

全国工业交通展览会
技 术 资 料
机械工业出版社出版

机 械 馆

第 31 号

电 抛 光

- 1 鋼鉄电抛光經驗介紹
- 2 工具电抛光試驗
- 3 电解抛光的試驗和体会
- 4 内眼和外圓的电抛光情况
- 5 金相試片的电解抛光

1958



1. 鋼鉄电抛光經驗介紹

一 电抛光的优缺点

为了提高金屬零件表面的質量, 电抛光获得了广泛的应用。但电抛光也有它的缺点, 故在工业上还未能代替全部机械抛光。现将电抛光的优缺点分述于下:

优点:

1. 可以获得高的表面光潔度, 能提高抗腐蝕能力及疲勞强度, 减小摩擦系数。
2. 可以抛光形状复杂零件的内部表面和細小零件。
3. 可以大大提高生产效率而并不增加工人。
4. 較机械抛光的設備簡單而且便宜, 同时工序也减少了。

缺点:

1. 电解液有一定的使用期限 (因其中的 Cr^{+3} 及金屬离子增多), 虽可更新但效果不大好, 手續較麻煩。
2. 电抛光的光潔度与原来表面的光潔度及金屬組織有关。若原表面有焊接等情况則結果較差。
3. 尺寸要求精确的零件, 用电抛光較难掌握。
4. 为了得到高的光潔度, 有时零件必須事先进行机械抛光 (抛光或磨光)。

二 电抛光的应用范围

电抛光由于有以上的优点, 故应用范围較广。茲将一般应用

的範圍介紹如下：

1. 用于一般的及特殊的机械結構，动力机，电机及仪表結構方面：

I. 用于黑色金屬、有色金屬及輕金屬制造的具有各种形状及尺寸的机器、机构仪器等的零件。其效果是提高表面光潔度，减少劳动力，节约抛光材料，提高耐腐蝕性，降低摩擦系数，改善外观、形状或光亮的与无光澤的标题、标志或圖表等。

II. 用于零件表面在裝飾性或保护性电镀之前，其效果可改善金屬鍍層的附着性（减少多少孔性，提高光潔度及寿命），减少主要工序的劳动力及生产周期，节约金屬及抛光材料。

2. 用于光学的、声学的、照明工业及真空工业的設備結構方面：

I. 光学机构零件、金屬鏡及照明工业之反射鏡，可以提高照明性能、反射系数及增加耐腐蝕性，节约电力提高制造速度。

II. 用于各种仪器及設備的指針，可以获得需要的尖端及显微几何形状，提高生产效率。

III. 用于声学設備零件，其功用为可以得到極薄的膜（ $0.001 \sim 0.002\text{mm}$ ），并符合于声学特性。

IV. 用于仪器机构及計算机的齒輪，可提高表面光潔度。

3. 用于工具制造方面：

I. 用于各种类型及尺寸的碳素鋼的工具，效果是消除表面在研磨时退硬的表面層，改善表面的显微几何形状，避免切屑的聚集及减少摩擦系数，提高刀具的使用寿命。

II. 用于消耗的工具（銼刀），可恢复刀齿的几何形状，提高

耐腐蝕性。

Ⅲ. 用于样板(塞板卡板)、弧板及其他量具,效果是精拋光到需要的尺寸,改善表面的显微几何形状,提高耐腐蝕性,节省劳动力。

Ⅳ. 用于鑄型及塑料的压模,可以改善表面的显微几何形状,节省劳动力。

4. 用于研究及檢驗金屬及零件的質量方面:

Ⅰ. 用于测量显微硬度的样品,消除由于普通拋光使表面损伤而引起的測量結果的誤差。

Ⅱ. 用于电子显微鏡觀察用的試片,可获得光潔的試片磨面,避免了以机械拋光面而造成的表面疵病。

Ⅲ. 用于金相显微鏡觀察的磨片,可减少制造的困难并可节省劳动力,获得未变形的表面显微組織,尤其是对軟金屬及合金更为适宜。

5. 用于日用品方面:

Ⅰ. 用于縫衣針、留声机針等,可以获得要求的尖端,提高光滑度和耐腐蝕性。

Ⅱ. 用于鋁、銀、鋼制的餐具及不銹鋼、銅制的茶壺等可以节省劳动力,提高生产效率,改善外觀,提高耐腐蝕性,節約拋光材料。

Ⅲ. 用于銀制或有色金屬制的裝飾品以提高光澤及耐腐蝕性。

三 电拋光的施工过程

1. 电拋光的典型施工过程。

2. 电拋光的一般规范(对碳素鋼及低合金鋼)。

溶液成分:

工 序 内 容	是否必 須进行	工 序 作 用
1. 表面用机械加工方法预先处理 (碾磨、抛光)	—	施行电抛光之前零件表面的光 洁度是很重要的,一般为6~7级。
2. 将零件装在辅助设备上	+	使接触牢固,电的通路良好。
3. 去油(用化学法或电化学法)	—	零件有油污时必须去油使表面 彻底干净
4. 清洗	+	避免各种污物带入抛光槽
5. 按规定规范进行电抛光	+	获得要求的表面
6. 冷水清洗	+	停止电解作用并以最快速度将 电解液洗净
7. 在碱水内中和	—	防止零件带有残留溶液
8. 在热水中清洗	+	消除电解液残余及便于干燥
9. 热空气干燥(锯木末干燥)	+	防止零件因残留水分以致腐蚀
10. 从辅助设备上取下	+	若要进行电镀不必进行此工序
11. 热浸油	—	为了特殊零件的储存
12. 检验	+	检查尺寸及光洁度

注: [+] 表示必须进行的工序; [—] 表示不一定进行的工序。

H_3PO_4 65~70% CrO_3 5~6%

H_2PO_4 15~12% H_2O 15~12%

溶液比重: 1.72~1.74(20°C)

溶液温度: 70~80°C

阳极电流密度: 35~50安/平方公分

抛光时间: 8~10分钟。

当电解液含铁量增多, 如 $Fe_2O_3 \geq 2.5 \sim 3\%$ 时, 规范应改为:

阳极电流密度 25~30 安/平方公分; 温度 60~70°C。

3. 电抛光主要施工规范的确 定

电 抛 光 的 目 的	最适当的规范其基本因素之确定		
	电流密度	温 度	持续时间
	因 素 大 小		
1. 获得高的表面光洁度(加工后刀痕的深度等级)	中	高	中
2. 在任何表面光洁度下迅速改变零件的尺寸消除毛刺	高	高	高
3. 电镀前的准备工作	中	中	中
4. 获得高的光泽而并不显著改善光洁度也不显著抛掉金属	高	中或高	低
5. 保证电解液使用时间长久的电抛光工作法	高	中或高	低
6. 消除冷加工硬化	中	高	中

四 电抛光所用溶液之配制及校正

1. 电解液的配制方法:

I. 每 1 公升电解液内所含化学药品的计算方法:

$$A = \frac{a_1 d 1000}{b_1 d_1} \quad B = \frac{a_2 d 1000}{b_2 d_2} \quad C = \frac{a_3 d 1000}{100}$$

式中: A = 配制电解液所需之磷酸 (МЛ)

B = 配制电解液所需之硫酸 (МЛ)

C = 配制电解液所需之无水铬酸酐 (克)

a_1 = 在电解液中磷酸含量 (%)

a_2 = 在电解液中硫酸的含量 (%)

a_3 = 在电解液中铬酸的含量 (%)

b_1 = 商业磷酸中的 H_3PO_4 含量 (%)

b_2 = 商业硫酸中的 H_2SO_4 含量 (%)

d = 制成电解液的比重

d_1 = 磷酸之比重

d_2 = 硫酸之比重

II. 先将铬酐溶于水，然后逐渐倾入磷酸及硫酸并时加搅拌。

II. 将溶液加热到 $115 \sim 120^\circ\text{C}$ ，直到比重为 $1.72 \sim 1.74$ ，加热时不得使温度过高，否则六价铬将还原而使电解液报废。

IV. 若溶液只能加热到 $80 \sim 90^\circ\text{C}$ ，则可在阳极电流密度为 $40 \sim 50$ 安培/平方公寸下以到达比重。

2. 电解液的修正:

I. 电解液在抛光过程中发生的变化:

① 由于水分蒸发而比重升高。

② 六价铬还原为三价铬，当 CrO_3 减少到 $2 \sim 2.5\%$ 时抛光的性能即大为变坏。

③ 自由酸（主要是硫酸）含量的降低。

④ 三价铁盐的聚积（在电解液中允许的 Fe_2O_3 不得超过 $6.5 \sim 7\%$ ）。

II. 根据电解液的测定及化学分析结果进行调整:

① 由于水分蒸发溶液，导电性因之降低，则在阳极可能电解液有强的局部的过热，使抛光的质量变坏，故应根据所测之比重加水修正，加入水量按下式计算:

$$V = \frac{V_1(d_1 - d_2)}{d_2 - 1}$$

其中: V = 为了冲淡电解液所需之水量 (公升)

V_1 = 应当修正的电解液体积 (公升)

d_1 = 冲淡前电解液的比重

d_2 = 加水后需要到达的电解液比重

若电解液中鉄盐增加后，溶液比重稍稍提高，其比重为：

75安小时/公升以下，使用时比重 = 1.74~1.76

75安小时/公升以上，使用时比重 = 1.76~1.80

加水最好在工作日结束时进行，在加水后10~12小时内应放置不用。若必須繼續使用則在加水后应加热至90~100°C保持1~2小时。

② 硫酸含量之修正按照化学分析的结果进行。

③ 当三价鉻增加时将析出之三价鉻定期地用阳极氧化法氧化。

当 $\frac{\text{CrO}_3}{\text{Cr}_2\text{O}_3} \leq 1.6$ 时，即使溶液内允許的最大含鉄量大大降低，如磷酸不含砷时 Fe_2O_3 不能超过3~3.5%，若磷酸中含砷則六价鉻还原要快些，当 Fe_2O_3 达到1.5~2%就不能使用，因此所用之磷酸不宜含砷。

三价鉻的氧化过程采用鉛的阳极及用多孔的陶質隔膜絕緣的阴极空間进行，保証氧化正常进行，在阳极上必須有过氧化鉛的薄膜，及溶液中含一定量的硫酸。当三价鉻减少后，电流效率迅速降低；当 CrO_3 氧化了90%后便終止氧化。氧化过程电流效率平均約35~40%。

3. 电解液的再生：苏联学者的試驗指明，阴极的鉄还原成金屬鉄可以在高的电流密度（200~300安/平方公寸）下获得，但这种方法电流效率很低，因此在实际生产中很少有采用。

比較 FeO 及 Fe_2O_3 的硫酸盐的溶解度的結果，二价硫酸盐在有硫酸存在的濃溶液中溶解量少的多，在电抛光中可以将鉄变为二价的硫酸盐除去之。

由于电解液中存在六价鉻，欲使鉄成二价的硫酸盐必須首先还原六价鉻，再还原三价鉄，使成 FeSO_4 沉淀除去，然后再修正

电解液。

I. 六价铬之还原：抛光电解中六价铬的还原可以用化学方法达到，即采用过氧化氢。但一般采用六价铬的阴极电化学还原法，即阴极用铅，阳极的空间则用有孔性的陶质隔膜绝缘。还原过程中溶液之浓度对 CrO_3 之还原有很大影响，增加电解液之比重，还原之速度随之降低。具体规范如下：（阴阳极均用铅）

