

先进经验丛刊

鋁 合 金 的  
陽 極 氧 化 法

范垂芳編著

机械工業出版社

## 出版者的話

本書敘述北京人民机器厂对鋁合金进行陽極氧化处理的經驗。从設備到陽極皮膜的性能試驗，对于电解液的配制，氧化前的清淨处理、陽極氧化以及氧化膜着色和浸油处理等操作都有簡明扼要的說明。

本書可供現場从事鋁合金陽極氧化工作的工人作为参考讀物。

本書是由北京人民机器厂技術員范垂芳同志根据他和工人刘振武同志的实际操作經驗写成的；書中的技术內容經第一机械工業部一局安紹祖工程师和該厂山本四郎、陆安之兩工程师审查。

編著者：范垂芳

\* \* \*

NO. 1599

---

1958年3月第一版 1958年3月第一版第一次印刷

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 字数11千字 印張<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 0.001—1.400册

机械工業出版社(北京东交民巷27号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

---

北京市書刊出版業營業  
許可証出字第008号

統一書号 T15033·861  
定 价 (10) 0.10 元

## 目 次

一	設備条件 .....	3
二	交直流重叠操作的接綫法 .....	3
三	电解液的配制、使用及檢查 .....	4
四	我厂所用鋁合金的化学成分及規格 .....	5
五	氧化前的清淨处理操作 .....	6
六	陽極氧化操作 .....	7
七	氧化膜的染色和浸油处理操作 .....	10
八	鋁合金陽極氧化皮膜的封緘处理 .....	11
九	陽極皮膜的組成、性質及性能試驗 .....	12
十	操作上的注意事項 .....	14

編者按——鋁合金零件的使用將隨着國民經濟的發展日益增加，對於這些零件的防酸、耐水和抗磨等問題，都是應該加以重視的。本書原文曾在〔通用機械〕上發表，由於目前關於鋁合金氧化處理方面的資料很缺乏，我們特將該文作單行本出版。在出版前，原文經退請作者補充和修改。

---

北京人民機器廠從1955年開始生產消防汽車，其中水泵部分的主要機件，如葉輪、泡沫閥體、排氣閥殼等鑄鋁合金的機件，都需要施行電氧化處理，使在零件的表面上生成堅強密着的氧化皮膜，來增加鋁合金件的耐酸、耐鹼、耐水、耐磨以及電絕緣性能。這是一項新而複雜的技術，過去我們沒有作過，曾向別廠請教，但沒有找到技術資料，送到外埠的工廠去加工，也沒有得到解決。於是我們只好按書本上仅有的參考資料來自己試作。

經過資料分析後，決定參照德國的〔愛路凱爾法〕和日本理研的〔阿爾邁特法〕操作；幾次試驗之後，我們認為上法中介绍的草酸加鉻酸的混合電解液與只用草酸鹽的電解液相比，前者並無特殊意義。我們最初用前者的電解液試驗時，通電後溶液渾濁，工件放在里边看不見，而且蒸氣有毒；因此又改用化學用草酸鹽來試作。當改用這種溶液時，溶液澄清無毒，機件在溶液里氧化的情況，清晰可見。所以我們就確定了使用草酸鹽溶液來正式生產了。

在電流種類的選擇上，曾用過直流、交流、先交流後直流和交直流重疊等法試作。最後的經驗說明，採用交直流重疊同時並通的效果最好，生產時間也比使用先交流後直流的操作法縮短了兩倍工時。

此外是电解液的配制、电流密度和电压、溶液温度、处理时间以及氧化前后的操作步骤，拟在下面分别叙述。

总之，从现有的技术参考资料上来看，铝合金的电氧化操作，是比较生疏复杂的技术，尤其是我厂生产上用的是鑄鋁合金中的鋁銅硅砂模鑄件就更加困难。但在党的教育鼓舞和行政领导的支持和帮助下，我們终于完成了这个新任务，并且也得到些新的收获。为了繼續提高和供給各兄弟工厂做参考起见，謹將我們的膚淺的經驗报道于下。

