



**WO 2017/047697 A1**



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

### 発明の名称： 圧粉体の製造方法および焼結金属部品の製造方法 技術分野

[0001] 本発明は、圧粉体の製造方法および焼結金属部品の製造方法に関する。

#### 背景技術

[0002] 周知のように、軸受（すべり軸受）や歯車等の機械部品として、焼結金属の多孔質体からなる焼結金属部品が使用される場合がある。この種の焼結金属部品は、通常、その内部気孔に潤滑油を含浸させた状態で使用される。このような焼結金属部品は、主に、金属粉末を主原料とした原料粉末の圧粉体を得る圧縮成形工程、圧粉体を加熱することにより金属粉末の粒子同士がネック結合した焼結体を得る焼結工程、および焼結体の内部気孔に潤滑油を含浸させる含油工程などを経ることによって得られ、必要に応じて、焼結工程と含油工程との間で、焼結体を整形する整形工程（サイジング工程）が実施される。

[0003] 例えば、内周に挿入された軸を、油膜を介して支持する焼結金属製のすべり軸受においては、油膜剛性を高める観点から、特に軸受面として機能する内径面の表面開孔率をできるだけ小さくする（内径面の多孔質組織をできるだけ緻密化する）ことが求められる。このような要請を満足するための技術手段として、例えば下記の特許文献１に記載されたものを採用することが考えられる。

[0004] より具体的に説明すると、特許文献１の図３－４等には、ダイの内周形状および粉末充填時におけるダイの動作態様に工夫を凝らすことにより、粉末充填部の外径側領域に内径側領域よりも多くの原料粉末を充填してから、原料粉末を上下パンチで圧縮する、という技術手段が記載されている。この場合、外径側領域が内径側領域よりも高密度の圧粉体を成形することができる。なお、同様の理屈でコアの外周形状および粉末充填時におけるコアの動作態様に工夫を凝らせば、内径側領域が外径側領域よりも高密度の圧粉体を成

形することができると考えられる。そして、上記のように、径方向の一部領域が他領域よりも高密度に成形された圧粉体を、その後焼結等すれば、内径面又は外径面の多孔質組織が緻密化された焼結金属部品を得ることができる。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特公平3－44880号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、例えば、上記のすべり軸受においては、内径面の多孔質組織ができるだけ緻密であることを求められる以外にも、支持すべき軸の振れ回り、およびこれに起因した軸受内径面の偏摩耗等を可及的に防止するため、軸方向各部における内径寸法ができるだけ均一化されている（内径面の円筒度が極力高められている）ことも望まれる。しかしながら、特許文献1の技術手段により、内径側領域が相対的に高密度の圧粉体を得た場合、この圧粉体を焼結（および冷却）するのに伴って生じる収縮量が内径側領域と外径側領域とで相互に異なることなどに起因して、内径面の形状精度を十分に高めることが難しいという問題がある。

[0007] また、焼結金属製のすべり軸受の基材となる圧粉体の成形後に圧縮力が解放されると、圧粉体にスプリングバックが生じ、圧粉体は全体的に拡張する。そして、一般に、スプリングバックに伴う圧粉体内径面の拡張量は、上下パンチに近接した軸方向端部領域で相対的に大きく、軸方向中央領域で相対的に小さくなる傾向にあることから、離型された圧粉体の内径面は、図24aに模式的に示すように、その軸方向中央部が内径側に膨出した断面略凸形状となる。この場合、当該圧粉体を焼結することで得られた焼結体をそのまますべり軸受として活用すると、図24bに模式的に示すように、内周に挿入した軸が振れ回り、軸受内径面に偏摩耗等の問題が生じ易くなる。

[0008] また、例えば、外径面に歯面が設けられた焼結金属製の歯車においては、外径面（歯面）の多孔質組織ができるだけ緻密であることを求められる以外にも、他の歯車との間で適切に動力を伝達可能とするため、軸方向各部における外径寸法ができるだけ均一化されていることも望まれる。しかしながら、特許文献１の技術手段により、外径側領域が相対的に高密度の圧粉体を得た場合、この圧粉体を焼結（および冷却）するのに伴って生じる収縮量が内径側領域と外径側領域とで相互に異なることなどに起因して、外径面の形状精度を十分に高めることが難しいという問題がある。

[0009] また、上記歯車の基材となる圧粉体の成形後に圧縮力が解放されると、圧粉体にスプリングバックが生じ、圧粉体は全体的に拡張する。この場合、上記同様の理由から、成形金型から取り出された圧粉体の外径面は、その軸方向中央部が内径側に窪んだ断面略凹形状となる。この場合、当該圧粉体を焼結することで得られた焼結体をそのまま歯車として活用すると、他の歯車との間で適切に動力を伝達することが難しくなる。

[0010] 以上のことから、従来技術を採用して内径面および／又は外径面の寸法・形状精度が所定レベルにまで高められた焼結金属部品を安定的に得るためには、焼結工程後に、焼結体の内径面および／又は外径面形状を大幅に修正（矯正）することが必須となる。そのため、高精度の焼結金属部品を安定的に、かつ低コストに得ることが難しくなる。

[0011] 以上の実情に鑑み、本発明の課題は、表面組織の緻密化や形状精度の向上が達成された圧粉体を容易に成形可能とし、これを通じて、所定の性能を具備する焼結金属部品を低コストに量産可能とすることにある。

### 課題を解決するための手段

[0012] 本発明は、コア、ダイ、および一対のパンチのそれぞれに設けた成形部で画成された空間に原料粉末を充填し、その状態で、一対のパンチを相対的に接近させることで圧縮力を付与して圧粉体を圧縮成形する圧粉体の製造方法であって、圧粉体の圧縮成形後、圧粉体に対する前記圧縮力を解放した除荷状態で、前記コアおよび前記ダイのうち、少なくとも一方を前記圧粉体に対

して相対移動させることにより前記圧粉体をしごいてから、前記圧粉体を離型することを特徴とする。例えば、コアの外径面、ダイの内径面、および下パンチの上端面で画成される粉末充填部に充填した金属粉末を主原料とする原料粉末を、前記下パンチ、および前記下パンチに対して相対的に接近移動させた上パンチで圧縮することにより筒状の圧粉体を成形することができる。

[0013] 粉末充填部内の原料粉末を所定の圧力で圧縮して圧粉体を成形した後に、成形体（原料粉末）に対する圧縮力が解放された除荷状態（圧縮力が実質的にゼロの状態）になると、粉末充填部内の圧粉体にスプリングバックが生じ、圧粉体の内径面および外径面が拡張しようとする。この時、圧粉体の外径面はダイの内径面で拘束されていて拡張方向に変形できないため、拡張方向には圧粉体の内径面だけが変形する。そして、上記の除荷状態、すなわち圧粉体に実質的にスプリングバックが生じた状態でコアおよびダイの少なくとも一方を圧粉体に対して相対移動させることにより、圧粉体の内径面および外径面の少なくとも一方（被加工面）をしごくようにすれば、実質的にスプリングバックが生じた後の圧粉体の被加工面に対して目潰し処理および整形処理が施されることになる。また、圧粉体のスプリングバック後に圧粉体がしごかれるため、圧粉体の軸方向各所でのスプリングバック量の不均一性に起因した被加工面の寸法ばらつきを抑制することができる。そのため、しごき加工後に圧粉体を離型したときにも、被加工面の表面性状や寸法・形状精度は、離型前に（成形金型内で）実施されたしごき加工後の状態がほぼそのまま維持される。従って、上記被加工面の組織が緻密化され、かつ上記被加工面の寸法・形状精度に優れた圧粉体を容易に成形することができる。この場合、当該圧粉体を焼結して焼結体を得た後、当該焼結体に対して大幅な寸法矯正や別途の封孔処理を施さずとも、上記被加工面の表面開孔率が十分に小さく、しかも被加工面の寸法・形状精度に優れた焼結金属部品を得ることができる。

[0014] この場合、コアおよびダイのうち、何れか一方の部材に圧粉体をしごくた

めのしごき部を設け、前記一方の部材の成形部としごき部との間の径方向の寸法差を、当該成形部と、これに対向するパンチとの間のクリアランスの80%以下にするのが好ましい。しごき加工の実施時に上下パンチに対してコアを円滑に相対移動可能とし、圧粉体の内径面に適切にしごき加工を施しつつ、成形金型の損傷を可及的に回避するためである。

[0015] 圧粉体をしごく際には、コアおよびダイの少なくとも一方を圧粉体に対して軸方向に相対移動させることが考えられる。具体的には、圧粉体の内径面および外径面の少なくとも一方をコアの外周およびダイの内周の少なくとも一方に設けたしごき部でしごくことが考えられる。

[0016] 圧粉体の内径面にしごき加工を施す場合には、ダイの内周からの圧粉体の排出に伴う、コアの外周に設けたしごき部と圧粉体との軸方向の相対移動により、圧粉体の内径面全域にしごき加工を施すのが好ましい。このようにすれば、圧粉体を離型する際の一連の離型動作の実施途中に圧粉体の内径面全域にしごき加工を施すことができる。

[0017] コアの外周に設けたしごき部は、相対的にコアの移動方向前方側に設けられ、コアの移動方向後方側に向けて徐々に拡径した第1しごき部と、相対的にコアの移動方向後方側に設けられ、径一定で軸方向に延びた第2しごき部と、を有するものとすることができる。この場合、圧粉体の内径面は、まず、テーパ面状等に形成された第1しごき部によってしごかれるため、圧粉体の内径面を構成する原料粉末の粒子（主に金属粒子）が削られることなく、圧縮されるようにしてしごき加工が進展する。そのため、部分的な欠け等が存しない高精度の内径面を有する圧粉体を得ることができる。

[0018] また、圧粉体の外径面にしごき加工を施す場合には、ダイの内周からの圧粉体の排出に伴う、ダイの内周に設けたしごき部と圧粉体との軸方向の相対移動により、圧粉体の外径面全域にしごき加工を施すことができる。

[0019] ダイの内周に設けたしごき部は、相対的に圧粉体の排出方向後方側に設けられ、ダイの排出方向前方側に向けて徐々に縮径した第1しごき部と、相対的に圧粉体の排出方向前方側に設けられ、径一定で軸方向に延びた第2しご

き部と、を有するものとすることができる。

[0020] また、圧粉体をしごく際には、コアおよびダイの少なくとも一方を圧粉体に対して周方向に相対移動させても同様の作用効果が考えられる。具体的には、コアに、成形部と成形部よりも外径寸法の大きいしごき部とを設け、成形部による圧粉体の成形後にしごき部を圧粉体の内径面と対向させ、その状態でコアを回転させることで圧粉体の内径面をしごくことが考えられる。しごき部として、その半径方向断面を矩形状に形成したものを使用することができる。

[0021] 以上で説明した方法により得られた圧粉体を加熱することにより焼結体を得る焼結工程と、この焼結体の内部気孔に潤滑油を含浸させる含油工程と、を有する焼結金属部品の製造方法は、焼結金属部品のうちでも、機能上、内径面の表面開孔率が極小化されていることを求められるすべり軸受や内歯車等の機械部品の製造する際に好ましく適用することができる。

