写真6 鋼球を用いた場合のEの測定結果，測定される抵抗値の低いことを示す。

文 献

- (1) 山崎正八郎，精密機械，20，130 (1954)；
本誌，10，161 (1959)
- (2) 筆者，精密機械，20，376 (1954)；24，
136 (1958)；生産技術研究所報告，7，225
(1958)
- (3) R. Holm, Electric Contacts Handbook,
p. 35 (Springer, 1958)

アルミニウムおよびアルミニウム合金の電解研摩

松 本 誠 臣*

On Electropolishing of Aluminium and Its Alloys

Studies on Electropolishing of Metals (Part 5)

Shigeomi MATSUMOTO*

As mechanical polishing of aluminium and its alloys is very difficult for their mildness, chemical and electro polishing are widely adopted for these metals, and various compositions of electropolishing bath, acidic or alkaline, for amphoteric aluminium have been suggested. But these baths are effective only for pure aluminium but not for alloys. The author, therefore, investigated electropolishing of various aluminium alloys. In this paper, the result of electropolishing in phosphoric acid-chromic acid bath which he proposes for carbon steels and copper alloys is reported.

- (1) In phosphoric acid-chromic acid bath at comparatively low bath voltage-current density, electropolishing effects on aluminium alloys are good.
- (2) Addition of chromic acid to the bath is effective to make oxydation or passivation of anode uniform, to prevent selective dissolution of added alloying elements and different structure of alloys, and to get smooth surface with luster. Silmin is well polished, silicon contained in it being oxidized and dissolved as colloidal silica.
- (3) Electropolishing of cast material in the bath shows little effect but becomes a little effective after heat treatment such as quenching or annealing.

1. 緒 論

アルミニウムおよびアルミニウム合金は，アルミニウム自体の特質を利用して，今日各種の精密計器，機械部品，光学器機材料および日用雑貨などにかなり広い用途があり，かつ，アルミニウムおよびアルミニウム合金の表面処理技術，すなわち，これら金属を陽極処理するこ

とによって，強じんにして耐食性の優れた酸化皮膜を生成させる技術の発達に従って，さらに広い用途が開拓されてきていることは周知の事実である。本系合金の研摩は，本系合金が軟質金属材料の部類に属するため，機械的研摩はきわめて困難であり，早くより電解研摩法ないし化学研摩法の研究が盛んに行なわれ，研摩効果のよい結果が得られており，今日本系合金に対してはほとんどこれら研摩方法が用いられている。しかし，従来の電解研摩浴の多くは，各種金属によってその研摩浴組成を異にしている。著者は鉄鋼および銅合金の電解研摩浴として著者が提案していたリン酸－クロム酸系電解研摩浴に

† 金属材料の電解研摩に関する研究（第5報）

* 武蔵工業大学・生産機械工学科

（東京都世田谷区玉川等々力町1丁目）

Musashi Institute of Technology

て研磨効果を検討したところ、本系合金に対してもきわめてよい結果が得られたので、その研磨条件について報告する。

本系合金に從來発表されている研磨浴について検討してみると、本系合金は、その特性として、鉄鋼、銅合金と異なり、酸性およびアルカリ性の両者の浴が使用されることである。田島氏はリン酸に、寒天およびカセイソーダを添加した浴を提案しておられる。本系浴において問題となる点は、電圧—電流密度が高く、この結果浴温が上昇しやすく、かつ、アルミニウム自体は陽極において、他の金属に比して過熱されやすく、ピットを起こす原因となり、鏡面を得ることが困難となっている。本法の改良法として田島氏は均一溶解性を増し、所要電流密度を低下させる浴組成としてリン酸—硫酸—クロム酸系浴を提案している。前記のリン酸—硫酸—クロム酸浴において田島氏は、硫酸の添加は浴の電導性および均一溶解性を増すが、酸食を起しやすく、これを防止する目的でクロム酸を添加したとしている。著者はこのクロム酸が陽極であるアルミニウム表面にきわめて薄く比較的丈夫な酸化皮膜が生成するのを助け、この皮膜が陽極表面の平滑化作用に役立つものであると考えるため、著者が鉄鋼および銅合金に対して使用したリン酸—クロム酸浴が本アルミニウム系合金にも適用できるものと考え、前述のように研磨条件を見出した。

2. 実験方法

浴組成は著者が鉄鋼および銅合金に使用したように、リン酸 (S.G = 1.7) 100cc に対して、クロム酸 25g を添加し、100°C 近くまで加熱、クロム酸を完全に溶解させたのち 70°C に保って用いた。実験装置および方法は前報²⁾と同様である。本実験に使用せるアルミニウムおよびその合金の種類は第1表のとおりである。

3. 実験結果および考察

前緒論においても述べたようにアルミニウムはそれ自体大気中にて、その表面に安定な酸化皮膜を作りやすい。この性質が電解研磨において平滑光輝面を得ることを助けているものと考えられる。すなわち、リン酸に酸化剤であるクロム酸を添加したものは、その陽極に分子的厚サの酸化アルミニウムを形成し、研磨効果を上昇させるものと考えられる。

