

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-537065
(P2005-537065A)

(43) 公表日 平成17年12月8日(2005.12.8)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 F 2/44	A 6 1 F 2/44	4 C 0 8 1
A 6 1 L 27/00	A 6 1 L 27/00	4 C 0 9 7
	M	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 105 頁)

(21) 出願番号 特願2004-531910 (P2004-531910)
 (86) (22) 出願日 平成15年8月28日 (2003. 8. 28)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年4月28日 (2005. 4. 28)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/027088
 (87) 国際公開番号 W02004/019830
 (87) 国際公開日 平成16年3月11日 (2004. 3. 11)
 (31) 優先権主張番号 10/229, 907
 (32) 優先日 平成14年8月28日 (2002. 8. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

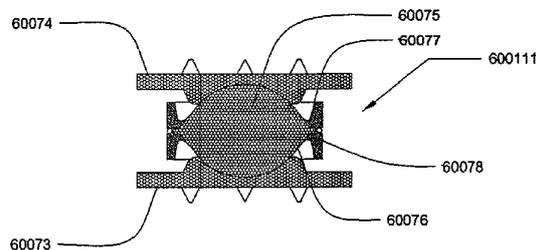
(71) 出願人 502318353
 ダイアミクロン、インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ユタ、オレム、ウエスト
 1 6 8 0 サウス 1 1 8 6
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100107504
 弁理士 安藤 克則
 (74) 代理人 100107146
 弁理士 高松 武生

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片

(57) 【要約】

凹形表面末端を有する第1構成部分(60074)及び凸形表面を有する対応する第2部材(60075)を有する関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片。該2つの構成部分は関節連結点でダイヤモンド対ダイヤモンド接触を有する仕組みを形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が、

- ・第 1 構成部分、
 - ・前記第 1 構成部分は凸形出っ張りドーム部材を有し、
 - ・前記ドーム部材は第 1 構成部分荷重軸受け及び関節表面を含み、
 - ・前記第 1 構成部分荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにより形成されており、
 - ・前記第 1 構成部分における前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルは、移植片の関節連結のための耐久性、生体適合性及び低摩擦表面を提供するために役に立ち、
 - ・第 2 構成部分、
 - ・前記第 2 構成部分は凹形トラフを有し、
 - ・前記トラフは前記出っ張りドーム部材をその中に出っ張らせることを可能にする形及び寸法を有し、
 - ・前記トラフは複数の接触点でそれとの前記出っ張りドーム部材の接触を可能にする形及び寸法を有し、
 - ・前記トラフは第 2 構成部分荷重軸受け及び関節表面を含み、
 - ・前記第 2 構成部分荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにより形成されており、
 - ・前記第 2 構成部分における前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルは、移植片の関節連結のための耐久性、生体適合性及び低摩擦表面を提供するために役に立ち、
 - ・前記第 1 構成部分は、前記第 1 構成部分と第 2 構成部分との間のダイヤモンド対ダイヤモンド接触を有する点で前記第 2 構成部分に関して可動性である、
- を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

【請求項 2】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸の、冠状及び / 又は矢状軸の周りでの回転を提供することができる、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 3】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸平面において移動を提供することができる、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 4】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分がお互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸の、冠状及び / 又は矢状軸の周りでの回転を提供することができ；

そして前記第 1 構成部分及び第 2 構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸平面において移動を提供することができ、

そして前記回転及び移動が、前方屈曲、後方屈曲、横方向屈曲、その縦軸の周りの脊椎のねじれ、前方移動、後方移動及び横方向移動に適應する、

請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 5】

前記ドーム部材が、少なくとも部分的に球状凸形である形を有する、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 6】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が合同軸受け表面を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 7】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が非合同軸受け表面を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 8】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つにおいて炭素対炭素結合をさらに含む、請求項1に記載の移植片。

【請求項9】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つにおいてsp³炭素結合をさらに含む、請求項8に記載の移植片。

【請求項10】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つにおいて結晶性ダイヤモンド構造をさらに含む、請求項9に記載の移植片。

【請求項11】

前記結晶性ダイヤモンド構造中に間隙空間をさらに含む、請求項10に記載の移植片。

10

【請求項12】

前記間隙空間中に溶媒-触媒金属をさらに含む、請求項11に記載の移植片。

【請求項13】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおける前記溶媒-触媒金属とダイヤモンドとの間に、ダイヤモンド対金属結合をさらに含む、請求項12に記載の移植片。

