

精密加工法としての 電解研磨

倉 藤 尚 雄

はしがき

従来電解研磨は表面の処理法と考えられ、工場ではもっぱらメッキ屋の仕事と定められていた。それが近頃ではだんだんと機械屋の興味を引くに至り、ラッピング、超仕上と肩を並べて、精密加工法の一つに数えられることが多くなつた。しかし現在の電解研磨は果してそれに値する實力を持つているものであろうか。これから読者諸兄とともにこの点を十分検討して見ようと思う。

品物を精密に加工する際、ぜひ欲しいことは、品物の寸法形状が希望通り或はこれにごく近くでき上り、仕上面が美しく、しかも希望するような物理的・化学的性質を備えていることである。以下これ等について一々あつて見よう。

電解研磨による形状変化

電解研磨の際、相手極の配置、品物の形（特にはげしい凹凸）、陽極生成物の流れ等によつて、電流分布が不均一になるので、変形を生ずる。

1. 陽極生成物の流れ

陽極生成物は多量の金属イオンをふくんで比重が重いから自然に流下し、場所によつて陽極被膜の厚薄を生ずる。この膜の電気抵抗は液にくらべてはなはだ高いので、電流分布を大いに左右し、変形をおこさせる。また品物から盛んに気泡が発生する状態で電解すると、はげしい気泡流のために、陽極生成物は上方に追いやられ被膜の厚薄を生ずるから、これも又変形の原因になる。なお、気泡流自体も抵抗として働くから、変形に關與することになる。

2. 品物の形

われわれがメッキについてよく知っているように、電流は凸部に集中しやすく、凹部では疎になる。そこで針の先、角などは早く溶けて丸味が大きくなる傾向がある。

3. 陰極

陰極（A. C. の時は相手極）が、品物の一方にあるとか、全周にあるとか、面積が大きいとか小さいとかによつて電流分布が變つてくる。陰極は1個とはかぎらず、特に凹んだ部分に對しては、補助陰極を用いることもある。

4. 補助陽極

適當に補助陽極（A. C. の時は品物と同じ極性の補助極）を使用すれば、品物の角のように變形しやすい部分を保護できる。

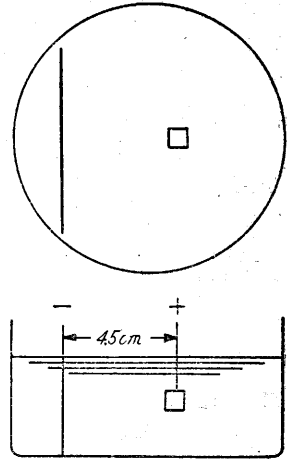
5. 遮蔽および絶縁物

絶縁性の物體を電流の通路におき、或は品物に接して絶縁物をおくと、電流分布が變るから變形を緩和できる。つまり上記の1, 2の原因はやむを得ないことが多く、そのために好ましくない變形を生ずるのであるが、3, 4, 5を適當に使用すれば、これを差支えない程度迄防止できて、場合によつては希望する形に變形させる事もできるはずである。

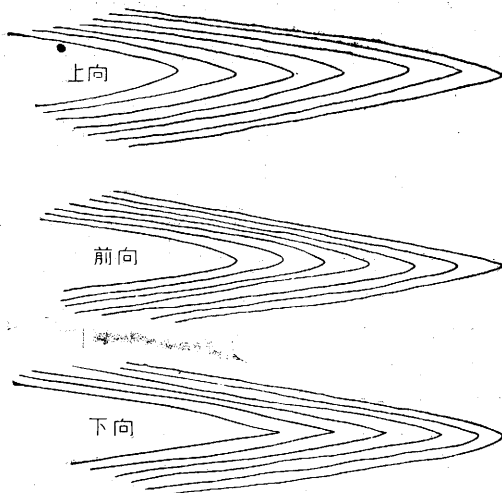
形状変化の實例

1. 立方體の研磨⁽¹⁾

第1圖のような装置を用い、正磷酸中で7-3黄銅の立方體を、品物から氣泡の發生しない電壓（この時は蓄電池 D.C. 1.6 V）で10 min 間電解研磨して第2圖に示した部分の研磨量を測定した。前面、側面、後面の研磨状況は同様でともに上部は8.0 μ 、下部は7.0 μ 研磨され、立方體はだんだん角錐に變つてくることがわかつた。事實 2, 3 hr 連続研磨すると、肉眼でも明らかに認められるようになる。



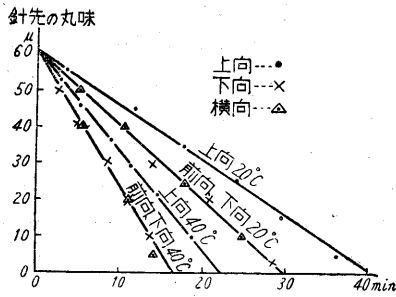
第1圖 立方體の研磨
もに5.7 μ で垂直面より研磨量が少い。下面は第3圖のように上げ底になつてきて、中央は8.7 μ 、周縁は3.5 μ 研磨される。つまり側面から見ると第3圖のようになる。これは圖からわかるように、上面では陽極生成物は主として擴散によつて失われるだけであるから、比較的厚く、側面は自重によつて流下するのでやや薄くなるが、上方よりも下方が厚くなり、底の周縁でははなはだ厚く



第8圖 黄銅の針の研磨

ブリズムの研磨と同じく、これも陽極生成物の流下と品物の形によるものである。

次にレコード針を磷酸・硫酸・ゼラチン液中で交流によつて電解研磨する⁽³⁾と、第9圖のようにすべて尖端が



第9圖 針の研磨 A. C.

