鍍槽中布置欠当。
— 阳极发生鈍化，因为表面上产生一层不溶于电解液的坚固复层，致使阳极溶解中断。即使把鍍槽中的电压相当提高，也不能得到需要的电流强度。	阳极电流密度过高。电解液中游离氰化物的含量过低。須將阳极电流密度降低至 0.3~0.5 安培/分米 ² ，并預先將阳极板放在 5% 的氰化鈉溶液中刷淨。檢查鍍液中游離氰化物的含量，并加校正。
阳极板在电解时始終光亮。阳极板表面上略微产生电解正常进行时所未有的淡綠色松软复层。 — 阴极上逸出气体猛烈 — 阴极上所沉积的黃銅呈不正常的淡白色，或完全不沉积。	鍍槽中游離氰化物含量过高
沉积物膨腫和剝离	游离氰化物大大过剩。阴极电流密度过高。鍍件表面的准备工作做得不好。

鍍黃銅用鍍槽的校正,主要在于保持一定量的游离氰化物。除此之外,应按時加入金屬鹽,以保持電解液中銅和鋅的正常濃度。

鍍槽操作中的缺陷見表 3。

3. 在非氰化物電解液中鍍黃銅^①

在氰化物電解液中进行電鍍,有利亦有弊。好处是沉积物密致光滑,結晶細小,在阴极表面上分布均匀。缺点是電解液不大稳定,所費較昂,可采用的電流密度照例不大,因而電鍍速度也不高,電流效率低。然而氰化物電解液最主要的一个缺点,却在于它有相当大的毒性。非但氰化鈉和氰化鉀本身就有极大毒性,而且游离氰化物(氰化鈉或氰化鉀)在空气中的二氧化碳的作用下,就分解而为碳酸鈉(或鉀)和氰酸,这种酸是具有剧毒的。所以在苏联那样的社会主义国家里,为了工人的安全和改善工人的劳动条件,关于代替氰化物電解液的研究,是得到大力支持和鼓励的。

A. И. 斯塔布罗夫斯基⁽¹⁾⁽²⁾所建議的一种電解液,就属于鍍黃銅用非氰化物電解液,其成分是: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —2.0 克/公升; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —4.5 克/公升; $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ —26.0 克/公升; H_3BO_3 —20.0 克/公升; 明膠—0.1 克/公升; 溫度— $18 \sim 20^\circ\text{C}$; 電流密度 $D_k = 0.1 \sim 0.3$ 安培/平方分米。用这种電解液所获得的

① 本篇譯自“電鍍的新成就” 102~103 頁及 123~124 頁——編譯者

② 方括弧里的数字代表参考文献(見書末)的号数,以下同——編譯者

沉积物,十分光亮,顏色是黃中微微帶綠,其中含銅 65~71%^①,含鋅 30~35%。这种电解液具有成分稳定和經久不变的特色,这一点是由于銅和鋅的草酸复鹽的溶解度是极有限的。而这两种鹽的溶解度又随 pH 的大小而定。电解液中应当不時加入明膠。而証明必須加入明膠的外表征候,就是电解进行時电解液起泡現象減弱。

配制上述电解液,一点也不复杂。先將硫酸鋅和硫酸銅溶解在加热到 50~60°C 的水中,然后同热的草酸溶液混和在一起,这时便有成分为 $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_4\text{Zn}(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$ 的复鹽随之形成。然后再把預先溶在水中的硼酸和明膠加入电解液。

电解液的溫度是一个重要的因素。溫度如果增高,銅和鋅的复鹽的溶解度就提高,接触析出銅的傾向就加强,而明膠的良好作用就減弱。过分攪和溶液,也会減弱明膠的作用。

电流密度的影响也很大。电流密度高,沉积物中含鋅就多,电流效率就低。例如阴极电流密度为 0.1 安培/平方分米時,沉积物中含銅 70.6%,含鋅 29.4%,电流效率为 58.5%;而阴极电流密度为 0.3 安培/平方分米時,沉积物中就含銅 58.5%,含鋅 41.5%,电流效率为 45.3%。阳极电流效率通常上下于 91~99% 之間,所以溶液中銅和鋅的复鹽会越来越多,結果生成沉淀;同時溶液的 pH 会逐漸降低。所以电解液中应按時加入草酸。

