

三活叶技术資料三

总 号: 309

冷加工: 078

内部資料 注意保存

液 体 抛 光

第一机械工业部新技术先进经验
宣传推广联合办公室

1965·11

液体抛光

上海市机电二局

概 述

我单位生产的电位计元件是属于精密电器元件。在生产过程中，有一个工序是为了清除导线上的绝缘物，以形成电位计的可靠工作滑道面，故这一工序称之为电位计的抛光工序。由于工作滑道面是电位计工作时由信号输出的直接接触面，因而工作滑道面的抛光质量好坏，将直接对电输出信号特性有很大的影响，所以对电位计抛光工序中对工作滑道面提出了一定的技术要求：

1) 抛光电位计滑道面，导线表面的光洁度应达到 $\nabla\nabla\nabla\nabla_{10}$ ，将滑道面的漆去除干净，线匝间应无任何杂质。

2) 电位计抛光后非工作面不应有任何损伤。

3) 电位计抛光后导线金属球面不应破坏，同时电位计工作滑道面不应有机械划伤和压伤等。

4) 抛光时去漆深度不应过深，以防止导线匝间短路。也不应过浅，以防止工作中电位计输出信号中断。

5) 电位计抛光后，示波图应符合技术要求。

6) 电位计抛光后，工作滑道面应能承受一定的耐磨性。

根据以上的技术要求，采用什么样的抛光形式，采用什么样的抛光磨料及最简单的操作方法，以最高的生产效率来实现电位计抛光的技术要求，这是值得我们探索的。

抛光的形式有：机械抛光法，电解抛光法，化学抛光法，液体抛光法，超声波抛光法等。

我单位目前采用的抛光形式有两种：一是机械抛光法，就是在旋转的毛毡轮上加以抛光磨料来实现抛光零件。二是液体抛光法，就是将抛光液以一定气体压力，一定的喷射角度，一定的喷射距离，一定的喷射

速度噴射到被拋光零件表面上，來實現拋光零件的。

我單位在拋光某種電位計時，起初採用機械拋光法，在毛毡輪上塗有煤油，以700~1000轉/分的速度來拋光零件表面，用這種方法發現有以下缺點：

1. 生產效率低，每拋一只電位計共需兩小時左右；
2. 在拋光的過程中被拋光零件表面局部發熱量過高，有時接近退火溫度，故對金屬導線有退火作用，使拋光滑道面的耐磨性變差。
3. 所用磨料液揮發氣體嚴重，對操作人員健康影響較大，如手發腫、頭髮暈等，在這種情況下，領導和有關技術人員、工人同志都下定決心要改變這種落后的拋光工藝，來用液體拋光方法，滿足生產需要。

現在我們將液體拋光的有關資料和我單位在液體拋光中的一些情況介紹一下，以供大家參考，並能經過技術交流相互討論，使液體拋光的应用範圍得到進一步擴大。

一、基本概念

液體拋光是最近幾年才發展形成的新工藝。

它的加工過程基本上和噴砂相類似，是在4~6個大氣壓力的作用下，將拋光磨料（金剛砂、液體介質、填充劑）高速噴向被加工零件表面，使零件受到沖擊切削而獲得拋光加工的。

液體拋光的優點是：

1. 生產效率高，試驗證明它的拋光效率比手工拋光高達幾倍、幾十倍甚至百倍以上。
2. 幾乎能加工任意形狀的零件（只要拋光液能噴射到的表面）。
3. 幾乎能加工各種脆性材料及塑料。
4. 在液體拋光過程中，一方面由於磨粒的水平分力把金屬切去，而另一方面垂直分力卻對金屬進行加壓，經過多次沖擊的結果，就會使被加工零件表面形成一定厚度的硬化層，由於加工過程並不激烈，所以這一硬層很薄，並分布比較均勻，據試驗，拋光後硬化層的深度是25~50微米，硬度為原來硬度的125%，液體拋光後表面層的強度、硬度、結晶組織都有好的效果，（蘇聯試驗其耐磨性比機械拋光提高25%，英國

