

文章编号:1001-3849(2012)01-0033-03

# 电镀生产中的故障排除

王洪奎

(天津自行车三厂,天津 300163)

摘要: 电镀是电化学加工方法之一。电镀生产中发生故障在所难免,故障频发会影响生产进度和产品合格率,造成经济损失。排除故障是电镀工艺技术管理的重要内容。分析了电镀生产中发生故障的原因;列举生产中的实例归纳出排除故障的一般步骤为:现场检查、科学思维、试验分析、合理处置及积累经验等;提出了预防电镀故障的措施。

关键词: 电镀生产; 故障; 排除; 预防

中图分类号:TQ150 文献标识码:B

## Troubleshooting in Electroplating Production

WANG Hong-kui

### 引言

电镀故障通常是指电镀的产品,即镀层出现的弊病(也称为毛病或缺陷),其表现形式多种多样,如防护-装饰性镀层起泡、暴皮、粗糙、漏镀、内应力大及光亮度不足等;功能性镀层达不到耐蚀、耐磨、导磁、硬度、屏蔽及焊接性能等<sup>[1]</sup>。

电镀生产流程长,工艺参数处于动态变化之中,影响镀层质量的因素众多而复杂,生产中出现故障,有的通过查阅工具书(如电镀手册等)找到原因,很快得以排除;而大多数故障较难找出原因,有时甚至需要多次反复的寻找,有人称其为“软故障”<sup>[2]</sup>。及时有效地排除故障,恢复生产的正常运行,这对电镀技术人员来说是一个十分重要的课题。本文将讨论排除电镀生产中故障的基本思路和方法。

### 1 电镀故障产生的原因

有研究者分析了数千例单金属电镀和合金电镀的故障,列举出造成电镀故障的原因包括前处理、工艺规范及电解液等在内的17种之多<sup>[3]</sup>。通过

归纳主要有以下几个方面:

#### 1.1 原材料的影响

在电镀生产中,由于原材料使用不当引发故障的情况较为普遍。客观地看待电镀领域的原材料市场,从阳极材料、化工材料到各种添加剂,存在着良莠不齐的状况,甚至相同名称和用途的添加剂不能交替使用。有的企业为降低成本,采购低于化学纯或电镀级原料,不经处理直接用于生产,如工业硫酸镍(含锌、铜及硝酸根);劣质的活性炭(含重金属杂质);达不到国家标准的阳极材料等,这都是引发故障的根源。水也是电镀生产的重要原料,却往往被忽视,如使用 $\rho(\text{Cl}^-)$ 过高的水在硫酸盐光亮镀铜溶液中会造成镀层不良;使用井水或山泉水清洗有色金属阳极氧化零件会出现花斑。因此可以说不合格的原料是引发电镀故障的重要原因。

#### 1.2 镀件材料物理及化学状态的影响

当出现镀层弊病时,往往偏重于从电镀过程寻找原因。实际上零件镀前加工状态、材料的化学成分及金相组织对电镀过程中电沉积影响很大,甚至关系加工的成败。如锌铝合金零件富锌会造成电镀困难;经磨削加工的合金钢零件镀硬铬易产生电

收稿日期: 2011-04-12

裂纹;钢铁件热处理碳化物偏析会使电镀过程中产生过腐蚀现象等。

### 1.3 电镀工艺规范的影响

电镀生产工艺流程长、工序繁多,发生故障的影响因素很多。如前处理不净、清洗不良、挂具失效、电解液成分失调及杂质污染、操作条件失控及生产环境不良等。而故障的原因往往存在于以上各影响因素的一两个细节之中。

某自行车电镀分厂镀镍工序曾发生镀层结合力不良、起皮的故障,对前处理、直流供电、镀液 pH 和硼酸及光亮剂的影响因素排除后,故障仍然在部分零件出现。经反复查找,原来是前一天设备维修在天车的运转部位注油过多,润滑油滴落在镀液中所致。这个事例说明,一个小小的疏漏就会导致故障的发生,对电镀生产线的维护管理任何细节都不能放过。