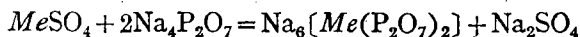
为了避免銅的接触析出以致引起沉积物和基体金属的結合力的減弱起見,鉄件应当唯有在通上电流之后再放入鍍槽。

① “71”疑当作“70”——編譯者

4. 在焦磷酸鹽电解液中鍍黃銅^①

实验室的研究表明,在某些条件下,可以在非氰化物的、焦磷酸鹽的电解液中电鍍黃銅。

焦磷酸鈉的必需量,可以按照下列方程式中的反应进行計算:



式中的 Me 代表銅或鋅。

加入电解液中的焦磷酸鈉,須有若干过剩量(每公升約为 0.17 克当量)。除此之外,电解液中应含有每公升为 0.25 克当量的磷酸氫二鈉。

表 4 表示鍍黃銅用电解液的成分和鍍槽操作规范(根据 П. С. 季托夫的实验数据)。

鍍黃銅用焦磷酸鹽电解液的成分和鍍槽操作规范 表 4

鍍槽	鍍层中的 銅含量 (%)	电解液中金属复鹽的濃度 (克当量/公升)		鍍槽操作规范		
				溶液温度 (°C)	电流密度, D_K (安培/分米 ²)	搅和与否
		$Na_6Cu(P_2O_7)_2$	$Na_6Zn(P_2O_7)_2$			
1	96	0.332	0.166	40	1.75	搅和
2	90	0.375	0.125	40	1.25	不搅和
3	80	0.125	0.375	40	1.25~1.35	搅和

电解液的配制 銅和鋅的复鹽溶液,可分別地加以配制。

① 譯自“电鍍手册”199~200 頁——編譯者

每種溶液中應含有金屬鹽每公升為 0.5 克當量。配制電解液時，可先制成幾份焦磷酸鈉的飽和溶液。然後在劇烈攪和下把熱的硫酸銅溶液徐徐加入於一份焦磷酸鈉的飽和溶液中，結果就形成可溶性的銅復鹽。其次，按上述量把剩餘的焦磷酸鈉和磷酸氫二鈉加入溶液中。鋅復鹽溶液的配制方法與此相同。兩種溶液制成後，分別用水稀釋，然後按照下述計算方法把它們混和在一起，即：銅與鋅的濃度的比例，在鍍槽 1 應為 2:1，在鍍槽 2 應為 3:1，在鍍槽 3 應為 1:3。

用焦磷酸鹽電解液鍍黃銅的工作效果，在工廠生產中尚待檢驗。

5. 鍍黃銅過程加速法^①

在實際應用中電鍍黃銅，已有一百多年歷史。可是因為電鍍黃銅過程的速度較慢，鍍層穩定性不大，而且鍍黃銅用的氰化物電解液有劇毒，所以最近二三十年以來，在相當大的程度上，鍍黃銅已逐漸被其他電鍍方法所排擠。現在常常鍍黃銅於鋼上，用作橡膠粘合於鋼件上的中間層。

由於黃銅具有高度的耐蝕力，而且鍍黃銅可能實行銅的節約，所以鍍黃銅還是有相當好處的。

П. П. 別里耶夫〔3〕研究電鍍黃銅的過程，結果確定：如果在電解液中加入西佛萊鹽和酒石酸鉀鈉的成分，並增加基本成分——銅和鋅的濃度，那末就可以大大提高電鍍過程的速度，同

① 本篇譯自“電鍍的新成就”76~79頁——編譯者

時增加電解液的穩定性。

他所介紹的電解液的最適當的成分如下：西佛萊鹽—0.15~0.2H^①；碳酸鋅—0.4~0.5H；氰化鉀(總的)—0.6~0.8H；酒石酸鉀鈉—60克/公升；電解液溫度 $t = 18 \sim 20^{\circ}\text{C}$ ；電流密度 $D_K = 1 \sim 2$ 安培/平方分米。