【請求項14】

前記溶媒-触媒金属が、高温及び高圧での前記多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結を促進するために用いられている、請求項13に記載の移植片。

【請求項15】

前記溶媒-触媒金属が、Co、Cr及びMoからなる群から選ばれる材料を含む、請求項12に記載の移植片。

20

【請求項16】

前記溶媒-触媒金属がCoCrを含む、請求項12に記載の移植片。

【請求項17】

前記溶媒-触媒金属がCoCrMoを含む、請求項12に記載の移植片。

【請求項18】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つにおいて傾斜転移帯域をさらに含み、前記傾斜転移帯域は第1側面及び第2側面を有し、前記傾斜転移帯域はその中に溶媒-触媒金属及びダイヤモンドの両方を有し、そして前記傾斜転移帯域は、前記傾斜転移帯域における第1点で、溶媒-触媒金属の、ダイヤモンドに対するパーセント含有量の比が、それが傾斜転移帯域における第2点にある比より大きいように、前記第1側面から前記第2側面までに、溶媒-触媒金属の、ダイヤモンドに対するパーセント含有量の比の転移を示す、請求項1に記載の移植片。

30

【請求項19】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つが自立性ダイヤモンドテーブルである、請求項1に記載の移植片。

【請求項20】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つが基材に焼結されたダイヤモンドを含む、請求項1に記載の移植片。

【請求項21】

前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つが基材に結合されたダイヤモンドテーブルを含む、請求項1に記載の移植片。

40

【請求項22】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が

- ・ 出っ張り部、
- ・ 前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、
- ・ 前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、ダイヤモンドにより形成されており、
- ・ レセプタクル、

50

- ・前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、
 - ・前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は少なくとも1部分、ダイヤモンドにより形成されており、
 - ・前記レセプタクル中に出っ張っている前記出っ張り部に適合するように、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面の接触に適合するように、前記出っ張り部及び前記レセプタクルが寸法決めされ且つ形作られており、
 - ・前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触が、前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との、ダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし逃げられている、
- を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

10

【請求項23】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が

- ・出っ張り部、
- ・前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、
- ・前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、ダイヤモンドにより形成されており、
- ・レセプタクル、
- ・前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、
- ・前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、ダイヤモンドにより形成されており、

20

・前記出っ張り部及び前記レセプタクルは、前記レセプタクル中に出っ張っている前記出っ張り部に適合するように寸法決めされ且つ形作られており、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面に接触している前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面に適合するように寸法決めされ且つ形作られており、

・前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との、ダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし逃げられており、

・前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部のダイヤモンドが前記レセプタクルのダイヤモンドに接触しているダイヤモンド対ダイヤモンド接触点で起こっており、

30

・前記出っ張り部は、前記ダイヤモンド対ダイヤモンド接触点の周りで前記レセプタクルに関して旋回心軸的に動くことができ、前記レセプタクルに関して前記出っ張り部の移動運動及び回転運動を提供する、

を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

【請求項24】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が、

- ・出っ張り部、
- ・前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、
- ・前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は、少なくとも一部分、ダイヤモンドにより形成されており、
- ・前記出っ張り部は、少なくとも1つの半径R1により規定される湾曲を有しており、
- ・レセプタクル、
- ・前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、
- ・前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、ダイヤモンドにより形成されており、

40

・前記レセプタクルは少なくとも1つの半径R2により規定される湾曲を有しており、

・前記出っ張り部及び前記レセプタクルは、前記レセプタクル中に出っ張っている前記

50

出っ張り部に適合するように、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面に接触している前記出っ張り荷重軸受け及び関節表面に適合するように、寸法決めされ且つ湾曲しており、

・前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との、ダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし遂げられており、

・前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部のダイヤモンドが前記レセプタクルのダイヤモンドに接触しているダイヤモンド対ダイヤモンド接触点で起こっており、

・前記出っ張り部は、ヒトの脊椎の軸平面において前記レセプタクルに関して移動的に動くことができ、前記移動運動はダイヤモンドに対するダイヤモンドの滑り又は回転運動により達成され、

・前記における R 1 及び前記 R 2 は前記移動運動に適合するように選ばれ、

・前記において、前記移動運動の少なくとも若干は、中心がヒトの脊椎の脊椎突起の基部に配置されている半径 R 3 を有する円の弧の周りでのヒトの脊椎の軸平面において起こり、そして R 3 は R 1 又は R 2 とは等しくない、

