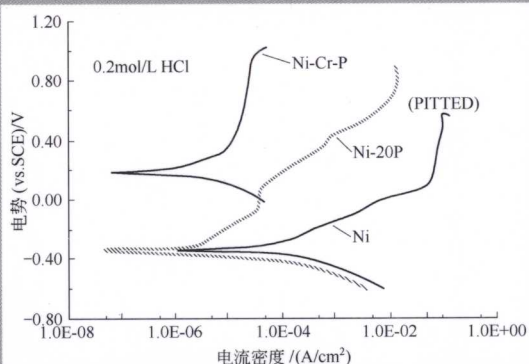
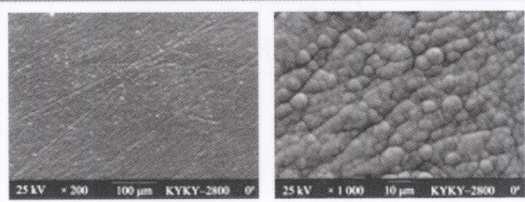
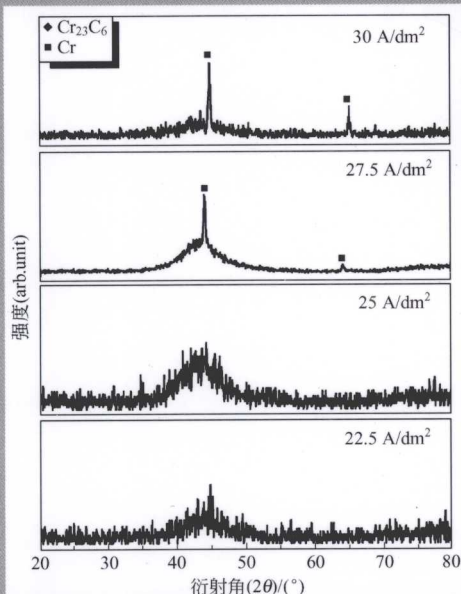
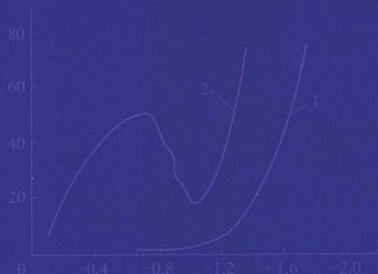




国家科学技术学术著作出版基金资助项目

绿色环保电镀技术

屠振密 胡会利 刘海萍 等编著



化学工业出版社

013029573

TQ153
113

国家科学技术学术著作出版基金资助项目

绿色环保电镀技术

屠振密 胡会利 刘海萍 于元春 毕四富 编著
安茂忠 李 宁 审稿



TQ153
113



化学工业出版社



北航

C1635415

072820810

图书在版编目 (CIP) 数据

绿色环保电镀技术/屠振密等编著. —北京: 化学工业出版社, 2012. 11

ISBN 978-7-122-15248-0

I. ①绿… II. ①屠… III. ①电镀-无污染技术

IV. ①TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 208534 号

责任编辑: 杜进祥
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 27½ 字数 586 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 80.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

电镀技术在现代工业中的应用极其广泛，在国民经济中占有重要地位。自改革开放以来，随着机械、电子、信息、航空航天、能源及国防工业等的飞速发展，我国的电镀技术也取得了令人瞩目的成就。

在电镀生产中，常使用大量化学物质和各种贵重金属、能源和水等资源，且资源利用率比较低，这就不可避免地会产生一定量的废液、废气和废渣，会对环境造成严重危害。

近年来，我国公布了一系列与电镀有关的法规，给电镀业提出了许多新的课题，如无氰化电镀单金属及合金、三价铬电镀、无铬（VI）钝化及三价铬钝化、代硬铬镀层、无镉及代镉镀层、化学镀镍的无铅无镉化、功能电子电镀的无铅化、环保化学镀等，这些都是对我国电镀行业的严峻挑战。

从根本上解决电镀污染的措施，就是采用绿色环保电镀技术和清洁高效的生产工艺，使污染物在产生之前就被削减或消灭在生产过程中，这样才可能从实质上避免污染的产生，才可能实现电镀行业的可持续发展。

本书介绍了绿色环保电镀的重要意义及我国有关环保电镀的法规和政策，总结概括了国内外近年来有关电镀行业在清洁生产方面的经验及成果，并积极采用和推行新技术、新工艺、新材料和新设备。

