



# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 镀锡的目的和作用.....	(1)
第二节 镀锡的方式和特点.....	(2)
第三节 产品型号和表示方法.....	(3)
<b>第二章 镀锡原材料和辅助材料</b> .....	(4)
第一节 铜的特性和技术指标.....	(4)
第二节 锡的特性和技术指标.....	(7)
第三节 电镀液成分、性能和技术指标.....	(10)
第四节 盐酸、硫酸和硝酸的性能和作用.....	(15)
第五节 酸洗液的成分、作用和配置方法.....	(16)
<b>第三章 镀锡设备</b> .....	(18)
第一节 热镀锡设备.....	(18)
第二节 电镀锡设备.....	(28)
<b>第四章 镀锡工艺</b> .....	(32)
第一节 工艺基础理论.....	(32)
第二节 工艺参数的选择和计算.....	(38)
第三节 工艺规程的编制方法.....	(48)
第四节 工装模具的调整和量具的使用.....	(49)

## 第五章 镀锡线的废品种类与排除方法…………… (53)

### 第一节 热镀锡线的废品种类与排除方法…………… (53)

### 第二节 电镀锡线的废品种类及排除方法…………… (55)

## 第六章 产品标准及锡层试验方法…………… (57)

### 第一节 产品技术要求…………… (57)

### 第二节 锡层试验方法…………… (59)

## 第七章 新技术、新工艺、新设备…………… (63)

### 第一节 使用保护气体的铜线镀锡设备…………… (63)

### 第二节 无氰电解镀锡…………… (64)

### 第三节 拉线—镀锡连续生产新工艺…………… (65)

## 第一章 绪 论

### 第一节 镀锡的目的和作用

当铜线用于制造绝缘电线电缆导线芯时，橡皮和塑料绝缘层会与铜线直接接触。在这种情况下，橡皮与铜或多或少地会产生化学或物理变化，这些变化对产品质量均有一定的影响。如有硫的绝缘橡皮与铜导线相接触，由于橡皮中的硫和铜发生了化学反应会生成铜的硫化物。这种外观为轻软的黑色物质层，附着在铜线上，不但增加了导体电阻，降低了机械强度，使铜线变脆。而且对橡皮来说，因铜或铜盐对天然橡皮有显著的促进老化作用，会加速橡皮发粘，使其变软，最后硬化龟裂。因此，在有硫的绝缘橡皮结构中，必须将铜线与橡皮隔绝开来，不使它们直接接触。尽管目前作为电线电缆的绝缘橡皮大都为耐热无硫橡皮，但在硫化后的橡皮内，实际上仍有数量极少的游离硫存在。因此，用无硫橡皮作为绝缘层与铜线直接接触，经过较长时间，仍会造成铜线表面变色，甚至变为黑色。这些在铜线表面所产生的变色膜层，也是铜的硫化物。通过这层变色的膜层，使橡皮与铜线相互粘着起来。这种铜线的变色及发粘现象，对产品同样会造成不良的后果，影响产品的质量和使用寿命。所以为了防止上述不良现象，广泛采用铜线镀锡作为隔离保护层。

当然，铜线镀锡后，还有其他一些作用，如使用时易于剥皮，焊接性能好等优点。对于某些特殊场合使用的产品

(航空导线, 直径很小的软电线, 电子元器件引线), 以及用于热带的某些产品, 一般也采用镀锡铜线。

## 第二节 镀锡的方式和特点

目前铜线镀锡生产工艺大致分为三大类: 热镀锡、电镀锡和化学镀锡。

### 一、热镀锡

热镀锡是一项比较老的镀锡工艺, 至今仍被广泛采用。

热镀铜线表面容易产生麻点, 主要原因是: 由于锡槽表面被氧化和铜溶解于锡中, 从而产生杂质存在于熔化的锡锅中, 会使被浸到的铜线表面产生麻点, 使镀锡化学稳定性降低, 表面粗糙, 影响外观。同时, 镀锡铜线自锡槽出来时, 采用模具刮掉余锡。如用石棉绳刮锡, 镀层均匀性不好。由于石棉绳在浸锡铜线的过程中, 松紧不一, 而影响镀层质量。采用橡皮抹锡, 虽然镀层厚度也不均匀, 但操作方便, 锡线表面光洁度较好, 它是目前最常用的一种抹锡方式。

立式镀锡是热镀锡的一种, 也是被广泛采用的一种方法。把进入锡槽的铜线垂直引出锡槽, 刮锡模可以水平放置在锡锅表面, 并可以左右前后移动, 以保证铜线在模孔中垂直正中的位置。用这种方法浸锡可以提高锡层的同心度和均匀性, 增加锡层厚度, 减少麻点。

还有一种方法是真空热镀锡。用这种方法镀锡时, 浸锡槽是处在真空和密封的状态, 这种方法的优点是可减少锡中的杂质, 减少锡的氧化损耗, 保证锡层光亮。

### 二、电镀锡

近几年电镀锡在我国有了较大的发展。电镀锡最主要的优点是镀层均匀, 而且能显著地节约金属。据初步估算, 同样镀 $\phi 0.20\text{mm}$ 的铜线, 最先进的热镀锡工艺用锡量至少是电镀锡用量的两倍。电镀液可采用碱性和酸性电镀液。碱性电镀液是将锡酸钠或锡酸钾溶入氢氧化钠或氢氧化钾中。用这种电镀液可以得到相当高的电流密度。但是, 由于碱性电镀液有阳极溶解不良的问题, 因而它的应用受到了限制。酸性电镀液不需要高的操作温度, 也没有阳极成膜的问题。在硫酸亚锡溶液的基础上, 近年来广泛采用了氟硼酸亚锡电镀液, 具有较大的导电率, 能容易通过 $50\text{A}/\text{dm}^2$ 的电流密度, 可以缩短电镀槽或加快铜线通过的速度, 是生产镀锡铜线的发展方向。

### 三、化学镀锡

由于化学镀锡是采用吊镀形式, 而且镀层薄质量差, 不适用于电线电缆镀锡铜线的生产。

## 第三节 产品型号和表示方法

### 一、镀锡软圆铜线的型号

1. 型号 TRX, 其中, T表示铜; R表示软; X表示锡。
2. 表示方法 镀锡软圆铜线用型号、规格及标准编号表示。例如, 标称直径为 $0.50\text{mm}$ 的镀锡软铜线表示为: TRX 0.5 GB 4910—85。

## 第二章 镀锡原材料和辅助材料

### 第一节 铜的特性和技术指标

纯铜呈玫瑰色，有展性、延性和韧性，并具有良好的导电性和导热性。在所有金属中，铜的导电性仅次于银，居第二位；导热性仅次于金和银，居第三位。另外铜还有一定的机械强度和抗大气腐蚀性，在冷态和热态下，有良好的压力加工工艺性，所以铜被广泛应用于电线电缆工业中。

#### 一、铜的化学成分

电线电缆用铜的化学成分必须符合GB 466—82中关于2号铜(Cu-2)的规定(表2-1)。

表2-1 2号铜的化学成分

化 学 成 分 (%)											
铜 + 银 不少于	杂 质 含 量 不 大 于										总和
	砷	锑	铋	铁	铝	锡	镍	锌	硫	磷	
99.09	0.002	0.002	0.001	0.005	0.005	0.002	0.002	0.004	0.004	0.001	0.10

### 二、铜的主要性能

1. 物理性能 见表2-2。

表 2-2 铜的物理性能

性 能	数 据
熔 点(°C)	1083
沸 点(°C)	约2500
密度(g/cm³)	8.89
线膨胀系数(1/°C)	$(16.5 \sim 17.0) \times 10^{-6}$
抗拉强度(N/mm²)	198
延伸率(%)	50
电阻率( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	0.017241
电导率(S/m)	100

2. 化学性能 铜的原子量为 63.57。铜在正常的电压下具有足够高的电化势。在普通的大气下铜是相当稳定的。在有  $\text{SO}_2$  及  $\text{NaCl}$  存在时，铜的腐蚀会加剧。酸类中以硝酸对铜的作用最为剧烈。铜与盐酸或硫酸的作用并不强。氨对铜作用则很强烈。铜在碱中即迅速变暗。在空气中，有机酸和植物油也对铜起作用。由于铜盐对人体器官有毒性，因而不能用未镀锡的铜制食具来烹制食品。

3. 工艺性能 铜的浇铸温度为1150~1200℃, 为了防止铜的氧化, 可在一层木炭粉下进行熔化。铜不仅热加工性很好(加热温度在 750~800℃ 之间), 而且在 600℃左右中间退火时, 冷加工性也很好。

### 三、镀锡用软圆铜线的技术要求

1. 标称直径及允许偏差 见表2-3。

表2-3 标称直径及允许偏差 (mm)

标 称 直 径	偏 差
0.020~0.025	±0.002
0.026~0.125	±0.003
0.126~0.400	±0.004
0.401~14.00	±1% <sub>d</sub>

考虑到镀锡后还要进行复绕和绞制, 其允许偏差可作适当的变动。

2. 机械性能 软圆铜线的机械性能应符合表2-4规定。

表2-4 软圆铜线伸长率

标 称 直 径(mm)	伸 长 率 (%)
0.02~0.10	10
0.11~0.30	15
0.31~0.57	20
0.58~3.00	25

3. 电性能 软圆铜线的电阻率应不大于0.017241  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

4. 表面质量 软圆铜线表面应光洁, 不得有与良好的工业产品不相称的任何缺陷。

5. 材料 软圆铜线应采用 GB 3952—83《电工圆铜杆》规定的圆铜杆制造。

### 第二节 锡的特性和技术指标

锡为银白色而略带蓝色的金属, 质软。在与空气接触后, 表面生成一层较致密的氧化膜, 可防止锡进一步被腐蚀。所以锡与多数金属比较具有较大的抗腐蚀能力。金属锡能和其他金属很好溶解, 而且可以改善金属的抗腐蚀性和机械性能。

#### 一、锡的化学成分

铜线镀锡线须采用GB 728—84《锡锭》标准, 用不低于2号锡(锡含量不少于99.8%)的锡锭, 其成分见表2-5。

表2-5 2号锡的化学成分

锡品号代 号	化 学 成 分 (%)									
	锡	杂 质 量 含 不 大 于								
		砷	铁	铜	铜	铋	锑	硫	总	和
二号锡 Sn-2	99.80	0.02	0.01	0.02	0.065	0.05	0.05	0.005		0.20

#### 二、锡的主要特性

1. 物理性能 见表2-6。

表2-6 2号锡的物理性能

性 能	数 据
熔 点( $^{\circ}\text{C}$ )	231.9
沸 点( $^{\circ}\text{C}$ )	2260
密 度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	7.3
线膨胀系数( $1/^{\circ}\text{C}$ )	$2.3 \times 10^{-5}$
电 阻 率( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	0.115
抗张强度( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	16.65
延 伸 率(%)	80~90

锡有 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 三种变体，其转变界限和转变温度有关，见图2-1。

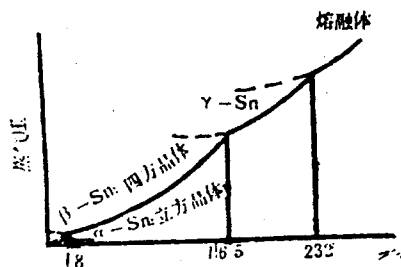


图2-1 锡变体的转变界限

锡通常以 $\beta$ 变体存在，它在18~165 $^{\circ}\text{C}$ 范围内是稳定的，称为白锡。当温度低于18 $^{\circ}\text{C}$ 时白锡转变为灰锡（ $\alpha$ 锡），因转变时体积增大，碎成灰色粉末，这种现象称为“锡疫”，但温度的转变很慢，因为锡具有高的“过冷却”能力。图2-2的曲线表明锡由 $\beta$ 变体变成 $\alpha$ 变体的转变速度与温度的关系，最大的转变速度发生在-50 $^{\circ}\text{C}$ 。