を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

2002年8月28に出願された米国特許出願シリアル第10/229,907号に対して優先権を主張する。

【0002】

技術分野

本発明は種々の関節性 (articulating) ダイヤモンド表面脊椎移植片 (インプラント)、これを製造するための材料及びこれを製造するための方法に関する。

【背景技術】

【0003】

過去において、種々の脊椎移植片が知られていた。同様に幾種かの関節性脊椎移植片が存在したが、大部分の先行技術の脊椎移植片が融合固定治療に適合化されていた。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0004】

詳細な記載

本明細書において開示している本発明 (the device) の種々の態様は、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片のための超硬質表面、そして関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片及び構成部分を作成するための、種々の組成の材料、種々の幾何学形状の仕組み器具 (device)、取り付けのためのメカニズム及び作成方法、そして関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片及び構成部分のための超硬質表面を包含する製品に関する。さらに特定的には、本発明 (the devices) の幾つかの態様は、ダイヤモンド及び焼結多結晶ダイヤモンド表面、ダイヤモンド及び多結晶ダイヤモンド表面を含む関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片に関する。本発明の幾つかの態様は、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片における非常に強い、低い摩擦の長期着用表面を提供するために、多結晶ダイヤモンド圧粉体 (compact) ("PDC") を使用する。磨耗を受け、強度及び耐久性を必要とする、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片の分野以外での表面を包含する任意の表面は、本発明でなされた利点の恩恵を受けるだろう。

【0005】

関節性脊椎移植片の幾つかのデザイン目的が存在する。移植片は隣接する脊椎骨間の高さを維持すべきである。それは脊椎骨間可動性を提供すべきである。それは脊椎骨の変形

(translational) 安定性を包含すべきである。そして移植片は円板運動を再生成すべきである。本発明における脊椎移植片の幾つかの態様は、合成軸受け (compound bearing) を使用し、そして或るものは非合同 (non-congruent) 軸受けを使用する。移植片の荷重軸受け (load bearing) 及び関節表面又は接触表面の1つ以上は滑らかな且つ低摩擦性の関節のためにダイヤモンドを使用する。

【0006】

下記の表は幾種かの他の材料に対しての焼結多結晶ダイヤモンド (“PCD”) の比較を提供する。

【表1】

表1
他の材料に対する焼結PCDの比較

材 料	比 重	硬 度 (ヌーブ)	熱伝導率 (W/m K)	CTE ($\times 10^{-6}$)
焼結多結晶 ダイヤモンド 圧粉体	3.5-4.0	9000	900	1.50-4.8
立方晶 窒化ホウ素	3.48	4500	800	1.0-4.0
炭化珪素	3.00	2500	84	4.7-5.3
酸化アルミニウム	3.50	2000		7.8-8.8
炭化タングステン (10% Co)	14.6	2200	112	4-6
コバルトクロム	8.2	43 RC		16.9
Ti6Al4V	4.43		6.6-17.5	11
窒化珪素	3.2	14.2	15-7	1.8-3.7

【0007】

焼結PCDの優れた硬さから考えて、焼結PCDは改良された摩耗性及び耐久性特性を提供することが予期される。

さて、本発明の種々の要素を説明している添付図面を参照する。関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片及び他の表面のデザインにおける当業者は、あらゆるタイプの関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片、及び関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片の構成部分、及び本明細書に例示した以外の本発明に対して、本発明の種々の態様の適用及びそれらの原理を理解するだろう。

【0008】

以下に非常に詳細に説明するように、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片又は関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片構成部分は、耐久性荷重軸受け及び関節表面を形成するために多結晶ダイヤモンド圧粉体を使用することができる。基材を包含する多結晶ダイヤモンド圧粉体において、焼結多結晶ダイヤモンドを形成するための高圧及び高温の組み合わせを

10

20

30

40

50

使用できる製造において、ダイヤモンドテーブルを、基材に化学的に結合させるか又は機械的に固定することができる。別法として、基材が存在しない自立性焼結多結晶ダイヤモンドを形成することができる。(基材なしの)自立性ダイヤモンドはまた、中実(solid)ダイヤモンドと称することができる。ダイヤモンドと溶媒・触媒金属との間の化学結合は、不満足な基材金属結合との不満足なsp³炭素結合の組み合わせにより焼結処理中に達成される。基材を使用する場合、基材に対するダイヤモンドテーブルの機械的結合強度は、基材及びダイヤモンドテーブルの形状、基材とダイヤモンドテーブルとの物理的性質における相違、及び基材とダイヤモンドテーブルとの間の傾斜界面の結果から生ずる。結果として生ずる焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体は、耐久性関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片又は構成部分を形成する。