## 一 設備条件

直流發电机一台，其电压为 40 伏特，电流为 160 安培，交流变压器一台，其一次电压为 380 伏特，二次电压为 50 伏特。电解缸是  $\varnothing 680 \times 550$  公厘的陶瓷水缸，容量 70 公升。陰極板用  $300 \times 300 \times 3$  公厘純鉛板制成。吹風机一个，其馬力为半匹。另备鉄板焊成的电解缸冷却槽一个（如吹風的情况良好、大小件操作时，也可不用冷却槽）。

清淨处理用的碱槽和酸槽是用陶瓷水缸代替，着色槽和浸油槽是用搪瓷帶盖缸代替的。

## 二 交直流重叠操作的接綫法

將直流和交流合在一起，在鋁件上作氧化膜的方法，叫做交直流重叠氧化法。常用接綫方法如圖 1 所示：即將变压器  $T$  的二次側的兩电極連接到电解槽  $Z$  的兩個陽極  $A$  上，將从变压器的二次綫圈的中央引出来的导綫，經過直流电源連接到电解槽的陰

極K上，這樣的連接法即可使交直流重疊了。

但是，我們在实际操作中，是根据我們的因陋就簡的設備來做的，我們採用的接綫法如圖2所示。

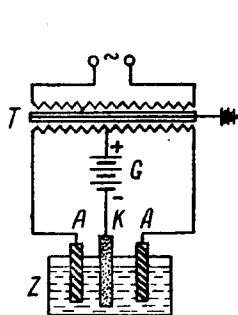


圖1 交直流重疊接綫圖。

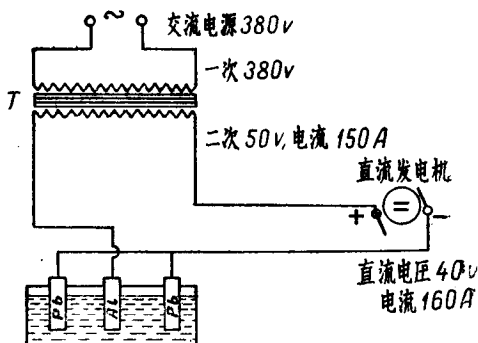


圖2 北京人民机器厂所用的交直流重疊接綫圖。

### 三 电解液的配制、使用及檢查

先將草酸鹽以每公升水用50克的比例，按預定的电解液配制公升数，把草酸鹽秤好。例如我們配60公升电解液时，那末所需的草酸鹽重量即为 $60 \times 50 = 3000$ 克，即3公斤。关于电解液和工件面积的适当比例，尚無資料介紹，但按我們的經驗是每平方公寸的面积用2~3公升的溶液來配制时效果很好。先將秤好的草酸鹽放入电解缸內，用热水融解，等完全融解后，再加入經過煮沸去掉鈣鎂等沉淀雜質的凉开水，稀釋到預定的濃度，即可使用。

关于电解液的使用寿命，主要是决定于鋁及鋁合金工件的化学成分，一般是純鋁件使用的期間最長，鋁銅硅系鑄鋁合金件使用的期間最短，其中硅和銅的析出是导致电解液變坏的主要原因。

按照我們的实际經驗是草酸鹽 50克/公升的电解液配方，50~60 公升的溶液氧化鋁銅硅系砂模鑄件 1400~1500 平方公寸后檢查的結果，溶液內的含銅量已接近 0.016 克/公升，按苏联雅姆波耳斯基 (A. M. Ямпольский) 所著資料上的参考数字来看已不宜再用。因为繼續使用这种溶液时，將使氧化膜的質量变为疏松或呈现黑色斑点。

溶液含銅量的檢查，是取一定量的电解液 (根据溶液中的含銅量决定，少則取 1000 毫升，多时則取 500 毫升) 加入比重为 1.84 的硫酸 5 毫升，蒸發到 SO<sub>2</sub> 白烟析出 2~3 分鐘，加入硝酸 (1:1) 10 毫升以溶解鹽类后，再加入热水 100 毫升，加热到沸騰，用定性濾紙過濾，以稀硝酸 (5:95) 洗滌 5~6 次，濾液盛入 200~250 毫升的高型电解燒杯中。然后用 1.5~2 安培的电流，用已知重量的鉑金網狀電極电解，銅即在陰極上析出，用水吹洗燒杯壁及表皿，再电解 15 分鐘到不再析出銅，然后將燒杯取下用水冲洗電極 (这时电流不断)，取下電極于 105°C 烘 2 分鐘，然后称重量并按下列公式算出：

$$\text{銅 (克/公升)} = \frac{\text{鉑金極及銅的重量} - \text{鉑金極的重量} \times 1000}{\text{电解液毫升数}}。$$

