

# アルミナセラミックスの銅電鍍被覆配線

田尻桂介<sup>1,A)</sup>、壁谷善三郎<sup>B)</sup>、中村止<sup>C)</sup>、山中泰宏<sup>C)</sup>、金正倫計<sup>D)</sup>、斎藤芳男<sup>E)</sup>

A) 三菱エンジニアリング(株) 実験総括部

〒455-8515 愛知県名古屋市港区大江町10番地 三菱重工業(株)名古屋航空宇宙製作所内

B) 三菱重工業(株) 名古屋航空宇宙システム製作所

〒455-8515 愛知県名古屋市港区大江町10番地

C) 旭金属工業(株)

〒503-01 岐阜県安八郡安八町牧字新長田4851-4

D) 日本原子力研究所 大強度陽子加速器施設開発センター

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方2-4

E) 高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

## 概要

高融点金属法で部分的にメタライズしたアルミナセラミックスに銅電鍍を施し、メタライズ部を銅電析物で被覆したRFシールド配線を形成させた。電鍍法としては電析物の電気伝導度が高いPR銅電鍍<sup>[1][2]</sup>を用いた。また、これらの被覆配線間を繋ぐ架橋配線についても開発し、日本原子力研究所が建設する大強度陽子加速器の3GeVシンクロトロン用真空ダクトに適用した。

## 1. はじめに

日本原子力研究所の大強度陽子加速器計画で建設中の3GeVシンクロトロン用真空ダクトはアルミナセラミックスで製作される。このダクトを銅電鍍でストライプ状に被覆できれば、ISISのステンレスワイヤ・ダクト内組込方式に替わる、嵩張らずに、メンテナンスフリーなRFシールド配線をダクト外面に形成できる。そこで著者等はろう付け前処理として知られる高融点金属法で形成させたメタライズ層を下地とする銅電鍍被覆配線の開発に取り組んだ。また、これらの配線間を繋ぐ架橋配線についても併せて開発した。

## 2. アルミナセラミックスの銅電鍍被覆配線

アルミナセラミックス上に銅電鍍で配線するには、セラミックスの被配線部に導電性の中間層を形成させる必要がある。著者等はこの中間層としてろう付け前のメタライズ処理として行われている高融点金属法(Mo-Mn法)を用いた。この高融点金属法は1950年頃に真空管のガラス封止用に開発された技術である。<sup>[3]</sup>メタライズ層の表面は金属モリブデンで覆われているので導電性を有している。アルミナセラミックス上の銅電鍍被覆配線の形成プロセスを図

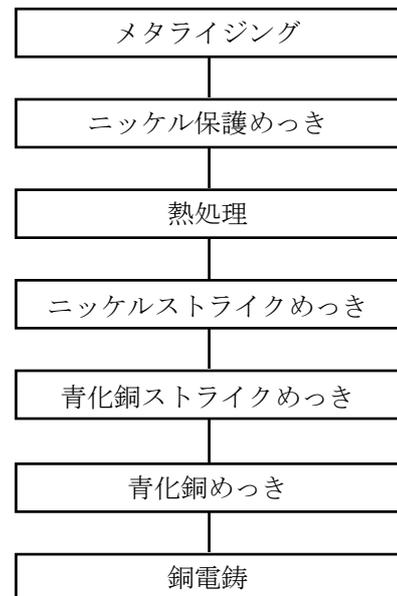


図1：被覆配線の形成プロセス

1に示す。

メタライズ後のニッケル保護めっきに対しては、下地めっきとして機能させるために、ろう付けの場合よりも高い品質が要求される。即ち、ニッケルめっきは欠陥が無く、厚さが2～3μmで、均一にメタライズ層を覆っていなければならない。このニッケルめっきは熱処理によりメタライズ層としっかり密着する。青化銅めっきは銅電鍍の密着性を良くするための下地めっきとしての役割を果たすと同時に、電鍍工程で用いる処理液からメタライズ層を保護する。

