

高性能吸着プレート材の開発 ―高機能多孔質体の応用展開―

阿部一彦*・斎藤雅弘*

*材料開発・分析技術部

半導体をはじめ、多くの製造現場で使用されているワークを搬送・固定するために用いる真空吸着プレート材の性能を向上させるため、通電加熱焼結装置の特性を最大限活用し、気孔径を任意に制御した高機能多孔質体を開発した。さらに、多孔質体製造に関する基盤技術を応用し、排ガスフィルター材および通気性金型材などの他用途展開を行った。

キーワード：多孔質、放電プラズマ焼結、気孔任意制御、通気性、吸着プレート、排ガスフィルター、通気性金型

1. 緒言

現在、半導体をはじめとする国内外の主力産業の製造関連設備において、ワークの搬送・固定用として、真空吸着プレート材が数多く用いられており、その数は年々増加している。この方式は、ワークの固定に際して、接着剤などを一切使用しないため取り扱いが容易であること、また非磁性素材への対応が可能であるなどの特長を有している。しかし、既存の真空吸着プレート材に用いられている多孔質材料は、完全な連続気孔となっていないために排気抵抗が大きく、また場所により気孔径の不均一性が大きいなどの原因により、固定精度や真空吸着能力などに数多くの問題を抱えている。今後、より一層の製品の微細化、大型化が進む中で、真空吸着プレート材としての多孔質体の抜本的な見直しが早急に求められている。そこで本研究では、加圧・通電加熱焼結法の特性を最大限に活用し、気孔径を任意に制御できる高機能多孔質体による全く新しい高性能吸着プレート材の開発を行った。さらに、この多孔質体製造技術を応用することにより、排ガスフィルター、通気性金型など幅広い分野にわたる高機能多孔質体の他用途展開を図った。

2. 実験方法

2.1 原料粉末

メタル系は、山陽特殊鋼(株)のガスアトマイズ法による真球状SUS316L(75~90 μ m、250~300 μ m)、太平洋金属(株)の水アトマイズ法による異形状SUS316L(~20 μ m)、SUS410L(~150 μ m)を、一方、セラミックス系はイビデン(株)の高純度 β 型SiCウルトラファイン(比表面積:19.9m²/g)、研磨用砥粒として用いられているGC #180を選定した。セラミックス系に関しては焼結助剤としてY₂O₃((株)レアメタリック、純度99.9%)を選定し、6h

のボールミル処理により、0.5、5、10wt%をそれぞれ添加した。

2.2 製造方法

原料粉末は両押しのグラファイト製ダイス(東洋炭素(株)ISO-63)の中にタッピングをかけながら均一に充填後、5MPaの予備加圧を行った。サンプルのサイズは ϕ 50mm $\times$ 5mm厚を標準とし、最終的には ϕ 100mm $\times$ 5mm厚までサイズアップを行った。また、 $\square$ 50mm $\times$ 5mm角形サンプルについても検討した。原料粉末の焼結には加圧・通電加熱装置(住友石炭鉱業(株)SPS7.40、電極サイズ: ϕ 250mm、最大荷重値:100tf、二次側電流値:10000A)を用いた。完全なアグリゲート型多孔質体を作製するために、焼結の全域にわたり加圧力は可能な限り低く抑制し(メタル系:10~30MPa、セラミックス系:30~60MPa)、さらに焼結最高温度での保持時においては、機械的に変位を強制停止させ、焼結に伴う粒子間の近接を抑制しながら粒子間結合力のみを最大限引き出すことにより各種機械的特性の向上を図った。焼結温度は700~1100 $^{\circ}$ C(メタル系)、1500~2000 $^{\circ}$ C(セラミックス系)とした。また、最高温度での保持時間は5minを標準とし、最大30minまで延長した。なお、いずれのサンプルにおいてもカーボン製シート(東洋炭素(株)PF-20F、0.2mm厚)とスプレー(メカニカルカーボン工業(株)トヨカエースGR-811)との併用により焼結型ならびにサンプル間の離型性を完全に確保し、厚さ方向での多数枚取りも可能とした。

2.3 特性評価

得られた真空吸着プレート材用多孔質体が、開発着手時に設定した真空吸着プレート材としての必要スペックをクリアしていることを確認するために、ビッカース硬

度、剛性、通気量などの諸特性を評価した。また、この多孔質体を真空排気が可能なベース台に組み込み、真空ポンプやレギュレーターなどの機器を接続し、実際の製品の使用を模擬した状態での真空吸着プレート材としての性能も確認した。

3. 実験結果

3.1 メタル系多孔質体の焼結温度と通気量との関係

図 1 に SUS410L、SUS316L メタル系多孔質体に関して、焼結温度と通気量との関係を示す。焼結条件はいずれも最高温度で 5min 保持し、加圧力は常時 10MPa とし、保持開始から 500℃の冷却終了まで変位が進行しない様に Z 軸ロックをかけている。参考までに従来法（大気炉焼結）による既存多孔質体のデータも併記している。

焼結後の多孔質体は平面度を出すために精密平面研削盤（ナガセインテグレックス(株) SGM-52)を用いて平面研削処理（切込量:1 μ m、送り量:20mm/min、スパークアウト:5 回）を行ったが、図 2 の様に平面研削処理に伴う塑性流動により多孔質体表面の空隙が完全に埋没することが判明した。