#### 四 我厂所用鋁合金的化学成分及規格

我厂处理的消防汽車零件，全部为鋁銅硅系砂模鑄件，牌号是 АЛ24，主要化学成分是硅 4~6%，銅 1.5~3%，鎂 0.2~0.8%，其余为鋁及其他少量雜質。

零件的規格是复杂的，面积也較大，在每批 1500 平方公寸的工件中，形狀复杂的大件，如面积为 20 平方公寸的叶輪和 10 平方公寸的泡沫閥体就占  $\frac{2}{3}$  以上。因此在零件氧化前的捆扎、在

溶液中的吊放方法，以及清淨处理等工作，更須十分注意周到。

## 五 氧化前的清淨处理操作

鋁和鋁合金的半制品和鑄件，它們的表面都有自然生成的極薄的皮膜，而且由于加工或鑄造的情況不同，表面的狀況和性質也有变化。因此，在施行陽極氧化以前，必須做好清淨准备工作。我厂生产中的机件，如叶輪、泡沫閥体等都是帶有部分毛皮的，其他較小工件則是完全加过工的，而且也有形狀复杂而精密的。因此在实际操作中，我們采取了下列步驟：

**1 机械清淨** 零件的毛皮部分，先用細鋼絲刷子除去附着的砂粒、鑄疵、氧化物及附着的污物，工件的加工部分或完全加工的零件，用硬毛刷去掉附着的鋁屑和污物，精密的小件則浸入酒精內用軟毛刷浸刷。

**2 洗滌** 將上述工件置于热水槽中（50~70°C），用硬毛刷沾肥皂清刷，除掉附着的油污和划綫与檢查时所塗的色漆及印漆，如印漆刷不掉时，可沾酒精使之融解后再刷。

**3 脫脂** 將上述机件用酒精浸漬，作脫脂处理，并使附着的色漆和印痕完全融解掉，比較清淨的工件和比較干淨的精密的小件，只在酒精中自然溶解即可，不太干淨的工件，可再用毛刷清刷一下，然后用冷水冲淨。

**4 去膜** 將表面污物去掉的工件浸到10%的苛性鈉常溫溶液中保持40~60秒，除掉殘留的污物和工件表面自然生成的薄膜。然后立即取出用冷的流动水和軟毛刷边冲边刷，即可冲刷干淨。

**5 漂白** 再將上列工件浸入8~10%的常溫硝酸溶液中，除掉用苛性鈉浸漬时表面生成的灰黑色沉淀物并进行漂白，保持的



時間以1~2分鐘為合適，然後取出用自來水沖淨，即可得到光淨的表面，放入電解槽中進行氧化了。

最後還需補充說明的，是含有銅硅的鋁合金，由於硅銅元素成為固溶體進入鋁中，或成為充分散亂狀況進入鋁中，在應用上法清洗時，表面常有灰黑色或灰褐色沉淀物，呈雲片狀出現。有時不易被硝酸溶液溶解干淨，尤其鑄件有偏析情況時較多。如有這種情況時，可在硝酸溶液內另加入1~3% 氫氟酸的混合溶液來浸刷，即可完全除淨，而且表面異常干淨。

但我們的意見是氫氟酸有劇毒，所以只用過很短的時期就不再用了。而且用常溫的苛性鈉溶液浸刷時，鋁件表面呈現的灰黑色或灰褐色沉淀跡象較輕。最後在硝酸內，邊浸邊刷也可得到光淨的表面。因此，在不要求具有反射光澤的工件上來講，可以不使用硝酸加氫氟酸的混合溶液來漂洗，對工人的保健上來講，還是有利的。如必須用這類溶液時，操作前應帶好膠皮手套和防毒口罩。洗後的零件，更須注意用流動的冷水沖洗干淨。

