

电 解 加 工 应 用 实 例

郁振华、施友行等編著

国防工业出版社

1965

出版者的話

本书是电解加工实际經驗的总结。全书共分三章，分别叙述筒形零件、成型零件（叶片、叶片鍛模）的电解加工以及电解磨削。

本书实用性较强。可供从事电解加工的技术人員、工人閱讀使用，也可供有关专业师生及研究人員閱讀。

参加本书編著工作的还有：于文先、方立源、王希增、王苏吾、王远謀、文順和、尹綏平、刘炎、刘令坤、戴冰霜、江普康、江国鎮、何兆泰、李永成、李世峰、陈友生、宗淦、周俊彦、姚永森、張朝康、赵鳴、赵凤林、凌云鵬、倪炳康、徐振国、梁嘉安、馮厚松、章家瑛、陆連基、董振礎、潘长海諸同志。在此一并致謝。

电解加工应用实例

郁振华、施友行等編著

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 4 $\frac{1}{2}$ 114 千字

1965 年 3 月第一版 1965 年 3 月第一次印刷 印数：0,001—5,000 册

統一书号：N15034·977 定价：（科六）0.70 元

序

毛主席教导我們：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”

今年初，出版了“铝镁合金铸造实践”一书，由于它具有总结实践经验、为生产服务、破除迷信、打破洋框框、集体创作等特点和及时传播新工艺、新技术的现实意义，出版后深受读者欢迎。时间才过去两个多月，在几个技术领域内，相继以同样的特点，总结了自己的经验。可以指望，这一批新书将使相应的新工艺、新技术得到更广泛的采用和进一步发展。

著作者都是生产基层领导干部、技术人员和工人。他们以无产阶级的政治挂帅，一不为名，二不要钱，而是全心全意的为社会主义建设服务。把总结经验，传播新工艺、新技术，推进技术发展作为自己的光荣职责。我们以极其兴奋的心情，祝贺这些新书和广大读者见面，并且期待有更多的专业人员总结自己的实践经验推广传播，不断前进。

新技术推广所

一九六五年三月

目 录

序.....	3
第一章 筒形零件电解加工.....	5
§1 电解加工设备	5
§2 电解液	14
§3 工具阴极的设计与制造	18
§4 夹具设计	34
§5 筒形零件电解加工工艺	40
§6 自动控制系统	64
第二章 成型零件电解加工.....	73
§1 电解成型加工设备	73
§2 电解成型工艺	80
第三章 电解磨削工艺.....	104
§1 电解磨削的原理和特点	104
§2 机床改装	106
§3 电解液	121
§4 导电磨轮	123
§5 电解磨削工艺参数选择及影响	135
§6 尖点保护	138
§7 工艺实践中的若干问题	140

第一章 筒形零件电解加工

§1 电解加工设备

电解加工设备主要包括下面三部分：

1. 直流电源：直流发电机、硒（或硅）整流器；
2. 电解液系统：液压泵、液压管道、电解液槽和过滤器等；
3. 电解加工机床、清洗设备及各种仪表。

由上述三大设备组成的电解加工系统如图 1-1 所示。

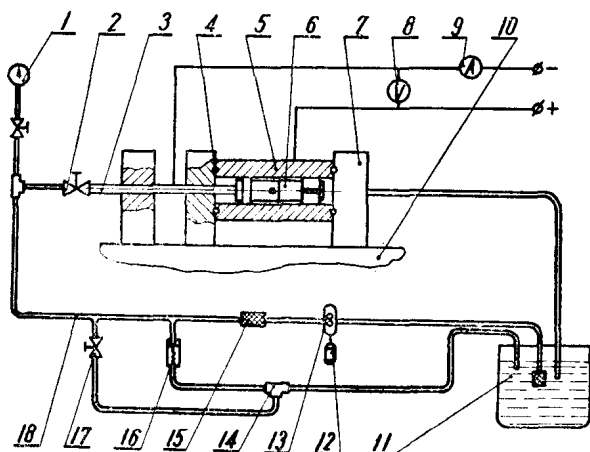


图1-1 电解加工系统组成示意图

- 1—压力表；2—开关阀门；3—拉杆；4—密封圈；5—零件；6—阴极；7—夹具；8—电压表；9—电流表；10—机床；11—电解液槽；12—电动机；13—泵；14—三通接头；15—过滤器；16—安全阀；17—调压阀门；18—液压管道。