そこで 10%シュウ酸による電解エッチング処理（12V－1min）を行うことによりその改善を試みた。図 1 より、粒径サイズが小さい物ほど緻密化の進行が早いために通気量の低減傾向が見られるが、全ての多孔質体において通気量が従来法による既存製品の必要スペックを大幅に上回っていることが分かる。また、図 1 から分かる様に、どの多孔質体においても電解エッチング処理の効果で平面研削前後よりさらに高い通気量が得られている。現在は処理方法がより簡便で大型多孔質体への適用も容易な FeCl₃による無電解エッチング処理（濃度：210g/L、65℃、300s）を行うことで、さらに高い通気量の確保が可能となっている。（図 3）

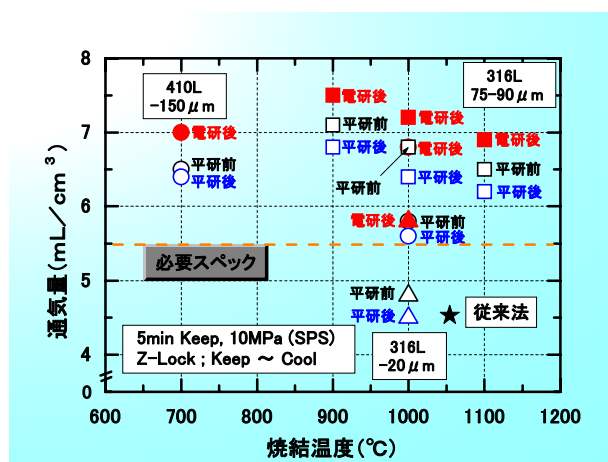


図 1 メタル系多孔質体の焼結温度と通気量との関係

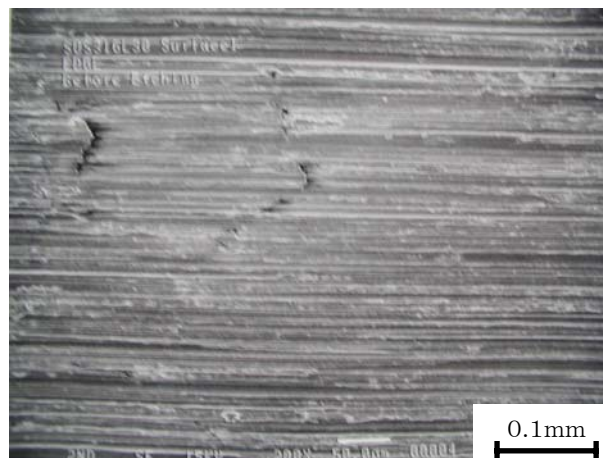


図 2 平面研削後の表面状態(SUS316L)

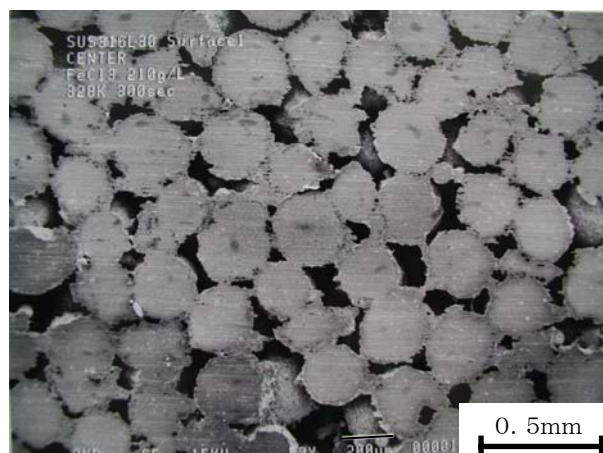


図 3 無電解エッチング後の表面状態(SUS316L)

3.2 セラミックス系多孔質体の焼結温度と通気量との関係

図 4 は、セラミックス系多孔質体に関して焼結温度と通気量との関係を表している。焼結条件に関して、所定の温度での保持時間ならびに Z 軸ロックはメタル系と同一である。当該多孔質体においても焼結後に平面研削処理を行ったが、メタル系で発生していた様な多孔質体表面の顕著な空隙の埋没ならびに通気量の低減は認められず（図 5）、空隙近傍に付着していた研削屑は超音波洗浄により容易に除去できたため、エッチング処理は一切行っていない。

作製した多孔質体は、いずれも図 5 から分かるように SiC 粒子同士が Y₂O₃ によりバインディングされた状態になっており、数 μ m の微細な空隙が存在しているのが確認できる。一般的に SiC は難焼結材料であることから高価な超微粉原料を用いない限り Y₂O₃ などのガラス系焼

結助剤の添加が肝要となるが、図 4 により、良好な多孔質体を得るには焼結温度の低下に伴いその添加量と共に加圧力も増加させる必要があることが分かる。また、加圧力はメタル系と異なり、いずれの焼結温度においても 30MPa 以上の高めに設定する必要があった。

ここで特筆すべき点としては、10wt% Y_2O_3 を添加し 1800℃ で焼結した多孔質体の通気量が低めになっていることで、これは焼結助剤が過度に添加されていたために、粒子間の接合に対して必要以上の焼結助剤が多孔質体の空隙を埋めてしまったことが主因であることが判明しており、バインダーレス化が可能な通電加熱焼結法の大きな特長の一つであると言える。

