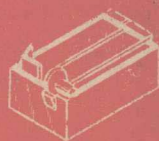


苏联电镀丛书

SULIAN DIANDU CONGSHU



第五册

鍍銅和鍍鎳

A. M. 亚姆波利斯基著



机械工业出版社

目 录

序言	2
第一章 鍍銅	3
§ 1. 銅的物理化学性质及鍍銅的应用范围	3
§ 2. 主要材料	4
§ 3. 氰化物鍍銅电解液	5
§ 4. 非氰化物鍍銅电解液	8
§ 5. 酸性鍍銅电解液	11
§ 6. 鍍銅的特殊应用和方法	14
§ 7. 鍍有色氧化亞銅膜	19
§ 8. 銅鍍层最后处理	20
§ 9. 鍍层质量檢查和廢品修复	22
第二章 鍍鎳	23
§ 10. 鎳的物理化学性质及鍍鎳的应用范围	23
§ 11. 主要材料	26
§ 12. 硫酸盐鍍鎳电解液	26
§ 13. 光澤鍍鎳电解液	34
§ 14. 鍍鎳的其他电解液	36
§ 15. 鍍黑鎳	37
§ 16. 鍍鎳的特殊应用	40
§ 17. 化学鍍鎳	47
§ 18. 鎳及其合金的补充处理	47
§ 19. 鍍层的质量檢驗	48

序 言

鍍銅與鍍鎳是最廣泛採用的兩種保護-裝飾性電鍍層。

在 1838 年所創始的電解沉澱銅法是最早的電鍍方法之一，並成為發展新的電化學-電鑄電鍍技術奠定了基礎。在金屬保護-裝飾性電鍍當中鍍銅與鍍鎳一般同時採用，交替地鍍復則可得到無孔隙的多層鍍層。除此之外，銅底層不但價廉，且易於拋光，從而極大地降低成本和提高鎳鍍層的质量。

這本小冊子的任務就是簡要敘述現代鍍銅與鍍鎳的基本工藝過程。它介紹了鍍銅、鍍鎳和由銅鎳金屬獲得多層電鍍的工藝方法、電解液的成分和工作規範，以及每一工序的特點。

著 者

第一章 鍍 銅

1. 銅的物理化学性质及鍍銅的应用范围

俄国科学院士B·C·雅科比于1938年創始了用电解方法沉积銅。

从此以后，鍍銅在我国的許多工业部門中得到了广泛的应用。

銅是可塑性的和易于抛光的金屬。銅的比重为8.9，熔点 1084° 。銅的比电阻为 0.0175 欧姆·毫米²/米，导热性 330 大卡/·米·小时 $^{\circ}\text{C}$ 。因而，銅的导电性和导热性比鉄大 $6\sim 7$ 倍，比鋁大 1.5 倍（这一性质在作汇流排、挂具、阳极和阴极棒时是必須考虑的）。銅的原子量为 63.7 。

在化合物中，有一价銅和两价銅。譬如，氰化物电解液中 $\text{NaCu}(\text{CN})_2$ 含有一价銅，然而酸性电解液的 CuSO_4 却是两价銅，因而銅的电化当量相等于 2.372 和 1.186 克/安培·小时。銅的标准电位是 $+0.34$ 伏特。銅鍍层有美丽的玫瑰顏色；在大气腐蝕条件下，銅易于同空气中的硫化物、水分和二氧化碳化合，从而复盖一层氧化物而变暗。銅剧烈地溶于硝酸和鉻酸，稍溶于硫酸但几乎不溶于盐酸。有机酸易于腐蝕銅；强碱当中氨对銅的浸蝕最剧烈。在大气条件下銅与鉄形成电池偶，其中銅为电位較正的金屬，則是阴极，因而銅不能以电化学方法防止鉄不受腐蝕。然而，由于銅具有良好的可塑性和易于抛光，所以在多层保护与裝飾性鍍层中銅广泛用作中間的底鍍层。除此之外，多层鍍层可减

少孔隙率，并且因为使用了銅底层，所以可大大地减少鎳的消耗量。

根据ГОСТ 3002-45的规定：多层防护性鍍层的总厚度在輕腐蝕的大气中不少于15微米，中腐蝕的大气中不少于30微米，重腐蝕的大气中不少于45微米。单独的銅鍍层只用于防止鋼制品局部渗碳，此时，鍍层的厚度应为20~40微米。在电鑄当中制造唱片，截面复杂的无缝鋼管和雕刻制品的阴模时，才采用較厚的銅层。