阴极电流密度	0.5~1安/平方公分
阳极电流密度	5~10安/平方公分
电解液温度	20~25°C
电解液比重	1.65~1.70
槽内电压	10~12伏

II. 三价铁的还原及 FeSO_4 之沉淀：用电化学方法进行阴极还原法，三价铁的还原随着电流密度的降低而增加，溶液之比重对还原速度无影响，而溶液的浓度与铁盐之析出量有关，以下为 FeSO_4 的溶解度与电解液比重的关系：

电解液的比重：	1.66	1.69	1.71	1.73	1.75
FeSO_4 含量 (%)	2.98	2.25	1.93	1.55	1.15

最好采用 1.74 之比重，因为过高的浓度使溶液粘度加大。但随着二价硫酸盐的沉淀，溶液之比重随之降低，必须注意蒸发。

阴极还原铁并使之成硫酸亚铁沉淀之规范：

① 单位容积电流密度低于 0.5 安/公升

阴极电流密度	0.5~1安/平方公分
阳极电流密度	5~10安/平方公分
电解液温度	20~25°C

电解过程中必须经常蒸发电解液以保持 1.74~1.75 之比重。

② 单位容积电流密度 0.5~1 安/公升

阴極电流密度	0.5~1安/平方公寸
阳極电流密度	5~10安/平方公寸
电解液温度	70~90°C

沉淀后鉄之含量降低至1~1.5% (按 Fe_2O_3 計算), 倒出电解液并除去 FeSO_4 沉淀 (用过滤或汲取法)。

4. 电解液的修正操作:

I. 除去鉄盐后之电解液加水使比重达1.70~1.72。

II. 用阳極氧化法氧化三价鉻 (阴阳極均用鉛)

阳極电流密度	4~5安/平方公寸
阴極电流密度	7~10安/平方公寸
电解液温度	20~40°C
槽内电压	10~12伏
电解液比重	1.70~1.72

III. 按化学分析結果加酸修正溶液。

IV. 蒸發电解液使达操作之比重 (1.72~1.74)。

五 銼刀复新

1. 按照苏联專家建議, 用濃酸把銼刀进行阳極酸蝕, 使旧銼 (即銼齿已磨鈍的銼) 能再供用。

專家建議的溶液成分及操作規範如下:

溶液成分: H_3PO_4	6.5
$\text{H}_2\text{SO}_4(1.84)$	2.5
H_2O	1
电流密度	10安/平方公寸
溶液温度	70~80°C
操作時間	5~15分鐘

我們原有电解液的成分是以上所采用的普通电解液, 故成分

中多了5~6%的 CrO_3 ，而少了10~13%的 H_2SO_4 ，其他如磷酸及水的含量均相同。經專家同意后我們就利用原拋光液進行試驗，但由於電拋光槽沒有加熱設備，只靠兩極通電加熱，效率很低，故很難使溫度升至70~80℃，一般只能達到40~50℃。曾在40℃時用電流密度為10安/平方公寸作試驗，拋光的結果是銼刀表面不亮，並呈微藍色，拋光時間延長至15~20分鐘，銼齒仍不銳利，使用效果不好，壽命低。這主要是由於溫度和電流效率低，後提高電流密度為20~30安/平方公寸，電壓為8~12伏，溫度為40~60℃，拋光時間為5~10分鐘，拋光後銼刀光亮較好，銼齒較尖銳，據使用車間統計，復新之銼刀壽命約為新銼刀70%左右。

操作過程是把銼刀碱煮去油後用冷水沖洗干淨，同時用銅夾具夾緊，掛在陽極上。檢查各綫路接頭是否接觸良好，然後開動電機，再控制電流。拋光的時間根據銼刀的種類（油銼、細銼、粗銼）和使用程度來確定，一般為5~10分鐘。拋光後在不斷電的情況下迅速取出清洗，清洗後進行中和、蘸油。我廠由於沒有中和及蘸油設備，便採用冷漂洗進行中和防腐。