### 発明の効果

[0022] 以上より、本発明によれば、表面組織が緻密で、かつ寸法・形状精度に優れた圧粉体を容易に成形することができる。これにより、所定の性能を具備する焼結金属部品の低コストに量産することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明に係る圧粉体の製造方法を適用して製造されたすべり軸受の一例を示す断面図である。

[図2]圧粉体を成形するための成形金型装置を模式的に示す断面図であって、粉末充填部に原料粉末を充填した状態を示す図である。

[図3]図2に示す成形金型装置において、原料粉末が圧縮されている状態を模式的に示す断面図である。

[図4]図2に示す成形金型装置において、圧縮力が解放された除荷状態を模式的に示す断面図である。

[図5]図2に示す成形金型装置において、圧粉体内径面にしごき加工を施している状態を模式的に示す断面図である。

[図6]本発明に係る圧粉体の製造方法を適用して製造された焼結金属部品としての内歯車の概略斜視図である。

[図7]外径面に歯面を有する歯車の基材となる圧粉体を成形するための成形金型装置を模式的に示す断面図であって、粉末充填部に原料粉末を充填した状態を示す図である。

[図8]図7に示す成形金型装置において、圧粉体外径面にしごき加工を施している状態を模式的に示す拡大断面図である。

[図9a]圧粉体を成形するための成形金型装置を模式的に示す断面図であって、粉末充填部に原料粉末を充填した状態を示す図である。

[図9b]図9a中のX-X断面を拡大して示す図である。

[図10]図9aに示す成形金型装置において、原料粉末が圧縮されている状態を模式的に示す断面図である。

[図11]図9aに示す成形金型装置において、圧粉体にしごき加工を施している状態を模式的に示す断面図である。

[図12]比較例と実施例の比較試験結果を示す表である。

[図13]比較例と実施例の比較試験結果を示す表である。

[図14]比較例の顕微鏡写真を示す図である。

[図15]実施例1の顕微鏡写真を示す図である。

[図16]実施例2の顕微鏡写真を示す図である。

[図17]実施例3の顕微鏡写真を示す図である。

[図18]実施例4の顕微鏡写真を示す図である。

[図19]比較例の軸方向母線形状を示す図である。

[図20]実施例1の軸方向母線形状を示す図である。

[図21]実施例2の軸方向母線形状を示す図である。

[図22]実施例3の軸方向母線形状を示す図である。

[図23]実施例4の軸方向母線形状を示す図である。

[図24a]従来方法で得られる圧粉体を模式的に示す断面図である。

[図24b]図24aの圧粉体を焼結等することで得られるすべり軸受を使用した

場合の問題点を模式的に示す断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[0025] 図1に、本発明が適用される圧縮成形工程を含む製造方法により得られる焼結金属部品としてのすべり軸受1の一例を示す。このすべり軸受1は、焼結金属の多孔質体からなり、内周に挿入した軸3をラジアル方向に支持するために使用される。すべり軸受1の内部気孔には、潤滑油が含浸されている。従って、例えば、軸3が回転すると、これに伴って、すべり軸受1の内部気孔に含浸させた潤滑油がすべり軸受1の内周面（軸受面）2と軸3の外周面との間の軸受隙間（ラジアル軸受隙間）に滲み出して油膜を形成し、この油膜を介して軸3がラジアル方向に回転自在に支持される。

[0026] 上記のすべり軸受1は、主に、圧縮成形工程、脱脂工程、焼結工程、整形工程および含油工程を順に経て作製される。以下、本発明が適用される圧縮成形工程の第1実施形態を中心に、上記の各工程について詳細に説明する。

[0027] [第1実施形態]

圧縮成形工程では、図2等に模式的に示す成形金型装置10を用いて金属粉末を主原料とした原料粉末を圧縮することにより、略完成品形状（ここでは円筒状）の圧粉体1'（図4等を参照）を得る。成形金型装置10は、段付き軸状のコア11と、その外径側に配置された円筒状のダイ12、下パンチ13および上パンチ14とを備える。下パンチ13および上パンチ14は、上下に相対移動可能に同軸配置されている。通常、両パンチ13、14の各内径寸法、および両パンチ13、14の各外径寸法は、それぞれ同一とされる。

[0028] コア11は、圧粉体の内径面を成形する円筒面状の成形部11aと、成形部11aの下方に設けられ、当該コア11を圧粉体1'（厳密には、粉末充填部15内でスプリングバックした後の圧粉体1'。詳細は後述する。）から抜き取る際に圧粉体1'の内径面と摺動可能（圧粉体1'内径面をしごき加工可能）なしごき部11bとを有する。従って、しごき部11bは、その

全体が成形部 11a の外径寸法 d1 よりも大径に形成されている。本実施形態のしごき部 11b は、下側に向けて徐々に拡径したテーパ面状の第 1 しごき部 11b1 と、上端が第 1 しごき部 11b1 の下端に繋がり、径一定で軸方向に延びた円筒面状の第 2 しごき部 11b2 とからなる。なお、後述するように、圧粉体 1' の成形後にコア 11 を抜き取る際、コア 11 は圧粉体 1' に対して相対的に上昇移動する。そのため、本実施形態においては、上側が「移動方向前方側」であり、下側が「移動方向後方側」である。

[0029] 上記の構成を有する成形金型 10 において、まず、図 2 に示すように、コア 11 の外径面（成形部 11a）、ダイ 12 の内径面 12a および下パンチ 13 の上端面 13a で円筒状の粉末充填部 15 を画成する。このとき、コア 11 に設けたしごき部 11b は、その全体が下パンチ 13 の内周に配置されている。従って、粉末充填部 15 を画成した状態で、下パンチ 13 の内径面の上方領域とこれに対向するコア 11 の成形部 11a の外径面との間には、コア 11 を下パンチ 13 に対して相対移動可能とするために通常設けられる径方向隙間よりも、隙間幅が大きい径方向のクリアランス c が存在する。

[0030] 次に、粉末充填部 15 に原料粉末 M を充填する。本実施形態では、粉末充填部 15 の径方向各部間で原料粉末 M の充填量（充填率）を相互に異ならせるようなことはせず、原料粉末 M は粉末充填部 15 に対して均一充填する。原料粉末 M としては、金属粉末を主原料とし、これに、成形助剤や固体潤滑剤等の各種充填剤を添加・混合したものを使用する。本実施形態のように、すべり軸受 1 の基材である圧粉体を成形する際には、例えば、銅粉末および鉄粉末の混合粉末を主原料とし、これに微量の錫粉末、黒鉛粉末および固体潤滑剤を添加・混合した混合粉末を使用することができる。

[0031] 粉末充填部 15 に原料粉末 M を充填した後、図 3 に示すように、上パンチ 14 を下パンチ 13 に対して相対的に接近移動させて原料粉末 M を所定の圧力で圧縮する。これにより、原料粉末 M が、コア 11 の外周に設けた円筒面状の成形部 11a、ダイ 12 の円筒面状の成形部（内径面 12a）、下パンチ 13 の成形部（上端面 13a）および上パンチ 14 の成形部（下端面 14

a) に押し付けられ、円筒状の圧粉体 1' が成形される。

[0032] 原料粉末Mを圧縮して圧粉体 1' を成形した後、上パンチ 1 4 を下パンチ 1 3 に対して相対的に離反移動させる。上パンチ 1 4 と下パンチ 1 3 の相対的な離反移動が僅かに進展し、圧粉体 1' に対する圧縮力が解放された（圧縮力が実質的にゼロになった）いわゆる除荷状態になると、上パンチ 1 4 と下パンチ 1 3 の相対的な離反移動を停止する。上記の除荷状態になると、圧粉体 1' がスプリングバックによって拡張し、圧粉体 1' の内径面とコア 1 1 の成形部 1 1 a との接触状態が解かれる。これにより、図 4 に示すように、互いに対向する圧粉体 1' の内径面とコア 1 1 の成形部 1 1 a との間に径方向隙間 x が形成される。また、圧粉体 1' の内径面は、下パンチ 1 3 および上パンチ 1 4 の各内径面よりも小径となる。この状態で、図 5 に示すように、上パンチ 1 4 と下パンチ 1 3 を静止させたままでコア 1 1 を上昇移動させ、コア 1 1 を圧粉体 1' から抜き取る。このとき、コア 1 1 に設けたしごき部 1 1 b が圧粉体 1' の内径面と摺動しながらコア 1 1 が抜き取られるため、コア 1 1 の抜き取りに伴って圧粉体 1' の内径面全域にしごき加工が施される。

[0033] なお、コア 1 1 に設けるしごき部 1 1 b の最大外径寸法（ここでは、第 2 しごき部 1 1 b 2 の外径寸法）d 2 は、圧縮力が解放されるのに伴って圧粉体 1' に生じるスプリングバックの量を見越して、スプリングバック後の圧粉体 1' の内径寸法よりも大きく設定しておくのは当然であるが、しごき部 1 1 b の最大外径寸法 d 2 がスプリングバック後の圧粉体 1' の内径寸法に比してあまりに大きいと、しごき代が過剰となるため、しごき加工に伴って圧粉体 1' の内径面に過剰な負荷がかかり、欠け等の不具合が生じ易くなる。また、コア 1 1 は、圧粉体 1' に対して相対移動するのと同時に、下パンチ 1 3 および上パンチ 1 4 に対しても相対的に上昇移動するため、コア 1 1 の円滑な上昇移動を担保する（コア 1 1 の上昇移動に伴うコア 1 1 と下パンチ 1 3 および上パンチ 1 4 との干渉を回避する）には、しごき部 1 1 b の最大外径 d 2 が下パンチ 1 3 および上パンチ 1 4 の内径寸法 d 3（図 5 参照）

に比してある程度小さいことが望まれる。以上を勘案して、コア 11 の成形部 11 a としごき部 11 b の間の径方向の寸法差（直径寸法差： $d_2 - d_1$ ）は、コアの成形部 11 a とこれに対向するパンチ 14 との間のクリアランス c（上パンチ 14 の内径寸法  $d_3$  とコア 11 の成形部 11 a の外径寸法  $d_1$  との間の直径寸法差： $d_3 - d_1$ ）の 80% 以下に設定するのが好ましい。

[0034] 図示は省略するが、コア 11 のしごき部 11 b によるしごき加工が完了し、圧粉体 1' からコア 11 が抜き取られた後、下パンチ 13 および上パンチ 14 をダイ 12 に対して相対的に上昇移動させることにより、圧粉体 1' を離型する。なお、下パンチ 13 と上パンチ 14 は、一体的に上昇移動させても良いし、上パンチ 14 → 下パンチ 13 の順で上昇移動させるようにしても良い。

[0035] 以上のようにして得られた圧粉体 1' は、脱脂工程に移送され、圧粉体 1' の組織中に点在する固体潤滑剤（に含まれる潤滑成分）を分解・除去するための脱脂処理に供される。脱脂処理は、通常、固体潤滑剤の融点以上金属粉末の融点以下の温度で圧粉体 1' を所定時間加熱することにより行われる。

[0036] 脱脂処理が施された圧粉体 1' は、焼結工程に移送され、所定温度（例えば、銅の融点以上の温度）で所定時間加熱される。これにより、金属粒子同士がネック結合した焼結体を得られる。図示は省略するが、焼結工程は、例えば、ヒータが設置された焼結ゾーンと、自然放熱を行う冷却ゾーンとが連設された連続焼結炉を用いて実施することができる。