3-1 アルミニウム

純アルミニウムに対するリン酸—クロム酸電解研磨浴は比較的、低電流密度、低電圧で行なわれた。すなわちその陽極における挙動を陽極電流密度—浴電圧特性曲線で示すと第1図に示すようになる。電流密度、浴電圧を零より漸次上昇せしめると、浴電圧が 2~10V の範囲で

は、陽極表面に酸化皮膜が形成され、浴電圧の上昇に対して、電流の上昇はほとんどなく、10V 以上において陽極の酸化皮膜は凸部より破壊されて、電流密度は徐々に上昇し陽極の溶解が始まる。16V 近傍になると電流計、電圧計は周期的に振動が始まる。これは明らかに陽極における溶解と酸化皮膜の生成が交互に行なわれているものと考えられる。しかしながら、この電流密度範囲においては、陽極は局部的に加熱を受け、本浴のように濃リン酸液においては熱の対流、伝導による陽極の冷却は少なく、多少のカクハンにおいても陽極の加熱は防止できなく、この加熱による影響も、この電流、浴電圧の振動に関係あるものと考えられる。研磨条件は 15V、20~40 A/dm² である。

アルミニウムは多く圧延した板材として使用されるものが多い。研磨効果は加工材についていえば、加工度の差異、鑄造材についていえば鑄造の冷却速度、また鑄造において使用する材料の純度などに影響を受ける。鑄造材は粗大な結晶と不純物により平滑面が得にくいのに対し、純度の高い板材はきわめて反射率の高い平滑光輝面が得られた。

3-2 ジュラルミン

本系合金についての陽極特性曲線を第2図に示した。

第 1 表

試料	記号	化学成分	熱 処 理	注意事項
Al	A	99.8%Al 0.1%Fe 0.1%Mg	圧 延 材	
ジュラルミン	AC ₁	50%Cu 0.15%Si	砂型鑄造のまま	
	AC ₂		金型鑄造のまま	
	AC ₃		510°Cより10h水冷	砂型の試料
ラウタール	ACS ₁	4 % Cu 5 % Si	砂型鑄造のまま	研 磨 困 難
	ACS ₂		金型鑄造のまま	研 磨 や や 困 難
	ACS ₃		500°C 10h 水冷	砂型の試料 研 磨 良 好
	ACS ₄		同 上	金型の試料 研 磨 良 好
	ACS ₅		300°C 10h 焼モ ドシ	同 上
シルミン	ASM ₁	12% Si	砂型鑄造のまま	β
	ASM ₂	0.42%Fe	200°C 10h 焼モ ドシ	γ
Y 合金	Y ₁	4 %Cu 1.5%Mg	砂型鑄造のまま	研 磨 困 難
	Y ₂	27 %Ni 0.4%Fe	同上の試料400°C 2 h 焼ナマシ	研 磨 良 好
ヒナドリロウム	AM ₁	6 %Mg	砂型鑄造のまま	研 磨 困 難
	AM ₂		400°C 2 h 焼ナ マシ	研 磨 良 好
Al-Cu		8 %Cu	砂型鑄造のまま	研 磨 困 難

第 1 図

第 2 図

第 3 図

この図に示されるように、本系合金の特性曲線は前項で述べたアルミニウムのそれと類似している。すなわち、浴電圧を漸次上昇させても 10V 前後までは陽極不働態による皮膜のため電流の上昇は見られない。12V に浴電圧が達すると電流は多少流れ始める。これは陽極表面に生じた皮膜が部分的にハク離し始めるためと考えられる。浴電圧が、15V 以上になるとアルミニウムの場合と同様電圧計は 15V と 20V の間で周期的に振動しながら電流が急激に流れ始め、研摩条件領域に入る。研摩条件は 20V - 20~30A/dm² である。

アルミニウム-銅系合金である本系合金は熱処理を施すことによって、その諸性質が改善される。すなわち、時効硬化、焼入硬化、焼モドシ硬化などが認められるがこれらの処理によって研摩効果は当然左右されることが考えられる。砂型および金型の casting material, および 510°C, 10h 保持し、水中冷却したものについて、その研摩効果を比較してみると、CuAl₂, Mg₂Si などの析出の状態が研摩効果にきわめて影響あることがわかった。これら化合物中で最も有害であると考えられるものは Mg₂Si である。すなわち、これが多量に表面に析出しているものは、陽極表面に黒色粉末状の不溶性塩が沈積する。これは Mg₂Si の影響と思われる。同じ casting material でも砂型のものより金型の方が研摩効果がよかった。これは合金の凝固速度による組織の粗細度によるものであると考えられる。焼入させたものについては、 casting material したときの結晶粒が成長して粗大化したものに比較して 10h の加熱により化合物の分布状態が均一化され研摩は容易となり、かつ研摩効果は良好になった。

3-3 シルミン

従来、本系合金に対する電解研摩はきわめて困難視されて来ている。これは本合金中に含まれているケイ素によるためであると考えられる。しかしながら、著者はケイ素鋼の電解研摩に本リン酸-クロム酸浴を使用したところ、ケイ素鋼に含有されているケイ素元素は酸化ケイ素として、コロイド状に溶出し、研摩されることがわか

