

明 細 書

発明の名称：成形体、成形体の製造方法及び焼結体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、成形体、成形体の製造方法及び焼結体の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 金属、セラミックス、サーメット等の焼結可能な粉体を利用する、特に精密な焼結体や複雑形状の焼結体は、以下のように製造される。まず、焼結可能な粉体とバインダーとを含有する焼結体用組成物を調製する。次いで、調製した焼結体用組成物を加熱、混練して焼結体用原料とし、これを射出成形することによってグリーン成形体を成形する。続いてグリーン成形体を脱脂工程に付し、加熱処理又は溶媒処理によってグリーン成形体からバインダーを除去する。最後に、バインダーを除去したグリーン成形体を所定の温度で焼結する。こうして、焼結体が得られる。

[0003] 上記焼結体の製造プロセスにおいて、焼結体用組成物を射出成形して得られたグリーン成形体は、脱脂工程に運搬する際に歪みや破損などの塑性変形が生じる場合がある。こうしたグリーン成形体の塑性変形について、従来、グリーン成形体の曲げ強度(グリーン強度)を指標として、グリーン成形体の塑性変形性を評価してきた(例えば、特許文献1～3参照)。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2009-542880号公報

特許文献2：特開2001-106581号公報

特許文献3：特開2005-205805号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1～3に記載されたような曲げ強度を指標とする

評価では、弾性領域外で降伏点が現れるようなグリーン成形体に対して、不良が起きない良品として評価してしまう。その結果、グリーン成形体の運搬時に最大曲げ強度付近の外力が付加されると、組成変形が生じてしまう場合がある。

[0006] 本発明は上記課題を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、運搬時における塑性変形を抑制することができる成形体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、上述した課題を解決するべく鋭意検討した結果、グリーン成形体が所定の曲げ降伏強度を有するのみならず、所定の曲げ弾性率を有することによって、上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成させるに至った。

[0008] すなわち、本発明は以下の通りである。

[1]

焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む成形体であって、
前記成形体の歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)が
4000~15000であり、
曲げ降伏強度(MPa)が10以上である、
成形体。

[2]

前記曲げ弾性率(MPa)と、前記曲げ降伏強度(MPa)との積が50000以上である、前記[1]に記載の成形体。

[3]

顕微鏡で断面を観察した際に1mm²当りに存在する30μm以上の空隙が10個以下である、前記[1]または[2]に記載の成形体。

[4]

前記焼結可能な無機粉末の最大粒子径が30μm以下である、前記[1]~[3]のいずれか一項に記載の成形体。

[5]

前記有機バインダーとしてポリアセタール樹脂を含む、前記 [1] ～ [4] のいずれか一項に記載の成形体。

[6]

前記ポリアセタール樹脂のメルトフローレートが $70 \sim 200 \text{ g} / 10 \text{ 分}$ である、前記 [5] に記載の成形体。

[7]

前記成形体 100 質量％に対して、前記焼結可能な無機粉末 75 質量％以上 95 質量％以下を含む、前記 [1] ～ [6] のいずれか一項に記載の成形体。

[8]

前記焼結可能な無機粉末が金属粉末である、前記 [1] ～ [8] のいずれか一項に記載の成形体。

[9]

厚さ 1 mm 以下の部位が 100 mm^2 以上存在する、前記 [1] ～ [8] のいずれか一項に記載の成形体。

[1 0]

焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む成形体を製造する方法であって、

焼結可能な無機粉末と、有機バインダーとを混練し、混練物を得る混練工程と、

前記混練物を成形し、成形体を得る成形工程と、
を含み、

前記成形体の歪み $0.05\% \sim 0.1\%$ における曲げ弾性率 (MPa) が $4000 \sim 15000$ であり、

曲げ降伏強度 (MPa) が 10 以上であることを特徴とする成形体の製造方法。

[1 1]

前記混練工程における混練温度が 160°C ～ 200°C である、前記〔10〕に記載の成形体の製造方法。

〔12〕

前記成形工程におけるシリンダー温度が 150°C ～ 190°C である、請求項10又は11に記載の成形体の製造方法。

〔13〕

前記成形工程における射出圧力が 50MPa 以上である、請求項10～12のいずれか一項に記載の成形体の製造方法。

〔14〕

前記成形体100質量%に対して、前記焼結可能な無機粉末を75質量%以上95質量%以下含む、請求項10～13のいずれか一項に記載の成形体の製造方法。

〔15〕

加熱または化学的処理により、前記〔1〕～〔9〕のいずれか一項に記載の成形体、または前記〔10〕～〔14〕のいずれか一項に記載の成形体の製造方法によって製造された成形体から前記有機バインダーを除去し、焼結前駆体を得る脱脂工程と、

前記焼結前駆体を焼結し、焼結体を得る焼結工程と、
を含む、焼結体の製造方法。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、運搬時における塑性変形を抑制することができる成形体を提供することができる。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。なお、本発明は、以下の記載に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々変形して実施することができる。

[0011] 〔成形体〕

本実施形態の成形体は、焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む。

本実施形態の成形体は、上記無機粉末と有機バインダーとを含む焼結体用組成物を射出成形して得られた、脱脂、焼結する前の予備成形体（グリーン成形体）である。本明細書において、「成形体」は「グリーン成形体」を意味しており、グリーン成形体を脱脂、焼結した「焼結体」とは明確に区別される。

[0012] 本実施形態の成形体は、成形体の歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)が4000~15000であることが肝要である。また、本実施形態の成形体は、曲げ降伏強度(MPa)の値が10以上であることが肝要である。上記成形体の歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)が4000~15000であり、かつ曲げ降伏強度(MPa)の値が10以上であれば、成形体を搬送するときに、成形体に歪みや破損などの塑性変形が生じるのを抑制することができる。上記曲げ弾性率および曲げ降伏強度は、後述の実施例に記載の方法により測定することができる。

[0013] 上記成形体の歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)は、成形体強度の観点から、好ましくは5000以上であり、より好ましくは6000以上、更に好ましくは7000以上である。また、薄肉成形性の観点から、上限値は14500以下が好ましく、14000以下がより好ましく、13000以下が更に好ましい。

[0014] 曲げ降伏強度は、成形体強度の観点から、好ましくは10MPa超が好ましく、より好ましくは15MPa以上である。成形体の落下時に破損しにくくする観点から、上限は、好ましくは40MPa以下であり、より好ましくは35MPa以下である。

[0015] 上記曲げ弾性率(MPa)と曲げ降伏強度(MPa)との積が、50,000以上であることが好ましく、100,000以上であることがより好ましい。曲げ弾性率と曲げ降伏強度との積が50,000以上であれば、成形体を運搬するときに、成形体に歪みや破損などの塑性変形が生じるのをさらに抑制することができる。