## 六 陽極氧化操作

鋁和鋁合金氧化膜的制法，分為化學氧化法和電化學氧化法兩種。前者是用鹼溶液或鹼金屬溶液浸漬，這類方法中應用較廣的一種的操作步驟如下：將經過清淨處理的鋁或鋁合金工件，投入無水碳酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 50克/公升、重鉻酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ) 15克/公升，苛性鈉 ( $\text{NaOH}$ ) 2~2.5克/公升的混合溶液內，加熱到90~100°C，將欲氧化的工件在溶液內保持5~10分鐘，然後取出，用流動水沖洗後干燥，即可得到灰色的氧化膜，并可接受着色及防蝕處理。但用這種方法製成的皮膜很薄，厚度僅為1公忽上下，

在机器零件的要求上不适用。

电化学氧化法是将铝和铝合金工件放在电解液内通电处理，得到的皮膜很厚，而且与金属基体坚实固着，没有剥离脱落的危险，耐蚀性、耐磨性、电绝缘性和硬度都很高。电化学氧化时所用的电解液类别和选择的电流种类虽然不同，但都是将电源的正极接在铝和铝合金件上，因此通称为阳极氧化法。我们在实际操作中的过程如下：

**1 工件的吊放、通电及溶液的搅拌方法** 将经过清淨处理的铝合金工件用干净的纯铝线捆好，所用铝线以15~16号的最适当，大小件都可以使用。捆时尽量选择不明显的地方，以免影响表面的光泽。捆好后的工件即可投入配好的电解液缸内，然后将交直流电源的正极接在捆放工件的纯铝线上进行通电，并同时开动吹风机搅动电解液和兼作冷却，至于连在阴极上的线头，则应在挂入工件之前接好，以便工件投入电解缸内，不作较长时间的停留即可通电氧化。投入电解液内的工件，静置时间不得多于30秒钟。工件和阴极板的距离要均匀，工件的上部应没入电解液内50公厘以上才好。

**2 溶液温度和皮膜色泽、性质的关系** 我们操作中的体会是：使用同样的电流密度和电压在液温15~28°C操作时，得到的皮膜为均匀的淡灰色；在液温29~36°C操作时，得到的皮膜为深灰色，皮膜底部稍呈黄金色泽；在液温36~45°C时，得到的皮膜为深灰色，皮膜的表面呈灰白色粉状物，且在阳极板上有时发生火花及爆声，工件和铝线的接点处有被打伤的点痕。因此，我们体验到电解液的温度，以不超过30°C时为最佳。在这个温度范围内制成的氧化膜经过浸油及封缄处理后，皮膜的性质和光泽性均好。

**3 电流、电压、处理时间及火花电压的关系** 根据我们的实际经验是：用草酸盐 50 克/公升的电解液，在液温 20~30°C，每平方米 4.5~5 安培电流密度，作表面积 20 平方公寸的叶轮时，电流、电压和处理时间的关系情况如图 3 所示。从图中可以看出，当接通电流后的 5 分钟内，电流很快地就从 90 安培下降到 65 安培，而相对地是直流电压从 25 伏特很快地上升到 35~36 伏特，交流电压也很快地从 32 伏特上升到 41~42 伏特。在这以后的 20 分钟内，电流的下降变缓，且呈现短时间的平衡状态，由 65 安培到 50~40 安培，而交流和直流电压的上升则更慢，且在较长的一段时间内近乎平衡。直到接近 30 分钟时则又发生突变，电流突然下降到 20~10 安培间，而交流电压则突然上升到 48 伏特，直流电压也突然上升到 38~39 伏特之间。再继续通电时工件几乎不大起作用了，电压也不再升了。而且延长时间时，则阳极接线处即时发生火花和爆声，这时电压表针突呈下降又突然升回原处。这是由于铝件的氧化膜已达到适当厚度，电绝缘性很强，电流很难通过，因此才发生火花放电现象。

