(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3873357号

(P3873357)

(45)発行日　平成19年1月24日(2007.1.24)　(24)登録日　平成18年11月2日(2006.11.2)

(51)Int.Cl.		F I		
B22F 3/02	(2006.01)	B22F	3/02	G
B22F 3/00	(2006.01)	B22F	3/00	C
B30B 11/00	(2006.01)	B30B	11/00	S
B30B 15/34	(2006.01)	B30B	15/34	Z
H01F 41/02	(2006.01)	H01F	41/02	G

請求項の数 10　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平9-65162
(22)出願日　平成9年3月18日(1997.3.18)
(65)公開番号　特開平10-259403
(43)公開日　平成10年9月29日(1998.9.29)
審査請求日　平成14年10月10日(2002.10.10)

(73)特許権者　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(74)代理人　100095728
弁理士　上柳　雅誉
(74)代理人　100107261
弁理士　須澤　修
(72)発明者　井熊　健
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
(72)発明者　篠原　孝友
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】圧縮成形装置および圧縮成形方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

圧縮成形用の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを有し、前記工具が、前記金型に対し相対的に移動し得るよう構成された圧縮成形装置であって、

前記金型は、成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有し、かつ、前記第１の部分と前記第２の部分とが、前記工具と前記金型との相対的移動方向に沿って配置されていることを特徴とする圧縮成形装置。

【請求項２】

複数の圧縮成形用の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを有し、前記工具が、前記金型に対し相対的に移動し得るよう構成された圧縮成形装置であって、

前記各金型は、それぞれ、成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有し、かつ、前記第１の部分と前記第２の部分とが、前記工具と前記金型との相対的移動方向に沿って配置されており、前記各金型のそれぞれが、成形材料を金型内に充填する給材位置と、前記工具により圧縮成形を行う成形位置とを移動し得るよう構成されていることを特徴とする圧縮成形装置。

【請求項３】

前記工具の一方は前記成形位置に設置され、他方は前記金型とともに移動する請求２に記載の圧縮成形装置。

【請求項４】
前記第１の部分と前記第２の部分とが断熱部を介して配置されている請求項１ないし３のいずれかに記載の圧縮成形装置。
【請求項５】
成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
成形材料を前記第１の部分で加熱しつつ圧縮した後、前記第２の部分へ相対的に移動して冷却することを特徴とする圧縮成形方法。
【請求項６】
成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
成形材料を前記第１の部分で加熱した後、前記第２の部分へ相対的に移動して圧縮成形するとともに冷却することを特徴とする圧縮成形方法。
【請求項７】
前記冷却は、前記工具による加圧状態を維持したまま行う請求項５または６に記載の圧縮成形方法。
【請求項８】
前記第１の部分と前記第２の部分とでの材料温度の差が２０℃以上である請求項５ないし７のいずれかに記載の圧縮成形方法。
【請求項９】
成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する複数の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
給材位置にて成形材料を所定の金型内に充填する第１の工程と、該金型を成形位置へ移動し、圧縮成形を行う第２の工程とを有し、成形材料を前記第１の部分で加熱しつつ圧縮した後、前記第２の部分へ相対的に移動して冷却することを特徴とする圧縮成形方法。
【請求項１０】
成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する複数の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
給材位置にて成形材料を所定の金型内に充填する第１の工程と、該金型を成形位置へ移動し、圧縮成形を行う第２の工程とを有し、成形材料を前記第１の部分で加熱した後、前記第２の部分へ相対的に移動して圧縮成形するとともに冷却することを特徴とする圧縮成形方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、圧縮成形装置および圧縮成形方法、特に、ボンド磁石を圧縮成形により製造するための圧縮成形装置および圧縮成形方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
ボンド磁石は、磁石粉末と結合樹脂（有機バインダー）との混合物（コンパウンド）を所望の磁石形状に賦形して製造されるものである。この成形方法には、大別して、圧縮成形法、射出成形法および押出成形法がある。
【０００３】
このうち、圧縮成形法は、磁石粉末と結合樹脂（有機バインダー）との混合物または混練

物であるコンパウンドをプレス金型中に充填し、これを圧縮成形して成形体を得、その後、結合樹脂が熱硬化性樹脂である場合にはそれを硬化させて磁石とする方法である。この方法は、他の方法に比べ、結合樹脂の量が少なくても成形が可能であるため、得られた磁石中の樹脂量が少なくなり、磁気特性の向上にとって有利である。

【０００４】

しかしながら、このような圧縮成形法による磁石の製造には、次のような欠点がある。

すなわち、製造された希土類ボンド磁石は、成形体の密度は高いものの空孔率が高くなる傾向を示すため、機械的強度が弱く、耐食性に劣る。そのため、特に圧縮成形法においては、成形圧力を７０kgf/mm^2 以上と高圧にする高圧成形を行っていたが、高圧成形は、成形機への負担が大きい。

【０００５】

そこで、成形圧力を下げるために、温間成形、すなわち、金型温度を結合樹脂の溶融温度領域で成形する方法も提案されている。この場合、金型の内部または外部にヒータを配設し、該ヒータを作動させて金型を所定の温度に加熱した状態で成形材料を圧縮成形し、その後、成形体を金型内に残したままヒータをＯＦＦにして成形体を金型毎自然冷却（放冷）もしくは、水や冷風等により強制冷却するか、または成形体を金型から除材して自然冷却（放冷）する方法が採られる。

【０００６】

また、結合樹脂が熱硬化性樹脂の場合には圧縮成形後、金型を更に硬化温度まで加熱して金型内で樹脂の形状を維持できる温度まで硬化させる方法が採られる。

【０００７】

しかしながら、このような方法では、製造工程が複雑であり、また、成形体を冷却するのに長時間を要するので、生産性が低い。特に、成形体を金型から除材して冷却する場合には、成形体の形状を保持するために、成形体の温度がある程度下がった状態まで待って除材しなければならず、そのために、成形完了までに要する時間が長くなっている。

【０００８】

また、成形体の冷却温度が不適当であると、成形体の変形とともに樹脂成分による磁石粉末の接着強度や充填性が低下し、成形体の密度の低下（空孔の増加）や成形体の機械的強度の低下が生じるため、良質かつ安定した品質のボンド磁石を製造するためには、冷却条件の管理を厳格に行わねばならない。

【０００９】

また、結合樹脂が熱硬化性樹脂の場合には、成形後金型内でまたは金型から除材後、さらに、成形体を加熱して未硬化の結合樹脂を硬化させる工程（キュアリング）が必要である。そのため、製造工程が増加し、ボンド磁石の製造に長時間を要する。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、高品質の成形体を容易かつ短時間で得ることができる圧縮成形装置および圧縮成形方法を提供することにある。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

