

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5481112号
(P5481112)

(45) 発行日 平成26年4月23日 (2014. 4. 23)

(24) 登録日 平成26年2月21日 (2014. 2. 21)

(51) Int. Cl. F 1
B 3 0 B 11/02 (2006.01)
 B 3 0 B 11/02 B
 B 3 0 B 11/02 H

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-158765 (P2009-158765)	(73) 特許権者	593016444
(22) 出願日	平成21年7月3日 (2009. 7. 3)		三和システムエンジニアリング株式会社
(65) 公開番号	特開2010-184293 (P2010-184293A)		東京都港区芝3-4-11 芝シティビル
(43) 公開日	平成22年8月26日 (2010. 8. 26)		内
審査請求日	平成24年5月11日 (2012. 5. 11)	(74) 代理人	100083998
(31) 優先権主張番号	特願2009-5471 (P2009-5471)		弁理士 渡邊 丈夫
(32) 優先日	平成21年1月14日 (2009. 1. 14)	(72) 発明者	吉岡 寿夫
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都港区芝3丁目4番11号 三和シス テムエンジニアリング株式会社内
		(72) 発明者	伊藤 盛康
			東京都港区芝3丁目4番11号 三和シス テムエンジニアリング株式会社内
		審査官	宇田川 辰郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉体の圧縮成形方法ならびにその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイの上下に上パンチ、下パンチを配置し、下パンチとダイとで形成される空間内に粉体を充填し、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を圧縮かつ成形する縦形の粉体の圧縮成形方法において、

上下ラムの少なくとも一方とパンチとの間に衝撃力発生手段としての磁歪アクチュエータを設け、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を所定圧力まで圧縮した後、上パンチの駆動機構により上パンチの圧下をゆるめて上パンチの自重が作用するようにしてから前記磁歪アクチュエータを作動させて粉体に衝撃力を加えかつさらなる圧縮を加えることを特徴とする粉体の圧縮成形方法。

【請求項 2】

前記の所定圧力までの圧縮と前記磁歪アクチュエータによるさらなる圧縮とを繰り返し行うことを特徴とする請求項 1 に記載の粉体の圧縮成形方法。

【請求項 3】

ダイの上下に上パンチ、下パンチを配置し、下パンチとダイとで形成される空間内に粉体を充填し、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を圧縮かつ成形するようにした縦形の粉体の圧縮成形装置において、

上ラムの駆動機構と上ラムとの間に上パンチの圧下をゆるめたとき上パンチの自重が前記粉体に作用するように上下方向の隙間を設けるとともに、上下ラムの少なくとも一方とパンチとの間に前記自重が前記粉体に作用している状態で前記粉体に衝撃力を作用させる

衝撃力発生手段としての磁歪アクチュエータを設けたことを特徴とする粉体の圧縮成形装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミックス、金属等の造粒粉を縦形プレス機において圧縮成形する粉体の圧縮成形方法ならびにその装置に関する。

【背景技術】

【0002】

セラミックス、金属等の造粒粉にワックス等のバインダを混合してプレス機の金型内に充填し、圧縮成形することが行われている。圧縮成形された粉体は、通常焼成炉において焼成処理して機械加工用の超硬チップや精密機械部品等とする。

【0003】

通常のプレス機のようにクランク機構や油圧機構によって上下パンチをゆっくり昇降させる方法では、粉末間の滑りが悪いため粉体を高密度に成形することが困難であり、また成形品内部の密度分布が不均一となり、好ましくない。

【0004】

特許文献1には、上または上下ラムに積層形圧電素子を介してパンチを取り付け、金型内に充填された粉体に間欠的な衝撃力を加えることによって所定の形状に成形加工することが記載されている。衝撃力によって粉末間に滑りが発生し、上記の問題点が解消されることが期待される。

【0005】

図10は特許文献1に記載されている衝撃式プレス機の一例で、符号1はフレーム、符号11は中間フレーム、符号2は上ラム、符号21は上ラム2の昇降機構であるボールねじ、符号23は積層形圧電素子、符号3は積層形圧電素子23を介して上ラム2に取り付けられた上パンチ、符号4は中間フレーム11に固定されたダイ、符号5は下ラム、符号51は下ラム5の昇降機構であるボールねじ、符号53は積層形圧電素子、符号6は下パンチである。

