



电镀技术

倪百祥 编著

一点通

- 用图表方式解读难以理解的内容
- 用电镀实例解答枯燥的工艺知识
- 详解各镀种工艺流程和操作技巧
- 故障现象及排除为作者经验总结

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



电镀技术

一点通



倪百祥 编著

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书主要内容包括电镀前处理、电镀单金属镀层、电镀合金镀层、浸镀、塑料电镀共5章。由于金属的氧化和磷化不属于电镀范畴,故未列入本书内容。

本书对各镀种的工艺流程进行了介绍,以方便读者在阅读过程中尽快掌握该镀种的操作。书中所提供的配方大多是作者实际使用过的;对于没有使用过的配方,本书也标明了配方的出处,以供读者参考。

为了便于读者理解,本书尽量采用图表的表达方式,对一些难以理解的内容予以说明。

为了提高读者解决电镀缺陷的能力,本书还尽量在每章中给出了常见缺陷现象及可能原因分析表,并提供了排除缺陷的方法,这些技能大多为作者多年工作经验所得。

本书内容全面、技术翔实、通俗易懂,非常适用于初步接触电镀的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电镀技术一点通/倪百祥编著. —北京:机械工业出版社, 2017. 7

ISBN 978-7-111-57504-7

I. ①电… II. ①倪… III. ①电镀 IV. ①TQ153

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第176110号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:何月秋 责任编辑:何月秋

责任校对:杜雨霏 封面设计:马精明

责任印制:李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2017年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24印张·617千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-57504-7

定价:89.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

前言

Preface

改革开放以来，机械制造业得到了蓬勃发展，金属表面处理行业与其他行业一样，发展极其迅速，新技术、新工艺、新材料不断涌现，其工业规模比改革开放前增加了上百倍。但是，与其工业规模发展不相适应的是千百万从业人员，他们文化水平有限，对于掌握先进技术十分吃力。编写本书的目的是给从事表面处理行业的工作人员一个自学专业知识的机会，使他们能够边工作、边学习，尽快适应新的挑战。

作者本人在表面处理行业工作 30 余年，积累了十分丰富的实践经验，更是接触了各个层面的电镀有关人员。知道他们缺乏什么，想学习什么。所以，在本书中特别注意以下两点：

1) 对于刚刚进入表面处理行业的本科、大专毕业生来说，他们又有实践知识不足的困扰。基于这一考虑，在书中较为详细地介绍了电镀的基本原理和工艺操作流程。同时还提供了实用技巧及试验方法等内容。

2) 考虑到电镀技术的实用性，本书对各个镀种的工艺性进行了较为详细的介绍，包括电镀原理、电极反应、工艺流程、镀液配制方法和要点、镀液维护、常见缺陷现象、可能原因分析及排除方法。从电镀的前处理到后处理，均作了详细的叙述，内容丰富多彩，实用性很强。

尽管如此，由于本书成书仓促，作者水平有限，错误之处，在所难免，不足之处，恳请广大读者指正，不胜感激。

在本书编写过程中，有许多电镀同行给予了很多帮助和指导，倪津津在书稿的整理方面也做了许多工作，在此一并表示由衷的感谢。

编者



目 录

Contents

前 言

第 1 章 电镀前处理	1
★ 1.1 镀前机械处理	1
1.1.1 磨光和抛光处理	1
1.1.2 喷砂、喷丸及振动光饰处理	1
1.1.3 滚筒打光处理	2
★ 1.2 脱脂	2
1.2.1 油脂的种类	2
1.2.2 脱脂方法	2
★ 1.3 除锈与酸活化	6
1.3.1 强酸除锈	7
1.3.2 镀前活化处理	11
★ 1.4 化学抛光和电解抛光	11
1.4.1 化学抛光	11
1.4.2 电解抛光	19
★ 1.5 难镀金属的镀前处理	27
1.5.1 不锈钢的镀前处理	27
1.5.2 铝及铝合金的镀前处理	28
1.5.3 锌及锌合金的镀前处理	33
1.5.4 镁及镁合金的镀前处理	35
1.5.5 钛及钛合金的镀前处理	37
1.5.6 镍及镍合金的镀前处理	38
1.5.7 铅及铅合金的镀前处理	40
1.5.8 粉末冶金件的镀前处理	41
★ 1.6 工序间防锈	42
第 2 章 电镀单金属镀层	43
★ 2.1 镀锌	43
2.1.1 概述	43
2.1.2 氯化钾镀锌	45
2.1.3 碱性锌酸盐镀锌	56
2.1.4 硫酸盐镀锌	65