本书以电镀清洁生产技术为主线，内容全面，重点突出、选材新颖、简明实用。可以说“一书在手，环保电镀全有”，且参考文献丰富广泛，并标注引用处，查阅方便。该书的另一特点是编著者结合多年来从事电化学工程、表面处理和电镀技术的教学、科研和生产实践，编入了较多的科研成果及获奖项目的内容。

本书主要包括：无氰化电镀技术，三价铬电镀装饰铬、三价铬电镀合金及复合镀，绿色电子电镀及化学镀，代功能性铬（VI）电镀合金及复合镀，无铬转化膜及三价铬转化膜，环保化学镀等内容。

全书由屠振密教授主编，安茂忠教授和李宁教授审稿；第一、五、十章由屠振密教授编写；第二章由屠振密教授和高鹏老师共同编写；第三章由刘海萍老师编写，第四章由屠振密教授和胡会利老师共同编写；第六章由元春老师编写；第七章由胡会利老师编写；第八章由毕四富老师编写；第九章由胡会利老师和毕四富老师编写。

本书在编写过程中参阅和引用了国内外大量的文献资料，并得到了蒋宇侨教授及张立茗教授的热情支持，还得到应用化学系曹立新教授、滕祥国副教授和朱永明副教授的积极支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，疏漏之处在所难免，诚恳地希望读者提出宝贵意见。

编著者于哈尔滨工业大学
2012年5月

目录

CONTENTS



第一章 绿色电镀的意义及实施

第一节 绿色电镀概述	2
一、国外清洁生产的发展	3
二、我国绿色电镀发展现状	4
第二节 绿色电镀规范与清洁生产	7
一、绿色环保法规	7
二、电镀清洁生产	9
三、实施电镀清洁生产的途径	10
第三节 电镀中的安全及防护	17
一、电镀中有害物质的来源及危害性	17
二、电镀工作人员操作注意事项	22
参考文献	23



第二章 无氰化环保电镀技术

第一节 无氰电镀锌	26
一、无氰电镀锌概述	26
二、无氰碱性锌酸盐镀锌	28
三、氯化物镀锌	33
四、氯化铵镀锌	38
五、硫酸盐电镀锌	42
六、镀锌层的钝化处理	45
第二节 无氰电镀铜	45
一、碱性无氰镀铜	45
二、酸性无氰镀铜	53
三、中性无氰镀铜等	57
第三节 无氰电镀银、金和镉等	59
一、无氰镀银	59
二、无氰镀金	65
三、无氰镀镉	67

目录

CONTENTS

第四节 环保型仿金镀	72
一、仿金电镀概述	72
二、无氰电镀仿金合金工艺	74
参考文献	79



第三章 绿色电子电镀和化学镀技术

第一节 概述	85
第二节 电子产品单金属电镀	86
一、电子产品电镀铜	86
二、电子产品电镀镍/金	90
三、电子产品电镀银	96
第三节 电子产品可焊性无铅锡合金电镀	99
一、电镀锡铈合金	101
二、电镀锡铋合金	105
三、电镀锡银合金	110
四、电镀锡铜合金	112
五、电镀锡锌合金	114
六、电镀锡铟合金	116
第四节 电子产品的化学镀	117
一、化学镀铜	118
二、化学镀镍	122
三、化学镀金	125
四、化学镀锡	131
五、化学镀银	137
六、化学镀钯	140
七、化学镀铑	142
参考文献	143