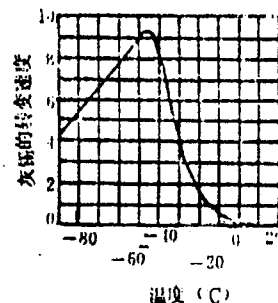


图2-2 在不同温度下，普通锡转变为灰锡的相对速度

$\gamma$ 变体（165~232 $^{\circ}\text{C}$ ）很脆，将其加热到200 $^{\circ}\text{C}$ ，便很容易磨成粉末。

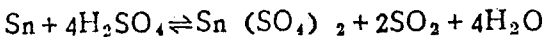
锡的硬度比金软，比铅硬，其莫氏硬度为3.75，杂质金属如铁、铜、砷和铋等能增加它的硬度。

2. 化学性能 锡的原子量为118.7。它的化合物有两种原子价，即二价和四价。

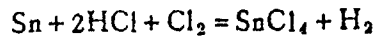
常温时,金属锡在空气中稳定,这是因为其表面生成一层致密的氧化膜,阻止了锡的继续氧化。在温度高于 150℃ 时,锡能与空气作用生成SnO 和SnO<sub>2</sub>,在赤热的高温下锡剧烈氧化挥发。

锡与许多稀的无机酸作用缓慢,而与许多有机酸实际不起作用。

锡在热的浓硫酸中能被溶解,并放出SO<sub>2</sub>:



在热的浓盐酸中则生成SnCl<sub>2</sub> 和氯酸锡 (H<sub>2</sub>SnCl<sub>4</sub>及H<sub>2</sub>SnCl<sub>3</sub>)。如再通入氯气,则反应加速进行,并几乎全部生成SnCl<sub>4</sub>:



### 第三节 电镀液成分、性能和技术指标

电解镀锡的镀液成分中,有主盐、附加盐和有机添加剂,它们的性能和作用分述如下,

#### 一、氟硼酸亚锡

分子式为Sn (BF<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, 分子量为292.87。

1. 性能和作用 采用氟硼酸亚锡为主盐的电镀液,其主要优点是:有相当高的沉积速度,有较高的溶解度,使槽液的配方和使用有可能采用很高的锡含量,能采用较宽的电流密度,沉积层细致、光滑。在正常的电流密度下,阳极和阴极效率均可达100%。因此槽液几乎能自动保持平衡。

2. 技术指标 氟硼酸亚锡技术指标应符合鄂Q/W—84, 见表2-7。

表2-7 氟硼酸亚锡技术指标

名 称	指 标
比 重 D <sub>4</sub>	约1.65
二 价 锡	>20.30%
四 价 锡	≤0.8%
游离氟硼酸	≤3.0%
游离砷酸	≤2.5%
铁	≤0.005%
氟 化 物	≤0.005%
硫酸盐	≤0.03%

#### 二、氟硼酸

分子式为HBF<sub>4</sub>, 分子量为87.81。

1. 性能和作用 氟硼酸作为镀液中的附加盐,可增加溶液的导电性和改善溶液的分散能力,同时氟硼酸还可延缓锡离子的分解,起到稳定溶液的目的。

2. 技术指标 氟硼酸技术指标应符合鄂Q/W—84, 见表2-8。



表2-8 氟硼酸技术指标

名 称	指 标
比 重 $D_{40}$	约1.40
氟硼酸浓度	>49.5~51%
游离硼酸	≤2.5%
氯化物 $Cl^-$	≤0.005%
硫酸盐 $SO_4^{--}$	≤0.03%
铁 $Fe^{++}$	≤0.01%

### 三、硼酸

分子式为 $H_3BO_3$ ，分子量为61.84。

1. 性能和作用 带光泽的无色鳞片状结晶，或为白色结晶粉末。在100~140℃时失去水分，和水蒸汽一起能稍微挥发。

硼酸能增加溶液的导电率，抑制溶液中金属盐的水解。加入硼酸后，阻止了氟硼酸的水解，同样也防止了金属的水解，还可防止氟化氢的气体逸出。

2. 技术指标 硼酸技术指标应符合 GB 628—78，见表2-9。

表2-9 硼酸技术指标

名 称	指 标	
	一 级	二 级
硼酸( $H_3BO_3$ ) %≥	99.5	98.5
水不溶物 %≤	0.05	0.15
硫酸盐( $SO_4$ ) %≤	0.10	0.40
氯化物( $Cl$ ) %≤	0.01	0.05
铁( $Fe$ ) %≤	0.003	0.005

### 四、β-萘酚

分子式为 $C_{10}H_7OH$ ，分子量为144.16。

1. 性能和作用 白色或稍带浅褐色的小片或淡黄色结晶粉末，微具苯酚的气味。在空气中长期贮存时色即变深。能与水蒸气一同挥发。

β-萘酚作为一种光亮剂，加入后能提高阴极极化作用，从而改善溶液的分散能力，同时由于在电极表面上的吸附作用，可使镀层结晶细致，无孔隙，光亮、均匀。

2. 技术指标 β-萘酚技术指标应符合 GB 1646—80 (表2-10)。

表2-10  $\beta$ -萘酚技术指标

名 称	指 标	
	一 级 品	二 级 品
外 观	灰白色薄片或均匀粉末	贮存时允许变暗色或暗红色
干品初熔点( $^{\circ}\text{C}$ ) $\geq$	120.0	119.5
Z-萘酚含量(%) $\geq$	99.5	98.6
1-萘酚含量(%) $\geq$	0.2	0.3

## 五、邻苯二酚

分子式为 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ ，分子量为110.11。

1. 性质和作用 白色结晶，在空气中及光下即变色，能升华。能与水蒸气一同挥发，为强还原剂，有毒。

邻苯二酚是作为抗氧化物加入镀液中的，防止二价锡与空气中氧接触，而生成四价锡。

2. 技术指标 邻苯二酚技术指标应符合GB 3284—60（表 2-11）。

表 2-11 邻苯二酚技术指标

试 剂 级 别	邻 苯 二 酚	熔 点 ( $^{\circ}\text{C}$ )	灼烧后的残留物 (硫酸盐) (%)
纯	98	104~106	0.1

## 六、明胶

性质和作用 无色或微带浅黄色半透明的柔软小片或小块，无味亦无臭。在冷水中泡胀后，能吸收其本身重量 5~10 倍的水。与水的相对密度为1.37。

明胶是一种表面活性剂，也是一种光亮剂。它对阴极极化作用不大，却能促使生成晶粒细小的沉积层。

## 第四节 盐酸、硫酸和硝酸的性能和作用

### 一、盐酸的性质和作用

盐酸是氯化氢水溶液。纯净的盐酸是无色液体，有腐蚀性。浓盐酸含氯化氢37%，与水的相对密度为 $1.19\text{mol}/\text{m}^3$ ，摩尔浓度 $12\text{mol}/\text{m}^3$ ，工业盐酸因含有大量的铁杂质而呈黄色。浓盐酸在空气中发烟，有刺激性气味。能与多种金属、金属化合物以及碱类作用生成盐。

试剂级纯的盐酸可作为试验分析目的试剂。

在工业上，盐酸水溶液经常被用来除去金属表面的氧化物。盐酸也是制造氯化物的化工原料。

### 二、硫酸的性质和作用

纯硫酸是一种无色油状液体，与水的相对密度为1.84，相当于摩尔浓度 $18\text{mol}/\text{m}^3$ 或当量浓度 $36\text{N}$ 。浓硫酸和水混合时，是一种放热反应。它在溶于水时会放出大量热，因此稀释浓硫酸时，应边搅拌边缓慢地将浓硫酸倒入水中，因

①按国家标准GB 3102.8—86规定，应称“物质的量浓度”。过去习称摩尔浓度，并将该量单位 $\text{mol}/\text{m}^3$ ，用M表示。②国家标准GB 3102.8—86规定不用此物理量，而用“物质的量浓度”。

为水多硫酸少，产生的大量热被水吸收了，没有危险。反之把水往硫酸里倒，而产生的大量热无法被吸收，容易发生爆炸而造成工伤事故。

硫酸具有强氧化性和脱水性，对于动植物组织有破坏作用，而且有很强的腐蚀性。

硫酸是一种重要的基本原料，大部分用来制造化肥、石油、冶金等产品。许多工业部门都要消费大量硫酸。工业上和实验室常用硫酸作为干燥剂。另外，硫酸水溶液常用来除去金属表面的氧化物。

### 三、硝酸的性质和作用

纯硝酸是一种无色透明的油状液体，溶解了过多的 $\text{NO}_2$ ，的浓硝酸，呈棕黄色，叫做发烟硝酸，市售硝酸与水的相对密度为1.42，含 $\text{HNO}_3$ 68~70%，浓度为15N，平时硝酸受光照后会慢慢发生分解，放出 $\text{NO}_2$ ，使颜色变黄。

浓硝酸具有强氧化性，一般金属除了Au和Pt外，都能溶于硝酸生成硝酸盐。铁和铝与浓硝酸接触，生成一层致密的氧化物，而被钝化。因此铝制容器可存放浓硝酸。有机物和碳元素能被硝酸氧化成 $\text{CO}_2$ ，单质硫能被硝酸氧化成硫酸。

硝酸是制造炸药、染料、塑料、硝酸盐和许多其他化学品的重要原料。许多金属在电镀前的侵蚀也用到硝酸。

### 第五节 酸洗液的成分、作用和配置方法

热镀锌所用酸洗液的成分一般有3种：盐酸、氯化锌和水。

#### 一、作用

盐酸主要是与铜线上的氧化膜起作用，生成可溶解的金

属盐，从而达到清洁铜线表面的目的。

氯化锌主要是活化铜线表面，降低表面张力，使熔融锡与铜线表面能很好附着，锡层与铜基体结合牢固。

### 二、酸洗液的浓度和清洁度对产品的影响

盐酸含量过低，酸洗不彻底，铜线表面不清洁，会残留氧化膜，使镀锡线的锡层不连续；盐酸含量过高，酸洗虽然彻底，但铜线上会留下残酸，使得镀锡线的锡层与铜基体的结合力较差。

氯化锌的含量过低，起不到活化铜线表面的作用；氯化锌含量过高，铜线入锡缸时水分蒸发后，易生成黑色的油污而附在铜线表面而形成黑斑。

酸洗液在使用时由于被铜线表面的油污、铜灰等物沾污，如不及时处理和调换，酸洗液的铜灰和油污等会重新把酸洗过的铜线弄脏，而使铜线局部镀不上锡或锡层结合力不好。

### 三、酸洗液的配制方法

配制酸洗液的方法有两种：一种是根据氯化氢和氯化锌的含量，计算配制一定体积的酸洗液所需的盐酸和氯化锌的量，将氯化锌溶解于盐酸中，加水至规定体积，搅拌均匀，使之完全溶解即可。另一种是直接利用锌块和盐酸配制。这是根据酸洗液中氯化氢和氯化锌的含量，计算配制一定重量的酸洗液所需盐酸与锌块的重量，将锌块溶解即可。