2.1.5	镀锌后驱氢处理	71
2.1.6	钝化处理	72
★ 2.2	镀铜	101
2.2.1	概述	101
2.2.2	碱性氰化物镀铜	103
2.2.3	碱性焦磷酸盐镀铜	107
2.2.4	碱性无氰镀铜	112
2.2.5	酸性光亮镀铜	112
2.2.6	不合格镀层的退除	127
★ 2.3	镀镍	128
2.3.1	概述	128
2.3.2	硫酸盐镀镍	131
2.3.3	氯化物镀镍	148
2.3.4	氨基磺酸盐镀镍	149
2.3.5	柠檬酸盐镀镍	151
2.3.6	其他镀镍工艺	152
2.3.7	不合格镀层的退除	160
★ 2.4	镀铬	162
2.4.1	概述	162
2.4.2	装饰性镀铬	168
2.4.3	镀硬铬	176
2.4.4	镀乳白铬	191
2.4.5	尺寸镀铬	191
2.4.6	电镀黑铬	191
2.4.7	三价铬镀铬	196
2.4.8	滚镀铬	198
2.4.9	镀缎面铬	200
2.4.10	不合格镀层的退除	200
★ 2.5	镀锡	201
2.5.1	概述	201
2.5.2	硫酸盐镀光亮锡	203
2.5.3	锡酸盐镀锡	209
2.5.4	镀锡技术的发展	211
2.5.5	镀锡的后处理	212
2.5.6	不合格镀层的退除	212
★ 2.6	镀铅	214
2.6.1	铅的基本性质	214
2.6.2	镀铅的用途	214
2.6.3	镀铅工序	214
2.6.4	镀铅工艺	214



2.6.5	不合格镀层的退除	217
★ 2.7	镀铁	217
2.7.1	概述	217
2.7.2	镀铁工艺	218
2.7.3	镀铁的前处理	221
★ 2.8	镀镉	222
2.8.1	概述	222
2.8.2	镀镉工艺	222
2.8.3	不合格镀层的退除	223
★ 2.9	镀银	223
2.9.1	概述	223
2.9.2	氰化物镀银	224
2.9.3	无氰镀银	228
2.9.4	低氰镀银	230
2.9.5	镀银前处理	234
2.9.6	镀银后处理	234
2.9.7	不合格镀层的退除	235
★ 2.10	镀金	236
2.10.1	概述	236
2.10.2	镀金工艺	237
2.10.3	镀液维护	243
2.10.4	常见电镀缺陷及排除	243
2.10.5	不合格镀层的退除	244
★ 2.11	其他贵金属电镀	245
2.11.1	镀钯	245
2.11.2	镀铂	250
2.11.3	镀铑	257
2.11.4	镀铟	265
2.11.5	镀钨	268
2.11.6	镀钼	268
2.11.7	镀镱	269
第 3 章	电镀合金镀层	271
★ 3.1	概述	271
3.1.1	合金电镀的用途	271
3.1.2	合金镀层的种类	271
3.1.3	合金镀层沉积的条件	271
3.1.4	合金命名的原则	272
★ 3.2	铜合金电镀	272
3.2.1	铜锌合金电镀	272



3.2.2	铜锡合金电镀	279
★ 3.3	锌合金电镀	284
3.3.1	概述	284
3.3.2	锌镍合金电镀	284
3.3.3	锌铁合金电镀	291
★ 3.4	铅锡合金电镀	300
3.4.1	概述	300
3.4.2	氟硼酸盐镀铅锡合金	301
3.4.3	烷基磺酸盐镀铅锡合金	305
3.4.4	其他电镀铅锡合金工艺	307
★ 3.5	锡基合金电镀	310
3.5.1	锡铈合金电镀	310
3.5.2	锡铋合金电镀	311
3.5.3	锡铜合金电镀	312
3.5.4	锡钴合金电镀	312
3.5.5	锡镉合金电镀	313
3.5.6	锡镍合金电镀	315
3.5.7	锡锌合金电镀	317
★ 3.6	镍合金电镀	319
3.6.1	镍铁合金电镀	319
3.6.2	镍钴合金电镀	325
3.6.3	镍磷合金电镀	329
3.6.4	镍钨合金和镍钼合金电镀	332
★ 3.7	金合金电镀	334
3.7.1	概述	334
3.7.2	金合金电镀工艺	335
3.7.3	镀液维护	337
3.7.4	不合格镀层的退除	338
3.7.5	电镀后处理	338
★ 3.8	银合金电镀	338
3.8.1	概述	338
3.8.2	银镉合金电镀	339
3.8.3	银铟合金电镀	341
3.8.4	银铅合金电镀	343
★ 3.9	钯镍合金电镀	345
3.9.1	概述	345
3.9.2	电镀工艺规范	345
3.9.3	镀液成分及控制	346
3.9.4	操作条件及控制	347