10

【0009】

ダイヤモンドテーブルは非常に低い摩擦係数を達成させるために非常に滑らかな且つガラス状の仕上げまでに研磨することができる。焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の高い表面エネルギーは、潤滑性流体が存在する場合に、荷重軸受け及び関節表面として、それを非常によく作動するようにさせる。その固有の性質は、潤滑剤が存在しない場合に、同様に非常によく作動することをそれに可能にさせる。

【0010】

本明細書において、多結晶ダイヤモンド圧粉体に関する説明が存在するけれども、関節性脊椎移植片又は構成部分を形成するために以下の材料を考えることができるだろう：多結晶ダイヤモンド、単結晶ダイヤモンド、天然ダイヤモンド、物理的蒸着により造られたダイヤモンド、化学的蒸着により造られたダイヤモンド、ダイヤモンド様炭素、黒色ダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素、六方晶窒化ホウ素又はこれらの組み合わせ、コバルト、クロム、チタン、バナジウム、ステンレス鋼、ニオブ、アルミニウム、ニッケル、ハフニウム、珪素、タングステン、モリブデン、アルミニウム、ジルコニウム、ニチノール、コバルトクロム、コバルトクロムモリブデン、コバルトクロムタングステン、炭化タングステン、炭化チタン、炭化タンタル、炭化ジルコニウム、炭化ハフニウム、Ti6/4、炭化珪素、炭化クロム、炭化バナジウム、イットリア安定化ジルコニア、マグネシア安定化ジルコニア、ジルコニア強靱化アルミナ、チタンモリブデンハフニウム、上記金属の1種以上を含む合金類、セラミック、石英、ガーネット、サファイア、これらの材料の組み合わせ、これらの材料と他の材料との組み合わせ、そして他の材料がまた、所望の関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片又は構成部分のために使用することができる。

20

30

【0011】

焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体

しかしながら、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片表面を調製するための1種の有用な材料は、その優れた性能の故、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体である。ダイヤモンドは、あらゆる現在知られている材料の中で最も大きな硬度及び最も低い摩擦係数を有している。焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体は、化学的に不活性であり、あらゆる溶媒に不浸透性であり、そしてあらゆる知られている材料の中で室温で最も高い熱伝導率を有している。

【0012】

本発明の或る態様において、多結晶ダイヤモンド圧粉体はダイヤモンドと基材との間でユニークな化学的結合及び機械的グリップ(grip)を提供する。

40

【0013】

PDCを調製することができる方法はこの明細書のこの後の方で記載される。簡潔に言えば、それは高圧及び高温下に、ダイヤモンド結晶をお互いに、そして基材に、焼結することを包含する。図1A及び図1Bは多結晶ダイヤモンド圧粉体を調製することを包含する物理的及び化学的方法を例示する。

【0014】

図1Aにおいて、焼結の前に(ダイヤモンド粉末又は結晶のような)ダイヤモンド供給原料130の或る量を金属含有基材110に隣接して置く。ダイヤモンド供給原料130の領域において、個々のダイヤモンド結晶131を見ることができ、そして個々のダイヤ

50

モンド結晶 131 の間に間隙空間 132 が存在する。所望ならば、或る量の溶媒 - 触媒金属を該間隙空間 132 中に入れることができる。基材はまた、溶媒 - 触媒金属を含有することができる。

【0015】

基材 110 は、適当な純粋な金属又は合金であることができ、あるいはコバルト接合炭化タングステンのような接合用剤 (cementing agent) として適当な金属又は合金を含有する接合化 (cemented) 炭化物であることができる。基材は、高い引っ張り強度 (抗張力) を有する金属であることができる。本発明のコバルト - クロム基材において、コバルト - クロム合金は、焼結処理中にダイヤモンド結晶を溶媒和するための溶媒 - 触媒金属として役に立つだろう。