第四章 三价铬电镀装饰铬电镀

第一节 三价铬电镀概述	151
-------------------	-----

目录

CONTENTS

一、三价铬电镀简述	151
二、三价铬电镀研究现状	152
三、三价铬电镀溶液组成及工艺条件	154
四、三价铬电沉积机理	157
五、三价铬电沉积工艺的特征	160
六、三价铬电镀用阳极	162
第二节 硫酸盐三价铬电镀工艺	165
一、硫酸盐三价铬电镀工艺概述	165
二、硫酸盐三价铬镀液的组分及工艺条件	166
三、典型硫酸盐电镀工艺性能测试及结果	167
四、硫酸盐电镀铬阳极材料的选择	170
第三节 氯化物三价铬电镀工艺	171
一、氯化物三价铬电镀工艺概述	171
二、氯化物三价铬镀液中各组分的作用	173
三、氯化物三价铬电镀工艺条件的影响	177
四、氯化物体系三价铬电沉积特性	178
第四节 三价铬电镀的维护与调整	180
一、国内已商品化三价铬电镀工艺	180
二、三价铬镀液的配制方法和所需设备	180
三、三价铬镀液中杂质的影响及去除方法	182
四、故障的产生及排除方法	184
五、氯化物和硫酸盐三价铬电镀特性对比	185
第五节 三价铬电镀黑铬	186
一、乙酸盐-草酸三价铬电镀黑铬工艺	187
二、三价铬-次磷酸盐电镀黑铬工艺	188
三、三价铬电镀黑铬用于太阳能热收集器	190
四、锌及锌合金上电镀黑铬	191
五、三价铬和六价铬混合溶液中电沉积黑铬镀层	191
第六节 三价铬电镀存在的问题及今后的发展趋势	192
一、目前存在的主要问题及解决途径	192

目录

CONTENTS

二、三价铬电镀的发展	195
三、展望	196
参考文献	196



第五章 三价铬电镀合金及复合镀层

第一节 三价铬电镀合金	203
一、三价铬电镀二元合金	203
二、三价铬电沉积三元合金等	223
第二节 三价铬电镀复合镀层	235
一、三价铬电镀复合镀层概述	235
二、三价铬电镀 Cr/SiC 复合镀层	235
三、三价铬电镀 Cr/WC 复合镀层	236
四、三价铬电镀 Cr-Fe/ZrO ₂ 复合镀层	240
参考文献	242



第六章 代功能性铬(VI)电镀及化学镀合金

第一节 代功能性铬(VI)电镀合金	247
一、电镀 Ni-P 合金	247
二、电镀 Ni-Co、Ni-W 和 Ni-Mo 合金	253
三、电镀 Co-W、Co-Mo 及 Co-P 合金	265
四、电镀 Ni-W-P、Ni-W-B 三元合金	270
第二节 代功能性铬(VI)电镀镍基纳米合金	278
一、电镀纳米 Ni-W 合金	278
二、电镀纳米 Ni-P 合金	279
第三节 代功能性铬(VI)化学镀镍基合金	281
一、化学镀 Ni-P 合金	281
二、化学镀 Ni-B 合金	285
三、化学镀镍合金性质	286

目录

CONTENTS

参考文献	292
------	-----



第七章 代功能性铬复合镀

第一节 概述	295
一、复合镀工艺的特点	295
二、复合镀的基本原理	296
三、微粒的净化与分散	300
第二节 镍基复合电镀	301
一、镍基氧化物复合电镀	301
二、镍基氮化物复合电镀	310
三、镍基碳化物复合电镀	314
第三节 镍合金基复合电镀	320
一、镍磷基复合电镀	320
二、镍钴基复合电镀	325
三、镍钨(磷、硼)基复合电镀	333
第四节 镍磷基和镍硼基化学复合镀	338
一、Ni-P基化学复合镀	338
二、Ni-B基化学复合镀	344
参考文献	345



第八章 三价铬转化膜

第一节 概述	351
第二节 锌及其合金三价铬转化膜	352
一、三价铬转化膜的形成机理	353
二、三价铬转化膜处理液的组成及作用	355
三、三价铬转化膜处理工艺	357
四、三价铬转化膜处理工艺与镀锌工艺的选择	369
五、三价铬转化膜中的六价铬残留问题	370

目录

CONTENTS

第三节 轻金属三价铬转化膜	373
一、铝及其合金三价铬转化膜	373
二、镁及其合金三价铬转化膜	378
三、钛及其合金三价铬转化膜	379
参考文献	380



第九章 无铬转化膜

第一节 镀锌层的无铬转化膜	385
一、钼酸盐及其复合钝化膜	385
二、硅酸盐及其复合钝化膜	388
三、稀土盐及其复合转化膜	389
四、钛盐转化膜	393
五、硅烷及其复合转化膜	395
六、其他体系转化膜工艺	397
第二节 镀锡层的无铬转化膜	398
一、磷酸盐钝化膜	399
二、钼酸盐、钨酸盐钝化膜	399
三、稀土金属盐钝化膜	400
四、钛盐与锆盐钝化膜	400
五、有机类与无机类协同转化膜	401
第三节 镁合金表面无铬转化膜	402
一、磷酸盐钝化膜	403
二、高锰酸盐等含氧酸盐钝化膜	403
三、锡酸盐转化膜	404
四、稀土转化膜	405
五、植酸转化膜	406
六、其他无铬转化膜	407
第四节 铝及铝合金表面无铬转化膜	408
一、钼酸盐钝化膜	408

