

# 陶磁器とアルミニウム箔の陽極接合における接合条件の影響

研究開発科 山口典男  
新潟大学 大橋 修\*

## 要 約

陶磁器製品への金属箔の低温接合を目的とし、陶磁器とAl箔の陽極接合における条件因子の影響について検討した。石灰釉を施した陶板にAl箔を載せ、所定の条件で陽極接合を行ない、テープ剥離試験にて接合性を評価した。350℃、500Vの条件において接合時間が15min以上で接合性が良いことが確認された。また、接合温度、印加電圧の上昇により接合性は向上し、より強固な接合を得ることができた。350℃では800Vで、450℃では、500V以上で剥離面積割合が10%以下となった。陶磁器とAl箔の接合性は、釉薬層の分極状態に依存し、接合時の電流変化から算出される電荷量とよい相関を示すことが明らかとなった。

キーワード：陶磁器、釉薬、ガラス、金属箔、陽極接合、電荷量

## 1. はじめに

陶磁器製品への金属のコーティングや接合は、一般的に高温での焼付けが主である。例えば、加飾のひとつである金彩は、金液を用い600～750℃で焼成することで得られる<sup>1,2)</sup>。また、誘導加熱(IH)用土鍋などでは、銀転写紙を用い、約850℃で焼成される<sup>3)</sup>。このように陶磁器と金属という異種材料の接合には高温が必要となる。

ところで、陽極接合は、インクジェットプリンタヘッドや加速度センサーといった電子デバイスを製造する際に利用される接合技術である<sup>4)</sup>。この接合方法は、ガラスと導体を加熱下で電圧を印加して接合する方法で、一般的にアルカリイオンの移動度が高くなる約300℃以上で接合が行なわれる<sup>5)</sup>。

陶磁器に施されている釉薬層は、ガラス相から構成されていることがほとんどであり、陽極接合を適用できると考えられる。そこで、陽極接合プロセスを利用し、陶磁器とアルミニウム箔(以下、Al箔)の接合の可能性を検討することを目的とし、温度、電圧、時間などの接合因子について検討した。

## 2. 実験方法

### 2.1 陽極接合

ゼーゲル式が $0.06 \text{ K}_2\text{O} \cdot 0.31 \text{ Na}_2\text{O} \cdot 0.62 \text{ CaO} \cdot 0.56 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 4.90 \text{ SiO}_2$ からなる石灰釉を施した一辺が約30mm、厚さ約4mmの陶板の上に一辺約20mm、厚さ約1 $\mu\text{m}$ のAl箔を重ね、図1に示すような配置で陽極接合装置にセットした。ヒーターを所定温度に加熱し、接合試験片の温度が均一となるようにするため、30min経過後、所定電圧を印加した。接合時間の影響を検討するために、接合温度( $T_H$ )350℃、印加電圧500Vの条件のもとで電圧印加時間を1, 5,

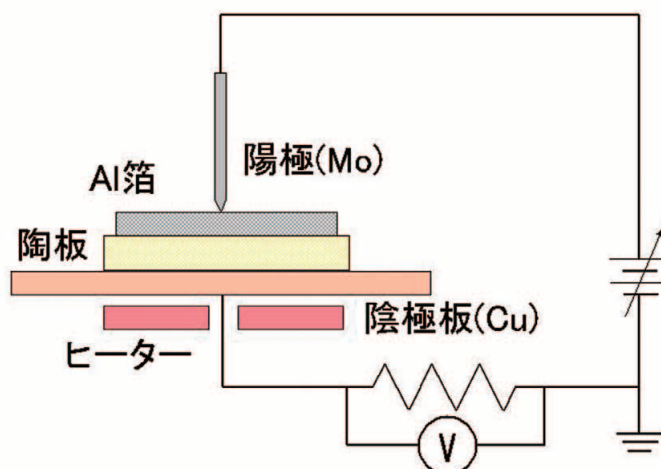


図1 接合装置概略図

\* 新潟大学大学院自然科学研究科

15, 30minとし接合実験を行なった。次に加熱温度、印加電圧の影響を検討するために、接合温度250, 350, 450℃、印加電圧200, 500, 800Vで接合した。このとき、電圧印加時間は15minとした。

また、接合時に試験片に流れる電流を測定するために、抵抗(1kΩ)両端の電位差を計測した。

### 2.2 テープ剥離試験

接合したサンプルの剥離しやすさを評価するために、テープ剥離試験を行なった。粘着力が22N/25mm幅のテープをAl箔側に貼り付け、10s指で押さえつけた後50s静置してから、接着面に対して180°の方向にゆっくりとはがした。残存しているAl箔の面積は点算法にて計測した。点算法におけるメッシュは一辺15mmの1mm間隔とした(図2)。

