

电子废料回收与利用丛书

电镀废弃物与材料的回收利用

周全法 尚通明 主编



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电镀废弃物与材料的回收利用/周全法, 尚通明主编.
北京: 化学工业出版社, 2004
(电子废料回收与利用丛书)
ISBN 7-5025-5798-9

I. 电… II. ①周…②尚… III. 电镀-废物综合利用 IV. X781.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 073899 号

电子废料回收与利用丛书
电镀废弃物与材料的回收利用
周全法 尚通明 主编
责任编辑: 朱 彤
文字编辑: 操保龙
责任校对: 王素芹
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 $8\frac{3}{4}$ 字数 227 千字
2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-5798-9/X·492
定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

电镀是借助电流的作用，将有关金属均匀涂覆到材料表面的过程。作为一种表面精饰工艺，电镀已经成为机械、电子、仪器、仪表、轻工、航空航天、军工等诸多行业和领域中提升产品质量档次不可缺少的重要手段之一。电镀废弃物的分布很广，除了电镀生产企业在生产过程中会产生电镀废弃物以外，报废汽车、包装容器、化工设备、废旧家电等都含有电镀产品。因此，电镀废弃物的回收利用实际上是一个涉及电子、机械、化工等多个行业的废料再生利用的系统工程。

电镀工业已经成为我国重要的加工行业之一，在国民经济中有举足轻重的地位。我国电镀工作者在多年的研究和生产实践中积累了丰富的电镀生产工艺和经验，全国电镀生产已经基本能够满足工农业生产、国防建设和人民生活需要。在电镀废弃物的再生利用方面，许多企业和研究机构都做了大量工作，成绩显著。但电镀废弃物的处置过程与无害化处置的标准还相距很远，电镀废弃物中的有价值材料的回收利用率还有待进一步提高。

本书主要从电镀废弃物的无害化处置角度对电镀废弃物中的贵金属、铜铝铅锌等有色金属的资源化，电镀废弃物的成分分析，电镀废弃物处置过程中的环境保护和经济效益等方面进行探讨，期望能够为电镀废弃物的科学合理的再生利用积累必要的素材。

限于作者的专业和知识结构，许多问题有待进一步探讨。本书若能起到抛砖引玉的作用，引起全社会对电镀废弃物回收利用以及保护资源和环境的重视，我们将感到非常欣慰，这也是我们编写此书의初衷。

本书由周全法、王琪、尚通明、罗胜利和李雪飞等同志集体完成，并由周全法和尚通明负责统稿。

在本书编写过程中，得到了江苏技术师范学院专著出版基金的资助，还得到了江苏高校高新技术产业发展面上项目（JH 03—024号）的资助。南京大学博士后流动站、中国昆山留学人员创业园博士后工作站、昆山晶丰电子有限公司等单位为本课题的研究和专著的出版提供了各类支持。化学工业出版社领导和编辑为本书的顺利出版付出了辛勤劳动。在此，谨向关心支持本书出版和电子废弃物再生利用事业的各位同志表示衷心感谢！

编者

2004 年 5 月

目 录

第 1 章 电镀工业的发展概况和发展趋势	1
1.1 电镀工业的发展概况	1
1.2 电镀材料的分类	2
1.3 国内外电镀废弃物的回收利用现状	4
第 2 章 常见电镀液的配方和电镀工艺	8
2.1 镀金液的配方和工艺	8
2.1.1 氰化镀金液的配方和工艺	9
2.1.2 柠檬酸盐酸性镀金液的配方和工艺	12
2.1.3 亚硫酸盐碱性镀金液的配方和工艺	13
2.1.4 金合金电镀液的配方和工艺	16
2.2 镀银液的配方和工艺	18
2.2.1 氰化镀银液的配方和工艺	19
2.2.2 银合金电镀液的配方和工艺	21
2.3 其他贵金属电镀液的配方和工艺	27
2.3.1 镀铂液的配方和工艺	27
2.3.2 镀钯液的配方和工艺	30
2.3.3 镀铑液的配方和工艺	32
2.3.4 镀钌液的配方和工艺	36
2.3.5 镀钨液的配方和工艺	36
2.3.6 镀钽液的配方和工艺	37
2.4 贱金属电镀液的配方和工艺	37
2.4.1 镀锌液的配方和工艺	37
2.4.2 镀铜液的配方和工艺	42
2.4.3 镀镍液的配方和工艺	45
2.4.4 镀铬液的配方和工艺	51
2.4.5 镀镉液的配方和工艺	51
2.4.6 贱金属合金电镀液的配方和工艺	53