大部分の多孔質体においては必要スペックをクリアしているが、真空吸着プレート材として使用時の粒子の離脱などの影響を考慮すると、0.5wt% 添加の 1900℃ - 60MPa、5wt% 添加の 1800℃ - 60MPa、10wt% 添加の 1800℃ - 30MPa が最適であることが分かった。

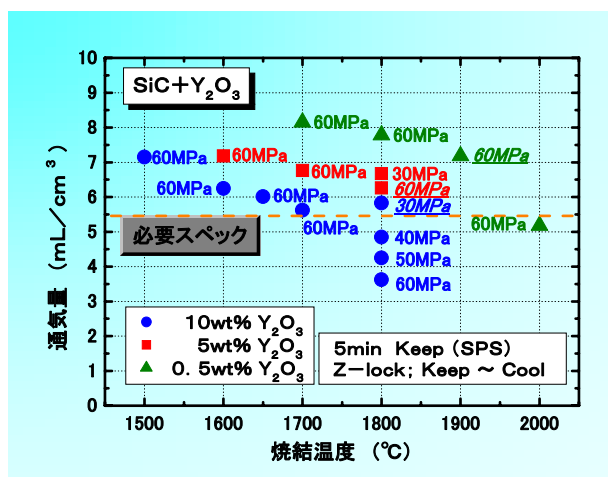


図4 セラミックス系多孔質体の焼結温度と通気量との関係

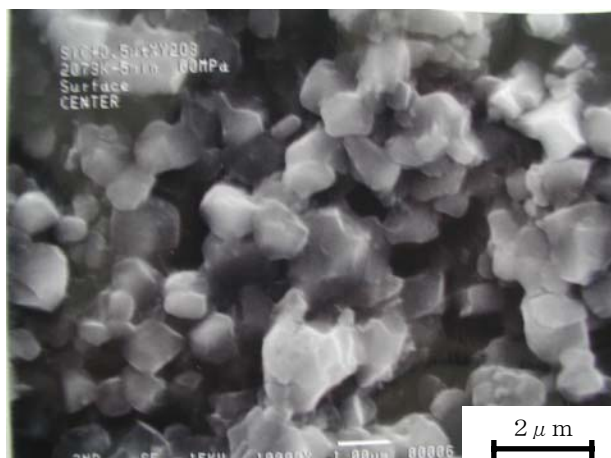


図5 SiC+0.5wt% Y_2O_3 多孔質体の表面状態

3.3 多孔質体の均一性と大型化への対応

これまでφ50mm サイズの小型多孔質体について試作ならびに評価を行ってきたが、今後のワークの大型化に対応した取り組みが必要不可欠となる。そこでφ50mm からφ100mm までサイズアップを図ると共に、厚さ方向における多数枚(3 個取り)焼結を行い、場所による特性のバラツキを評価した。さらに、製品の歩留り向上のために□50mm 角形多孔質体(厚さ方向における2 個取り)も作製し同様の評価を行った。

図6はSUS316Lメタル系多孔質体のバラツキを、中心部からの距離を基準としてロックウェル硬度で示したものである。すなわち、硬度が高ければ焼結性も高くなり、それに伴い通気性が低減することを意味する。図3より、φ100mm 多孔質体は外周部に比べて中心部に行くほど硬度が大きくなる傾向にあり、さらに厚さ方向に関しては中央部にある物が最も硬度が大きくなる事が分かる。一方、角形多孔質体に関しては丸形と同様に中心部の硬度が大きくなる傾向と共に、外周部がさらに硬度が大きくなる事が判明した。この現象は既存の抵抗加熱などによる焼結と異なり、通電加熱焼結法は粒子間のグロー放電(低温プラズマ発生)に伴う内熱加熱による焼結であること、および試料エッジ部での集中放電による加熱・焼結が関与しているためと考えられる。現時点においてもこれらのバラツキは吸着プレート材としての使用には全く影響のないレベルではあるが、今後のさらなる多孔質体の大型化や他用途展開を視野に入れ、角形多孔質体に関しては離型性ならびに焼結ムラの低減を目指した新しいダイスの設計を進めており、これにより焼結ムラの大幅な改善が見込まれている。

図7はSiC+5wt% Y_2O_3 セラミックス系多孔質体のバラツキを中心部からの距離を基準としてビッカース硬度で示したものである。この図より基本的にはメタル系と同様の傾向が見られるが、場所によるバラツキの度合いに関してはセラミックス系の方が低いレベルに抑えられている。この原因については、メタル系と比較して焼結温度が900℃以上高く、それに伴い焼結完了までの時間が長いために局所的な放電現象に伴う温度ムラが抑制・平均化されたことによるものと推定される。今後、型の設計と共に焼結プロセスのさらなる最適化も必要であると考えられる。

図8はSUS316Lの多孔質体を素材とした吸着プレート材の多分割試作例である。プレートを組み込むベース材として、SUS316Lの250mm×250mm×20mmの板材を用い、内部を150mm×150mm×10mmにくり貫いた。この部分に、50mm×50mm×5mmに切断加工を行い、平面研削処理を行ったSUS316L吸着プレート材を9枚

組み込んだ。

ベース材の排気部分には、50mm×50mm ごとにねじ穴を5箇所設け、プレート材の高さを調節出来るようにした。また真空状態がプレート内に行き渡るように排気溝を設けた。この方式を用いることで、小型の多孔質体を組み合わせ、大型のワークに対応した吸着プレート材を作製することが可能である。