第 4 章 浸镀	349
★ 4.1 概述	349
4.1.1 浸镀的实质	349
4.1.2 浸镀的条件	349
★ 4.2 浸镀铜	349
4.2.1 浸镀铜的用途	349
4.2.2 工艺规范	350
4.2.3 镀液成分及操作条件的控制	351
★ 4.3 化学浸镀锡	351
4.3.1 浸镀锡的用途	351
4.3.2 工艺规范	352
4.3.3 溶液成分及控制	352
4.3.4 其他金属上浸镀锡	353
4.3.5 浸镀铅锡合金	353
★ 4.4 浸镀镍	353
★ 4.5 浸镀贵金属	354
4.5.1 浸镀金	354
4.5.2 浸镀银	354
4.5.3 镀液中各种成分的作用	355
第 5 章 塑料电镀	356
★ 5.1 概述	356
5.1.1 可镀塑料及其性能	356
5.1.2 影响塑料电镀质量的因素	356
5.1.3 塑料电镀的工艺流程	357
★ 5.2 塑料电镀的工艺规范	357
5.2.1 镀前处理	357
5.2.2 表面金属化	361
5.2.3 电镀	365
★ 5.3 工艺维护	367
5.3.1 前处理的工艺维护	367
5.3.2 化学镀液的工艺维护	370
5.3.3 电镀工艺维护	372
5.3.4 塑料电镀的装挂方法	372
5.3.5 常见缺陷及排除方法	372
5.3.6 不合格镀层的退除	373
★ 5.4 塑料电镀的发展	374
★ 5.5 其他塑料电镀	374
参考文献	376

第 1 章

电镀前处理

机加工后的镀件上常有缺陷并带有金属屑和油脂，不能直接电镀。在正式电镀前必须将其清理干净，这个过程称为电镀前处理。

1.1 镀前机械处理

镀件在机加工过程中会产生毛刺、裂纹、焊疤、氧化皮、刮痕等现象，铸造件还会有砂坑、毛边等缺陷，常采用下述方法进行处理：

- 1) 用磨光、抛光的方法将其表面的粗糙物清理干净，并使其光洁、均匀一致。
- 2) 采用喷砂、喷丸、振动光饰使表面的氧化皮清除干净。
- 3) 采用滚光桶进行滚光处理。

方法 1) 和 2) 常用于较大工件的机械处理，方法 3) 常用于小零件的机械处理。

1.1.1 磨光和抛光处理

磨光和抛光是机械处理的重要步骤，尤其是较大工件，要求较严的镀件一般必须进行磨光、抛光处理。磨光和抛光分两步进行。

(1) 磨光 磨光时使用磨光机，磨光轮上沾有金刚砂、氧化硅等磨料。磨轮的转速一般为 1700~2200r/min。根据镀件表面的粗糙程度，来决定磨料的目数。例如，当镀件表面较粗糙时，可先使用 120 目的金刚砂磨第一遍，然后使用 180 目的金刚砂磨第二遍，最后用 320 目的金刚砂磨光，可使镀件获得平滑、细致的表面。

(2) 抛光 抛光要使用抛光轮。抛光轮有布轮和纸轮两种。纸轮用来抛光较硬的金属，例如钢铁件。布轮用来抛光较软的金属，如铜、铝等金属。抛光后可获得非常光亮的金属表面。

1.1.2 喷砂、喷丸及振动光饰处理

1. 喷砂和喷丸

这些处理都是在相应的设备中进行的。喷砂和喷丸采用的磨料不同。喷砂采用的磨料是石英砂。喷砂又分为干喷砂和湿喷砂两种。干喷砂使用钢砂、氧化铝、石英砂、碳化硅等。干喷砂后的表面比较粗糙，适用于要求不高的表面。湿喷砂采用的材料与干喷砂基本相同。但要磨料与水混合成砂浆，磨料的体积分数占 20%~35%。为了防止金属腐蚀，要在砂浆中加入亚硝酸钠缓蚀剂。使用过的磨料要烘干后再使用。湿喷砂适用于较精密的表面，操作时没有粉尘污染。

