電子レンジ用マグネトロン陽極筒製造における接合技術の開発

長岡 弘二¹⁾ 松崎 光²⁾ 松崎 利行³⁾

1. はじめに

マイクロ波(周波数: 2450 MHz)を用い, その中に含まれる水分子を振動させることにより, 食品を加熱調理する働きを持つのが電子レンジであり, その時マイクロ波を連続的に発生させる役割を果たす電子管が電子レンジ用マグネトロンである(以下マグネトロンと言う)。

今回, マグネトロンの主要部材の材料利用率を, 従来の50~75% から95~98% へと向上させることを可能とする新しい製造技術を完成したので報告する。

新製造技術の要点は, 材料利用率の著しい向上が期待されながら, 接合部の真空気密保持が困難なために従来採用されていなかった材料成形法を, 新しい接合技術の開発によって適用可能とした所にある。

その基本は, 非常に固溶しにくいCu と Fe の溶接技術を, Cu 部が融点の低くなりがちなAg ろう接部を有

図1 電子レンジの外観。

図2 マグネトロン主要部の構造。

するという難しい条件下で確立したことを考える。

図1に, 電子レンジの外観を示す。

マグネトロン主要部は, 図2の如く大きく分けて, 入力部, 陽極部および出力部から成っている。そのうち陽極部は, 陽極筒の上下に入力部と出力部の各々の磁極がTIG 溶接され高真空気密容器を形成しており, 陽極筒内部には陽極翼片, 均圧管, 出力アンテナ等がろう接されている。

2. 接合技術の概要

陽極筒には電子管用無酸素銅を使用し, その製造には普通, ①冷間鍛造法 ②パイプ切断法 ③ローリング成形法の三つの方法がある。図3にその概要を示す。

材料利用率は, ①, ②に比べ③が95~98% と非常に高い。ただし, この方法には材料利用率の有利さに反して接合部の真空気密保持に大きな問題があるため, 今迄実際の製造には用いられていなかった。

今回, ③のローリング成形法を用いても十分に真空気密性が保持できるろう接, 並びに TIG 溶接技術を開発した。なお, 材料の選定方法およびローリング方法等にも新しい工夫を試みたが, ここでは接合技術に絞って報告する。

ローリング法では, 製品に必ず合わせ目(接合部分)を生ずる。この合わせ目の接合手段として, ろう接, 電子ビーム溶接および YAG レーザ溶接に関し信頼性および経済性を検討した結果, 最終的にろう接を採用することにした。図4に, それぞれの接合方法の概要を示す。

	製造方法	製造工程	材料利用率	備考
1	冷間鍛造法		50%	一般的な陽極筒の製造方法
2	パイプ切断法		75%	
3	ローリング成形法		98%	当社, 独自の製造方法

図3 製造方法別の概要。

* 株式会社東芝 堀川町工場

1) 電子部品製造部主査 2) 電子部品製造部課長

3) 電子部品製造部主事

A New Joint Technology of Magnetron Anode for Microwave Oven; K. Nagaoka, H. Matsuzaki, T. Matsuzaki) Horikawa-cho Works, Toshiba Corporation)

1985年1月31日受理

(1) 接合部のろう接

陽極筒の合わせ目はろう接された後, 磁極(Ni メッキ Fe 部品)と TIG 溶接されるが, この時ろう接部は再び溶融されることになり, 母材の Cu より融点の低いため,

接 合 方 法 と 完 成 図	接 合 条 件
ロー付	1. ロー材 AGS-50A 2. 炉 H_2 炉 900°C 20分
電子ビーム	1. 真空度 1×10^{-4} Torr EB 2. 電 圧 ≈ 150 kV 3. 電 流 ≈ 20 mA
YAG レーザ	1. インサート材 NI板 YAG 2. 加工エネルギー 30ジュール/パルス 5PPS

図4 接合方法別の概要.

陽極筒両端部のろう付け部に、ろう流れまたはろう切れによるリークが発生し易い。電子部品の組み立て技術からみても、また冶金学的にも、高融点ろう材から順次低融点ろう材へと使用して行くのが常識とされているが、新製造方法ではこれに逆行することになる。

そこで、このリークの発生を防ぐために、図5に示す様な金属組織の変化を利用した拡散ろう接を採用することとした。この図は、ろう接によって接合部に一時的に液相を形成させ、その液相を母材との拡散反応によって等温凝固させて均一化を図る方法を、界面組織と状態図との関係で表したものである。

電子部品のろう接部は、気密封止を目的としているため、完全に均一組織(図5(V)項)に迄する必要がなく、一般的に α 相の晶出(図5(III)項)状態になっている。

この方法を本件に適用すると、ろう材(Ag-Cu ろう)のAgが母材Cuと相互拡散し、ろう接部のCu濃度が増え、融点が高くなることが期待できる。

これらの点に着目して、一般に用いられるAg-Cu共晶(JIS BAG-8 融点 779°C)より高融点のろう材を使用した上に、 α 相を晶出させることとし、検討の結果、Ag 50%-Cu50%、融点 880°C のものを用いることにした。図6は、このろう接部を断面からみたもので、拡散層の幅は約 50 μm である。

図6 ろう接部の拡散状態.

結晶組織は前述の様に、Ag の α 相の晶出した状態にあり、ブローホール等のろう付けに特有な欠陥はみられない。

(2) TIG 溶接

次に、陽極筒を真空気密容器とするために、陽極筒(Cu)と磁極(Fe)をTIG溶接するが、この時溶接部にはクラックが発生し易い。これは、互いに固溶しにくいCuとFeが1:1で溶接されるとFeがCuの中に多量に偏析して残り、これにより起こる溶接部の応力歪みが原因となることが多い。

そこで本方式では、FeおよびCuの両方と全率固溶するNiに注目した。溶接部分のデザインを考慮し、磁極のFe材にNiメッキを施した上で主として陽極筒のCu部分をTIGで溶かして、溶接部分の中に、①真空気密性を高めるための、磁極のNiメッキを介したCu-Ni合金から成る接合部分と、②強度を高めるためのCu-Fe合金から成る部分とが存在する組織を得る様にした。

溶接条件(温度、スピード、冷却等)設定のための実験を重ねた結果、前述のクラックは皆無となり、信頼性の高い真空気密容器を完成させることが出来た。

図7は、TIG溶接部分の断面である。

溶融した陽極筒先端部のCuは磁極の端部を覆い、溶接部中央から下ではCuと磁極のNiが固溶しており、真空気密に最適の状態となっている。そして中央部から

図5 等温凝固接合法における界面組織と状態図との関係⁽¹⁾.

図7 TIG 溶接部の断面。

上(先端に近い部分)では、Ni が局部的に、また極く微量の Fe もそれぞれ Cu に溶け込んだ合金層が生成され、溶接強度の高い状態を示している。

3. 成果の応用

以上に述べた製造に必要な接合技術の内、取り分け TIG 溶接において、互いに固溶限の狭い金属(この場合 Cu と Fe)同志をクラックを発生させることなく溶接することを可能にした技術は、独りマグネトロンの陽極筒のみでなく、化学工業設備や応用化学機器の各種圧力、気密、液体容器(タンク)等の製造にも応用することができる。

因みに、昭和 58 年度における当社の生産高は世界の約 33%(当社推定)を占め、既に累計では 59 年 6 月に 2000 万本を記録している。

4. 特 許

現在、特許 23 件(内、外国特許 5 件)、実用新案 9 件を出願中。

文 献

- (1) 最新接合技術総覧編集委員会「最新接合技術総覧」