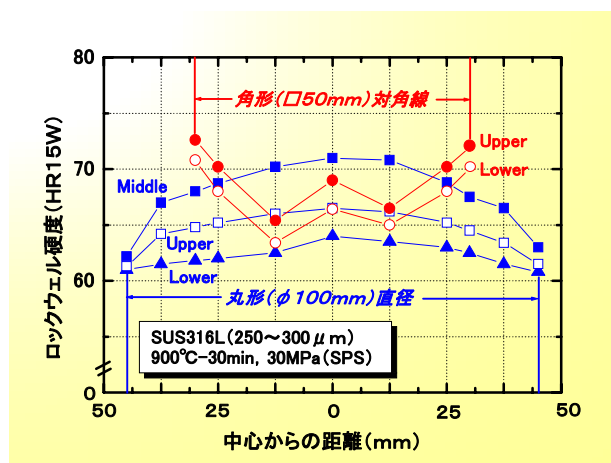


図6 SUS316L 多孔質体の場所および形状によるバラツキ

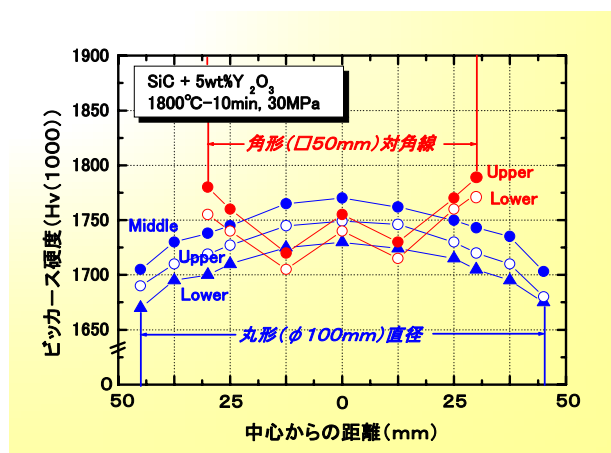


図7 SiC 多孔質体の場所および形状によるバラツキ

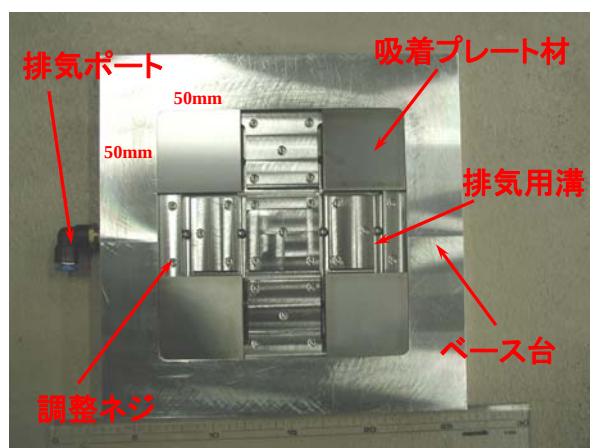


図8 吸着プレート材の多分割試作例(SUS316L)

3.4 吸着プレート材としての諸特性と今後の展開

以上の様に試作を行ってきたメタル系(SUS316L)、セラミックス系(SiC)多孔質体の主要な諸特性(曲げ強度、剛性、真空吸着量、開口率、連続気孔性、気孔任意制御性、平均細孔径、再生処理)を既存の多孔質吸着プレート材(SUS304)と比較したものが図9である。

この図より、既存品と比べていずれの特性においても大幅な向上が図られており、特に原料粉末ならびに通電加熱焼結条件の最適化の結果として、連続気孔性や気孔任意制御性に関して著しい改善を成し得ているのが分かる。これにより、多孔質体に起因した真空吸着力をはじめとした諸問題が一掃され、図10の様なシステムの中に本多孔質体を組み込むことにより、高性能吸着プレート材としての利用が初めて可能となった。