このような目的は、下記（１）～（23）の本発明により達成される。

【００１３】

（１） 圧縮成形用の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを有し、前記工具が、前記金型に対し相対的に移動し得るよう構成された圧縮成形装置であって、

前記金型は、成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有し、かつ、前記第１の部分と前記第２の部分とが、前記工具と前記金型との相対的移動方向に沿って配置されていることを特徴とする圧縮成形装置。

【００１６】

（２） 複数の圧縮成形用の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向

から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを有し、前記工具が、前記金型に対し相対的に移動し得るよう構成された圧縮成形装置であって、
前記各金型は、それぞれ、成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有し、かつ、前記第１の部分と前記第２の部分とが、前記工具と前記金型との相対的移動方向に沿って配置されており、前記各金型のそれぞれが、成形材料を金型内に充填する給材位置と、前記工具により圧縮成形を行う成形位置とを移動し得るよう構成されていることを特徴とする圧縮成形装置。

【００１７】

（３） 前記工具の一方は前記成形位置に設置され、他方は前記金型とともに移動する上記(２)に記載の圧縮成形装置。

【００１８】

（４） 前記第１の部分と前記第２の部分とが断熱部を介して配置されている上記（１）ないし（３）のいずれかに記載の圧縮成形装置。

【００２１】

（５） 成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
成形材料を前記第１の部分で加熱しつつ圧縮した後、前記第２の部分へ相対的に移動して冷却することを特徴とする圧縮成形方法。

【００２２】

（６） 成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
成形材料を前記第１の部分で加熱した後、前記第２の部分へ相対的に移動して圧縮成形するとともに冷却することを特徴とする圧縮成形方法。

【００２３】

（７） 前記冷却は、前記工具による加圧状態を維持したまま行う上記(５)または（６）に記載の圧縮成形方法。

【００２４】

（８） 前記第１の部分と前記第２の部分とでの材料温度の差が２０℃以上である上記（５）ないし（７）のいずれかに記載の圧縮成形方法。

【００２６】

（９） 成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する複数の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
給材位置にて成形材料を所定の金型内に充填する第１の工程と、該金型を成形位置へ移動し、圧縮成形を行う第２の工程とを有し、成形材料を前記第１の部分で加熱しつつ圧縮した後、前記第２の部分へ相対的に移動して冷却することを特徴とする圧縮成形方法。

【００２７】

（１０） 成形材料を加熱する第１の部分と、加熱された成形材料を冷却する第２の部分とを有する複数の金型と、前記金型内に充填された成形材料を互いに反対方向から加圧する上パンチと下パンチとを備えた工具とを用いて、成形材料を圧縮成形する圧縮成形方法であって、
給材位置にて成形材料を所定の金型内に充填する第１の工程と、該金型を成形位置へ移動し、圧縮成形を行う第２の工程とを有し、成形材料を前記第１の部分で加熱した後、前記第２の部分へ相対的に移動して圧縮成形するとともに冷却することを特徴とする圧縮成形方法。

【００３６】
図１～図５は、それぞれ、本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。なお、図１～図５中の上下方向を「軸方向」として説明する。
【００３７】
これらの図に示す圧縮成形装置１は、ボンド磁石を圧縮成形するための圧縮成形装置であって、圧縮成形用の金型２と、該金型２内に充填された成形材料１５を圧縮する工具（パンチ）とを有している。
【００３８】
金型２は、軸方向に沿って３つの部分から構成されている。すなわち、金型２は、第１の温度を保持し得る第１の部分３と、前記第１の温度と異なる第２の温度を保持し得る第２の部分５と、第１の部分３と第２の部分５との間に位置する断熱部４とで構成されている。本実施例では、第１の部分３は、成形材料１５を加熱する加熱部であり、第２の部分５は、加熱された成形材料１５を冷却する冷却部である。
【００３９】
金型２の第１の部分３、断熱部４および第２の部分５には、これらを貫通して成形空間２１が形成されている。この成形空間２１は、成形すべき成形体の形状に対応した形状をなしており、本実施例では、円柱状（中実）をなしている。ただし、成形空間２１の形状（成形体の形状）は、これに限定されず、例えば、横断面が半円形、楕円形、三角形、四角形、六角形等の多角形等のもの、円筒状（中空）、平板状、湾曲板状等、いかなるものでもよい。
【００４０】
第１の部分３には、それを加熱するためのヒータ９が設置されている。図示の構成では、棒状のヒータが用いられているが、ヒータ９の構成は、これに限定されない。このヒータ９の作動により、第１の部分３は、後述する所定の温度に加熱される。
【００４１】
また、第２の部分５には、それを冷却するために、冷媒管１０が埋設されている。この冷媒管１０には、図示しない冷媒供給手段により、例えば、水、空気等の冷媒が供給され、流通する。この冷媒の流通により、第２の部分５は、後述する所定の温度に設定（冷却）される。
【００４２】
断熱部４は、第１の部分３、第２の部分５間での熱の伝達を遮断する機能を有するもので、例えば、セラミックス、樹脂性シート、エアギャップまたはこれらの組み合せ等で構成されている。このような断熱部４を設けることにより、熱損失を低減し、効率の良い加熱および冷却を行うことができる。
【００４３】
なお、図示と異なり、金型２の外周部にヒータ等の加熱冶具や冷媒管等の冷却冶具を設置した構成であってもよい。
【００４４】
工具（パンチ）６は、成形材料１５を互いに反対方向から加圧する上パンチ７と、下パンチ８とで構成されている。上パンチ７および下パンチ８は、それぞれ、金型２に対しその成形空間２１内で、軸方向に相対的に移動し得るように構成されている。本実施例では、軸方向の移動が固定されている金型２に対し、上パンチ７および下パンチ８が、それぞれ、図示しない駆動機構により軸方向に移動するよう構成されている。
【００４５】
上パンチ７および下パンチ８の外径は、金型２の内径（＝成形空間２１の直径）とほぼ等しいか、またはそれより若干小さな値に設定されている。
【００４６】
また、上パンチ７および下パンチ８のそれぞれの端部には、成形材料１５を加圧する加圧面７１、８１が形成されている。この加圧面７１、８１と、成形空間２１の内周面とで、成形体の形状（本実施例では円柱形状）が規制される。