由于盐酸是强酸，浓盐酸有氯化氢气体溢出，有刺激性气味。因此在配制酸洗液时，必须穿好防酸工作衣和靴子，戴好橡皮手套和防护眼镜。

### 第三章 镀锡设备

#### 第一节 热镀锡设备

##### 一、设备种类和基本结构

热镀锡机以熔化锡是否隔绝空气分为真空镀锡和非真空镀锡。

依刮锡模的入口方向分为立式热镀和卧式热镀。

目前各厂使用的都是卧式热镀锡，基本结构大致相同，主要区别是大小不同。一般的热镀锡设备由放线装置、酸洗装置、镀锡装置、抹锡装置、冷却装置和收排线装置等组成。机器的平面布置如图3-1所示。

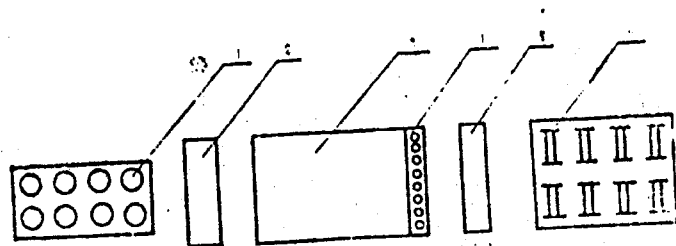


图3-1 热镀锡机的平面布置图

- 1—放线装置 2—酸洗装置 3—镀锡装置 4—抹锡装置 5—冷却装置  
6—收排线装置

1. 放线装置 根据镀锡线线径、放线盘直径，而采用不同的放线形式。一般常用的有如下几种，见图3-2。

(1) 成卷放线，一般大规格的铜线，像  $\phi 2.0\text{mm}$  以上的线常采用此种放线形式。这种放线形式的特点是，曲率半径大，线不易弯曲，镀锡层比较光洁（图3-2a）。

(2) 线盘放线，用线盘放线，不致因运输等原因使线坯紊乱造成放线困难。这种放线形式存在着惯性转动的问题（图3-2b）。

(3) 越端放线，将特制的曲柄放在平放线盘的孔上，靠线材运动来带动曲柄旋转放线。这种放线形式，线材所受张力较小，停机时的惯性也较小，特别适用于细线放线（图3-2c）。

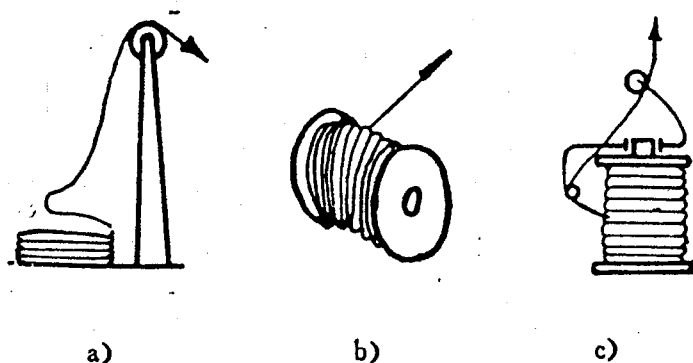


图3-2 常用的放线装置

2. 酸洗装置 由于酸洗液含HCl, 有腐蚀作用, 因此一般采用耐酸材料制作酸洗装置, 如铅板、塑料板、陶瓷玻璃等。为防止酸洗液飞溅或带入镀槽中, 可采用玻璃纤维和毛毡吸附酸液, 使线材从玻璃纤维中和毛毡中通过。这样一方面达到上述目的, 一方面由于摩擦作用, 可使酸洗效果更好。

3. 镀锡装置 镀锡槽是盛放和加热锡的地方, 锡锅两侧有吸风口, 以排出酸液蒸发的的气体。为使线材低于锡溶液表面, 须有压线板或压线导轮, 它们均用耐磨材料制成。出线端有抹锡模, 以除去多余的锡。为了节约能源, 加热炉的结构最好采用内热式铸铁锡锅, 见图3-3。

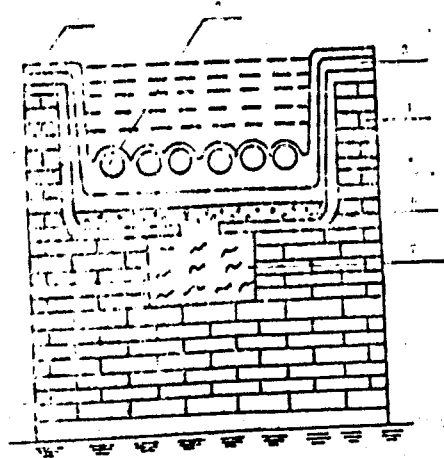


图3-3 加热炉的结构

- 1—内热式铸铁锡缸 2—电热丝与瓷管 3—硅酸铝保温棉板 4—耐火砖  
5—陶瓷垫衬 6—硅酸铝保温棉 7—玻璃丝棉

4. 抹锡装置 抹锡装置直接设置在铸铁锡锅上。由压

模横梁、调节螺钉、模具等组成。

压模横梁应尽量装在靠近锡的位置上, 镀锡线从锡锅出来后, 使锡还处于熔融状态, 就进入橡皮压模, 这样得到的锡层质量好, 表面光洁。根据收线盘的多少, 压模横梁上开有相应的螺孔, 调节螺钉拧在螺孔上, 用来控制压模的松紧程度。

5. 冷却装置 镀锡线出镀槽后, 应进行冷却, 冷却的方法有水冷、空冷和风冷。大镀锡机一般采用水冷, 中、小镀锡机一般采用风冷和空冷, 当然也可采用水冷。由于表面锡层尚处于熔融状态, 如不进行冷却, 将会使其表面擦伤, 造成锡瘤等缺陷。

6. 收排线装置 排线装置有凸轮排线和皮带排线等。由于一般镀锡机不像拉丝机只有一根出线, 而是由8~12根出线所组成。所以排线、启动和停车等装置就要考虑到中间断线等因素。理想的排线装置每只线盘开档都能单独调节, 保证每盘排线的平整。而且每个线盘最好采用单独离合装置, 如克拉子或电磁离合器等结构, 随时都能单盘启动和停车。这样, 当更换线盘和处理故障时, 不影响其他收线盘的正常运转。

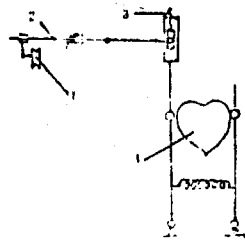


图3-4 凸轮排线示意图

- 1—排线导轮 2—导向杆 3—调节螺杆 4—排线导轮

凸轮排线如图 3-4 所示, 调节螺杆可改变排线宽度, 改变排线凸轮的转速可改变节距的大小。调节排线导轮在导向杆上的位置, 可改变排线的位置。

皮带排线的结构见图3-5。其工作过程是, 电动机通过皮带轮带动皮带运转, 由于电磁铁的电磁力作用, 夹紧元件夹紧在皮带的一侧, 皮带就带动排线导轮移动, 当达到限位开关限定的位置之后, 在限位开关的作用下, 电磁铁释放, 另一个电磁铁动作, 夹紧元件又夹紧在皮带的另一侧, 于是排线导轮又以与前次相反的方向移动, 将线材向收线盘的另一侧顺排, 完成往复排线过程。排线位置和宽度的变动是靠调整限位开关的位置来实现的。排线节距的大小, 是靠调节皮带的运动速度来实现的。

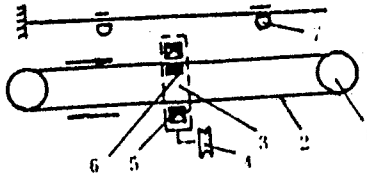


图3-5 皮带排线示意图

- 1—皮带轮 2—排线皮带 3—支架 4—排线导轮 5—电磁铁  
6—夹紧原件开关 7—限位

卧式热镀锌机的性能见表3-1。

表3-1 卧式热镀锌机主要性能

参 数 名 称	单 位	大镀锌机	中镀锌机	小镀锌机
镀锌根数	根	8	10	10
生产范围	mm	0.69~3.00	0.23~0.68	0.08~0.20
收线速度	m/s	0.9 1.3	3.3	3.78
镀锌槽尺寸	mm	850·700×150	850·700×150	750·600×140
镀锌槽容量	m <sup>3</sup>	0.09	0.09	0.08
锡锅温度	°C	250~300	250~300	250~300
加热功率	kW	30	30	23.8
收线功率	kW	7.5	3	2.8