### 1.4 人为操作不当的影响

在影响产品质量的五大因素(操作者、设备、材料、工艺方法及生产环境)中,人是第一位的。不少电镀故障的发生都与操作工专业技能和责任心有关。如清洗操作达不到作业标准要求(动作似“蜻蜓点水”);专业知识贫乏将化工原料加错等。此外,生产管理人员对操作工指导和监督不力,这些在电镀企业较普遍存在的状况,使得故障在所难免。因此,要减少电镀生产故障,提高电镀从业人员的专业技能和责任心是十分重要的。

## 2 寻找故障原因的常用方法<sup>[4]</sup>

### 2.1 跳跃工序法

所谓跳跃工序就是人为地越过可能产生故障的工序来寻找出故障发生工序的方法。如在镀 Cu-Sn 合金→酸性镀铜→光亮镍→装饰铬工艺路线中,镀层出现花斑,怀疑故障存在于酸性镀铜工序中,可以先跳过该工序,如果镀层花斑消失,则表明故障就发生在酸性镀铜工序。同样方法也可以确定故障是否发生在镀光亮镍工序。

### 2.2 替代试验法

替代试验法就是用已知正常的镀液替代有可能造成故障镀液的方法,类似电器维修中用好零件替换可能失效零件的方法。如上例中怀疑光亮镀镍工序是故障原因,可以在其他生产线上正常工作

的镀镍槽中试镀,如果故障消失,说明原镀光亮镍溶液有问题;如故障依然存在,就可以把原镀光亮镍溶液的故障原因排除。替代镀液试验也可用配制标准镀液在 1~3 L 烧杯中进行。

### 2.3 赫尔槽试验法

赫尔槽试验是排除电镀故障中常用的方法,具有方便、快捷的特点。

其用途:1) 了解电镀液各成分对镀层的影响;2) 工艺条件( $\theta$ 、 $J_k$ 、pH 等)对镀层的影响;3) 杂质对电解液性能及镀层的影响;4) 添加剂对镀层的影响;5) 确定处理有故障镀液的最优方法。

现代电镀技术中为了改善镀层质量,镀液中应用光亮剂、走位剂、整平剂、润湿剂及稳定剂等,这些添加剂大多为有机化合物,结构复杂,用料极少,能改善镀液性能和镀层质量,但同时也增加了镀液的复杂性。目前,电镀企业对添加剂尚无化验分析的手段,赫尔槽试验能有效地解决这一难题。

排除电镀故障用赫尔槽试验时,试验条件应尽量作到与生产中的情况相一致,以免试验偏差导致错误判断<sup>[5]</sup>。

### 2.4 小工艺槽模拟试验

赫尔槽试验采用的溶液一般为 250 mL,难免有局限性。另外,在滚镀和合金电镀工艺中,赫尔槽试验的效果较差。在这种情况下,采用 1~3 L 烧杯或者 10 L 以上小工艺槽模拟试验就更接近生产实际情况。在调整故障镀液时避免造成化工原料的浪费。此外,电镀设备市场也有多种规格的微型滚镀机,用来排除滚镀生产中的故障进行模拟试验也很便捷。

## 3 排除电镀故障的一般步骤

经过长期生产实践,排除电镀生产故障的过程大致有以下几步:即现场检查、科学思维、试验研究、合理处置及总结经验。

### 3.1 现场检查及纠正

有如中医诊病的“望、闻、问、切”,寻求电镀故障产生的原因,首先要检查工艺流程中是否有疏漏。如前处理是否洁净;工序间水洗是否充分;挂具是否良好及阳极溶解和直流供电是否正常等。还要检查电镀工艺参数是否在规范内,如  $\theta$ 、pH、 $J_k$ 、 $t$  和镀液组分及添加剂的使用情况等;检查时还

要询问操作人员执行工艺的情况及故障发生的情况,是突发还是在渐进过程中出现的等。现场检查 and 询问应缜密和全面,对发现的不正常情况应及时纠正,一般说来对简单的故障,单一因素影响造成的故障是可以排除的。