【００４７】
なお、加圧面７１、８１は平坦な面、所望に湾曲した面、突起や窪みを有する面、溝等が存在する面のいずれでも良い。
【００４８】
本実施例における成形材料１５は、ボンド磁石製造用の組成物（コンパウンド）である。この組成物は、磁石粉末と結合樹脂（有機バインダー）との混合物または混練物あるいはそれを造粒または整粒して得た粒状物である。
【００４９】
磁石粉末としては、例えば、Ｂａフェライト、Ｓｒフェライトのようなフェライトや、Ｓｍ－Ｃｏ系、Ｒ－ＴＭ－Ｂ系（Ｒは希土類元素、ＴＭは遷移金属）、Ｓｍ－Ｆｅ－Ｎ系等の各種希土類磁石の粉末が挙げられる。磁石粉末の平均粒径は、０．５～１００μｍ程度が好ましく、１～５０μｍ程度がより好ましい。
【００５０】
結合樹脂としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれでもよい。熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド樹脂、芳香族ポリエステル系樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、熱可塑性ポリイミド樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、エチレン－酢酸ビニル共重合体等のポリオレフィン樹脂が挙げられ、熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂が挙げられる。
【００５１】
以上のような結合樹脂の組成物中での含有量は、特に限定されないが、１～１０wt%程度であるのが好ましく、１～８wt%程度であるのがより好ましく、１．５～５wt%程度であるのがさらに好ましい。結合樹脂の含有量が多過ぎると、磁気特性（特に最大磁気エネルギー積）の向上が図れない。また、結合樹脂の含有量が少な過ぎると、成形性が低下する。
【００５２】
また、組成物中には、酸化防止剤が含まれていてもよい。この酸化防止剤としては、磁石粉末等の酸化を防止または抑制し得るものであればいかなるものでもよく、例えば、アミン系化合物、アミノ酸系化合物、ニトロカルボン酸類、ヒドラジン化合物、シアン化合物、硫化物等の金属イオン、特にＦｅ成分に対しキレート化合物を生成するキレート化剤が好適に使用される。
【００５３】
さらに、磁石粉末と樹脂成分の混練時に分散しやすくさせるためや混練物の成形性の改良のために高級脂肪酸や脂肪酸塩等の可塑剤、シリコンオイルやワックス等の潤滑剤、シリカ粉末等の固形潤滑剤、コポリマー等の成形助剤等が含まれていてもよい。
【００５４】
以上のような磁石粉末と、結合樹脂と、好ましくは酸化防止剤とを混練する場合には、例えば２軸押出混練機、ロール式混練機、ニーダー等の混練機を用いて行われる。
【００５５】
この混練は、好ましくは用いる結合樹脂の熱変形温度（ASTM D648 による方法で測定）以上の温度、より好ましくは用いる結合樹脂の融点以上の温度で行われる。
【００５６】
また、混練物を造粒または整粒し、所定の粒径の粒状物とすることもできる。造粒または整粒の方法は、特に限定されないが、混練物を粉砕することによりなされるのが好ましい。この粉砕は、例えば、ボールミル、振動ミル、破砕機、ジェットミル、ピンミル等を用いて行われる。
【００５７】
粒状物の平均粒径は、特に限定されないが、１０μｍ～３mm程度であるのが好ましく、２０μｍ～２mm程度であるのがより好ましく、５０μｍ～１．５mm程度であるのがさらに好ましい。粒状物の平均粒径が３mm以上では、成形されるボンド磁石の寸法が小さい場合に、すなわち金型２の成形空間２１の寸法が小さい場合に、粒状物の金型２への充填量を微

妙に調整することが困難となり、定量性が劣るので、ボンド磁石の寸法精度の向上が図れない。一方、平均粒径１０μｍ未満の粒状物は、製造（造粒）が困難かまたは手間がかかる場合があり、また、平均粒径が小さ過ぎると、得られたボンド磁石の空孔率が上昇する傾向を示す。

【００５８】

このような粒状物は、粒径にある程度のバラツキがあるものでもよいが、粒径が均一なものが好ましい。これにより、金型２への充填ばらつきが低減し、低空孔率で寸法精度の高いボンド磁石が得られる。

【００５９】

次に、圧縮成形装置１を用いた第１の圧縮成形方法について、図１～図５を参照しつつ説明する。以下、金型２へ充填される成形材料１５は、前記粒状物を代表例として説明する。

【００６０】

＜Ａ－１＞　図１に示すように、上パンチ７を上昇させ、成形空間２１から離脱させておく。また、下パンチ８は、その加圧面８１が第１の部分３に位置するように移動しておく。

【００６１】

＜Ａ－２＞　図２に示すように、成形空間２１内に所定量の成形材料１５を充填（給材）する。このとき、成形材料１５の秤量、充填は、すり切り法により、成形材料１５の上面が成形空間２１の上端開口と一致するように（定容積で）行ってもよいが、定量フィーダ（図示せず）を用いて成形材料１５を定量し、充填するのが好ましい。これにより、成形材料１５の充填量の精度が高まり、得られたボンド磁石の寸法精度が向上する。

【００６２】

前記定量フィーダとしては、例えば、電子天秤やロードセルを備えたものが挙げられ、例えば、特開昭６２－２１１５１８号公報、特開昭６２－２１１５１９号公報、特開昭６２－２３１１２１号公報、特開昭６２－２３５１１５号公報、特開昭６３－４７２１６号公報、特開昭６３－９８５２３号公報、特開昭６３－２５２８１６号公報、特開平３－８８６１４号公報、特開平７－２９１２０３号公報に記載された装置を用いることができる。

【００６３】

＜Ａ－３＞　図３に示すように、上パンチ７を下降させ、その加圧面７１と下パンチ８の加圧面８１との間で、成形材料１５を圧縮成形する。

【００６４】

このとき、ヒータ９の作動により、金型２の第１の部分３を所望の温度（第１の温度）に加熱しておく。これにより、成形材料１５は、温間成形がなされる。この第１の温度は、例えば次のように設定される。

【００６５】

充填されている成形材料１５が結合樹脂として熱可塑性樹脂を含む場合、その熱可塑性樹脂が軟化または溶融状態となるような温度とされる。

【００６６】

より詳しくは、用いる熱可塑性樹脂の熱変形温度以上の温度とされるのが好ましく、さらには、用いる熱可塑性樹脂の融点以上の温度とされるのが好ましく、融点から（融点＋２００）℃程度までの範囲の所定の温度とされるのがより好ましく、融点から（融点＋１５０）℃程度までの範囲の所定の温度とされるのがさらに好ましい。

【００６７】

例えば、用いる熱可塑性樹脂がポリアミド樹脂（融点：１７８℃）である場合、成形時における特に好ましい材料温度（第１の温度）は、１８０～３５０℃程度とされる。

【００６８】

また、充填されている成形材料１５が結合樹脂として熱硬化性樹脂を含む場合、その熱硬化性樹脂が軟化または溶融状態となり、かつ成形時間内で硬化が完了しないような温度とされる。