とがつかくるが、その速度は上向きが最もおそく、前向、下向はほぼ同様である。又液温の高い程早い。

上向きの場合、気泡は眞上に上昇するから、陽極生成物の流下の妨げにはならない。そこで尖端の被膜はうすくなる。これと point effect が重なつて尖端は丸まるとするが、まわりにはげしい気泡があつて、電流の通過を妨げるから結局とがるのではあるがおそい。下向の場合気泡流によつて被膜が攪拌されるが本電解液は粘調なため、はぎ取られたり、上方に追い上げられることが少いので、下向もとがるのであらう。

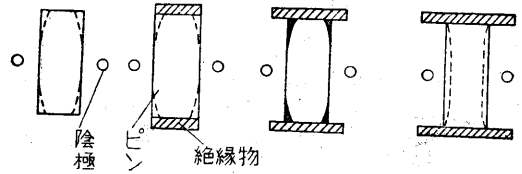
以上は電解槽、陰極を一定にして、品物の形、陽極生成物の移動によつて生ずる變形を調べたものであるが、品物を一定にして、陰極、補助陽極、絶縁物の配置をかつて變形防止をはかつた例をのべる。

5. ピストンの研磨⁽⁴⁾

鋼製のピストンピンを過鹽素酸・醋酸中で電解し、變形量が 1μ 以下に止まるように工夫した。

a) 絶縁物

中空のピストンピンの中に電解液を入れないように、又これを支え電流を伝えるために栓を用いる。この時栓の直徑をピンと同じくするとピンは樽形に研磨される。これをだんだん大きくして行くと、ほぼ圓筒形に研磨されるところがある(第10圖)。しかし圓筒と金屬の接觸



第10圖 絶縁物の影響

部は電流分布が少くなるので lip を生じて不都合である。これを除くために、圓筒と同じ材質の栓を用いる。これは厚さにもよるが圓筒より少し直徑の大きいものがよいと言われている。この栓はだんだんとけるから、時々取換える必要がある。取換への便宜から、栓は絶縁物で作られ、これとピンの間にピンと同材質のリングを用いても、端のだれはかなり軽減される。

b) 陰極

うすい環状陰極をピンの中央部にはめた場合、ピンと陰極の距離が餘り近くないと、距離による抵抗の差は陽極被膜の高抵抗に打ちけられてしまうから edge effect が利いてきて、樽型に研磨される。陰極の厚さを増してピンの長さと同しくすると、距離による抵抗の差がなくなるので edge effect の影響はますます大きくなり、樽化ははげしくなる。

又うすい環状陰極の直徑が小さく、陰極と品物の距離が近い時は、距離による抵抗差が一番大きく影響するから、ピンの中央部がくびれるが、edge effect は目立たない。陰極が少しはなれると樽型に研磨されるが、さらにはなれるとその程度が減少する。

陰極を下方においた時も edge effect で樽型になるが、上端と下端は距離が甚だしくちがうので、下端の方がはげしい。陰極と品物の間に絶縁物のスクリーンをおくと樽型はかなり軽減される。

c) 補助陽極

端の溶解を防ぐために、補助陽極をうまく使うと有効である。

電解研磨面の粗さ

従來の多くの報告では、光輝を發するとか、鏡面が得られるとか、紙鑄目が消えるとか言う漠然とした表現が多い。さし當り氣のついたものだけをあげると第2表のようになる。すなわちいずれの場合も最終粗さは前加工の粗さに支配され、電解研磨によつて改善され 0.2μ 位まで減少するのは 1μ 以下の微少凹凸にかぎられるように思われる。

第 2 表 電解研磨面の粗さ

材 質	電 解 研 磨 法	前 加 工	仕 上 り	文 献
銅	正磷酸; D.C.	エメリー 03 (0.2 μ 以下)	1 μ 以下	5)
7-3 黄銅	正磷酸; D.C.	紙やすり 05	0.08 μ	6)
銅	過鹽素酸, 醋酸; D.C.	紙やすり 1F (1.2 μ 位) 又は 03 (0.2 μ 位)	0.2 μ	7)
クロム鋼	〃	エメリー 2	NF 粗度 12.5 (0.2 μ 位か)	8)
軟 鋼	磷酸, 硫酸ゼラチン; A.C.	紙やすり 03 (1 μ)	1.0 μ	9)
〃	硫酸, グリセリン; D.C.	紙やすり (0.45 μ)	0.3 μ	10)