[0016] また、本実施形態の成形体について、顕微鏡で断面を観察した際に、1m

m^2 当りに存在する $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上の空隙が 10 個以下であることが好ましい。これにより、成形体を運搬するときに、成形体に歪みや破損などの塑性変形が生じるのをさらに抑制することができる。上記顕微鏡による断面の観察は、後述の実施例に記載の方法により行うことができる。

[0017] 本実施形態の成形体は、厚さ 1 mm 以下の部分を少なくとも有することが好ましい。また、厚さ 1 mm 以下の部分が 1 mm^2 以上存在することが好ましく、 100 mm^2 以上存在することがより好ましい。一般に、厚さ 1 mm 以下の薄肉部分を広くもつ成形体ほど、運搬時の塑性変形がおこりやすいが、本実施形態における成形体は、厚さ 1 mm 以下の薄肉部分を広くもつ場合でも、運搬時の塑性変形を効果的に抑制することができる。

[0018] 本実施形態による成形体は、成形体を構成する焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む焼結体用組成物を製造し、加熱スクリー式及びピストン式射出成形機を使用して、製造した焼結体用組成物を射出成形することに得られる。

上記焼結体用組成物ひいては成形体は、無機粉末及び有機バインダーに加え、さらにその他の添加物を含んでもよい。

[0019] <焼結可能な無機粉末>

本実施形態において、「焼結可能な無機粉末」（以下、単に「無機粉末」とも記載することがある）とは、公知の適当な焼結可能な無機粉末の全ての中から選択することができる。好ましくは、金属粉末、合金粉末、金属カルボニル粉末、及びこれらの混合物から選択される。中でも、機能性を付与するために、金属粉末やセラミックス粉末がより好ましく、金属粉末が特に好ましい。

焼結可能な上記無機粉末は、 1 種を単独で用いてもよいし、複数種を組み合わせ用いてもよい。

[0020] 上記金属粉末として、具体的な例は、アルミニウム、マグネシウム、バリウム、カルシウム、コバルト、亜鉛、銅、ニッケル、鉄、ケイ素、チタン、タングステン、並びに、これらをベースとする金属化合物及び金属合金の粉

末が挙げられる。ここで、既に完成された合金のみならず、個々の合金成分の混合物を使用することもできる。

[0021] セラミックス粉末としては、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、ジルコニア等の酸化物；ハイドロキシアパタイト等の水酸化物；炭化ケイ素等の炭化物；窒化ケイ素や窒化ホウ素等の窒化物；蛍石等のハロゲン化物；ステアライト等のケイ酸塩；チタン酸バリウムやチタン酸ジルコン酸鉛等のチタン酸塩；炭酸塩；リン酸塩；フェライト；高温超伝導物質；等も挙げられる。

[0022] 上述した無機粉末は、1種単独で用いてもよく、種々の金属や金属合金、又はセラミックス等、幾つかの無機物質を組み合わせ用いることも可能である。特に好ましい金属や合金金属としては、チタン合金やSUS316L等のステンレス鋼が挙げられ、セラミックとしては、 Al_2O_3 、 ZrO_2 が挙げられる。

[0023] 上記無機粉末の平均粒子径としては、 $30\mu m$ 以下であることが好ましく、より好ましくは $20\mu m$ 以下である。また、無機粉末の最大粒子径は、 $30\mu m$ 以下であることが好ましく、より好ましくは $20\mu m$ 以下である。無機粉末の最大粒子径が $30\mu m$ 以下であれば、金属粉末が分散し、より強度の高い射出成形体を得ることができる。上記平均粒子径及び最大粒子径は、例えばレーザー回折法を採用した粒度分布測定装置で測定することができる。

[0024] 焼結可能な上記無機粉末の質量割合としては、上記成形体100質量%に対して、70～95質量%であることが好ましく、より好ましくは75～95質量%であり、特に好ましくは80～95質量%である。焼結可能な無機粉末が上述した範囲内であることで、射出成形に適した溶融粘度を有した焼結体用組成物を得ることができ、かつ、強度の高い成形体を得ることができる。

[0025] <有機バインダー>

有機バインダーは、特に限定されないが、ポリアセタール樹脂を含むことが好ましい。解重合型ポリマーであるポリアセタール樹脂を有機バインダー

として使用することにより、ポリアセタール樹脂が具備する剛性により、形状保持性に優れた成形体を得ることができる。成形体は、加熱による脱脂工程を経た後にも形状保持性に優れ、また加熱による脱脂後に残渣が残らない。さらに、加熱による脱脂工程を早く行えることから、生産効率を高めることができる。

[0026] (ポリアセタール樹脂)

上記ポリアセタール樹脂としては、ポリアセタールホモポリマー、ポリアセタールコポリマー、又はその混合物が挙げられる。中でも、上記ポリアセタール樹脂は、熱安定性の観点から、ポリアセタールコポリマーが好ましい。

上記ポリアセタール樹脂は、1種を単独で用いてもよいし、複数種を組み合わせ用いてもよい。

[0027] 上記ポリアセタールホモポリマーとしては、オキシメチレン単位を主鎖に有するポリマーが挙げられ、重合体の両末端をエステル基又はエーテル基により封鎖することができる。ポリアセタールホモポリマーは、ホルムアルデヒド及び公知の分子量調節剤を原料として得ることができ、それら原料から、公知のオニウム塩系重合触媒を用いて炭化水素等を溶媒として公知のスラリー法、例えば特公昭47-6420号公報や特公昭47-10059号公報に記載の重合方法で得ることができる。

なお、ポリアセタールホモポリマーは、両末端を除く主鎖の99.8mol%以上がオキシメチレン単位で構成されることが好ましく、両末端を除く主鎖がオキシメチレン単位のみで構成されるポリアセタールホモポリマーであることがより好ましい。

[0028] ポリアセタールコポリマーとしては、オキシメチレンユニットとオキシエチレンユニットとを主鎖に有するポリマーが挙げられ、例えばトリオキサんと、環状エーテル及び／又は環状ホルマールとを重合触媒の存在下で共重合して得ることができる。トリオキサンとは、ホルムアルデヒドの環状3量体であり、一般的には酸性触媒の存在下でホルマリン水溶液を反応させること

