

电镀中心工程设计

谈谈在实践中的几点体会

黄瑞光*

解放以来随着社会主义经济建设的发展,电镀厂点就像雨后春笋一样蓬勃发展起来。据不完全统计目前全国电镀厂点已达到5500个,为世界上最多电镀厂点的国家之一。由于电镀厂点的大量发展,我国工业产品的装饰水平和功能质量也随着不断提高,从而满足国民经济各个部门的需要,同时不断地把工业产品推进国际市场。建国以来电镀工业的发展对于国民经济的发展起了不可忽视的促进作用。

我国的电镀厂点绝大部分是隶属于全能工厂,为全能工厂的产品加工服务。由于全能工厂的产品数量和品种有限,基建的资金也有限,因而绝大多数全能工厂的电镀车间或班组只能采用通用工艺、简易设备及人工操作进行生产,产量少,质量不稳定,成本高,三废治理较为困难。这对于进一步发展电镀工业潜伏着相当大的阻力。为此近几年各工业城市相继开始调整电镀厂点,同时进行技术改造和专业化协作,促进电镀现代化的实现,迎接即将到来的第四次工业革命。

现在我来谈谈几年来负责电镀中心工程设计中的几点体会:

一、电镀中心好处多

目前各工业城市对于电镀厂点进行技术改造和专业化协作过程中,一是就地改造,二是搞电镀中心。电镀中心是按行业或按地区把相当数量的全能工厂电镀车间或班组合并成为专业化的电镀厂,采用新工艺、新技术、新设备、新材料、新结构、新方案。它按全能工厂产品对于电镀加工的要求,组织若干条自动化生产线进行生产。同时把电镀的废水、废气及废渣集中处理。这样的电镀中心比分散建在全能工厂中的电镀车间或班组有如下好处:

- 1、在同样产量和质量要求的条件下,基建投资可以节省20~50%。
- 2、由于产量大,可以设计自动化生产线,因此同样厂房面积的条件下,比手工生产线的生产能力高2~5倍。同样的劳动工时消耗量,比手工业生产线提高产量3~7倍。
- 3、可以集中技术力量钻研新工艺新技术,不断提高设备使用效率,不断提高镀层的质量水平,满足工农业产品及国防装备对于镀层质量提出的装饰和功能要求。
- 4、标准统一,质量稳定,一致性和互换性好,成品率高。同时对提高整机的产品质量有好处。
- 5、节约用水、电、蒸气、压缩空气、冷冻量的消耗。提高设备的利用率。便于维护,便于管理。
- 6、废气、废水和废渣便于集中治理,缩小对于城市的污染范围,治理三废的费用省,效

* 电子工业部第十设计研究院

果好。

为此,专业化的电镀中心比全能工厂的电镀车间或班组具有较高的经济效益、社会效益和环境效益。

二、大力推广和采用光亮性的镀层

随着工业的发展和生活的需要,人们对于镀层装饰性能的要求越来越高,因而光亮镀层越来越受人们所喜爱,国内外电镀工艺发展的趋势都是以光亮镀层来代替非光亮镀层或半光亮镀层。为了获得光亮镀层,以往往往采用机械抛光或化学浸亮的方法,前者花费大量劳动力并抛掉镀层的金属,后者花费大量的化学药品,浸掉镀层的金属,同时给三废治理增加麻烦。这在全能工厂的车间或班组中不容易引起人们的注意,但在专业化的电镀中心,则显而易见。例如在电子工业中镀银层的厚度为 7μ ,可是为了满足光亮的要求就必须镀 10μ ,然后再用浸亮的办法浸掉 3μ 。这就要浸掉30%的银层。某一电镀中心按计算每年镀银需要10吨金属银,这样就需要浸掉3吨白银。长此下去,消耗国家的资源是十分可观的。相反的,采用光亮镀银工艺,既不需要浸亮工序又可以为国家节约大量的贵金属。目前光亮镀银的工艺很多,今推荐如下配方作参考:

氯化银 (AgCl)	40~60克/升
氰化钾 (总 KCN)	60~80克/升
氰化钾 (游离 KCN)	40~60克/升
碳酸钾	25~50克/升
光亮剂	5~10毫升/升
氨水	0.5毫升/升
温度	10~35°C
阴极电流密度	0.3~0.8安/分米 ²

即使镀可焊性镀层如镀锡铅合金,一般概念只要焊接性能好就可满足产品的要求。但是目前对镀层要求不但只是焊接性能而且必须具有光泽的装饰性能,在国内外市场上才具备竞争能力,今推荐如下配方^[1]:

金属锡 (Sn) [$\text{Sn}(\text{BF}_4)_2$]	55克/升
金属铅 (Pb) [$\text{Pb}(\text{BF}_4)_2$]	25克/升
氟硼酸 (HBF_4)	150~160克/升
硼酸 (H_3BO_3)	10~15克/升
甲醛	5~15克/升
邻甲苯胺	3~12克/升
2,4——二氯苯甲醛	0.4~1.5克/升
OP——21乳化剂	10~30克/升
甲苯酚	0.5~2.0克/升
温度	16°C~32°C
电流密度	4~5安/分米 ²
阴极移动	60~80次/分钟

其他如镀铬、镀锌、镀锡及镀铜锡合金等,也都必须采用光亮性镀层,从而大量减少抛光或滚光的工作量。这些配方和操作条件在一般文献中皆可查到。

三、选用新型设备

目前电镀自动化生产线中比较经济实用的有二种结构:一是载重量较大的龙门式行车结构,一是载重量较小的单悬臂行车结构。前者结构稳妥可运载100公斤以上的工件,但造价较高。后者结构轻巧宜运载50公斤以下的工件。槽子的材质以聚丙烯塑料为宜,改性聚氯乙烯次之。当液温超过55℃时,不允许采用一般的硬聚氯乙烯塑料。玻璃钢结构的槽子也可以考虑。但是只能用于还原性酸液如HCl, 50%以下浓度 H_2SO_4 等。不能用于氧化性酸液如 HNO_3 , 50%以上浓度 H_2SO_4 等。

采用自动化生产线不但生产能力高,劳动工时消耗省,而且质量稳定,便于维护管理,更重要的是可以减轻劳动强度。此外,由于采用自动化生产,操作工人不必长时间跟随工件在槽边进行操作,远离有害气体,改善了劳动条件和劳动环境。

小零件电镀的传统方法是采用钟形机或滚镀槽。目前电镀设备厂供应的可倾式潜浸滚镀机是兼有二者的优点,而且阳极板挂得多,可以加大电流,提高工件的产量。

四、采用工艺参数自动控制

传统的电镀自动线仅仅是机械传送自动化,并不意味着电镀加工完全自动化。只有当能够控制工艺参数、电镀的质量可以受人们控制之后,才能算是完全自动化。目前工艺参数控制技术可以用于生产的有如下几种:

1、温度自动控制:镀液的温度对于电镀速度及镀层质量有很大影响。镀液温度上升就会降低阴极极化作用,结果镀层的结晶粗糙;镀液温度下降就会降低镀液的电导率和电流效率,电镀的速度慢。在等速度的电镀自动线上,镀液温度的上升和下降都会导致镀层表面粗糙不一致和镀层厚薄不匀。为了稳定镀层质量,提高成品率,电镀自动线必须设计温度自动控制。

2、恒电位装置:电位对于电镀过程中的晶核形成及结晶生长具有一定的影响,这涉及到镀层对于基体金属的附着力和电镀的速度。在电镀时间和镀液浓度以及操作条件不变情况下,电位是否稳定影响到镀层厚度是否均匀,镀层是否牢靠、细致、均匀等质量问题。尤其是在电镀自动化生产上,配备恒电位装置对于提高和稳定电镀质量是很有利的。今后如果恒电位装置能够与直流电源组装在一起,则从基建设计到生产管理将更为方便。