譯者补充：此时銅鍍层的厚度常采用达500~1200微米。銅鍍层用作鍍鎳、鍍鉻与鍍銀的底层时，其厚度采用为10~40微米。

除此之外，鋼鉄制品在焊接前鍍銅时，采用的銅鍍层为15~20微米。

在个别情况下鍍銅还用于：修复已被磨損的零件尺寸和提高鋼棒与鋼帶的导电率，以及需裝飾性氧化与塗漆的电气照明配件。用于上述目的时，其銅鍍层的厚度选择如下：修复零件尺寸的銅鍍层厚度为3000微米以下，用于提高导电率的銅鍍层厚度为10~200微米，而用于电气照明配件的鍍层厚度为15~25微米。

2. 主要材料

鍍銅所采用的主要材料如下：

硫酸銅 (胆矾) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，ГОСТ 2142-43。硫酸銅的分子量为250，比重2.3，20°C时溶解度为325克/升。

硫酸 H_2SO_4 ，ГОСТ 4204-48，分子量为98，比重1.84。硫酸用于配制酸性电解液。

氰化亚銅 CuCN ，分子量为89.6，比重2.92，供配制氰化电解液之用。氰化亚銅是剧毒药品。

氰化鈉 NaCN ，ГОСТ 8464-57，分子量为49，比重1.59，20°C时溶解度可达600克/升，剧毒，用于配制和调整氰化物电

解液。

亚硫酸钠 $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FOCT 903-41, 分子量为 252, 比重 1.5。若无氰化亚铜时, 可用它配制氰化物电解液。

硼酸 H_3BO_3 , FOCT 2629-44, 分子量为 62, 比重 1.46, 15~25°C 时溶解度可达 40 克/升; 用于配制硼氟酸电解液。

氢氟酸 HF , FOCT 2567-44, 分子量为 20, 40% 之氢氟酸的比重为 0.98, 用于配制硼氟酸电解液。

焦磷酸钠 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, FOCT 342-41, 分子量为 446.19, 比重 1.82, 配制焦磷酸盐电解液时采用。

磷酸氢钠 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, FOCT 451-41, 分子量为 358.2, 比重 1.52, 用于焦磷酸盐电解液内。

铜阳极, FOCT 767-41, 牌号 M-1。

譯者补充: 上述牌号铜阳极的比重 8.9, 其化学成分如下: Cu 不少于 99.7, As 不大于 0.002, Bi 不大于 0.002, Sb 不大于 0.005, Fe 不大于 0.05, Sn 不大于 0.05, Ni 不大于 0.20, Pb 不大于 0.01 和 S 不大于 0.01。

使用 M-1 铜阳极时, 应着重分析 As 和 Sb 的含量, 如系氰化物镀铜电解液时, 则还要分析 Pb 与 Sn 的含量。

铜阳极的长度与宽度可按实际情况采用之, 其厚度可为 8~15 毫米。

3. 氰化物镀铜电解液

氰化物镀铜电解液的特点是分散能力强, 电解液中有一价铜的络合物, 能够得到细致的结晶。铜制品可直接于氰化物电解液内镀铜。

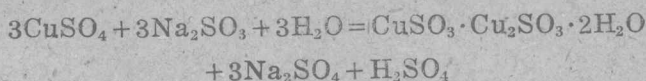
若配制含有氰化亚铜的电解液时, 应于逐渐加热和搅拌的情况下慢慢地把氰化亚铜粉末加入浓氰化钠溶液内。铜盐溶解之后, 必要时可加入其他的化学品, 用水把电解液稀释至镀槽的工

作面；电解液无須預先通电处理即可投入工作。

如无制成的氰化亚銅时，銅复盐的配制可用碱性碳酸銅或舍夫列利盐配制。

碱性碳酸盐法是首先用水溶解所需数量的硫酸銅，并把溶液加热至40~50°C，而后往其內倒入預热的无水碳酸鈉溶液，直至溶液失去顏色为止。淺綠色的碱性碳酸銅由溶液中沉积而出，洗滌和用亚硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 处理，以轉化成一价銅，最后把碳酸銅溶于氰化鈉溶液內。