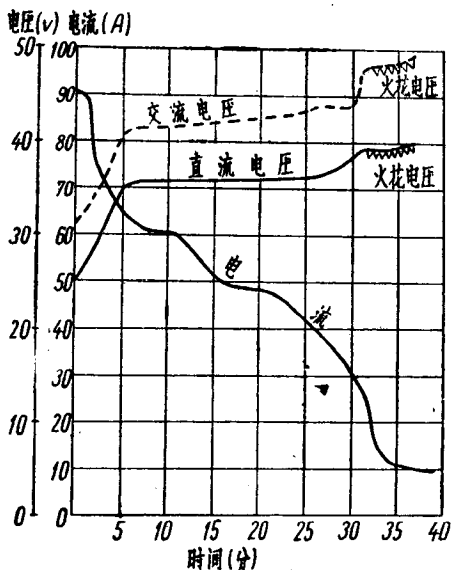


图 3 交直流重叠操作时，电流、电压和时间曲线及火花电压关系图。

从上述的現象来看，我們的經驗結論是：在草酸鹽 50 克/公升水的電解液，20~30°C 液溫，每平方公寸 4.5~5 安培電流密度，用交直流重疊法操作時，以 30 分鐘附近為最適當。即可獲得性能及色澤良好的皮膜，又可避免發生火花放電的現象。

**4 氧化膜的清淨干燥** 氧化完了的鋁合金件，應在停電後立即從電解槽中取出，用冷的流動水仔細沖洗干淨，然後用熱風吹干或掛起來使其自行干燥，別用熱水沖洗，以免降低氧化膜的气孔率，也別用手摩擦，以免影響以後的着色和耐蝕防水的封緘處理。

## 七 氧化膜的染色和浸油處理操作

經過陽極氧化并充分洗滌的氧化膜，是  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，它的本身即具有耐酸性和耐鹼性，但因這種皮膜是多孔質的，保護作用尚不夠充分，同時它還不夠美觀，而且這種氧化膜具有吸收色素和油脂的特殊性能，因此在一般使用時，除施行着色處理來提高它的美觀性和促使工人安裝時注意皮膜的損壞外，更重要的還須做浸油處理，使气孔封閉來增強其耐蝕性能。

**1 氧化膜的着色** 我們的着色處理操作是這樣進行的：蘇聯的樣品氧化鋁件是鮮紅色，因此我們也決定染成鮮紅色。最初採用有機染料茜素紅 (Alizaline Red AS 或 Alizarin Red SC Paste)，但因市場上買不到，因此我們改用了剛果紅 (Congo Red)，最初用的是進口貨，以後大批生產時改用國產化學試劑剛果紅了，質量和原來一樣，但價格和使用英國貨相比，降低約 30 倍。配合的方法是按水 1 公升染色劑 10 克的比列配的。先將染色劑稀好，傾入玻璃燒杯內用蒸溜水融解好，再傾入着色用的搪瓷

缸內，加入定量的蒸溜水，將着色缸移到電爐上，加熱到 $75\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，把清洗過的氧化鋁件放入着色缸內保持 $8\sim 10$ 分鐘，即可染成鮮艷的紅色。最後取出用冷水沖一下，着色的工序就算完成了。着色劑50克，可染2000平方公分。

**2 氧化膜的防蝕浸油** 防蝕浸油處理，是用大麻子油來進行的。先將足夠浸沒工件的大麻子油傾入搪瓷缸內，放在電爐上加熱到 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ （也可提高到 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ ），再將鋁件放入油中浸漬 $10\sim 15$ 分鐘取出，這一工序就完成了。

經過上述處理的工件，皮膜內的气孔已被油脂充填，具有均勻的光澤和防水、耐酸、耐鹼、電絕緣性和皮膜的彈性。但為了更好的使皮膜封閉變為含水的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 皮膜來進一步提高它的耐磨、耐蝕和電絕緣性能起見，在重要機器零件上，更須施行下一步的封緘處理。

## 八 鋁合金陽極氧化皮膜的封緘處理

我們的封緘處理操作，是用蒸汽加熱加壓法來進行的。先將經過浸油處理的鋁件放入壓力蒸鍋內封閉好，再把鍋抬到煤爐上加熱，所用的過熱蒸汽壓力為 $5\sim 6$ 公斤/公分<sup>2</sup>，保持的時間為 $25\sim 30$ 分鐘。然後等壓力表指針下降到零點時，再開鍋將工件取出，封緘處理的操作就算完成了。