目录

CONTENTS

二、锆钛盐转化膜·····	409
三、稀土金属盐转化膜·····	410
四、高锰酸盐钝化膜·····	412
五、硅烷转化膜·····	412
六、其他类型转化膜·····	414
第五节 钛合金表面无铬转化膜·····	415
一、磷酸盐钝化膜·····	415
二、稀土元素转化膜·····	416
三、硅烷转化膜·····	417
四、阿洛丁工艺·····	418
参考文献·····	418

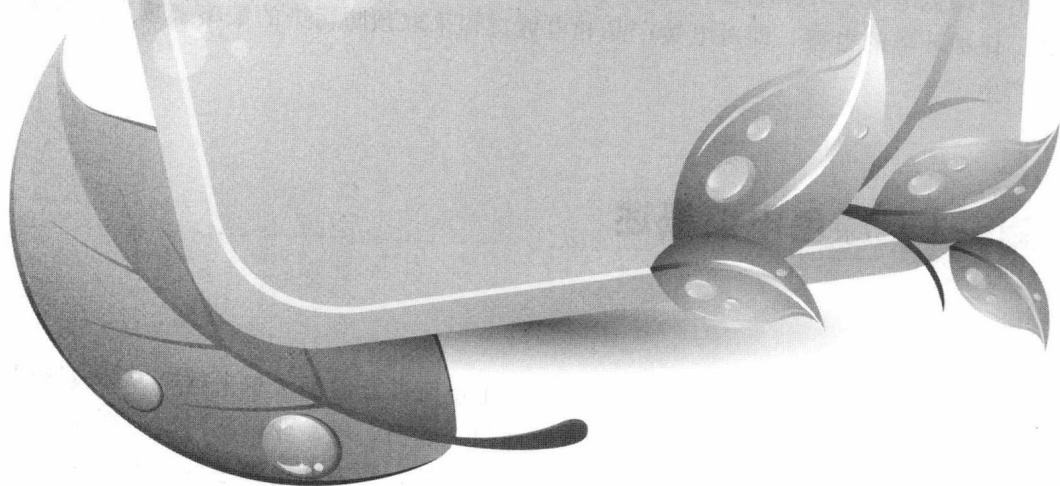


第十章 电镀无害化生产的途径及展望

一、电镀“三废”的产生及控制·····	426
二、电镀无害化与清洁生产·····	427
三、电镀无害化与可持续发展·····	428
参考文献·····	429

第一章

绿色电镀的意义及实施





电镀是一种基础性加工行业，通用性强，使用面广，跨行业、跨部门。它广泛应用于机械、电机、电子、轻工、汽车、造船、能源、化工、航空航天、国防和尖端技术等诸多领域，有着极为广泛的应用范围。改革开放 30 多年来，随着我国经济的高速发展，电镀工业也经历了一个较大的变化和发展过程，其规模、产量及产值都已进入世界电镀大国的行列。最近十余年，我国经济持续高速增长，以提高产品质量、节约能源、节约原材料、服务高新技术和实施清洁生产为契机，使电镀技术得到了迅速发展。而电镀技术的发展又提高了制造业的生产水平和产品的市场竞争力。

随着电镀业的快速发展，给环境带来的污染也越来越显露出来。特别是近十多年来，乡镇工业发展较快，再加之港、澳、台及国外电镀厂、点移至沿海地区，使之成为电镀生产的主要集散地。由于对乡镇工业发展缺乏严格管理，使环境污染由城市向农村蔓延，已经构成对环境的严重威胁，电镀行业带来的三废已经成为我国危害环境较大的污染源^[1~5]。

近几年来，国内外政府部门对电镀业相继提出了排放污染物必须执行的标准和规范，并提出了清洁生产和保护环境的具体措施和要求。为适应形势的发展，人们提出了绿色电镀、环保电镀和清洁电镀，其内涵基本是一致的，实际上是指减少污染、保护环境的电镀，即对电镀产品和电镀过程采取预防污染的策略来减少污染物的产生^[4~6]。