【００６９】
より詳しくは、用いる熱硬化性樹脂の溶融温度～（溶融温度＋２００）℃が好ましく、溶融温度～（溶融温度＋１５０）℃がより好ましい。
【００７０】
例えば、用いる熱硬化性樹脂が溶融温度６０℃、硬化条件が２００℃で１時間であるエポキシ樹脂の場合、成形時における特に好ましい材料温度（第１の温度）は、６０～２６０℃程度とされる。
【００７１】
以上のような第１の温度で成形することにより、金型２内（第１の部分３内）での成形材料１５の流動性が向上し、円柱状、ブロック状のものは勿論のこと、円筒状（リング状）、平板状、湾曲板状等の薄肉部を有する形状のもの、小型のもの、長尺なものでも、低空孔率で、機械的強度が高く、良好かつ安定した形状、寸法のものを量産することができる。
【００７２】
なお、本工程の圧縮成形における成形圧力は、好ましくは６０kgf/mm^2 以下、より好ましくは２～５０kgf/mm^2 程度、さらに好ましくは５～４０kgf/mm^2 程度とされる。本発明では、前述したような第１の温度で成形を行うため、このような比較的低い成形圧力でも、前述したような長所を持つボンド磁石を成形（賦形）することができる。
【００７３】
また、圧縮成形は、磁場中（配向磁場が例えば５～２０k0e 、配向方向は、縦、横、ラジアル方向のいずれも可）または無磁場中のいずれで行ってもよい。これらは、磁石粉末の組成、特性等の条件に応じて適宜選択される。
【００７４】
＜Ａ－４＞　図４に示すように、上パンチ７および下パンチ８を下降（移動）させ、成形材料（成形体）１５が第２の部分５に位置するようにする。
【００７５】
このとき、冷媒管１０を流れる冷媒により、第２の部分５を前記第１の温度より低い所望の温度（第２の温度）に冷却しておく。これにより、成形材料１５は、冷却される。
【００７６】
また、上パンチ７および下パンチ８の移動は、それらによる成形材料１５の加圧状態を維持したまま、すなわち、成形材料１５に付与される成形圧力を前記範囲内に維持したまま行われるのが好ましい。以下、これを「加圧下冷却」と言う。
【００７７】
このような加圧下冷却を行うことにより、成形体は、圧縮成形時の低空孔率な状態がそのまま維持されるので、低空孔率で寸法精度が高く、磁気特性に優れるボンド磁石が得られる。
【００７８】
第２の温度（除圧温度）は、得られたボンド磁石の空孔率の低減および寸法精度の向上にとって、できるだけ低い温度であるのが好ましい。
【００７９】
すなわち、成形材料１５が結合樹脂として熱可塑性樹脂を含む場合、第２の温度は、用いる熱可塑性樹脂の融点またはそれ以下の温度であるのが好ましく、用いる熱可塑性樹脂の熱変形温度（軟化点）またはそれ以下の温度であるのがより好ましい。
【００８０】
また、成形材料１５が結合樹脂として熱硬化性樹脂を含み、後工程で硬化処理を行う場合、第２の温度は、熱硬化性樹脂の溶融温度またはそれ以下の温度であるのが好ましい。
【００８１】
また、前記第１の温度と第２の温度との差は、２０℃以上であるのが好ましく、５０℃以上であるのがより好ましい。この温度差が大きい程、得られたボンド磁石の空孔率の低減および寸法精度の向上の効果が大きい。

【００８２】
なお、磁石粉末の含有量が比較的多い場合には、第２の温度をより高く設定しても低空孔率のボンド磁石を得易い。従って、例えば、成形材料１５中の磁石粉末の含有量が例えば９４wt%以上の場合には、第２の温度を、用いる結合樹脂（熱可塑性樹脂）の融点付近の温度または融点以上の温度（～融点＋１０℃程度）としても、空孔率を低くすることができる。
【００８３】
また、加圧下冷却は、圧縮成形時の加圧を一旦解除または緩和した後、行ってもよいが、圧縮成形時の加圧を解除することなく連続して行われるのが、工程の簡素化および寸法精度の向上等のために好ましい。
【００８４】
また、加圧下冷却の際の圧力は、一定でも変化してもよいが、少なくとも用いる結合樹脂の融点（特に熱変形温度）までは一定に保持されているのが好ましい。加圧下冷却の際の圧力が変化する場合、例えば、圧力が連続的または段階的に増加または減少するようなパターンを含んでいてもよい。
【００８５】
また、加圧下冷却の際の圧力（該圧力が経時変化する場合にはその平均圧力）は、圧縮成形時の成形圧力と同等またはそれ以下であるのが好ましい。
【００８６】
なお、本発明では、加圧下冷却の後（除圧後）に、上パンチ７を上昇させ、非加圧下（常圧下）で冷却を続行してもよいことは、言うまでもない。また、非加圧下冷却を行った後、再度加圧下冷却を行ってもよい。
【００８７】
このような冷却、特に加圧下冷却の際の冷却速度（冷却速度が経時変化する場合にはその平均値）は、特に限定されないが、０．５～１００℃／秒であるのが好ましく、１～８０℃／秒であるのがより好ましい。冷却速度が速過ぎると、冷却に伴う急速な収縮により、成形体内部に微細なクラックが発生し、機械的強度の低下を招くおそれがあり、また、冷却により内部応力が増大し、金型２からの除材時に応力緩和によるひずみや変形が生じて、寸法精度が低下することがある。一方、冷却速度が遅過ぎると、成形のサイクルタイムが増加し、生産性が低下する。
【００８８】
＜Ａ－５＞　以上のようにして得られたボンド磁石成形体を金型２から取り出す（除材）。すなわち、図５に示すように、上パンチ７、磁石成形体１６、下パンチ８をそのまま下降させて、成形体１６を成形空間２１より金型２の下方へ排出させる。このとき、下パンチ８は、成形体１６を加圧しないようにするのが好ましい。
【００８９】
金型２内から成形体１６が出たところで、上パンチ７を上昇させて成形体１６から離脱させる。下パンチ８の加圧面８１上にある成形体１６を横方向（図中の矢印方向）に押圧して移動させることにより、成形体１６の除材がなされる。
【００９０】
この除材の後、下パンチ８を上昇させ、元の位置（図１に示す位置）に戻す。
【００９１】
このように、第１の部分３と第２の部分５のうちの温度が低い方より除材することにより、成形体１６が再度加熱されて変形することがなく、寸法精度の向上に寄与する。
【００９２】
なお、成形体１６の除材は、下パンチ８を金型２の図中上方へ移動することにより行ってもよいことは言うまでもない。
【００９３】
＜Ａ－６＞　結合樹脂として熱硬化性樹脂を用いた場合には、除材された成形体１６は、未硬化の熱硬化性樹脂を硬化させる処理（キュアリング）に供される。この処理は、成形