对圆弹簧采用液体抛光的結果，使其疲劳强度提高了50~75%)。

5. 液体抛光可消除机械抛光产生的划伤、压痕和其他缺陷。

6. 液体抛光在密封工作室进行可以减少抛光液体的飞揚。

二、液体抛光机的主要組成部分

(一)抛光机的基本部件

抛光液在抛光机中的循环过程是：从喷枪喷出的抛光液須过迴料管到抛光液箱中，在箱中的抛光液由离心泵把它沿磨料管打向喷枪，在高压空气的作用下又从喷枪喷出，这就組成了整个过程中的閉合循环，抛光机的整个设备基本上就是用来滿足这种循环过程的，其組成有：1. 喷枪、2. 工作室、3. 迴料管、4. 气管、5. 磨料管、6. 抛光液箱。

1. 喷枪

1) 喷枪的形式：

喷枪是液体抛光中最关键的部件，它的好坏直接影响抛光效率和抛光质量。因此設計时应精心考虑。

喷枪的结构形式很多，根据不同的抛光对象可有不同的形式，例如苏联现有专门抛光平面、孔和各种形式的喷枪，如1图所示。

有时根据抛光液輸入喷枪的形式也有区别，一般讲大部分抛光液（磨料颗粒，液体介质，化学填料）是从磨料管輸

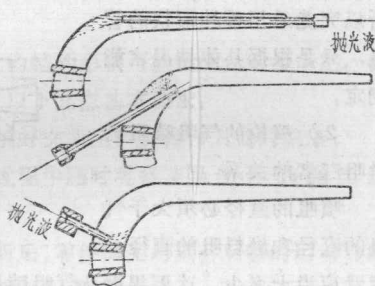


图1

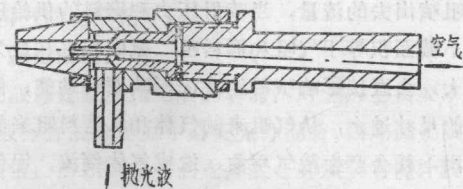


图2

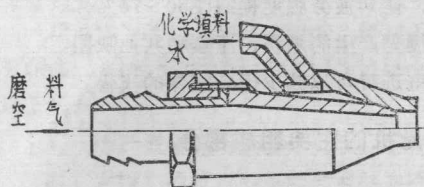


图3

送到喷枪的，如图2；但也有特殊的情况，如图3，这种喷枪的结构特点是水和化学填料从液体管进去，而磨料和空气从磨料管进去，在喷枪内进行混合，其优点是水可预先加热，对人体健康有好处，缺点是喷枪磨料管磨损很大，易引起喷枪参数的变化，故一般不采用。

从上述情况可以看出，根据不同抛光对象，喷枪可有多种形式，但对喷嘴而言，只能有两种，一种是渐缩管，另一种是拉瓦尔管，这两种主要的区别是拉瓦尔管较渐缩管(如图4)能提供更大的速度(超音速)，使抛光粒子具有更大的动能，抛光效率更高，但拉瓦尔管，必须用于有较高的压缩空气的地方，如果压缩空气的压力较低(4个大气压以下)，或者是在压缩空气的压力很不稳定(波动)时，则采用渐缩管较为合适，所以究竟采用哪种形状的管咀，只是根据具体情况才能确定。

2) 喷枪的气咀喷嘴磨料咀三者的关系：

喷嘴的直径必须大于气咀的直径和磨料咀的直径，

究竟应当大多少，这要根据从气咀喷出来的气体流量和从磨料咀输送出来的磨料流量来定，也就是说，从这两个管咀流出来的流量之和应当等于或者微小于从喷嘴喷出去的流量，当喷射压力和磨料的供给压力相当时，这时喷嘴的最小截面积等于气咀和磨料咀二截面积之和最为合适，如果喷嘴的尺寸过大，会直接影响喷射速度，影响磨料动能，使切削效率降低；如果喷嘴的尺寸过小，从气咀来的气体和从磨料咀来的抛光液不能及时从喷嘴喷出，就会产生憋气现象，造成气体倒流，促使抛光机不能正常工作，故喷枪的选择是很重要的，一般气咀和磨料咀之间的比

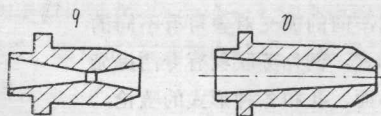


图4

a) 渐缩管 b) 拉瓦尔管

例都选 1 : 1, 这样对供給拋光液和供給气体都比較合适。

(1) 噴咀直径:

噴咀的直径也是噴枪的关键参数, 苏联試驗: 拋光金属表面的最大深度一般和噴咀直径的平方近似的成正比, 如我們选择了 4、6、8、14(毫米)四种直径的噴咀进行試驗, 結果噴去金属表面的最大深度分别是 330、590、1705、3000 微米, 基本上和直径的平方式成正比。但噴咀的直径究竟应当选择多大, 这要根据气源供給的情况来定, 气源供給的越充分, 直径选的越大越好, 因为这种效率可以提高, 如果气源供給的不充分, 应当选小一点的直径, 但无论如何, 气流的供給量一定要滿足噴咀的最大流量, 只有这样才能發揮拋光机的最大效能。

(2) 噴咀材料:

噴咀在工作过程中磨損的非常快, 所以提高噴咀耐磨性是和噴咀材料有密切关系的, 据苏联資料介紹, 一般來說, Θ RIT 的噴咀較好, 耐磨性較高, 最好采用內部鑲硬质合金的噴咀, 但目前較為困难。陶瓷噴咀也是非常耐磨的。

2. 工作室:

工作室是拋光零件的場地, 它的結構形状可根据拋光对象来定, 但無論采用哪种結構形式都必須滿足以下几点基本要求:

1) 必須有較好的密封性, 以搞好文明生产及操作人員的健康;

2) 照明应当充分, 以备拋光过程中随时观察被拋光件的拋光质量;

3) 操作应方便, 因工作室密封后, 零件拋光均要有足够的运动自由度, 以保证工作参数(噴射角度、噴射距离等);

4) 应防銹;

5) 排气設備应充分。

3. 拋光液箱:

拋光液箱是裝置拋光液的容器, 对它的主要要求是拋光质点 (固体粒子) 和液体介质在容器中必需充分混合, 因此拋光质点的比重都比液体介质大数倍, 所以要使它們充分混合必須裝有攪拌設備。

4. 附件:

- 1) 压力表;
- 2) 通风设备等。

三、液体抛光过程中的工艺参数

(一) 抛光液的选配: 抛光液是由固体磨料、液体介质和化学填料三种成分组成, 它们的比例可按不同抛光对象进行选配。

1. 固体磨料(简称磨料):

磨料是抛光液中的主要成份, 它直接担负着切削工作, 故磨料应具有必要的硬度以外, 还应有足够的韧性, 一定稜角和一些其他的特殊要求。

作为液体磨料加工的固体磨料种类很多, 就非金属材料而言, 分为有机和无机两大类:

有机材料中有: 咖啡豆、稻粒、稻壳、胡桃壳、碎木屑、杏核、苞米和粉碎的塑料, 这些材料都是用来清除工作零件表面上的污损, 如清除内燃机气缸、活塞上的积炭等。有时也作为零件表面的抛光材料, 其中粉碎的塑料性能更好, 不仅强度高, 而且吸水性极弱, 很容易存放。

无机材料中可分为天然的和人造的两类:

天然的有钻石、轻石、刚玉、石英、白岩、石灰石……等,

人造的有(1)氧化铝类: 普通氧化铝(呈土黄色); 白色氧化铝; 单晶氧化铝; (2)碳化硅类: 黑色碳化硅; 绿色碳化硅; (3)碳化硼类。

一般在液体磨料加工中, 大部分是采用无机材料的磨料, 这是因为这些材料容易满足必要的硬度、足够的韧性、一定的稜角等。

硬度对加工效率有很大的影响, 当被抛光零件的材料硬度较高时, 应该选用硬度高脆性大的磨料, 同样加工低硬度的零件时, 为了使被加工面的光洁度不致剧烈破坏, 应当采用较软的磨料, 如普通氧化铝等; 对同一抛光材料采用不同硬度的磨料就有不同抛光效率。如用碳化硅和氧化铝两种磨料, 对不同的塑性材料及脆性材料进行冲击的结果表明, 加工过程材料对原料的破坏程度基本上没有影响, 在加工过程中氧化铝的破坏程度比碳化硅快两倍。

在加工中, 磨料粒子的破坏程度, 很大一部分是决定于粒子本身形

狀。正方体和正多邊体的磨料粒子比較堅固，不易破壞，在加工過程中，不易喪失原來的工作能力。而片狀和針狀粒子很容易被破壞。

磨料粒子的形狀也是影響加工效率的主要因素，磨料粒子雖然硬，如果形狀比較圓滑，那它的效率要比磨料粒子雖軟但有稜角的低。

氧化鋁是三氧化二鋁的結晶，它的硬度級別是8.5。

單晶氧化鋁(M)含結晶的三氧化二鋁達96~98%，本身無色透明，顆粒均勻，强度高，硬度大，鋒利多刃，抗彎阻力8.7公斤/毫米²，比重3.2~4公斤/厘米³，因此很適用於對淬火鋼、硬質合金鋼的加工。