10

【0016】

例示は、個々のダイヤモンド結晶、及び金属基材における連続金属結晶を示している。ダイヤモンド粉末と基材材料との間の界面 120 は、該基材へのダイヤモンドテーブルの結合が生じなければならない決定的に重要な領域である。本発明の或る態様において、ダイヤモンド及び基材とは異なる第 3 の材料の境界層が該界面 120 に置かれる。存在する場合のこの界面境界層材料は、基材へのダイヤモンドテーブルの結合を高め、そしてダイヤモンド - 基材界面での残留応力場を軽減することを包含するが、しかしそれらに限定されない幾つかの機能に役に立つことができる。

【0017】

いったんダイヤモンド粉末又は結晶と基材とを、図 1A に示されるように、集合させたならば、ダイヤモンド結晶への及び基材へのダイヤモンド結晶の結合を生じさせるために、本明細書において後で説明されるように、その集合体を高圧及び高温に付す。基材に結合された焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの得られた構造は、多結晶ダイヤモンド圧粉体 (polycrystalline diamond compact) (PDC) と呼ばれる。本明細書において使用される用語としての圧粉体は、ダイヤモンド結晶及び基材金属のような 2 種の異なる材料の複合構造物である。ダイヤモンド結晶の代わりに、焼結処理における立方晶窒化ホウ素結晶を導入している類似の構造物は、多結晶立方晶窒化ホウ素圧粉体 (PCBN) と呼ばれる。PDC 構造物の作成及び仕上げ加工及び PCBN のための同様な様式での部分作業について多くの方法を本明細書において記載している。本発明の幾つかの態様において、PCBN を PDC の代わりに使用することができる

20

30

【0018】

図 1B は、基材へのダイヤモンド供給源料の高圧及び高温焼結後の多結晶ダイヤモンド圧粉体 101 を描いている。PDC 構造物内で、識別できる容積の基材 102、識別できる体積のダイヤモンドテーブル 103、及びダイヤモンドテーブルと基材との間の、ダイヤモンド結晶と基材材料とを含有する、転移 (transition) 帯域 104 が存在する。基材材料の結晶粒子 105 及びダイヤモンドの焼結結晶 106 が描かれている。

【0019】

おおざっぱに調べた際に、図 1B の仕上がりの圧粉体は別々の境界を有する、基材 102 に結合したダイヤモンドの中実 (solid) テーブル 103 からなると思われるだろう。しかしながら、非常に厳密に調べた際に、ダイヤモンドテーブル 103 と基材 102 との間の転移帯域 104 を特徴づけることができる。この帯域は、ダイヤモンド含有量と金属含有量との間の比の漸次転移を有する、ダイヤモンドテーブルと基材との間の傾斜 (gradient) 界面を表す。転移帯域の基材側で、ほんの小さなパーセントのダイヤモンド結晶及び高いパーセントの基材金属が存在し、そしてダイヤモンドテーブル側で高いパーセントのダイヤモンド結晶及び低いパーセントの基材金属が存在するだろう。転移帯域における多結晶ダイヤモンドの、基材金属に対する比のこの漸次転移の故、ダイヤモンドテーブルと基材とは傾斜 (gradient) 界面を有する。

40

【0020】

ダイヤモンド結晶と基材金属とが混じり合っている転移帯域、即ち傾斜転移帯域におい

50

て、ダイヤモンドと金属との間で化学結合を形成している。転移帯域104からダイヤモンドテーブル103に、金属含有量が減少していき、そして焼結ダイヤモンドテーブル構造物103内の間隙空間、穴又は凸凹107の三次元脈(vein)様構造を充たす溶媒-触媒金属に限定される。空隙又は穴107に見い出される溶媒-触媒金属は、焼結中に基材から押し流される(swept up)ことができるか、又は焼結前に、ダイヤモンド供給原料に加えられた溶媒-触媒金属であることができる。

【0021】

焼結処理中、造られる3つのタイプの化学結合、即ちダイヤモンド-対-ダイヤモンド結合、ダイヤモンド-対-金属結合、及び金属-対-金属結合が存在する。ダイヤモンドテーブルにおいて、ダイヤモンド粒子が溶媒-触媒金属中に部分的に溶媒和し、次ぎに一緒に結合する場合に造られるダイヤモンド-対-ダイヤモンド結合(sp³炭素結合)が存在する。基材において及びダイヤモンドテーブルにおいて、高圧及び高温焼結処理により造られた金属-対-金属結合が存在する。そして傾斜転移帯域において、ダイヤモンド-対-金属結合がダイヤモンドと溶媒-触媒金属との間に造られる。

