

利用課題番号 : F-13-WS-0023
 利用形態 : 共同研究
 利用課題名 (日本語) : ナノめっき技術を用いた硬質貴金属電気接点の実用化研究
 Program Title (English) : Study of hardened noble metal contacts constructed by nano-plating technique
 利用者名 (日本語) : 河野 真治
 Username (English) : Shinji Kouno
 所属名 (日本語) : 1) 田中貴金属工業株式会社
 Affiliation (English) : 1) Tanaka Kikinzoku Kogyo, Co., Ltd,

1. 概要 (Summary) :

高信頼性を有するポテンショメータ、リレースイッチの電気接点材にはAgを主成分とする貴金属材料が用いられており、製品の小型化及び貴金属量の低減の市場要請が強まっている。これら電気接点の製造は、カシメ接合、金型成形、マイクロスポット溶接等を駆使して行われているが、1 mm 以下の微小サイズ領域の製品では μm 以下の寸法精度が必要であり現工法では困難である。本研究は現工法の改良ではなく、既に μm 以下の寸法精度を有するナノめっき技術を 1 mm 以下のリベット形状電気接点材の製法に応用し、貴金属接点の小スケール化による貴金属使用量の低減と製品の小型化を目指すものである。

本研究で製作するリベット形状を Fig.1 に示す。このキノコ型の形状は上面が電気接点面で下部が構造体に接合される部分となる。寸法の単位は μm であり、現状の製品形状の 1/10 スケールを狙いとしている。公差も精密公差として一般的な $5\mu\text{m}$ を基準とした。

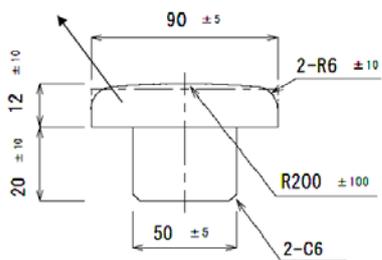


Fig.1 Shape of the rivet and the tolerance (unit μm).

2. 実験 (Experimental) :

本研究では電気接点として機能させるため、Agめっきの硬質化を検討し、実際にフォトリソグラフィを用いて接点形状を作製・寸法精度の評価を行った。具体的には、角型・丸型接点形状を銅にて作製し形状安定性および寸法精度の確認、次にAuの膜上にAgめ

っきを施す事により接点面を硬質化させる試験を行い、微小硬度計にて測定した。この作製中においてUV露光装置、分極測定装置 HZ5000 を利用している。また、作製した微小体の形状と表面状態を光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡(S-4800)にて確認し、作製した膜の組成をグロー放電分析機 (GD-OES)、レーザー顕微鏡にて微小体の位置座標を計測した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

Fig.2 に作製した角形状、円形状のリベット接点のSEM像を示す。マスクパターンからオーバーハングさせた上面の形状をみてもR形状、左右の等方成長も確認でき、リベット形状が形成されている。

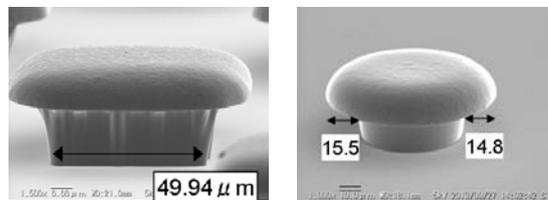


Fig.2 Left : square shape ($\square 50\mu\text{m}$ mask)
 Right : circular shape ($\phi 50\mu\text{m}$ mask)

次に円形リベットの8個の計測値の各統計と円のX方向Y方向の長さの差を Table1 に示す。X-Yは簡易的であるが真円度とみなせる。平均値は調整可能としても、Rangeが大きく公差 $5\mu\text{m}$ に近い。生産における安定性も考慮すると σ の値はこの半分以下が望ましい。

Table 1 Width for target of $\phi 90\mu\text{m}$ and X-Y (unit μm).

材質	統計名	幅寸法	X-Y
Cu	平均	87.52	2.15
	σ (標準偏差)	1.40	1.19
	Range	4.85	4.40
Au-Ag	平均	92.31	1.82
	σ (標準偏差)	1.30	1.05
	Range	3.60	2.60

現状の σ を他の技術と比較すると、精密プレス成形品と同等程度と考えられる。

次に、Au-Ag 膜における硬度計測結果と組成を Table 2 に示す。

Table 2 Composition and hardness.

Au	Ag
45.6 wt. %	54.4 wt. %
31.6 at. %	68.4 at. %

(-400 mV vs. Ag/AgCl, 10 min)

Hardness 2.83GPa、Hv123

組成は重量比でほぼ 1 : 1 であり、ビッカース硬さが 123 Hv であった。現状の製品における硬さが 200Hv であり、硬い方が一般に接点寿命が延びる傾向にあるため、より硬い方が望ましい。より硬度を上げる方策として Au-Ag の合金化の他にも酸化物をめっき膜中に分散させる技術開発も必要と思われる。

最後に Ag めっき膜表面の SEM 像を Fig.3 に示す。左図がめっき浴条件における Ag のモル濃度が 2 mM であり、右図が 4 mM である。

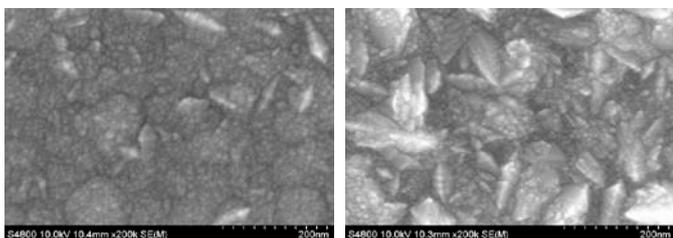


Fig.3 SEM images of film surface.
Left : Ag 2mM, Right : Ag 4mM

Fig.3 右において、100 ナノサイズのデンドライト状の粒成長が見られる。一方、左図では平坦な膜が形成されている。電気接点としては針状の表面では溶着性が改善され、平坦の表面では消弧性が良くなると言われている。このような機能制御を Ag のモル濃度のみでできれば、多品種生産に対応でき新たな付加価値を生む可能性がある。

まとめとして、

- ・ナノめっき法を応用しリベット体を作製、接点面の R 形状、角形状、円形状を製作できた。
- ・寸法精度はレンジで寸法公差 5μ 程度、これは現状の精密プレス成形品と同程度。

- ・めっき膜のナノ粒子化により Au 上の Ag の硬度を Hv123 に高めた。めっき条件により膜の結晶状態を制御でき接点性能の改善が期待できる

本研究により通常プレス成形品で作られるリベット電気接点においてもボトムアップの手法の一つである「めっき法」で製造可能であることが示された。ただし生産を考える上で、寸法の安定性が十分とは言えない結果であった。

今後は、更なる硬さの向上における研究開発と、寸法の安定性を確保する生産技術的な開発、微小体の搬送・接合技術開発を並行的に進めていく必要がある。

4. その他・特記事項 (Others) :

本研究は、早稲田大学の斎藤教授、加藤邦男次席研究員、および竹内輝明准教授との共同で行われたものである。

また、本研究は JST ナノテクノロジープラットフォーム 研究設備の試行的利用事業の採択により実施した。ここに、ご協力頂いた JST 産学連携員 戸田氏、早稲田大学ナノ理工学研究機構殿、NIMS 業務部に感謝の意を示す。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

なし

6. 関連特許 (Patent) :

なし