喷丸采用的是钢铁丸或玻璃丸。与喷砂相比，喷丸能使镀件产生压应力，而且没有硅的粉

尘污染。使用喷丸处理表面前要征求甲方的意见，因为喷丸处理会使工件发生力学、性能变化。

2. 振动光饰

振动光饰是将工件放到装有弹簧的桶型或碗型开口容器内，通过上下、左右振动，从而使工件与磨料相互摩擦达到光饰的目的。

1.1.3 滚筒打光处理

对于一些较小的零件，一般采用滚筒打光的方法清理金属表面。如果在滚筒中加入一些脱脂剂，在滚光过程中还能去除工件表面的油污。如加入硫酸，还能除锈。

在使用碱性脱脂剂作滚光液时，浓度要小一些，中途要更换1~2次。在使用酸性滚光液时，可使用下述配方：硫酸20~40g/L、OP-10 2~4g/L、硫脲2~4g/L。

在使用酸性溶液时不能使用盐酸。使用上述酸性打光溶液时，中途要更换1~2次。

打光后的镀件如果需过夜，要将镀件水洗后浸在碱性溶液中保存，以防锈蚀。在使用酸性滚光液时，不能将铁件与铜件一起滚光，以防置换铜。

在滚光锌合金零件时不能使用酸性滚光液，可使用下述碱性滚光液：磷酸三钠4~6g/L、柠檬酸钠5~10g/L、OP-10 2~3g/L。

在一定使用酸性滚光液时，可以使用酸度较低的溶液，如硫酸1~2g/L、皂角粉2~5g/L。滚光的时间要根据工件的表面情况而定，一般在2h左右。

★★★
2

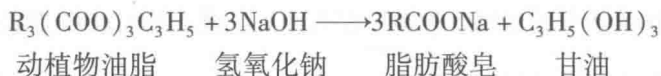
1.2 脱脂

镀件在机加工时都会使用油脂润滑，有时会留下很重的油污。所以，在电镀前要先除去这些油污，此工序称为脱脂。

1.2.1 油脂的种类

镀件在机加工中根据加工方法要使用不同的油脂。例如零件在冲压时要使用冲压油，在一般加工时使用润滑油等，除此以外也有使用动物油或植物油的。根据油脂的化学性能可分为皂化油脂和非皂化油脂两种。前者包括动物油和植物油，后者几乎包括一切矿物性油脂。

(1) 皂化油脂 皂化油脂是指能与碱发生化学反应生成脂肪酸皂和甘油的油脂。在反应中，油脂和氢氧化钠反应：



生成的脂肪酸皂能溶解于水，从而达到脱脂的目的。

(2) 非皂化油脂 非皂化油脂是指不能和氢氧化钠反应生成脂肪酸皂的油脂。去除这种油脂要使用乳化剂，乳化剂将油脂乳化成能溶于水的微粒。由于这种微粒在水的作用下会脱离金属表面，从而达到脱脂的目的。

1.2.2 脱脂方法

电镀上脱脂方法包括有机溶剂脱脂和水溶液脱脂。

1. 有机溶剂脱脂

基于有机物中相似相溶的原理，使用烃类有机溶剂去除油污。例如汽油、煤油、甲苯、



四氯化碳、三氯乙烯等短链烃类，有较好的脱脂效果。其中三氯乙烯是目前应用最多的脱脂剂。图 1-1 所示为三氯乙烯脱脂示意图。

脱脂时镀件先进入第一个槽内脱脂，这时镀件上 70% 的油脂被去除，然后转入第二个槽继续脱脂。第三个槽属于蒸汽脱脂，几乎达到 98%~99% 的脱脂率。三个槽中都安装有通风装置。由于三氯乙烯在光照、热、氧气的联合作用下易产生有毒的光气，所以脱脂槽要设置在避光的地方。当三氯乙烯中的油污达到 25%~30% 时要更换新液。

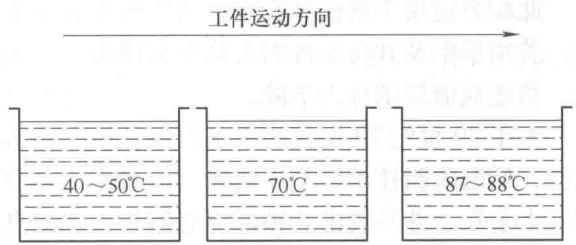


图 1-1 三氯乙烯脱脂示意图

2. 水溶液脱脂

由于有机溶剂成本高、有毒、废水处理困难，所以人们大多使用水溶液脱脂方法。即使使用了有机溶剂脱脂，工件表面仍然残留少量油污，不能直接电镀。水溶液脱脂分为化学脱脂和电解脱脂两种：