採用這種電解液和操作規程，所獲得的沉積物中可含有60%的銅和40%的鋅，其電流效率為55~60%。陽極板用黃銅板。

如果把銅鹽和鋅鹽的濃度提得較高，就可以用較高的電流密度獲得令人滿意的沉積物。

加入酒石酸鉀鈉可以穩定電解液的成分，阻止陽極板的鈍化，因此就可以保證陽極板在高陽極電流密度下正常溶解，同時減少極泥。

所鍍得的黃銅的成分，隨游離氰化物的濃度和電流密度而異。

銅和鋅的標準電極電位有相當大的差別，所以應用氰化物電解液來同時沉積銅和鋅，其先決條件是通過銅和鋅的氰化物復鹽的形成而使這兩種金屬的電位互相接近。除了氰化物溶液之外，鋅和銅的電位在硫代硫酸鹽和硫代氰酸鹽的溶液中也顯著地互相接近。這一點，可以從表5中看得很清楚。

A. И. 列文(4)研究硫代硫酸鹽和硫代氰酸鹽電解液，結果確定，在這種電解液中，是有可能獲得結晶細小、密致光亮的黃銅沉積物的。

① H. 代表克當量濃度。以下同——編譯者

就各種溶液所測定的銅和鋅的電位

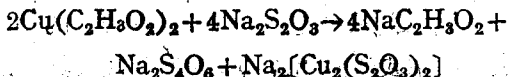
表 5

(根據 A. M. 列文的資料)

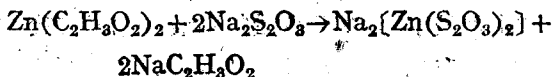
溶液成分	平衡電位	$E''_{Cu}-E''_{Zn}$ ^①
0.1H. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.1H. $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	+0.271 -0.809	1.08
0.1H. $NH_4[Cu(CNS)_2]$ 0.1H. $NH_4[Zn(CNS)_2]$	-0.360 -0.903	0.54
0.1H. $Na[Cu(S_2O_3)_2]$ 0.1H. $Na_2[Zn(S_2O_3)_2]$	-0.310 -0.846	0.53
0.1H. $K[Cu(CN)_2]$ 0.1H. $K_2[Zn(CN)_4]$	-0.610 -1.033	0.42

硫代硫酸鹽電解液的成分是：醋酸銅—7.5 克/公升；醋酸鋅—35 克/公升；硫代硫酸鈉—120~150 克/公升。

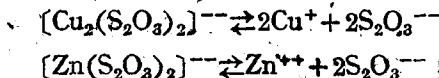
在硫代硫酸鈉和醋酸銅相互發生作用時，電解液中就形成硫代硫酸銅鈉複鹽：



鋅複鹽是由下列反應而產生：



複合陰離子略有離解，並形成離子 Cu^+ 和 Zn^{++} ：



銅複合離子的離解進行得比鋅複合離子稍慢，所以在提高

① 這一欄表示銅和鋅的平衡電位差值——編譯者

电流密度時，由于鋅离子会优先补充阴极区間，所以鋅的沉积量就上升，阴极沉积物中就多鋅。

在电解新配制的电解液時，往往会得到不密致的暗黑色沉积物。如果要鍍得厚度为 15 微米以下的良好的鍍层，必須預先將鍍液“处理” 12 小时。电解液温度为 30°C 并加有亞硫酸氫鈉(饱和溶液 30 毫升/公升以下)時，阳极过程①的进行可无多大困难。

电流密度低至 0.1 安培/平方分米時，只能鍍得銅。 $D_x = 0.5$ 安培/平方分米時，基本上鍍得鋅。唯有电流密度在 $0.2 \sim 0.4$ 安培/平方分米的範圍內時，才能鍍得令人滿意的合金鍍层。这无疑地就使过程的进行，特别是具有側面鍍件的过程的进行，发生困难，因为在具有側面的鍍件上，电流密度的分布是不均匀的，所以局限于上述电流密度範圍內就不足应付了。

在研究硫代氰酸鹽电解液時，曾获得略見良好的結果。

所試用的电解液的成分是： Zn (醋酸鹽形式的) — 3.1 克/公升； Cu (醋酸鹽形式的) — 3.7 克/公升； NH_4CNS — 225~300 克/公升； $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ — 10~15 克/公升。