3、光亮剂自动添加:镀液中光亮剂的含量有一定范围,偏高或偏低都会影响镀层的质量。镀液中的光亮剂又是消耗品,工件的加工量越大则消耗越多。根据多年来各厂经验证实光亮剂的消耗量几乎与流过镀槽的直流电量成正比。为此可安装安培小时计,同时发出添加信号,启动光亮剂添加器定量地补给光亮剂。添加的时间和添加量可以任意调节。如此可以使镀液中的光亮剂稳定地维持在最佳范围内。

4、连续过滤:镀液经过一定时间电镀后,由于化学或电化学反应而产生有害的杂质,同时由于阳极板不纯、车间内空间尘埃的沉降等因素使镀液的杂质不断增加,为此镀液必须

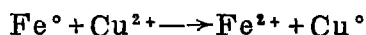
定期过滤。自动化生产线产量大,有害杂质产生的速度快,最好采用连续过滤的措施,才能最有效地清除杂质。

连续过滤泵按镀液的容量选择型号规格,一般镀液每小时过滤3次,而自动化生产线应是每小时过滤3~5次。连续过滤同时起搅拌作用,减少电镀过程所引起浓差对于镀层质量的影响。

除了以上四项控制装置外,最近天津市电镀工程学会和天津市纺织工业研究所共同研制成功的pH自动调节仪也可以用在电镀自动线上。今后如果电流密度自动控制、镀层厚度自动控制、镀液主要成份的自动分析和调整以及给水与水纯化的自动控制等得到应用,电镀生产线就达到完全自动化的水平。

五、采用带电入槽技术

电镀层质量最重要的指标之一是镀层与基体金属之间的附着力。在未通电之前金属工件进入镀液中难免在其表面上吸附金属和非金属的离子。这些离子多少都会影响镀层金属在基体金属表面上晶核的形成和结晶的成长,这就影响两金属之间的附着力。当酸性镀液中镀层金属比基体金属的电极电位正得多时还会产生置换反应。例如:基体金属是钢质工件在酸性镀铜液中,即使不通电也会在工件上沉积一层铜:



置换沉积的铜层是很不结实的。如果在这层铜上继续镀铜,镀铜层的附着力很差。

为了解决上述问题,采用带电入槽技术是一种简单而有效的措施。在电镀自动线的行车上用一根软电缆与挂工件的导电杆相接,软电缆的另一端接到靠近槽边的行车导电块。在电镀槽边通过行车导电块的地方,设置接触弹簧导电片,它与镀槽上的阴极支架相接。当行车带着工件水平移动到镀槽工位时,行车导电块与槽边弹簧导电片相接触,这就事先接好直流电源。接着工件从行车上徐徐下降,当降到镀液时立即通路进行电镀。这样简单措施与通常的等到工件全部进行镀液后才通电有所不同。时间仅仅相差几秒钟,但质量却好得多。

六、设计新型的滚筒结构

大量电镀小工件一般采用滚镀自动线。滚筒的结构是涉及到小工件的产量和质量的关键问题。一是滚筒在镀槽里的高度。二是开孔面积及其几何结构。

滚镀自动线中滚筒浸在镀液中的深度目前有三种结构设计:一是浸在镀液中1/3,二是1/2,三是全部浸没在镀液中。从实践中体会滚筒装载镀件的体积最多可以达到滚筒本身有效体积的1/3。如果滚筒浸在镀液中只有1/2,甚至是1/3,则滚筒的镀件装载量将减少一半以上,经济效益低。此外由于滚筒的筒体还有1/2甚至2/3外露在空气中,小工件在滚镀过程中有可能插进洞孔随着滚动而暴露在空气中。如果是酸性镀液则小工件表面就会引起氧化,明显地影响镀层的质量;如果是碱性镀液则影响镀层质量不甚显著,但没有好处。为此在结构设计中,应是滚筒全部浸没在镀液中。

滚筒的开孔面积占筒壁面积的百分比原则上越大越好,但是由于结构强度的要求,百分比受到限制。根据一般经验它与孔径及孔中心距的关系如下〔2〕:

开孔直径 (mm)	$\phi 1.5$	$\phi 2.0$	$\phi 3.0$	$\phi 5.0$	$\phi 7.0$	$\phi 9.0$
孔间中心距 (mm)	4	5	7	9	11	13
开孔面积占筒壁面积的百分比%	12.75	14.51	16.66	28.00	36.70	43.47