2.5	典型产品的电镀工艺	60
2.5.1	锁具、灯饰与装饰五金电镀	60
2.5.2	摩托车、汽车配件与钢制家具电镀	61
2.5.3	卫生洁具配件电镀	61
2.5.4	电池壳电镀	62
2.5.5	电子元器件电镀	62
第3章	常见电镀材料的性质和镀前、镀后处理	66
3.1	贵金属电镀材料的性质	66
3.1.1	银的化学性质	69
3.1.2	金的化学性质	71
3.1.3	铂的化学性质	73
3.1.4	钯的化学性质	74
3.1.5	铑的化学性质	76
3.1.6	铱的化学性质	77
3.1.7	钌的化学性质	77
3.1.8	锇的化学性质	78
3.2	常见贱金属电镀材料的性质	80
3.2.1	铜及其合金的性质	80
3.2.2	铝及其合金的性质	82
3.2.3	镍及其合金的性质	83
3.2.4	锌及其合金的性质	83
3.2.5	锡及其合金的性质	84
3.2.6	铅及其合金的性质	84
3.2.7	钛及其合金的性质	85
3.2.8	钢铁材料的性质	85
3.3	电镀有机基底材料的性质	86
3.3.1	ABS 的性质	86
3.3.2	聚碳酸酯的性质	87
3.3.3	聚氯乙烯的性质	88
3.3.4	聚酰胺的性质	88
3.4	镀前、镀后处理工艺的影响	88
3.4.1	镀前处理工艺的影响	89
3.4.2	镀后处理工艺的影响	90

第4章 电镀废弃物分析	94
4.1 电镀液的取样	94
4.2 金属元素的定性和定量化学分析	95
4.2.1 镀金溶液中金的分析	95
4.2.2 镀银溶液中银的分析	99
4.2.3 镀铂液中铂的分析	104
4.2.4 镀钯液中钯的分析	106
4.2.5 镀铑液中铑的分析	108
4.2.6 镀液中其他金属的分析	110
4.3 电镀液中金属元素的仪器分析	117
4.3.1 电镀液中金的仪器分析	117
4.3.2 电镀液中银的仪器分析	118
4.3.3 电镀液中铂的仪器分析	119
4.3.4 电镀液中钯的仪器分析	120
4.3.5 铑的仪器分析	121
4.3.6 电镀液中铜的仪器分析	122
4.3.7 电镀液中锌的仪器分析	123
4.3.8 电镀液中镍的仪器分析	124
4.3.9 电镀液中铬的仪器分析	125
4.3.10 电镀液中铅的仪器分析	131
4.4 电镀液中非金属元素的分析	134
4.4.1 电镀液中硼酸的分析	134
4.4.2 电镀液中硫酸根的分析	136
4.4.3 电镀液中氯化物的分析	138
4.4.4 电镀液中氰化物的分析	139
4.5 电镀基底材料的分析	140
4.5.1 分析样品的采集和制备	140
4.5.2 电镀基底材料中金属元素的分析	142
第5章 电镀废弃物的回收利用方法	147
5.1 电镀废弃物中贵金属的回收利用方法	147
5.1.1 金的回收	148
5.1.2 银的回收	162
5.1.3 铂的回收	173