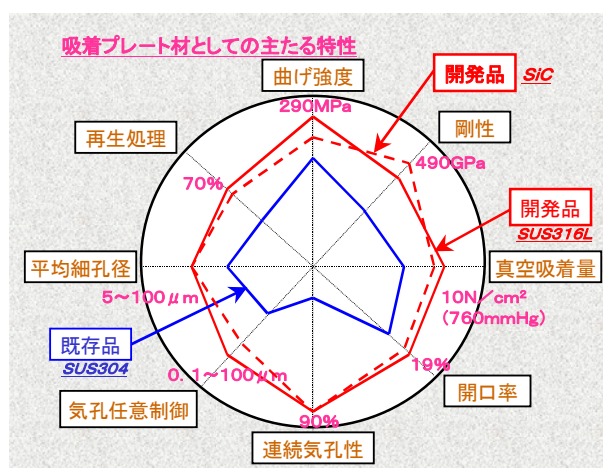


図9 開発品と既存品の吸着プレート材の主たる特性比較

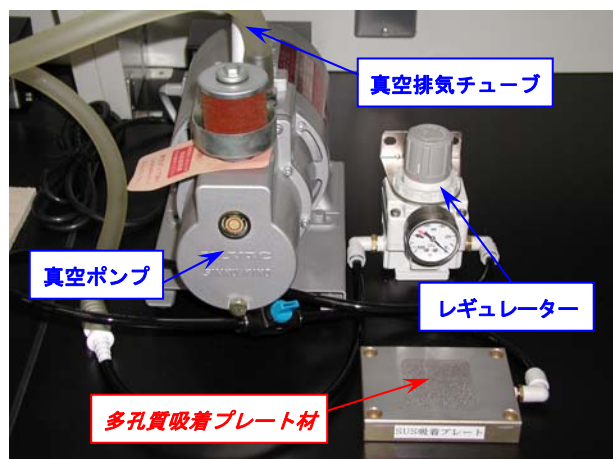


図 10 高性能吸着プレート材のシステム全体写真

4. 他用途展開例(1)排ガスフィルター

4.1 背景

現在、公害対策として、ディーゼルエンジン搭載車から排出されるPM(Particulate Matter:粒子状物質)を含む排ガスを浄化する装置(DPF:Diesel Particulate Filter:ディーゼル微粒子除去装置)の開発が盛んに行われている。東京都は平成13年に「粒子状物質減少装置指定実施要項」を作成し、平成15年10月より、条例で定める粒子状物質排出基準を満たさないディーゼル車に対する都内の運行禁止を定めたディーゼル車走行規制を開始しており、都市部を中心として急速な広がりを見せている。

輸送用大型車両に関しては技術的・コスト的な問題から、燃料電池の利用が大幅に遅れるために、長期的にDPFの使用が不可欠であり、排ガスフィルター・ユニットは1000億円(2006年度)の市場を有するとされる。

現在、自動車用の排ガスフィルターとしては、イビデン(株)などが開発しているハニカム型が主流である。その特徴として圧損失が低く、自動車の排ガスなどの高流速ガスの反応に適しているとされるが、加工精度が高く、ピンホールなどの欠陥がなく、しかも容積の大きいハニカム構造体を製造することはきわめて困難である。また、長期使用による隔壁の割れの発生など、課題が山積している。

それらの諸問題を解決するために、高機能多孔質体製造技術を用い、ハニカム型に代わるアグリゲート型SiC系排ガスフィルターの試作を行い、その特性評価を行った。

4.2 作製方法

4.2.1 原料粉末

出発原料および焼結助剤は、吸着プレート材の作製

時に使用した高純度 β 型SiCおよび Y_2O_3 を選定し、混合・攪拌処理により0.5、10wt%の Y_2O_3 をそれぞれ添加した。

4.2.2 製造方法

SiC多孔質フィルターを構成する球状成形体を、用途に応じて ϕ 3mm未満、 ϕ 3~7mm、 ϕ 7mm以上の3種類を作製した。

① ϕ 3mm未満の球状成形体については、PE製のポットにSiC粉末を入れ、ボールレスミキシングを500rpmで48h行い、造粒されたSiC球状成形体を分級して得た。

② ϕ 3~7mmの球状成形体については、パン型造粒機(アズワン(株)、造粒容器寸法: ϕ 240mm×深さ75mm)を用いた。パンの回転速度は30rpmとし、パンの傾斜は30~60°とした。またSiCの造粒剤としてチタネート系カップリング剤(味の素(株)プレナクトKKR44)を1%含んだエタノール溶液を用い、1minに1回の割合でSiC粉末に拭きつけ、造粒を行った。

③ ϕ 7mm以上の球状成形体については湿式CIP装置(神戸製鋼所(株)MODEL20、最大加圧力:400MPa、圧力容器寸法: ϕ 200×深さ400mm)を用いた。球形のゴム型にSiC粉末を詰め、5MPaで30s加圧した。

得られた球状成形体は加圧・通電加熱焼結前に仮焼結を行った。仮焼結にはホットプレス(東京真空(株)HIT-2300GP、最大温度2350℃、最大加圧力10t)を用いた。球状成形体をカーボンセッタ(外径: ϕ 200mm×高さ200mm)内に入れ、真空状態で1900℃-5h、無加圧で仮焼結を行った。また一部の ϕ 7mm以上の成形体においては仮焼結を行わなかった。

SiC仮焼結体の本焼結には加圧・通電加熱装置を用いた。焼結最高温度においてはZ軸をロックした。焼結温度は1200~1800℃、最高温度での保持時間は5minを標準とし、最大30minまで延長した。加圧・通電加熱焼結後、多孔質体表面のカーボンシートを除去するため、高温焼成実験炉(ネムス(株)SS-1700B1、最大温度1700℃)内で650℃、30minの大気加熱処理を行った。また仮焼結を行わなかったものについては、球状成形体に対して圧力がかからない様に、パンチャーを用いずに加圧・通電加熱焼結を行った。

4.2.3 特性評価

多孔質フィルターとしての円滑な特性評価を実現するために、まずは ϕ 3mm未満の球状成形体を用いた多孔質サンプルに関して、フィルター材としての必要スペックを十分に満たす構造を有しているかどうか確認するために、フィルター作製後の表面状態、球状成形体の形状保持性、球状成形体同士の接合状態、および多

孔質フィルターとしての通気性を評価した。

4.3 試作結果

4.3.1 多孔質フィルターの球状成形体について

図 11 に加圧・通電加熱焼結法によって作製された ϕ 3mm 未満の球状成形体で構成されたフィルター材の試作例を示す。粒径が揃った球状成形体がフィルターを構成しており、粒子間で隙間を確保していることが分かる。