白色氧化鋁(ЭБ)含結晶的三氧化二鋁達96~99%。其顏色有白色、灰白色、淡紅色，抗彎強度很高；韌性較好，很適用於加工高速鋼、淬火鋼、奧氏體的耐熱鋼、合金鋼等。

普通氧化鋁(Э)含結晶的三氧化二鋁達86~91%，其顏色有灰褐色、暗褐色、暗紅色，強度較高；韌性較好，比較適用於加工碳素鋼、珠光體組織的可鍛鑄鐵、硬青銅。

碳化硅是一種很硬的材料；它的硬度僅次於碳化硼及鑽石，顆粒很鋒利，但抗張力很小，性脆，它是在2100~2200°C的溫度下用電爐冶煉石英砂和焦碳而獲得的。

綠色碳化硅(КЧ)含碳化硅的量小於97%，砂粒尖銳，硬度很高，韌性較差，強度比白色氧化鋁和黑色碳化硅低，適用於加工硬質合金及工具鋼。

碳化硼在液體磨料加工中是一種比較好的材料，但因他的價值很高，故一般不太使用。

天然鋼玉(Е)含三氧化鋁約80~95%，非常硬，有足夠的韌性，但性質不均勻，價格較貴，一般不易使用。

鑽石是天然磨料中最好的磨料，不但具有鋼玉的全部優點，而且性質均勻，性能良好，但價格太貴，不易輕用，只是在加工貴重零件及珍貴的材料時，才能動用這種磨料。

金鋼砂(Н)，含三氧化二鋁25~35%顏色有黑色和灰黑色的，硬度低，強度差，性質很不均勻，一般用途不多，但由於價格便宜在磨料加工中使用它還是比較合適的。

砂石是一种价廉易得磨料，它的比重1.4~1.6，它的成份有石英、长石、云母等元素，因此它们的硬度可以在广泛的范围内变动，形状也可以任意选择，因为河砂、海砂、湖砂形状比较圆滑，但山砂形状却比较锐利，稜角较多，大量的利用它还是比较合适的。

其他天然材料虽然能用，但用的不多，不再累述。

磨料粒子的大小是用粒度来表示的，粒度号偶越大，其尺寸越小，在工业上一般分为34种粒度，具体情况如表1所示。

表 1

粒度号	粒子尺寸 (微米)		粒度号	粒子尺寸 (微米)		粒度号	粒子尺寸 (微米)	
	最大	最小		最大	最小		最大	最小
5	5000	4000	36	600	500	180	85	75
6	4000	3300	40	500	420	220	75	63
7	3300	2800	46	420	355	240	63	53
8	2800	2300	54	355	300	280	53	42
10	2300	2000	60	300	250	320	42	28
12	2000	1700	70	250	210	M28(400)	28	20
14	1700	1400	80	210	180	M20(500)	20	14
16	1400	1200	90	180	150	M14(600)	14	10
18	1200	1000	100	150	125	M10(800)	10	7
20	1000	850	120	125	105	M7(1200)	7	5
24	850	700	150	105	85	M5	5	3.5
30	700	600						

从表可以看出，磨料粒子的最大截面尺寸不能超过5毫米，单个粒子最大尺寸和最小尺寸之间的比例也不允许超出3:1，表1中的磨料在工业上又分为三类：从10号~90号称为磨料，从100号~320号称为粉料(磨粉)，从M28~M5称为微粉，由于磨料粒子尺寸的不同，分号方法也不同，从5号~320号的磨料基本上以筛子办法分号(240号~320号是用微观筛子分号的)、但M28~M5的磨料，却是以水选办法分号。