經過這樣處理以後的鋁合金氧化膜，已由 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 變為 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 了。由於熱壓蒸汽的作用，使皮膜膨脹小孔完全閉塞，這樣處理後的皮膜滑而硬，完全具有耐酸、耐鹼、耐水、耐磨和

優良的電絕緣性，而且皮膜的光澤也變得更鮮艷了。

## 九 陽極皮膜的組成、性質 及性能試驗

**1 皮膜的組成和性質** 陽極皮膜的生成狀況是受材料成分、電解液種類、溶液濃度與溫度、電流種類、電流密度和電壓、處理時間等種種條件的支配而不同的。在草酸鹽溶液里處理純鋁件時，得到的皮膜為光潤的淡灰色，有時底層呈金黃色。處理含硅銅的鋁合金時，得到的皮膜多為灰色乃至暗灰色，形成這種色素的原因，是由于工件表層有微細的硅素粒子和銅所造成的。處理的時間稍長或溫度高于 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ 時，則灰色表面的底部稍呈金黃色。

皮膜生成的結構是緊靠金屬內層的皮膜質硬孔少，外層的皮膜則質較軟而孔多，且稍含水分。因此可以認為皮膜的結構是：內層是質硬的氧化鋁，外層是質軟多孔的氧化鋁，它的平均氣孔約在20%以上，此類皮膜屬於 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 無定形結構。本身即具有較好的硬度和耐蝕性與電絕緣性，但因系多孔質的保護作用尚不充分，故為更好的提高皮膜的各种性能，須再施以浸油或熱壓封緘處理，使變為滑而硬的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 皮膜，即含水的三氧化二鋁皮膜，此種皮膜與金屬基體堅實密著，不易剝離脫落。

**2 皮膜的性能和性能試驗** 用草酸鹽電解液和交直流重疊并通法制得的皮膜，比用其他方法制得的皮膜硬度高、耐磨性和耐蝕性強、電絕緣性能也高，尤其對於純鋁及不含銅而含硅量又最少的合金的效果最為適宜。對於鋁銅硅系合金來講，硬度和耐蝕性雖大體相同，但耐撓屈性却低些。

關於皮膜的性能試驗，限于設備和時間，只做过下列簡單的

試驗。試驗片為純鋁片和鋁銅硅系砂模鑄鋁合金兩種，操作規範相同，即電解液為草酸鹽 50 克/公升水，液溫 15~30°C，電流密度 4.5~5 安培/公寸<sup>2</sup>，直流電壓 25~38 伏特，交流電壓 30~48 伏特，時間 30 分鐘。

一、皮膜厚度試驗——皮膜厚度的測定是用顯微鏡來作的，步驟是將經過氧化但未進行着色和封緘處理的純鋁片和鋁合金切割片用金相砂布磨光，在拋光輪上稍拋一下，然後用水和酒精洗後吹干。在顯微鏡上進行厚度測量的結果如下：

純鋁試樣的皮膜厚度 40~60 公忽。

鋁銅硅系合金的皮膜厚度 8.5~12 公忽。

二、皮膜硬度及耐磨性試驗——鋁及鋁合金氧化皮膜的硬度和耐磨性，視金屬原料的成分種類而不同，純鋁生成的皮膜最硬，鋁合金則依添加元素的類別和含量而變軟，其中含銅、硅、鋅的合金則更軟些。至於皮膜的耐磨性，則直接與皮膜的厚度和硬度有關，即膜厚而硬的耐磨性也強。這兩項試驗因限於設備，我們僅用摩擦比較法，即用細鋼絲刷和零號細砂布，對氧化處理後的鋁及鋁合金件進行摩擦來比較其硬度和耐磨性。結果是當用細鋼絲刷摩擦時，純鋁試片的皮膜和鋁合金試件的皮膜都不受磨損，但用砂布摩擦時則顯著不同了，純鋁的皮膜仍不受損害而且越磨越亮，鋁合金的皮膜可以逐漸磨掉。

三、電絕緣性和耐蝕性試驗——草酸鹽電解液制得的皮膜，耐蝕性雖與他法制得的皮膜相同，但電絕緣性卻較高，當然這種性能也和材料的成分和皮膜的厚度有關係。根據我們在純鋁皮膜和鋁合金皮膜上進行電絕緣性試驗的結果是：