図 12 に加圧・通電加熱焼結後の多孔質フィルター球状成形体の表面状態を示す。加圧・通電加熱焼結後も SiC 粒子は粗大化・形状変化を起こしておらず、作製した多孔質フィルター材はフィルター構造体とフィルター構成成形体との相互作用により、微細な粒子状物質を確実にトラップできる構造を有していることが分かる。



図 11 多孔質フィルター試作例
(ϕ 3mm 未満の球状成形体)

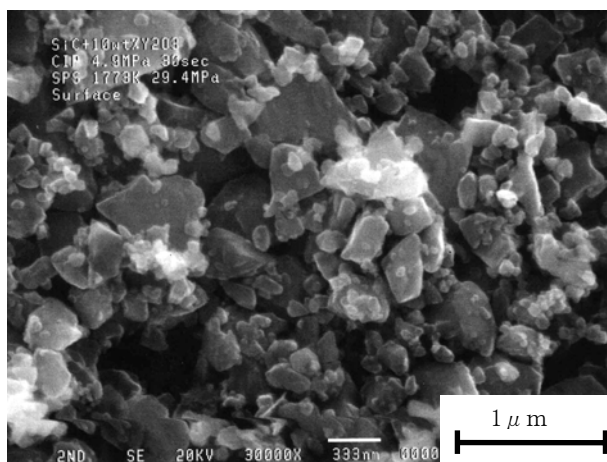


図 12 多孔質フィルター球状成形体の表面状態
(ϕ 3mm 未満の球状成形体)

4.3.2 多孔質フィルターの球状成形体の形状保持性お

よび接合状態について

図 13 に ϕ 3mm 未満の球状成形体で作製したフィルターの表面状態、図 14 に球状成形体の界面状態を示す。写真 3 より、若干のき裂が見られるものの、球状成形体は形状を保持しており、隙間があることが分かる。また図 14 より、球状成形体間において点で接合していることが分かる。

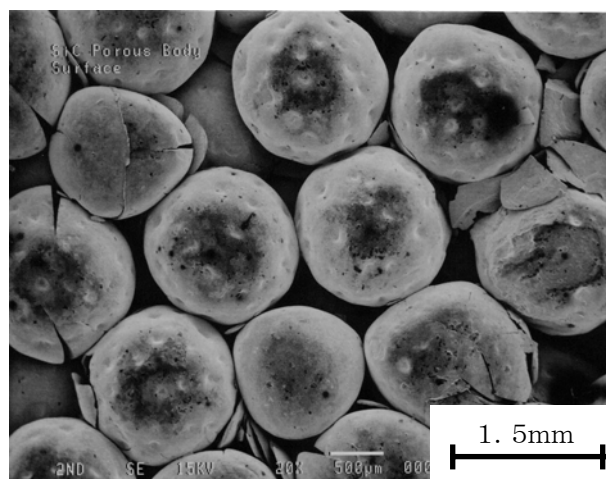


図 13 多孔質フィルターの表面状態
(ϕ 3mm 未満の球状成形体)

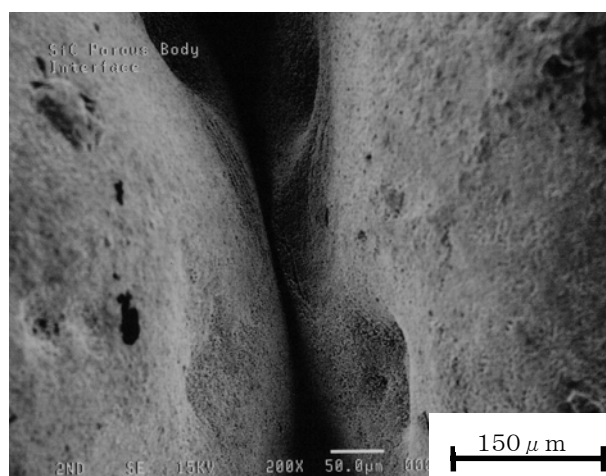


図 14 球状成形体の界面状態
(ϕ 3mm 未満の球状成形体)

表 1 に多孔質フィルター材の試作結果を示す。上記のように、 ϕ 3mm 未満の球状成形体で作製された多孔質フィルターは形状保持ならびに球状成形体同士の接合は達成されている。その一方で気孔径が 0.5mm 前後と小さいため、通気性は ϕ 3mm 以上の多孔質フィルターに比べて低いものと思われる。

ϕ 3mm 以上の球状成形体を用いたフィルターについては、隙間が大きくなるので ϕ 3mm 未満のものに比べ

て通気性は向上すると思われるが、割れや接合不良の問題がある。 $\phi 3\sim 7\text{mm}$ の球状成形体については、一部接合している部分があるものの、球状成形体に割れが発生し、また加圧力が高いと球状成形体が圧縮変形してしまう。 $\phi 7\text{mm}$ 以上の球状成形体については、仮焼結の有無によって状況が異なっている。仮焼結を行い、その後加圧・通電加熱焼結したものについては、球状成形体は $\phi 3\sim 7\text{mm}$ の球状成形体を用いた場合と同じように、球状成形体に割れが発生し、また一部で接合不良が見られた。また仮焼結を行わず、無加圧で通電焼結を行った場合、焼結前後で球状成形体に体積変化が起こり、接合に到らなかった。また、球状成形体の強度が低く、形状保持性も低かった。

成形体の形状保持については、CIP加圧力を増加させて球状成形体の強度を高めることで、接合不良については、焼結助剤である Y_2O_3 の量を変化させて、球状成形体表面に Y_2O_3 を十分に分散させることで解決を図る予定である。