如果滚筒的开孔面积占筒壁面积的百分比小于上表的数据,则镀液进出滚筒的流量就较少,容易引起镀液浓差极化,产量低,质量差。为此在设计滚筒的开孔面积时,在结构强度允许的条件应采用最大的百分比。

滚筒开孔的断面结构宜是:①沿着滚筒旋转方向呈 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 斜向;②孔的断面呈锥形,锥底朝外锥顶朝内,锥底的孔径宜比锥顶的孔径大一倍左右。这样使滚筒在镀液中旋转时形成压力,使镀液进出滚筒的流速加快,流量增多,镀液的浓差极化现象减少。

新型的滚筒最好是采用聚丙烯塑料作为骨架,尼龙网作为筒壁。根据电镀不同大小的工件选用不同规格的孔径。开孔面积占筒壁面积的百分比可能达到 $70 \sim 90\%$,滚筒又是全浸式结构,其镀层质量和产量都会比目前其它结构的滚筒优越得多。

七、地坪防腐措施

地坪是酸液、碱液及镀液腐蚀最严重的部位,一般使用的寿命为十年。如果选料不好、施工不妥、使用不当,地坪使用的寿命可能缩短到 $3 \sim 5$ 年。地坪防腐的关键问题是在于面层和粘接材料的挑选。

地坪面层材料宜选用无釉的耐酸瓷砖或花岗石。其耐酸强度应在 99% 以上,其抗压强度应在 200 kg/cm^2 以上。耐酸瓷砖的厚度应是 20 mm 以上至 65 mm ,花岗石的厚度应是 120 mm 以上至 200 mm 。这由电镀工件的大小、产量及运输的方式而选定。

粘接材料不宜采用沥青玛蹄脂,应采用树脂混合材料。今推荐如下配方:

1、耐酸瓷砖的粘接材料:

工程材料	原材料				
	环氧 树脂	煤焦油	二甲苯 或 丙酮	乙二胺丙 酮缩合物	瓷粉 或 石英粉
打底材料	50	50	60~80	6~8	—
嵌缝及粘接材料	50	50	10	6~8	220~290

2 花岗石的粘接材料:

配 合 比 工 程 材 料	环 氧 树 脂	煤 焦 油	丙 酮	乙二胺丙 酮缩合物	石 英 粉
打 底 材 料	50	50	60~80	6~8	—
嵌 缝 及 粘 接 材 料	50	50	0~10	6~8	150~270

以上二种材料配比基本相同,只是花岗石表面稍粗糙,石英粉的配比量也应稍低一些为宜。此外,耐酸瓷砖或花岗石地坪都必须有3%坡度坡向排水明沟,其中花岗石表面加工的纹路应与坡向相平行,以便排除地坪上的酸碱溶液及洗涤水。这样不但可以减轻对于地坪的腐蚀,同时使车间显得干净。

八、废气的治理

电镀设备在生产过程散发出有害气体,必须设计机械排风才能有效地保证劳动条件。对于危害性较大的电镀废气则必须加以净化才能确保环境卫生。

1、一般酸碱废气机械排风管道出口处必须高出厂房1米以上,使废气不可能向车间倒流。厂房结构宜采用天窗方案,利用室内外不同的温差形成自然排风,把厂房内剩余的有害气体排除干净。

2、浓酸或混合酸的废气必须经过酸性气体处理装置净化后才能排出室外。这种装置是填料式气液传质方形塑料结构。填料层分为二级,每级填料高为800mm的 $\phi 25 \sim \phi 38$ mm聚丙烯阶梯环。第一级为顺向流动,第二级为逆向流动。处理效率:硫酸为85~90%,盐酸为95%,氢氟酸为95%,氮氧化物为40%。如果采用氨液代替氢氧化钠溶液作为净化剂,则氮氧化物处理效率可达70~80%。