5.1.4	铈的回收	175
5.1.5	电镀废弃物回收所得贵金属的提炼	178
5.2	电镀废弃物中贱金属的回收利用方法	200
5.2.1	铜的回收	200
5.2.2	铬的回收	201
5.2.3	锌的回收	203
5.2.4	镍的回收	206
5.2.5	镉的回收	213
5.2.6	铅的回收	213
5.3	废镀件金属基底材料的回收利用方法	216
5.3.1	破坏式回收	216
5.3.2	基底再生式回收	217
5.4	废镀件有机基底材料的回收利用方法	218
5.4.1	国外废塑料回收工艺	218
5.4.2	国内废塑料回收工艺	222
第6章	电镀废弃物回收利用的环境保护问题	225
6.1	环境保护与可持续发展的关系	225
6.2	电镀工业的环保问题	228
6.2.1	电镀污染及其治理方向	228
6.2.2	我国电镀废弃物无害化处置的必要性	232
6.2.3	回收电镀废弃物的效益分析	233
6.3	电镀废弃物回收利用中的废水治理	234
6.3.1	含氰废水的治理	235
6.3.2	酸碱废水的治理	243
6.3.3	重金属废水治理	246
6.4	电镀废弃物回收利用中的废气治理	252
6.4.1	废气治理方法	252
6.4.2	电镀过程中的废气治理	254
6.4.3	金属铸锭过程中的废气治理	255
6.4.4	高分子材料再生过程中的废气治理	258
6.5	电镀废弃物回收利用中的废渣治理	259
参考文献		261

第1章 电镀工业的发展概况和发展趋势

1.1 电镀工业的发展概况

电镀是一种借助于电流的作用，将有关金属均匀涂覆到基底材料表面的过程。作为一种表面精饰工艺，电镀已经成为机械、电子、仪器、仪表、轻工、航空、航天等诸多行业和领域中提升产品质量档次的一种不可缺少的重要手段。它伴随着被镀产品的发展而发展，同时又对被镀产品质量的提高起着重要作用，其特有的装饰性、防护性及多功能性赋予了被镀产品多种新的功能，能够更好地满足工业和人们日常生活的需要，是被镀产品在激烈的市场竞争中占领市场的重要支撑。电镀工业已经成为我国重要的加工行业之一，在国民经济中占有举足轻重的地位。

据粗略统计，全国现有电镀生产企业约 15 000 多家，与电镀生产企业配套的企业数百家，形成了 5 000 多条不同规模的生产线，年生产能力达到 $3 \times 10^8 \text{ m}^2$ 以上的电镀面积。近十年来，民营电镀企业发展迅速，但企业规模普遍较小，年电镀能力超过 10^5 m^2 的企业不足 500 家，大多数企业使用的技术和设备较为陈旧，生产线一般为半机械化和半自动化控制，少数仍然是手工操作。从行业分布上讲，电镀企业中约有 33.8% 分布在机器制造工业，20.2% 在轻工业，5%~10% 在电子工业，其余主要分布在航空、航天及仪器仪表工业。从电镀品种上讲，我国电镀加工中涉及最广的是电镀锌、铜、镍和铬，其中镀锌占 45%~50%，镀铜镍铬占 30%，氧化铝和阳极化膜占 15%，电子产品镀铅、锡和金银等贵金属约占 5%。

我国电镀行业目前存在的主要问题包括以下几个方面。

① 工业布局欠合理，电镀工业的分布和发展缺少总体和完整

的规划。由于工厂多、规模小、专业化程度低，造成生产效率低，经济效益差。

② 对电镀工业和电镀技术研究投入不够，缺乏必要的技术支撑。生产工人缺乏必要的专业性训练和在岗培训，电镀企业的管理水平和技术更新能力普遍较低，适应市场变化的能力较差。