(1) 化学脱脂 化学脱脂根据溶液的 pH 值分为碱性脱脂、酸性脱脂及中性脱脂。

1) 碱性脱脂。这类脱脂剂根据脱脂时使用的温度分为高温脱脂、中温脱脂和低温脱脂。目前市场上大多采用中温脱脂和低温脱脂。

中温脱脂剂属于乳化脱脂，脱脂时表面活性剂将油污乳化后去除，使用温度在 40~70°C 之间。乳化脱脂原理如图 1-2 所示。

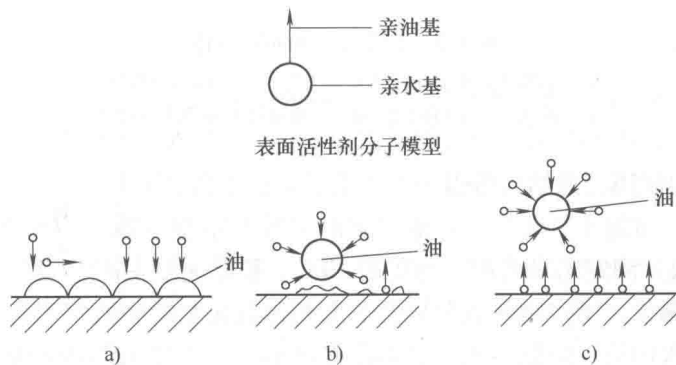


图 1-2 乳化脱脂原理示意图

a) 润湿油污 b) 将油污乳化 c) 脱脂结束

中温脱脂剂又称为乳化脱脂剂，其成分中含有碱、无机盐和表面活性剂。表面活性剂是乳化脱脂的主要成分。常用的品种有平平加、OP 乳化剂等。可按下述配方自己配置。

氢氧化钠	10~20g/L
碳酸钠	10~40g/L
磷酸钠	20~60g/L
水玻璃	0~50g/L
OP-10	5~10g/L
操作温度	40~70°C
脱脂时间	油污除净为止



此配方适用于钢铁件脱脂，如果用于铜及其合金件可将火碱浓度降低到5~10g/L。

若用于铝及其合金件则去除火碱即可。在镀镍时最好不使用水玻璃，由于水玻璃难以清洗，易造成镀层结合力下降。

由于20世纪70年代的中东石油危机，西方国家开发了低温脱脂技术。经过四十余年的发展，低温脱脂技术已基本成熟。笔者本人从20世纪80年代便从事低温脱脂技术研究，已有三十余年，并开发出几种低温脱脂剂产品。从市场反馈情况来看，用户反映良好。这说明低温脱脂技术已基本成熟。

低温脱脂属于置换型脱脂，不发生化学反应，而是物理反应。脱脂原理可能是：溶液中渗透力很强的表面活性剂分子从油脂的细小缝隙中渗透到金属表面，并沿着表面向四处继续扩散。在扩散过程中部分表面活性剂吸附在金属表面上。在油污与金属之间形成了一层吸附层，将油污与金属分开，表面活性剂取代了油污的位置。在水的浮力作用下，由于油污较轻，所以就浮出水面，达到了去油的目的。所以低温脱脂又称为置换脱脂。在置换脱脂剂中由于选用了特殊表面活性剂组合，而不会与油污发生乳化反应。所以表面活性剂在脱脂过程中只是在金属表面吸附上一层后便不再消耗，只有带出损失了。这样，脱脂剂的使用寿命要比乳化型脱脂剂的寿命长就不难理解了。图1-3所示为置换脱脂原理示意图。

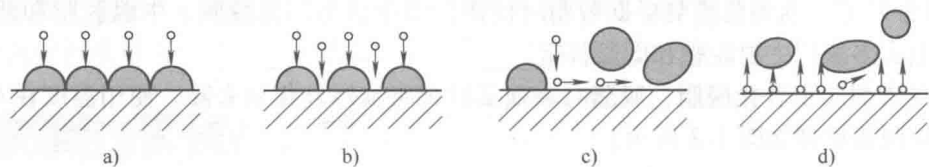


图1-3 置换脱脂原理示意图

- a) 表面活性剂分子进入油膜缝隙 b) 进入金属表面
c) 将油污与金属隔离 d) 表面活性剂分子取代油膜

经过三十多年的使用，总结出低温脱脂工艺具有以下优点：

① 使用温度低，节能十分明显。一般油脂的去除在室温下即可。当适当提高温度后，可使脱脂速度明显加快。测定结果表明，每提高10℃，脱脂速度提高1倍。

② 溶液使用寿命长。测定结果表明置换脱脂剂比乳化型脱脂剂使用寿命至少长1倍以上。

③ 不会造成二次污染。脱脂后油污会漂浮在液面上，当镀件从脱脂槽中提出液面时，金属表面不会遭到漂浮油脂的污染。笔者曾经做过试验：将镀件从漂有10mm厚的油层内取出脱脂后，做镀亮镍层结合力试验，结果证明结合力合格。