抛光液中磨料颗粒大小，和零件在抛光前的表面粗糙度是有一定关

系的，如果磨料顆粒太小，如图 5，那么磨料粒子不仅作用于粗糙度的凸峰，同时也作用于凹谷，在继续加工时它会复制原来峰齿的型面，使光洁度提高的很小，同时由于粒子太小，动能也小，无法冲坏粗大的凸峰，因此加工效率不高。如果磨料粒子太大(图 5)，那么它的功能也大，因此切去的金属量就多，这样将会把一个很好的平面冲击出一些大四坑，使光洁度变坏，最合适磨料粒子的尺寸应当是：它的直径約等于表面粗糙度峰距(二峰之間的距离)的二分之一(图 5 中)，它即冲击不着峰齿的根部，又没有太大或太小的动能，所以在选择磨料时应当加以注意。

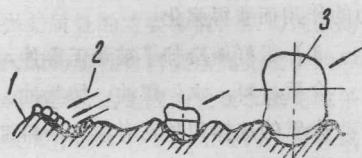


图 5

1—被加工表面； 2—抛光液；
3—磨料。

用在液体抛光上的磨料顆粒一般較小，要想将零件表面抛光到 $\nabla\nabla\nabla\nabla_{10}$ 以上，就必须采用微粉，根据試驗证明 125 号金剛砂，最大也只能将零件抛光到 $\nabla\nabla\nabla_{8}$ ，要想再提高光洁度，就必须采用更細的磨粉或微粉。磨料粒子的尺寸，还决定了被加工零件的表面誤差，当用 100~250 微米时，表面誤差只是 ± 0.005 毫米，由此可見，表面誤差是磨料粒子尺寸的函数，粒子尺寸越大，誤差越大，粒子尺寸越小所带来的誤差也越小，但就一般平均概念而言，表面誤差均为磨料粒子尺寸的 0.3 倍。

2. 液体介质(简称介质)：

介质在液体抛光中的作用是：

- 1) 在被抛光零件表面上，形成一层液体薄膜，为抛光創造先决条件；
- 2) 帮助磨料粒子建立更大的速度，使磨料粒子有更大的功能，切削力大，抛光的效率高；
- 3) 使磨料均匀分布，减少磨料粒子的相互摩擦，以保证抛光质量和抛光效率；
- 4) 减少灰尘飞騰，保证車間的文明生产和工人的身体健康；

5) 清除零件表面上的切屑和磨料粒子, 保证加工质量;

6) 波峰周围包有液体层的磨料粒子, 降低了它对被加工零件表面的压力强度, 保证抛光;

7) 液体本身高速向被加工零件表面冲击, 使零件表面受到压缩应力的作用而获得强化;

8) 很好地冷却了被加工零件, 使零件获得强化层。

介质材料: 水、煤油、植物油、酒精等。

介质的选择和加工对象及磨料都有关系, 为了去除零件表面的氧化皮, 就应选择酸性液体为介质, 如果要使零件表面得到金属光泽, 那就选取碱性溶液作为介质比较合适, 如果要使零件表面达到相当光的程度, 那么就选取具有一定粘度的肥皂水, 因为它在零件表面形成一层坚固的薄膜, 这种薄膜限制了磨料的强裂切削, 使其金属的除去量是微量的, 因此零件表面不致发生剧烈的变化, 光洁度可以提高, 如果使用的磨料是砂石, 那么介质选择的范围就比较广, 可以选中性的, 也可以选酸性或碱性的, 因为石英是二氧化硅, 但石英本身却和酸性相联系, 所以不能再选择酸性溶液, 当然这里指的酸性和碱性溶液必须是极其微弱的。

3. 化学填料:

加入化学填料的目的是改变切削性能, 改变溶液性质, 防止被抛光零件容器工作室、喷枪等生锈。

因为硝酸盐一般是作为化学活性剂来使用的, 如硝酸钠, 亚硝酸钠都可以, 它们能防止磨料等相互结合, 改善零件表面的抛光质量和增加切削作用。

以上是抛光液的几种成份及作用, 而对抛光液配制的浓度, 可按不同抛光对象, 从试验中摸索得出合理的比例关系。

(二)工作参数:

1. 压缩空气的压力 P :

压缩空气是液体抛光的能源, 对它选择的合适与否, 直接影响了抛光效率和抛光质量。因为当喷嘴一定时, 喷射速度几乎是压缩空气压力的单一函数。压力越高, 喷射速度越大, 抛光效率越高。在抛光液浓

度、喷射角度、喷射距离、抛光时间一定的情况下，抛光效率几乎是压缩空气压力的直线函数，为了照顾到抛光效率和抛光表面光洁度，压力大小应该选择，并保证压力恒定。

2. 喷射角度 α :