【0006】

圧電素子としては、例えばピエゾ抵抗効果を利用したPZT (Piezo-electric Transducer) が知られている。この素子は駆動電圧を印加すると高速で変形するセラミックスである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-174596号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献1に記載された粉末成形プレスにおいては、同文献の段落[0030]にも記載があるように、圧電素子の変位量が数 μm ～数十 μm と小さいために、複数枚積層する必要があるばかりでなく、スプリングバック量（圧縮時の長さ－圧縮後の長さ）が変位量よりも小さい粉末を対象としないと効果がないという問題点がある。

【0009】

また、圧電素子に発生する衝撃力は本来方向性を有しないものであるから、これを上下方向の動きに集中させるためには装置上の工夫が必要である。

【0010】

さらに本発明者らの実験によれば、粉体に衝撃を加える前に予め所定の圧力を加えておかないと、衝撃力が粉体全体に作用せず内部には空隙が残り、均一な圧縮が実現されないことがわかった。

10

20

30

40

50

【0011】

本発明は、これらの問題点を解消し、有効な衝撃力により内部に空隙の残らない均一な粉体の圧縮成形を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

請求項1に記載の本発明は、ダイの上下に上パンチ、下パンチを配置し、下パンチとダイとで形成される空間内に粉体を充填し、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を圧縮かつ成形する縦形の粉体の圧縮成形方法において、上下ラムの少なくとも一方とパンチとの間に衝撃力発生手段としての磁歪アクチュエータを設け、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を所定圧力まで圧縮した後、上パンチの駆動機構により上パンチの圧下をゆるめて上パンチの自重が作用するようにしてから前記磁歪アクチュエータを作動させて粉体に衝撃力を加えかつさらなる圧縮を加えることを特徴とする粉体の圧縮成形方法である。

10

【0014】

請求項2に記載の本発明は、前記の所定圧力までの圧縮と前記磁歪アクチュエータによるさらなる圧縮とを繰り返し行うことを特徴とする請求項1に記載の粉体の圧縮成形方法である。

【0018】

また、請求項3に記載の本発明は、ダイの上下に上パンチ、下パンチを配置し、下パンチとダイとで形成される空間内に粉体を充填し、下パンチを上昇、または上パンチを下降させてこの粉体を圧縮かつ成形するようにした縦形の粉体の圧縮成形装置において、上ラムの駆動機構と上ラムとの間に上パンチの圧下をゆるめたとき上パンチの自重が前記粉体に作用するように上下方向の隙間を設けるとともに、上下ラムの少なくとも一方とパンチとの間に前記自重が前記粉体に作用している状態で前記粉体に衝撃力を作用させる衝撃力発生手段としての磁歪アクチュエータを設けたことを特徴とする粉体の圧縮成形装置である。

20

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、圧縮成形時に粉体に衝撃力を加えることにより内部応力が減少し、後工程である焼成処理における熱収縮が均一化して品質が向上するという、すぐれた効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明実施例の圧縮成形装置を示す正面図である。

【図2】図1の要部である金型回りを示す断面図である。

【図3】本発明の圧縮成形方法を説明する説明図である。

【図4】図3の圧縮成形におけるワークを示す斜視図である。

【図5】本発明実施例におけるパンチ移動距離と抜き出し力との関係を示すグラフである。

。

【図6】本発明実施例におけるパンチの相対速度と摩擦係数との関係を示すグラフである。

40

。

【図7】本発明実施例における密度と抜き出し力との関係を示すグラフである。

【図8】本発明実施例の効果を説明する模式図である。

【図9】本発明実施例における上ラム下端付近の部分断面図である。

【図10】従来の技術における衝撃式プレス機の正面図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

まず、本発明の粉体の圧縮成形方法を図3の説明図を用いて説明する。

【0022】

図3において、符号3は上パンチ、符号6は下パンチ、符号4はダイである。パンチお

50

よびダイの断面を半径 r （一例として 2 mm ）の円柱状とする。粉体であるワーク W は、図 4 に示すようにこれら金型に囲まれた空間内に充填された円柱形状である。いま仮に上パンチ 3 を駆動し、下パンチ 6 は静止しているものとし、上パンチ 3 の圧縮荷重を PD 、下パンチ 6 の反力である静止荷重を PS とすれば、

$$PS = PD - (2 \pi r h \times \text{摩擦係数} \times \text{内部応力}) \quad \cdots (1)$$

である。右辺のかっこ内が摩擦抵抗分である。

【0023】

圧縮完了後に下パンチ 6 を上昇させてワークを抜き出すには、上記の摩擦抵抗に打ち勝てばよいから、必要な力、すなわち抜き出し力 PE は、

$$PE = 2 \pi r h \times \text{摩擦係数} \times \text{内部応力} \quad \cdots (2)$$

である。

【0024】

抜き出し力は実測できる。したがって、摩擦係数がわかれば（2）式によって内部応力を推定できるので、抜き出し力は内部応力、すなわち圧粉体内部の密度均一性の指標と考えることができる。