③ 大部分电镀企业的物耗、能耗和水耗都大大超过国外平均水平，对电镀废弃物的处置随意性较大。

上述三方面的原因使电镀行业变成了污染最大的行业之一。

电镀行业的污染状况和电镀废弃物的再生利用现状令人担忧。目前，全国电镀行业每年排放约 $4 \times 10^8 \text{ t}$ 含重金属的废水、 $5 \times 10^4 \text{ t}$ 固体废弃物和 $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ 酸性气体。尽管从统计数据显示，约 70%~80% 的国有电镀厂建立了污染控制设施，但其中的许多设施由于多方面原因不能正常运转，城市电镀企业的污染控制设施中只有 50% 能运转，农村地区只有 25%，大多数民营和乡镇电镀企业采取实质性的污染控制措施较少。电镀废弃物的不当处置，一方面严重污染了日益脆弱的生态环境；另一方面也造成了资源的极大浪费。电镀废弃物中的有色金属，大部分是我国短缺的资源，其潜在价值很高，在 21 世纪将成为仅次于石油的重要战略资源。因此，积极开展电镀废弃物的无害化处置研究和有关知识的普及工作，对于电镀行业的技术更新和创造更高的经济效益、保护环境和合理利用资源，其意义非常重大。

本书主要从电镀废弃物的无害化处置角度对电镀废弃物中的贵金属、铜铝铅锌等有色金属的资源化，电镀废弃物的成分分析，电镀废弃物处置过程中的环境保护和经济效益等方面的问题进行探讨，为电镀废弃物科学合理地再生利用积累必要的素材。

1.2 电镀材料的分类

电镀废弃物中的有价值材料的类型和数量与电镀过程所用材料的种类和数量密切相关，除了镀件成品中的镀层金属和基底材料以外，电镀过程中所用的其他材料都将进入电镀废弃物行列。此外，

成品镀件在完成了其使用过程以后，最终也将进入电镀废弃物的行列。因此，从较长的时间段考虑，可以说电镀材料就是电镀废弃物的材料总和。电镀目的和电镀工艺是电镀过程中所用材料的主要决定因素。电镀材料按照功能可以分为基底材料、镀层材料和各类添加剂等三大类。

常见的电镀基底材料为钢铁、铜铝铅锌等有色金属、塑料和陶瓷。随着各类新型材料的出现和市场对电镀产品性能提出更高的要求，电镀基底材料的材质种类不断增加。

镀层材料主要是金属，根据价格和稀有程度通常分为贵金属和贱金属两大类。包括金银铂钯等在内的贵金属，以其特有的化学稳定性以及在电、光、声和催化等方面的特殊功能，使其在电镀工业的应用越来越多，主要应用范围涉及民用产品（如钟表、眼镜、电池和各类装饰品等）和工业产品（如电子元器件、集成电路芯片等）两大方面。贵金属作为镀层材料，主要用于贱金属和塑料等基底材料的电镀。近年来，在这些基底材料上电镀贵金属合金以及在某些贵金属上再镀上其他贵金属，使用面越来越宽，用量在稳步增加。贱金属镀层材料主要包括锌、铬、镉、镍、铜等有色金属及其合金，其中锌是使用量最大的贱金属镀层，主要用于钢铁表面的防护镀层。镀层材料的形态一般分为阳极金属和镀液主盐两大类型。作为阳极金属，镀层材料的纯度、表面状态和几何形状等都对电镀质量和电镀工艺产生影响。电镀工艺与各种镀层金属的主盐化合物的性质密切相关，电镀新工艺主要依赖于电镀主盐的开发和性质。目前，电镀主盐开发的主要方向是开发贵贱金属的各类非氰主盐以及可以电镀合金的复合主盐。各种金属基底材料和镀层材料的性质参见第3章。各种金属基底材料和镀层材料是电镀废弃物回收利用的重点和目的。

各类电镀添加剂是电镀配方中的核心组分之一，是在金属主盐确定后，决定电镀配方和工艺的关键材料。电镀添加剂的种类很多，一般可以根据添加剂在镀液中的功能分为润湿剂、光亮剂、配位剂、着色剂等多个类型，也可以根据添加剂的性质分为无机添加