第一节 绿色电镀概述

随着科学技术与现代工业的发展，电镀工业所涉及的领域越来越广，金属镀层的应用已遍及经济活动的各个生产和研究部门。然而，电镀业以高污染、高耗能而著称，特别是电镀生产过程中产生的重金属等污染，让人闻电镀色变。如何降低电镀成本、实现电镀排放无污染，如何发展低能耗、绿色环保的电镀工业，已经成为国内电镀行业关注的焦点。

绿色环保电镀是指在整个电镀生产过程中，采用清洁的能源、清洁的电镀液、清洁的生产工艺，对人体无毒无害，对环境污染最小，其产品的零部件能够最大程度地回收或再生利用，并且采用产品质量好的环境友好型电镀技术。

电镀过程和排放造成严重污染的阴离子有 CN^- 和 F^- ，阳离子有 Cd^{2+} 、 Cr^{6+} 和 Pb^{2+} 等。目前尽管已有专业环保设备和比较成熟的方法，但电镀三废的治理仍不尽如人意。因此，在电镀过程中采用无毒或低毒的代用物质是最根本的解决



办法^[1,7~9]。

一、国外清洁生产的发展^[1,2,4]

绿色电镀是清洁生产的重要组成部分，清洁生产起源于1960年的美国化学行业的污染预防审计。“清洁生产”概念的出现可追溯到1976年，当年欧共体在巴黎举行了“无废工艺和无废生产国际研讨会”，会上提出“消除造成污染的根源”的思想；1979年4月欧共体理事会宣布推行清洁生产政策；1984年、1985年、1987年欧共体环境事务委员会三次拨款支持建立清洁生产示范工程。

1989年联合国开始在全球范围内推行清洁生产以来，全球先后有8个国家建立了清洁生产中心，推动着各国清洁生产不断向深度和广度拓展。1989年5月联合国环境署工业与环境规划活动中心（UNEP IE/PAC）根据UNEP理事会会议的决议，制定了《清洁生产计划》，在全球范围内推进清洁生产。该计划的主要内容之一为组建两类工作组：一类为制革、造纸、纺织、金属表面加工等行业清洁生产工作组；另一类则是组建清洁生产政策及战略、数据网络、教育等业务工作组。该计划还强调要面向政界、工业界、学术界人士，提高他们的清洁生产意识，教育公众，推进清洁生产的行动。1992年6月在巴西里约热内卢召开的“联合国环境与发展大会”上，通过了《21世纪议程》，号召工业提高能效，开展清洁技术，更新替代对环境有害的产品和原料，推动实现工业可持续发展。我国政府亦积极响应，于1994年提出了“中国21世纪议程”，将清洁生产列为“重点项目”之一。

1990年以来，联合国环境署已先后在坎特伯雷、巴黎、华沙、牛津、首尔、蒙特利尔等地举办了六次国际清洁生产高级研讨会。在1998年10月韩国首尔第五次国际清洁生产高级研讨会上，出台了《国际清洁生产宣言》，包括13个国家的部长及其他高级代表和9位公司领导人在内的64位代表共同签署了该《宣言》，参加这次会议的还有国际机构、商会、学术机构和专业协会等组织的代表。《国际清洁生产宣言》的主要目的是提高公共部门和私有部门中关键决策者对清洁生产战略的理解及该战略在他们中间的形象，它也将激励对清洁生产咨询服务的更广泛的需求。《国际清洁生产宣言》是对一种环境管理战略的清洁生产公开的承诺。

20世纪90年代初，经济合作和开发组织（OECD）在许多国家采取不同措施鼓励采用清洁生产技术。例如在德国，将70%投资用于清洁生产工艺的工厂可以申请减税。自1995年以来，经合组织国家的政府开始把它们的环境战略针对产品而不是工艺，以此为出发点，引进生命周期分析，以确定在产品寿命周期（包括制造、运输、使用和处置）中的哪一个阶段有可能削减或替代原材料投入和最有效并以最低费用消除污染物和废物。这一战略刺激和引导生产商和制造商以及政府政策