<sup>1</sup> E-mail: k-tajiri@churyo.co.jp

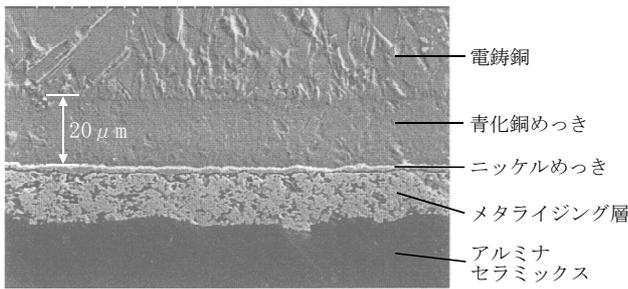


図 2 : アルミナ母材上の銅電鍍断面

図 2 にアルミナ小片上に形成させた銅電鍍の断面観察像を示す。12~15 $\mu\text{m}$ 程度のメタライジング層、数 $\mu\text{m}$ のニッケルめっき、並びに約20 $\mu\text{m}$ の青化銅めっきが銅電鍍とアルミナ母材との間に観察される。この試験片の密着強度を調べたところ4kg/mm<sup>2</sup>前後であった。図 3 に被覆配線を施したダクトモデル(長さ 1 m)の外観を示す。



図 3 : 被覆配線を施した1mダクトモデル

### 3. 被覆配線間の接続(架橋配線)

長いアルミナ管は入手し難いので、ダクトは複数のアルミナ管(単位ダクト)をろう付け接合して製作される。また、ダクトの両端には金属製フランジがろう付けで取り付けられている。従ってRFシールド配線はストライプ状の被覆配線とこれらを繋ぐ配線から構成されるが、この接続用配線は被覆配線を形成させた後、単位ダクト間のろう付け部に接触しない様に架橋して形成させる必要がある。(架橋配線)

架橋配線の形成方法としては、ロストワックス法を応用した「架橋電鍍」と金属細線を電鍍で固着する「電鍍接合」とを試みた。何れもろう付けや半田付けとは異なって非加熱プロセスであり、ダクト本体やダクト本体と被覆配線との界面を傷める心配がない。前者ではストライプ部と同じ幅、同じ高さの見映えの良い架橋配線が得られるが、部品サイズが大きくなるにつれて作業性が悪くなる。後者では、形成される架橋配線は前者に比し見映えは落ちるが、簡便で作業性が良く、架橋配線の中にダクトに必要なコンデンサーを容易に組み入れることができるという大きな利点がある。実機ダクトには後者を採用

した。

### 3.1†ロストワックス法を応用した架橋電鍍

本方法にて製作した小型ダクトモデルの架橋部外観を図 4 に示す。本法では一旦約0.5mmの厚さまでストライプ部配線を形成させておき、この配線間の窪みにワックスを充填する。この後、金属粉を擦り込む導電処理を施し、再びストライプ部ともども約0.5mm電鍍する。最後にワックスを除去すると、架橋部を有する所期のシールド配線が完成する。前述の様に、本法は被覆配線部に目標厚みの半分程度まで電鍍したうえで架橋電鍍を行い、架橋部のみならず被覆配線全体に残りの厚みの電鍍層を形成させるので、配線は架橋部で段差を生じない。

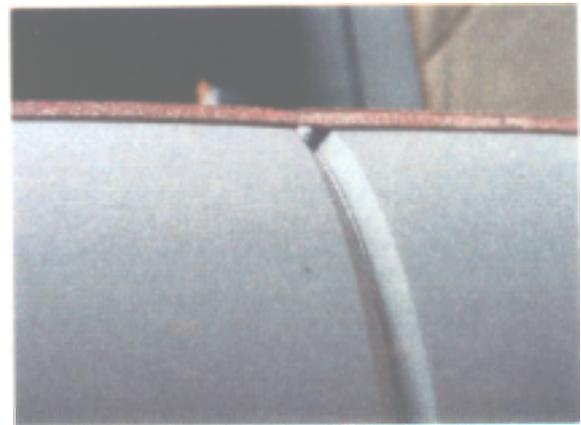


図 4 : 小型ダクトモデルの架橋電鍍外観

### 3.2†金属細線を電鍍で固着させる電鍍接合

この方法は被覆配線完了後、被覆配線間に金属細線を渡し、その端部を銅電鍍で固着・接合させるものである。即ち、金属細線を包み込んで被覆配線と一体化させる様に銅電鍍層を形成させる。電析物がこの様に成長する様子は接合部断面の金属組織観察で確認することができる。