により得られる。

- [0029] 上記トリオキサンは、水、メタノール、蟻酸、蟻酸メチル等の連鎖移動させる不純物を含有している場合があるので、例えば蒸留等の方法でこれら不純物を除去精製することが好ましい。その場合、連鎖移動させる不純物の合計量をトリオキサン 1 mol に対して、 1×10^{-3} mol 以下とすることが好ましく、より好ましくは 0.5×10^{-3} mol 以下である。不純物の量を上記数値のように低減化することにより、重合反応速度を実用上十分に高めることができ、生成したポリマーにおいて優れた熱安定性が得られる。
- [0030] 環状エーテル及び／又は環状ホルマールは、上記トリオキサンと共重合可能な成分であり、例えば、エチレンオキサイド、プロピレンオキサイド、ブチレンオキサイド、エピクルロルヒドリン、エピブロモヒドリン、スチレンオキサイド、オキサタン、1, 3-ジオキソラン、エチレングリコールホルマール、プロピレングリコールホルマール、ジエチレングリコールホルマール、トリエチレングリコールホルマール、1, 4-ブタンジオールホルマール、1, 5-ペンタンジオールホルマール、1, 6-ヘキサジオールホルマール等が挙げられる。特に、エチレンオキサイド、1, 3-ジオキソランが好ましい。これらは、1 種のみを単独で使用してもよく、2 種以上を併用してもよい。
- [0031] 環状エーテル及び環状ホルマールの添加量は、上記トリオキサン 1 mol に対して、1.0 mol % 以上が好ましく、より好ましくは 3.0 mol % 以上、更に好ましくは 3.5 mol % 以上である。また、上記トリオキサン 1 mol に対して、8.0 mol % 以下が好ましく、より好ましくは 7.0 mol % 以下、更に好ましくは 5.0 mol % 以下である。
- [0032] 重合触媒としては、ルイス酸に代表されるホウ酸、スズ、チタン、リン、ヒ素及びアンチモン化合物が挙げられ、特に、三フッ化ホウ素、三フッ化ホウ素系水和物、及び酸素原子又は硫黄原子を含む有機化合物と三フッ化ホウ素との配位錯化合物が好ましい。例えば、三フッ化ホウ素、三フッ化ホウ素ジエチルエーテラート、三フッ化ホウ素- γ -ブチルエーテラートを好適

例として挙げられる。これらは、1種のみを単独で使用してもよく、2種以上を併用してもよい。

- [0033] 重合触媒の添加量は、上記トリオキサン1molに対して、 $0.1 \times 10^{-5} \sim 0.1 \times 10^{-3}$ molの範囲が好ましく、より好ましくは $0.3 \times 10^{-5} \sim 0.5 \times 10^{-4}$ molの範囲であり、さらに好ましくは $0.5 \times 10^{-5} \sim 0.4 \times 10^{-4}$ molの範囲である。重合触媒の添加量が上記範囲内であるとき、安定して長時間の重合反応を実施することができる。
- [0034] ポリアセタールコポリマーの製造において、重合触媒の失活は、重合反応によって得られたポリアセタール樹脂を、アンモニア、トリエチルアミン、トリーn-ブチルアミン等のアミン類、又はアルカリ金属もしくはアルカリ土類金属の水酸化物、無機酸塩、有機酸塩等の触媒中和失活剤の少なくとも一種を含む水溶液又は有機溶剤液中に投入し、スラリー状態で一般的には数分～数時間攪拌することにより行われる。触媒中和失活後のスラリーは濾過、洗浄により、未反応モノマーや触媒中和失活剤、触媒中和塩が除去された後、乾燥される。
- [0035] また、重合触媒の失活としては、アンモニア、トリエチルアミン等の蒸気とポリアセタール共重合体とを接触させて重合触媒を失活させる方法や、ヒンダードアミン類、トリフェニルホスフィン及び水酸化カルシウム等のうち少なくとも一種とポリアセタール樹脂とを混合機で接触させて触媒失活させる方法も用いることができる。
- [0036] また、重合触媒の失活を行わずに、ポリアセタールコポリマーの融点以下の温度で、不活性ガス雰囲気下において加熱することによって、重合触媒が揮発低減されたポリアセタールコポリマーを用いて後述の末端安定化処理を行っても良い。以上の重合触媒の失活操作及び重合触媒の揮発低減操作は、必要に応じて、重合反応によって得られたポリアセタール樹脂を粉碎した後で行っても良い。
- [0037] 得られたポリアセタール樹脂の末端安定化処理は、次の方法によって不安定末端部分を分解除去する。不安定末端部の分解除去方法としては、例えば

、ベント付き単軸スクリー式押出機やベント付き２軸スクリー式押出機を用いて、切欠剤としてアンモニアやトリエチルアミン、トリブチルアミン等の脂肪酸アミン、水酸化カルシウムに代表されるアルカリ金属又はアルカリ土類金属の水酸化物、無機弱酸塩、有機弱酸塩等の公知の不安定末端部を分解するこのできる塩基性物質の存在下に、ポリアセタール樹脂を熔融し、不安定末端部を分解除去することができる。

[0038] 上記有機バインダー中の上記ポリアセタール樹脂の質量割合は、有機バインダー１００質量％に対して、５～９５質量％であることが好ましく、より好ましくは５～７０質量％であり、特に好ましくは５～６０質量％である。

成形体から有機バインダーを加熱によって取り除く場合、ポリアセタール樹脂の質量割合は、有機バインダー１００質量％に対して、５～５０質量％であることが好ましく、より好ましくは５～４５質量％であり、特に好ましくは１０～４０質量％である。

有機バインダー中のポリアセタール樹脂の割合を上述した範囲とすることでグリーン成形体の形状を良好に保持できる傾向にある。

[0039] 上記ポリアセタール樹脂のメルトフローレートは、ASTM-D-1238-57Tに準拠し、１９０℃、２．１６kgの条件で測定して、好ましくは７０g／１０分以上２００g／１０分以下であり、より好ましくは９０g／１０分以上２００g／１０分未満、さらに好ましくは９０g／１０分以上１４０g／１０分未満である。メルトフローレートを７０g／１０分以上とすることにより、焼結体用組成物の流動性が向上し、メルトフローレートを２００g／１０分以下とすることにより、成形体の強度を向上させることができる。

なお、ポリアセタール樹脂のメルトフローレートは、重合時に添加する分子量調節剤（例えば、メチラール、メタノール、ギ酸、ギ酸メチル等）の量を多くすることにより、メルトフローレートが大きくなるように操作することができる。

[0040] 上記ポリアセタール樹脂の融点としては、１００～２００℃であることが

好ましく、より好ましくは140～180℃である。上記融点は、JIS K 7121により測定される融解ピーク温度であり、複数の融解温度が存在する場合は高温側の融点である。