3、铬酸废气必须经过净化回收后才能排出室外。这种回收器是利用过滤网收集废气中的铬酸。铬酸废气从槽子散发出来时具有一定温度(镀铬槽50~60℃),用机械排风方法使废气通过管道进入净化回收器。由于温度降低速度减慢,铬酸废气碰上塑料过滤网,大部分铬酸从废气中分离而凝结在过滤网上成液体而收集下来,废气得到净化,净化效率达98~99%。铬酸废气净化回收器分为L型(立式)和W型(卧式)两大类11种规格,已由国家定型,各电镀设备厂均有供应。

4、工程设计中应推荐有利于治理废气的科研成果。近年来我国已经研制成功F-53铬雾抑制剂。它是白色粉末能溶于水。在镀铬槽中添加0.02~0.05克/升时,通电后即在槽液面上产生一层泡沫。当电镀时铬酸雾粒逸出被泡沫层截留而回流入槽液中。这对镀层质量没有影响却达到了对于废气抑制的目的,可以大量减少排风量节省电能。在工程设计中综合

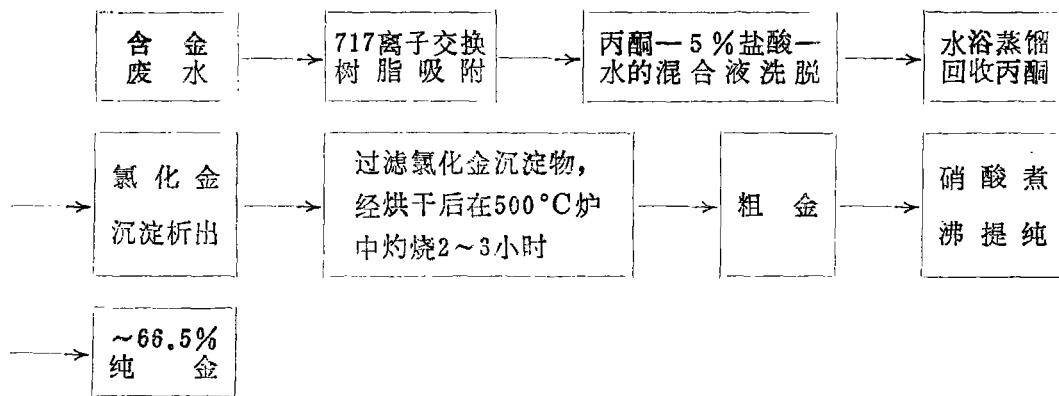
考虑此成果则可以节约基建投资。

九、废水的治理

在工程设计中有二种争议方案：一是三级逆流漂洗和化学法相结合的方案，另一是三级逆流漂洗和设备处理的闭路循环方案。二者各有利弊。具体工程务必考虑环境效益、社会效益及经济效益。现把二方案中共同的有效措施列述如下：

1、三级逆流漂洗及反喷淋措施：近几年来三级逆流漂洗技术在国内已经广泛地得到应用并取得成效。把三级逆流漂洗的水用 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 压力的压缩空气提升到槽面以 $30^\circ\sim 40^\circ$ 角度向镀件喷淋。喷淋的流程和逆流漂洗的流程相一致，即后工序的净水作为前工序镀件洗涤的水源。这种措施是在原三级漂洗的基础上加二级喷淋，提高了镀件的洗涤效果，保证了电镀质量。同时由于利用后工序的净水喷淋前工序的镀件，就可以把镀件上的带出溶液（金属盐离子及化工材料）向前工序集中，以便于回收和处理。据上海钟表理化厂介绍电镀自动线排水量原为 $328\text{米}^3/\text{天}$ ，采用了此措施后下降到 $5\text{米}^3/\text{天}$ 〔3〕在工程设计中应该大力推广。