冷漂洗溶液成分： Na_2CO_3 0.5~0.6%

NaNO_2 10~20%

漂洗時間 1~2分鐘

2. 在電拋光過程中應注意的事項：

I. 拋光前先檢查溶液之比重是否合乎規定，若比重過大，則溶液中電流效率低，導電度不好。

II. 銼刀在拋光前必須將油污去淨，不要把有機物帶入電解槽內，以免六價鉻很快還原。

III. 溫度最好保持在70~80℃，因為溫度低不易得到好的質量，而溫度過高溶液變質快。

IV. 电路中每个接头都要接触良好，若接触不良，线路电阻加大，使抛光后的表面呈暗灰色。

V. 在抛光过程中，锉刀不能和槽底及阴极接触，不然造成短路使锉刀烧坏。

VI. 在取出零件时，最好先不断电而迅速取出清洗，不然表面在浓酸中易被腐蚀，使抛光面污损。

六 刀具电抛光

我们试验刀具电抛光数量不多，经验很少，但从我们对麻花钻等所进行的试验结果看来，可以肯定刀具电抛光可延长刀具的寿命。以下是我们试验的情况及体会。

1. 刀具电抛光的特点：

I. 抛光刀具沟槽，使用时减少摩擦及磨耗，使易于出切屑，提高寿命。

II. 抛光刀具表面上由机械研磨而产生的疵病（退硬层）。

III. 电抛光后的刀具，其刃口并不会损伤并能变锐。下图说明了圆柱形铣刀（ $\Phi 56\text{MM}$ 铣刀）抛光前后几何形状的变化：

① 研磨后的切削边缘

$$r = 0.06\text{MM}$$

② 电抛光 15 分钟后

$$r = 0.04\text{MM}$$

③ 电抛光 30 分钟后

$$r = 0.02\text{MM}$$



2. 刀具电抛光的应用：

I. 钻头、丝攻、绞刀等在热处理和除去氧化层后，借电抛光来将它们沟槽抛亮可减少使用时的磨擦力，使切屑容易排出，

因而能提高寿命。此外在研磨后为了除去刀口研磨去的硬層，可再施以短時間（0.5~1分鐘）的电抛光。

（2）車刀、銑刀經热处理、除去氧化層、研磨和精磨后，再行短時間的电抛光以除去刀口退硬層，因而增加寿命。

3. 刀具电抛光的规范:

I. 刀具沟槽电抛光规范:-

溶液成分:	H ₃ PO ₄	70%
	H ₂ SO ₄	6%
	CrO ₃	10%
	H ₂ O.....	14%
溶液温度		70~90°C
电流密度		45~50安/平方公寸
抛光时间		5~7 分鐘

（刀具直径抛去 0.1MM）

II. 除去刀具表面因研磨造成退硬层的规范:

溶液成分.....	同上
溶液温度	80~85°C
电流密度	45~50安/平方公寸
抛光时间	0.5~1分鐘

（刀具直径抛去0.02~0.03MM）

如为精度要求高的刀具，須先放加工余量再进行抛光。

4. 我們試驗的规范及情况: 我們曾作麻花鑽的电抛光試驗，主要目的是抛光沟槽因研磨而产生的退硬層，因試驗次数不多，还未得出可靠的数据。在进行麻花鑽沟槽抛光前，留有加工余量，抛光后再磨刀口便可使用。

我厂由于设备关系未能完全按上述规范进行，所采用的规范如下:

电解液成分: H_3PO_4	65 %
H_2SO_4	15 %
CrO_3	6 %
H_2O	12 %
电解温度.....	40~60℃
电流密度.....	45~50安/平方公寸
抛光时间.....	10分鐘

經沟槽抛光后的麻花鑽使用效果良好。不进行电抛光的麻花鑽每支只能鑽2500件生活，但經抛光后之麻花鑽，鑽了3500件生活(后因鑽头折断不能繼續使用)，同时抛光之鑽头使用时切屑出得快，使用較方便机力也減輕，以上情况說明刀具电抛光后能提高寿命。

2. 工具电抛光試驗

一 前言

54年底局發專家建議电抛光資料，由于偏位磷酸买不到沒有进行。55年3月局召开表面处理交流会，經友厂介紹及專家指示，对电抛光原理及操作初步具有概念。回厂后即在工具車間进行試驗，但由于生产任务忙，故試驗中遇到的不少問題未去解决，这样时断时續至10月底无任何結論。至11月份由冶金科会同車間制訂計劃，决心試驗，确定冲子鍍鉻前不另做样板，而用电抛光后鍍鉻到成品尺寸，于是电抛光試驗是于勢在必成的决心下进行的。

二 試成定型之电抛光的工艺規範

(1) 工序排列 汽油洗滌——化学去油——热水洗——冷水

冲洗——刷石灰——冷水冲洗——电抛光——碱中和——冷水冲洗——热水洗——擦干——尺寸分組——刷石灰——冷水洗——上架——鍍鉻——同正常的鍍后处理。

(2) 规范 溶液成分:

磷酸.....65~70 %
 硫酸.....15~12 %
 鉻酸.....5~6 % (抛光正常进行应保持 $\text{Cr}_2\text{O}_3:\text{CrO}_3=40\sim60:60\sim40\%$)。