[0037] 焼結体は、整形工程に移送され、整形加工（寸法矯正加工）に供される。詳細な図示は省略するが、整形加工としては、例えば、相対的な昇降移動が可能に同軸配置されたダイ、コアおよび上下パンチを有するサイジング金型を用いて焼結体の内径面および外径面のそれぞれをコアの外径面およびダイの内径面に倣わせて変形させる、いわゆるサイジングが採用される。これにより、焼結体の内径面および外径面が完成品形状に仕上げられる。最後に、

この焼結体は含油工程に移送され、内部気孔に潤滑油を含浸させる含油処理に供される。これにより、図1に示すすべり軸受（焼結含油軸受）1が完成する。

[0038] 以上で説明したように、本発明では、圧粉体1'に対する圧縮力が解放された除荷状態、すなわち圧粉体1'にスプリングバックが生じた状態でコア11を圧粉体1'に対して軸方向に相対移動させることにより、圧粉体1'の内径面全域がコア11の外周に設けたしごき部11bでしごかれる。このようにすれば、スプリングバック後の圧粉体1'内径面に目潰し処理および整形処理が同時に施されることになるため、しごき加工後に圧粉体1'を離型したときにも、圧粉体1'内径面の表面性状や寸法・形状精度は、成形金型装置10内で実施されたしごき加工後の状態がほぼそのまま維持される。そのため、外径寸法等が適切に設定されたしごき部11bをコア11に設けておけば、内径面の組織が緻密化され、かつ内径面の寸法・形状精度に優れた圧粉体1'を容易に成形することができる。

[0039] 特に、しごき部11bを、相対的にコア11の移動方向前方側（上側）に設けられ、コア11の移動方向後方側（下側）に向けて徐々に拡径したテーパ面状の第1しごき部11b1と、上端が第1しごき部11b1の下端に繋がった円筒面状の第2しごき部11b2とで構成すれば、圧粉体1'内径面（の軸方向各部）は、まず、テーパ面状の第1しごき部11b1によってしごかれ、その後に、円筒面状の第2しごき部11b2によってしごかれる。この場合、圧粉体1'の内径面を構成する金属粒子が削られることなく、圧縮されるようにしてしごき加工が進展する。そのため、部分的な欠け等が存在しない高精度の内径面を有する圧粉体1'を得ることができる。

[0040] また、本実施形態では、圧粉体1'からのコア11の抜き取りに伴うしごき部11bと圧粉体1'との軸方向の相対移動により、圧粉体1'の内径面全域にしごき加工を施すようにした。このようにすれば、圧粉体1'を離型する際の一連の離型動作の実施途中に圧粉体1'にしごき加工を施すことができるので、上記の特徴を有する圧粉体1'を効率良く成形することができる。

る。

[0041] 以上のことから、本発明を適用して圧粉体 1' を成形した場合、圧粉体 1' を脱脂・焼結して焼結体を得た後、この焼結体に対して大幅な寸法矯正や別途の封孔処理を施さずとも、内径面の表面開孔率が十分に小さく、しかも内径面の寸法・形状精度に優れたすべり軸受 1 を得ることができる。

[0042] なお、成形金型装置 10 のコア 11 に設けたしごき部 11b による圧粉体 1' 内径面のしごき加工は、例えば、原料粉末 M の圧縮中（圧粉体 1' の成形中）にコア 11 を移動させることによって実施することも可能である。しかしながら、この場合、スプリングバック発生前の圧粉体にしごき加工を施すことになるので、軸方向でのスプリングバック量のばらつきにより、圧粉体 1' の離型後は、従来方法と同様に、内径面の軸方向中央部が相対的に小径で、内径面の軸方向両端部が相対的に大径の圧粉体〔図 24 a 参照〕が得られることになる。以上で説明した本発明に係る成形方法では、このような問題発生を回避することができ、内径寸法を軸方向全体にわたって均一化することが可能となる。

[0043] 以上、本発明を適用した圧縮成形工程を含む焼結金属部品の製造方法について具体的に説明したが、圧粉体の成形方法については、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の変更を施すことが可能である。

[0044] 例えば、成形部 11a としごき部 11b の配置を上下で逆にしたコア 11 を用いることもでき、この場合、コア 11 を下側に移動させることによってコア 11 を圧粉体 1' から抜き取るようにすれば、コア 11 の抜き取り時に、コア 11 に設けたしごき部 11b で圧粉体 1' の内径面全域にしごき加工を施すことができる。

[0045] また、コア 11 に設けるべきしごき部 11b としては、例えば、上記の第 1 しごき部 11b1 と第 2 しごき部 11b2 を一組とし、これを軸方向に連ねて二組以上設けたものを採用することも可能である（図示省略）。

[0046] また、成形金型装置 10 として、粉末充填部 15 を画成する面（特にコア 11 およびダイ 12 の成形部 11a, 12a）、さらにはコア 11 のしごき

部 1 1 b が D L C 膜、T i N 膜、T i C 膜、C r N 膜、T i A l N 膜等の硬質膜で被覆されたものを用いることもできる。この場合、成形金型装置 1 0 の耐久寿命を向上できる他、原料粉末 M と粉末充填部 1 5 との摩擦力を減じることができるので、圧粉体 1' の成形性や密度を高める上で有利となる。

[0047] 以上では、焼結金属製のすべり軸受 1 の製造工程に含まれる圧縮成形工程に本発明を適用する場合について説明を行ったが、本発明は、機能上、内径面の表面開孔率が極小化されていることを求められるその他の焼結金属製の機械部品（例えば、図 6 に示すように、内径面に歯面 2 1 を有する内歯車 2 0）の基材となる圧粉体を成形する際にも好ましく適用することができる。この場合、外周形状が歯面形状に形成された成形部 1 1 a およびしごき部 1 1 b を有するコア 1 1 を用いて圧粉体を成形する。

[0048] [第 2 実施形態]

本発明は、機能上、外径面の表面開孔率が極小化されていると共に、外径面の形状・寸法精度が極力高められていることを求められる焼結金属部品（図示は省略するが、例えば、外径面に歯面を有する歯車や、外径面にカム面を有するカム）の基材となる圧粉体を成形する際にも適用することができる。その一例を第 2 実施形態として図 7, 8 に基づいて説明する。

[0049] 図 7 は、外径面に歯面を有する焼結金属製の歯車の基材となる圧粉体 1' を成形するために使用される成形金型装置 3 0 を模式的に示す断面図である。この成形金型装置 3 0 は、軸状のコア 3 1 と、その外径側に配置され、軸方向で内径寸法を異ならせた略円筒状のダイ 3 2、並びに下パンチ 3 3 および上パンチ 3 4 とを備え、これらは上下に相対移動可能に同軸配置されている。

[0050] コア 3 1 は、その外周に、円筒面状の成形部 3 1 a を有し、この成形部 3 1 a は、ダイ 3 2 の内径面に設けられた横断面が歯面形状を呈する成形部 3 2 a と、下パンチ 3 3 の上端面 3 3 a との協働で粉末充填部 3 5 を画成する。ダイ 3 2 の成形部 3 2 a の上方には、ダイ 3 2 の内周から圧粉体 1' を排出する際に圧粉体 1' の外径面と摺動可能（圧粉体 1' の外径面をしごき加

工可能) なしごき部 3 2 b とを有する。従って、しごき部 3 2 b は、成形部 3 2 a の内径寸法よりも小径に形成されている。本実施形態のしごき部 3 2 b は、上側に向けて内径寸法が徐々に縮径した第 1 しごき部 3 2 b 1 と、下端が第 1 しごき部 3 2 b 1 の上端に繋がり、径一定で軸方向に延びた第 2 しごき部 3 2 b 2 とからなる。なお、後述するように、圧粉体 1'' の成形後に圧粉体 1' をダイ 3 2 から排出する際、圧粉体 1' はコア 3 2 に対して相対的に上昇移動させられる。そのため、本実施形態においては、上側が「圧粉体の排出方向前方側」であり、下側が「圧粉体の排出方向後方側」である。

[0051] 上記の構成を有する成形金型 3 0 において、まず、図 7 に示すように、コア 3 1 の外径面 (成形部 3 1 a)、ダイ 3 2 の成形部 3 2 a および下パンチ 3 3 の上端面 3 3 a で横断面形状が歯車の横断面形状に対応した粉末充填部 3 5 を画成し、この粉末充填部 3 5 に原料粉末 M を充填する。粉末充填部 3 5 の径方向各部間で原料粉末 M の充填量 (充填率) を相互に異ならせるようなことはせず、原料粉末 M は粉末充填部 3 5 に対して均一充填する。原料粉末 M としては、適当な金属粉末を主原料とし、これに、成形助剤や固体潤滑剤等の各種充填剤を添加・混合したものを使用する。

[0052] 粉末充填部 3 5 に原料粉末 M を充填した後、上パンチ 3 4 を下パンチ 3 3 に対して相対的に接近移動させて原料粉末 M を所定の圧力で圧縮する。これにより、原料粉末 M が、コア 3 1 の成形部 3 1 a、ダイ 3 2 の成形部 3 2 a、下パンチ 3 3 の上端面 3 3 a および上パンチ 3 4 の下端面 3 4 a に押し付けられ、歯車形状の圧粉体 1' が成形される。

[0053] 圧粉体 1' を成形した後、上パンチ 3 4 を下パンチ 3 3 に対して相対的に離反移動させる。上パンチ 3 4 と下パンチ 3 3 の相対的な離反移動が僅かに進展し、圧粉体 1' に対する圧縮力が解放されたいわゆる除荷状態になると、上パンチ 3 4 と下パンチ 3 3 の相対的な離反移動を停止する。上記の除荷状態になると、圧粉体 1' にスプリングバックが生じ、圧粉体 1' が全体的に拡径する。そして、図 8 に示すように、ダイ 3 2 を静止させたままで、上パンチ 3 4 および下パンチ 3 3 を一体的に上昇移動させ、ダイ 3 2 の内周か

ら圧粉体 1' を排出する。このとき、圧粉体 1' は、その外径面がダイ 3 2 に設けたしごき部 3 2 b と摺動しながら排出されるため、圧粉体 1' の排出に伴って圧粉体 1' の外径面全域にしごき加工が施される。

[0054] なお、しごき部 3 2 b の最小内径寸法（ここでは、第 2 しごき部 3 2 b 2 の内径寸法） $D_2$  が圧粉体 1' の外径寸法に比してあまりに小さいと、しごき代が過剰となるため、しごき加工の実施に伴って圧粉体 1' の外径面に過剰な負荷がかかり、欠け等の不具合が生じ易くなる。また、上記態様でのしごき加工時には、ダイ 3 2（のしごき部 3 2 b）に対して下パンチ 3 3 および上パンチ 3 4 が相対的に上昇移動するため、圧粉体 1' および両パンチ 3 3, 3 4 の円滑な上昇移動を担保するには、しごき部 3 2 b の最小内径寸法  $D_2$  が両パンチ 3 3, 3 4 の外径寸法  $D_3$  に比してある程度大きいことが望まれる。以上を勘案して、ダイ 3 2 の成形部 3 2 a としごき部 3 2 b の径方向の寸法差（直径寸法差： $D_1 - D_2$ ）は、ダイ 3 2 の成形部 3 2 a とこれに対向するパンチ 3 3 との間のクリアランス  $C$ （コア 3 2 の成形部 3 2 a の内径寸法  $D_1$  と下パンチ 3 3 の外径寸法  $D_3$  との間の直径寸法差： $D_1 - D_3$ ）の 80% 以下に設定するのが好ましい。

