

## 316 チタン合金の電解研磨システムに関する研究

## Study on Electropolishing System of Titanium Alloy

○出口貴久 (埼玉県工技センター) 戸枝 保 (埼玉県工技センター)  
高橋誠一郎 (埼玉県工技センター) 許 健司 (㈱アクトメント)

Takahisa DEGUCHI, Tamotsu TOEDA, Seiichirou TAKAHASHI,  
Saitama Prefectural Industrial Technology Center, Shibashimo1-1-56, Kawaguchi-shi, Saitama  
Kenji KYO, Actment Co., Ltd.

Key Words: Electropolishing, Shape-memory alloy, Ti-Ni alloy, Mirror finishing

## 1. はじめに

医療用、歯科用金属材料として多く用いられているチタン系材料の鏡面仕上げは、一般には容易ではないとされている。<sup>1)</sup>しかし医療用、歯科用の器具の場合、細菌性の沈着物の形成を抑制するために鏡面仕上(表面粗さの低減)が求められている。一方電解研磨法は、短時間で研磨面の光沢が得られ、複雑な形状、線なども研磨できるという特長がある。

そこで本研究では TiNi 形状記憶合金の線材で製作された医療用、歯科用器具(ステントや歯列矯正ワイヤ等)を電解研磨法により鏡面仕上するシステムの構築を目的としている。今回は TiNi 形状記憶合金に適する電解液の選定とその研磨特性について調べたので報告する。

## 2. 実験方法

## 2.1 実験装置

電解研磨実験装置の構成を図1に示す。

電源はセレン整流器(㈱山本商店、0~20V, 直流)を用いた。電解槽にはガラス製ビーカ(100ml, 300ml)を用いた。電極(陰極)は、銅板(厚さ0.1mm)を円筒状に曲げ、ビーカの壁面に沿わずよう配置した。電解液の攪拌と液温の調整には、ホットスターラ(IKEDA SCIENTIFIC CO. LTD.)を用い、攪拌子は  $\phi 8 \times 30$ mm のものを使用した。また電圧、電流の測定は一般のデジタルマルチメータを使用し、表面粗さは表面粗さ測定機(㈱ミットヨ, SV-C624)で測定した。

## 2.2 試料

試料はTiNi形状記憶合金(大同特殊鋼(株), KIOKALLOY-R, 0.5t $\times$ 5.7W, 帯材)を表面処理剤(㈱ユニカル, Axs-5 No. 32)で黒皮を剥離したものを用いた。この材料の化学組成を表1に示す。なお本研究の目的は線材の鏡面仕上げであるが、基礎的な研磨特性を調べるために研磨面の評価、観察が容易にできるように板状のものを用いた。

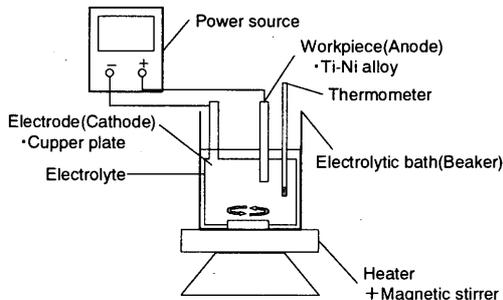


Fig. 1 Experimental apparatus

Table 1 Chemical composition of workpiece (wt%)

Ni	Ti
55.66	Bal.

## 2.3 実験手順

## 2.3.1 電解液の選定のための実験

今回は表2に示す電解液A(アルコール系)<sup>2)</sup>と電解液B(硫酸系)<sup>3)</sup>の2種類について検討することにした。

まずこの2種類の電解液をそれぞれ電解槽に入れて、電解液Aは25°C、電解液Bは60°Cに冷却あるいは加熱した。そして両極間に加える電圧を順次上げていき、これに対応する電流を読み取り、極間電圧-電流密度曲線をつくった。そしてこの曲線を基に電圧と電解時間を数種類設定して電解研磨した後、研磨面を観察し電解液を選択した。

Table 2 Electrolyte

Electrolyte A <sup>2)</sup>	Ethanol(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	210ml
	2-Propanol((CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH)	90ml
	Aluminium(III) Chloride(AlCl <sub>3</sub> )	18g
	Zinc Chloride(ZnCl <sub>2</sub> )	75g
Electrolyte B <sup>3)</sup>	Sulfuric Acid(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	90ml
	Phosphoric Acid(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	90ml
	Water(H <sub>2</sub> O)	120ml
	Sodium Phosphinate Monohydrate (NaPH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O)	9g