水.....15~12 %
 电解液比重.....1.72~1.74
 电解液温度.....75~80°C
 阳极电流密度.....35~50 安培/公寸², 生产中用电压控制 8 伏。

極距.....100~120 公厘
 当电解液含鉄量增多如 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \geq 2.5\sim3\%$ 时, 规范应改为
 电解液温度.....60~70°C
 阳极电流密度.....25~30 安培/公寸², 生产中用电压控制 10 伏

時間.....5 分

当鉄量超过 6~7 % 时, 須进行溶液再生处理合格后方可生产。

(3) 溶液的調整:

1. H_3PO_4 、 H_2SO_4 每周分析一次, CrO_3 、 Cr_2O_3 每月分析一次, Fe_2O_3 每周分析一次。

2. 每天測定溶液比重一次, 若高于規格时則加稀液至規格, 然后取出部分溶液并保持一定水位; 若比重低于規格則加热蒸發至規定比重; 比重合格时不足水位者, 按配方規格配制新溶液补充之。

3. H_2SO_4 及 H_3PO_4 含量按化学分析結果調整。

4. 三价鉻之含量每天用标准比色管檢查, 根据檢查結果进行溶液之氧化或还原处理。

5. 由于溶液不断揮發走失, 每天下班后应加水补充之, 第二日上班时应作沸騰处理 10 分鐘以上。

6. 每月过滤溶液約一次 (根据实际生产量多少确定)。

(4) 溶液之再生 (再生方法系資料所述, 我厂一年多来大量拋光之結果, 未發現鉄超出規格, 故无溶液再生处理之經驗)。

三价鉄盐的聚积超过規格时应行再生, 其步驟如下:

1. 六价鉻之还原: 用鉛棒阳極悬于槽中装满溶液之粗瓷罐內, 阴極用鉛板, 具体規格如下:

阴極电流密度	0.5~1 安培/公寸 ²
阳極电流密度	5~10 安培/公寸 ²
电解液溫度	常溫
电解液比重	1.65~1.70
槽內电压	10~12 伏

2. 三价鉄之还原及 FeSO_4 之沉淀:

阴極电流密度	0.5~1 安培/公寸 ²
阳極电流密度	5~10 安培/公寸 ²
电解液溫度	70~90°C
通入电流	按 0.5~1 安培/公寸 ² 計算

沉淀后鉄之含量低于 1~1.5% (按 Fe_2O_3 計), 倒出电解液, 并除去 FeSO_4 沉淀 (用过滤法)。

3. 氧化三价鉻使三氧化二鉻与三氧化鉻符合規定 (先按比色法控制):

阳極电流密度	4~5 安培/公寸 ²
阴極电流密度	7~10 安培/公寸 ²

电解液温度	20~40℃
槽内电压	10~12伏
电解液比重	1.70~1.72

- 按化学分析結果全面調整溶液至合格。
- 蒸發溶液至比重 1.72~1.74。

三 試制中所發生之疵病

1. 初期試驗中，阴阳兩極未固定距离，虽掌握了溶液成分、溫度及电流密度，却达不到預期效果。通常之疵病为：A、光而有黑斑迹；B、粗糙无光；C、斑点（腐蝕痕迹）；D、質量不穩，时好时坏。

2. 由于拋光時間不長（原拋 3 分），带电入槽后不易迅速調節至規定电流；因此尺寸控制不住，拋去厚度不一，有的拋去 0.01 公厘，有的拋去 0.03 公厘，且各处尺寸不均，說明拋光均匀性不良。

3. 虽拋光后从电解液中迅速取出立即中和或冲洗，仍得到帶有黑迹之拋光層。

4. 按計算电流密度拋光时，其电压表指示为 3~4 伏；此說明極距太短，未达到 7~8 伏之資料規定。

5. 冲子各处尺寸一般用 4~5 塊缺口样板控制。电拋光对工具而言，最困难者为各处拋去厚度不均，冲头与冲身相差之尺寸高达 0.03 公厘，鍍路后冲身已超过尺寸，而冲端部分却“露光”甚大。

四 挂具改进

- 試制及初期生产中使用圖 1 之挂具，使六根帶斜度之阴