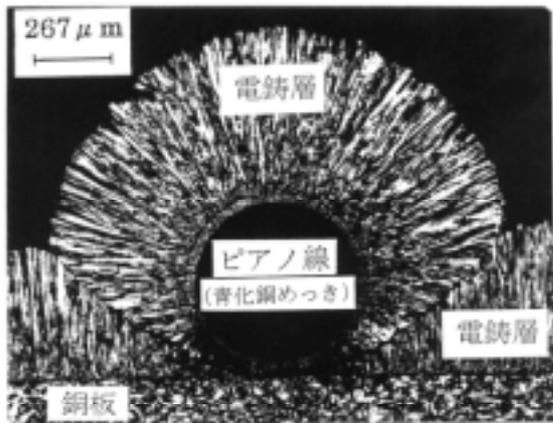


図5：電鍍接合部断面

図5はこれを示したもので、予め青化銅めっきを施した直径 0.5mm のピアノ線を銅板に電鍍接合したものの観察像である。ピアノ線と銅板の双方から成長してきた針状の電鍍層がぶつかり合って境界を形成しているのが分かる。

本方法で製作した架橋配線の外観を図6、並びに図7に示す。図6は金属細線(予め青化銅めっきを施した直径 0.3mm の SUS316 線)を接合すると同時に接合部以外でも同細線を銅電鍍で被覆して架橋部の通電容量を増加させたもので、単位ダクト間の接続に用いられる。一方図7は金属細線(直径 0.5mm の銅線)の接合のみを行い、その後同細線内にコンデンサーを組み込んだものである。これはダクトとフランジとの間の接続に用いられ、渦電流を遮断する機能を有する。

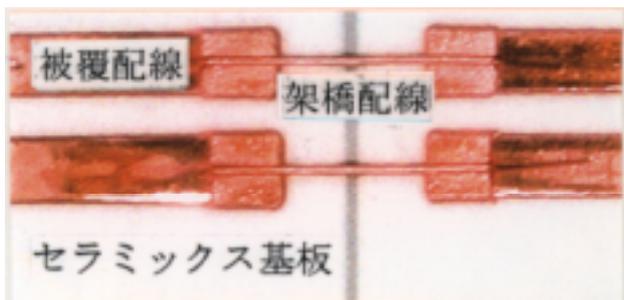


図6：銅電鍍被覆タイプの架橋配線外観



図7：コンデンサー組み込みタイプの架橋配線外観

#### 4. むすび

アルミナセラミックスの銅電鍍被覆配線がメタライジング技術の応用により可能となった。また、被覆配線間を繋ぐ架橋配線も銅電鍍技術を応用して形成できた。これらの技術により、世界で初めての『銅電鍍シールド配線を有するセラミックダクト』が実現できた。本技術はシンクロトン用ダクトのみならず、ステアリングコイル等の磁石製品や各種モニター等、絶縁物（セラミックス、フェライト、プラスチック）の上に複雑な配線（特に電力配線）が必要なリニアック周辺機器への広範囲な適用が考えられる。

#### 参考文献

- [1]田尻桂介、壁谷善三郎、斎藤芳男：真空、Vol.44, No9(2001)
- [2] K. Tajiri and T. Imamura：Meeting Abstract, Seattle, 99-1, (The Electrochemical Soc. 1999)
- [3] H. J. Nolte et al.：Tele Vision Engineering, (1950)