[0055] 図示は省略するが、ダイ 3 2 のしごき部 3 2 b によるしごき加工が完了し、圧粉体 1' がダイ 3 2 の外側に排出された後、上パンチ 3 4 をさらに上昇移動させると共に、コア 3 1 を圧粉体 1' の内周から抜き取ることにより、圧粉体 1' が離型される。

[0056] このようにすれば、実質的にスプリングバックが生じた後の圧粉体 1' の外径面に目潰し処理および整形処理が同時に施されることになるため、しごき加工後に圧粉体 1' を離型したときにも、圧粉体 1' 外径面の表面性状や寸法・形状精度は、成形金型装置 3 0 で実施されたしごき加工後の状態がほぼそのまま維持される。そのため、外径面の組織が緻密化され、かつ外径面の寸法・形状精度に優れた圧粉体 1' を容易に成形することができる。

[0057] 特に、しごき部 3 2 b を、相対的に圧粉体 1' の排出方向後方側（下側）に設けられ、圧粉体 1' の排出方向前方側（上側）に向けて徐々に縮径した

第1しごき部32b1と、下端が第1しごき部32b1の上端に繋がった径一定の第2しごき部32b2とで構成すれば、圧粉体1'の外径面（の軸方向各部）は、まず、徐々に縮径した第1しごき部32b1によってしごかれ、その後に、第1しごき部32bの最小径部と径一定で軸方向に延びる第2しごき部32b2によってしごかれる。この場合、圧粉体1'の外径面を構成する金属粒子が削られることなく、圧縮されるようにしてしごき加工が進展する。そのため、部分的な欠け等が存在しない高精度の外径面を有する圧粉体1'を得ることができる。

[0058] なお、図示は省略するが、例えば、成形部32aとしごき部32bの配置を上下で逆にしたダイ32を用いることもでき、この場合、ダイ32を圧粉体1'に対して相対的に上側に移動させることによって圧粉体1'をダイ32から排出するようにすれば、圧粉体1'の排出時に、ダイ32に設けたしごき部32bで圧粉体1'の外径面全域にしごき加工を施すことができる。

[0059] また、ダイ32に設けるべきしごき部32bとしては、例えば、上記の第1しごき部32b1と第2しごき部32b2を一組とし、これを軸方向に連ねて二組以上設けたものを採用することも可能である（図示省略）。

[0060] また、成形金型装置30として、粉末充填部35を画成する面（特にコア31およびダイ32の成形部31a、32a）、さらにはダイ32のしごき部32bがDLC膜、TiN膜、TiC膜、CrN膜、TiAlN膜等の硬質膜で被覆されたものを用いることもできる。

[0061] 以上では、圧粉体の内径面又は外径面の何れか一方に、コア又はダイの何れか一方に設けたしごき部でしごき加工を施すようにしたが、本発明は、圧粉体の内径面および外径面の双方にしごき加工を施す際に適用することも可能である（図示省略）。

[0062] 本発明の有用性を確認するため、本発明を適用して圧粉体を成形した場合（圧粉体成形後の除荷状態におけるしごき加工ありの場合）と、従来方法で圧粉体を成形した場合（圧粉体成形時のしごき加工なしの場合）とで、圧粉体の内径面の空孔率がどの程度異なるかを比較・検証した。この比較試験で

作製した試料は、本発明を適用して成形したもの（以下「試料１」という）、および従来方法で成形したもの（以下「試料２」という）の何れにおいても、内径４ｍｍ×外径７．５ｍｍ×全長９．２ｍｍの円筒状圧粉体であり、以下に示す原料粉末を、密度が $6.5\text{ g/cm}^3$ となるように、 $2.8\text{ t/cm}^2$ （約 $274\text{ MPa}$ ）の成形圧力で圧縮成形したものである。

[0063] 原料粉末としては、主に $20-200\text{ }\mu\text{m}$ 程度の範囲内で粒度分布を有する銅粉末と鉄系粉末の混合粉末を主原料とし、これに微量の錫粉末、黒鉛粉末および固体潤滑剤を添加・混合したものを使用した。主原料としての上記混合粉末における銅粉末と鉄系粉末の配合割合は、重量比で、銅粉末を $60\%$ 、鉄系粉末を $40\%$ とした。

[0064] 試料１は、図２～図５に示す構成を有する成形金型装置１０を用いて圧縮成形した。コア１１としては、しごき部１１ｂの最大外径寸法（第２しごき部１１ｂ２の外径寸法） $d_2$ が、成形部１１ａの外径寸法 $d_1$ よりも直径値で $30\text{ }\mu\text{m}$ 大きく形成されたものを使用した。成形部１１ａとしごき部１１ｂとの直径寸法差（ $d_2-d_1$ ）は、上下パンチ１３，１４の内径寸法 $d_3$ と成形部１１ａの外径寸法 $d_1$ との差の $80\%$ 以下である。

[0065] 試料１，２の空孔率は、次のようにして測定した。まず、理経社製の熱硬化型接着剤３５３ＮＤに赤色染料を混合したものを試料の内部気孔に含浸させた後に熱硬化させた。次いで、試料の内径面を、顕微鏡で $400$ 倍に拡大した上で撮影した。そして、撮影データの $10$ 視野（ $10$ 等配位置）を画像解析ソフトで解析し、赤色染料で着色された部分の占有面積に基づいて空孔率を算出した。

なお、試料２については、これを焼結してから、サイジング金型を用いた整形処理（寸法サイジング）、さらには目潰し処理の一種である回転サイジングを施し、寸法サイジング後および回転サイジング後における内径面の空孔率を上記同様の手順で測定・算出した。

[0066] 以上のようにして測定・算出した試料１および試料２の内径面の空孔率は、それぞれ、以下のとおりである。

- ・ 試料 1（成形後）：7 %
- ・ 試料 2（成形後）：21 %
- ・ 試料 2（寸法サイジング後）：15 %
- ・ 試料 2（回転サイジング後）：5 %

[0067] 上記の測定・算出結果から、本発明に係る方法は、内径面の組織が、焼結後の目潰し処理を省略できるほどに大幅に緻密化された圧粉体を得ることができる極めて有用なものであることがわかる。

[0068] [第3実施形態]

以上に述べた第1実施形態および第2実施形態では、しごき加工としてしごき部を軸方向に相対移動させる場合を説明したが、同様の効果は、しごきの方向性を問わず、しごき部を圧粉体1'に対して相対移動させることで得ることができる。従って、例えばしごき部を周方向に相対移動させることで同様の効果を得ることができる。以下、このようにしごき部を周方向に相対移動させる場合の具体例を第3実施形態として説明する。

[0069] 第3実施形態の圧縮成形工程では、図9aに模式的に示す成形金型装置40を用いて金属粉末を主原料とした原料粉末を圧縮することにより、略完成品形状（ここでは円筒状）の圧粉体1'を得る。成形金型装置40は、段付き軸状のコア41と、その外径側に配置された円筒状のダイ42と、下パンチ43と、上パンチ44とを備える。下パンチ43および上パンチ44は、上下方向に相対移動可能に同軸配置されている。また、コア41は、図示しない回転駆動源により、その軸心O-Oを中心として回転可能に構成されている。

[0070] コア41は、圧粉体の内径面を成形する円筒面状の成形部41aと、圧粉体1'の内径面をしごくしごき部41bとを有する。しごき部41bは、コア41を回転させた時の当該しごき部41bの回転軌跡の最大直径d4が成形部41aの外径寸法d1よりも大きくなるように形成される。しごき部41bの断面形状（半径方向断面）は任意であるが、本実施形態では、図9bに示すように、しごき部41bの断面形状を、4つの直線部41b1の長さ

が等しく、かつ隣接する直線部41b1間に平坦面状のチャンファ41b2を介在させた概略正形状にした場合を例示している。しごき部41bの軸方向長さLは圧粉体1'の軸方向長さよりも大きい。なお、チャンファ42b2は平坦面で形成する他、円弧面で形成することもできる。

[0071] かかる構成では、しごき部41bの回転軌跡のうち、最大のものはチャンファ41b2で形成される。従って、直径方向で対向するチャンファ41b2間の最大距離がしごき部41bの回転軌跡の最大直径d4、つまりしごき部41bの最大外径寸法となる。上記のとおり、しごき部41bの最大外径寸法d4は成形部41aの外径寸法d1よりも大きい( $d4 > d1$ )。また、しごき部41bの対向する直線部41b1間の距離d5は、しごき部41bの最大外径寸法d4よりも小さいが、成形部41aの外径寸法d1よりも大きい( $d1 < d5 < d4$ )。この時、しごき部41bの最大外径寸法d4は、成形部41aの外径寸法d1よりも $1\mu\text{m}$ 以上大きくするのが好ましい。

[0072] コア41は、しごき部41bの軸方向両側に断面円形のテーパ状のガイド部41cを有する。上側のガイド部41cは下側に向けて徐々に拡径し、下側のガイド部41cは下側に向けて徐々に縮径している。両ガイド部41cの最大外径寸法は、しごき部41bの最大外径寸法d4と等しい。

[0073] 上記成形金型40を用いる圧粉体1'の製造手順は、しごき加工の態様が異なる点を除き、第1実施形態と共通する。すなわち、図9aに示すように、コア41のしごき部41bおよびガイド部41cを下パンチ43の内周に配置した状態で、コア41の成形部41a、ダイ42の内径面42aおよび下パンチ43の上端面43aで円筒状の粉末充填部45を画成し、粉末充填部45に原料粉末Mを充填する。次に、図10に示すように、上パンチ44を下パンチ43に対して相対的に接近移動させ、原料粉末Mを下パンチ43と上パンチ44で圧縮して円筒状の圧粉体1'を成形する。次に、上パンチ44を下パンチ43に対して相対的に離反移動(上昇)させて圧粉体1'を除荷状態にする。除荷状態へ移行すると同時に、圧粉体1'がスプリングバ

ックして圧粉体 1' の内径面が拡張し、圧粉体 1' の内径面とコア 4 1 の成形部 4 1 a との間に径方向隙間 x (図 4 参照) が形成される。スプリングバック後の圧粉体 1' の内径面は、下パンチ 4 3 および上パンチ 4 4 の各内径面よりも小径となる。

[0074] 次に、図 1 1 に示すように、上パンチ 4 4 と下パンチ 4 3 を静止させたままコア 4 1 を軸方向に移動（上昇）させ、コア 4 1 のしごき部 4 1 b を圧粉体 1' の内径面に対向させる。この状態で、コア 4 1 を回転させると、しごき部 4 1 b のチャンファ 4 1 b 2 が圧粉体 1' の内径面に対して摺動し、圧粉体 1' の内径面に周方向のしごき加工が施される。しごき加工に伴って、圧粉体 1' の内径面の粉体が圧延されるため、当該内径面が緻密化される。また、周方向のしごき加工に伴い、圧粉体 1' の内径面には、周方向に延びる摺動跡が形成される（図 1 6 ～図 1 8 参照）。第 3 実施形態の製造手順でも、圧粉体 1' のスプリングバック後に圧粉体 1' の内径面がしごかれるため、圧粉体 1' の軸方向各所でのスプリングバック量の不均一性に起因した内径面の寸法ばらつきを抑制し、軸方向全長にわたって圧粉体 1' の内径寸法を均一化することができる。