- [0041] また、有機バインダーは、ポリオレフィン樹脂を含むことが好ましく、ポリアセタール樹脂とポリオレフィン樹脂とを含むことがより好ましい。

ポリアセタール樹脂とポリオレフィン樹脂とは、それぞれ異なる熱分解開始点を有することから、成形体を加熱脱脂する際の昇温過程において、成形体から有機バインダーを徐々に除去することを可能にする。また酸脱脂では硝酸等の酸によってポリアセタール樹脂が分解し、成形体から除去されるが、酸で分解されないポリオレフィン樹脂を配合することで、ポリアセタール樹脂が除去された成形体の形状を保持することかできる。

- [0042] (ポリオレフィン樹脂)

上記ポリオレフィン樹脂は、炭素原子2～8個、好ましくは炭素原子2～4個を有するアルケンに由来する構造単位を有する単独重合体又は共重合体である。

- [0043] 上記ポリオレフィン樹脂は、焼結体用組成物を調製する際の焼結可能な無機粉末との混練性、及び焼結体用組成物を用いて成形体を製造する際の射出成形性の観点から、190℃、2.16kgの条件で測定したメルトフローレートが、40g/10分以上であることが望ましい。

- [0044] 上記ポリオレフィン樹脂としては、具体的にはポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン-プロピレン共重合体、エチレン-酢酸ビニル共重合体、エチレン-ビニルアルコール共重合体、ポリイソプレン、ポリブタジエン等が挙げられる。好ましくは、ポリエチレン、ポリプロピレン、及びこれらの混合物であり、成形体を脱脂工程に搬送した際の成形体の形状保持性、脱脂工程におけるひび割れ及び膨れの抑制の観点から、ポリエチレン又はポリプロピレンであることがより好ましい。ポリエチレンとして市販のものの中で好適に使用し得るものは、例えば、サンテックHDシリーズ（旭化成製）、サンテックLDシリーズ（旭化成製）、サンテックEVAシリーズ（旭化成製）

）、ネオゼックス、ウルトゼックス、エボリユー（以上プライムポリマー製）等が挙げられ、ポリプロピレンとして住友ノーブレン（住友化学製）、ノバテックPP（日本ポリプロ製）、サンアロマーPMシリーズ（サンアロマー社製）、プライムポリプロ（プライムポリマー製）等が挙げられる。

[0045] 上記ポリオレフィン樹脂は、酸脱脂後の成形体の形状保持性の観点から、酸で分解されにくいことが好ましい。上記ポリオレフィン樹脂は、酸脱脂後の成形体の形状保持性の観点から、JIS K 7114に記載の手法の下、30%の硝酸水溶液に23℃（室温）、70℃の条件で24時間浸漬した後の重量が浸漬前の10%以下であることが好ましく、5%以下であることがより好ましく、1%以下であることが特に好ましい。

[0046] 上記有機バインダー中の上記ポリオレフィン樹脂の質量割合は、成形体の形状保持、並びに酸脱脂後の成形体の形状を良好に保持できる観点から、有機バインダー100質量%に対して、5～95質量%であることが好ましく、より好ましくは5～70質量%であり、特に好ましくは5～60質量%である。

[0047] 有機バインダーがポリアセタール樹脂とポリオレフィン樹脂とを含む場合、上記ポリアセタール樹脂100質量部に対する上記ポリオレフィン樹脂の質量割合は、1～200質量部であることが好ましく、より好ましくは5～150質量部、さらに好ましくは10～120質量部である。

[0048] また、上記有機バインダー100質量%中の上記ポリアセタール樹脂と上記ポリオレフィン樹脂との合計質量の割合としては、45質量%以上であることが好ましい。また、上記有機バインダー100質量%中の上記ポリアセタール樹脂と上記ポリオレフィン樹脂と後述の流動性付与剤との合計質量の割合としては、90質量%以上であることが好ましく、より好ましくは95質量%以上、さらに好ましくは98質量%以上である。

[0049] 上記ポリアセタール樹脂の熱分解開始点（℃）と、上記ポリオレフィン樹脂の熱分解開始点（℃）との差は、脱脂工程時のひび割れ、膨れを一層低減する観点から、30℃以上であることが好ましく、より好ましくは30～1

00℃である。上記熱分解開始点は、熱重量示差熱分析装置を用いて測定される温度である。

[0050] (流動性付与剤)

成形体を得るための焼結体用組成物は、さらに流動性付与剤を含むことが好ましい。上記流動性付与剤を含むことにより、焼結体用組成物の流動性がさらに向上する。

上記流動性付与剤は、上述のポリアセタール樹脂、ポリオレフィン樹脂以外の化合物であり、例えばワックス類が挙げられる。上記ワックス類としては、例えばパラフィンワックス、ポリエチレンワックス、ポリプロピレンワックス、カルバナワックス、ポリエチレングリコール、ポリテトラメチレングリコール、ポリテトラエチレングリコール、ポリイソブチレン、マイクロクリスタリンワックス、モンタン系ワックス、蜜ロウ、木ロウ、合成ワックス、ポリ-1,3-ジオキソラン、ポリ-1,3-ジオキセパン等が挙げられる。中でも、射出成形での焼結体用組成物の流動性に一層優れる観点から、パラフィンワックス、ポリエチレングリコール、ポリテトラメチレングリコールが好ましい。

[0051] 上記流動性付与剤の質量割合は、射出成形での焼結体用組成物の流動性に一層優れる観点から、上記有機バインダー100質量%に対して、5～60質量%であることが好ましく、より好ましくは5～50質量%であり、特に好ましくは10～50質量%である。

[0052] (窒素含有化合物、脂肪酸金属塩)

上記ポリアセタール樹脂は、さらに窒素含有化合物及び／又は脂肪酸金属塩を含むことが好ましく、窒素含有化合物及び脂肪酸金属塩を含むことがより好ましい。

上記窒素含有化合物及び上記脂肪酸金属塩を含むことにより、ポリアセタール樹脂を製造する際の押出し性、熱安定性、異物の抑制を優れたものにすることができる。また、金属粉末と混練された焼結体用組成物の流動性と、成形体の強度とが同時に改善される傾向がある。上記窒素含有化合物と上記

脂肪酸金属塩とを含むことにより、焼結体用組成物は熱安定性が向上する。

[0053] 上記窒素含有化合物としては、特に限定されないが例えば、ポリアミド樹脂、アミド化合物、尿素誘導体、トリアジン誘導体、等が挙げられ、中でも、焼結体用組成物の熱安定性に一層優れ、成形体の強度にも一層優れる観点から、ポリアミド樹脂が好ましい。これらは1種を単独で用いてもよいし、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