2、处理含金废水：目的在于从废水中收回价值昂贵的黄金。采用树脂吸附、丙酮——盐酸洗脱是有效地收回黄金的措施。其流程如下：



3、处理含银废水：含银废水主要是属于氰化体系，一方面要收回银子，一方面要消除氰化物。目前采用树脂吸附电解洗脱是比较有效的措施。

将含银废水通过 D_{251} 离子交换树脂柱，把 $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ 络合离子吸附下来。清水送回生产线作为镀银件的洗涤水。当树脂吸附饱和后，取出放进电解槽，槽内配5~10% NaCl 溶液，同时加进适量 NaOH 使溶液呈碱性 $\text{pH}=11$ 。加热至 60°C ，搅拌，通2~3伏直流电进行电解。阳极用石墨板，阴极用不锈钢板。经电解后银子沉积在不锈钢板上可以收回作为电镀阳极板使用。 NaCl 溶液在碱性条件电解成次氯酸钠直接破坏 CN^- ，并把它氧化成 N_2 和 CO_2 ，消除净化物的毒性。此法洗脱率可以达到96.3%〔4〕。

4、处理氰化物废水：采用碱性氯化法是一种有效的化学处理法。它是先用 NaOH 把废水的 pH 值调到并维持在 $\text{pH}=10\sim 11.5$ ，然后加次氯酸钠、液氯或漂白粉，即在碱性的

条件下利用氯离子氧化氰化物使之变成 CO_2 及 N_2 等的无毒的物质,如果废水量大,镀种复杂、产量变化大,应采用二阶段处理氰化物废水,第一阶段把废水的pH值调到10~11.5,第二阶段把pH值调到7.5~8,处理效果就会更好些。

5、处理其它电镀废水:含镍废水采用111×22离子交换树脂吸附,清水送回生产线重新作为洗涤水清洗镀镍工件,树脂用稀硫酸洗脱得到硫酸镍溶液送回镀槽使用。含铜废水分为酸性和碱性二种。酸性废水采用大孔型弱酸性离子交换树脂吸附,碱性废水采用D201离子交换树脂吸附,清水送回生产线清洗原镀种的工件。这三种废水处理系统都可以组成闭路循环,以此节约用水。含铬废水可以选用钛质高效薄膜蒸发器,经浓缩后回镀铬槽使用,化有害为有用。

含锌废水及洗脱后无法处理的重金属废水宜采用化学法处理。目前高效的化学法是气浮法。它是先把所有废水集中在调节池中加碱液(废 NaOH 溶液)调pH值到10~12,然后送进气浮池加 FeSO_4 或其它凝聚剂使之形成胶体。另一方面用 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 压力的压缩空气打进溶气罐内的自来水中,使气与水相溶成气溶水。然后用水泵把气溶水送进气浮池的底部,气体从水中分离出把废水中形成胶体的重金属等杂质带到水面来。然后用刮板把浮在水面上的杂质清除掉。清水还可以送回作为表面予处理的洗涤水。从而可以节约用水量。

十、废渣的治理

电镀废渣必须加以治理免得发生第二次污染事故。电镀废渣由本单位负责治理是很难办到的,必须由地区或部门统一管理、统一治理。目前治理的方法很多,但比较有效的有三种方法:

(1) 把废渣当作填料用于工业塑料,如建筑物的塑料地面板、工业运输的塑料容器等;

(2) 把废渣渗进混凝土制造梁、柱、墙等建筑预制构件;

(3) 把废渣渗进混凝土修建公路。

据美国电镀工作者协会于1980年治理废渣专题介绍,把废渣与水混合在一起用于混凝土,经过20天后测定混凝土的极限抗压强度比原先还有所提高。混凝土的主要成分是硅酸铝、硅酸钙和硅酸铁,它们与废渣中的重金属起置换反应形成重金属的硅酸盐,为此可以提高混凝土的质量。但渗进废渣的重量应为水重量的2%左右。如果太多则适得其反。我国社会主义建设大量使用混凝土,这给电镀废渣的治理开辟一条途径。

参 考 资 料

(1) 清华大学学报(1979年)陈丽贞

(2) 电镀手册(下册)第132项,国防工业出版社1979年9月版

(3) 洗脱法从树脂上回收黄金试验报告(1978年10月),上海化工学院五、七树脂厂等单位。

(4) 电解洗脱法——从树脂上回收白银的试验报告(1981年7月)上海星际无线电厂