低温脱脂也有不足之处，它不能在低温时去除抛光膏类等含有石蜡类油脂，也不能使用高温，因为过高的温度会使表面活性剂浮出。

由于低温脱脂技术大多保密，至今还没有公开配方发表。不过市场上有一些产品出售。下面介绍两种较好的产品，供读者参考。

① 988型低温除油粉。配方如下：

使用浓度	30~60g/L
操作温度	10~50℃
适用油脂	大多数油脂
适用金属	钢铁件、铜及合金件、铝及合金件
脱脂方法	浸泡、超声波



生产商 北京欣普雷技术开发有限公司

注：988 是个系列产品。988A 适用于镀镍工艺，988B 适用于有色金属上拉伸油的去除，988C 适用于去除钢铁件上的重油，988D 为无磷低温去油剂。

② YB-5 常温脱脂剂。配方如下：

使用浓度 80 ~ 100g/L

使用温度 室温

适用金属 各种金属

生产商 上海有机研究所

笔者在试验中发现，硅酸盐在置换型脱脂剂中似乎没有形成硅胶的风险，经笔者多次将铁件在含有硅酸盐的脱脂剂中脱脂后，做电镀镍的结合力试验，没有发现结合力不好的现象。究其原因，可能与表面活性剂分子在金属表面的特性吸附有关。硅酸盐在高温和中温脱脂剂中经常会造成电镀结合力不好的现象。人们普遍认为是硅酸盐不易清洗，带入酸洗中形成硅胶所致。

2) 酸性脱脂。酸性脱脂的效率远不如碱性脱脂，但在金属表面油污较少时可以使用酸性脱脂，既去除了油污又能去除氧化膜，俗称二合一脱脂。实际上酸是不能去油的，只是在酸与氧化皮反应时析出的气体将油膜撕裂后漂起。所以，油污较多的镀件不能使用酸性脱脂。下面介绍一个典型的酸性脱脂配方：

硫酸 100 ~ 200g/L

OP-10 5 ~ 10g/L

硫脲 2 ~ 4g/L

操作温度 10 ~ 30℃

在上述配方中，硫酸起去除氧化皮的作用，OP-10 是乳化剂，起去油的作用，硫脲是缓蚀剂，抑制硫酸对铁件的腐蚀。此配方也可以使用盐酸，但缓蚀剂应换成六次甲基四胺。

3) 生物脱脂技术。由于环境保护压力日甚，对脱脂废水中的化学耗氧量（COD）要求越来越严，国外发明了生物脱脂技术。

生物脱脂的机理是：自然界中存在的一些微生物具有将有机物分解成二氧化碳的能力。将这种微生物用来作脱脂剂的一部分，让其分解从金属表面剥离下来的油脂，并分解成二氧化碳和水，以达到减少 COD 排放的目的。

从金属表面脱脂下来的油污呈长碳链状的微粒或微团。这些微粒或微团先是被真菌或细菌撕裂成更小的微粒或微团，然后继续分解成二氧化碳、氮气及水溶性物质，分解过程中，要不断地通入氧气（空气）以供细菌使用。嗜氧菌不断繁殖，并抑制厌氧菌的生长。

这种化学品与生物技术的结合保证了脱脂剂性能的稳定，获得了最佳的工艺性能和极长的溶液寿命，降低了废水的排放量。

生物脱脂技术也不是万能的，它对焦油或木焦油类油脂分解能力较差，对三氯乙烯类溶剂没有分解能力。

生物脱脂适用于低温操作，温度在 40 ~ 50℃ 最好，过高的温度不适于细菌的生长。

国内市场上有安美特的产品出售。国内研制的产品还未见报道。

(2) 电解脱脂 电解脱脂是通电去除油污的一种方法。根据镀件所处的位置又有阳极脱脂、阴极脱脂和换向脱脂三种。

电解脱脂的原理与化学脱脂不同，它是通过电解过程中电极反应时生成的气体作用及化



学反应的联合作用去除油污的。所以，电解除脂的速度快得多。

电解除脂剂的组成与化学脱脂剂有所不同。它除了必须使用碱性物质外，还必须含有能络合金属离子，使之不被镀出的物质，同时还要含有能抑制碱雾的成分。

电解反应中生成的氢气比氧气多了一倍，所以阴极脱脂要比阳极脱脂快。但是氢原子在生成氢气前会渗透到铁件晶格中，造成氢脆，影响铁件的疲劳强度。所以人们采用换向脱脂的方法解决了这一难题。在换向脱脂时，要先进行阴极脱脂，然后再进行阳极脱脂。