[0054] 上記ポリアミド樹脂としては、特に限定されないが例えば、ジアミンとジカルボン酸との縮合、アミノ酸の縮合、ラクタムの開環重合等によって得られるナイロン6、ナイロン11、ナイロン12、ナイロン66、ナイロン6・10、ナイロン6／6・10、ナイロン6／6・6、ナイロン6・6／6・10、ナイロン6／6・6／6・10、ポリ-β-アラニン等が挙げられる。

[0055] 上記アミド化合物としては、特に限定されないが例えば、脂肪族モノカルボン酸、脂肪族ジカルボン酸、芳香族モノカルボン酸又は芳香族ジカルボン酸と脂肪族モノアミン、脂肪族ジアミン、芳香族モノアミン、芳香族ジアミンとから生成されるステアリルステアリン酸アミド、ステアリルオレイン酸アミド、ステアリルエルカ酸アミド、エチレンジアミン-ジステアリン酸アミド、エチレンジアミン-ジベヘニン酸アミド、ヘキサメチレンジアミン-ジステアリン酸アミド、エチレンジアミン-ジエルカ酸アミド、キシリレンジアミン-ジエルカ酸アミド、ジ（キシリレンジアミン-ステアリン酸アミド）、セバシン酸アミド等が挙げられる。

[0056] 上記尿素誘導体としては、特に限定されないが例えば、N-フェニル尿素、N, N'-ジフェニル尿素、N-フェニルチオ尿素、N, N'-ジフェニルチオ尿素等が挙げられる。

[0057] 上記トリアジン誘導体としては、特に限定されないが例えば、メラミン、ベンゾグアナミン、N-フェニルメラミン、メレム、N, N'-ジフェニルメラミン、N-メチロールメラミン、N, N'-トリメチロールメラミン、2, 4-ジアミノ-6-シクロヘキシルトリアジン、メラム等が挙げられる。

。

[0058] 上記窒素含有化合物の質量割合は、ポリアセタール樹脂 100 質量部に対して、好ましくは 0.005~0.2 質量部であり、特に好ましくは 0.005~0.1 質量部である。上記窒素含有化合物の質量割合が上述の範囲であると、焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを混練する際、ポリアセタール樹脂の熱安定性が向上する観点で好ましい。

[0059] 上記脂肪酸金属塩としては、特に限定されないが例えば、炭素数 10~35 の飽和若しくは不飽和の脂肪酸又は水酸基で置換されている脂肪酸と、アルカリ金属若しくはアルカリ土類金属の水酸化物、酸化物又は塩化物と、から得られた脂肪酸金属塩が挙げられる。

[0060] 上記脂肪酸金属塩の脂肪酸としては、カプリン酸、ウンデシル酸、ラウリン酸、トリデシル酸、ミリスチン酸、ペンタデシル酸、パルミトン酸、ヘプタデシル酸、ステアリン酸、ノナデカン酸、アラキン酸、ベヘン酸、リグリセリン酸、セロチン酸、ヘプタコサン酸、モンタン酸、ウンデシレン酸、オレイン酸、エライジン酸、セトレイン酸、エルカ酸、ブラシジン酸、ソルビン酸、リノール酸、リノレン酸、アラキドン酸、プロピオール酸、ステアロール酸、12-ヒドロキシドデカン酸、3-ヒドオキシデカン酸、16-ヒドロキシヘキサデカン酸、10-ヒドロキシヘキサデカン酸、12-ヒドロキシオクタデカン酸、10-ヒドロキシ-8-オクタデカン酸等が挙げられる。また、金属化合物としては、リチウム、ナトリウム、カリウム等のアルカリ金属、マグネシウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウム等のアルカリ土類金属、亜鉛、若しくはアルミニウムの水酸化物又は塩化物である。中でも好ましくは、脂肪酸がミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸であり、金属化合物がカルシウムの水酸化物、酸化物及び塩化物であり、より好ましくは、ミリスチン酸カルシウム、パルミチン酸カリシウム、ステアリン酸カルシウムである。

[0061] 焼結体用組成物に上記窒素含有化合物と上記脂肪酸金属塩とを添加する場合、上記窒素含有化合物の質量に対する上記脂肪酸金属塩の質量の割合（脂

脂肪酸金属塩の質量／窒素含有化合物の質量）が特定の範囲にあることが好ましく、具体的には当該割合が1～15であり、好ましくは1～10である。当該割合を1～15にすることにより、有機バインダー中のポリアセタール樹脂の熱安定性を向上させることができる点で好ましい。

[0062] 上記焼結体用組成物中の上記有機バインダーの質量割合としては、射出成形での成形性を良好に保ち脱脂工程時のひび割れや膨れを一層抑制できる観点から、焼結体用組成物100質量部に対して、5～30質量部であることが好ましく、より好ましくは5～20質量部、さらに好ましくは5～15質量部である。

[0063] 有機バインダー中に含まれる樹脂成分は、上記ポリアセタール樹脂、上記ポリオレフィン樹脂、上記流動性付与剤、上記窒素含有化合物（例えば、ポリアミド樹脂）のみであることが好ましいが、その他の添加物を含んでもよい。

[0064] （その他の添加物）

上記焼結体用組成物に添加可能な、上述の成分以外のその他の添加剤としては、本発明の効果を損なわない限り限定されるものではないが、好ましい添加剤として酸化防止剤を挙げることができる。

[0065] 上記酸化防止剤としては、例えば、*n*-オクタデシル-3-(3', 5'-ジ-*t*-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、*n*-オクタデシル-3-(3'-メチル-5'-*t*-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、*n*-テトラデシル-3-(3', 5'-ジ-*t*-ブチル-4'-ヒドロキシフェニル)プロピオネート、1, 6-ヘキサンジオール-ビス-(3-(3, 5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)、1, 4-ブタンジオール-ビス-(3-(3, 5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)、3-(3, 5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオン、トリエチレングリコール-ビス-(3-(3-*t*-ブチル-5-メチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)、テトラキス(メチレン3-(3'-*t*-ブチル-

4-ヒドロキシフェニル)プロピオネート)メタン、N, N'-ビス-(3-(3, 5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェノール)プロピオニル)ヒドラジン、N, N'-テトラメチレン-ビス-3-(3'-メチル-5'-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェノール)プロピオニルジアミン、N, N'-ビス-3-(3', 5'-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェノール)プロピオニルヘキサメチレンジアミン、3-(N-サリチロイル)アミノ-1, 2, 4-トリアゾール、N, N'-ビス-(2-(3-(3, 5-ジ-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロピオニルオキシ)エチル)オキシアミド、N, N'-ヘキサメチレン-ビス-(3-(3, 5-*t*-ブチル-4-ヒドロキシフェニル)プロパンアミド)等が挙げられる。これら酸化防止剤は1種で用いてもよいし、2種以上を組み合わせ用いてもよい。