## 二、设备工艺要求

(1) 设备所使用的材料应尽量选用耐酸耐腐蚀的材料, 特别是转动部位, 如导轮等应采用胶木或尼龙制作。

(2) 锡锅加热温度为250~300℃, 其控制偏差不超过±5℃。

(3) 每盘线都应能单独启动和停止。

(4) 各传动部位需运转灵活。

(5) 吸风装置良好, 并配有酸气中和装置。

(6) 锡锅与收线架应有 3m 以上距离, 保证锡线从锡锅出来后有足够的冷却时间。

(7) 锡锅加热有足够的功率, 使凝固的锡熔融不需很长的时间。

### 三、设备传动原理:

#### 1. 大镀锡机

##### (1) 传动计算:

$$\text{快档: } 1440 \times 1/48 \times 50/24 = 62 \text{ r/min}$$

$$\text{线速: } 62 \times 400 \times 3.14/60 \times 1000 = 1.3 \text{ m/s}$$

$$\text{慢档: } 1440 \times 1/48 \times 44/30 = 44 \text{ r/min}$$

$$\text{线速: } 44 \times 400 \times 3.14/60 \times 1000 = 0.9 \text{ m/s}$$

##### (2) 传动示意图如图3-6所示。

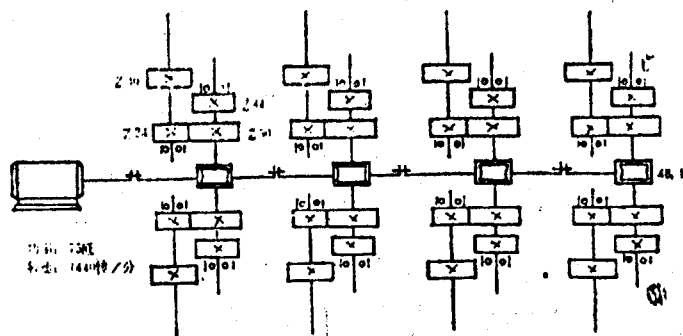


图3-6 大八头镀锡机传动示意图

#### 2. 中镀锡机

##### (1) 传动计算:

$$\text{转速: } 960 \times \frac{80}{300} = 256 \text{ r/min}$$

$$\text{线速: } 256 \times 250 \times 3.14/60 \times 1000 = 3.34 \text{ m/s}$$

##### (2) 传动示意图如图3-7所示。

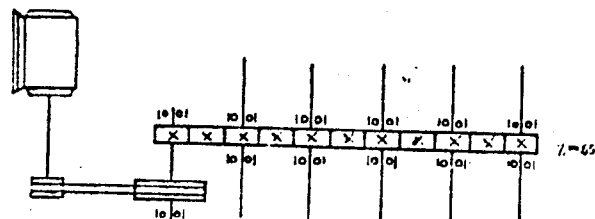


图3-7 中十头镀锡机传动示意图

#### 3. 小镀锡机

##### (1) 传动计算

$$\text{转速 } 1440 \times \frac{120}{240} = 720 \text{ r/min}$$

$$\text{线速 } 720 \times 100 \times 3.14/60 \times 1000 = 3.76 \text{ m/s}$$

##### (2) 传动示意图如图3-8所示。

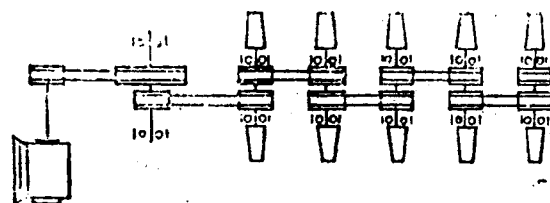


图3-8 小十头镀锡机传动示意图

#### 四、设备操作规程

##### 1. 开车前的准备工作

(1) 开车前首先在各油眼处加油，同时检查电器设备部分是否有妨碍运转的杂物，防护装置必须保持完整。

(2) 调整锡锅温度至工艺规定范围之内，并清理锡灰和锡渣。

(3) 准备好抹锡用的橡皮模具。

(4) 准备好所用的收线盘，破损盘不能上车使用。

(5) 逐盘逐圈检查进线表面质量，测量线径，凡不符合公差范围、表面有严重的氧化变色、油污、机械损伤的铜线，不能投入生产。

##### 2. 操作程序

(1) 将未镀锡的铜线，每盘（圈）整齐放在放线架上。

(2) 整理盘（圈）线，并将铜线头子引出，放在转向导轮上。

(3) 将铜线先后穿过毛毡、酸缸压轮（耐酸导轮或玻璃管）、锡锅压轮，放进橡皮模具中。

(4) 把抹锡橡皮模上下二层将铜线轻轻夹住，以不发毛为准。

(6) 把铜线头子去掉，然后把光滑的锡线绕在收线盘上。

(5) 观察排线，及时调整各盘线的开档，保证排线整齐。

##### 3. 质量控制要点

(1) 应经常注意铜线和镀锡线通过的地方（如导轮、喇叭口等）有无擦伤现象。

(2) 铜线穿过助镀剂槽导轮，使铜线有足够长度浸没在助镀剂中，以保证锡层质量。

(3) 经常注意锡缸温度，不得超过工艺规定范围（以水银温度计测定为准）。

(4) 抹锡橡皮模控制要适中，以锡线不发毛为准，保证锡层有一定的厚度。

(5) 镀锡收线盘不能打得太满，最外层线与线盘侧板边缘的距离不少于10~15mm。

(6) 锡缸上盖上木炭，以吸附表面上的氯化锌油污等脏物，并减少锡的氧化。

(7) 助镀剂应定时取出来用活性炭进行过滤后再用。

(8) 橡皮压模要做到每盘换方向。

(9) 镀锡线下盘后，应堆放在室外通风的清洁地方，以防酸气腐蚀。

##### 4. 安全注意事项

(1) 用中小型镀锡机搬运满盘线时，要思想集中，防止手中满盘线滑下压伤脚。

(2) 熔锡时必须戴好眼镜，把锡块放在锡锅边上预热半小时左右，方可缓慢地放入锡锅中熔化。

(3) 严禁用冷的或潮湿的物件放在熔融的锡中。

(4) 加助镀剂时，必须穿戴好防护用品，用后的余酸设专人保管好。

(5) 铲锡灰时必须戴好防护眼镜，用干燥的工具，禁止用潮湿的工具。



(6) 大八头镀锡机下盘时先拉掉克拉子, 同时人的两脚分开成“人字形”, 双手拉住盘子两边, 用力一致拉大铁盘。

(7) 在正常工作中, 凡是遇到收线盘线乱或放线乱线突然吊起时, 应停车整理。

(8) 铜线拉出锡缸时, 必须用双手拉断线的露铜毛头, 线盘上线不得过长。

## 五、设备维护保养内容及要求 (表3-2)

表3-2 设备保养内容及要求

序号	内 容	保 养 要 求
1	机床清洁	1. 擦洗机床外表, 做到整齐、清洁, 无油污 2. 机床周围场地做到整齐、清洁, 铲除地面油污
2	润滑装置	1. 清洗各油孔, 配齐油杯, 在润滑部位加油 2. 清洗气动装置
3	机床完整性	1. 机床上螺丝、螺母补齐和拧紧 2. 检查调整更换三角皮带 3. 检查更换补齐过线导轮、压线膜等 4. 检查收线张力, 调整适当
4	安全防护装置	1. 防护装置修复完整安全可靠 2. 吸风装置完好
5	电 器	1. 清扫电动机、电器柜内外 2. 检查熔锡缸电炉丝 3. 检查各种开关是否灵敏可靠

## 第二节 电镀锡设备

### 一、设备生产范围

铜线进线直径:  $\phi 0.60 \sim 3.00 \text{mm}$ 。

实际使用线速:  $80 \sim 150 \text{m/min}$ 。

锡层厚度: 可以调节, 一般为  $7 \sim 10 \mu\text{m}$ , 电子工业用镀锡铜线, 其锡层厚度为  $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 。

## 二、设备的组成

电解镀锡机由放线架、电解镀锡机、收线架、镀锡所用各种溶液的循环系统及电器柜等部分组成, 机组的平面布置如图3-9所示。

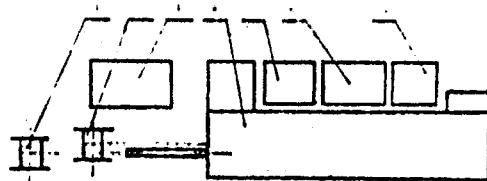


图3-9 电解镀锡机平面布置图

1—收线架 2—放线架 3—电器柜 4—电镀槽 5—酸洗液储存箱  
6—电解液储存箱 7—去油液储存箱

## 三、电解镀锡机

铜线由放线架放出后, 进入电解镀锡机, 电解镀锡机分为上、下两层, 每层各有两组导轮, 以供引线和构成电极之用。下层有电解去油槽、水洗槽及酸洗槽, 上层有上、下布置的两个电解镀锡槽, 各槽之间的相对位置如图 3-10所示。各槽均由耐腐蚀材料制成, 在电解镀锡机的出口端外侧, 另

有一清洗槽，各槽的出口处都装有压缩空气吹干器，用以吹干导线上所残留的液体。

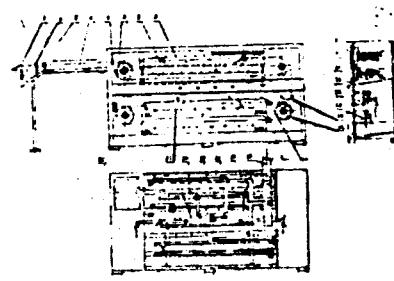


图3-10 电解镀锡机结构示意图

- 1—导轮 2—导向模 3—吹干器 4—水槽 5—导向模 6—导轮  
7—电极料 8—上电解镀锡槽 9—支承轴 10—下电解镀锡槽  
11—电解去油槽 12—酸洗槽 13—水洗槽 14—导轮 15—导轮  
16—废气管 17、18、19、20—铜排 21—电极棒 22—导轮

铜线的运动途径如图 3-11所示。

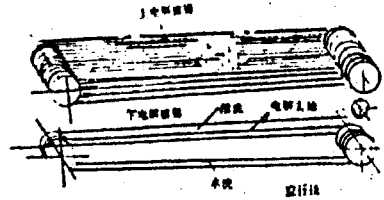


图3-11 电解镀锡穿线图

电解去油液、酸洗液及电解镀锡液的储存箱，均置于设备后面的地坪上，用管道经泵、阀输入电解镀锡机各相应流

槽内，其流量通过手动阀门调节，各溶液管道的进出口见图 3-10。

电解去油及电解镀锡的直流电源是由三相可控硅全波整流获得的，电解镀锡的电流正负极由电器柜经铜排（100×10mm）分别列出，其阴极通过电线、碳刷、集电环与后部导轮组连接，其阳极通过电极棒接入电解槽内，锡块置于其上，连接方式如图3-12所示。

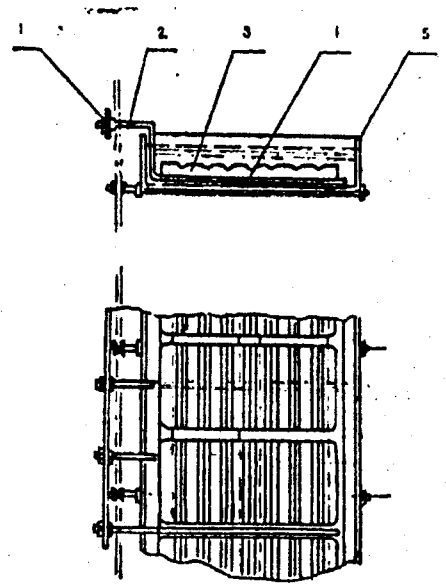


图3-12 电解镀锡槽阳极安装图

- 1—螺母 2—电极棒 3—锡板 4—电极棒 5—电极槽

在电器柜面板上有电流、电压、出线速度等指示表。电解过程中，溶液所挥发的废气由管道排出厂外。

## 第四章 镀锡工艺

### 第一节 工艺基础理论

#### 一、热镀锡工艺基础理论

1. 原理 热镀锡是在清洁的铜线表面先浸上一薄层助镀剂，活化铜线表面，降低表面张力。在一定的工艺规定温度下，铜线表面靠分子间的吸引力附着一层锡，同时在锡层与铜线基体之间生成一层极薄的铜锡合金。这样使锡层与铜基体结合牢固。

2. 热镀锡层结构分析 热镀锡层可看作是在 $300^{\circ}\text{C}$ 左右温度下液态锡(大量的)和固态铜(少量的)相互作用的结果。参考铜-锡状态图可知，铜在锡中或锡在铜中的溶解度都是极其微小的，不可能形成完全共溶的固溶体。沿用状态图可近似地认为，锡在涂镀及在线材表面凝固过程中，在界面上，首先与铜形成化学化合物的 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 为基的固溶体，冷却过程中会发生共析转变，形成电子化合物 $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$ 。曾对 $1\mu\text{m}$ 左右厚度的纯锡镀层做过能谱扫描分析，结果是从铜基体与锡的交界面，直到镀层的外表面，都有铜原子存在，镀层里外各点，铜和锡的含量大致相等，铜约占55%，锡约占45%。可见，薄层的镀锡铜线实际上不是纯锡镀层，而是化合物层。该铜锡化合物层暴露于空气中，容易受腐蚀，这也许是薄层镀锡铜线容易发黄并导致可焊性差的原因。

对热镀厚层的镀锡铜线，锡首先与铜表面形成化合物层，由于铜基体已被此界面层覆盖，外面附着的将是纯锡层。这种镀锡铜线经存放和使用，表面亦会形成一层氧化薄层，这时镀层已由三层组成(如图4-1)，随着时间的推移，化合物层逐渐向外扩散，“吞食”中间的纯锡层，外氧化层亦向内深入，浸蚀纯锡层，但这种扩散和浸蚀速度都是非常缓慢的。

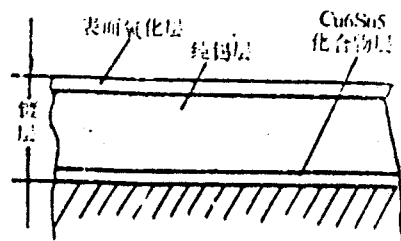


图4-1 镀锡层结构

3. 热镀方式 热镀方式一般有两种，卧式和立式。

卧式热镀(用橡皮压模)，即线材自始至终呈水平方向运动。由于线材在运动中始终紧贴在模具的下半周，而力又是由上往下压(见图4-2)，因此得到的镀层往往下半周比上半周薄，厚度难于保证。

立式热镀(用金属模子)，线材从水平方向斜着进入锡锅的导向轮转为垂直的方向，然后进入平放着的模子，模子圆周方向不予固定，使线材过模子时能自由微微浮动和在水平方向移动。这样，线材能在模孔中自动对中心，所得镀层均匀。