【0025】

図 5 は、抜き出し時のパンチ移動距離と抜き出し力との関係を示すグラフの一例である。鋭く立ち上がった比例部分の最後のピーク値までが静摩擦に相当し、それにつづく低い部分が動摩擦で、動摩擦は静摩擦のおよそ半分である。

【0026】

一方、摩擦係数と、パンチの相対速度との関係は、指数関数となることが知られている。つまり、片対数グラフで表せば右下がりの直線であるが、通常のグラフで示すと図 6 のようになる。縦軸に接している値、すなわち速度 0 のときの値が静摩擦係数であり、右側の値が動摩擦係数に相当する。通常のプレス機ではパンチ速度は毎秒 $10 \sim 100\text{ mm}$ 程度であるが、衝撃プレスでは毎秒 1 m にも達する。したがって摩擦係数では衝撃プレスは通常のプレス機の数分の 1 である。

【0027】

また、本発明者らの実験によれば、摩擦係数は粉体の種類によって変わるが、同じ粉体であれば圧縮の前後では変わらないことがわかった。

【0028】

図 7 は粉体の種類を変えて、衝撃力を発生させないで行った通常の圧縮成形と、衝撃力を付加した圧縮成形との密度と抜き出し力との関係を示すグラフで、（a）は炭化タングステン（WC）造粒粉、（b）はアルミナ粉の場合である。

【0029】

炭化タングstenは $10\text{ }\mu\text{ m}$ 程度の微粉であるが、このままでは細かすぎて充填しにくいので、バインダを混合して $50\text{ }\mu\text{ m}$ 程度の大きさにする。これを造粒粉という。

【0030】

図 7 のグラフはいずれも破線が通常の圧縮成形、実線が衝撃を付加した圧縮成形である。グラフは右上がりであり、圧縮して密度が高くなると抜き出し力も上昇するわけであるが、同じ密度で比較すると、衝撃を付加することにより $25 \sim 45\%$ 程度抜き出し力が減少しており、密度が高くなるほどその効果は大きい。

【0031】

ところで、衝撃力は、単にこれを加えたのみで効果があるのではない。実験によれば、予め通常の方法で粉体を圧縮して所定の圧力（予圧）とした上で衝撃力を加えるのがよい。そうでないと折角の衝撃力が十分、粉体全体に伝わらず、表面だけを叩くことになってしまう。好ましい予圧の値は金型の寸法や粉体の種類にもよるが、一般に $4.9 \sim 14.7\text{ MPa}$ （ $50 \sim 150\text{ kg/cm}^2$ ）の範囲である。これよりも低いと内部の空隙が多すぎて衝撃力を加えても効果がなく、またこれよりも高すぎると内部の空隙を封じ込める結果となってしまう、好ましくない。

【0032】

10

20

30

40

50

衝撃力による圧縮の際のストロークも重要なファクターである。セラミックス等の粉体の平均粒径は $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度であるが、ストロークは少なくともこの2倍、すなわち $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上が必要である。これ以下の微小なストロークでは、通常の静圧による圧縮と変わらず、衝撃力の効果がない。一方、ストロークは大きいほど好ましい。

【0033】

この点から、衝撃力発生手段として好ましいのは磁歪素子、あるいは磁歪アクチュエータと呼ばれるものである。1本が長さ約 50 mm の棒状で、周囲に配置されたコイルを励磁すると瞬時に $200\text{ }\mu\text{m}$ の変形を生じる。これを2本直列に使用すると $400\text{ }\mu\text{m}$ という大きなストロークを容易に実現することができる。有効に作用したときの衝撃力は 98 MPa (1 ton/cm^2) 以上となる。