喷射角同样是影响抛光效率和抛光质量的重要参数，从切削量的大小来看，脆性材料角度大于 45° 较好，因为脆性材料要求抛光粒子的冲击力大于切削力，塑性材料角度小于 45° 较好，这是因为它要求抛光粒子切削力大于冲击力，如果从抛光的光洁度等级上来看，无论脆性材料或是塑性材料都是角度越小光洁度越高，因为角越小，切除的金属量越微，根据实验证明，用120号磨料对45号钢进行加工，当喷射角度 $\alpha=45^\circ$ 时，最高也只能将零件表面抛光到 $\nabla\nabla\nabla_7$ ，但角度 $\alpha=5^\circ$ 时，则光洁度可提高到 $\nabla\nabla\nabla_8$ ，并得知 $\alpha=45^\circ$ 喷射时，抛光效率为最高。

抛光的角度和抛光表面光洁度的提高也有一定关系，故在抛光零件中也应当考虑合适的角度 α ，使抛光表面光洁度高而抛光效率也不十分低是十分重要的，这必须在生产中逐步摸索给以确定。

3. 喷射距离 L:

喷射距离是指喷口到被加工零件的被抛光点的距离，它的选择主要依据喷嘴尺寸、形状、喷射压力、输送抛光液压力以及被抛零件材料和光洁度要求等。

高速喷射的水流只有离喷口较近的一段才是紧密而连续的，并且截面积不大，随着喷射距离的增大，连续紧密的液流逐渐和大气混合，而变成松散多水滴的雾状物，这时液流的横截面积也大大增大，这种水力冲击的液流，基本上可以把它分成三段，第一段是紧密连续的，截面积不大，速度压力保持不变，冲击力有所增加。其余两段的速度、压力、冲击力都随着喷射距离的增加而减少，但截面积却大大增加，紧密的液流也变成了松散的状态。

液体抛光的磨料流基本上和水力冲击流的第一段相似，冲击力随着磨料流的增加而增加，并且在液流的末端取得最大值，不过射流的横截面积增加比较快，当喷射距离等于 $(8\sim10)$ dc 时，横截面积要比喷口截面积增大25倍。

随着压缩空气压力的增大，射流的速度加大，动能提高，抛光效率增加，但超过最大速度点时，连续不断的磨料流变成松散的状态，抛光面积虽然增大，但由于冲击在单位面积上的磨料粒子减少，而抛光效率降低。

喷射距离对抛光零件的光洁度有很大的影响，所以针对不同的抛光对象，在磨料粒度，抛光液浓度、喷射角、抛光时间给定后，以不同的喷射距离来抛光同一种材料零件表面，就获得不同的光洁度，故各单位在抛光不同材料的零件表面时，经过试验而得出最佳的抛光距离是十分重要的。

4. 抛光时间：

抛光时间是指抛光单位面积所用的时间，一般讲当其它条件一定时，在一定时间内，抛光时间是和抛光零件表面的光洁度成正比的，但超过这个时间后，再增加抛光时间，光洁度并不提高，这是受到磨料粒度限制的缘故，但对于金属的切除量来说，它是和时间永远成正比的，这无论对什么材料都是一样。

根据试验情况来看，对铝、生铁、铜、硬质合金等材料加工时间不能过长，因时间长了会在表面出现更粗糙的松孔，使其光洁度反而降低，对这些材料的加工应当选取不太脆的磨料，喷射角度和喷射速度都应小一些，各单位在抛光不同的材料时，经过试验以确定不同的抛光时间。

四、使用液体抛光的基本情况及初步效果

根据前节所述液体抛光的设备及其主要工艺参数，说明要想提高抛光质量和抛光效率，而主要取决于抛光设备及其工艺参数的控制。但由于我单位当时生产任务很紧，来不及设计制造较复杂的抛光机。在此情况下，我们在党所提出的奋发图强，自力更生大胆进行科学试验精神的鼓舞下，大家决心通过搞土设备来摸索出这种新型工艺的主要工艺参数，并把这种新型工艺用在我单位的元件生产中去，当时采取三结合的办法，开始进行了液体抛光的试验工作，通过了四个月左右时间的试验摸索，基本上掌握了其主要工艺参数，并把液体抛光正式用在我单位生产上。但由于搞的时间短，为了更好的提高抛光质量和效率，仍需要作进