电解除脂是在钢槽中进行的，镀件作阴极时称为阴极脱脂，镀件作阳极时，称为阳极脱脂。对极一般采用不锈钢。

在电解除脂时，有色金属一般不采用阳极脱脂，而采用阴极脱脂。钢铁件大多采用混合脱脂方法。

下面举出两个电解除脂的工艺：

1) 钢铁件电解除脂工艺：

火碱	20 ~ 30g/L
纯碱	10 ~ 20g/L
硅酸钠	0 ~ 30g/L
焦磷酸钠	10 ~ 20g/L
平平加 O	2 ~ 5g/L
操作温度	60 ~ 70℃
电流密度	5 ~ 10A/dm ²

2) 铜及其合金件电解除脂工艺：

纯碱	20 ~ 30g/L
三聚磷酸钠	10 ~ 20g/L
硅酸钠	10 ~ 20g/L
OP-10	2 ~ 4g/L
操作温度	40 ~ 60℃
电流密度	3 ~ 7A/dm ²

表 1-1 中给出了几种市售电解除脂粉的相关数据。

表 1-1 几种市售电解除脂粉的相关数据

使用参数	DC-04	142	E1000	BH-80
使用浓度/(g/L)	40 ~ 80	30 ~ 90	50	30 ~ 80
操作温度/℃	30 ~ 60	—	70 ~ 95	45 ~ 65
电流密度/(A/dm ²)	2 ~ 5.0	—	2 ~ 4	2 ~ 6
脱脂时间/min	0.5 ~ 2	—	1 ~ 4	—
生产商编号	1	2	3	4

注：1—北京欣普雷技术开发有限公司；2—厦门宏正化工有限公司；3—中国美菱化工集团有限公司；4—广州二轻研究所。

1.3 除锈与酸活化

镀件经脱脂后，要进入去除镀件表面锈皮或氧化膜工序，俗称除锈。而活化则是镀前的



金属表面弱酸浸湿。

1.3.1 强酸除锈

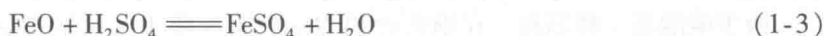
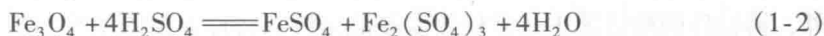
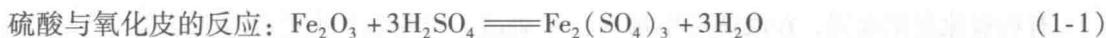
钢铁件在机加工过程中经受焊接、冲压、淬火等工艺会形成很厚的氧化皮。在储存、运输中受到侵蚀形成浮锈。氧化皮呈蓝色，成分主要是三氧化二铁及四氧化三铁。浮锈呈黄色，主要成分为三氧化二铁。

铜及其合金件同样也会生成锈蚀，其成分较为复杂。碱式碳酸铜呈蓝黑色，氧化铜为棕褐色，硫化铜为黑色。

锌合金及铝合金的氧化膜虽然没有明显的色泽，但色泽也明显偏暗。为了获得合格的镀层，电镀前必须将其去除，否则会严重影响镀层的外观和结合力。

在下文叙述中所介绍的无机酸的浓度如下：硫酸 98%、硝酸 65%、盐酸 37%、磷酸 85%、氢氟酸 38%。

钢铁件的除锈常称为酸洗。钢铁在炼制时会形成很厚的氧化皮。在最底层是氧化铁，挨着的是四氧化三铁，而最外层是三氧化二铁。在低温（575℃以下）下轧制时，几乎全部是四氧化三铁，外层是三氧化二铁。去除这些氧化皮主要采用硫酸和盐酸。因为酸与氧化皮反应生成可溶于水的铁盐。



铁基体与硫酸的反应：



从上述反应式（1-1）~（1-4）看到，无论哪种氧化物均与硫酸反应生成可溶于水的铁盐。从反应式（1-4）可以看出，基体铁也能与硫酸发生反应。当氧化皮去除干净后，酸还会腐蚀铁基体。这是我们所不希望看到的。所以，在硫酸除锈时要加入硫脲缓蚀剂，以抑制反应式（1-4）的发生。

硫酸对氧化皮的溶解速度与硫酸质量分数及温度呈正比关系。图 1-4 所示为不同温度下硫酸质量分数对氧化皮溶解速度的影响。

从图中可以看到，在低温 20℃ 时，氧化皮的溶解速度随着硫酸质量分数的升高而急剧加快，在硫酸质量分数达到 20% 时，溶解速度达到最大，然后继续增加硫酸质量分数，溶解速度反而下降。当升高温度到 40℃ 后，氧化皮的溶解速度非常快，而且几乎不受硫酸浓度的限制。从提高生产效率角度考虑，使用硫酸去除氧化皮时应在 40℃ 较好。