10

【0034】

これに対して、衝撃力発生手段としてPZTを使用する場合は、厚み 1 mm に対して変形量が $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 程度と小さいので、ストロークを大きくするための何らかの工夫が必要である。

【実施例1】

【0035】

続いて、本発明の粉体の圧縮成形方法および装置の第1の実施例を図面により説明する。

【0036】

図1はこの第1の実施例の圧縮成形装置を示す正面図、図2はその要部である金型回りを示す断面図で、各符号は先の図10において使用したもの、他、符号12は上下ラムが昇降するガイドバー、符号24は抜き出し力等を測定する圧力センサ、符号52は励磁することにより変形する磁歪アクチュエータである。なお、圧力センサ24を上パンチ3側に設けた例を図示してあるが、本発明では、圧力センサ24は下パンチ6側に設けてもよく、要は、測定すべき圧力に応じて設けてあればよい。

20

【0037】

この圧縮成形装置では、下パンチ6と下ラム5との間に磁歪アクチュエータ52が挿入されているが、磁歪アクチュエータを挿入するのは上パンチ3側でもよいし、上下両方に設けても何ら差し支えない。

【0038】

つづいて、この第1の実施例における圧縮成形方法を説明する。

30

【0039】

前記ボールねじ51を図示しないモータによって回転させることにより下パンチ6を上昇させてダイ4の中央に下パンチ6を底とするくぼみを作り、下パンチ6とダイ4とで形成されるこの空間内に粉体を表面高さまで充填する。ついでボールねじ21を図示しない他のモータで回転させることにより上パンチ3を下降させて所定圧力に到達するまで静圧で粉体を圧縮し、しかる後に磁歪アクチュエータ52を作動させて上下パンチ3、6で囲まれた粉体に衝撃力を加える。

【0040】

粉体が圧縮され、体積が減少するので、あらためて上パンチ3または下パンチ6を移動させて再度所定圧力に到達するまで静圧で圧縮し、その後に磁歪アクチュエータ52を作動させて衝撃力を加える。

40

【0041】

この操作を必要な回数、例えば10回ないし20回繰り返すのである。

【0042】

最後に下パンチ6を上昇させてワークWを抜き出す。抜き出されたワークWのスプリングバックも、静圧による圧縮のみの場合に比較して1/2以下である。

【0043】

全体が完全に均一に圧縮されると、セラミックス粉の場合なら最初の充填時の1/2、炭化タングステン造粒粉の場合は1/3に体積が減少するが、内部の空隙がなくなり、後

50

工程で焼成処理を行っても収縮に伴う割れ、欠けなどの欠陥を生じることがない、良質の中間製品が得られる。

【実施例 2】

【0044】

つぎに本発明の第 2 の実施例における粉体の圧縮成形方法および装置を図面により説明する。

【0045】

粉体を衝撃発生手段により瞬間的に圧縮すると、衝撃発生手段を設けた側のパンチは電気信号によって直ちに元の位置に戻るが、圧縮された粉体はスプリングバックによって若干元の体積に戻ろうとする。図 8 (a) はこの状況を時系列で左から右に変化させた模式図である。

10

【0046】

はじめに上パンチ 3 が下降して、粉体を所定の圧力まで静圧で圧縮する。ついで下パンチ 6 に設けた衝撃発生手段により粉体を圧縮する。次の瞬間、1 万分の 1 秒程度の時間で下パンチ 6 は元の位置に復帰するが、粉体は圧縮されているので隙間が生じる。粉体のスプリングバックはこれよりも遅れて徐々に進行し、隙間が減少するが、このときの粉体の移動は壁面に対して静止摩擦であるから抵抗が大きく、時間がかかるばかりでなく密度の不均一が発生する。最終的に粉体が圧縮された分の隙間が残る。したがって下パンチ 6 を上昇させてこの隙間をなくすところまでが 1 サイクルであり、その後再び左端の状態に戻って 2 回目の衝撃力が加えられる。

20

【0047】

以上の説明で明らかのように、1 回の圧縮で生じた隙間をなくすためパンチを移動させるという操作が必要であり、これを繰り返すに際してその分だけ時間がかかる。

【0048】

この第 2 の実施例では、この問題点を解消するため上ラムの駆動機構と上ラムとの間に上下方向の隙間を設けるようにした。図 9 はこの状況を説明する上ラムの駆動機構下端付近の部分断面図で、符号 2 は上ラム、符号 2 1 は上ラムを駆動するボールねじ、符号 2 2 は上ラム 2 がボールねじ 2 1 に係止される係止部である。