一步摸索，在这里我們把目前試驗初步情况作一介紹。

(一)拋光对象：拋光圓柱形电位計滑道工作面。

(二)拋光目的：

1. 拋光滑道面，將漆去除干淨，並達到一定的光潔度。
2. 拋光滑道面。
3. 拋光後提高电位計工作滑道導線的耐磨性及抗腐蝕性。
4. 拋光後之电位計應符合电位計的技術要求。

(三)操作人員：一般噴漆工。

(四)目前使用之拋光設備：

1. 在試驗中用噴漆槍作為液體拋光的噴槍，噴咀為漸縮管，噴咀直徑為1.9厘米。送氣用橡皮管，橡皮管一端接至噴槍磨料口，另一端接至拋光液槽內。

2. 以空氣壓縮泵或直接壓縮空氣作為氣源，為了指示壓力應接有壓力表。

3. 用容量為1000毫升的玻璃容器作為拋光液箱。

4. 拋光液攪拌，用人工或氣體反沖力攪拌磨料而防止磨料沉淀。

5. 為了防止拋光時拋光液飛揚，製作了液體拋光箱，並附裝排氣設備。

6. 為了使电位計拋光滑道面拋光後整齊而均勻，並不損傷非工作滑道面，作了專用的拋光夾具。

7. 天然照明或人工照明。

8. 為了防銹、防腐蝕，工作室內不應放置化學藥品。

9. 拋光液的循環是拋光一段時間，經過滌後再倒入拋光液容器內使用。

(五)拋光液的配制：

根據拋光对象，即繞組導線材料，包漆材料，導線直徑和繞組間隙情況來選擇拋光液的材料和配方比例。

1. 磨料：

在初試驗時是采用M10氧化鋁粉，最大顆粒為10微米，最小顆粒為7微米，經過拋光後發現拋光切削力較大，電阻值變化也較大，拋光表

面质量較差，为了提高抛光质量又选用M5氧化铝粉作为磨料，即最大顆粒为5微米，最小顆粒为3.5微米，经过抛光后导线球面切削能力减小，抛光后表面质量較好，电阻值变化范围較小，故目前我們采用M5氧化铝粉作为抛光磨料，经計量室計量抛光表面光洁度为 $\nabla\nabla\nabla_8$ 以上。

2. 化学填料：

加入化学填料的作用，是为了防止零件、容器、噴枪等設備生銹，为了改善零件的抛光质量，現选用小苏打和亚硝酸钠两种材料为化学填料。

3. 介质：

在初試驗时，我們选用蒸餾水作为抛光液的介质，抛光质量还好，后来我們也用碱性肥皂蒸餾水作为抛光液的介质来抛光，用肥皂水的粘度不大，也不易使零件及設備生銹，同时抛光后质量有所提高，我們在今后生产中准备进一步摸索予以采用。

4. 抛光液的配方比例：

1) 蒸餾水3份，氧化铝粉1份，是配制抛光液的主要成分（蒸餾水与氧化铝粉的比例是重量比例）；

2) 加入小苏打，其重量是蒸餾水和氧化铝粉混合后配成主要成分的2%；

3) 加入亚硝酸钠，其重量是蒸餾水加氧化铝粉混合后配成主要成分的2%；

初步具备了以上基本条件后，就开始了試驗工作，在第一次試驗时沒有达到予想的效果，发现漆皮不易抛掉，抛光深度达不到要求等現象，经过技术人員和老师傅一起分析后，认为产生这些現象的主要原因是由于沒有掌握好液体抛光中的几个主要工作参数，如气体压力，噴射角度，噴射距离及抛光時間等之間的关系，这时針对現存的主要問題，又作了第二次抛光，試驗結果有一定的效果，以后经过一系列的实践和改进，才稳定了几个主要工作参数，抛光的电位計的质量和抛光效率都比較滿意。現将目前所選擇的工作参数介紹如下。

(六)工作参数：

1. 工作压力：

理論上使用漸縮管噴咀時，噴咀的氣體壓力為2公斤/厘米²就可以進行工作，太小時工作效率也不會顯著的提高，而拋光質量也不大理想；太小時工作效率很低。實際上由於噴咀的壓力難以測定，我們把壓力表裝在空氣壓縮泵上，間接觀察噴咀壓力。先通過樣件試驗，來確定拋光時所需的工作壓力，由於是拋光电位計滑道，故壓力較低。另外，對使用的空氣應純淨，以免有大顆粒的雜質混入拋光液中，而影響拋光質量，同時被拋光零件表面應清洗干淨，以避免油脂等物影響拋光效率和拋光表面質量。