体１６を熱硬化性樹脂が硬化し得る所定の温度および時間で熱処理することによりなされる。

【００９４】

次に、圧縮成形装置１を用いた第２の圧縮成形方法について、前記第１の圧縮成形方法との相違点を中心に説明する。

【００９５】

＜Ａ’－１＞　前記＜Ａ－１＞と同様。

【００９６】

＜Ａ’－２＞　前記＜Ａ－１＞と同様に、成形空間２１内に所定量の成形材料１５を充填（給材）する。このとき、ヒータ９の作動により、金型２の第１の部分３を所望の温度（第１の温度）に加熱しておく。これにより、充填された成形材料１５は、所望の温度（第１の温度）に加熱される。

【００９７】

＜Ａ’－３＞　下パンチ８を下降（移動）させ、加熱された未圧縮状態の成形材料１５を第２の部分５に位置させる。

【００９８】

次いで、前記＜Ａ－３＞と同様に、上パンチ７を下降させ、成形材料１５を磁場中または無磁場中で圧縮成形する。成形材料１５は、前工程で既に第１の温度に加熱されており、よって温間成形がなされる。

【００９９】

＜Ａ’－４＞　前記圧縮成形と前後して、冷媒管１０に冷媒を供給し、第２の部分５を冷却する。これにより、成形材料１５は、所望の温度（第２の温度）に冷却される。

【０１００】

このとき、冷却は、加圧下冷却、すなわち上パンチ７および下パンチ８で成形材料１５の加圧状態を維持したまま冷却されるのが好ましい。

【０１０１】

＜Ａ’－５＞　前記＜Ａ－５＞と同様。

【０１０２】

＜Ａ’－６＞　前記＜Ａ－６＞と同様。

【０１０３】

以上のような本発明の装置および方法によれば、成形材料１５を温度の異なる第１の部分３、第２の部分５間で移動させることにより、成形材料１５の温間成形と冷却とを同一の金型２内で連続して行うことができるので、成形が容易であり、成形のサイクルタイムが短く、よって、生産性が大幅に向上する。

【０１０４】

図６は、本発明の圧縮成形装置の他の実施例を示す平面図、図７～図１３は、それぞれ、図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。なお、図７～図１３中の上下方向を「軸方向」として説明する。

【０１０５】

これらの図に示す圧縮成形装置１１は、ボンド磁石を圧縮成形するための圧縮成形装置である。以下、圧縮成形装置１１の構成を、前記圧縮成形装置１との相違点を中心に説明する。

【０１０６】

圧縮成形装置１１は、円盤状の支持台１２と、該支持台１２上に設置された複数（本実施例では３個）の金型２ａ、２ｂ、２ｃと、該各金型２ａ、２ｂ、２ｃ内に充填された成形材料１５を圧縮する工具（パンチ）６とを有している。

【０１０７】

支持台１２は、回転軸１３を中心に例えば図６中反時計方向に回転するよう構成されている。

【０１０８】

各金型２ａ、２ｂ、２ｃは、それぞれ、前記金型２と同様の構成のものである。すなわち、金型２ａ、２ｂ、２ｃは、それぞれ、第１の部分３と第２の部分５とが断熱部４を介して軸方向に配置されており、第１の部分３は、ヒータ９により第１の温度に加熱され、第２の部分５は、冷媒管１０内を流れる冷媒により第２の温度に冷却されるようになっている。

【０１０９】

また、金型２ａ、２ｂ、２ｃのうちの隣接する金型同士は、それぞれ、連結部材１４により連結され、金型２ａ、２ｂ、２ｃの位置関係が固定されている。

【０１１０】

なお、金型２ａ～２ｃの位置関係が固定されるならば、このような連結部材１４は、必ずしも必要ではない。

【０１１１】

工具（パンチ）６は、１つの上パンチ７と、各金型２ａ、２ｂ、２ｃの成形空間２１内にそれぞれ挿入された３つの下パンチ８ａ、８ｂ、８ｃとで構成されている。下パンチ８ａ、８ｂ、８ｃは、それぞれ、前記下パンチ８と同様のものである。

【０１１２】

上パンチ７は、その中心軸が、支持台１２に搭載された金型２ａ、２ｂ、２ｃが回転軸１３を中心に回転したときに生じる成形空間２１の中心軸の軌跡上に位置するような位置に設置されている。この場合、上パンチ７は、軸方向への移動のみ可能である。

【０１１３】

図６～図１０では、上パンチ７の真下に金型２ｂの成形空間２１が位置した状態が示され、図１１～図１３では、それより支持台１２が図６中反時計方向に１２０°回転し、上パンチ７の真下に金型２ａの成形空間２１が位置した状態が示されている。

【０１１４】

図６～図１０における金型２ａの位置は、その金型の成形空間２１への成形材料１５の充填を行う給材位置１７であり、同図における金型２ｂの位置は、圧縮成形を行う成形位置１８である。また、同図における金型２ｃの位置は、圧縮成形された成形体１６の除材を行う除材位置１９である。各金型２ａ、２ｂ、２ｃは、それぞれ、支持台１２の図６中反時計方向の回転により、給材位置１７、成形位置１８および除材位置１９へ順次移動することができる。

【０１１５】

なお、圧縮成形装置１１において、金型の設置数は、２個または４個以上であってもよい。また、本実施例では、各金型が回転して移動する構成としたが、例えばコンベア等の搬送装置により直線的に移動するような構成であってもよい。

【０１１６】

次に、圧縮成形装置１１を用いた第３の圧縮成形方法について、図６～図１３を参照しつつ説明する。

【０１１７】

＜Ｂ－１＞　図６および図７に示すように、上パンチ７を上昇させるとともに、上パンチ７の真下（成形位置１８）に金型２ｂの成形空間２１が位置するように支持台１２を回転する。また、下パンチ８ａ、８ｂ、８ｃは、それらの加圧面８１が各金型２ａ、２ｂ、２ｃの第１の部分３に位置するように移動しておく。