电镀厂大部分使用盐酸除锈，而不用硫酸。盐酸的优点是价格便宜、去锈速度比硫酸快、对基体腐蚀性小；缺点是寿命短、气味大、成本高。

盐酸与铁的氧化皮反应迅速，反应后形成易溶于水的氯化物。盐酸的浓度对氧化皮的溶解速度有重要影响，图 1-5 所示为盐酸质量分数对酸洗速度的影响。

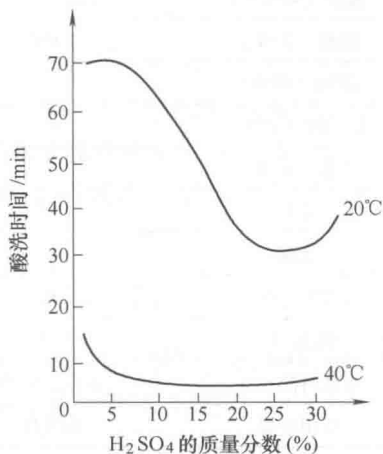


图 1-4 不同温度下硫酸质量分数对氧化皮溶解速度的影响



从图 1-5 中可以看出随着盐酸质量分数的提高,酸洗速度明显加快,当盐酸质量分数达到 10% 时,酸洗速度达到最高点,继续提高盐酸质量分数不再有效。在质量分数达到 25% 后,酸洗速度还有所减慢。

温度对酸洗速度的影响很大,当温度从 20℃ 升高至 40℃ 时,酸洗速度提高了 5~6 倍。但这时的酸雾太大,不利于操作,同时酸液的寿命也会大大降低。

酸洗中为了减少酸液对基体的腐蚀,要加入缓蚀剂。这种缓蚀剂在酸洗氧化皮反应时不起作用,当氧化皮去除后露出基体金属时,开始发挥抑制作用。

在酸洗时,为了减少酸雾的逸出,可以加入一些表面活性剂来产生泡沫以抑制酸雾的外溢,既保护了环境,也节省了酸。例如,加入少量的十二烷基硫酸钠可产生泡沫,抑制酸雾逸出。

有些氧化皮很顽固,在酸洗液中加入少量硝酸,可明显提高酸洗速度。除了硫酸和盐酸外,铸铁件的酸洗液中还常使用氢氟酸来洗去铸件表面的沙粒,质量分数在 2%~5%。

由于磷酸是一种弱酸,在钢铁件的酸洗中很少使用。这不仅是因为磷酸太弱,还因为磷酸会在铁表面形成磷化膜,但在酸洗折叠件或有卷边件时常用磷酸。因为这些件除锈后还需要再加工,形成的磷化膜正好派上了用场。磷酸非常适于钎焊件的酸洗,对于焊缝和硬钎焊缝隙内不易清洗的地方,不会因残留酸液而腐蚀基体表面。表 1-2 列出了几种典型钢铁件的酸洗工艺。

表 1-2 几种典型钢铁件的酸洗工艺

工艺 配方	1	2	3	4
硫酸 (98% ^①)	—	200~250g/L	—	—
盐酸 (37%)	100%	—	100mL/L	—
硝酸 (65%)	—	—	—	—
氢氟酸 (35%)	—	—	10~20mL/L	—
磷酸 (85%)	—	—	—	80~120mL/L
若丁	—	—	—	0~0.1g/L
硫脲	—	2~3g/L	—	—
六次甲基四胺	2~5g/L	—	—	—
温度/℃	室温	40~60	30~40	70~85
酸洗时间/min	氧化皮除净	除净为止	除净为止	5~10
适用金属	钢铁件	锻件或冲压件	铸铁件	有卷边或折叠件

① 均为质量分数。

在配制酸洗液时,应将酸加入水中,切忌不能将水倒入酸中,以免发生危险,尤其是使

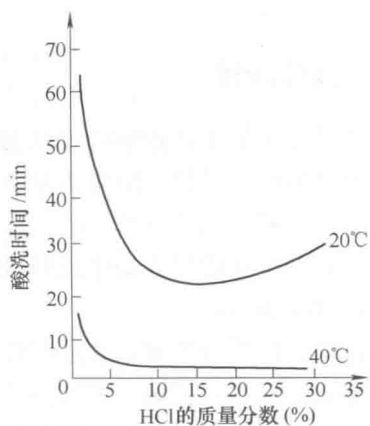


图 1-5 盐酸质量分数对酸洗速度的影响