[0066] 酸化防止剤の含有量は、ポリアセタール樹脂100質量部に対して、0.01~1.0質量部、好ましくは0.05~0.5質量部である。含有量が上記範囲内にあることで、熱安定性が向上する。

[0067] 焼結体用組成物のメルトフローレートは、ASTM-D-1238-57Tに準拠し、190℃、2.16kgの条件で測定して、80g/10分以上200g/10分未満が好ましく、より好ましくは90g/10分以上180g/10分未満であり、さらに好ましくは90g/10分以上140g/10分未満である。メルトフローレートを80g/10分以上とすることにより、焼結体用組成物の流動性が向上し、メルトフローレートを200g/10分未満とすることにより、グリーン成形体の強度を向上させることができる。

なお、焼結体用組成物のメルトフローレートは、例えば、使用するポリアセタール樹脂の種類や質量割合により上記範囲に制御することができ、ポリアセタール樹脂のメルトフローレートが大きいほど、焼結体用組成物のメルトフローレートも大きくなる傾向がある。

[0068] (焼結体用組成物の製造方法)

上記焼結体用組成物は、特に限定されなく公知の方法により製造すること

ができる。具体的には、上述した焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを、例えば、ヘンシェルミキサー、タンブラー、V字型ブレンダー等で混合した後、単軸押出し機、或いは2軸押出し機、加熱ロール、ニーダー、バンバリーミキサー等の混練機を用いて半熔融状態で熔融混練することにより製造ことができ、ストランド状、ペレット状等、種々の形態の製品として得ることができる。

[0069] [成形体の製造方法]

本発明に係る成形体の製造方法は、焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む成形体を製造する方法であって、焼結可能な無機粉末と、有機バインダーとを混練し、混練物を得る混練工程と、上記混練物を成形し、成形体を得る成形工程とを含む。上記混練工程および成形工程は、所望の条件で行うことができる。

[0070] 混練する際は、加圧型ニーダーなどの混練機を用いて混練することが望ましく、その混練温度は160℃～200℃が好ましく、より好ましくは160℃～190℃であり、さらに好ましくは160℃～180℃である。混練温度を160℃以上とすることにより、樹脂の熔融温度付近で混練することで、樹脂の分散性が向上し、グリーン成形体の曲げ弾性率を向上させることができる。また、混練温度を200℃以下とすることにより、混練中の樹脂分解が抑制され、グリーン成形体断面の空隙数を抑制することができる。また、組成が同じであっても、混練温度を上述した好ましい範囲にすることにより、曲げ弾性率および降伏強度の低下を抑制することができる。

[0071] 射出成形する際は、シリンダー温度を150℃～190℃にすることが好ましく、より好ましくは160℃～190℃であり、さらに好ましくは165℃～185℃である。シリンダー温度を150℃以上とすることにより、樹脂の流動性を上げて成形性を向上させ、グリーン成形体の密度および強度を上げることができ、シリンダー温度を190℃以下とすることで、射出成形時の樹脂の分離を抑制し、グリーン成形体の強度を上げることができる。また、組成が同じであっても、混練温度が上述した好ましい範囲にすること

により、曲げ弾性率および降伏強度の低下を抑制することができる。

- [0072] 射出成形の際の射出圧力は50MPa以上であることが好ましい。射出圧力を上げるにより、得られる成形体の空隙が減り、有機バインダーと金属粉末との接着性が向上するため、樹脂の充填密度が向上して、強度の高い成形体を得ることが可能である。射出圧力は、より好ましくは60MPa以上、更に好ましくは70MPa以上である。射出圧力の上限值は特にないが、成形装置を安全に運転できる射出圧力が現実的な上限値である。具体的には、200MPa程度である。

なお、成形体の強度を高くするには、射出圧力が一定の値を超えていることが重要であり、射出圧力を必要以上に高いことは重要ではない。得られる成形体の強度が同じであれば、射出圧力は低い方が安全上好ましい。

- [0073] こうして、歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)が4000~15000であり、曲げ降伏強度(MPa)が10以上である成形体を製造することができる。

- [0074] 上記グリーン成形体の歪み0.05%~0.1%における曲げ弾性率(MPa)は、好ましくは4000~15000の範囲であり、更に好ましくは4000~12000であり、特に好ましくは7000~12000である。曲げ弾性率が上記の範囲内にあることにより、搬送中の塑性変形を阻止しつつ、落下等による衝撃破壊を抑制することが可能である。

- [0075] また、グリーン成形体の曲げ強度(MPa)は、好ましくは10以上であり、更に好ましくは10~100であり、特に好ましくは10~40である。曲げ強度が上記の範囲内にあることにより、エジェクター突き出しのような負荷にも耐えることのできる、強度の高い成形体を得ることが可能である。

- [0076] さらに、成形体100質量%に対して、焼結可能な無機粉末を75質量%以上95質量%以下含むことが好ましい。焼結可能な無機粉末の含有量が75質量%以上であれば、射出成形時の分離を防ぐことができ、成形体の強度を上げることが可能である。また、焼結可能な無機粉末の含有量が95質量

%以下であれば、成形体が脆くなるのを防ぐことができる。焼結可能な無機粉末を90質量%以上95質量%以下含むことがより好ましい。

[0077] [焼結体の製造方法]

本発明に係る焼結体の製造方法は、加熱または化学的処理により、上述した本発明に係る成形体、または本発明に係る成形体の製造方法によって製造された成形体から有機バインダーを除去し、焼結前駆体を得る脱脂工程と、上記焼結前駆体を焼結し、焼結体を得る焼結工程とを含む。上記脱脂工程および焼結工程は、所望の条件で行うことができる。

加熱により脱脂する方法の場合、窒素雰囲気の下、常温より500℃から600℃まで昇温することで脱脂される。加熱の前に溶剤中に流動性付与剤を溶出させてもよい。

次いで焼結可能な無機粉末の焼結温度まで昇温させることで焼結体を得ることができる。

酸により脱脂する方法の場合、窒素雰囲気の下、硝酸ガスを流通させ、常温から110℃から120℃まで昇温することで脱脂する。

次いで焼結可能な無機粉末の焼結温度まで昇温させることで焼結体を得ることができる。

実施例

[0078] 以下、具体的な実施例及び比較例を挙げて本発明について詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

尚、実施例及び比較例中の用語及び特性の測定法は以下の通りとする。

[0079] [原料]

(A ポリアセタール樹脂)