1-1 直流电源

实践表明，采用大电流密度加工对提高电解加工的生产率、加工精度、甚至光洁度是有利的。目前，在电解加工中，一般采

用低电压、大电流的直流电源。常用的直流电源设备有直流发电机、硒整流器和硅整流器等，其中直流发电机的应用较广。

电解加工时要求有稳定的电压和电流，并且能根据零件的形状、大小和加工情况随时进行调整。

硒（或硅）整流器的电压，有的可以无级调整，有的却不能无级调整而只能跳跃式地调整。对于电压不能无级调整的整流器而言，使用时可加接三相调压器，以达到电压可无级调整的目的。

由于采用低电压的直流电源，所以应特别注意减小导电回路上的电压降。为此，最好选择紫铜汇流条，以焊接形式连接。若用螺钉搭接，则要求将汇流条的搭接处锉平甚至涂锡。

在无自动控制设备的情况下，加工时用仪表读数来控制零件的尺寸。因此，最好使用一级精度以上的电表，而且从分流器引出的导线不准任意加长，也不准任意减小其截面积，以免产生测量误差，影响加工质量。

由于电解加工用的直流电源功率较大，故在厂房交流电网的容量较小时，应安置独立的配电箱。

1-2 电解液系统

电解液系统应保证加工区的电解液具有足够大的流速。系统的主要组成如图 1-2 所示。

一、泵

泵的类型很多，在电解加工中，目前大多采用齿轮泵。

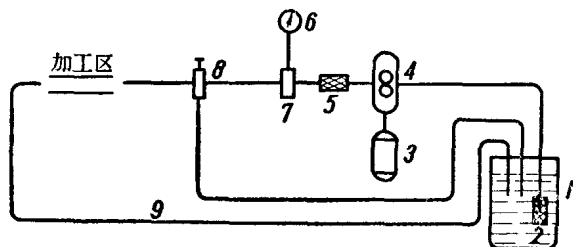


图1-2 电解液系统

1—电解液槽；2—过滤器；3—电动机；4—泵；5—过滤器；6—压力表；7—三通接头；8—调压阀；9—回液管。

7

泵的防腐蝕是当前較难解决的問題。目前采取的防腐办法是：在不使用时仍使泵內充滿电解液，以免泵的內腔和齒輪直接与空气接触，或者在使用后用亚硝酸鈉溶液清洗，这样均可延长泵的使用寿命。最好采用耐蝕泵，但采用耐蝕泵后并不等于不存在防腐問題；它的滚动軸承的防腐問題仍有待于进一步的研究。

二、液压管道的設計与布置

1. 根据需要，管道上应設有压力、溫度和流量等的指示器及調节、过滤等装置。

2. 管道应能承受較高的压力并能耐腐蝕。所有管道接头均应采用黃銅或不銹鋼等材料制造，否則不仅影响使用寿命，而且还会由于管道的銹蝕而給加工表面的加工质量带来不利的影响。管道安装后应进行耐压和滲漏檢驗。

3. 管道直徑应按泵的流量选用，尽可能采用大截面的管道。如果选用带有金屬絲包絡的橡胶管道，則应注意与电源系統絕緣。

4. 管道布置应便于安装和檢查。力求少交叉或不交叉；轉弯处应圓滑过渡。

5. 最好将泵安装在靠近机床处，以减小管道上的压力損耗。

三、电解液槽

槽的容量应根据零件的大小和連續工作時間的长短来决定。

目前，制造电解液槽的材料有以下几种：

1. 不銹鋼。耐蝕性虽好，但价格昂贵。

2. 普通鋼板。不耐腐蝕，但可用衬塑料衬墊（內壁）和塗漆（外表）的办法来消除这一缺陷。

3. 用瓷磚作水泥槽的內壁（适用于大容量的电解液槽）。

4. 塑料板。比不銹鋼板价廉，耐蝕性好、焊接性好、輕便，但质脆。

比較完善的电解液槽的結構应具有过滤网、冷却和加溫装置、排除电解液沉淀物的机构等。常用的电解液槽有如下三种結構形式：

图 1-3 a 的结构简单, 为了加强过滤, 在吸液管的口子上加了数层滤网;

图 1-3 b 采取多次过滤的方法, 并设有冷却和加温装置, 结构比较复杂;