剂和有机添加剂两大类型。对于电镀废弃物的回收利用而言，对这些电镀添加剂的处置，主要是从环境保护角度将其处理到对环境无害为止。

1.3 国内外电镀废弃物的回收利用现状

电镀废弃物的分布很广，除了电镀生产企业在生产过程中会产生电镀废弃物以外，报废汽车、包装容器、化工设备、废旧家电等都含有电镀产品。因此，电镀废弃物的回收利用实际上是一个涉及电子、机械、化工等多个行业的废料再生利用的系统工程。

为了资源的有效和重复利用，日本在 20 世纪 90 年代以来进一步强化了包括电镀废弃物在内的各类废弃物的回收利用措施。1991 年 10 月实施的《资源回收利用率》规定了资源回收利用的特定业种，规定了包括主、副产品等在内的 20 余类废弃物必须依法回收处理。1993 年 6 月实施了《省能源、资源回收利用支援法》，规定对能源、资源合理使用和资源回收利用事业活动给予资助，内容包括再生产品的市场开拓、再生企业的资金筹措、设备改进、技术开发等给予资金补助和利税优惠等多项措施。1995 年 10 月实施的《容器包装分类收集及再商品化法》规定，消费者要控制废弃物产量和负责彻底分类排出，地方负责分类收集，生产企业要履行再商品化的义务。由于再商品化费用反映在商品价格中，再生利用费用高的容器包装，商品价格高，因此，企业必须减少不必要的容器包装物，而转向再商品化容易的容器包装。这些法律的实施，有力地推动了日本在包括电镀废弃物在内的各类废弃物回收利用工作的发展，再生资源的利用也取得较好成绩，促进了物质的循环利用，极大地减轻了环境负荷。

日本是汽车生产和报废大国，汽车零部件中的各类金属（包括基底金属和镀层金属）约占报废汽车总质量的 90%（含钢材约 83.7%，有色金属 7.4%），经过拆解和火法熔炼后，99% 以上得到了回收，其他材料的回收利用率也很高，总资源回收率达到 75% 以上。废旧家电中的镀件金属大部分也得到了很好的回收，贵

金属等的回收率达到 95% 以上，使日本在 2002 年从黄金进口大国变成了出口国。

美国在废弃物再生利用方面的情况与日本相似，除了采用立法手段对电镀生产企业的排污进行严格限制外，对包括各类镀件在内的工业和民用产品的回收利用制定了严格的回收线路和政策。此外，对一般电镀产品，在鼓励进口的同时，鼓励有关废弃物以捐赠和废杂五金形式出口到欠发达地区，以保证美国的环境不被严重污染。这些发达国家的电镀废弃物处置技术与我国国内先进水平相当。

典型的电镀工业生产工艺由三部分组成。

① 前处理 除去金属表面的污秽和活化金属表面。这些处理工序包括除油、清洗、酸浸、清洗、电解除油、清洗、中和等。

② 电镀 利用电化过程将一层较薄的金属沉淀于导电的工件表面上。

③ 后处理 主要包括清洗及烘干等工序。前处理和电镀之后都需要用大量的水冲洗镀件。

从典型的电镀工业生产工艺可见，电镀生产过程的废弃物及污染的主要来源于镀前、镀中和镀后。电镀废弃物的主要产生途径以及废弃物中的主要成分见表 1-1。

表 1-1 电镀废弃物的主要产生途径以及废弃物中的主要成分

废弃物和污染的来源	主要成分或污染物
前处理(除油、清洗、酸浸、清洗、电解除油、清洗、中和等)	酸性气体、有机烟雾
	废酸、碱(金属、氟化物、氰化物、酸碱等)
	报废溶剂(金属、氟化物、氰化物、有机清洗剂等)
电镀及清洗	报废的电镀液(金属、氟化物、氰化物、酸、碱等)
	清洗废水(少量金属、氟化物、氰化物等)
	电镀污泥(金属、氟化物、氰化物、陶瓷等)
报废镀件和使用后的镀件	基底金属和镀层金属、其他基底材料

