

## マイクロメタルバルーンの製造方法に関する研究

電子部 ○上菌剛, 尾前宏  
 素材開発部 袖山研一

### 1. はじめに

マイクロメタルバルーン (MMB) は, シラスやシラスバルーンにめっき等の手法を用いて金属を被覆し, 加熱することで発泡させて製造する。その特徴は微小かつ中空で, 真球度が高く, 表面が滑らかであることが挙げられる。MMBの外観写真, 断面写真を図1に, 製造プロセスを図2に示す。本稿では, MMBの効率的な加熱方法と微小化について報告する。

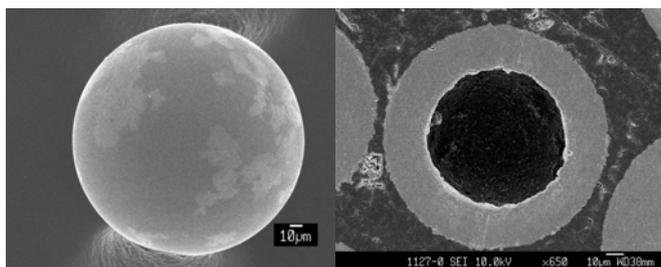


図1 a) 外観写真 b) 断面写真

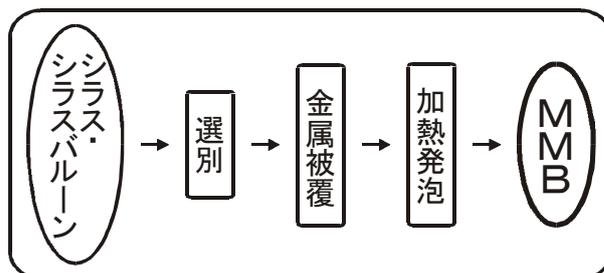


図2 製造プロセス

### 2. 低温発泡の実験

これまでの加熱方法は, 図3に示す縦型電気炉を用いて1000℃以上の設定温度で加熱していた。この方法では, 電気炉内部壁への融着が顕著になり, 回収率が約50%に留まっていた。そこで, 融着しない温度での加熱を検討した。加熱しながらの観察が可能なステージ加熱装置を用いて, めっきバルーンを加熱した結果, 600~800℃程度でサンプルの発泡が確認できた。また, 電気炉内壁と同じ材質の試料台との融着も確認されなかった。そこで電気炉を図4に示すように傾斜させ, 別途炉内に設置した回転機構を有するセラミック管の内壁を転がしながら加熱する方法により実験した。この結果, サンプルの発泡と, 炉壁への融着が無いことは確認できたが, サンプル同士の融着も確認した。回収サンプルを図5に示す。熱履歴の不足により発泡サンプルが少ないが, サンプル同士は既に融着しており設定温度を上げることは困難である。実使用ではサンプルの個別供給を検討する必要がある。

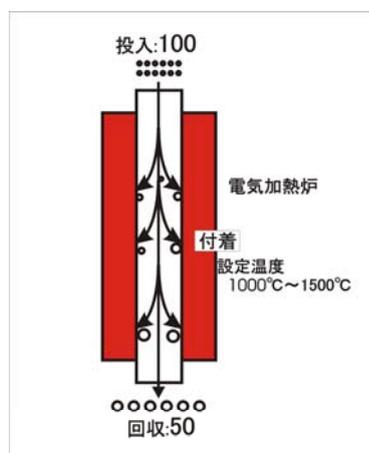


図3 従来の加熱方法

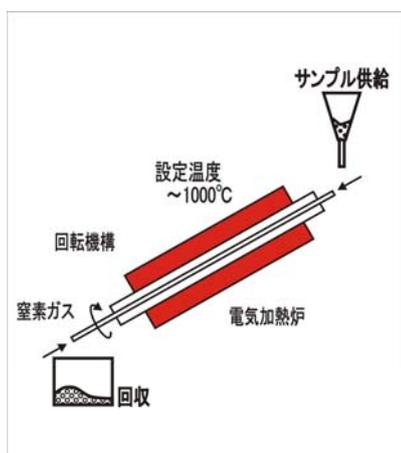


図4 内壁を転がして加熱する方法

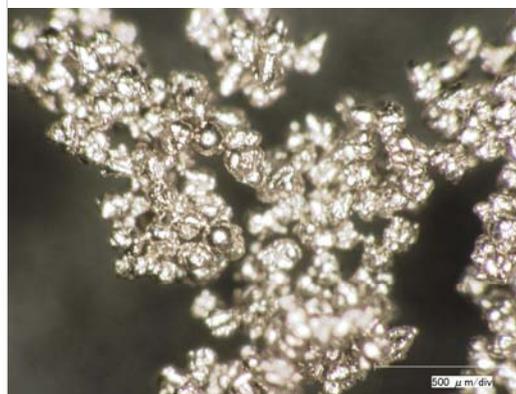


図5 回収サンプル (サンプル同士が融着)