图 1-3 c 采取多槽过滤的方法, 效果较好, 但结构复杂。

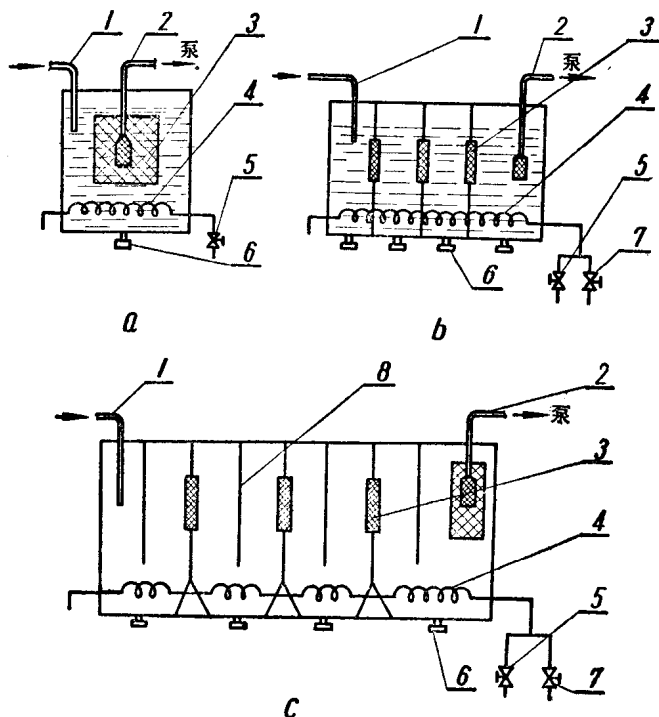


图1-3 电解液槽结构示意图

1—回液管; 2—吸液管; 3—过滤网; 4—作冷却和加温用的蛇形管; 5—冷却开关; 6—泄液开关; 7—加温开关; 8—隔板。

电解液的加温一般采用蒸汽, 降温则采用自来水, 但降温速度较慢。调温蛇形管应该耐腐蚀, 最好选用铜管, 并且要求其截面积大、管壁薄、导热性能好。

1-3 电解加工机床

一、对电解加工机床的要求

与机械加工的机床相比, 电解加工的机床具有一些独特的要求。目前, 我們所用的加工机床大多是自己改装的, 改装和使用經驗表明, 在改装和設計时应注意以下几方面:

1. 直流电的引入应安全可靠;
2. 电解液的供应方向应合理;
3. 机床与夹具、阴极拉杆座等应絕緣好;
4. 机床的剛性、精度及送进稳定性等均要足够, 要考慮液压力和送进摩擦阻力等对送进机构的作用;
5. 生产率要高, 主要体现在夹具的装卸和零件的装卸方便等方面;
6. 夹具定位应安装可靠;
7. 应使变速箱在低速范围内变速, 变化級数要多, 最好能无級变速;
8. 应考虑机床的防腐蚀。

上述注意事項中, 机床的防腐蚀問題、剛性問題和送进机构的送进力与阻力的平衡問題等尤需特別注意。有时因机床的剛性差、阴极与零件的配合过紧等, 在液压力和摩擦阻力的作用下, 会出现送进不稳定的現象, 甚至使脫落蜗杆自动跳开。目前, 在防止电解液对机床的腐蚀方面所采取的措施, 除严格防止电解液泄漏在机床上外, 还可以在机床上塗油。