从污染源分析可知，报废或老化的电镀液及大量的清洗废水是电镀生产过程产生的主要废弃物，也是电镀污染物的主要来源之

一。电镀废水中含有重金属离子（如六价铬）和氰化物、有机清洗剂等化合物。值得注意的是，六价铬等重金属离子以及氰化物等物质均是毒性较大的物质，不妥善处置将对环境及操作员工造成严重的损害。含有不同金属离子的电镀废水有不同的处理方法，目前较为先进的处理技术有离子交换、电渗析、电解回收、膜分离、蒸发等。电镀废水的处理技术现状见表 1-2。具体处置方法和工艺将在第 5 章和第 6 章中详细介绍。

表 1-2 电镀废水的处理技术现状

处理方法	作用原理	优 点	缺 点
离子交换	利用离子交换树脂将废水中的阴、阳离子除去	能耗低,对低浓度废水也适用,节约原料和用水,可以回收金属及改善水质,不产生污泥	不能产生浓度较高的溶液返回电镀槽,不能除去清洗液中的有机物
电渗析	利用渗透膜使废水中的阴阳离子作定向迁移,浓缩电镀废水	稀溶液可以作清洗用水,浓溶液可以返回电镀槽中以补充电镀液,能耗低,回收效率较高	不能回收镀铬液中金属铬,过剩的稀溶液在排放前需要进一步处理
电解回收	利用电解将废水中有用的金属积聚到阴极上	积聚的金属可以循环再利用	不适用于稀电镀废水;电流太大,处理不彻底
蒸发	将电镀废水在蒸发器中蒸发,浓缩电镀液	蒸发出的水可以用于清洗,浓溶液可以补充电镀液,操作简单,维修方便	循环再利用的老化液难以处理,运行成本高

目前,国内外一般从资源化角度考虑电镀废弃物的再生利用,从环境保护角度考虑电镀废弃物的无害化处置,提出并正在实施的方案主要包括电镀清洁生产方案和电镀污染最小化技术。这两种技术代表了电镀废弃物处置的方向。所谓污染最小化就是从污染发生源出发,采用各种技术使污染达到最小化,如改进操作工艺,减少原料消耗,回收和利用二次资源,变末端治理为全过程减少污染物的产生。电镀行业的污染最小化过程主要是通过选择低毒或无毒原料、减少清洗水的用量、提高回收再利用的效率、降低末端处理负荷,以达到提高经济效益的目的。电镀行业的污染最小化技术包括以下几个方面。

① 采用无毒或低毒的原料 在保证产品质量的前提下，原料应选择低毒或无毒物质。如采用无氰电镀，可以避免剧毒物氰的污染；采用三价铬电镀工艺代替六价铬电镀工艺，可以减少铬对环境的污染；使用非螯合或低螯合的清洗剂，可以减少废水处理时化学药剂的使用量，减少污泥的产生量。

② 减少夹带 通过合理安排镀件的挂法以减少镀液的带出量。

③ 污水分流 因为每个工序排出的污水，其金属离子的品种及数量都不同，为方便回收和再利用，对每个工序的污水进行单独处理。其回收方法也会因金属离子的种类及数量不同而有一定的差异。

④ 回收利用 通过以上操作过程的改进，水的使用量减少，清洗水中的金属离子的浓度相对增加而且同一种污水的污染物比较一致，有利于金属离子的回收及水的循环使用，减少了废水的排出量，降低了末端治理的负荷。回收方法主要有离子交换、蒸发、电渗析、电解、膜分离等。

报废镀件和使用后的镀件的主要成分是基底金属以及镀层金属，其回收利用方法相对简单，具体工艺将在第 5 章中做详细论述。

第2章 常见电镀液的配方和电镀工艺

从化学反应角度看,电镀是一个利用直流电通过电镀槽引起电化学反应,使镀件表面获得满意金属层的过程。电镀液的组成(配方)和电镀工艺直接影响电镀质量,是电镀生产中最为关键的因素。电镀废弃物的种类和数量与电镀液的配方和电镀工艺有直接关系。本章将简要介绍常见贵金属电镀液、贱金属电镀液以及典型产品电镀的配方和工艺,为电镀废弃物的回收利用奠定基础。