[0075] なお、図 9 a に示す状態から、コア 4 1 を上昇させてしごき部 4 1 b を圧粉体 1' の内径面に対向させるまでの間は、テーパ状のガイド部 4 1 c が圧粉体 1' の内径面に対して摺動するため、コア 4 1 の上昇に伴って圧粉体 1' の内径面全域が予備的にしごかれることになる。しごき部 4 1 b が圧粉体 1' の内径面に圧入される前にテーパ状のガイド部 4 1 c が圧入されるため、圧粉体 1' の内径面を構成する金属粒子が削られることなく、徐々に圧縮されるようになる。そのため、部分的な欠け等が存在しない高精度の内径面を有する圧粉体 1' を得ることができる。

[0076] しごき部 4 1 b によるしごき加工が完了すると、圧粉体 1' からコア 4 1 を抜き取り、さらに下パンチ 4 3 および上パンチ 4 4 をダイ 4 2 に対して相対的に上昇移動させることにより、圧粉体 1' を離型する。その後、離型した圧粉体 1' を脱脂工程、焼結工程、整形工程、含油工程に順次移送するこ

とで、図 1 に示すすべり軸受 1（焼結含油軸受）が完成する。

[0077] なお、圧縮成形工程におけるコア 4 1 は、圧粉体 1' に対して上下方向に相対移動させる際に、下パンチ 4 3 および上パンチ 4 4 に対しても相対的に上下方向に移動する。この時のコア 4 1 の円滑な移動を担保するため、しごき部 4 1 b の最大外径寸法  $d_4$  は下パンチ 1 3 および上パンチ 1 4 の内径寸法  $d_3$  に比べて小さくする。また、しごき部 4 1 b の最大外径寸法  $d_4$  は、スプリングバック後の圧粉体 1' の内径寸法よりも大きくなるように設定されるが、しごき部 4 1 b の最大外径寸法  $d_4$  がスプリングバック後の圧粉体 1' の内径寸法に比べてあまりに大きいと、しごき加工に伴って圧粉体 1' の内径面に過剰な負荷がかかり、欠け等の不具合が生じ易くなるため、しごき部 4 1 b の最大外径寸法  $d_4$  を過度に大きくすることは避ける必要がある。以上を勘案して、コア 4 1 の成形部 4 1 a としごき部 4 1 b の間の径方向の寸法差（直径寸法差： $d_4 - d_1$ ）は、コア 4 1 の成形部 4 1 a とこれに対向するパンチ 4 3, 4 4 との間のクリアランス  $c$ （上下パンチ 4 3, 4 4 の内径寸法  $d_3$  とコア 4 1 の成形部 4 1 a の外径寸法  $d_1$  との間の直径寸法差： $d_3 - d_1$ ）の 80% 以下に設定するのが好ましい。

[0078] なお、成形金型装置 4 0 の粉末充填部 4 5 を画成する面（特にコア 4 1 およびダイ 4 2 の成形部 4 1 a, 4 2 a）の他、コア 4 1 のしごき部 4 1 b（必要に応じてさらにガイド部 4 1 c）は、DLC 膜、TiN 膜、TiC 膜、CrN 膜、TiAlN 膜等の硬質膜で被覆するのが好ましい。

[0079] 本発明の有用性を確認するため、従来方法で圧粉体を成形した比較例（圧粉体成形時のしごき加工なしの場合）と、圧粉体の成形時に各種しごき加工を行った複数の実施例とについて、成形後の寸法、精度、空孔率、軸方向母線形状のそれぞれを測定した。各実施例は、以下のしごき加工を行っている。

実施例 1：除荷後に軸方向のしごき加工を行う（第 1 実施形態の方法）

実施例 2：除荷後にコアを 1 / 2 回転させてしごき加工を行う（第 3 実施形態の方法）

実施例 3 : 除荷後にコアを 1 回転させてしごき加工を行う (第 3 実施形態の方法)

実施例 4 : 除荷後にコアを 5 回転させてしごき加工を行う (第 3 実施形態の方法)

[0080] この比較試験で作製した試料は、内径 6 mm、外径 12 mm、全長 4 ~ 5 mm の円筒状圧粉体である。原料粉末として還元鉄粉 (ヘガネス社の NC100.24) 100% に重量比で 0.5% の固体潤滑剤 (ロンザ社の Acrawax C Powder Atomized) を混合したものを使用し、この原料粉末を密度が  $6.2 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$  となるように圧縮成形した。比較例で使用するコアは成形部 41a を外径寸法 6.05 mm とし、実施例で使用するコア 41 は成形部 41a の外径寸法 d1 を 6.05 mm、しごき部 41b の最大外径寸法 d4 を 6.053 mm としている。実施例で使用するコアは、図 9a に示すように、しごき部 41b の両側にガイド部 41c を有する形態である。

[0081] 図 12 に、離型後の比較例および実施例 1 ~ 4 について外径寸法、内径寸法、密度を測定した結果を示す。同図に示すように、実施例 1 ~ 4 では比較例に比べて内径寸法が大きくなり、これに応じて内径寸法とコア 41 の外径寸法との差も大きくなることが理解できる。

[0082] 図 13 に、比較例および実施例 1 ~ 4 について、真円度の測定結果とハーモニクスの解析結果とを示す。ここでハーモニクス解析は、真円度測定で得られるランダムな波形から波長成分ごとに振幅などを分解し、表に表したものである。解析表の N + 2 は楕円成分を表す。同図から、ハーモニクスは比較例に比べて実施例 1 ~ 4 の方が改善されることが理解できる。

[0083] 図 14 ~ 図 19 に、比較例および実施例 1 ~ 4 について、内径面の顕微鏡写真 (図面左側が  $\times 50$ 、図面右側が  $\times 500$ ) および空孔率の測定結果を示す。図 14 ~ 図 19 から、空孔率は、比較例 1、実施例 1、実施例 2、実施例 3、実施例 4 の順で小さくなることが理解できる (比較例 > 実施例 1 > 実施例 2 > 実施例 3 > 実施例 4)。顕微鏡写真からも同様の傾向が読み取れる。以上から、除荷状態でしごき加工を行うことで表面をより緻密化できる

こと、軸方向にしごき加工を行うよりは、コアを回転させてしごく加工を行う方が表面をより緻密化できること、コアの回転回数を増す方が表面をより緻密化できること、がそれぞれ理解できる。

[0084] 図19～図23に比較例および実施例1～実施例4の軸方向母線形状の測定結果を示す。図19～図23に示すように、比較例、実施例1、実施例2、実施例3、実施例4の順で表面がより平滑化されることが理解できる。

[0085] 以上に述べた第3実施形態では、コア41の回転による周方向のしごき加工で圧粉体1'の内径面を緻密化する場合を説明したが、除荷後のダイ42の回転による周方向のしごき加工で圧粉体1'の外径面を緻密化させることもできる。また、圧粉体1'の内径面および外径面の双方に回転による周方向のしごき加工を行ってもよい。

### 符号の説明

- [0086] 1 すべり軸受（焼結金属部品）  
1' 圧粉体  
10 成形金型装置  
11 コア  
11a 成形部  
11b しごき部  
11b1 第1しごき部  
11b2 第2しごき部  
12 ダイ  
12a 成形部  
13 下パンチ  
14 上パンチ  
15 粉末充填部  
30 成形金型装置  
31 コア  
32 ダイ

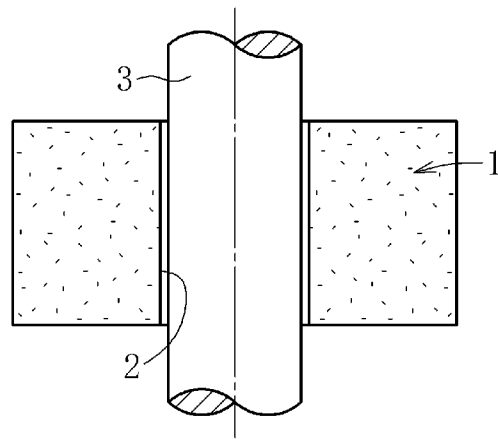
|         |          |
|---------|----------|
| 3 2 a   | 成形部      |
| 3 2 b   | しごき部     |
| 3 2 b 1 | 第 1 しごき部 |
| 3 2 b 2 | 第 2 しごき部 |
| 4 0     | 成形金型装置   |
| 4 1     | コア       |
| 4 2     | ダイ       |
| 4 2 a   | 成形部      |
| 4 2 b   | しごき部     |
| 4 2 c   | ガイド部     |
| M       | 原料粉末     |

## 請求の範囲

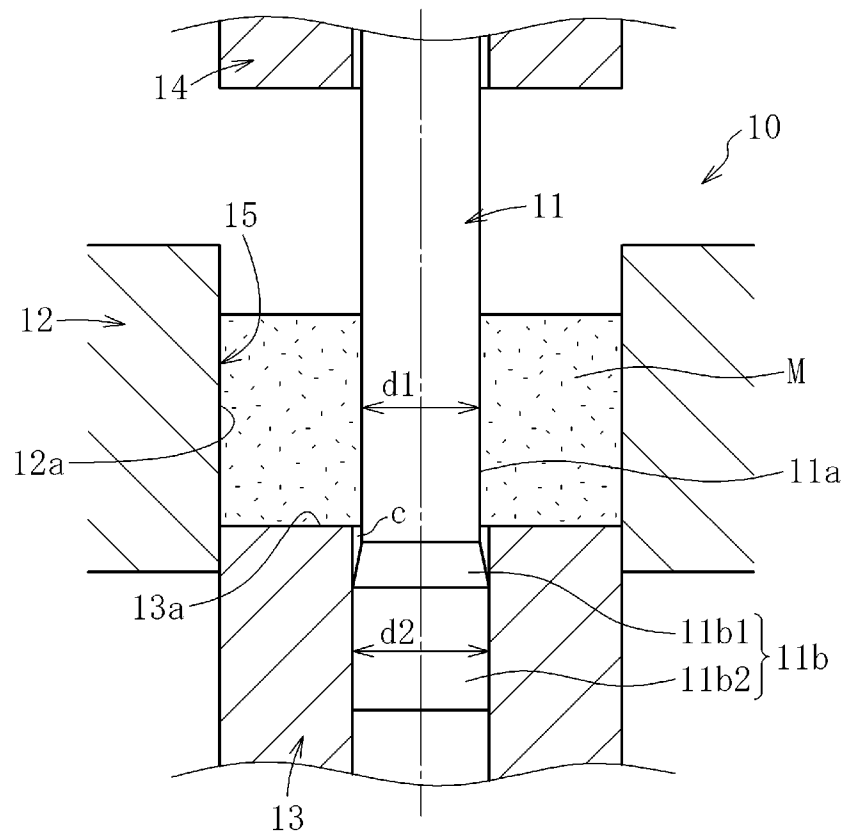
- [請求項1]        コア、ダイ、および一對のパンチのそれぞれに設けた成形部で画成された空間に原料粉末を充填し、その状態で、一對のパンチを相対的に接近させることで圧縮力を付与して圧粉体を圧縮成形する圧粉体の製造方法であって、
- 圧粉体の圧縮成形後、圧粉体に対する前記圧縮力を解放した除荷状態で、前記コアおよび前記ダイのうち、少なくとも一方を前記圧粉体に対して相対移動させることにより前記圧粉体をしごいてから、前記圧粉体を離型することを特徴とする圧粉体の製造方法。
- [請求項2]        コアおよびダイのうち、何れか一方の部材に圧粉体をしごくためのしごき部を設け、前記一方の部材の成形部としごき部との間の径方向の寸法差を、当該成形部と、これに対向するパンチとの間のクリアランスの80%以下にした請求項1に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項3]        前記コアおよび前記ダイの少なくとも一方を前記圧粉体に対して軸方向に相対移動させることにより圧粉体をしごく請求項1又は2記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項4]        前記圧粉体の内径面および外径面の少なくとも一方を前記コアの外周および前記ダイの内周の少なくとも一方に設けたしごき部でしごく請求項1～3何れか1項に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項5]        前記圧粉体からの前記コアの抜き取りに伴う、前記コアの外周に設けたしごき部と前記圧粉体との軸方向の相対移動により、前記圧粉体の内径面全域にしごき加工を施す請求項4に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項6]        前記コアの外周に設けたしごき部は、相対的に前記コアの移動方向前方側に設けられ、前記コアの移動方向後方側に向けて徐々に拡径した第1しごき部と、相対的に前記コアの移動方向後方側に設けられ、径一定で軸方向に延びた第2しごき部とを有する請求項又は5に記載の圧粉体の製造方法。