(A-1)

熱媒を通すことのできるジャケット付き2軸パドル型連続重合反応機（（株）栗本鐵工所製、径2B、L/D=14.8）を温度80℃に調整した。重合触媒として三フッ化ホウ素-ジ-n-ブチルエーテラートをシクロヘキサンにて0.26質量%に希釈した触媒調合液69g/hrと、トリオキサ

ン3500 g/h r、1, 3-ジオキソラン121 g/h r、分子量調節剤としてメチラール7.9 g/h rを、重合反応機に連続的に供給し重合を行った。

重合反応機から排出されたものは、0.5質量%のトリエチルアミン水溶液中に投入し重合触媒の失活を行った後、濾過、洗浄、乾燥を行った。

次に、200℃に設定されたベント付の2軸押し機(L/D=40)に供給し、末端安定化ゾーンに、0.8質量%トリエチルアミン水溶液を、窒素の量に換算して20ppmになるように液添し、90kPaで減圧脱気しながら安定化させ、ペレタイザーにてペレット化した。その後100℃で2hr乾燥を行い、(A-1)ポリアセタール樹脂を得た。

得られた(A-1)ポリアセタール樹脂は、融点164℃、メルトフローレート90 g/10分であった。得られたポリアセタール樹脂(A-1)の詳細を表1に示す。

[0080] [表1]

ポリアセタール種	A-1	A-2	A-3
トリオキサン (g/hr)	3500	3500	3500
1,3-ジオキソラン (g/hr)	121	121g	121
メチラール (g/hr)	7.9	9.4	10.6
メルトフローレート	90	121	180

[0081] (A-2)

分子量調節剤としてのメチラルールの流量を9.4 g/h rとした以外は、(A-1)ポリアセタール樹脂の製造方法と同様に(A-2)ポリアセタール樹脂を製造した。得られた(A-2)ポリアセタール樹脂は、融点164℃、メルトフローレート121 g/10分であった。得られたポリアセタール樹脂(A-2)の詳細を表1に示す。

[0082] (A-3)

分子量調節剤としてのメチラルールの流量を10.6 g/h rとした以外は、(A-1)ポリアセタール樹脂の製造方法と同様に(A-3)ポリアセタール樹脂を製造した。得られた(A-3)ポリアセタール樹脂は、融点16

4℃、メルトフローレート180g／10分であった。得られたポリアセタール樹脂（A－3）の詳細を表1に示す。

[0083] （B ポリオレフィン樹脂）

ポリプロピレン （住友化学株式会社製 住友ノーブレン UH501E1）

[0084] （C 窒素含有化合物）

ナイロン66（分子量10000）

[0085] （D 脂肪酸金属塩）

ステアリン酸カルシウム

[0086] （E 流動性付与剤）

パラフィンワックス （日本精蠟株式会社製 Paraffin wax－14

[0087] 〔成形体用組成物の調製〕

（A－1）～（A－3）のいずれかのポリアセタール樹脂100質量部に、（C）ナイロン66を0.05質量部、（D）ステアリン酸カルシウム0.3質量部を均一添加混合し、200℃に設定されたベント付の2軸押出し機（L／D＝40）に供給し、90kPaで減圧脱気しながらペレット化した。その後100℃で2hr乾燥を行い、（A）ポリアセタール樹脂組成物を調製した。

[0088] バインダー成分を100質量%としたうち、上記（A）ポリアセタール樹脂組成物を25質量%、（B）ポリオレフィン樹脂組成物を25質量%、（E）流動性付与剤を50質量%の割合で配合したバインダーと、焼結可能な無機粉末としてSUS316Lを、表1の割合で配合して、比較例1～5、実施例1～8の成形体の製造に用いる成形体用組成物を調製した。

なお、実施例6以外は、SUS316Lの金属粉末を、30μmメッシュ篩を用いて最大粒子径30μmに調整した。篩にかける前の最大粒子径は40μmであった。成形体用組成物（成形体）の詳細を、表2に示す。

[0089]

[表2]

成形体の 詳細	比較例1																実施例8	
	SUS粉末配合量(質量%)																実施例7	
成形条件	ポリアセタール系																90	
	粉末最大粒子径(μm)																A-2	
	繊維線径																30	
	繊維線長																×	
成形条件	溶解温度(℃)																170	
	シリンダー温度(℃)																170	
	射出圧力(MPa)																170	
	射出圧力(MPa)																80	
成形性	成形性(1mm平板)																○	
	成形性(2mm平板)																○	
	成形性(2mm平板)																○	
	成形性(2mm平板)																○	
成形体の 評価強度	曲げ弾性率(MPa)																10000	
	曲げ弾性率(MPa)																10000	
	曲げ弾性率と曲げ降伏強度との積 (mm/s)(1mm平板)																10000	
	曲げ弾性率と曲げ降伏強度との積 (mm/s)(1mm平板)																10000	
試験試験	突き出し試験で破損が見られた速度 (mm/s)(1mm平板)																30	
	突き出し試験で破損が見られた速度 (mm/s)(1mm平板)																30	
	落下試験(枚)(1mm平板)																4	
	落下試験(枚)(2mm平板)																3	

[0090] [評価]

(メルトフローレート (M I))

A S T M - D - 1 2 3 8 に準拠し、東洋精機製の M E L T I N D E X E R を用いて 1 9 0 ° C 、 2 1 6 0 g の条件下で M I (メルトフローレート : g / 1 0 分) を測定した。

[0091] (成形体試験片の作製)

調製した成形体用組成物を、加圧ニーダーによって 1 7 0 ° C 、 1 時間混練した後に、この混練物を冷却、破碎して得た射出成形用原料を、射出成形機 (F a n u c 社製 R O B O S H O T α - 5 0 i A) を用いて、成形温度 1 7 0 ° C 、射出圧力 8 0 M P a の条件にて成形し、縦 6 0 m m 、横 6 0 m m で厚さ 1 m m または 2 m m の平板を成形した。その際、金型内の組成物が末端まで充填されているか確認した。末端まで充填されているものを○、そうでないものを×とした。評価結果を表 2 に示す。得られた平板から、J I S K 7 1 3 9 に準拠する短冊形状の成形体試験片を切り出して得た。

なお、上記評価において×と評価されたものについても、後述する成形体試験片の曲げ降伏強度および曲げ弾性率を評価するために、金型内に充填された平板状部分から成形体試験片を切り出して得た。

また、試験片はこの平板からのみ切り出せるものではなく、任意の成形体から切り出して得ることができる。

[0092] (成形体試験片の曲げ降伏強度)