### 3.2 进行科学的思维分析

在多数情况下,造成故障的原因是复杂的,这就要运用科学的思维方法寻找故障的真正原因。

某电镀厂氯化钾镀锌工艺,先在挂镀线上配镀液4 000 L,初试没有发现问题。紧接又配800 L的4个滚镀槽液,初试滚镀螺栓,外观乌灰无光泽,工艺员认为是光亮剂不足,陆续添加,直至超过正常量2倍多,镀层仍然不亮。工艺员大惑不解,无奈之下聘请厂外工程师协助解决,通过检查原料和进行赫尔槽试验,断定氯化钾中有金属杂质,用Zn粉处理后,滚镀出现了光亮的镀层。其实这里面道理很简单,挂镀 $J_k$ 较大,电镀时间较短,金属杂质对镀液影响很微弱;而滚镀 $J_k$ 要小得多,电镀时间较长,金属杂质对镀层的影响就凸显出来。这个实例说明原料中的杂质是不能忽视的,配镀液前必须要处理。另一方面也表明不加认真思考,误认为镀层不光亮就是光亮剂不足,而盲目添加是非常错误的。在电镀生产出现故障时,盲目投料的情况比较常见,结果使故障更加复杂化,欲速则不达。只有认真思考和分析才能不被表面现象所迷惑,找出故障的真正原因。

某自行车厂在辐条滚镀镍工序中常发生辐条螺纹一端“露黄”(予镀Cu-Sn合金层)的弊病。通过化验分析镀液成分及操作条件均在正常规范以内,因此可以确定故障原因在滚具上。于是采用小槽模拟试验,观察发现通电开始瞬间阴极导电部位有大量气泡溢出,说明局部电流较大, $Ni^{2+}$ 迅速放电,使阴极区 $\rho(Ni^{2+})$ 急剧降低,从电化学物质传递理论可知,阴极附近 $Ni^{2+}$ 补充要依靠电迁移、扩散和对流三种形式,由于辐条滚动速度只有6 r/min, $Ni^{2+}$ 不能及时补充,阴极区 $\rho(Ni^{2+})$ 经常低于电解液内其它部位,电极反应受浓差极化作用过大的影响,导致镀层变坏。根据以上分析,将阴极导电面积缩小,开始电镀时使一部分辐条与阴极接触,其余大部分辐条在滚动中交替与阴极接触,消除了浓差极化的不利影响,改进后故障消

失。这个实例说明,虽然发生故障的原因是较复杂的,但任何事物都有其内在的规律性,遵循电化学理论由浅入深、由表及里剖析故障的表现形式和特点,就不难找出故障发生的原因,排除故障就是顺理成章的事了。

### 3.3 赫尔槽试验分析

如前所述,赫尔槽试验是排除电镀故障的常用手段,现举一实例。某厂电镀自行车零件工艺流程为:镀Cu-Sn合金→酸性光亮镀铜→镀光亮镍→镀装饰铬。镀层出现不光亮且有暗状条纹的弊病。排除故障的过程如下:首先用一批铜零件(抛光后)在镀铬槽试镀,镀层光亮无瑕;又用跳跃工序法排除了酸性镀铜槽的问题;考虑到镀Cu-Sn合金是闪镀,镀层也很均匀。这样一来就可以判断出故障是在镀光亮镍中,于是用双氧水-活性炭综合处理和小电流电解处理镀液,故障仍未消除。采用赫尔槽试验,在 $pH=4.2$ 、 $\theta=55^\circ C$ 、 $I=1 A$ 、 $t=5 min$ 条件下进行试验,试片显示低 $J_k$ 区部分无镀层,高 $J_k$ 区镀层一触即掉。根据常识判断,可能存在Cr(VI)污染镀液的可能,于是试探向镀液中加入0.05 g保险粉,搅拌均匀,再按同样条件作赫尔槽试验,镀层出现光亮但不理想,把保险粉增加到0.1 g时镀层达到全光亮。最后确定向故障镀液中加入0.4 g/L加入保险粉,处理后镀液恢复正常,故障消除。