2.1 镀金液的配方和工艺

以金、银为代表的贵金属,因其优异的性能在工业和日常生活中有广泛的应用。但由于价格昂贵,在许多方面限制了它们的使用。用电镀方法使某些物体表面涂布一层贵金属是满足人们在工业和日常生活中对贵金属大量需求的一种廉价方法。

我国古代在物体表面涂布的贵金属以金、银为主,传统的方法叫涂镀,也称为大镀。金、银涂镀多用于首饰、皇宫建筑、佛教庙宇及佛像神座等物体表面。这种传统方法已沿用了几千年。到20世纪初,我国开始引进电镀金、银的方法,但许多作坊仍然沿用我国传统的涂镀方法——火镀,并沿用古代涂镀工艺的现成名词,将电镀统称为“镀金”。铂系金属的电镀则是到20世纪才发展起来的。铂系金属镀层一般呈银白色,熔点很高,化学性质稳定,在现代工业中越来越重要,但因价格一般比金、银昂贵,所以铂系金属的电镀主要集中在以其他金属材料和陶瓷为基底的电子产品及少量其他产品的电镀上。

电子工业、信息产业的发展与贵金属电镀的发展息息相关。由于金具有很高的化学稳定性和良好的导电性,质地软,硬度低,有极好的延展性及可塑性,易抛光,因此将金涂布到有关物体的表面

所得的金镀层具有很好的抗变色性，导电性能良好，耐高温，易焊接等优点。缺点是相应的金镀层的硬度较低，很容易划伤表面。但如果在普通镀金溶液中，加入少量锑、钴等金属离子，就可以获得硬度大于 130HV 的硬金镀层。含锑 5% 的金合金镀层，硬度可达 200HV 以上，金铜合金镀层的硬度可达 300HV 以上，而且具有一定的耐磨性能。目前，镀金的对象已经从过去的以首饰、艺术品为主，逐步转向以通讯设备、宇航工业、电器设备和精密仪器仪表等设备为主。镀金的质量要求也从过去的以表面装饰效果为主转向以特定要求的电、光和化学性能为主。镀金的方式则从单一的氰化物电镀金逐步向非氰化物镀金、化学镀金和氰化物镀金等多种方式转变。镀层的形式则从单纯的金表面镀层向含金复合镀层和去掉基底材料的电铸镀层等多种形式转变。由于以上特点，目前使用的镀金溶液配方较多，常见的有氰化物镀金、柠檬酸盐酸性镀金和亚硫酸盐碱性镀金等三类配方。

2.1.1 氰化镀金液的配方和工艺

2.1.1.1 配方和工艺条件

氰化物虽然有剧毒，但因氰化物与有关金属离子（如金、银、锌、铜等）形成的配合物的稳定常数大，在电镀过程中释放金属离子的速度均匀，所得镀层的表面光洁度和牢固度具有其他方式电镀所不可比拟的优势，因此氰化物电镀至今仍是最主要的电镀方式之一。就镀金而言，氰化物镀金的工艺较为成熟，深镀能力和均镀能力良好，在镀液中还可以添加镍、钴等其他金属来提高镀层的耐磨性或改善其他性能。氰化物镀金液中金的存在形式为 $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ ，镀液中必须保持适度过量的氰化物，使获得的镀层细致光亮。缺点是氰化镀金液的配制较为复杂，溶液剧毒，所得镀层较软且孔隙较多。因而氰化镀金在某些方面受到一定的限制。

由于镀金基底材料不同和对所得镀层的性能要求不同，氰化镀金的配方和工艺条件很多。各电镀企业往往根据自身的实际情况逐步形成自己特定的镀金配方和镀金工艺。以前配制传统的镀金溶液时，一般直接使用黄金或三氯化金作为起始原料，将金或三氯化金