性大为改善，而且能得到一定的厚镀层。当然，用金属模子抹锡，其尺寸（孔径、长度）的选择是极其重要的。

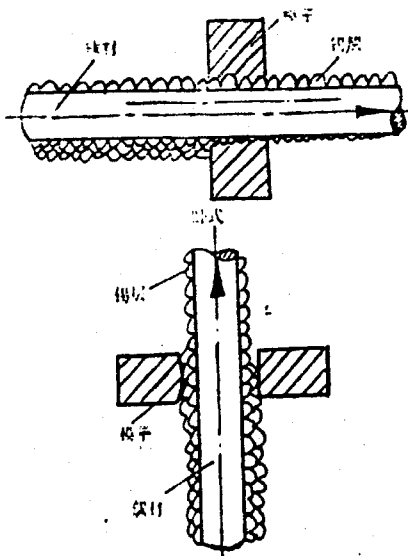


图4-2 锡层分布状态图

4. 热镀温度 热镀温度直接影响着镀层的质量和厚度。温度高（例如高于 $300^{\circ}\text{C}$ ），熔融的金属锡流动性好。锡中某些杂质和表层氧化物在锡锅中下沉或上浮，所得到的镀层中的夹杂、针孔等缺陷少，但镀层薄，容易形成铜-锡化合物，致使在存放过程中镀层容易发黄。

温度低（如低于 $250^{\circ}\text{C}$ ），流动性差，锡锅表层氧化物和杂质容易进入镀层。显微镜观察镀层表明，温度越低，镀层中的夹杂和针孔等缺陷越多。另外，温度越低，粘滞于线材

表面的锡流过早凝固，所得镀层粗糙，有锡瘤等现象。所以，热镀锡时必须严格控制锡锅温度。

5. 抹锡模具 抹锡模具选用金属模子、橡皮和石棉层。金属模一般用在立式热镀上。石棉绳虽然也能获得较厚的锡层，但操作麻烦，而且镀层粗糙。橡皮压模操作方便，且能得到较光洁的镀层，但在操作时不宜压得过紧或过松，否则也容易毛糙或使锡层太薄，锡层试验通不过。

6. 冷却 从锡锅出来的镀锡铜线温度接近锡的凝固点，及时地给予水冷却可以防止晶粒长大。冷却水量应调节到既不粘结转向导轮，又能利用冷却后线材本身的余热干燥表面，不致于带水进入收线盘。空气冷却应考虑模具到收线盘的距离，有足够的时间使之锡层完全凝固好。

## 二、电镀锡工艺基础理论

1. 原理 以锡块为阳极，以清洁的铜线作为阴极，在锡盐溶液中，在直流电的作用下，阳极锡失去电子，以二价锡离子进入溶液中，溶液中阴极附近的二价锡离子从阴极获得电子，变成锡原子，沉积于铜线表面，从而使铜线镀上一层锡。

电镀锡铜线一般都要经过拉丝连续退火，才能成为成品镀锡线。这种镀锡线在锡层和铜基体之间也形成极薄的铜锡合金层。

2. 二价锡 电解液中二价锡浓度影响电流密度的工作范围、阴极电流效率、有机添加剂的需要量、酸的需要量及电解液温度。

(1) 二价锡浓度高，电流密度范围变高。

(2) 二价锡浓度高, 在低电流密度范围内需要较高的光亮剂。

(3) 二价锡浓度高, 为了保证相同的导电率, 需要较高的总酸度。

(4) 二价锡浓度低, 降低阴极电流效率。

(5) 二价锡浓度低, 电解液要求有较高的温度。

3. 四价锡 四价锡是通过二价锡在阳极上的氧化和电解液与空气中的氧接触产生的, 它在溶液中约占5~10g/L, 再高就作为锡渣沉淀在槽底。

四价锡与氟硼酸化合, 会降低游离氟硼酸的含量。减少四价锡形成的主要方法是加抗氧化剂。四价锡不参与电解过程。

4. 游离氟硼酸 游离氟硼酸保证有充分的阳极溶解, 并决定电解液的导电能力。但游离氟硼酸超过正常含量, 浓度过高, 会导致生产成本增加。此外, 较高游离氟硼酸含量会提高电解液中四价锡的溶解度。

5. 有机光亮剂 光亮剂常为有机添加剂, 加入后可提高阴极极化作用, 可使镀层结晶细致、无孔隙、光亮、均匀。同时可改善镀液的分散能力, 提高镀层平整性和附着力。

6. 抗氧化剂 防止二价锡在阳极的氧化并降低二价锡对空气中氧的氧化。电解液中较高的铜离子会降低抗氧化剂的作用。

7. 电流密度 它是阴极单位面积上的沉积电流, 阴极电流密度会影响锡沉积的质量。

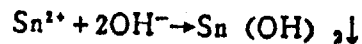
在一定的电流密度范围内可以得到光亮的镀层。如超出该范围, 则结晶容易粗糙, 结合力不好。一般说, 随着阴极

电流密度增大, 镀层中的含锡量也增加, 反之则减少。

8. 温度 电解液温度是影响锡沉积的主要因素, 较高的温度就可能使用较高的电流密度, 提高阴极电流效率, 改善导电率, 能降低电费用, 然而它需要较高的光亮剂浓度, 因而增加光亮剂的消耗。

### 三、化学镀锡基础理论

化学镀锡借助于合适的还原剂使溶液中的 $\text{Sn}^{2+}$ 离子被还原成金属状态, 从而沉积在铜线表面上形成锡层。如在氯化亚锡的碱溶液中, 有下列反应发生:



亚锡酸根离子是活泼的还原剂, 可将 $\text{Sn}^{2+}$ 离子还原成金属锡。因为:



### 四、各种镀锡方式优缺点的对比

1. 热镀锡的优点:

(1) 工艺比较简单,

(2) 设备不复杂,

(3) 班产量较高,

(4) 基本上各种规格的热镀铜线均可生产。

热镀锡的缺点:

(1) 熔化锡容易氧化, 锡耗大,

(2) 耗电大,

(3) 镀锡线的锡层厚度难于控制, 且在同一截面上锡

层厚度不均匀;

(4) 表面光洁度较差;

(5) 可焊性差。

2. 电镀锡的优点:

(1) 锡耗小;

(2) 锡层厚度易控制, 且均匀;

(3) 镀锡线经拉线退火后, 表面光滑圆整;

(4) 可焊性好。

电镀锡缺点:

(1) 工艺较繁;

(2) 设备(包括环保设备)较复杂;

(3) 电镀溶液腐蚀性大。

3. 化学镀锡由于采用吊镀形式, 优点难于显示。

化学镀锡缺点:

(1) 工艺繁琐;

(2) 镀层薄(仅 $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ )且不均匀, 废品率较

高;

(3) 耐腐蚀性差;

(4) 镀层粗糙。

## 第二节 工艺参数的选择和计算

### 一、热镀锌工艺

工艺流程:

放线——毛毡去灰尘——酸洗(包括浸助镀剂)——  
抹去多余的助镀剂——浸锡——抹锡——冷却——收线。

1. 酸洗液 (氯化锌水溶液)

配方(1) 酸:  $16\sim 20\%$

锌:  $23\%$

配方(2) 氧化锌: 盐酸: 水 =  $1:3:6$

温度: 室温

2. 锡

纯锡: 锡含量不低于 $99.8\%$

锡锅温度:  $250\sim 300^\circ\text{C}$

锡锅含铜量不大于 $2\%$

3. 橡皮压模

橡皮压模必须耐高温、耐摩擦, 具有一定的弹性。

(1) 使用范围见表4-1。

表4-1 橡皮压模的使用范围

铜线直径 (mm)	橡皮圈尺寸 (mm <sup>3</sup> )	使用说明
$\phi 0.68$ 以下	$\phi 38 \times \phi 10 \times 12$	上模用软橡皮, 下模用硬橡皮
$\phi 0.69$ 以上	$\phi 52 \times \phi 15 \times 16$	上下模均用硬橡皮

(2) 橡皮配方

1) 硬橡皮

氯丁胶 $50\%$ ,

促进剂Na-22  $0.4\%$ ,

促进剂DMO  $0.2\%$ ,

促进剂TMTD  $0.2\%$

氧化镁2%， 氧化锌2.5%，  
防老剂D1.25%， TEP3%，  
凡士林1.5%， 石蜡1.5%，  
硬脂酸1.5%， 混气碳黑11%，  
半补强碳黑12.5%， 陶土11.45%，  
滑石粉1%。

## 2) 软橡皮

天然胶60.35%， 硫磺0.42%，  
TMTD0.78%， MBT0.35%，  
防老剂D1.01%，  
石蜡4.03%， 氧化锌25.17%，  
碳酸钙6.88%， 硬脂酸1.01%。

## 3) 硫化温度和时间

温度：108~200℃

时间：5~10min

## 4. 锡的消耗

常用生产规范，其耗用的锡如表 4-2所示（锡层厚度按0.02mm计算）。

表4-2 纯锡的消耗

铜线直径 (mm)	标称截面 (mm <sup>2</sup> )	镀锡铜线(kg/t)		铜线直径 (mm)	标称截面 (mm <sup>2</sup> )	镀锡铜线(kg/t)	
		铜 线	纯 锡			铜 线	纯 锡
0.10	0.0078	938.17	61.83	0.68	0.3632	990.43	9.57
0.15	0.0176	957.83	42.07	0.74	0.4301	991.21	8.79
0.20	0.0314	968.1	31.9	0.85	0.5675	992.33	7.87
0.23	0.0416	972.1	27.9	1.03	0.8332	993.67	6.33
0.26	0.0531	975.41	24.59	1.33	1.3892	995.08	4.92
0.28	0.0616	976.98	23.02	1.53	1.8385	995.73	4.27
0.30	0.0707	978.51	21.49	1.76	2.4329	996.28	3.72
0.32	0.0804	979.85	20.15	2.24	3.9408	997.07	2.93
0.39	0.1195	983.42	16.58	2.50	4.9088	997.38	2.62

## 二、电镀锡工艺

### 工艺流程：

铜线——电解去油——水洗——酸洗——电解镀锡——水洗——收线。

### 1. 电解去油

溶液成分：碳酸钠 (NaCO<sub>3</sub>) 35g/L

工艺参数：电压：2~5V

电流：10~20A

温度：20~40℃

### 2. 酸洗

溶液成分：氟硼酸 (HBF<sub>4</sub>) 0.11/L

溶液温度：10~25℃

（溶液使用三个星期换1次）

### 3. 电解镀锡

(1) 溶液成分：氟硼酸亚锡 (SnBF<sub>4</sub>) 0.261/L

氟硼酸 (HBF<sub>4</sub>) 0.03921/L

硼酸 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 25g/L

明胶 (8°E) 6g/L

β-萘酚 (C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>OH) 2g/L

邻苯二酚 C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub> 2g/L

工业酒精 2g/10mL

(2) 工艺参数见表4-3。

表4-3 工艺参数表

线 径(mm)	0.6	0.8	1.0
电 压(V)	5~10	5~10	5~10
电 流(A)	250	200	325
溶液温度(°C)	25~30	25~30	25~30
线 速(m/min)	80	85	85
镀层厚度(μm)	4.8~8.2	8.1~9.6	6.1~9.6

(3) 阳极材料

成分：锡的含量≥99.8%。

尺寸：400×200×200mm（为增加阳极板与电解液的接触面积，阳极板上的表面可制成锯齿状。

4. 工艺消耗 见表4-4。

表4-4 工艺消耗表

材 料	单 位	线 径(mm)		
		0.6	0.8	1.0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	kg/t	8.4	6.4	4.3
HBF <sub>4</sub>	L/t	14.2	11.0	7.0
Sn(BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 40%	L/t	29.2	22.5	14.7
明 胶	kg/t	4.22	3.2	2.4
β-萘酚	kg/t	4.22	3.2	2.4
邻苯二酚	kg/t	0.36	0.29	0.18
酒 精	L/t	1.85	1.52	0.76