第 3 表 電解研磨速度

材 質	電 解 研 磨 法	研 磨 速 度 $\mu/A/dm^2 \cdot min$	電 流 効 率	文 献
銅	正磷酸; D.C. 2V	0.23	51%	14)
7-3 黄銅	正磷酸; D.C. 3V	0.21	51%	〃)
銅	磷酸・硫酸ニカワ; A.C. 5V	0.004	15%	〃)
18-8 不銹鋼	A.C. 17V	0.0026	34%	〃)

しかるに Jacquet の新しい論文⁽¹¹⁾によると, R. Mondon は, 電解研磨によつて 3.5 μ の面を 1~2 min で 0.1 μ まで仕上げた (材質, 電解液は不明) そうであるし, S. Wernick⁽¹²⁾ は鋼のパフ目を磷酸・硫酸系の液で電解し, No. 100 は 10 min, No. 140 は 7 min, No. 200 は 3 min で仕上として使用し得る程度までパフ目を消したという。また, 田中義信等⁽¹³⁾ は發條鋼を磷酸・蔞酸系或は過鹽素酸・アルコール系で約 20 min 電解し, 3 μ の凹凸を 0.5 或は 0.3 μ まで減少させている。

そこでわれわれは従来よりももう少し大きい凹凸も除去できるようになつたと考えてもよさそうである。

寸法變化

平面を電解研磨する時の平均の研磨速度は第 3 表の程度である。しかし研磨速度は電解液, 電流密度, 品物の形, 場所によつても變つてくるから, 必要の際には, 實際になるべく近い状態で測定して見る必要がある。研磨速度は最初の短時間を除くと一定であるから, 研磨時間によつて圓筒の直径, 板の厚さを正確にごくわずかの量だけ調整することも容易にできる。機械研磨がむづかしい極硬, 極軟或は薄い板, 細い線, 管を正確に研磨するのは電解研磨の獨擅場である。

結 び

最近までの電解研磨の實狀では品物の平均寸法は微量迄正確に加減できるが, 1 μ 以上の凹凸は除去 (0.2 μ 以下にする) することは困難であり, 形状變化およびこの對策が研究されていなかつた。そこで精密部品の仕上に電解研磨を應用する場合には, あらかじめ希望の形と相似形で, 極く僅かに仕上を残し, 1 μ あるいはそれ以

下の粗さ迄仕上げておいた品物に短時間電解研磨をほどこして, 表面をさらに滑らかにし, 或は物理化學的性質を附與するのが一番よろしい。

しかし前述のように, 比較的粗い面の仕上の研究, 形状變化の研究が進みつつあるから近い將來には

- a) 3~5 μ 程度の研削仕上から 0.2 μ 位まで仕上げ, しかも形の變らない電解研磨法 (electrosuperfinishing)
 - b) 積極的に形を變え希望の形状寸法の品物の得られる電解研磨法 (電解整形法)
- も行われるようになるであろう。

文 献

- 1) 大越諒, 倉藤尚雄, 中山一雄; 電解研磨による形状變化の研究 (第 1 報), 精密機械 16 卷 3 號 (昭 25. 3), 65~70.
- 2) 倉藤尚雄, 中山一雄, 白田達郎; 電解研磨による形状變化の研究 (第 2 報), 精機學會にて講演 (昭 26. 4), 精密機械に投稿.
- 3) 倉藤尚雄, 須田孝; 電解研磨による形状變化の研究 (第 3 報), 未發表.
- 4) P. Michel; A report on recent research in electrolytic polishing, Sheet Metal Industries, Oct. 1949, 2175~2189.
- 5) 田中實; 鋼の電解研磨について, 日本金屬學會誌 7 (1943), 263~267.
- 6) 大越諒, 倉藤尚雄, 須田孝; 黄銅の電解研磨の研究 (第 1 報), 精密機械 15 卷 11~12 號 (昭 24. 11~12 合併號), 237~241.
- 7) 田中實; 鐵の電解研磨について, 鐵と鋼 28 年 3 號 (昭 17), 315~327 の圖より測定した.
- 8) 中嶋正夫, 子吉重利; 電解研磨の粗度及び精度の研究, 應用物理 13 卷 6 號 (昭 19. 7) 193~197.
- 9) 倉藤尚雄, 阿部典視; 鋼の電解研磨の研究 (第 1 報), 未刊.
- 10) 倉藤尚雄, 須田孝; 鋼の電解研磨の研究 (第 2 報), 未刊.
- 11) P.A. Jacquet; Electrolytic polishing of metallic surfaces, Conclusion, Metal Finishing, Feb. 1950. 55~62.
- 12) S. Wernick; Reducing finishing costs through modern techniques, Metal Finishing, March 1949, 63~70, 73.
- 13) 田中義信, 田中行雄; 電解研磨による形状の變化について, 精密機械 15 卷 5, 6 號 (昭 24. 5~6 合併號) 93~97.
- 14) 三好泉.