表 1 フィルターの試作結果

球状成形体サイズ	加圧状態	成形体形状保持	接合状態	通気性
$\phi 3\text{mm}$ 以下	加圧	◎	◎	△
$\phi 3\sim 7\text{mm}$	加圧	○	○	(○)
$\phi 7\text{mm}$ 以上	加圧	△	△	(◎)
$\phi 7\text{mm}$ 以上	無加圧	×	×	(◎)

4.3.3 多孔質フィルターの通気性について

$\phi 3\text{mm}$ 未満の球状成形体で作製したフィルター材の通気性試験結果を図 15 に示す。焼結温度が高くなるにつれてフィルター材の密度及び差圧が上昇している。焼結温度と密度の関係は、 $1200\sim 1700^\circ\text{C}$ まではほぼ同じように推移しているが、焼結温度 1800°C のときは急速に密度が上昇し、また差圧も大幅な上昇を示している。この結果より、 1800°C まで焼結温度を上げると過焼結となり、フィルターとしての通気性能を損ねることが分かる。焼結温度 1700°C では差圧が高く、また焼結温度 1200°C においては、差圧は低いものの強度が得られない。そこで、フィルター材としての機械的特性と通気性のバランスを考慮すると、焼結温度は $1450\sim 1650^\circ\text{C}$ 付近が適正範囲と思われる。

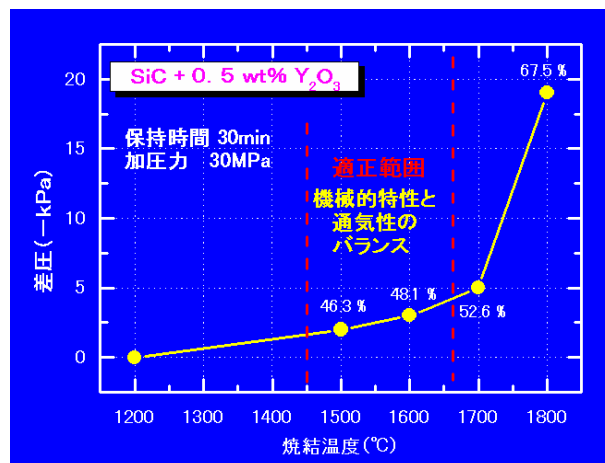


図 15 フィルター材の焼結温度と通気量との関係

以上の様に、 $\phi 3\text{mm}$ 未満の球状成形体で作製したフィルター材については既に試作が完了し、通気性について評価してきた。 $\phi 3\text{mm}$ 以上の球状成形体については、これらを用いた多孔質フィルターの試作及びその特性評価を継続して推し進めていく予定である。

5. 他用途展開例(2)通気性金型

5.1 背景

プラスチック製品の大量生産手法として射出成形が用いられているが、射出時にキャビティの空気やプラスチックから発生するガスなどのガス抜き不良などの問題が生じる。その対策として、キャビティを分割構造としてコアピンを入れ、隙間からガスを排出する方法や、射出条件や成形品形状の変更などが考えられるが、キャビティを分割した場合、成形品に分割線が入ってしまう問題があり、また射出条件や成形品形状の変更も、根本的な解決とは言えない。

このガス焼け対策の一つとして、内部に気孔を有する金型(通気性金型)が使用されてきたが、従来品ではガスの抜けが悪い、耐久性が低いなどの問題があった。

そこで、通気性が優れている高機能多孔質体製造技術を用い、多品種・小ロット製造や金型の短納期化への対応としてモールドベース内に用いられている入れ子を対象とした、通気性が高く機械的特性に優れた通気性金型の試作を行い、その特性評価を行った。

5.2 作製条件

5.2.1 原料粉末

原料粉末は金型材料として使用されている(株)山陽特殊鋼の真球状 SPC5($\sim 500\mu\text{m}$)を用いた。この原料粉末の化学成分を表 2 に示す。

原料粉末はステンレス製ふるいを用いて分級を行い、

粒径 100 μm 以上の粉末だけを使用した。

表2 原料粉末の化学成分

Element	C	Si	Mn	P
Mass (%)	2.21	0.33	0.44	0.026
Element	S	Cr	Mo	
Mass (%)	0.009	17.70	0.42	

5.2.2 製造方法

原料粉末はグラファイト製ダイスに均一に充填後、10MPa の予備加圧を行なった。原料粉末の焼結には加圧・通電加熱装置を用いた。焼結最高温度においては Z 軸をロックした。焼結温度は 870～1040℃、最高温度での保持時間は 10～30min とし、その後炉冷を行い、100℃以下まで温度を落としてから取り出した。焼結後、平坦度を持たせるために試料の平面研削処理を行ない、高さ方向で $\pm 0.1\text{mm}$ 以下とした。また平面研削に伴うバリ発生及び表面上の目詰まりを除去するため、10g/L 塩化第二鉄溶液を用いて 55℃－1min、無電解エッチングを行った。

5.2.3 通気性金型の特性評価

試作した通気性金型について機械的特性評価を行うため、無電解エッチング後、マイクロビッカース硬さ試験機((株)アカシ MVK-G3)による硬さ試験を行った。試験荷重は 100gf とした。また通気性評価として通気量測定装置を用い、差圧を－50kPa とした時の通気量(L/min)を測定した。

