

## 任意形状空間を内包する物品の製造

キーワード：粉末冶金、内部空間、中空、成形体、焼結、溶浸、冷却板、分配部材

### まえがき

構造部材の内部に軽量化あるいは流体経路などの目的で、特定の空間を必要とすることがある。一般には、機械加工、電気加工または接合加工によって作製されることになるが、これらの加工法では、加工することのできる形状には必然的に制約があり、複雑に屈曲した空間、また、内部に向かって拡張された異形状空間、さらには密閉された空間をもつ部材を作製することは極めて困難もしくは不可能な場合もある。

そこで、粉末冶金技術を適用することによって、任意形状空間内包物品の製造を試みたので以下に概説する。

### 作製方法ならびに試作例

作製の基本原理は、粉末を原料として用い、成巻後焼結を施す粉末冶金技術を基にしている。内部に空間を巻成させる方法は、大別すると以下のように分類される。

#### 1. 予め内部空間をもつ成形体を作製する方法

図1は、代表例として粉末冶金技術特有のスリップキャスト法を応用した作製プロセスを模式的に示したものである。例えば、粒径調整がなされたセラミック粉末および分散剤、水等からなる混合泥漿を、所望する外形状に仕

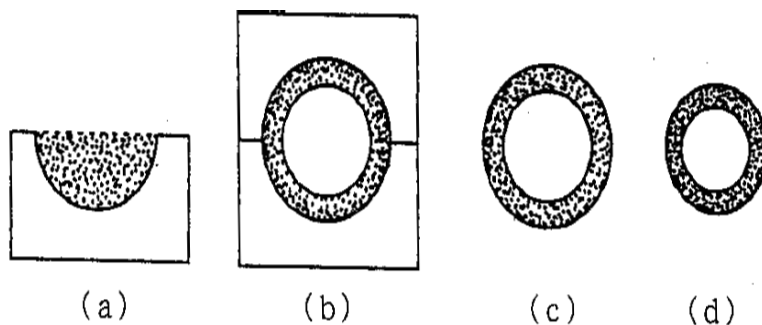


図1 スリップキャスト法による中空球作製手順の概略図

上げられた多孔性の型（通常は石膏型）に流し込み(a)、素早く対の型で覆った後、回転・揺動することによって型内表面に付着層を形成させる(b)。そして、十分に乾燥を施した後、離型(c)、焼成(d)を行って中空体を作製する。

図2は、この方法で試作したアルミナ製中空球の外観およびその破砕片断面の写真である。この例における肉厚は約1mmであるが、肉厚は泥漿中のアルミナ粉末の配合量ならびに型内面の表面積の大きさによって大略決められる。

#### 2. 非金属系空間形成材の消失により内部空間を形成する方法

本法は、空間巻成材を芯材として用い、その周囲に粉末を配置することによって成巻体を作製し、加熱等の処理によって空間巻成材を消失させ、その後の焼結により中空体を得ようとするものである。空間巻成材として例えばワックスを用いた場合について記述すると、

(1) ワックスで所望の内部空間の形状に仕上げる。

(2) 外巻状となる型枠内の所定の位置に、上述のワックスを配置し、それを内包するように粉末を充填する。

(3) ワックスを融解・蒸発により消失させるため、型枠ごと加熱し、脱ワックス処理を行う。

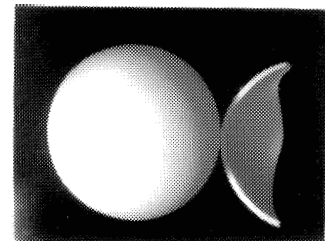


図2 アルミナ製中空球の外観および破砕片断面写真(×1)

(4)用いた粉末材料に適した条件で本焼結を行う。

の手順で作製する。

図3に、この方法で試作された純銅製の冷却用部材を示す。図3(a)は、焼結体の外観写真であり、AおよびBで示される小さな孔が周側面に二カ所現れているだけである。また、図3(b)は、焼結体に内包されている空間の様子を観察するために撮影した透過X線写真であるが、焼結体の外形を表す白っぽい円形の像中に、黒味がかった線状に連なった影像が映し出されている。これが内包空間で、図3(b)のA' B'室E、それぞれ図3(a)のAおよびBに対応していることになる。A、Bいずれか一方の孔を冷却媒の入口、他方を出口として利用し、基材の冷却を高める効果がある。

### 3. 金属系空間形成材の融体化にともなう形骸化により内部空間を形成する方法

作製の手順は上述のワックスを用いた場合と共通する点が多いが、空間形成材としてワックスのような非金属材料の代わりに金属材料を使用することが特徴である。ワックスの場合では粉末成形体が多孔性であることを利用して、融解・蒸発により成形体外部へ消失させるのに対し、金属材料を用いる本法では、融体化後周囲の粉末成形体と合金化させ、その形骸を内部空間とする。また、本法では所望する空間形成材の仕上げの点でワックス法と比較して、より極細な空間の作製が容易であり、図3のような形状の例ではワックス法で最小数百ミクロン径であるのに対し、本法では数十ミクロン径のものまで作製できる。

さらに、この金属材料を形成材として用いる本法では、その形骸化の挙動は二通りに大別される。一つは溶浸現象を応用したものであり、成形体は空間形成材と、それより高融点の粉末で構成される。空間形成材の融点以上に加熱することによって生成する融液と粉末間の濡れ性、溶解度等の諸条件を満足する組み合わせにおいて可能となる。例えば、いくつかの鉄合金、銅合金またタングステン系電極材料などが作製される。

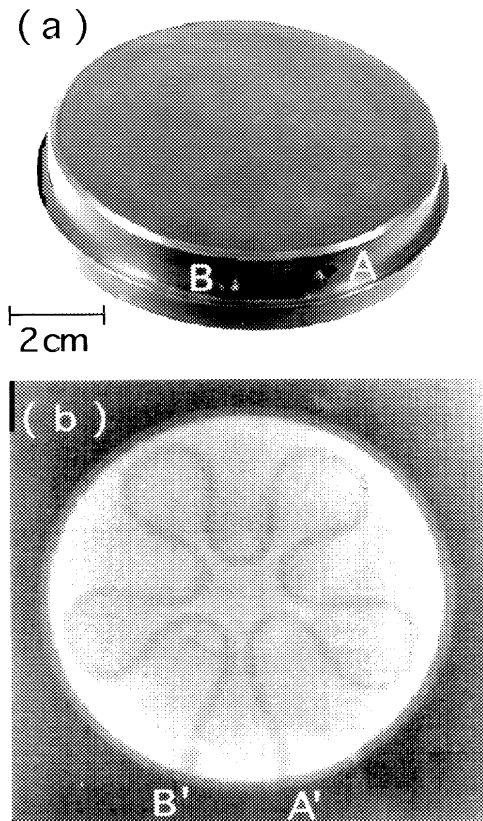


図3 銅焼結体の(a)外観および(b)透過X線像写真

それに対し加熱過程において空間形成材と粉末成形体間で起こる相互拡散によって生成する相の変態あるいは反応熱によって生ずる融体を応用することによっても内部空間を作製できる。したがってこの現象を利用する場合は、必ずしも空間形成材の融点以上に加熱する必要はない。粉末材料としてチタンを用いた場合にみられている。

### あとがき

複雑巻状、極細あるいは密閉空間を内包する物品の作製について概説したが、軽量化を目的とする以外にも冷却基材、分配部材、熱交換部材等への用途開発が考えられる。また、上述のいずれの方法であっても、物品の材料特性は、用いる原料粉末、成巻法、焼結条件等に依存するので、目的に適した条件を選択する必要がある。