机床走刀的不均匀, 甚至是微小的跳动都会严重地影响零件的加工质量。

二、机床改装举例

机床改装的方案是以被加工零件的几何形状和加工要求为依据的。下面列举几个例子以供参考。

例一 C630 車床的改装。改装后的总体图见图 1-4。

图示机床的改装比較简单, 采用了原机床的大部分机构, 仅将原刀架去掉代之以阴极拉杆座和去掉尾座代之以夹具安装座。

例二 簡易車床改装见图1-5。

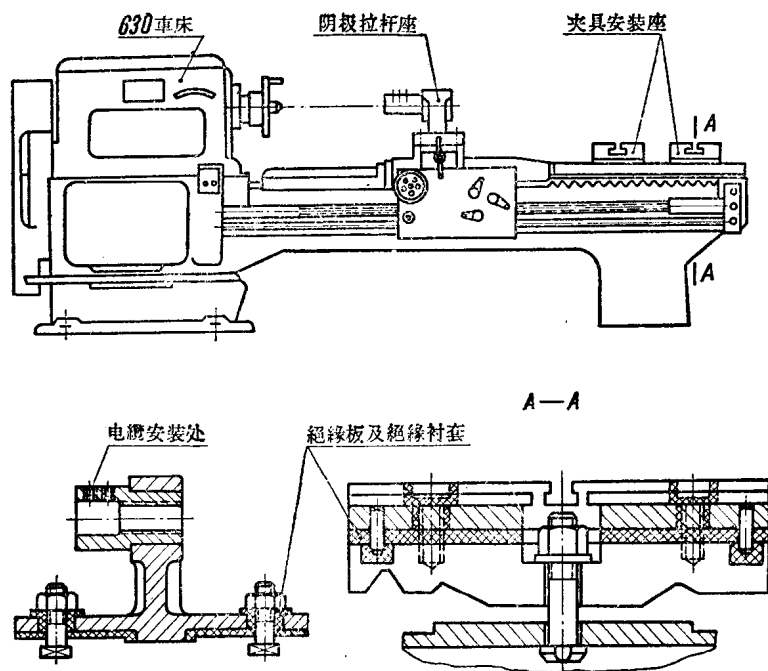


图1-4 C630车床改装

该机床是用来加工汽缸筒内腔曲面的，具有以下特点：

1. 原机床为简易车床，转速 $n = 20$ 转/分，精度差。但由于采用固定式阴极，因而对零件的加工精度无多大影响。

2. 夹具 5 借有机玻璃衬套 2 与床头绝缘，用四个压板 6 夹固零件 7，在夹具 5 上装有两个铜环 4，借支撑板紧固在机床上，两铜环间夹有 18 个炭刷 3。阴极 8 夹在平口钳 12 上，密封箱 9 用有机玻璃制成，防止电解液四处飞溅，保护机床。电解液由阴极上的两窄槽喷出流入密封箱，经缺口 14 和软管流回电解液槽。对刀块 15 用以固定阴极对零件的纵向位置，当纵向位置固定后，即可去掉。

3. 测量装置采用自动测量机构。加工过程中借杠杆机构（杠杆比为 1:2）上的千分表 11 来反映加工深度。测量头用硬质合

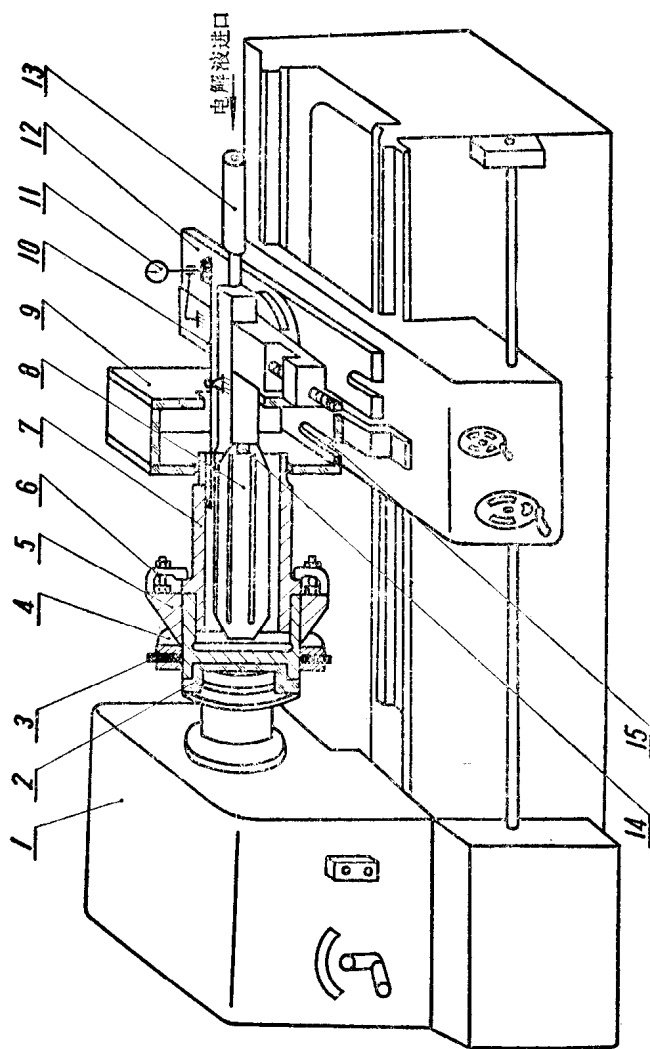


图1-5 车床、夹具及密封装置

1—床头；2—超橡胶衬套；3—炭刷；4—导电环；5—夹具；6—压板；7—零件；8—阴极；9—密封箱；
10—自动测量杆；11—千分表；12—平口钳；13—橡皮管；14—回液口；15—对刀块。