### 3. 燃焼炎を利用した加熱方法の実験

シラスバルーンは燃焼する炎の中に原料のシラスを投入し、急速加熱して製造する。同じ手法がMMBの製造でも利用できないか検討した。はじめに当センターに設置してあるシラスバルーン製造装置を用いて実験した。最低温度が900℃前後であることと、熱媒体のセラミックボール群を通過することなどから、回収したサンプルは過発泡や割れなどが確認されたが、酸化はほとんど確認されず、有効な手法であることが伺えた。そこでガスバーナーの一種である溶射装置を図6のように用いて実験した。燃焼ガスはプロパンガスと酸素を用い、サンプルは圧縮空気に随伴させ燃焼炎中に投入する。条件を絞り込んだ結果、従来1%程度だった歩留まりが、15%程度まで向上した。残りは熱履歴の過不足による未発泡、過発泡、形状不良である。これは個々のサンプルの形状の歪さに起因する供給スピード、噴出角度、炎から受ける圧力の違いや、炎自体の揺らぎにより熱履歴を一様にするのが困難なためである。しかし、本方法では回収率がほぼ100%であることから、選別により未発泡のサンプルは再度加熱工程に供することが可能で、更に歩留まり向上が見込める。空気圧を一定にしたときの、燃焼ガス量による発泡の良否判定を図7に示す。総ガス量が多いと温度も高く、また火炎の勢いが強くなることから熱履歴が大きくなり、過発泡が多くみられた。また総ガス量が少ないと熱履歴が不足し、未発泡が多くなった。更に酸素の割合が高くなると酸化炎（青い炎）となり、サンプルが酸化することが確認できた。回収したサンプルを図8に示す。未選別であるが、顕微鏡のリング照明をきれいに反射する真球度が高く、表面の滑らかなサンプルが多数確認できる。

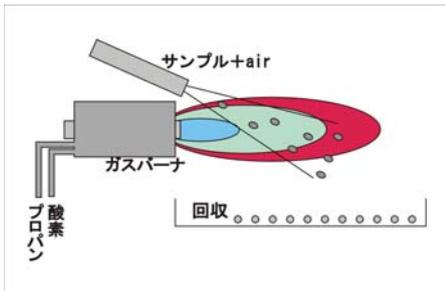


図6 燃焼炎を用いて加熱する方法

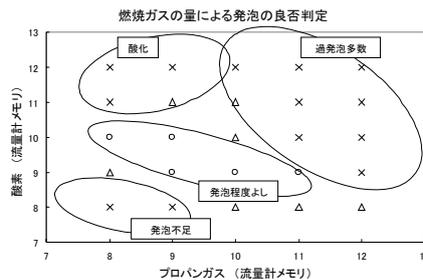


図7 燃焼ガス量による発泡の良否判定

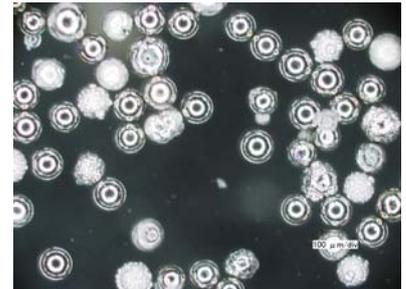


図8 回収サンプル

### 4. MMBの微小化の実験

芯材に微小なシラス（44 $\mu\text{m}$ 以下）を用い、これに金属を10 $\mu\text{m}$ 程度被覆したサンプルにより実験した。44 $\mu\text{m}$ 以下のシラスは非常に細かいため、湿式めっきの前処理における乾燥工程や、めっき工程での凝集が激しく、めっき後のふるい選別（66 $\mu\text{m}$ 以下）での回収率はわずかに4%程度となった。得られためっきシラスを燃焼炎中に投入し、60~70 $\mu\text{m}$ 程度のMMBを製造できることを確認した。金属の被覆厚が小さいため、発泡条件が厳しくなり、最終歩留まりは約0.2%であった。

### 5. おわりに

低温加熱では、サンプルの発泡と炉内壁への融着が無いことを確認したが、同時にサンプル同士が融着した。サンプルの個別供給の検討が必要である。燃焼炎を用いた加熱手法では、従来1%程度だった歩留まりが、15%程度まで向上することが確認できた。また微小なMMBに関して、燃焼炎を用いた加熱方法により製造することは可能であったが、芯材であるシラスの微小化に伴い、金属被覆に凝集という問題が顕在化した。今後は凝集の抑制と、真球状、中空等のMMBの特徴を生かした新たな用途について検討する。