5. 电解镀锡溶液的配制（500L电镀液）

(1) 加热350L蒸馏水到50℃（以下几个步骤所需的蒸馏水皆取于此）。

(2) 加氟硼酸锡于氟硼酸中，待溶解后加入硼酸进行搅拌。

(3) 将明胶溶于30L蒸馏水中（温度为22~25℃）停放24h。

(4) 将β-萘酚溶于5L酒精中，并倒入已加热到80℃的明胶溶液中连续搅拌。

(5) 把上面配好的溶液都倒入电解液的容器中。

(6) 将邻苯二酚溶于10L蒸馏水中，并放到容器中。

(7) 余下的蒸馏水放入电解液的容器中。

### 三、化学镀锡工艺

1. 镀前表面处理

(1) 去油污

配方：氢氧化钙50g/L

温度：90℃以上

时间：以除去油污为限

(2) 清水漂洗：5min

(3) 酸洗（去除氧化膜）

配方：酒石酸溶液，pH值1~2

温度：室温

时间：以除去氧化膜为限

(4) 流水清洗：5min

1.2. 浸镀



配方：氢化亚锡 30~40g/L

氢氧化钠 70~90g/L

温度：沸点

时间：60min

### 3. 浸镀后处理

(1) 流水清洗：5~10min

(2) 柠檬酸溶液中和：20min pH值1~2

(3) 流水清洗：5min

(4) 纯化处理

配方：重铬酸钾 30g/L

醋酸 15mL

磷酸 10mL

硝酸 1mL

温度：室温

时间：10~20min

(5) 流水清洗干净为止

(6) 用离心机脱水

### 4. 烘干

设备：烘箱

温度：100~200℃

时间：以烘干为限

## 四、一些常用公式的计算

在生产过程中，我们经常会碰到电阻率、锡层厚度的计算，下面举例说明。

### 1. 电镀液的计算方法

$\text{Sn}^{2+}$  已知氟硼酸溶液中  $\text{Sn}^{2+}$  含量为20.3%，其与水的

相对密度为1.65，求0.26L氟硼酸亚锡中含  $\text{Sn}^{2+}$  多少克？若每升溶液中含0.26升氟硼酸亚锡，配500L电镀液，需要多少升氟硼酸亚锡？

$$\text{解：} 1.65 \times 260 \times \frac{20.3}{100} = 87.1 \text{ (g)}$$

$$0.26 \times 500 = 130 \text{ (L)}$$

答：0.26L氟硼酸亚锡溶液中含  $\text{Sn}^{2+}$  87.1g，需要130L氟硼酸亚锡。

### 2. 导体电阻率的计算方法

已知  $\phi 2.24\text{mm}$ 、100m长的导线电阻为  $0.447\Omega$ ，求镀锡线的电阻率为多少？

$$\text{解：} \rho = R \frac{S}{L}$$

$$R = 0.447\Omega$$

$$L = 100\text{m}$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\rho = 0.447 \times \frac{\pi}{4} \times (2.24)^2 / 100 = 0.0176\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

答：电阻率为  $0.0176\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

### 3. 锡层厚度的计算方法

已知  $\phi 0.60\text{mm}$ 、200mm长的镀锡铜线，求它的锡层厚度为多少？

解：先用化学退镀法退去锡层，称取退镀前和退镀后的重量，分别为0.5288和0.5125g，利用下列公式进行计算：

$$h = \frac{(g_1 - g_2) \times 10^4}{\pi D L \rho}$$

式中  $h$ ——镀层的平均厚度 ( $\mu\text{m}$ )；

$g_1$ ——退镀前的样品重量 (g) ;  
 $g_2$ ——退镀后的样品重量 (g) ;  
 $\pi$ ——圆周率取3.14;  
 $D$ ——线径 (cm) ;  
 $L$ ——线长 (cm) ;  
 $\rho$ ——镀层金属的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 。

数据代入公式, 得:

$$h = \frac{(0.5288 - 0.5125) \times 10^4}{3.14 \times 0.06 \times 20 \times 7.3} = 5.9 (\mu\text{m})$$

答: 锡层厚度为  $5.9 \mu\text{m}$ 。

4. 酸洗液的计算方法 若酸洗液中含氯化氢18%, 氯化锌20%, 试计算配制200L的酸洗液, 需要多少 kg 盐酸和多少kg氯化锌 (工业盐酸中氯化氢含量31%, 工业级氯化锌含量为99%, 计算准确到0.1kg) ?

解:  $\because$  酸洗液中含氯化氢18%

氯化锌20%

$\therefore$  200L酸洗液中

$$\text{含氯化氢} \frac{18 \times 200}{100} = 36 (\text{kg})$$

$$\text{含氯化锌} \frac{20 \times 200}{100} = 40 (\text{kg})$$

$\therefore$  配制200L酸洗液需要

$$\text{盐酸} \frac{36 \times 1}{0.31} = 116.1 (\text{kg})$$

$$\text{氯化锌} \frac{40 \times 1}{0.99} = 40.4 (\text{kg})$$

答: 需要盐酸116.1kg, 氯化锌40.4kg。

5. 电流强度的计算方法。

已知  $\phi 1.0\text{mm}$  的线径, 线速达  $100\text{m}/\text{min}$ , 所得锡层厚度为  $8 \mu\text{m}$ , 求电流强度为多少?

$$\text{解: } I = 0.62 d Z V$$

式中  $I$ ——电流强度 (A) ;

0.62——常数;

$d$ ——线材直径 (mm) ;

$Z$ ——锡层厚度 ( $\mu\text{m}$ ) ;

$V$ ——线速 (m/min) 。

数据代入公式, 得:

$$I = 0.62 \times 1.0 \times 8 \times 100 = 496 (\text{A})$$

答: 所需电流强度为496A。

6. 班产量的计算方法

已知中十头镀锡机, 其出线速度均为  $3\text{m}/\text{s}$ , 求  $\phi 0.50\text{mm}$  镀锡铜线班产量为多少 (按8h计算, 辅助时间忽略) ?

$$\text{解: 班产量} = V \rho \times 10$$

式中  $V$ ——铜线体积 ( $\text{cm}^3$ ) ;

$\rho$ ——铜的密度 ( $8.89\text{g}/\text{cm}^3$ ) ;

10——镀锡根数。

数据代入公式, 得:

$$\begin{aligned}
 \text{班产量} &= 300 \times 60 \times 60 \times 8 \times \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \times 8.89 \\
 &= 1507388 (\text{g}) \\
 &\approx 1507 (\text{kg})
 \end{aligned}$$

答: 每班产量为1507kg。

### 第三节 工艺规程的编制方法

为了保证加工出来的产品符合产品标准的要求,保证生产的顺利进行,必须对产品的各项技术参数以一定的文件形式加以规定。因此编制正确、完整的工艺规程,是保证产品质量、正常生产的必要条件,编制工艺规程,一般有下列规定:

#### 一、内容和要求

1. 适用范围 指机床和产品。
2. 形式 对于已成系列化的产品,采取分工序编订,对于某些型号规格较少的产品,则以产品流程编订。通常以表格形式表达。
3. 内容 在工艺规范中,应列出各项工艺技术参数,以保证产品符合标准之要求。

#### 二、热镀锌工艺规程的编制要点和顺序

在编制热镀锌的工艺规程时,应考虑到下列几项因素:

1. 放线形式 根据线径规格的大小和选用的机床性能,确定其放线形式。
2. 助镀剂的选用 既要考虑到酸洗的效果,又要考虑到酸洗液的腐蚀性问题,应尽可能用酸洗效果好,而腐蚀性又小的酸洗液。
3. 锡锅的温度和杂质 锡锅温度的高低和杂质含量直接影响锡层的厚薄和产品质量。因此对锡锅的温度和杂质的含量,都应有明确的规定。

4. 抹锡模子。抹锡模子是生产镀锡线的关键,因此应根据线径的大小,正确选择采用何种抹锡模具及其尺寸。

5. 冷却方式 根据不同的线径规格,确定其冷却的方式。一般大镀锡机采用水冷,中、小镀锡机采用空冷,也可采用水冷,但要注意水不可带入线盘。

6. 导线速度 大、中、小镀锡机因其线径和收线盘的大小的不同,线速有所不同。一般地大规格的线径比小规格的线径的线速要慢些。

### 第四节 工装模具的调整和量具的使用

#### 一、工装模具的调整

镀锡铜线生产中的工装模具,有过线导轮、穿线模板、抹锡橡皮模、加热炉等。它们选择是否恰当与产品的质量密切相关。工装模具的调整和改进,亦以上述要求和工艺条件为原则综合考虑。

1. 加热炉的调整和控制 热镀锌时,温度的控制是影响锡层厚度的一个重要因素,因此正确调整好仪表的温度是控制炉温的关键。考虑到炉温的热惯性比较大,即使温度上升到上限指示后电源自行关闭,温度还会有继续上升的趋势。因此,仪表中的上限指示针一般都调整到低于工艺所规定的范围。这样即使电源切断后,其温度因热惯性有所上升,但不会超过工艺所规定的范围。

#### 2. 抹锡模具的调整和控制

(1) 橡皮压模的使用:首先应根据线径选择橡皮压模,大线径应选用硬橡皮压模,橡皮压模的尺寸应该选择的大

些,中、小规格镀锡线应选用软橡皮和硬橡皮混合使用,硬橡皮作底模,软橡皮作上模,其尺寸也应小一些。

橡皮压模调整的松紧与镀层厚度有关。过紧锡层薄,过松锡层粗糙。所以橡皮压模的松紧应适中,不可过紧或过松。

(2) 金属模抹锡,用金属模抹锡,通常都是用来制造较厚的镀锡线。一般用一只或两只模子同时使用。作为过线模(即定径模)的孔径比铜线实际尺寸放大2~3丝。

(3) 过线导轮、穿线模板、排线导轮的使用:酸洗槽中的过线导轮要求表面光洁,能耐酸,曲率半径大,转动灵活,以防止进线刮伤,导线弯曲,线径缩小,伸率降低等毛病。穿线模板中的模子用拉丝钨模、孔径光洁,大小适中。排线导轮表面应光洁、耐磨,为防止刮伤锡层表面,宜采用尼龙或胶木制作。

## 二、百分尺和千分尺使用方法和保养

百分尺和千分尺是每一个操作者必备的生产工具。它用来测量工件的外部尺寸,是一种精密量具,在使用时要特别注意,否则易于损坏机件,影响测量工作。

### 1. 使用注意事项

(1) 使用前应把两个测量面擦干净,然后转动测力装置(棘轮),使两个测量面轻轻地接触。对光进行观察两测量面接触部位应无漏光,否则应认为两侧量面平行度不好。此时主套管零位应和微分筒零位对准。如果零位没有对准,应送计量部门加以调整。

(2) 在测量前应先将被测工件表面擦干净,以免脏物影响测量精度。

(3) 在旋转测力装置使微分筒沿固定刻度套管移动时,应没有任何轧卡和不灵活现象出现。

(4) 在测量时(尤其是在测量较大尺寸的工件时),操作者应双手握百分尺,用右手拇指和食指旋转测力棘轮,直至听到“卡卡”响声,表示棘轮已自动停止送进,锁紧制动器。然后取下百分尺读取尺寸,当然也可以不锁紧制动器在工件上直接读取尺寸,这样可减少量具磨损。