【０１１８】

なお、金型２ｂには、好ましくは前述した定量フィーダにより成形材料１５が予め充填（給材）されている。

【０１１９】

＜Ｂ－２＞　図８に示すように、上パンチ７を下降させ、その加圧面７１と下パンチ８ｂの加圧面８１との間で、成形材料１５を圧縮成形する。

【０１２０】

このとき、ヒータ９の作動により、金型２ｂの第１の部分３を前述したような第１の温度

に加熱しておく。これにより、成形材料１５は、温間成形がなされる。
【０１２１】
また、このときの成形圧力や、磁場中または無磁場中での成形の設定は、前記と同様とされる。
【０１２２】
＜Ｂ－３＞　図９に示すように、上パンチ７および下パンチ８ｂを下降（移動）させ、成形材料（成形体）１５が金型２ｂの第２の部分５に位置するようにする。
【０１２３】
このとき、冷媒管１０を流れる冷媒により、金型２ｂの第２の部分５が前記第２の温度に冷却されている。これにより、成形材料１５は、冷却される。この冷却は、前述した加圧下冷却であるのが好ましい。
【０１２４】
このような冷却、特に加圧下冷却の際の好ましい冷却速度も、前記と同様である。
【０１２５】
＜Ｂ－４＞　前記工程＜Ｂ－２＞および／または工程＜Ｂ－３＞と重複して、給材位置１７にある金型２ａに対し、前記と同様にして成形材料１５の充填（給材）を行う。
【０１２６】
この金型２ａへの給材は、次の圧縮成形の準備工程に相当するが、この給材が工程＜Ｂ－２＞、＜Ｂ－３＞の少なくとも一方と時間的に重複して行われることにより、全体として、製造時間を短縮することができ、生産性の向上に寄与する。
【０１２７】
＜Ｂ－５＞　図１０に示すように、上パンチ７を上昇させて金型２ｂの成形空間２１から離脱させる。
【０１２８】
＜Ｂ－６＞　支持台１２を図６中反時計方向に１２０°回転させ、それまで給材位置１７、成形位置１８および除材位置１９のそれぞれに位置していた金型２ａ、２ｂ、２ｃを、成形位置１８、除材位置１９および給材位置１７へ移動する。これにより、図１１に示す状態となる。
【０１２９】
＜Ｂ－７＞　図１２に示すように、上パンチ７を下降させ、その加圧面７１と下パンチ８ａの加圧面８１との間で、金型２ａ内の成形材料１５を圧縮成形する。
【０１３０】
このとき、ヒータ９の作動により、金型２ａの第１の部分３を前述したような第１の温度に加熱しておく。これにより、成形材料１５は、温間成形がなされる。
【０１３１】
また、このときの成形圧力や、磁場中または無磁場中での成形の設定は、前記と同様とされる。
【０１３２】
＜Ｂ－８＞　図１３に示すように、上パンチ７および下パンチ８ａを下降（移動）させ、成形材料（成形体）１５が金型２ａの第２の部分５に位置するようにする。
【０１３３】
このとき、冷媒管１０を流れる冷媒により、金型２ａの第２の部分５が前記第２の温度に冷却されている。これにより、成形材料１５は、冷却される。この冷却は、前述した加圧下冷却であるのが好ましい。
【０１３４】
このような冷却、特に加圧下冷却の際の好ましい冷却速度も、前記と同様である。
【０１３５】
＜Ｂ－９＞　前記工程＜Ｂ－７＞および／または工程＜Ｂ－８＞と重複して、給材位置１７にある金型２ｃに対し、前記と同様にして成形材料１５の充填（給材）を行う。
【０１３６】

この金型２ｃへの給材は、次の圧縮成形の準備工程に相当するが、この給材が工程＜Ｂ－７＞、＜Ｂ－８＞の少なくとも一方と時間的に重複して行われることにより、全体として、製造時間を短縮することができ、生産性の向上に寄与する。

【０１３７】

＜Ｂ－１０＞　前記工程＜Ｂ－７＞（または工程＜Ｂ－８＞でもよい）と重複して、除材位置１９にある金型２ｂに対し、その成形空間２１内にある成形体１６の除材を行う。すなわち、図１２に示すように、金型２ｂにおける下パンチ８ｂを下降させて、成形体１６を成形空間２１から排出し、次いで露出した成形体１６を横方向に押圧して移動することにより、成形体１６の除材がなされる。

【０１３８】

このように、第１の部分３と第２の部分５のうちの温度が低い方より除材することにより、成形体１６が加熱されて変形を生じることがなく、寸法精度の向上に寄与する。

【０１３９】

なお、成形体１６の除材は、下パンチ８ｂを金型２ｂの図中上方へ移動することにより行ってもよいことは言うまでもない。

【０１４０】

このように、金型２ｂからの除材が工程＜Ｂ－７＞（または工程＜Ｂ－８＞）と時間的に重複して行われることにより、全体として、製造時間を短縮することができ、生産性の向上に寄与する。

【０１４１】

なお、除材後、下パンチ８ｂは、次の成形のために、元の位置（図１３に示す位置）へ戻される。

【０１４２】

＜Ｂ－１１＞　結合樹脂として熱硬化性樹脂を用いた場合には、除材された成形体１６は、未硬化の熱硬化性樹脂を硬化させる処理（キュアリング）に供される。この処理は、成形体１６を熱硬化性樹脂が硬化し得る所定の温度および時間で熱処理することによりなされる。

【０１４３】

＜Ｂ－１２＞　以後、支持台１２を図６中反時計方向に１２０°ずつ回転させ、次の位置へ繰られた金型に対し、工程＜Ｂ－５＞～工程＜Ｂ－１１＞と同様の工程を繰り返し行うことにより、ボンド磁石成形体を連続的に製造することができる。

【０１４４】

次に、圧縮成形装置１１を用いた第４の圧縮成形方法について、前記第３の圧縮成形方法との相違点を中心に説明する。第４の圧縮成形方法は、前記第１の圧縮成形方法に対する前記第２の圧縮成形方法の関係を、前記第３の圧縮成形方法に対し同様に適用したものである。

【０１４５】

すなわち、＜Ｂ－１＞、＜Ｂ－４＞、＜Ｂ－９＞における金型への給材に際し、ヒータ９の作動により、金型の第１の部分３を加熱しておき、充填された成形材料１５を所望の温度（第１の温度）に加熱する。

【０１４６】

次に、下パンチを下降させて、加熱された成形材料１５を未圧縮状態のまま第２の部分５へ移動し、これに続き、上パンチを下降させて、成形材料１５を第２の部分５において圧縮成形する。また、これと前後して、冷媒管１０に冷媒を供給し、第２の部分５を冷却して、成形材料１５を所望の温度（第２の温度）に冷却、好ましくは加圧下冷却する。

【０１４７】

その他は、前記第３の圧縮成形方法と同様である。

【０１４８】

以上のような本発明の装置および方法によれば、成形材料１５を温度の異なる第１の部分３、第２の部分５間で移動させることにより、成形材料１５の温間成形と冷却とを同一の

金型２内で連続して行うことができるので、成形が容易であり、成形のサイクルタイムが短く、よって、生産性が大幅に向上する。特に、複数の金型を用い、それらに対し、異なる工程を並行して行うことにより、生産性が格段に向上する。

【０１４９】

また、本発明の装置および方法では、次のような優れた特性を有するボンド磁石を製造することができる。すなわち、ボンド磁石の空孔率が低く、好ましくは４．５％（ vol%）以下、より好ましくは３．５％以下、さらに好ましくは２．０％以下とすることができる。このように、空孔率が低い（＝密度が高い）ので、機械的強度が高く、耐食性に優れ、また、寸法精度が高く、量産した場合にも寸法のバラツキが少なく、寸法安定性に優れている。