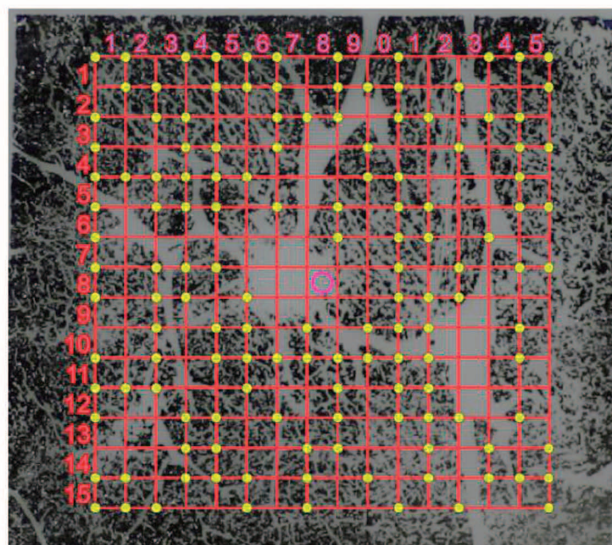


図2 点算法による面積計測方法

## 3. 結果及び考察

### 3.1 電圧印加時間の影響

電圧印加と同時に、Al箔は釉薬表面に引き寄せられるような動きを示した。このことから、接合初期においても、電場により釉薬中のアルカリイオンが移動していると考えられ、Al箔と釉薬の間に静電引力が作用していることが示唆された。

テープ剥離試験後のAl箔の状況を図3に示す。また、Al箔の剥離面積割合を図4に示す。この結果から、接合時間が長くなるにつれて、剥離するAl箔が減少していることが明らかとなった。接合時間の増加により、釉薬とAl箔の界面における化学反応が進行していることが推察された。

### 3.2 接合温度と印加電圧の影響

種々の接合温度、印加電圧で接合したサンプルのテープ剥離試験後の概観、剥離面積割合を図5、図6に示す。接合温度が250℃では、印加電圧を上げてもほとんど接合しなかった。一方、接合温度が350℃以上では、印加電圧により強固な接合が達成された。350℃では800V、450℃では500Vでほぼ全面で接合することが確認された。このように、接合温度、印加電圧が高いほど良好な接合が行なわれることが明らかとなった。