配制以舍夫列利盐 $\text{CuSO}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 为基的电解液时，是以热亚硫酸鈉和热硫酸銅溶液相混合而得。溶液按計算数量配制之。往硫酸銅溶液內加入亚硫酸鈉的数量，直至溶液失去顏色为止。形成舍夫列利盐沉淀的反应式如下：



所析出的紅磚色沉淀經澄清，并清洗数次，然后用苛性鈉溶液碱化过的氰化鈉（200~300克/升 KCN ）溶解，以吸收析出的氰气 $(\text{CN})_2$ 。

往所制得的銅的复盐溶液內添加清水，至鍍槽的工作面，挂入阳极，即可进行工作。

鍍銅还可采用下列成分简单的电解液和工作规范：

氰化銅复盐 $\text{NaCu}(\text{CN})_2$	40~50克/升
氰化鈉（游离的） NaCN	10~20克/升
工作溫度	15~25°C
电流密度 D_K	0.5~1安培/分米 ²
电流效率 η_K	60~70%

調整这种电解液在于周期保持游离氰化鈉的濃度。若零件上

析出大量气体和鍍层微薄（甚至无鍍层）时，則說明游离NaCN的含量过多。此时，电解液內銅的濃度会急剧下降，并在阳极上形成类似NaCN濃度低时所出現的白膜。阳极形成淡青色或者褐色薄膜，以及靠近阳极区域内的电解液呈現淺藍色条痕，則說明游离NaCN的濃度不够。

若电解液工作了很长时间，氰盐亦会逐渐分解，这样其內会积聚碳酸盐。根据电解液內聚集碳酸盐的程度，电解条件会变坏；如碳酸盐濃度大于100克/升时，阳极会被鈍化，鍍层孔隙率增多和 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 会結晶而出。此时，电流效率和容許电流密度均会降低。

为了排除一部分碳酸鈉，电解可通以蒸汽，尽量冷却，最后清除所析出的白色結晶碳酸鈉。廢氰化溶液內的有害杂质清除可采用硫酸鉄 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 溶液处理，然而硫酸鉄在使用之前应进行碱化处理。

近些年来，为了加速获得均匀，无孔隙率的鍍层，采用了换向电流电鍍法；此法是在电鍍过程中周期地接通鍍槽的两极^⑤。

氰化物电解液中亦可加入酒石酸鉀鈉，以防止阳极被鈍化；这种电解液的成分和工作规范如下：

复盐 $\text{NaCu}(\text{CN})_2$	45~50克/升
氰化鈉，游离的， NaCN	15~20克/升
氢氧化鈉 NaOH	15~20克/升
酒石酸鉀鈉 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	40~60克/升
工作溫度	40~50℃
电流密度 D_k	2 安培/分米 ²
电流效率 η_k	60~70%

⑤ 有关换向电流电鍍，請参考本丛书第10册。

若銅的濃度增高和游离 KCN 的含量降低，可大大的 加快鍍銅过程。这样可采用下列組成的电解液和工作规范：

氯化亞銅 CuCN	70~75克/升
氯化鉀，游离的，KCN	3~5克/升
氫氧化鈉 NaOH	8~15克/升
酒石酸鉀鈉 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	60~75克/升
工作溫度	50~60°C
电流密度 D_K	5~7安培/分米 ²
电流效率 η_K	60~70%

在快速，并能得到均匀鍍层的电解液内也包括附加有硫氰酸鉀的电解液；此种电解液由有色冶金工业部研究院配制而成，其成分和工作规范如下：

氯化亞銅 CuCN	120~125克/升
氯化鈉，游离的，NaCN	3.7~4克/升
硫氰酸鉀 KCNS	15~17克/升
氫氧化鈉 NaOH	30~35克/升
工作溫度	75°C
电流密度 D_K	可达10安培/分米 ²
电流效率 η_K	97~100%