## 2.3.2 電解液の攪拌についての実験

選定した電解液を使用して TiNi 形状記憶合金を電解研磨すると、通電後しばらくすると皮膜が付着した。さらに通電を続けると電解液の流れによって皮膜の一部が剥がれ、液中に分散していくのが観察された。そこで電解液の攪拌によって研磨面がどのようになるか調べた。

攪拌の速さ(強さ)は、攪拌なし、微攪拌(攪拌子が連続的に回転する最低値)、攪拌あり(液中央に小さい渦ができる程度)の3種類に設定し、試料の配置は図2(a)(b)のようにした。

以上のそれぞれについて極間電圧を18Vに設定し、20分間電解研磨した後、研磨面(試料の両面: 図中の①面と②面)を観察した。

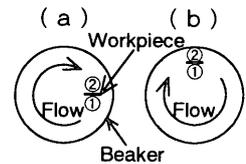


Fig. 2 Location of workpiece

## 3. 結果と考察

## 3.1 電解液の選定

## 3.1.1 電解液Aについて

極間電圧-電流密度曲線を基に、電圧を5V、10V、15V、研磨時間はそれぞれの電圧で流れる電流値に対応して120分、45分、30分にして電解研磨した。その結果、研磨面は白く曇った部分、黒くなった部分もみられたが、一部またはほぼ全面に光沢面が得られた。特に15Vで電解液を攪拌した場合、広い光沢面が得られた。

そこで少し電圧を上げて18Vとし、電解液を攪拌しながら20分間電解研磨したところ試料の片面全面が光沢面になったのでその研磨面の表面粗さを測定した。

表面粗さは研磨前の $0.469\mu\text{ mRa}$ 、 $2.096\mu\text{ mRy}$ が $0.139\mu\text{ mRa}$ 、 $0.498\mu\text{ mRy}$ に向上した。図3、図4に研磨前後の試料の粗さ曲線を示す。図3と図4を比較すると明らかに粗さ曲線がなめらかになっており、電解研磨の効果が認められる。

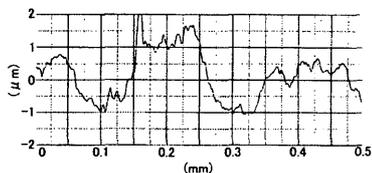


Fig. 3 Roughness curve (before electropolishing)

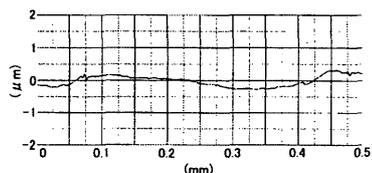


Fig. 4 Roughness curve (after electropolishing)

3. 1. 2 電解液Bについて

極間電圧-電流密度曲線を基に、電圧を3V、4V、研磨時間は15分、5分にして電解研磨した。その結果、いずれの条件でも研磨前より少し白っぽい面になった程度で光沢面はみられなかった。

3. 1. 3 電解液の選択

上記のように電解液Aでは光沢面が得られ、電解液Bでは得られなかった。電解液Bでも電流波形を工夫することにより光沢面が得られる可能性はある。しかし、電解液Aは直流で光沢面が得られ、しかも面品位を悪化させる原因となる試料表面からの気泡の発生がないので、本研究では電解液Aを標準液として研究を進めることとした。

3. 2 電解液の攪拌について

電解液の攪拌の程度と試料の配置を変えて電解研磨した結果(研磨面)を図5に模式的に示す。

攪拌しない場合、試料上部と下部にわずかに光沢面がみられたが、全体的に白く曇り中央部分には灰色と黒い部分がみられた。

攪拌し試料を図2(a)のように配置した場合、面①は攪拌速度が遅いと中央部分に薄く白く曇る部分が残ったが、攪拌速度を速くすると全面光沢面になった。面②はいずれの攪拌速度の場合も中央部分に白く曇る部分が残ったが、速い場合の方が曇る面積は広がった。