【0049】

このような係止構造は、ボールねじ 2 1 によって上ラム 2 を上昇させるためのものであるが、この実施例ではその係止部分に上下方向に寸法 g だけの隙間を設けてある。

30

【0050】

図 8 (b) によりその効果を説明する。これは先の図 8 (a) と同様、時系列で左から右に変化させた模式図である。

【0051】

はじめに上パンチ 3 が下降して、粉体を所定の圧力まで静圧で圧縮するのは図 8 (a) に示す場合と同じである。つぎにボールねじ 2 1 を逆転して上ラムの圧下をゆるめる。すなわち図 9 の隙間 g だけボールねじ 2 1 を上昇させると、上ラム 2 は自重でボールねじ 2 1 にぶら下がった状態となる。実際は粉体を静圧で圧縮してあるので、上パンチ 3 はそのまま粉体の上に載っているが、上ラム 2 の自重が不十分であれば上ラム 2 にウェイトを追加してもよい。この状態で衝撃力を加える。その場合、上パンチ 3 の重量が充分大きいので、粉体 W および上パンチ 3 が浮き上がることはなく、粉体 W に充分、圧縮力が作用する。図 8 (a) に示す場合と同様、下パンチ 6 は瞬間で元の位置に復帰して一瞬、隙間が発生するが、粉体の上に載った状態にある上パンチ 3 が自重により落下して、粉体のスプリングバックが発生するのと上パンチ 3 の下降とが同時に起こり、隙間は残らない。しかも上パンチ 3 の下降によって粉体の移動が動摩擦の状態で行われるため抵抗が少ないうえ、上下パンチ 3, 6 の荷重差もほとんどなく、図 8 (a) に示す場合のような下パンチ 3 を移動させる操作が不要であるからサイクルタイムが短縮され、生産性が向上する。

40

【0052】

以上の説明で明らかのように、ボールねじ 2 1 との係止部に設ける隙間 g は衝撃力によ

50

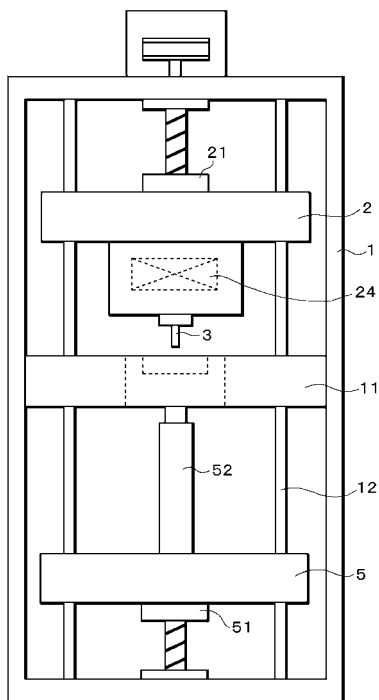
って生じる隙間に見合うものであり、例えば0.2mm程度が望ましい。

【符号の説明】

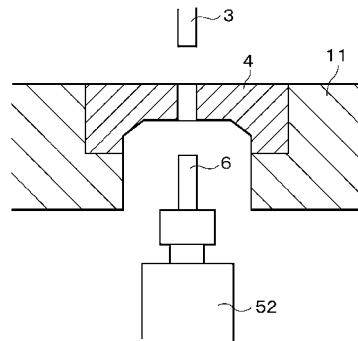
【0053】

1…フレーム、 2…上ラム、 3…上パンチ、 4…ダイ、 5…下ラム、 6…下パンチ、 11…中間フレーム、 12…ガイドバー、 21, 51…ボールねじ、 22…係止部、 23, 53…積層形圧電素子、 52…磁歪アクチュエータ、 24…圧力センサ、 W…ワーク。