电解液应剧烈地进行机械攪拌。

根据国外技术文献，欲得到均匀光澤鍍层，可往氰化物电解液中加入光亮剂和专卖的潤湿剂，以消除疏松和气孔。

氰化物鍍銅的电解槽用鉄板焊接，并有蒸汽水套和槽边的排風装置^①。

4. 非氰化物鍍銅电解液

为了代替氰化物电解液，曾提出很多种的电解液：草酸的，

① 有关設備规格，請参考本丛书第 11 册。

表1 在氰化物电解液内铜的沉积速度

电流密度 安培/分米 ²	电 流 效 率 %						
	40	50	60	70	80	90	100
	铜的沉积速度 - 微米/小时						
0.5	5.3	6.6	7.9	9.3	10.7	12.0	13.2
1.0	10.7	13.2	15.9	18.6	21.3	24.0	26.6
2.0	21.4	26.4	31.9	37.2	42.6	48.0	53.2
3.0	32.1	39.6	47.9	56.0	63.9	72.0	80.0
4.0	42.8	52.8	63.8	74.4	85.2	96.0	106.6
5.0	53.5	66.0	79.0	93.0	107.0	120.0	132.0

氨的、硫代氰酸的和焦磷酸的电解液，以及以酒石酸钾钠，黄血盐和 3-羟基乙胺为基的电解液等。

由上述多种电解液中仅仅有焦磷酸电解液被用于生产中，这种电解液的成分和工作规范如下：

焦磷酸钠 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	120~145克/升
或者无水的 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	70~90克/升
磷酸氢钠 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	85~95克/升
硫酸铜 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	30~35克/升
工作温度	20~30°C
pH值	7.5~8.9
电流密度 D_k	0.3~0.4安培/分米 ²
电流效率 η_k	75~80%

若采用机械搅拌电解液时，电流密度可增至 1.5 安培/分米²。铜阳极表面最低限度应比电镀零件表面大 1 倍。

阳极面积小时易于被钝化。

电解液用洁净的冷凝水配制。配制时，电解液的化学组成分别用热水溶解之，而后在不断搅拌的情况下进行混合。配制好的

电解液为深蓝色的透明液体。电解液含有铜的络合离子。焦磷酸钠电解液的分散能力次于氰化物电解液。电解液的校正主要是控制 pH 值；校正时可直接加入正磷酸或者氢氧化钠的稀溶液。pH 值大于 8.9 时，阳极会被钝化，并附有一层松散膜，而铜镀层有孔隙并呈棕色。当 pH 值低于 7 时，会促使零件表面上析出具有斑点的镀层。

两价铁盐的聚集和部分铜被还原成一价铜时均会促使产生粗糙的铜镀层。为了消除这一毛病，用强碱来沉积铁和用加入双氧水的方法使铜氧化。

譯者补充：在个别工厂中，还采用了有下述成分的非氰化电解液，其效果亦佳：

醋酸铜	20克/升
焦磷酸钠	150~200克/升
亚硫酸钠	20~50克/升
硝酸铵	5~10克/升
工作温度	35~50度/升
电流密度 D_k	0.5~2安培/分米 ²

此种电解液的配制方法：首先把醋酸铜溶于温水中，随后加入用温水溶解好的焦磷酸钠，溶液应呈深蓝色的透明体。最后再加入其他化学组份，并应很好的搅拌，使其溶解均匀。电解液配成后，就可投入工作。

采用这种电解液时，镀前制品表面若经过电抛光的话，则镀层与基体金属的结合强度会更好。

电抛光溶液的成分与工作规范为：

磷酸	200克/升
硫酸	50克/升
铬酐	10克/升
阳极电流密度	8~10安培/分米 ²
工作温度	18~20°C
持续时间	3~5分钟

另一个非氰化物电解液的成分与工作规范是：

硫酸銅	30~35克/升
焦磷酸鈉	130~140克/升
磷酸鈉	85~95克/升
酒石酸盐	20~25克/升
工作温度	25~40克/升
电流密度 D_K	0.5~1安培/分米 ²
电流效率 η_K	90~95%

这种电解液的配制方法与上相类似,只是首先溶解硫酸銅和最后加入酒石酸盐。工作时,制件应在接通电流的情况下挂入鍍槽內。当零件电鍍5分钟后,电解液最好用压缩空气进行搅拌。

另外,零件在挂入槽內之前,先在含有80~90克/升的焦磷酸鈉溶液內进行阳极处理,溶液的温度为室温,阳极处理的持續时间为0.5~1分钟。

5. 酸性鍍銅电解液

酸性电解液的特点在于含有两价銅,分散能力低和不能直接往銅制件上鍍銅。

早期的,并采用甚广的电解液是硫酸电解液,其成分和规范如下:

硫酸銅 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	200~250克/升
硫酸 H_2SO_4 (化学純)	50~70克/升
工作温度	15~25°C
电流密度 D_K	1~2安培/分米 ²
电流效率 η_K	95~98%