った。本合金においても同様なことが考えられる。陽極特性曲線は第 3 図に示した。浴電圧 25V まではほとんど浴電圧の上昇に対して、電流の上昇は見られず、25V 以上において、陽極に蓄積された酸化アルミニウム、酸化ケイ素は漸次ハク離、溶出し、30V 前後において、浴電圧は周期的に振動しながら電流の上昇が見られ 30~35V - 100A/dm² 前後で研摩効果がきわめて良好となり平滑面が得られた。

鑄造材は Al と Si の共晶組織であり研摩は困難であった。この理由はケイ素の多量共存によるものと考えられる。しかし、200°C, 10h の焼ナマシ処理により研摩効果は著しく改善された。これは Al の結晶粒と非常に細かい特殊な共晶組織になるためと考えられ、これが鑄造材と研摩効果を異にする理由と思われる。

3-4 Y 合金

本系合金は、ほとんど鑄造状態のままで用いられるものが多く、その研摩効果はシルミンと同様に研摩は困難視されている。その陽極特性曲線は第 4 図に示した。この傾向はシルミンときわめて類似しており、研摩条件は 25V-80A/dm² である。

鑄造したままのものは研摩効果はほとんどないが金相学的応用には十分役立つ。鑄造材を 400°C に 2h 保ったのち、焼ナマシしたものは研摩効果が著しく改善された。

3-5 ラウタル

本系合金も、シルミン、Y 合金と同様に鑄造のまま使用する場合が多い。鑄造材については研摩効果は悪く、これを 500°C で長時間加熱すると CuAl₂ の化合物はほとんど Al の初晶中に固溶され、またケイ素の結晶はシルミンのように針状結晶とはならず、丸味を帯びる。それゆえ、研摩は容易となる。陽極における特性曲線は第 5 図に示すとおりである。周期振動はきわめて大きく 10~20V の範囲で振動しながら研摩される。研摩条件は 15V - 150~170A/dm² である。

研摩効果の順は 510°C で 10h 保ち後水冷した焼入材、

第 4 図

第 5 図

第 6 図

第 7 図

300°C より焼ナマシたものがこれに次ぎ鑄造材でも金型のものの方が砂型より研磨効果は良好であった。

3-6 Al-Cu 合金

アルミニウム中へ銅の固溶する範囲は510°Cで47%内外であるが、8%銅を添加したものを本実験に採用した。本系合金の陽極特性曲線は第6図に示した。他のアルミニウム合金に比して比較的低浴電圧にて周期的振動が見られ、6V以上においては浴電圧のわずかな上昇に対し、電流の増加率はきわめて大となる。これは高電流による陽極および一部の液の局部的加熱の影響が大いにあるものと考えられる。この影響による条コン、および局部過熱により部分的な曇りを生ずる。このため研磨条件は10V150~200A/dm²がよい。

8% Cu 合金は最も鑄造しやすく、鑄造材として広く利用されているが、研磨効果はあまりよくないが組織検査にかなり利用できるものと考えられる。焼入レしたものは、その研磨面は真珠のような色沢を有する。

3-7 Al-Mg 合金

本系合金が耐食性合金であるため、他のアルミニウム

合金に比して、不働態化皮膜は丈夫であり、これを破壊するためには高電圧を必要とすることが考えられる。この陽極特性曲線は第7図に示したように 浴電圧が40Vに達するまでは、電流の上昇は徐々にあり、40V以上においては電流の急激の上昇に伴ない浴電圧は降下し、20V—50~70 A/dm²で研磨領域に入る。

本系合金においても鑄造材の研磨効果は悪く、400°Cで2h保ったのち、焼ナマシたものは研磨は容易となる。

4. 結 論

従来、アルミニウム系合金の電解研磨に関しては主として純度の高いアルミニウム単体に限られていたが、他のアルミニウム合金についても、その研磨効果および研磨条件について検討してみた。その結果を要約すると次のとおりである。

① リン酸—クロム酸浴において、アルミニウムおよびアルミニウム合金は比較的低浴電圧—低電流密度で研磨することが可能である。

② ケイ素元素を含むシルミンなどのアルミニウム合金において、ケイ素元素は不溶性の酸化ケイ素を生じ、陽極表面に蓄積されるが、これは水洗により簡単に除去でき、またコロイド状となり溶出し、陽極は比較的平滑に研磨される。研磨効果は陽極表面に析出しているケイ素元素およびこの金属間化合物の量および分布に左右される。

③ アルミニウム単体については、きわめて反射率のよい平滑、光輝面が得られた。各種合金については鑄造材はほとんど研磨効果がなく、組織検査に役立つ範囲に限定されるが、これら鑄造材を焼入レ、焼ナマシ、などを行なうことにより研磨効果が著しく改善された。

最後に本研究に種々ご指導とご援助とを下された、武蔵工業大学 呂戊辰教授、ならびに日本大学理工学部 岡俊平教授に対し深謝の意を表する。

(1960.9.15 受理)

文 献

- (1) 田島栄, 電解研磨と化学研磨, p.32. (1958, 産業図書)
- (2) 松本誠臣, 本誌, 11, 351 (1960)