- [請求項7] 前記ダイの内周からの前記圧粉体の排出に伴う、前記ダイの内周に設けたしごき部と前記圧粉体との軸方向の相対移動により、前記圧粉体の外径面全域にしごき加工を施す請求項1～3何れか1項に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項8] 前記ダイの内周に設けたしごき部は、相対的に前記圧粉体の排出方向後方側に設けられ、前記ダイの排出方向前方側に向けて徐々に縮径した第1しごき部と、相対的に前記圧粉体の排出方向前方側に設けられ、径一定で軸方向に延びた第2しごき部と、を有する請求項7に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項9] 前記コアおよび前記ダイの少なくとも一方を前記圧粉体に対して周方向に相対移動させることにより圧粉体をしごく請求項1又は2に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項10] 前記コアに、成形部と成形部よりも外径寸法の大きいしごき部とを設け、成形部による圧粉体の成形後にしごき部を圧粉体の内径面と対向させ、その状態で前記コアを回転させることで圧粉体の内径面をしごき部でしごく請求項9に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項11] しごき部の半径方向断面を矩形状にした請求項9又は10に記載の圧粉体の製造方法。
- [請求項12] 請求項1～11の何れか一項に記載の方法により得られた圧粉体を加熱することにより焼結体を得る焼結工程と、前記焼結体の内部気孔に潤滑油を含浸させる含油工程と、を有する焼結金属部品の製造方法。

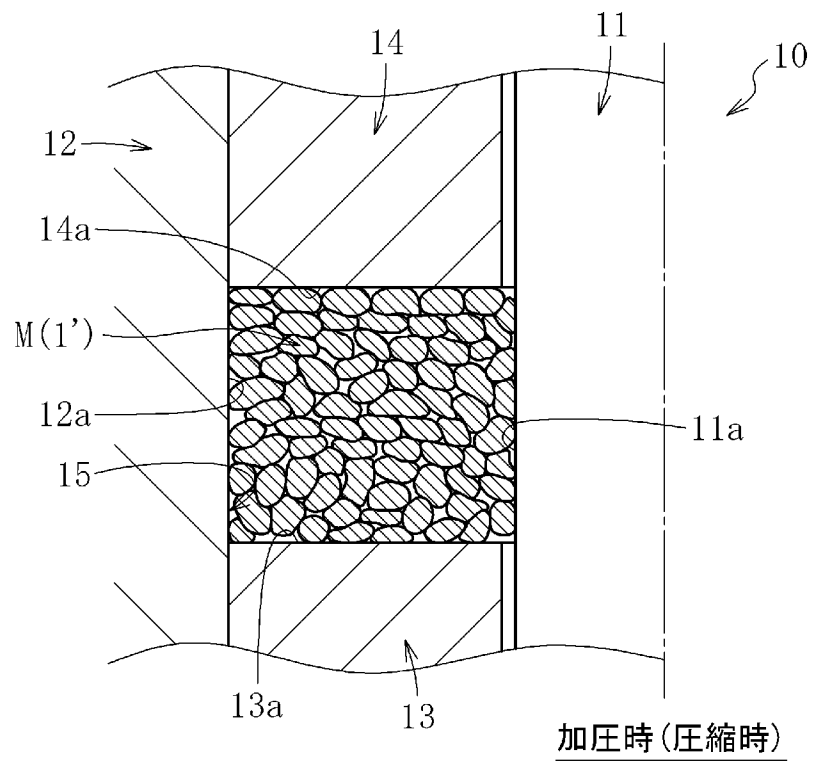
[図1]



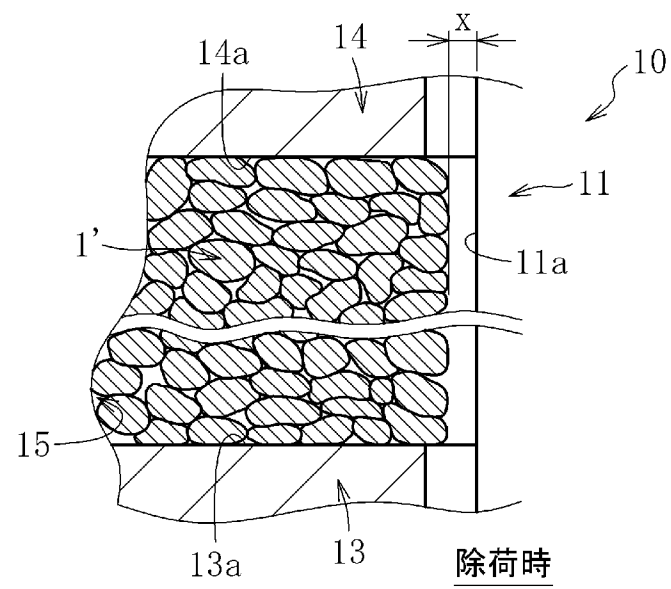
[図2]



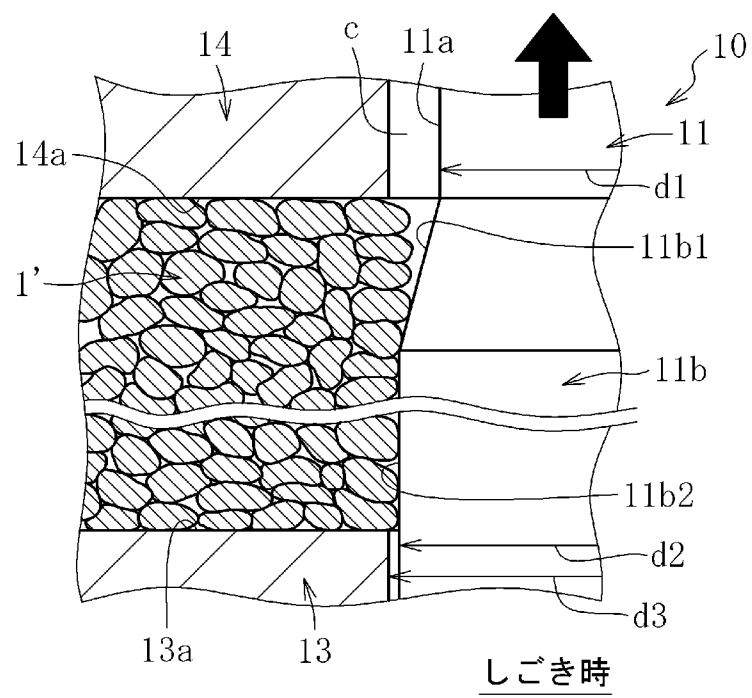
[図3]



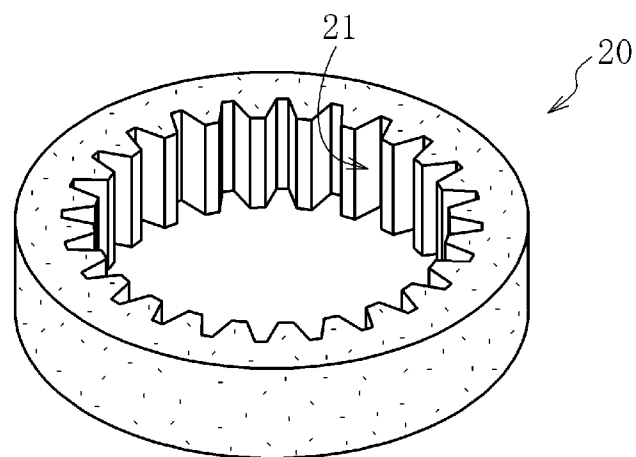
[図4]



[図5]



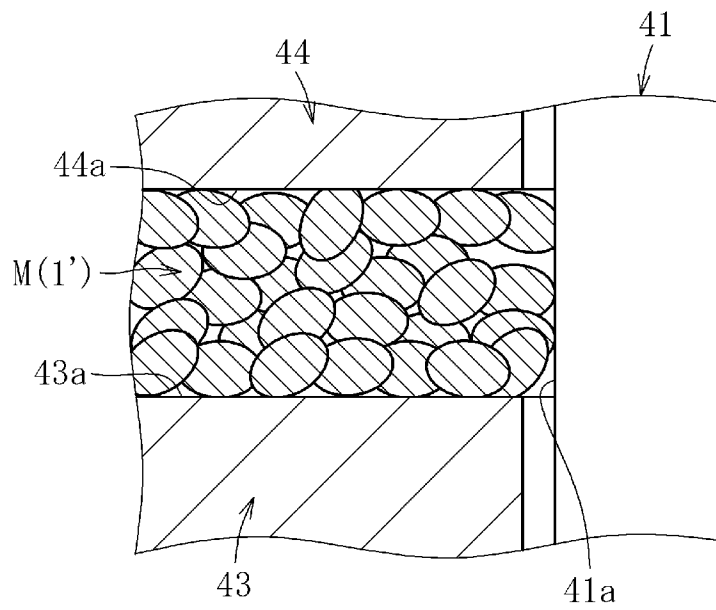
[図6]