制定者去寻找更富有想象力的途径来实现清洁生产和产品。

美国、澳大利亚、荷兰、丹麦等发达国家在清洁生产立法、组织机构建设、科学研究、信息交换、示范项目和推广等领域已取得明显成就。特别是进入 21 世纪后，发达国家清洁生产政策有两个重要的倾向：其一是着眼点从清洁生产技术逐渐转向清洁产品的整个生命周期；其二是从大型企业在获得财政支持和其他种类对工业的支持方面拥有优先权转变为更加重视扶持中小企业进行清洁生产，包括提供财政补贴、项目支持、技术服务和信息等措施。

二、我国绿色电镀发展现状^[3,5,9,10~12]

我国电镀厂点多，特别是内地企业，规模普遍偏小，专业化程度低，生产设备和工艺相对陈旧落后，这就造成了生产效率低，经济效益差，并对环境造成严重污染。因此，各地环保部门都把电镀作为一个污染重点行业加以管理和限制。但这仅是问题的一个方面，从另一方面来讲，绿色电镀对广大电镀工作者来说并不陌生。早在 20 世纪 70 年代，为保护电镀生产者免受氰化物的毒害所进行的“无氰电镀”，应当属于在党和政府的关心倡导下在我国进行的一次从源头上削减电镀污染的“群众性科技活动”，这是早在西方“清洁生产”概念提出之前，我国电镀界就进行的规模较大的清洁生产实践和尝试。近四十多年来，广大电镀科技工作者在提高电镀产品质量、减轻环境污染方面进行了大量的研究和技术开发工作，不少行之有效的低污染、低消耗、高质量、高效率的新工艺、新技术得到实际应用。特别是在 21 世纪初，党和政府及环保部门在环境保护和可持续发展方面进行了大量的工作，出台了一系列法律、法规和标准；对电镀企业进行了初步的产业结构调整，人们的环境意识普遍得到提高。占电镀加工量大约 60% 的电镀锌，随着氯化钾镀锌工艺和碱性锌酸盐镀锌工艺水平的提高和普及，以及低铬、超低铬钝化工艺的推广和应用，民品镀锌已基本淘汰了氰化物电镀工艺和高铬钝化工艺。三价铬电镀装饰铬的开发及应用，不仅基本实现了清洁生产，而且还降低了生产成本。

电镀行业在清洁生产方面的努力和工作还没有得到应有的政策支持。末端治理战略使电镀业在环保方面又明显加大了设备投入和运行成本。目前，电镀行业负担沉重，步履艰难。一些小型企业“地下”经营，往往会逃避环保部门的监督。一些有环保设施的企业为降低运行成本甚至采取时开时停、应付检查的办法。这种状况最终造成了整个电镀行业有效治理率低，对环境的污染问题长期得不到根本性的解决。电镀整体水平，如在设备、管理、技术等方面与其他行业相比，其差距不断拉大，在西方国家积极率先实施清洁生产并迅速形成世界潮流的时候，我国电镀业的发展仍处在比较低的水平。从 1993 年开始，国家环保局选择了北京电镀总厂、山东牟平锁厂、绍兴自行车总厂等一批规模较大的电镀企业开展清洁生产审核试点。



这些企业在实施清洁生产审核以后，均取得了比较明显的环境效益和经济效益。通过试点工作，也使我们看到电镀工业发展的唯一出路只能是积极推行清洁生产。

改革开放以来，我国电镀行业无论是规模、产量还是产值都进入世界电镀大国的行列，产品加工值也以百亿元计。但电镀行业对环境造成了严重的污染，据不完全统计，每年排放的含重金属废水 4 亿吨以上，含金属固体废物 5 万吨以上，酸性废气则在 3000 万立方米以上。电镀行业不但是污染大户，也是资源耗用大户。它大量使用各种贵重金属、能源和水资源，且资源利用率很低。经对运行较正常的汽车和摩托车配件行业电镀线调查表明，镀锌的锌板及氧化剂利用率为 80%，电镀铜、镍利用率平均在 70%，镀铬的铬酐利用率仅为 10%。如此高的资源消耗，极大地提高了生产企业成本。要想改变这种局面，其出路就在于实施清洁生产。

我国电镀是一个直接或间接服务于国际市场的行业，竞争的重点已由原来的质量、价格转向了“绿色”竞争。生产过程的“绿色”已成了制约不少企业进一步发展的瓶颈。欧洲汽车行业提出每辆汽车 Cr^{6+} 含量不得超过 2g，并已在 2007 年全面实施。不少西方国家立法规定了电镀排放物中有害物质的浓度和排放量，如对废水中的重金属 (Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Cr^{6+} 等) 离子，都进行了严格的限制。如欧洲共同体 (ELV) 对所有的汽车部件和材料中有害物质的含量及使用进行了严格限制。