純鋁氧化膜的破壞電壓為 400 伏特上下。

鋁合金氧化膜的破壞電壓為 180~250 伏特。

耐蝕性的試驗，一般常用 20% 的氯化鈉鹽水進行噴霧試驗，來測驗氧化膜的受蝕情況，但我們的試驗是將經過處理後的鋁合金件掛在有酸鹼氣體的室內來進行的，經過時間為 9 至 10 個月，並未發生受蝕跡象，因此認為耐蝕性還好。而未進行其他種試驗。

## 十 操作上的注意事項

1. 工件在氧化過程中，如液溫接近  $40^{\circ}\text{C}$  附近或捆扎工件的鋁綫接觸不牢時，常會在陽極上發生火花放電的現象，隨同爆聲可看見火花。這種火花電壓連續發生時，能將鋁綫打斷，甚至打傷鋁件與鋁綫接扎處的皮膜，因此在連續發現這類現象時，應立即停電取下工件，用冷的流動水沖淨，重換捆扎的鋁綫或冷卻電解液後再掛入缸內續作。

2. 形狀複雜多孔的工件，吊入電解槽中時，應使電解液能通過孔洞，勿使有窩氣現象，接通電流後首先檢查一下，如發現窩氣現象時，應即調整吊放方向。否則，孔洞內生成的氧化膜厚度不均，甚至發生局部氧化不上的白點，更嚴重時，會造成局部受蝕。

3. 溶液的冷卻和攪拌，在不超過 60~70 公升的電解槽中操作表面積不超過 10 平方公寸上下的工件（或工件的總面積不超過 10 平方公寸）時，用  $\frac{1}{2}$  馬力的吹風機，在出風口處接一個彎形鐵皮管，使能接近液面吹動溶液在槽內旋轉，并同时兼作冷卻即可。液槽再大且放入的工件多，并須連續生產時，則須在液槽外部另加冷水套，或在液槽內設添鉛制螺旋式冷迴水管來冷卻溶液，另在上部用吹風機攪動溶液。

4. 工件的捆扎，可用 15~16 號的純鋁綫，表面積在 5 平方



公寸以下时，用一或二根即可，表面积 10 平方公寸上下的工件，可用二或三根合并使用。捆扎应牢固，并选择在安装时可以嵌入或装入其他部件之处，或不受磨損及不显要的地方，因为捆綫的地方，生成的皮膜較薄，着色后的色澤也常比別处淺些。

5. 捆工件所用的鋁綫，应先用棉紗头抹掉附着的油污，然后用細軟砂布去掉氧化薄膜，再用干淨棉紗头沾酒精槽一下即可使用。捆好的工件吊入电解槽时，要注意工件之間間隔，使在通電和攪动溶液后不至互相接触。

6. 陰極板最好用純鉛板截取，可用一塊也可用兩塊，用一塊时，工件吊在兩側，用兩塊时工件吊在中間。鉛板的面积，应比工件面积大  $\frac{1}{2}$ ~1 倍。吊放的工件，不要碰着陰極板，最好要离开 50 公厘上下。

7. 清淨操作中的脫脂漂白处理，多数資料介紹在液溫 50~60°C 的 10% 的苛性鈉溶液中进行，以除掉殘留污物和工件表面自然生成的氧化薄膜。但我們的經驗告訴我們，最好不用加热的苛性鈉操作，因为热的苛性鈉溶液容易使鋁件表面产生黑褐色的色斑，事后得用氟硝酸液来漂白。而在常溫苛性鈉液中清洗时，很少有上述現象，事后用 8~10% 的硝酸液浸刷，也可达到漂白的目的，不必加入氢氟酸，这对防毒上來說是有利的。

8. 陽極皮膜的最后加工法，各种資料及特許的方法很多，但不外是使  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  皮膜在加热液体或热压蒸气中处理，使之变为  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  皮膜，換句話說，即使原来的皮膜膨脹小孔閉塞，变为不吸水性的皮膜，来提高皮膜的耐蝕、耐磨等性能。因此，我們的体会是：

一、要求以防蝕、防水、电絕緣性为主的皮膜，在氧化着色处理后，再在 150~180°C 的大麻子油中浸 10~15 分鐘即可滿足