(5) 为了避免一次读数可能不够正确,可以松开棘轮再在原来的地方重复测量一、二次。为了检验工件椭圆度和锥度,更需在不同位置上反复测量。

(6) 在读取测量数值时,注意防止错读0.5mm(也就是在套筒上多看或少看半格)。

### 2. 外径百分尺的正确操作

(1) 百分尺测量轴的中心线要同测量尺寸长度的方向一致,不要歪斜。

(2) 测量时利用棘轮送进测量面,直至听到“卡卡”声即可读尺寸,不要倒退后再读尺寸。防止由于测量螺杆和螺母存在间隙而引起误差。

(3) 在用百分尺测量小型工件时,允许左手持工件,右手操纵百分尺进行测量,但必须旋转棘轮机构送进测量面。对于大量检验的小型工件,最好将百分尺弓架夹持住,左手持工件,右手旋转棘轮较方便。

(4) 不要过分用力旋转刻度套管,而使测量面压向工件表面。

(5) 只旋转棘轮来调整百分尺的测量范围(粗调节)是不够妥当的,因为棘轮易磨损,费时间也多。在使用时应先

旋转刻度套管,直至测量面要接触工件表面时再用棘轮。

(6) 为了使测量面和工作表面有良好接触,在旋转棘轮时可以轻轻晃动百分尺弓架,使两者保持良好的接触。

(7) 不可猛烈或快速旋转测量轴,否则将使测量轴和工件发生碰击,造成螺杆咬死和损伤。

(8) 绝对不可测量正在旋转的工作,因为会损坏量具和发生工伤事故。

(9) 不准把百分尺拿在手中挥动和摇转,因为会使测微螺杆受伤。

(10) 发现故障不允许自行修理,应送计量部门检修。

### 3. 外径百分尺的维护和保养

(1) 百分尺应经常保持清洁,不准放在脏的地方,不准和其他工具、刀具等放在一起。用完用清洁的软布或白回丝将切屑和油渍擦干净,装在专用盒内,保持量具干燥。

(2) 不许用火油自行拆洗百分尺,拆洗应由计量部门进行。

(3) 不要使百分尺受到撞击,万一受到撞击应及时送计量部门修理后才允许继续使用。

(4) 不要把百分尺放在强磁场附近,以免磁化。

(5) 不要把百分尺放在运转部位,防止轧伤量具。

(6) 在不用的时候,要把两个测量面分开一些存放,以免腐蚀。

(7) 不准在百分尺的刻度套管和测微螺杆间加普通机油、凡士林、酒精、火油、柴油等。应加特种轻质润滑油(缝纫机油),更不允许把百分尺浸在机油和柴油里。

## 第五章 锡镀线的废品种类与排除方法

无论热镀锡还是电镀锡,在生产过程中,难免会出现各种各样的不符标准的产品。对于镀锡铜线的产品标准,国家已作了明确的规定,见GB 4910—85。凡不符合标准的产品均属废品。镀锡产品不像圆铜单线产品,如一些缩小的线还能进行改拉,而镀锡线则不能,一有上述不良的现象,则只有报废。因此会造成人力物力上的浪费,特别是消耗了极宝贵的金属锡,必须尽力避免。

根据以往的经验,分热镀锡和电镀锡两方面列出一些常见的废品类型、产生原因和排除方法,当然在这方面还需要在实际生产中进一步充实、提高和完善。

### 第一节 热镀锡线的废品种类与排除方法

#### 一、尺寸形状不正确(缩小、超差)

产生原因	排除方法
(1) 橡皮压模压得过紧或过松	(1) 橡皮压模应控制适中,不能一次压入量太大,一盒线内分几次逐步往下压
(2) 导轮和放线盘转动不灵活	(2) 由于工作间内酸气严重,因此设备转动部位都要定期修理
(3) 橡皮老化	(3) 每盒线做完后,应及时清理橡皮内的残锡,并剪去软橡皮表面老化层
(4) 锡锅压线板起槽	(4) 定期更换
(5) 温度过高	(5) 严格控制锡锅温度,除了仪表控制外,应定时用水银温度计测量炉温

(续)

产生原因	排除方法
(6) 进线发粘	(6) 严格控制好拉线张力和初炼温度, 防止线材呈波浪形

## 二、表面质量不合格 (毛糙、露铜、黑斑、水迹)

产生原因	排除方法
(1) 锡铜表面有油污	(1) 加木炭或木屑去除油污
(2) 助镀剂脏和含量不正确	(2) 助镀剂定期进行更新, 并严格按照工艺规定进行配量, 保证其含量的正确性
(3) 进线氧化	(3) 严格控制进线质量
(4) 冷却水太大	(4) 冷却水量控制适中, 并在水槽前面放置一道揩水帆布
(5) 镀锡线不在压线中心	(5) 镀锡线在通过压模时, 要放在压模中心, 不可歪斜
(6) 锡铜有杂质	(6) 每天应清理锡铜表面杂质, 每两星期测定一次铜的含量, 若超过工艺规定, 应进行处理或补充新锡
(7) 进线弯曲	(7) 控制好拉线张力和初炼温度, 对弯曲严重的进线可先复绕一遍
(8) 橡皮质量不好	(8) 控制好橡皮配方和橡皮加工工艺

## 三、收排线不合格

产生原因	排除方法
(1) 排线调整不当	(1) 按收线线盘规格调整排线宽度和排线位置
(2) 排线机构有故障	(2) 细心观察, 排除故障, 如挑轮磨损, 各杠杆轴磨损晃动等
(3) 放线盘不规则	(3) 平整线盘, 如不能修理应报废

## 四、锡层试验不合格 (锡层连续性、附着力、过硫酸胺)

产生原因	排除方法
(1) 进线有氧化、起皮、毛刺	(1) 提高铜杆和拉丝质量
(2) 锡层太薄	(2) 严格控制炉温, 并定时用水银温度计进行检查, 橡皮压模不可压得过紧或过松
(3) 助镀剂脏和含量过低	(3) 应定期进行更换和处理, 并要有专人负责配量和管理
(4) 压线导轮不转动或压线板起槽	(4) 定期进行更换

## 第二节 电镀锡线的废品种类及排除方法

### 一、无镀锡

产生原因	排除方法
(1) 设备没有运转	(1) 检查是否供电
(2) 清洗不够干净, 去油不够干净	(2) 检查成分, 检查池子
(3) 镀液成分起变化	(3) 测定电镀液
(4) 锡阳极消耗完	(4) 装入新的锡阳极
(5) 锡阳极淤塞	(5) 用刷子和刮铲清除锡阳极, 检查阳极母线

## 二、镀锌报废（没有完全镀到锡）

产生原因	排除方法
(1) 线材起酸，线材表面含油	(1) 检查预拉线（镀锌进线）
(2) 线材清洗装置和酸洗池工作不正常	(2) 检查清洗装置 检查酸洗池温（30~35℃） 检查溶液是否脏
(3) 预拉线粘有氧化层	(3) 检查预拉线
(4) 电流密度(A)太小	(4) 检查电流密度
(5) 电镀液成分含量不正确	(5) 测定电镀液成分

## 三、镀锌没镀牢

产生原因	排除方法
(1) 电流密度太小	(1) 检查电流密度
(2) 镀液成分不对	(2) 测定镀液成分
(3) 线材表面脏	(3) 增强清洗能力

## 四、镀层太薄

产生原因	排除方法
(1) 电流密度太小	(1) 检查电流密度
(2) 阳极不干净或淤塞	(2) 清洗阳极
(3) 锡阳极消耗完	(3) 换上新的阳极

## 第六章 产品标准及锡层试验方法

### 第一节 产品技术要求

镀锡铜线必须符合GB 4910—85《镀锡圆铜线》的标准规定，其主要技术要求如下：

#### 一、尺寸偏差

镀锡铜线标称直径的偏差应符合表6-1规定。

表6-1 镀锡铜线标称直径偏差

标称直径 d (mm)	偏差 (mm)
$0.050 < d \leq 0.125$	+0.008 -0.003
$0.125 < d \leq 0.400$	+0.010 -0.004
$0.400 < d \leq 4.00$	+2% -1% d

#### 二、伸长率

镀锡铜线的伸长率应符合表6-2规定。

表6-2 镀锡铜线伸长率

标称直径 d (mm)	伸长率 (%) 不少于
$0.05 < d \leq 0.09$	8
$0.09 < d \leq 0.25$	12
$0.25 < d \leq 0.50$	15
$0.50 < d \leq 2.00$	20
$2.00 < d \leq 4.00$	25

### 三、电阻率

镀锡铜线的电阻率应符合表6-3规定。

表6-3 镀锡铜线的电阻率

标称直径 d (mm)	电阻率 $\rho_{20} (\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$
$0.05 < d \leq 0.09$	0.01851
$0.09 < d \leq 0.25$	0.01802
$0.25 < d \leq 0.50$	0.01770
$0.50 < d \leq 4.00$	0.01780

### 四、镀层

(1) 镀锡铜线的锡层表面应光滑连续。不得有与良好工业产品不相称的任何缺陷，用正常目力检查。

(2) 镀锡层应是连续的。经过硫化钠溶液试验后的试样表面应不变黑，或经过硫酸胺溶液试验后，试验溶液的色泽应不深于标准比色溶液的色泽。

(3) 镀锡层应牢固地粘附在铜线的表面上，镀锡铜线按表6-4规定卷绕，并经浸渍试验后，试样螺旋卷绕部分的外周表面应不变黑，镀层应无裂纹。

表6-4 卷绕芯轴直径表

(mm)

标称直径 d	试绕直径 不大于
$d \leq 0.68$	4d
$d > 0.68$	5d

### 第二节 锡层试验方法

#### 一、锡层连续性试验方法

1. 试样的准备 试样长度不小于150mm，应加入合适的有机溶剂，如苯或汽油，并使试样在其中至少3min，取出后用清洁的软布揩干，待试验。试样浸入试验溶液部分应勿用手触摸，且应防止被其他试样的剪切端部损伤。

#### 2. 试验溶液的准备

(1) 盐酸溶液：在16℃时，由化学纯 (C.P) 盐酸用蒸馏水稀释，配制成与水相对密度为 1.088 的盐酸溶液，若盐酸中 HCl 的含量为 36%，则盐酸与蒸馏水的比例约为 1:1。

盐酸溶液按表6-5规定，使用后废弃。

表6-5 镀锡铜线试样极限

标称直径 d(mm)	最大试样数
$0.07 < d \leq 0.75$	14
$0.75 < d \leq 1.00$	12
$1.00 < d \leq 1.25$	10
$1.25 < d \leq 2.12$	8
$2.12 < d \leq 3.55$	4
$3.55 < d \leq 10.00$	2



## (2) 多硫化钠溶液

1) 浓缩多硫化钠溶液配制: 将化学纯 (C.P) 硫化钠晶体溶解在蒸馏水中, 直至溶液在 20℃ 时达到饱和, 再加入足够的硫磺 (每 1000mL 溶液超过 250g), 并加热搅拌使之完全饱和, 静置 24h 后过滤, 即得多硫化钠浓缩溶液。

2) 试验溶液的配制: 以部分浓缩溶液用蒸馏水稀释进行配制, 在 16℃ 时它与水的相对密度为 1.142。

工厂配制经验数据: 将 260g 硫化钠晶体溶于 400mL 蒸馏水中, 在所配溶液里按 1000mL 溶液加 250g 硫磺的比例计算, 把所需硫磺加入。经加热搅拌然后静置 24h 过滤而得浓缩多硫化钠溶液。使用时在 16℃ 时加蒸馏水稀释成与水相对密度为 1.142 的试验溶液。