成形体の曲げ降伏強度を 3 点曲げ試験で評価した。すなわち、上記短冊形状の成形体試験片をオートグラフ (I n s t r o n 社製 D u a l c o l u m n f l o r e m o d e l 5 5 8 1) にて支持治具の間隔 5 0 m m とし、ロードセル 2 m m / 分のスピードで下げた時の曲げ降伏強度と曲げ弾性率を測定した。また、測定された曲げ降伏強度 (M P a) と曲げ弾性率 (M P a) の積を計算した。測定された曲げ降伏強度、曲げ弾性率および計算された積の値を表 2 に示す。

[0093] (顕微鏡観察)

成形した平板から切り出した短冊形状の試験片の断面を観察した。1 mm² 当りに存在する30 μm以上の空隙の個数を評価した。具体的には、Keyence社製デジタルマイクロスコープ（VHX-7000）にて断面全体を観察し、各空隙の直径を計測した。30 μm以上の空隙が最も多い1 mm² 領域を観察し、その空隙数を計測した。空隙数が10個以下のものを○、それ以外のものを×とした。評価結果を表2に示す。

[0094] （運搬試験1：突き出し試験）

上記成形性評価にて、成形体用組成物が金型の末端まで充填されているものを再度同じ条件で射出成形し、エジェクター突き出しによって割れが生じないか試験した。

具体的には、エジェクター突き出し速度を10 mm/s、20 mm/s、30 mm/s、40 mm/s、50 mm/sと変更し、試験片に破損が見られた速度を記録した。また、突き出し速度が50 mm/sで割れないものは非常に強度が高いものであり、○と表記した。試験片に破損が見られた速度を表2に示す。

[0095] （運搬試験2：落下試験）

上記成形性評価にて、成形体用組成物が金型の末端まで充填されているものを再度同じ条件で射出成形し、得られた平板を落下させて、変形・割れが生じないかを試験した。

具体的には、平板10枚を1 mの高さから落下させて、変形、割れているものの数を数えた。変形は、平面の金属プレート上に平板を置き、平板の反りが確認できたものを変形したものとした。また、割れは外観をくまなく調査し、欠けている部分やひびが入っているものを、割れているものとした。

変形・割れが生じている平板の数を数えて記録した。変形・割れが生じた平板の数を表2に示す。

[0096] ＜運搬試験1の評価結果＞

突き出し試験において、比較例の試験片については比較的低い突き出し速度で割れが生じたのに対して、実施例の試験片については、割れが生じた突

き出し速度が比較例に比べて高かった。特に、実施例 2、実施例 3、実施例 7 および実施例 8 については、突き出し速度が 50 mm/s の場合にも割れが生じず、高い強度を有していた。この結果は、本発明による成形体が、運搬時の破損に対してより高い耐久性を有していることを示している。

[0097] <運搬試験 2 の評価結果>

落下試験において、比較例の平板、特に比較例 1 および比較例 3 の平板については、ほとんどにおいて変形または割れが生じていた。これに対して、実施例の平板、特に実施例 1～5、7 および 8 の平板については、ほとんどにおいて変形や割れは生じなかった。この結果は、本発明による成形体が、運搬時の破損に対してより高い耐久性を有していることを示している。

[0098] 実施例 1～8 の成形体は、有機バインダー、金属粉末、混練条件、成形条件が適切なバランスで調整されており、成形体の歪み 0.05%～0.1% における曲げ弾性率 (MPa) が 4000～15000、曲げ降伏強度 (MPa) が 10 以上を満たすものであり、いずれも運搬試験において優れた結果を示した。一方、金属粉末配合量、混練条件、成形条件のバランスを変えた比較例 1～5 の成形体は、曲げ弾性率、曲げ降伏強度が低下し、薄肉成形性や運搬試験の結果が実施例と比較して劣った。

請求の範囲

- [請求項1] 焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む成形体であって、
前記成形体の歪み0.05%～0.1%における曲げ弾性率（MPa）が4000～15000であり、
曲げ降伏強度（MPa）が10以上である、
成形体。
- [請求項2] 前記曲げ弾性率（MPa）と、前記曲げ降伏強度（MPa）との積が5000以上である、請求項1に記載の成形体。
- [請求項3] 顕微鏡で断面を観察した際に1mm²当りに存在する30μm以上の空隙が10個以下である、請求項1または2に記載の成形体。
- [請求項4] 前記焼結可能な無機粉末の最大粒子径が30μm以下である、請求項1～3のいずれか一項に記載の成形体。
- [請求項5] 前記有機バインダーとしてポリアセタール樹脂を含む、請求項1～4のいずれか一項に記載の成形体。
- [請求項6] 前記ポリアセタール樹脂のメルトフローレートが70～200g／10分である、請求項5に記載の成形体。
- [請求項7] 前記成形体100質量%に対して、前記焼結可能な無機粉末75質量%以上95質量%以下を含む、請求項1～6のいずれか一項に記載の成形体。
- [請求項8] 前記焼結可能な無機粉末が金属粉末である、請求項1～7のいずれか一項に記載の成形体。
- [請求項9] 厚さ1mm以下の部位が100mm²以上存在する、請求項1～8のいずれか一項に記載の成形体。
- [請求項10] 焼結可能な無機粉末と有機バインダーとを含む成形体を製造する方法であって、
焼結可能な無機粉末と、有機バインダーとを混練し、混練物を得る混練工程と、
前記混練物を成形し、成形体を得る成形工程と、

を含み、

前記成形体の歪み 0.05%～0.1%における曲げ弾性率 (MPa) が 4000～15000 であり、

曲げ降伏強度 (MPa) が 10 以上であることを特徴とする成形体の製造方法。

[請求項11] 前記混練工程における混練温度が 160℃～200℃である、請求項 10 に記載の成形体の製造方法。

[請求項12] 前記成形工程におけるシリンダー温度が 150℃～190℃である、請求項 10 又は 11 に記載の成形体の製造方法。

[請求項13] 前記成形工程における射出圧力が 50 MPa 以上である、請求項 10～12 のいずれか一項に記載の成形体の製造方法。

[請求項14] 前記成形体 100 質量%に対して、前記焼結可能な無機粉末を 75 質量%以上 95 質量%以下含む、請求項 10～13 のいずれか一項に記載の成形体の製造方法。

[請求項15] 加熱または化学的処理により、請求項 1～9 のいずれか一項に記載の成形体、または請求項 10～14 のいずれか一項に記載の成形体の製造方法によって製造された成形体から前記有機バインダーを除去し、焼結前駆体を得る脱脂工程と、
前記焼結前駆体を焼結し、焼結体を得る焼結工程と、
を含む、焼結体の製造方法。