(1) 在车辆的设计过程中要减少有害物质的使用。

(2) 新投放市场的车辆中确保不含 Hg、Cd、Pb、Cr (VI)，这些组分 (豁免条例中规定的除外) 在所有部件和材料中的限量为：镉 (Cd) $\leq 100\text{mg/kg}$ (0.01%)，六价铬 [Cr VI] $\leq 1000\text{mg/kg}$ (0.1%)，汞 (Hg) $\leq 1000\text{mg/kg}$ (0.1%)，铅 (Pb) $\leq 1000\text{mg/kg}$ (0.1%)。

我国环保总局已将电镀、啤酒、造纸三个行业列为推行清洁生产审计技术标准试点行业。电镀行业已被推上清洁生产的潮头，这既是对电镀行业的巨大压力，同时也是电镀行业发展的契机。在“2002 北京电镀行业清洁生产研讨会”上，24 个地方电镀协会法人代表在联合国环境署制定的“UNEP 国际清洁生产宣言”上签字表达了全国电镀界同仁将以推行清洁生产为契机，振兴我国电镀业的愿望和信心。

近几年来，我国不少跨国企业对为其配套的电镀加工企业也提出绿色认证的严格要求。目前，我国有关部门也对电镀行业相继出台了严格的绿色环保法规。

2007 年 2 月国家环境保护局实施的《清洁生产标准 电镀行业》HJ/7314—2006，其主要内容见表 1-1。





表 1-1 电镀行业清洁生产标准（综合电镀类）

清洁生产指标等级		一级	二级	三级
一、生产工艺与装备要求				
1. 电镀工艺选择合理性 ^①		结合产品质量要求,采用了清洁生产工艺 ^②		淘汰了高污染工艺 ^③
2. 电镀装备(整流电源、风机、加热设施等)节能要求及节水装置		采用电镀过程全自动控制的节能电镀装备,有生产用水计量装置和车间排放口废水计量装置	采用节能电镀装备,有生产用水计量装置和车间排放口废水计量装置	已淘汰高能耗装备,有生产用水计量装置和车间排放口废水计量装置
3. 清洗方式		根据工艺选择淋洗、喷洗、多级逆流漂洗、回收或槽边处理的方式,无单槽清洗等方式		
4. 挂具、极杠		挂具有可靠的绝缘涂覆,极杠及时清理		
5. 回用		对适用镀种有带出液回收工序,有清洗水循环使用装置,有末端处理出水回用装置,有铬雾回收利用装置	对适用镀种有带出液回收工序,有末端处理出水回用装置,有铬雾回收利用装置	对适用镀种有带出液回收工序,有铬雾回收利用装置
6. 泄漏防范措施		设备无跑冒滴漏,有可靠的防范措施		
7. 生产作业地面及污水系统防腐防渗措施		具备		
二、资源利用指标				
1. 镀层金属原料综合利用率				
镀种				
锌	锌的利用率(钝化前)/%	≥85	≥80	≥75
铜	铜的利用率/%	≥85	≥80	≥75
镍	镍的利用率/%	≥95	≥92	≥80
装饰铬	铬酐的利用率/%	≥60	≥24	≥20
硬铬	铬酐的利用率/%	≥90	≥80	≥70
2. 新鲜用水量 ^④ /(t/m ²)		≤0.1	≤0.3	≤0.5
三、镀件带出液污染物产生指标(末端处理前) ^{⑤、⑥}				
1. 氰化镀种(铜)	总氰化物(以CN ⁻ 计)/(g/m ²)	≤0.7	≤0.7	≤1.0
2. 镀锌镀层钝化工艺	六价铬/(g/m ²)	0	≤0.13	≤2
3. 酸性镀铜	总铜/(g/m ²)	≤1.0	≤2.1	≤2.5
4. 镀镍	总镍/(g/m ²)	≤0.3	≤0.6	≤0.71
5. 镀装饰铬	六价铬/(g/m ²)	≤2.0	≤3.9	≤4.6
6. 镀硬铬	六价铬/(g/m ²)	≤0.1	≤1	≤1.3