若电解液采用压缩空气搅拌或用带有过滤器的泵浦使电解液循环时,阴极的电流密度可以增大至6~8安培/分米²,然而在阴极上当圓柱形零件轉动时,还可增大数倍。

这样的速度特别是对被复很厚的銅层來說更为重要,譬如:电鍍。

鍍銅時，銅陽極的化學純度有很大的關係。陽極內氧化亞銅和砷的含量高時，很容易造成廢品。

欲得到均勻、光澤的鍍層可往電解液內加入光澤劑。最常用的光澤劑為硫脲，添加量可由 0.005 到 0.04 克/升。採用硫脲光澤劑時，電解液的工作溫度必須保持在 15~20°C 之間，並需劇烈的攪拌電解液和電流密度為在 5~7 安培/分米² 範圍內。還有連二硫脲酸鈉，添加量可達 0.5 克/升，以及黑糖漿可達 1 克/升和其他某些有機物質亦可作為光澤劑。

譯者補充：加入硫脲光澤劑的酸性鍍銅電解液的成分和工作規範介紹如下：

硫酸銅 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	160~200 克/升
硫酸 H_2SO_4	40~100 克/升
硫脲 $\text{CS}_2(\text{NH}_2)_2$	0.02~0.03 克/升
工作溫度	14~20°C
電流密度 D_K	5~8 安培/分米 ²

電解液可採用機械式或者壓縮空氣攪拌。鍍層的厚度採用為 6~15 微米。電解液用一般方法配制之，只是硫脲稀釋至 1% 的水溶液後再加入槽內。這樣可獲得光澤的銅鍍層。

另外，以乙醇作添加劑亦得到了良好的效果，這樣的電解液成分和工作規範為：

硫酸銅	230~250 克/升
硫酸	65~75 克/升
乙醇(化學純)	8~10 克/升
工作溫度	35~38°C
電流密度	10~25 安培/分米 ²

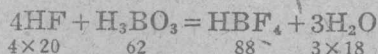
電解液可採用壓縮空氣攪拌。

這樣所得到的銅鍍層不但光澤，而且結晶也細密。

近些年來，許多外國的，以及蘇聯的企業為獲得均勻的鍍層採用了硼氟酸電解液。此種電解液可用在許多的電鍍中，而鍍銅

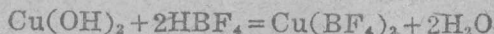
就是其中之一。

配制硼氟酸电解液时，首先应制造硼氟酸。为此，取一定数量的结晶硼酸，在用聚乙烯棒不断搅拌的情况下徐徐地倒入氟氢酸，则其反应式如下：



由上述反应式可知，欲配制 88 克 HBF_4 需干硼酸 62 克，百分之百的 HF 80 克或百分之 40 的 HF 200 克。化学反应时会放出大量的热。因而，倒入 HF 时，应分成数份，并需有通风装置。

镀槽内衬应该采用聚乙烯板，橡胶和涂蜡木板。配制成氟氢酸之后，再把氢氧化钠加入一定的硫酸铜溶液内，以制取氢氧化铜。浅蓝色的沉淀经过澄清，清洗和除去残留的碱，而后用氟氢酸溶解之，其化学反应式如下：



制成的氟硼酸铜用 HBF_4 溶液酸化到所要求的 pH 值，然后加入起缓冲作用的硼酸；随之往电解液内加水，直到工作面上，无需专门处理就可进行工作。

下面列举一种电解液的成分和工作规范：

硼氟酸铜 $\text{Cu}(\text{BF}_4)_2$	220~230克/升
硼酸 H_3BO_3	15~16克/升
硼氟酸 HBF_4	2~3克/升
工作温度	70~75°C
电流密度 D_k	可达20安培/分米 ²
pH值	1.2~1.7
电流效率 η_k	99~100%

电解液搅拌采用压缩空气或者机械搅拌器。

阳极是铜制的。溶液校正可采用碳酸铜和硼氟酸。 $\text{Cu}(\text{BF}_4)_2$

的濃度增至 400~450 克/升和电解液的酸值提高时可使 电流密度增大到 30~35 安培/分米²。

酸性电解液中銅的沉积速度列入表 2。

表 2 酸性电解液中銅的沉积速度

电流密度 安培/分米 ²	电 流 效 率 %					
	95	96	97	98	99	100
	銅的沉积速度 微米/小时					
1	12.5	12.6	12.7	12.9	13.1	13.2
2	25.0	25.2	25.4	25.8	26.2	26.5
3	37.5	37.8	38.1	38.7	39.3	39.7
4	50.0	50.4	50.8	51.6	52.4	53.0
5	62.5	63.0	63.5	64.5	65.6	66.2
10	125.0	126.0	127.0	129.0	131.2	132.5
20	250.0	252.0	254.0	258.0	262.4	265.0