5.2.4 市販品との評価

今回の試作において最適な条件でサイズ $\phi 50 \times 10\text{mm}$ のサンプルを作製し、市販品(ポーセラックスⅡ、 $\square 50 \times 10\text{mm}$)と特性評価を行なった。

5.3 試作結果

5.3.1 硬さおよび通気量の焼結温度依存性

硬さならびに通気量の焼結温度依存性を図 16、17 に示す。

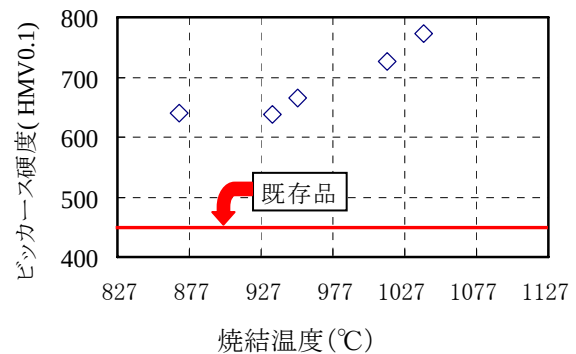


図 16 硬さの焼結温度依存性

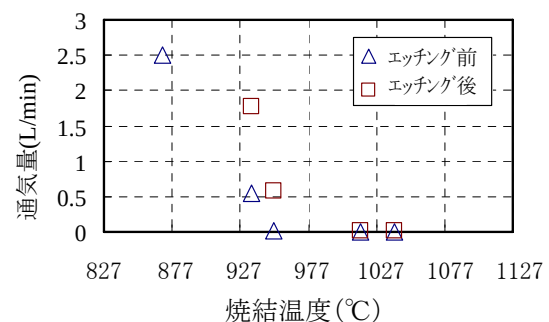


図 17 通気量の焼結温度依存性

図 16 より、通常の金型材料の機械的特性を向上させるために行なわれる焼入れ、焼き戻しを行なわなくても十分な硬度を得られることが分かる。ただし、焼結温度 870℃の金型では、焼結後にダレが見られ、またエッチング後に脱粒を起こしており、機械的特性が不十分であると言える。また図 17 より、焼結温度が上昇するにつれて通気量が低下していることが分かる。これは、①温度上昇に伴い密度が上昇して内部の通気孔を塞いでいること②平面研削によりバリが発生し、表面の通気孔を塞いでしまうためであると考えられる。図 17 より、焼結温度 1000℃以上においては①の原因により、無電解エッチングを行なっても通気量は向上しないが、焼結温度 980℃以下の金型に関して、無電解エッチングを行なうことによって、通気量が上昇していることが分かる。

この無電解エッチング後の表面状態を観察したところ、原料粉末同士が点接合し、気孔が均一に分布している状態が確認された(図 18)。

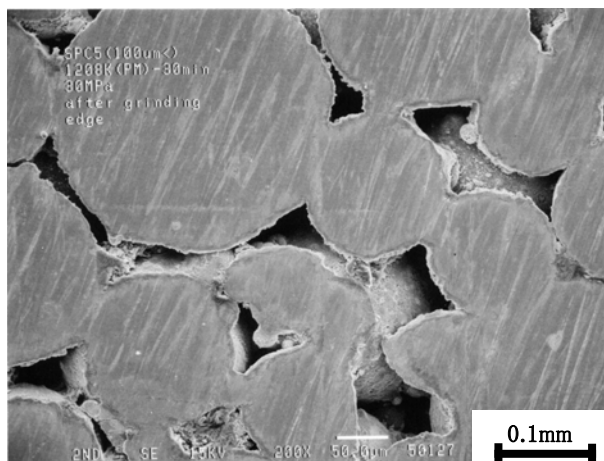


図 18 通気性金型の表面状態

5.3.2 市販品との評価

市販品（ポーセラックスⅡ、 $\square 50 \times 10\text{mm}$ ）と試作品との特性比較を行なうため、 $973^\circ\text{C}-30\text{min}$ 、 30MPa で $\phi 50 \times 10\text{mm}$ の通気性金型を作製し、マイクロビッカース硬さ測定及び通気量測定を行なった。その結果、市販品の通気性金型の通気量平均が 0.18L/min 、硬度が 485.3HNV であるのに対して、開発品は 2.33L/min 、 648.9HNV と、市販品と比較してそれぞれ 13.0 倍、1.3 倍の高い特性を示した。

6. まとめ

本研究では原料粉末ならびに通電加熱焼結法の最適化を図ることにより高性能吸着プレートの開発を行い、さらに多孔質体の高機能性を利用して他用途展開を行った。その結果を以下に示す。

1. 原料粉末と通電加熱焼結法の焼結条件の最適化により、用途に応じた多孔質体の気孔任意制御法を初めて確立した[特開 2003-171185]
2. 本研究成果を用いることにより、完全なアグリゲート型の連続気孔を有した多孔質体を作製でき、真空吸着プレート材の大幅な特性向上が初めて可能となった
3. 高機能多孔質体製造技術を用いて SiC 多孔質フィルターの作製に成功し、多孔質フィルター表面で粒子状物質を効率良く確実にトラップできる構造を達成できた。
4. 高機能多孔質体製造技術を用い、特別な熱処理を行うことなく従来に比べて通気性、機械的特性が共に優れている通気性金型の試作に成功した。