多硫化钠溶液应有足够的浓度, 能使一根未镀锡的清洁铜线在 5s 内变黑, 若铜线不变黑, 则多硫化钠溶液失效应废弃, 重新更换。

3. 试验步骤 清洁铜线可在装有 180mL 试验溶液的 250mL 量筒里进行浸渍, 试样浸渍长度不少于 120mm, 试验的溶液温度为 16~20℃。

一周期浸渍: 试样浸入盐酸溶液里 1min, 取出后用清水冲洗, 并用清洁的软布揩干。

试样再浸入多硫化钠溶液里 30s, 取出来后用清水冲洗, 并用清洁的软布揩干。

二周期浸渍, 重复一周期浸渍试验。

在规定周期结束后, 观察锡层有无黑色 (试样剪切端部 15mm 内有黑色可不作考核)。

## 二、锡层附着性的试验方法

1. 试样的准备 试样的长度不小于 300mm, 应浸入合适的有机溶剂, 如苯或汽油里至少 3min, 取出后揩干, 待试验。试样浸入试验溶液的部分勿用手触摸, 且应防止被其他试样的剪切端部磨损。

2. 试验溶液的制备 多硫化钠溶液, 其配置方法与“锡层连续性试验方法”中所规定的多硫化钠溶液配制方法相同。

3. 试样步骤 缠绕: 将试样的一端固定在按表 6-4 规定直径的光滑芯轴上, 然后缓慢均匀地转动芯轴。缠绕时不得拉紧试样, 相邻线圈的间隙约等于试样的标称直径。

浸渍试验: 从芯轴上取下试样, 将其螺旋形缠绕部分完全浸入多硫化钠溶液中 30s, 浸渍温度为 +16~20℃, 试样取出后, 立即用清水冲洗, 并将试样抖动甩掉剩余水分。

用目力检查试样螺旋缠绕部分的外表面, 不应变黑。0.5mm 以下的线径允许用不大于 3 倍的放大镜检查, 若试验后线呈灰色, 仍做为合格品。

## 三、过硫酸铵试验方法

1. 试样的准备 从试验样品中取一组试样, 每组试样截取若干段, 每段长度必须保证试样完全浸没于过硫酸铵溶液中。

将试样浸入适当的溶剂 (如汽油或乙醚) 中不少于 3min, 以除去试样表面油污, 并用干净的软布揩干。每段线的两端应完全涂上蜡以保护裸露的铜。

每组试样的总长度应用公式  $L = \frac{300}{d}$  计算, 式中 d 是标

称直径， $L$ 和 $d$ 均以mm表示，在测定长度时每段线涂蜡的两端不计在内。

## 2. 试验溶液的制备

(1) 过硫酸胺溶液 在蒸馏水中溶解 10g含量不小于95%的过硫酸胺 $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$ 结晶体，加入75mL化学纯的氨液（与水的相对密度为0.90），加蒸馏水至1000mL。

(2) 标准溶液 将 0.200g 化学纯无水硫酸铜溶解在500mL的蒸馏水中，加入化学纯氨水（与水的相对密度为0.90）75mL，再用蒸馏水稀释至1000mL。

3. 试验步骤 在100mL量筒内注入新制备的过硫酸胺溶液100mL，将一组清洗、并以蜡封头的试样浸入溶液中，溶液温度为 $18 \pm 3^\circ\text{C}$ ，经15min取出试样，并将溶液和另一相同规格100mL量筒中相同容积的标准溶液进行比色，沿纵向观察溶液颜色深浅程度。浸置试样后的试液颜色应不比标准溶液的颜色为深。

# 第七章 新技术、新工艺、新设备

## 第一节 使用保护气体的铜线镀锡设备

奥地利Gebauer和Griller公司研究了一种使用保护气体的铜线镀锡设备（图7—1），可与拉线和退火组成连续生产线。因而可免除铜线的中间储存和周转，并且可减去传统的热镀锡的酸洗工序，这对于避免镀锡线在长期储存中的“锡病”是非常重要的。

铜线经过拉线、退火后进入镀锡槽时，保持有 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 温度，这样就能使镀锡的能耗节省约25%。由于缩短了铜和锡的反应时间，再加上在铜线表面涂以焊剂，就能在高达40m/s的速度下得到很好的镀锡质量。

这种设备的主要特点，是在镀锡过程中锡槽内充以保护气体，并始终保持轻微的正压力。铜线从锡液面以下通过锡槽，从而可以避免氧化。

此设备的主要部分是一个偏心安装的锡槽，可沿轴心向两侧作 $90^\circ$ 的回转，熔锡槽的两端分别用钻石模作铜线的引入孔和出线孔。当锡槽回转 $90^\circ$ ，这些孔处于锡面以上时，就是穿线的位置。然后把锡槽再回转 $90^\circ$ ，让铜线进入液面以下。此时，用真空泵抽气约10min，然后注入保护气体（如氮气）开始镀锡。

此工艺的优越性有三点：(1)质量可靠；(2)可大幅度增加产量；(3)节约设备投资，减少工艺损耗，降低生产成本。

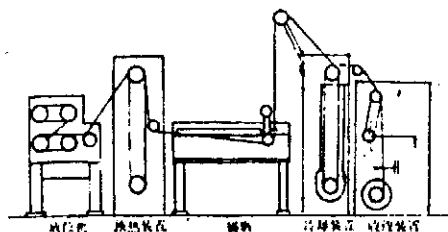


图7-1 高速镀锡设备

a) 涂焊剂部分 b) 镀锡部分 c) 冷却部分

## 第二节 无毒电解镀锡

通常电解镀锡溶液中，都含有高毒媒质的添加剂，对环境和人体健康都有极大的危害性。随着电解镀锡的广泛应用和深入发展，目前世界上出现了不含甲醇和甲醛的电镀锡溶液，以保护环境和人体健康。

这种氟硼酸电镀工艺主要用于线材、带材的连续镀锡。同时适用于锡铅合金。SPS电镀工艺(Sn-Pb-System)能满足设备的各种要求，维修费用低，完全无毒，电导率高即电流密度大。只要设备合适，该工艺可达到 $100\text{A}/\text{dm}^2$ 以上的电流密度，并使材料表面生成一层无泽丝光面。这样可不必对镀锡线作最后定径，并且保证了镀层的晶粒结构良好。

### 一、氟硼酸SPS电镀工艺要素

SPS锡盐（主要成分：高纯氟硼酸锡）；

SPS导电酸（主要成分：高纯氟硼酸）；

SPS接触剂（不含甲醇）。

盐和酸用于传导电流，溶解和析出金属，接触剂保证了所析出镀层具有良好的结晶延展性的无泽丝光面。SPS导电酸也可用来制备酸洗混合液。

## 二、SPS电镀主要工序

脱脂（在 $40^\circ\text{C}$ ，20%氢氧化钠中进行电解处理）；

冲洗（用水）；

酸洗（用1/3浓度稀释SPS导电酸）；

镀锡；

冲洗（用水）。

## 三、大电流密度

SPS电镀工艺所需的基本设备包括：一个橡皮包覆钢槽或聚丙烯塑料槽，优质钢制或聚四氟乙烯制加热器，作为阳极的合金铸件，能使电镀液通过的 $5\mu\text{m}$ 网孔过滤器，以及电镀产品的收放线装置。

镀纯锡时，阴极最大电流密度为 $150\text{A}/\text{dm}^2$ ，阳极为 $15\text{A}/\text{dm}^2$ ，温度为 $35\sim 40^\circ\text{C}$ 。

## 第三节 拉线-镀锡连续生产新工艺

1979年至1980年，Anaconda-Ericsson 公司 电线电缆部和Syncto机械公司联合发展了一种新的铜线和镀锡连续生产线。

目前存在着两种将铜线的中小拉与镀锡联合的方法。第

一种方法是用镀锡后的线坯再拉，第二种方法是将铜先拉制到所要求的规格，然后在铜线上镀上精确的锡层。前者要求在铜线上镀有精确的锡层（通常采用电解镀锡），对以后的拉线工序要求精确控制工艺来保证锡层的均匀性，并且特别注意选用退火过程中的导轮材料。拉线-镀锡要求严格注意冷却的应用。

对两种镀锡方法的比较表明，虽然能达到同样的生产能力，但拉线-镀锡连续生产线可简化一道工序，并节约投资40~60%。

镀锡工艺和设备：

镀锡和退火的铜线需满足ASTM-B33技术规范的要求，其表面先形成一种铜锡合金( $\text{Cu}_6\text{Sn}$ 或 $\text{Cu}_3\text{Sn}$ )，这样使锡盐粘附在铜锡合金表面上，最终的产品是由铜线-铜锡合金-锡层所组成。生产线的布置示于图7-2。生产速度以1397~1524m/min为目标。

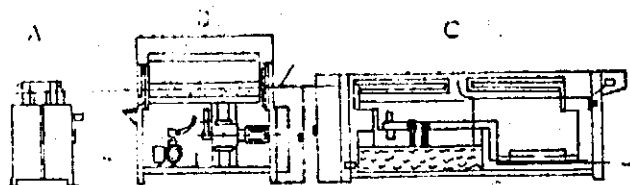


图7-2 镀锡生产线的布置

## 一、预热装置 (图7-3)

使铜线的预热作用是：(1)缩短铜线表面达到锡熔点温度所需的时间；(2)改善铜线退火性能；(3)降低锡锅温度，以减少锡渣，减少锡锅加热元件的热损坏，其结果使锡锅温度更均。

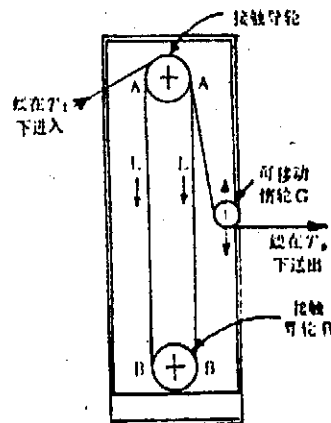
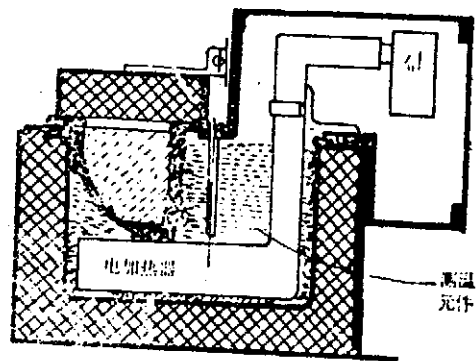


图7-3 预热装置

## 二、镀锡 (图7-4)

导线成一倾斜角度进入锡锅，线通过锡然后绕过称之为“义”的一组碳化硅柱销，垂直穿过一试锡的钻石模出来。钻石模磨去过量的锡并控制锡层厚度，在生产线停机或开车时，使用出口导轮D。热量以外浴槽内的侵入式加热器传入铸铁锡锅。



电加热器

测温  
元件

图7-4 锡 锅

### 三、冷却装置(图7-5)

线经由上部椭圆轮由下进入冷却室，冷却区内充有循环的冷却水。导线绕过主动导轮F向上经过第二冷却区并绕过导轮G，通过试干器后被送出。

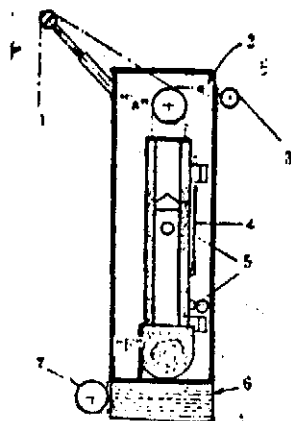


图7-5 冷却装置

1—进线 2—空气试干器 3—出线 4—水位器 5—冷却阀 6—集水箱 7—冷却水泵