金制成，以保証測量精度。該机构可控制零件尺寸在0.05毫米範圍內。

例三 机床改装见图1-6。

与例一的結構基本上相同，改装比較簡單，不同的是加工时阴极不动，而夹具和零件都在絲杆的带动下作直綫运动。

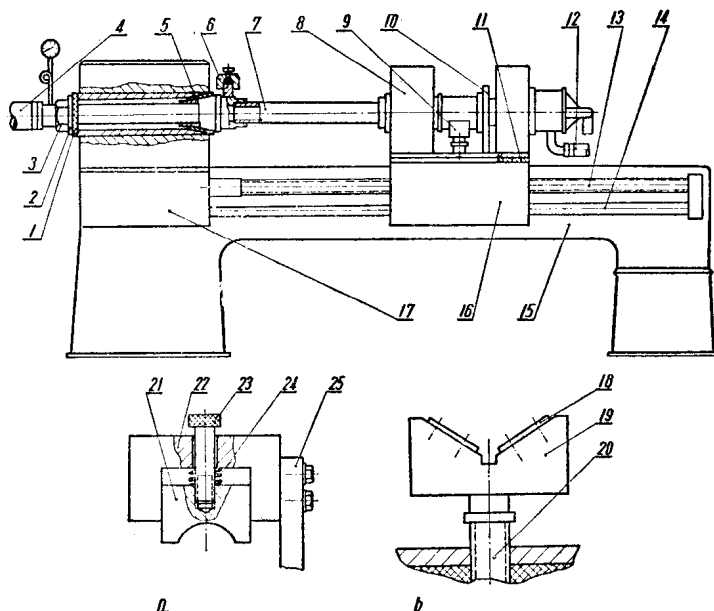


图1-6 电解加工机床改装图

- 1—絕緣墊；2—墊圈；3—接管嘴；4—进液管；5—絕緣套；6—接电座；7—阴极拉杆；8—夹具体；9—支承；10—活动压板；11—絕緣座；12—排液管；13—絲杆；14—光杆；15—床身；16—拖板；17—变速箱；18—絕緣墊；19—V形块；20—螺杆；21—电刷；22—壳体；23—螺釘；24—彈簧；25—接电板。