攪拌し試料を図2(b)のように配置した場合、面①は攪拌速度が遅いと電解液の流れの上流側の一部に光沢面

ができたが、あとの部分は白く曇った。攪拌速度を速くすると逆に上流側が半円状に白く曇りあとの部分は光沢面になった。面②は攪拌速度が遅いと上流側の一部に光沢面ができたがあとの部分は白く曇った。攪拌速度を速くするとほぼ全面光沢面になった。

以上をまとめると、

(1) 研磨面に電解液の流れがないと皮膜は剥がれ難く、曇り面になる。皮膜の分離のためにある程度の流速が必要である。

(2) 研磨面に電解液の流れによってある程度以上皮膜を面に押し付ける力が働くと白く曇る。皮膜が押し付けられると分離脱落せず残り、曇る原因になると考えられる。

(3) 電解液の流れによって皮膜を表面から引き離す力あるいは面に対して水平な力がかかる部分は光沢面になる。皮膜がうまく剥がれ光沢面が表面に出てくるものと考えられる。

4. まとめ

TiNi形状記憶合金の電解研磨について、電解液の選定とその研磨特性を調べたところ、次のような結果を得た。

(1) アルコール系の電解液でTiNi形状記憶合金を電解研磨により光沢面にすることができた。表面粗さの値として $0.139\mu\text{ mRa}$ 、 $0.498\mu\text{ mRy}$ を得た。

(2) TiNi形状記憶合金の電解研磨においては、電解液を攪拌するなどの方法で研磨面に生じる皮膜を強制的に除去する必要がある。

(3) 電解液の攪拌によって皮膜を除去する場合、研磨面を流れる電解液の流速と方向が表面品位に影響する。あまり研磨面を押しつけるような力がかからないようにしなければならない。

今後は、他の皮膜の除去方法(例えば振動を与えるなど)と電圧や電解時間などの電解条件の検討を行ない、表面粗さの低減(鏡面仕上げ)を目指す。そして線材で製作された器具の研磨へ応用し実用化を図る。

謝辞

本研究を進めるにあたり、工技センター客員研究員としてご指導頂いている近森邦夫氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) (社)チタニウム協会：チタンの加工技術，日刊工業新聞社，(1992)188-189
- 2) 森田直久：純チタンの電解研磨に関する実験的研究，歯科材料・器械，9，2(1990)218-239
- 3) 有村一雄，八木英紀，山田隆裕：チタンの電解研磨，山口県工業技術センター研究報告，10，(1998)1-6

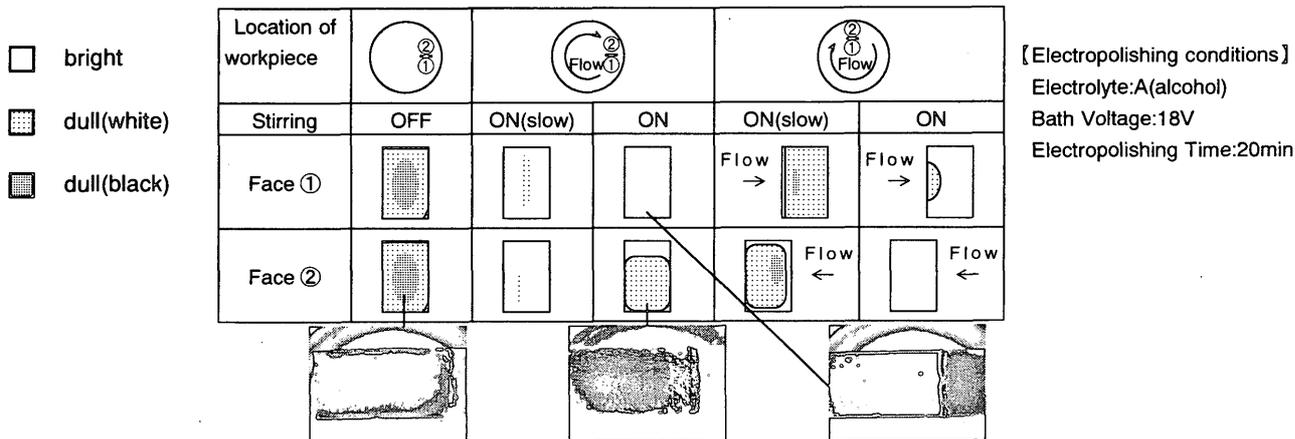


Fig. 5 Electropolishing face(influence of stirring)