【０１５０】

さらに、本発明の装置および方法で製造されたボンド磁石は、磁気特性に優れており、特に、磁石粉末の組成、磁石粉末の含有量の多さ等から、等方性磁石であっても、優れた磁気特性を有する。

【０１５１】

以上、本発明の圧縮成形装置および圧縮成形方法を添付図面に示す各実施例に基づいて説明したが、本発明は、これらに限定されるものではない。

【０１５２】

図示の実施例では、１つの金型内において、温間成形－冷却を行っているが、これに限らず、金型内で次のような工程を行ってもよい。

【０１５３】

・高温での温間成形－低温での熱処理
・高温での温間成形－低温での熱処理－常温
・高温での温間成形－低温での温間成形－冷却
・温間成形－冷却－加熱による樹脂硬化
・温間成形－加熱（より高温）による樹脂硬化
・冷間成形－加熱による樹脂硬化
・冷間または温間成形－加熱による樹脂硬化－冷却
・高温での熱処理－低温での温間成形－冷却
・冷間加圧－高温での加熱処理－低温での温間成形－冷却
・冷間加圧－高温での温間成形－冷却
・冷間加圧－高温での温間成形－加熱による樹脂硬化

また、本発明の装置では、第１の部分３と第２の部分５の図中上下を逆にしてもよい。

【０１５４】

また、図示の構成では、金型は、第１の部分３、断熱部４、第２の部分５の３層構成であるが、これに限らず４層以上の構成としてもよい。この場合、例えば第１の部分３の上に、第３の部分として、第１の温度より低い温度を付与する部分（冷却部）を設けることができる。

【０１５５】

また、本発明は、圧粉磁石の製造や、その他、焼成、焼結に供される成形体の製造、樹脂成形体の製造等、ボンド磁石の製造以外にも適用することができる。

【０１５６】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、高い品質の成形体を容易かつ短時間で製造することができ、よって、生産性の向上に寄与する。

【０１５７】

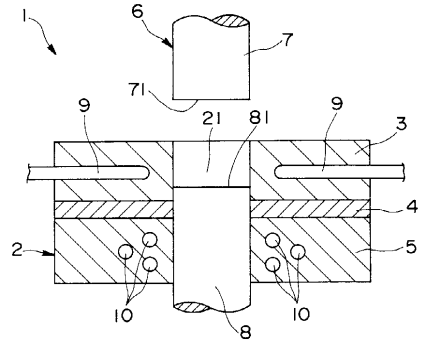
特に、ボンド磁石の製造に適用した場合には、機械的強度が高く、磁気特性に優れ、寸法精度が高いボンド磁石を高い製造効率で製造することができる。

【図面の簡単な説明】

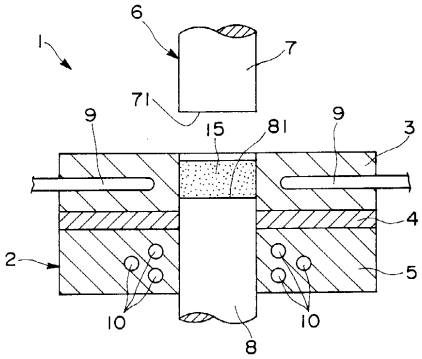
【図１】本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。

【図２】本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。
【図３】本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。
【図４】本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。
【図５】本発明の圧縮成形装置の実施例を模式的に示す断面側面図である。
【図６】本発明の圧縮成形装置の他の実施例を示す平面図である。
【図７】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図８】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図９】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図１０】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図１１】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図１２】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【図１３】図６に示す圧縮成形装置を展開した状態を示す断面側面図である。
【符号の説明】
１　圧縮成形装置
２　金型
２ａ、２ｂ、２ｃ　金型
２１　成形空間
３　第１の部分
４　断熱部
５　第２の部分
６　工具
７　上パンチ
７１　加圧面
８　下パンチ
８ａ、８ｂ、８ｃ　下パンチ
８１　加圧面
９　ヒータ
１０　冷媒管
１１　圧縮成形装置
１２　支持台
１３　回転軸
１４　連結部材
１５　成形材料
１６　成形体
１７　給材位置
１８　成形位置
１９　除材位置