### 3.3 電荷量と接合性

上述のとおり、接合時間が長く、接合温度、印加

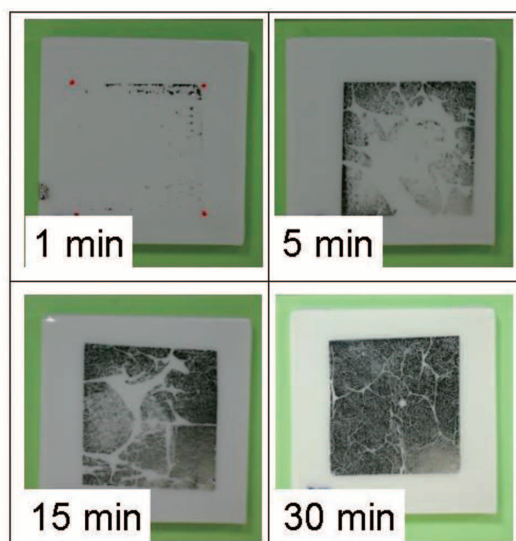


図3 接合時間の異なる試験片の剥離試験後の概観（接合温度：350℃，印加電圧：500V）

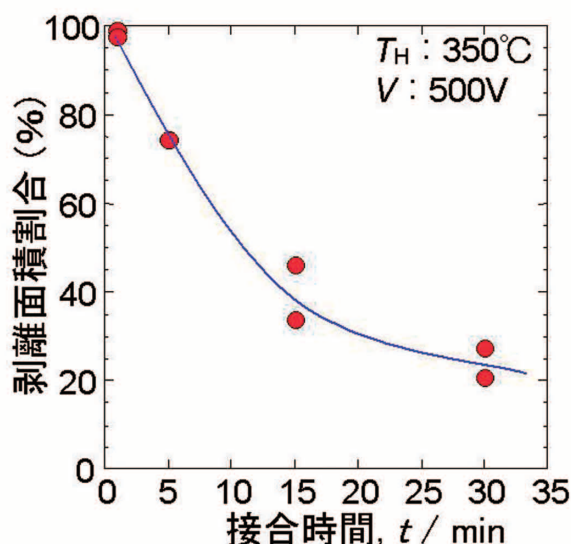


図4 接合性に及ぼす接合時間の影響

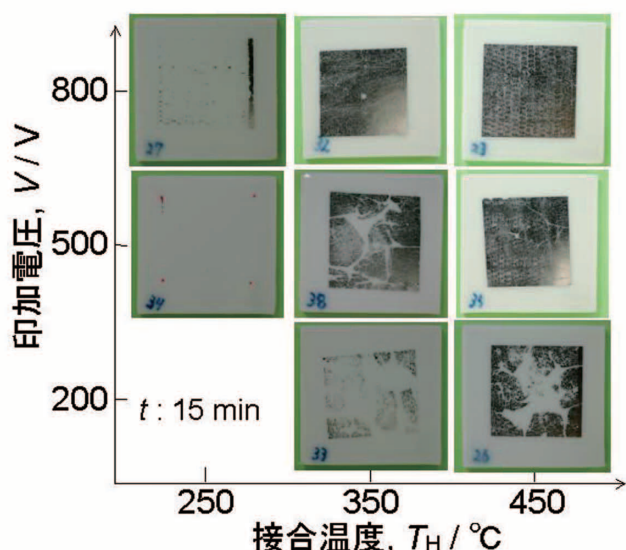


図5 接合温度・印加電圧の異なる試験片の剥離試験後の概観

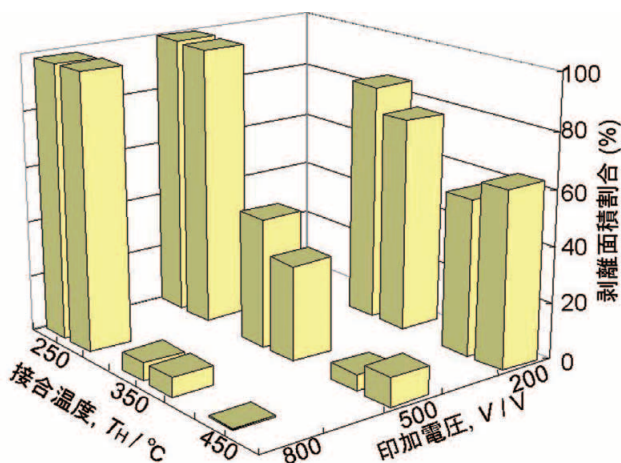


図6 接合温度・印加電圧が接合性に及ぼす影響

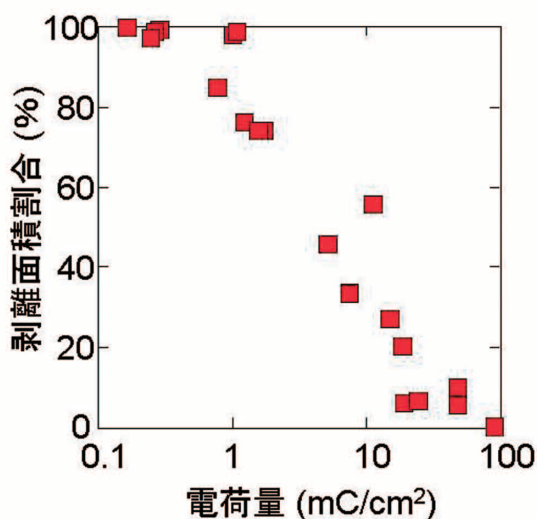


図7 電荷量と剥離面積割合の関係

電圧が高いほど接合性は良好であることが明らかとなった。そこで、接合サンプルに流れる電流から、釉薬中の分極状態を（1）式により見積もった。

$$Q = \int I(t) dt \quad (1)$$

ここで、Qは電荷量(C)、I(t)は電流の時間変化である。単位面積あたりの電荷量と剥離面積割合の関係を図7に示す。電荷量が増加するにつれて、剥離面積割合は減少することがわかった。約20mC/cm<sup>2</sup>以上で強固な接合が達成されることが分かった。このことから、接合施工因子として、接合時間、接合温度、印加電圧が挙げられるが、接合状態は電荷量により著しく影響されることが明らかとなった。この結果をもとに450℃、800Vの条件で、約20mC/cm<sup>2</sup>となるための時間は約3minであり、高温高電圧を印加することで大幅な時間の短縮を図ることが可能であると推察された。

#### 4. まとめ

陶磁器とAl箔の陽極接合を行ない、以下の知見を得た。

(1) 陽極接合プロセスを用いて、釉薬を施した陶磁器上にAl箔を350～450℃という低温で接合できることが確認された。

(2) 接合時間が長く、接合温度、印加電圧が高いほど接合性が向上することが分かった。強固な接合を達成するには、350℃では800V、450℃では500V必要であった。

(3) 釉薬の分極状態、すなわち電場によるアルカリイオンの移動量が接合状態に密接に関係していることが明らかとなった。20mC/cm<sup>2</sup>以上で剥離面積割合が約10%以下となった。

#### 文献

- 1) 浜野健也他編，窯業の事典，朝倉書店(1995) p.250.
- 2) 素木洋一，陶芸セラミック辞典，技報堂出版(1982) p.1032.
- 3) 小林康夫ら，高機能土鍋の開発研究，三重県工業技術総合研究所研究報告，No.23, pp.143-146(1999).
- 4) 前田龍太郎ら，MEMSのはなし，日刊工業新聞社(2005) pp.55-82.
- 5) 最新「異種材料」の接着・接合 トラブル対策事例集，技術情報協会(2006) pp.313-338.