6. 鍍銅的特殊应用和方法

电鑄方法：它在电镀技术中占有很大的地位，鍍銅是其重要方法之一。电鑄用于复杂制品或零件的制模和仿型；在此种情况下用其他方法加工不但是不合理，且不可能。

零件电鑄工艺过程有下列五个阶段：

1. 制造电鑄用的阴模，于此阴模上进行金屬鍍层的加厚；
2. 电鑄前阴模表面的准备工作；
3. 电鑄金屬；
4. 折掉模具；
5. 鑄出的零件或制品进行机械和化学精飾加工。

金屬阴模是用鋼、鋁或者合金制成，茲将某些合金材料的特性列入表 3。

表3 一些合金的特性

合金重量組成%				熔點
錫	鉛	錫	銅	°C
35	35	30	—	140
50	25	25	—	94
50	27	13	10	70
50	25	12.5	12.5	60.5

非金屬材料采用石膏、蠟和石蜡混合物（見表4）和其他材料。

表4 蜡质混合物組成

重量混合成分%				
中性蜡	石蜡	地蜡	松节油	石墨
80	10	—	2	8
40	10	30	5	15
94	—	—	4	2
25	5	45	7	18

电鑄前金屬模子的表面准备工作，在于复上一层可分离的鈍化膜。鋼制或者銅制模子用亞硫酸鈉处理，氧化或者用溶于松节油內的0.1% 蜡液擦拭。鋁、不銹鋼和鍍鉻表面可形成自然的可分离膜。

非金屬膜表面应复有一导电层。采用最广泛的被复导电层的方法有塗石墨法，由溶液中金屬化学还原法，以及金屬真空阴极噴鍍法。石墨用刷子或者棉花塗刷之，石墨层应均匀，且具有光澤。为此目的，最好采用軟灰色的庫列伊斯基(Курейский) 石墨(ГОСТ 4408-48)。石墨应具有光澤，細鱗狀的，其电阻約为400~500 欧姆。石墨粒用手擦拭时应溜滑，并呈均匀的金屬光

澤。金屬化學還原法採用鍍銀，然而，近些年來採用較經濟的鍍銅法。

化學鍍銅採用下列組成：

碳酸銅，新沉澱的	180克
甘油，94%	180克
氫氧化鈉溶液，20%	1升

首先把碳酸銅與少量的水混合，隨之倒入甘油。為了使銅還原並能化學沉澱出來，則往深藍色的溶液內加入40%的甲醛水（福爾馬林）。然後，把已經過徹底除油的零件掛入槽內，並保持20~30分鐘的時間。在所獲得化學沉澱上於酸性電解液中使達到所要求的厚度。在溶液內銅還原過程的停滯是用倒入氨水直至稍有氨的氣味出現為止。

有關電鍍工藝過程更詳細的說明見專門的參考資料。

滲碳時的局部保護 防止鋼制零件局部滲碳的鍍銅工藝具有它的獨特性。為了達到可靠的保護性，特別在氣體滲碳時，要求鍍層應無孔隙，同鋼零件具有很高的結合力和鍍層厚度不得少於15微米。在鍍銅時滲碳部分的絕緣最好採用石蠟混合物，其組成：石蠟70%、地蠟10%、松香10%和煤溶瀝青10%。石蠟混合物加熱至90~100°C，然後浸或者塗在絕緣部分。絕緣之後，零件進行電解除油和其他化學工序，溶液溫度不得高於20~25°C。當然，在鍍銅之後清除絕緣層時不受此限。清除絕緣層是在加入1%的重鉻酸鹽的熱水槽中進行。為了儘快排除絕緣層起見，槽內的熱水採用壓縮空氣攪拌。

石蠟混合物層被清除之後，零件用棉紗頭擦淨。浮於水面上的石蠟混合物收集在一起，加熱至100~110°C可作再次塗絕緣層之用。