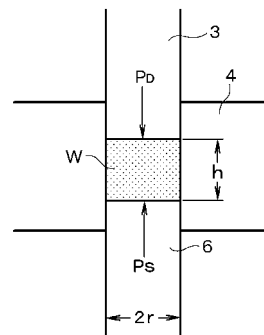
【図1】



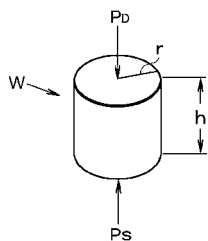
【図2】



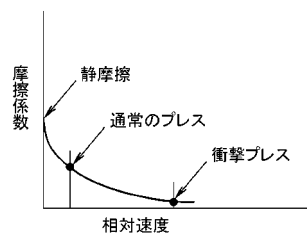
【図3】



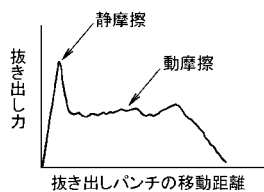
【図 4】



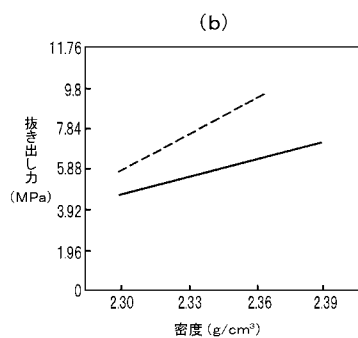
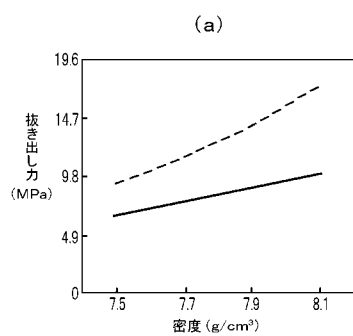
【図 6】



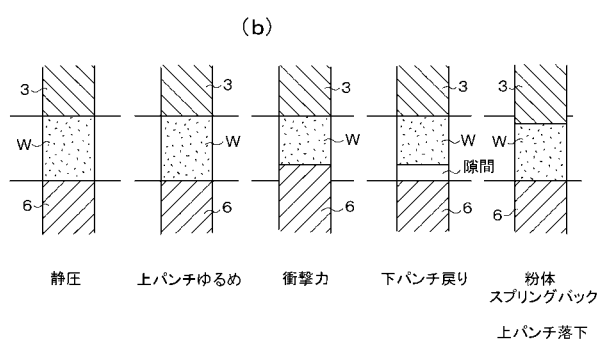
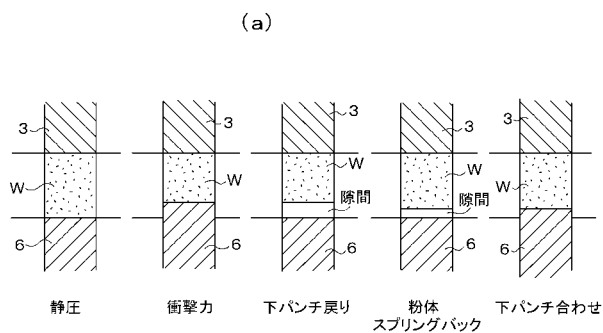
【図 5】



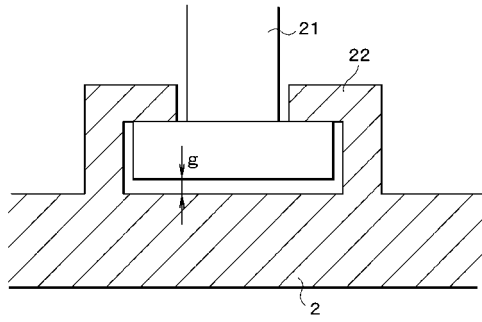
【図 7】



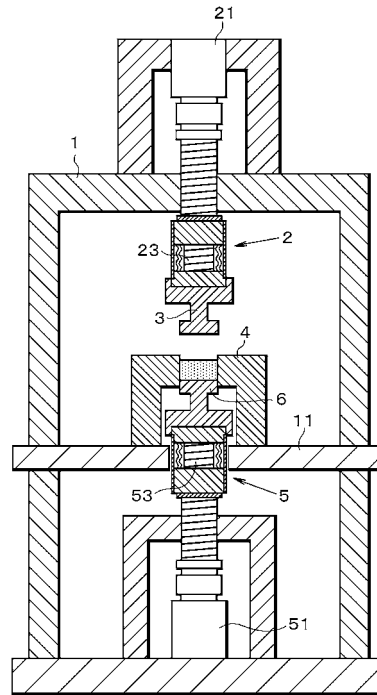
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-057496 (JP, A)
特開2004-174596 (JP, A)
特開2000-197996 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B30B 11/02