### 3.4 合理处置故障

故障原因一经找到,排除故障并不困难。在选择排除故障方法时应遵循的原则为:

- 1) 从处理效果看,镀层质量应优于原来的正常水平;
- 2) 从操作过程考虑,应尽量简便易行;
- 3) 从经济角度出发,处理费用要低。

以处理镀液中金属杂质为例,方法很多。如置换法、电解法、氧化还原法、化学沉淀法及络合剂掩蔽法等。在处理故障时应灵活运用。如处理光亮镍溶液中的Cu杂质,可以用电解法或加去铜剂进行掩蔽,当生产有空闲时间时可以选择前者;生产节奏紧张时可以选择后者。再如调整pH,一般使用稀 $H_2SO_4$ ,但如果镀液中 $\rho(Cl^-)$ 偏低时可使用HCl,这样既降低了pH,又增加了 $Cl^-$ ,有利于阳极的活化溶解。总之,选择合理的处理方法,既排除了故障也优化了镀液,一举两得,收到了事半功倍的效果。

(下转第44页)

表1 绒面镍镀液样品分析结果

样品来源		标准样 <sup>1)</sup>		镀液样
序号		$\rho(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) / (\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	相对误差 / (%)	$\rho(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) / (\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
分析结果	1	67.00	-0.07	57.05
	2	67.10	+0.08	57.06
	3	67.10	+0.08	56.94
	4	67.07	+0.03	57.07
	5	67.14	+0.14	56.92
	6	66.98	-0.10	57.07
	7	67.00	-0.07	57.05
	8	66.93	-0.18	57.03
平均值 $\bar{x}$		67.040	—	57.024
标准差 S		0.072 7	—	0.059 5
相对标准偏差 RSD/%		0.108 4	—	0.104 4

1) 标准样  $\rho(\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$  为 67.048 g/L。

(上接第 35 页)

### 3.5 做好总结积累经验

对每一次处理故障的经历应详实记录在案,视为宝贵资料,供以后生产中作为借鉴,避免重蹈覆辙。通过长期积累,还可以发现工艺规程中的某些不足,必要时对有关工艺文件进行修订,使其日趋完善,不断提高企业的工艺技术水平。

## 4 电镀生产故障的预防

电镀故障影响生产进度,降低产品合格率,导致企业经济损失。采取预防措施是十分必要的。措施包括:1) 使用符合电镀规格的原材料,加强零件的镀前检查,从生产源头把好质量关,消除产生事故的隐患。2) 做好生产线硬件设施的维护保养,建立设备运行档案,为生产提供强有力的物资技术保证。3) 开展专业技术培训,提高操作人员的专业知识和操作技能,严格执行工艺规范和操作守则。4) 建立科学的质量保证体系和技术管理体系,掌控生产中各项工艺参数的正常波动和异常波动,使电镀液经常处于较佳的工作状态。5) 通过网络、专业期刊及行业学会等形式加强技术交流,借鉴其它电镀企业工艺管理和排除电镀故障的成功经验。

## 5 结 语

故障是每个电镀企业都会遇到的问题,排除故障是电镀技术人员的重要职责。实践出真知,电镀生产的实践性很强。要在调控电镀生产的全过程中做到遇障不惊,应付自如,非两年三载之功所能及,唯一的途径就是在生产实践中摸爬滚打、坚韧实干,还要勤于学习、善于思考,不断探索和积累。如何防止电镀生产的故障,归根到底就是一句话:循规蹈矩,一切遵从工艺规范。

### 参考文献

[1] 魏新. 镀锡-铅合金可焊性不合格的问题弊病分析及解决方法[J]. 电镀与精饰, 2011, 33(4): 29-31.  
 [2] 陈易初. 电镀软故障的排除[J]. 电镀与精饰, 2010, 32(1): 23.  
 [3] 谢无极. 电镀故障精解[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 1-2.  
 [4] 朱立群. 实用电镀故障分析与处理技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 16-17.  
 [5] 覃奇贤, 郭鹤桐, 刘淑兰, 等. 电镀原理与工艺[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1993: 74-79.