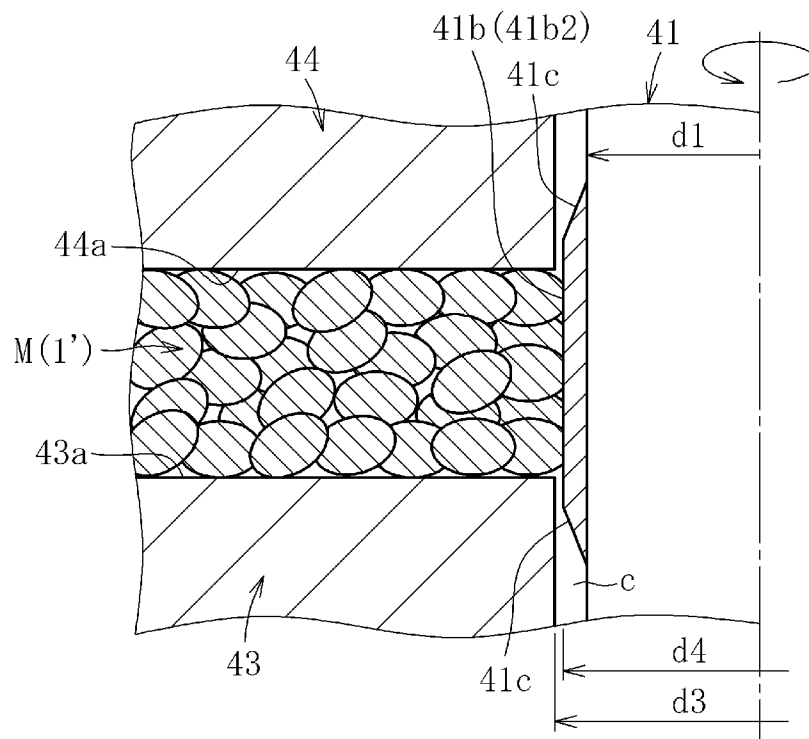




[図10]



[図11]



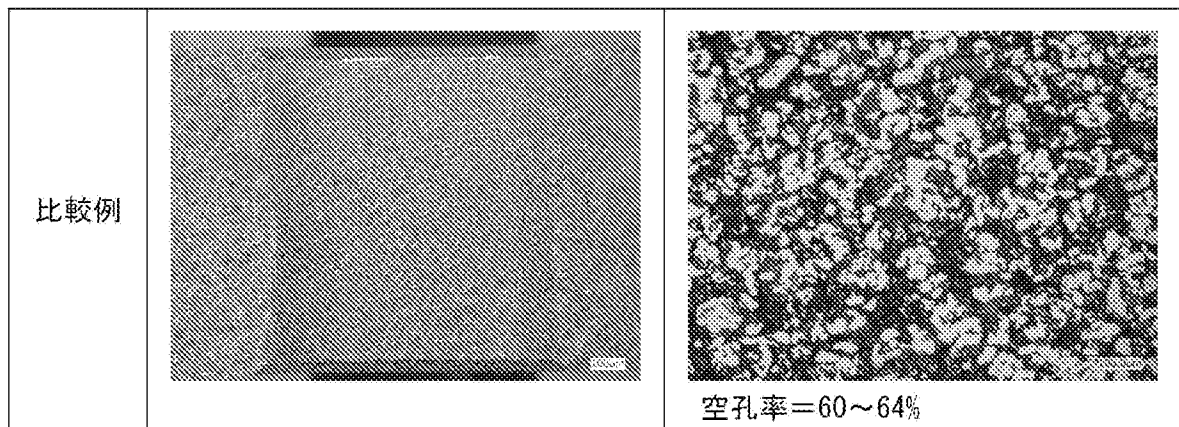
[図12]

| コアピン | 外径,mm  | 内径,mm | コアの外径寸法との差, $\mu\text{m}$ | 密度, $\text{g}/\text{cm}^3$ |
|------|--------|-------|---------------------------|----------------------------|
| 比較例  | 12.123 | 6.053 | 3                         | 6.21                       |
| 実施例1 | 12.119 | 6.067 | 14                        | 6.15                       |
| 実施例2 | 12.122 | 6.071 | 18                        | 6.18                       |
| 実施例3 | 12.120 | ↑     | ↑                         | 6.21                       |
| 実施例4 | 12.119 | 6.072 | 19                        | 6.18                       |

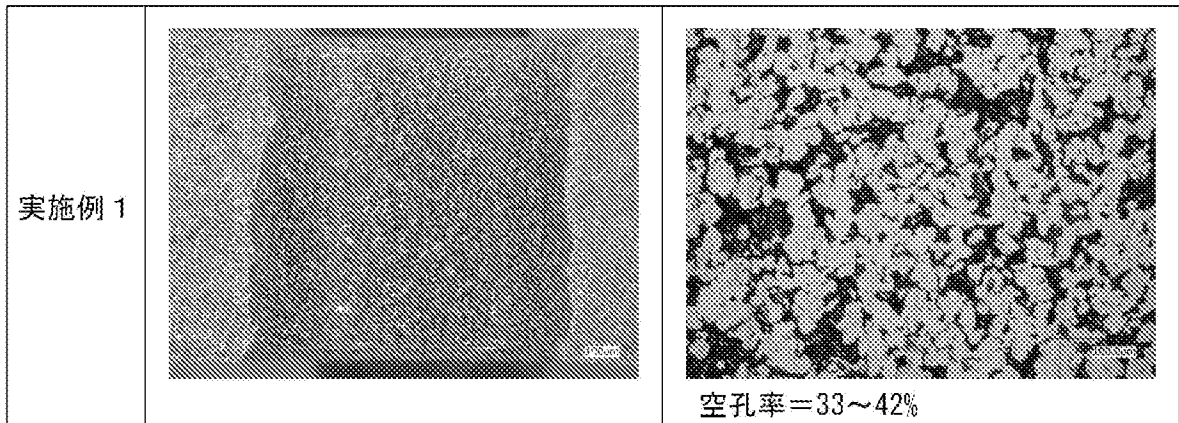
[図13]

| コアピン | 真円度,<br>$\mu\text{m}$ | ハーモニクス<br>(N+2), $\mu\text{m}$ |
|------|-----------------------|--------------------------------|
| 比較例  | 1.6~2.0               | 0.34~0.48                      |
| 実施例1 | 1.0~2.2               | 0.15~0.64                      |
| 実施例2 | 1.4~1.8               | 0.17~0.36                      |
| 実施例3 | 1.4~1.9               | 0.14~0.26                      |
| 実施例4 | 1.3~2.7               | 0.18~0.33                      |

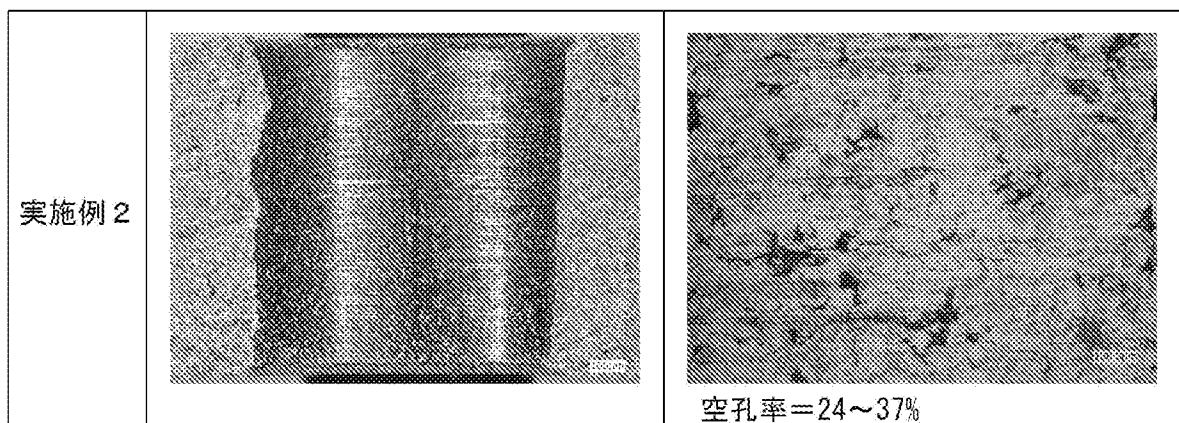
[図14]



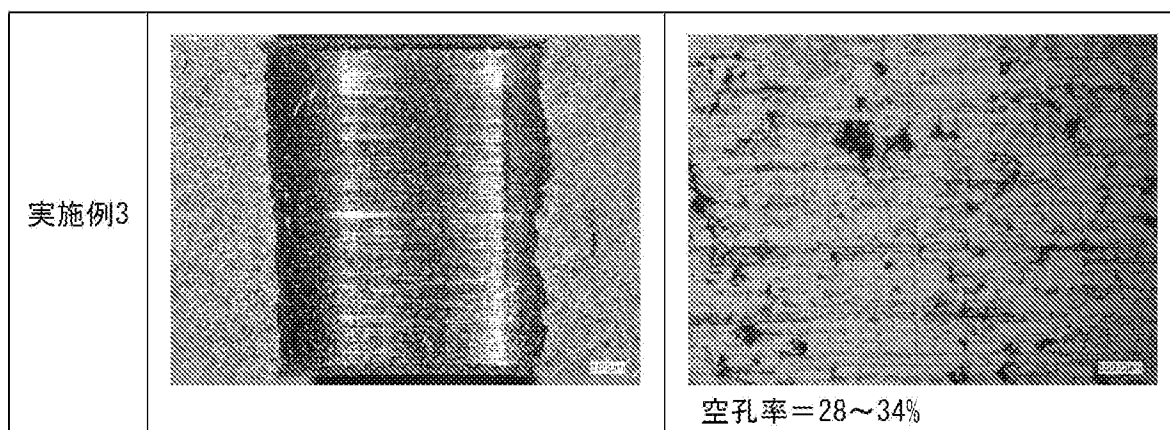
[図15]



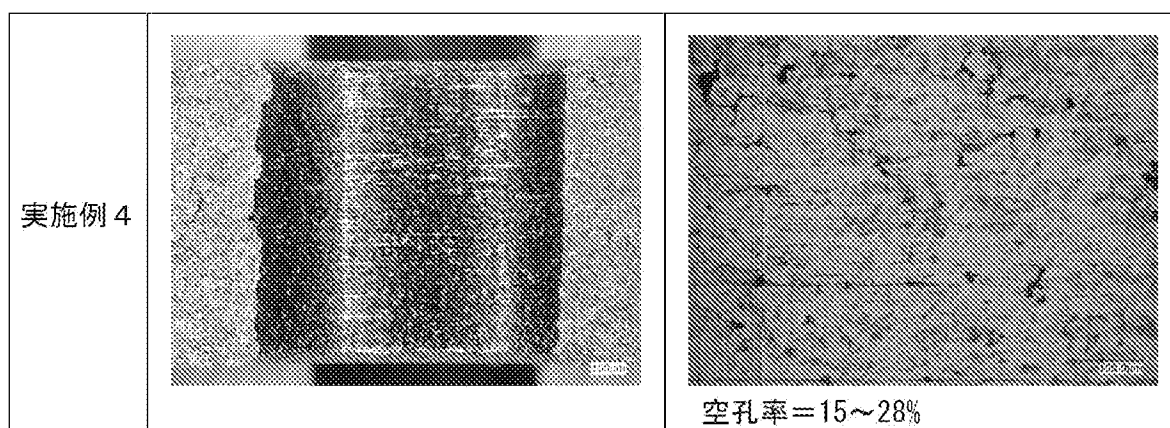
[図16]