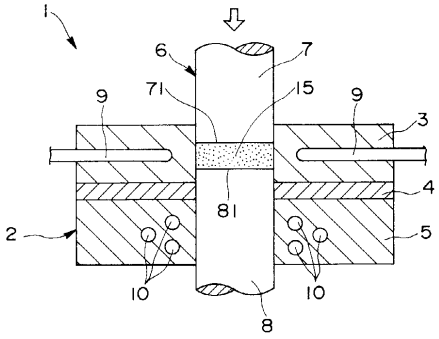
【図１】



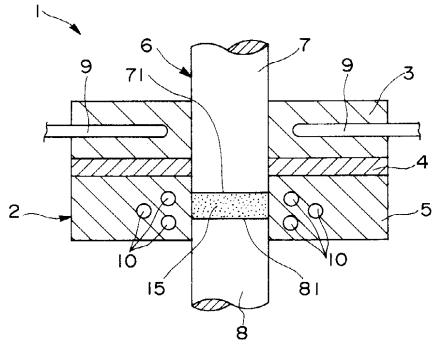
【図２】



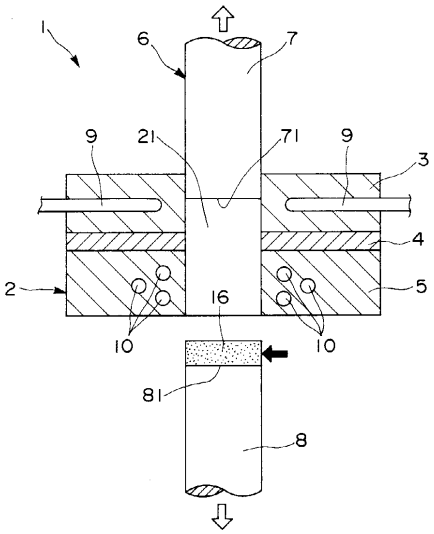
【図３】



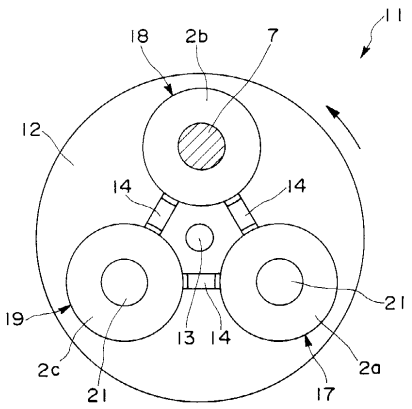
【図４】



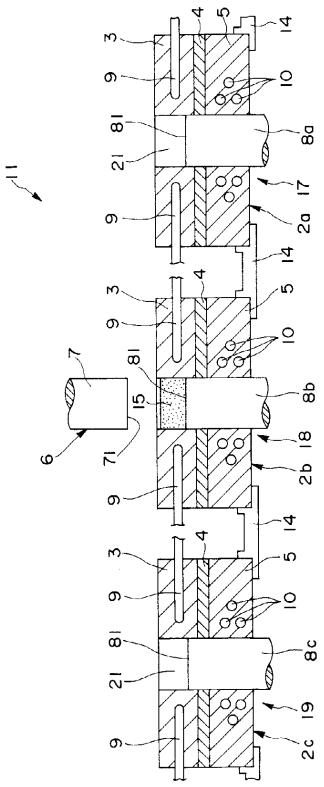
【図５】



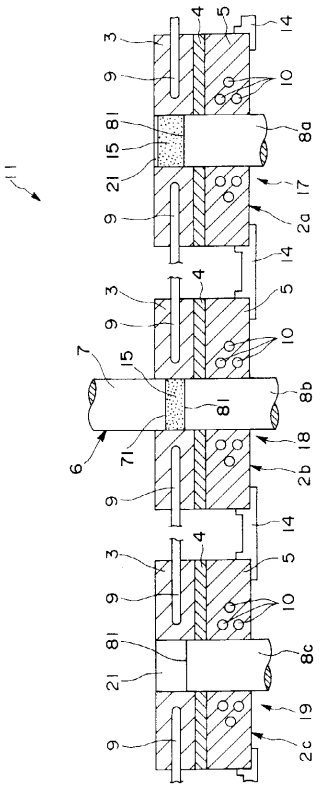
【図６】



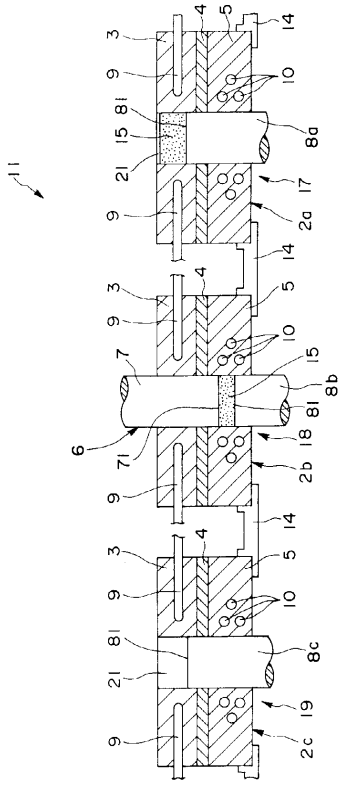
【図７】



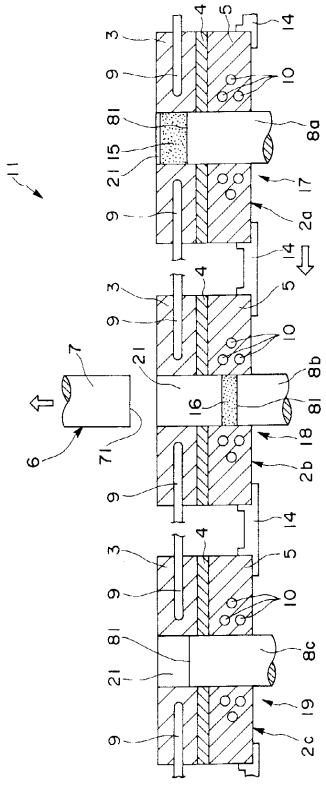
【図８】



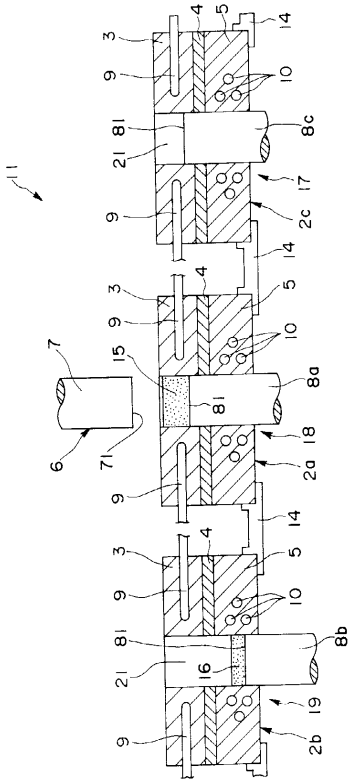
【図９】



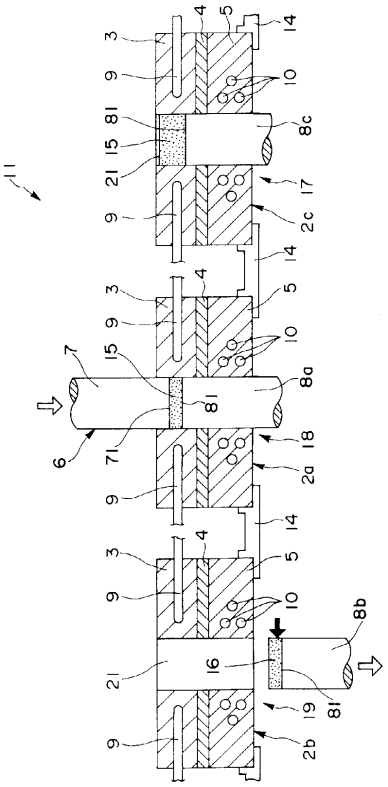
【図１０】



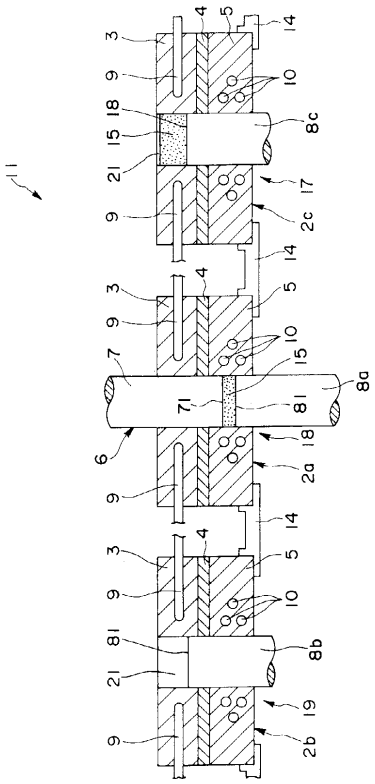
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(72)発明者　塩原　清
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内

審査官　小川　武

(56)参考文献　特開昭６３－１０８１９１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B22F 3/00-3/035