2. 拋光距離：

拋光時噴咀與零件表面的距離對拋光效率和拋光質量有很大的影響，同時這個距離的確定又於壓力、拋光角度及時間有着一定的關係。

在氣體壓力選用3公斤/厘米²。拋光角度45°時；距離為50~60毫米，結果一段時間內切不掉漆皮，其主要原因是距離太遠。連續緊密的液流逐漸和大气混合，而變成松散多水滴的霧狀物，使液流的橫截面積大大增大，而實際到達拋光零件的切削能力大大的減少，所以拋光距離的選擇必需通過實踐的過程給以確定，現在，我們選用氣體壓力為2~3公斤/厘米²，角度為45°，噴咀直徑為1.9毫米²，拋光時間5~10分鐘，距離為5~8毫米，這樣，可拋光寬3毫米長54毫米的电位計工作滑道面。

3. 噴射角度：

噴射角度對拋光效率及拋光質量有一定的影響，但按拋光液流對被加工零件表面層的破壞情況來看，基本上可分為三種情況：

- 1) 當噴射角度 $\alpha = 90^\circ$ ，零件表面被沖击液流所破壞；
- 2) 當噴射角度 $\alpha = 0^\circ$ ，零件表面被滑動液流所破壞；
- 3) 當噴射角度 $\alpha = 0 \sim 90^\circ$ ，零件表面被斜射液流所破壞。

當磨料的粒子以一定的角度向被加工零件表面沖击時，法線方向力 N 對零件表面產生一種壓力，切線方向力 P 却對零件表面產生一種切削力，在這兩種力的共同作用下，零件表面粗糙度的凸峰受到強烈的剪切和彎曲，當噴射角度 $\alpha = 45^\circ$ 時，這時 $N/P = \tan 45^\circ = 1$ ，法向力和切向力的比值取得最大值，磨料的動能利用得最好，拋光的效率最高。

我們在拋光电位計時是采用兩個角度進行拋光的，一開始拋光時（即拋掉漆膜時）採取 $\alpha=45^\circ$ ，如圖 6（a）所示，這樣能很快把漆層靠磨料切削掉，露出導線的金属球面，第二步採用 $\alpha=90^\circ$ ，進行拋光如圖 6（b）所示，其目的是減小切削量，使金属導線表面法向壓力增加，以增加導線表面的硬化層，從而經過拋光後提高电位計工作滑道面導線的耐磨性，由於切削量很小，拋光後電阻值變化一般為 $3 \sim 4$ 歐姆，有時個別達 7 個歐姆。

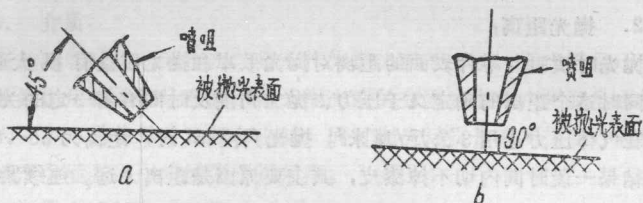


圖 6

4) 拋光時間:

拋光時間的長短對拋光質量有很大的影響，當拋光時間過長時，零件表面易被磨料重新沖擊成小坑，使其表面光潔度變差；當拋光時間太短生產效率也降低。所以根據不同的拋光對象，需要經過試驗給以確定。

我們在拋光电位計時，其寬度為 3 毫米，長度為 54 毫米，拋光時其他工作參數為以上確定數值時拋光時間為 $5 \sim 10$ 分鐘。

5) 噴咀與被拋光零件之相對位移速度:

為了達到拋光滑道面拋光均勻的要求，噴咀與被拋光零件之相對位移速度要均勻，即是在电位計拋光滑道面每一處拋光時間、拋光壓力、拋光噴射角度、噴射距離一樣，才可實現。我們在無完整設備的情況下，主要靠操作人員熟練掌握給以保證，目前在拋光中沿电位計長度方向拋光移動速度大約兩分鐘一次左右。

(七) 拋光後技術參數的檢驗

1. 電阻值的測量：我們在拋光前和拋光後均用 0.5 級的电橋測量電阻值，來衡量拋光的導線金属切削量大小，同時確定拋光後电位計電