例四 絲杆摆在中間的电解加工机床。

机床改装后的总体图見图1-7。本机床的特点是：可以加工长筒形零件；絲杆在两導軌中間，改善了加工时的受力状况，从而可提高加工时送进的穩定性。

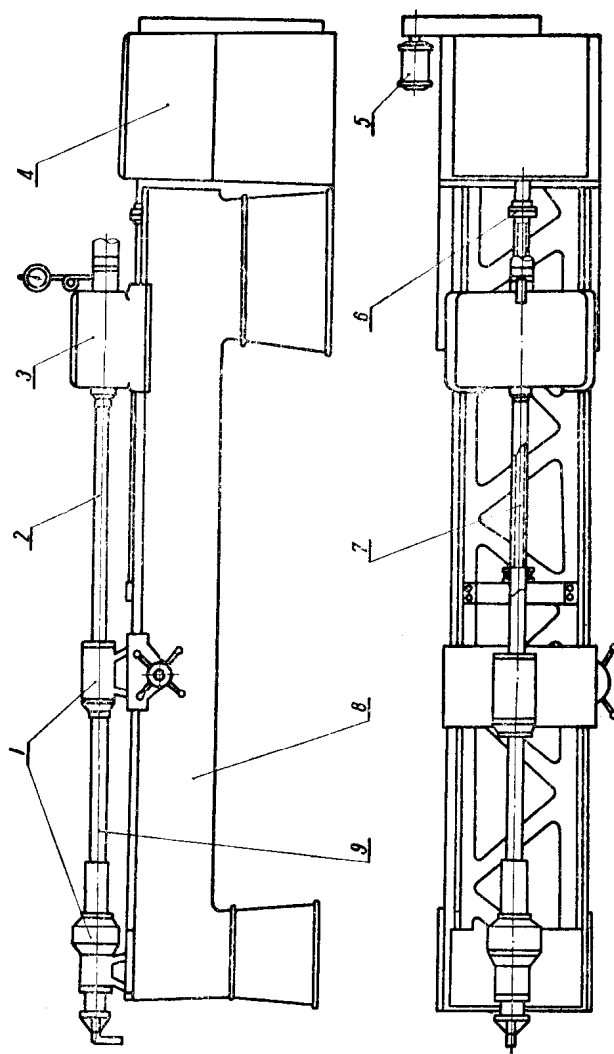


图1-7 电解加工机床

1—夹具；2—阴极拉杆；3—拖板箱；4—变速箱；5—电动机；6—联轴器；7—丝杆；8—床身；9—零件。

§2 电 解 液

2-1 电解液配方

在电解加工中，正确和合理地选用电解液是保证零件加工质量的首要条件之一。在加工钢和硬质合金的零件时，常采用表1-1中的配方。

表1-1 电解液配方

加 工 材 料	电 解 液 成 分		电 解 液 温 度
Cr45 30X1CA 38XM10A 40XHMA等钢件	10~20%NaCl水溶液		15~35°C左右
BK型硬质合金件	1	酒石酸 150克/升 氢氧化钠 150克/升 氯化钠 20克/升	18~25°C左右
	2	酒石酸 50克/升 氢氧化钠 50克/升 氯化钠 20克/升	

加工硬质合金的第一种配方，对皮肤和呼吸器官的刺激性较大；改用第二种配方后，对人体的不利影响有所好转，生产效果与第一种相比无显著差别。

2-2 电解液过滤

钢件在氯化钠水溶液中电解加工时，生成氢氧化亚铁（墨绿色），与空气接触后，被氧化为氢氧化铁（黄褐色），从而使电解液变为十分混浊的粘稠状液体。它能堵塞阴极上的小孔、过滤网和加工间隙，阻碍电解液的正常循环，造成液流不均或短路烧伤等故障，以至影响工件的加工质量。因此，电解液的过滤问题便成为电解加工中迫切需要解决的关键问题之一。

我们目前采用的过滤方法有：

自然沉降法；

加入絮凝剂沉降法。

一、自然沉降法

电解液中氢氧化铁粒子及杂质污物，在一定时间内自然凝聚而沉降。这种方法应用较为普遍，但氯化钠的浪费较大。通常，自然沉降法又有如下几种形式。

1. 滤板过滤法

这种过滤方法(见图 1-8)一般适用于 $2 \times 1 \times 1$ 米³ 以上的大电解液槽，槽内装有带滤网的隔板。滤网隔板之间及滤网隔板与槽壁之间的距离约为 500~1000 毫米；隔板上滤网的面积应不小于隔板全面积的三分之一，滤网的位置应以隔板的中心线为基准，向上开设；滤网一般可选用 150~250 目的铜丝网。滤网面积过小，网孔过细，开设位置过高，电解液流通就会不畅，往往从隔板上溢出。反之，滤网面积过大，网孔过粗，开设位置过低，显然又达不到应有的过滤效果。为了防止流回槽内的电解液产生冲击液流，可在滤网隔板与电解液槽槽壁之间加一固定隔板，隔板与槽底应保持一定距离，使电解液的流动减慢，有利于自然沉降和过滤。

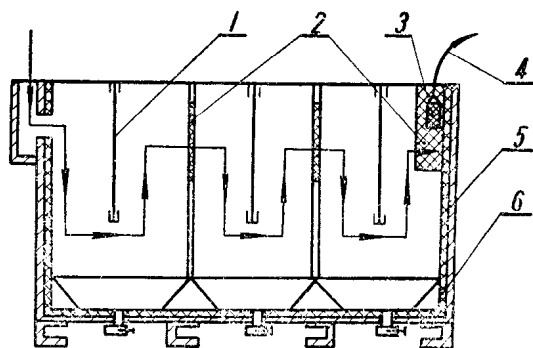


图1-8 滤板过滤法

- 1—固定隔板；2—滤网；3—吸滤头；4—胶管；5—电解液槽；
6—聚氯乙烯板衬垫。

采用这种过滤方法的优点:

- 1) 过滤效果好;
- 2) 清除污秽电解液方便。

2. 滤网过滤法

将铜网围成的过滤箱放入电解液中(见图

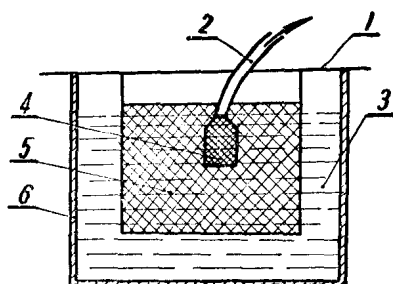


图1-9 滤网过滤法

1—木棒; 2—胶管; 3—电解液; 4—吸滤头; 5—滤网; 6—电解液槽。

1-9), 经过滤网第一次过滤后, 再经吸滤头过

滤, 这样可使电解液进一步澄清。这种过滤适用于较小的电解液槽内的过滤。

吸滤头经过一段时间工作后, 被氢氧化亚铁和杂物堵塞。为了保证吸滤头畅通, 可用稀盐酸浸蚀, 进行清除, 效果良好, 只要将吸滤头放在稀盐酸中摇动几下即可。

采用这种过滤方法的优点:

- 1) 设备简单, 便于安装;
- 2) 过滤效果良好。

3. 多槽过滤法

几个电解液槽串联在一起, 使电解液的流速减慢, 流程增加, 逐步达到自然沉降和过滤的目的(见图 1-10)。

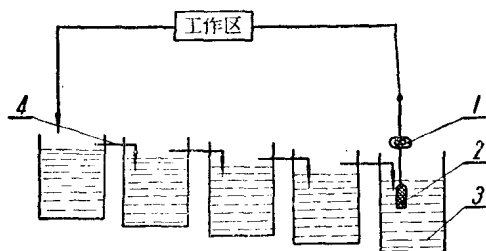


图1-10 多槽过滤法

1—泵; 2—吸滤头; 3—电解液; 4—胶管。

这种过滤法的优缺点:

- 1) 过滤效果好;
- 2) 电解液使用期长, 有利于大批生产;
- 3) 占地面积大;
- 4) 成本高。

二、加入絮凝剂沉降法

絮凝剂在化工、选矿、采煤、湿法冶金、废水处理等的固液分离方面的广泛应用，国内资料已有介绍。但絮凝剂应用在电解加工的氯化钠水溶液中的资料，到目前为止，尚未见到。我们曾用国产絮凝剂在氯化钠电解液中作静态试验，获得初步成效，现将试验情况简述如下：

1. 絮凝剂的浓度

在氯化钠电解液中絮凝剂浓度为 0.008% 时，氢氧化亚铁沉降速度较快，比未加絮凝剂沉降速度快 20~30 倍。

2. 搅拌的作用

絮凝剂溶液注入氯化钠电解液中，由于絮凝剂分子分布不均，如不充分搅拌均匀，则沉降速度很慢；但过多的强烈搅拌，也会使沉降速度减慢。试验表明：连续搅拌 10 次，仅需 3~5 分钟，悬浮物即可完全沉降；若连续搅拌 20~100 次后，沉降效果则逐渐降低；在连续搅拌 100 次以上时，絮团的结构被打碎，游离出大量小颗粒的絮状物，悬浮于溶液中，则不易沉降。实验表明，在电解液中加入少量的碳酸钠，使 $\text{pH} = 9$ 时，在搅拌 100 次以后，沉降效果大大好转。

3. 絮凝剂的失效

1) 时间的影响

放置一天以后的絮凝剂，其絮凝作用开始降低，并随时间的增长逐渐失效。当在絮凝剂中加入亚硝酸钠 (1:1) 稳定剂之后，则絮凝剂的有效时间延长。

2) 氢氧化铁含量的影响

在絮凝剂浓度为 0.008% 的 2000 毫升电解液中，测得氢氧化铁的含量为 6.5 克，此时沉降速度较快；若氢氧化铁含量逐渐增加，沉降速度则随之下降。

我们只作了在氯化钠电解液中加入絮凝剂的静态试验。至于电解液的动态试验效果如何，有待于今后试验研究和探讨。