在上述电解液中，曾加入少量的醋酸，目的是在于防止阴极上产生氫氧化銅和氫氧化鋅，因为这两样东西都会損害沉积物的。

电流密度一直高到 2 安培/平方分米，都可以得到十分令人滿意的沉积物，其厚度可达 20 微米。

这一点，曾經被指出：加入少量的氨水 (25% 的 NH_4OH 至

① 所試用的阳极板是含銅 68.7%、含鋅 31.3% 的黃銅

多5毫升/公升),可以改进沉积物的品質。同時,黃銅中含銅較少,因为氨能形成銅的較为稳定(比硫代氰酸复鹽)的硫代氰酸鍍复鹽,这就可以减低銅的濃度,并使銅的电位因之变得較負。

氨的良好作用,在溶液 pH 的稳定上也表現出来。

根据 A. И. 列文的意見,过去所得到的成績是令人鼓舞的,而且可以預料到,如果对鍍黃銅用硫代氰酸鹽电解液作进一步的研究,那末將來一定可以把这种电解液应用于工业实践中。

6. 鍍黃銅的特种用途^①

近年来,鍍黃銅有了一种特种用途,就是用来加强鋼鉄和橡膠的粘合强度。这时通常是把制品鍍上黃銅,和橡膠一同加以压紧,然后施以硫化。可是有許多時候,橡膠和鍍过黃銅的表面的粘合力却不大,或者甚至完全没有粘合力。关于这一点,有种种看法。有些人指出,要使橡膠順利地粘牢,应当正确地选择所鍍的黃銅的成分。他們認為最适当的成分是使黃銅中銅的含量保持在72~78%之間。另外一些研究家則認為,黃銅中应含銅70%,含鋅30%。

有一种意見認為,要使橡膠粘合牢固,鍍层应为 α 黃銅,同時黃銅中不应含有其他雜質。即使有其他雜質,也只許有痕量。

粘合的牢固与否,显然还取决于橡膠的成分,同時黃銅的成分也应当与橡膠的成分适当配合。粘合的牢固程度还取决于硫

① 本篇譯自“电鍍的新成就”130~131頁——編譯者

与橡胶和硫与黄铜的反应速度的对比关系的。

A. И. 斯塔布罗夫斯基〔5〕曾根据实验指出，要使橡胶粘合得令人满意，唯有采用含锌不少于 20~25% 的 α 黄铜。要使橡胶同 β 黄铜和 γ 黄铜粘合，是办不到的。镀层厚度在 1~5 微米之间的变化，并不影响到镀层的结合力。

A. И. 斯塔布罗夫斯基认为欲镀得成分最适当的黄铜，可应用如下电解液： $\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}_2(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —40.6 克/公升； ZnO —6.23 克/公升； NaCN (总的)—76.5 克/公升； NaCN (游离的)—8~10 克/公升； NH_4OH (25% 的溶液)—1.0 克/公升；温度—28~30°C； pH —10.5~11.5，阴极电流密度 D_k —0.4 安培/平方分米；阳极电流密度 D_a —0.2 安培/平方分米；电解延续时间—30 分钟。

要镀得上述铜锌含量的黄铜镀层，必须仔细校正电解液的成分并遵守最适当的电解规范。例如铜或锌、游离氰化物或氨的浓度如果发生变化，阴极电流密度、 pH 和温度如果发生变化，都会使得阴极沉积物的成分发生相应的变化。别的不说，单是电解液的温度提高 1°C，就足以使黄铜沉积物中铜的百分含量增加 1%。游离氰化物的浓度如果提高，沉积物中铜的含量就会增加，沉积物和基体金属的镀着强度就会减退，同时阴极电流效率就会下降，阳极电流效率就会上升。氰化物的含量如较高，所沉积的黄铜层的厚度就较均匀，而同时，黄铜中杂质的含量也就降低。如果加入氨，就可以阻止杂质进入阴极沉积物中，同时还影响到溶液的 pH 。

要保持溶液中铜和锌的一定比例，应使采用为阳极板金属的黄铜保有恰当的成分，其中铜的含量应为 70%，锌的含量应