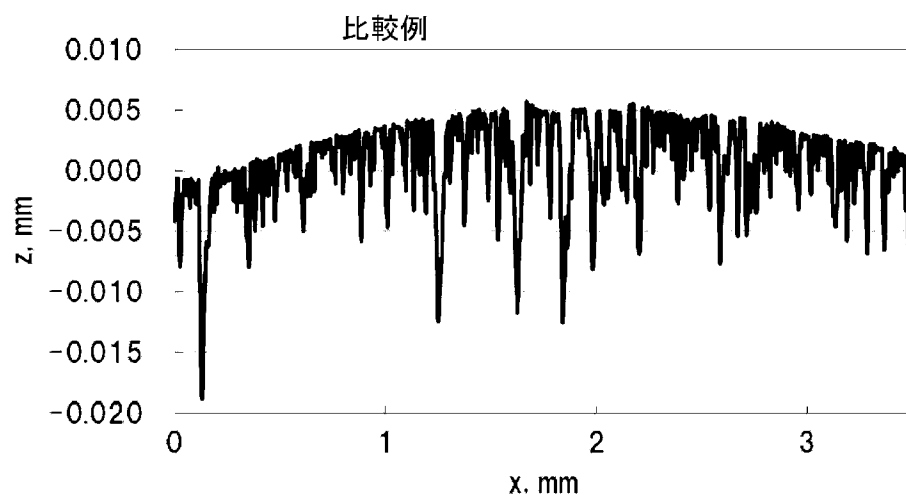
[図17]



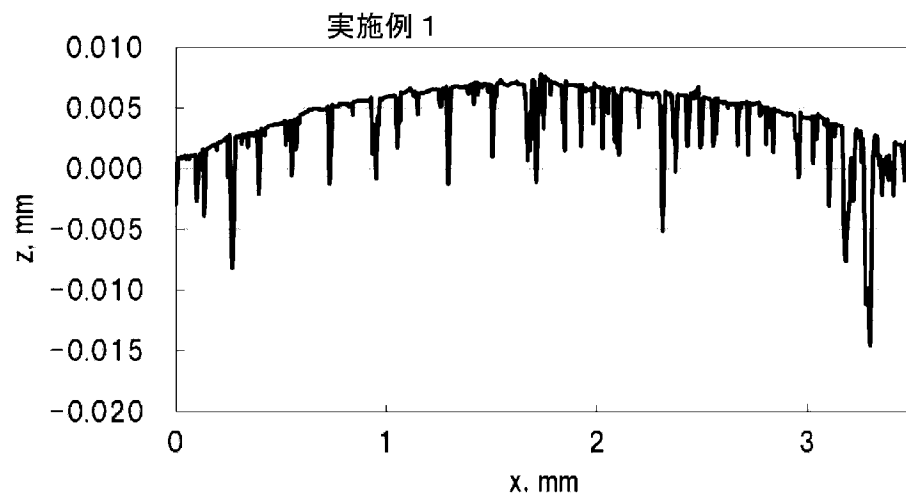
[図18]



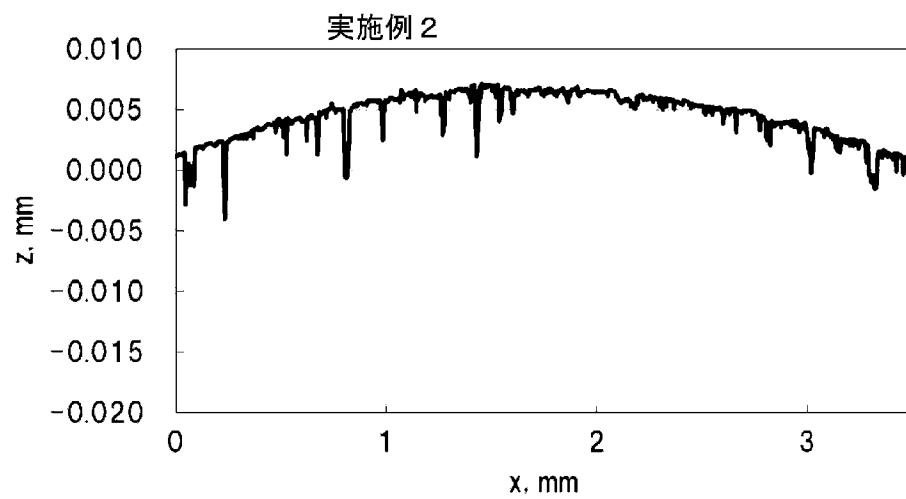
[図19]



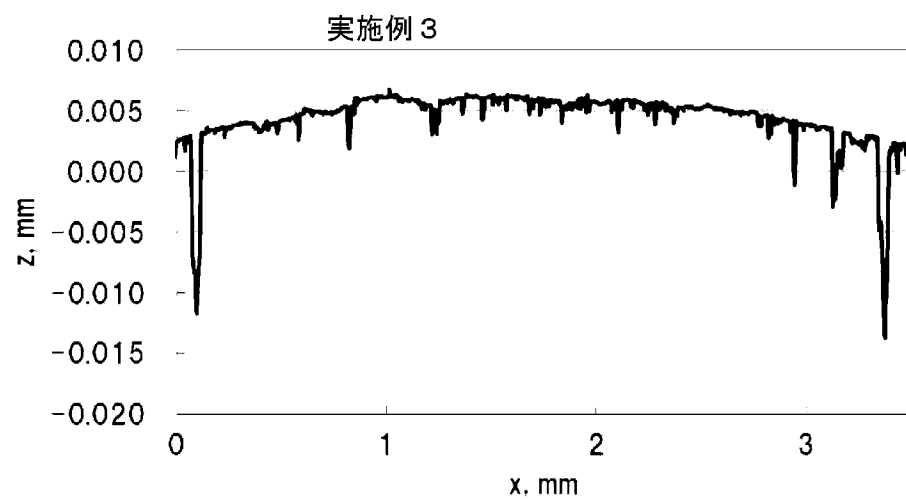
[図20]



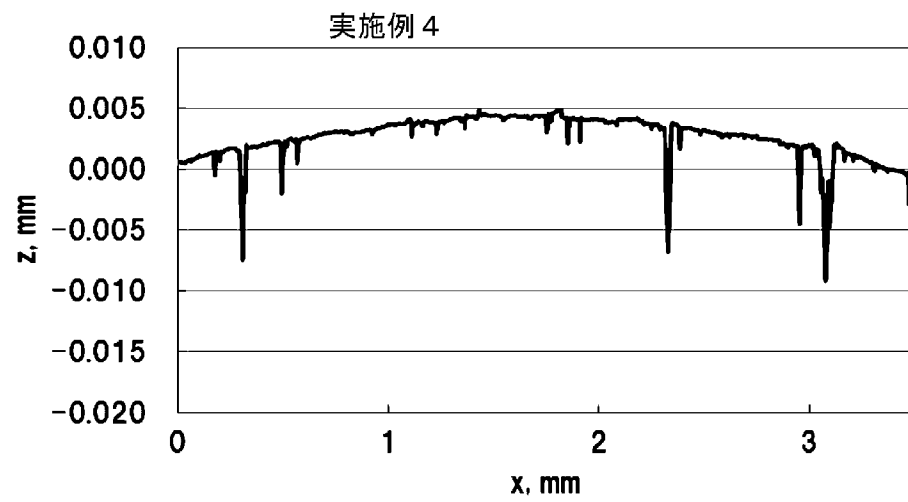
[図21]



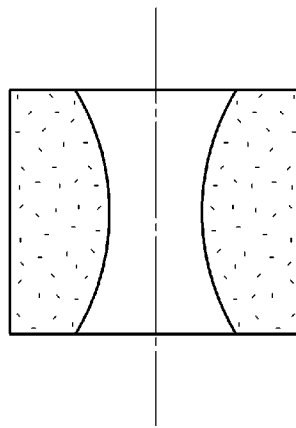
[図22]



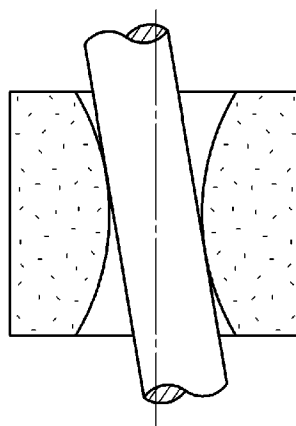
[図23]



[図24a]



[図24b]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077272

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B30B11/02(2006.01)i, B22F3/02(2006.01)i, B22F3/035(2006.01)i, B22F3/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B30B11/02, B22F3/02, B22F3/035, B22F3/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 11-217601 A (Daihatsu Motor Co., Ltd.),<br>10 August 1999 (10.08.1999),<br>paragraph [0023]<br>(Family: none)                         | 1-12                  |
| A         | JP 10-166188 A (Mitsubishi Materials Corp.),<br>23 June 1998 (23.06.1998),<br>paragraphs [0009] to [0021]; fig. 1 to 2<br>(Family: none) | 1-12                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
28 November 2016 (28.11.16)

Date of mailing of the international search report  
13 December 2016 (13.12.16)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077272

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 78310/1990 (Laid-open No. 37227/1992)<br>(Mitsubishi Materials Corp.),<br>30 March 1992 (30.03.1992),<br>fig. 1 to 4<br>(Family: none)                     | 1-12                  |
| A         | JP 2001-293531 A (Toyota Motor Corp.),<br>23 October 2001 (23.10.2001),<br>paragraphs [0016] to [0033]<br>(Family: none)                                                                                                                                                | 1-12                  |
| A         | US 6017489 A (WOOLF Richard Mark),<br>25 January 2000 (25.01.2000),<br>fig. 1 to 4<br>& WO 2000/048773 A1                      & EP 1171255 A<br>& DE 60007857 D                          & DE 60007857 T<br>& AU 3493400 A                              & ES 2211517 T | 1-12                  |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B30B11/02(2006.01)i, B22F3/02(2006.01)i, B22F3/035(2006.01)i, B22F3/26(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B30B11/02, B22F3/02, B22F3/035, B22F3/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                  | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 11-217601 A (ダイハツ工業株式会社) 1999.08.10, 段落[0023]<br>(ファミリーなし)                      | 1-12           |
| A               | JP 10-166188 A (三菱マテリアル株式会社) 1998.06.23,<br>段落[0009]-[0021], [図1] - [図2] (ファミリーなし) | 1-12           |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.11.2016

国際調査報告の発送日

13.12.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

豊島 唯

3 P

9432

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                           |                |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                         | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | 日本国実用新案登録出願 2-78310 号(日本国実用新案登録出願公開 4-37227 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (三菱マテリアル株式会社) 1992. 03. 30, 第 1-4 図 (ファミリーなし)                               | 1-12           |
| A                     | JP 2001-293531 A (トヨタ自動車株式会社) 2001. 10. 23, 段落[0016]-[0033] (ファミリーなし)                                                                                     | 1-12           |
| A                     | US 6017489 A (WOOLF Richard Mark) 2000. 01. 25, FIG. 1-4 & WO 2000/048773 A1 & EP 1171255 A & DE 60007857 D & DE 60007857 T & AU 3493400 A & ES 2211517 T | 1-12           |