10

【0022】

ダイヤモンドテーブルのダイヤモンド構造物の間隙空間におけるような、ダイヤモンドテーブルにおける溶媒-触媒金属により発揮されるこれらの種々の化学結合及び機械的グリップ(grip)の組み合わせは、ダイヤモンドテーブルと基材との間の非常に高い結合強度を提供する。間隙空間がダイヤモンド構造物中に存在し、そしてこれらの空間は典型的には溶媒-触媒金属で充たされて、多結晶ダイヤモンド構造物内に溶媒-触媒金属の脈(vein)を形成する。この結合構造は、圧粉体の顕著な破壊靱性に寄与し、そしてダイヤモンドテーブル内の金属の脈は、ダイヤモンド構造物内の初期の亀裂の伝播を停止させるエネルギー沈下として働く。転移帯域及び金属脈構造は、圧粉体の極度の強靱性にさらに寄与する、ダイヤモンドテーブルの性質と基材材料の性質との間の材料の性質の傾斜を有する圧粉体を提供する。転移帯域はまた、その特性に依存して、界面、傾斜転移帯域、組成傾斜帯域及び組成傾斜と呼ぶことができる。転移帯域は、その帯域の厚さにわたってダイヤモンド/基材応力を分布させ、顕著な線状界面の帯域高応力を減少させる。ダイヤモンドと基材材料との、圧力及び熱膨張性質における相違に起因して、高圧/高温焼結処理の終わりに圧力及び温度が減少するにつれて問題の残留応力が生ずる。

20

【0023】

ダイヤモンド焼結処理は、極度に高い圧力及び高い温度の条件下に起こる。本発明者等の最良の実験的及び理論的理解によれば、ダイヤモンド焼結処理は、事象の以下の順序を通じて進行する。加圧下に、非結合ダイヤモンド粉末又は結晶の供給原料(ダイヤモンド供給原料)及び基材を含有するセル(cell)を基材金属110の融点より高い温度に加熱し、そして溶融した金属を、隣接するダイヤモンド結晶106間の間隙空間107中に流動させ、又は押し流す(sweep)。それは該空間を充たすために圧力勾配により行われ、ならびに、ダイヤモンド結晶106の大きな表面積の表面エネルギー又は毛細管作用により引き入れることにより行われる。温度が上昇し続けるにつれて、ダイヤモンド結晶の表面からの炭素原子はこの間隙溶融金属中に溶解し、炭素溶液を形成する。

30

【0024】

温度及び圧力の適当な限界値(しきい値)で、ダイヤモンドは熱力学的に炭素の結晶性同素体に優先するようになる。該溶液が、C_d(炭素ダイヤモンド)に関して過飽和になるにつれて、この溶液からの炭素は焼結多結晶ダイヤモンド構造物106中へのダイヤモンド-ダイヤモンド結合と一緒に、隣接しているダイヤモンド結晶を結合するダイヤモンド結晶の表面上にダイヤモンドとして結晶化し始める。間隙金属は残留する空隙空間を充たし、毛細管力又は圧力駆動力によりダイヤモンドテーブル内に脈状格子構造107を形成する。多結晶ダイヤモンド構造物を形成するダイヤモンド結晶化の時期の間に、間隙金属が炭素原子の溶液を形成し、そしてこれらの反応性原子を安定化するのに働く極めて重大な役割の故に、その金属を溶媒-触媒金属と称する。

40

【0025】

50

図1BBは、基材金属180及びダイヤモンド181の両方を有するが、しかし基材金属からダイヤモンドへの連続傾斜転移182が存在する、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体を描いている。そのような圧粉体において、傾斜転移帯域が全体の圧粉体であることができるか、又圧粉体の一部分であることができる。圧粉体の基材側は、容易な機械加工及び他の構成部分への容易な結合のためにほぼ純粋な金属を含有することができ、その一方でダイヤモンド側は厳しい作業環境において使用するために極度に硬く、滑らかで且つ耐久性であることができる。

【0026】

本発明の或る態様において、焼結前に、或る量の溶媒 - 触媒金属をダイヤモンド供給原料と組み合わせることができる。このことは、厚いPCDテーブル、中実(solid) PDC構造物を形成する場合に、或いはダイヤモンド粉末内に僅かに残留する自由空間が存在する多様式(multimodal)微細なダイヤモンドを使用する場合に有用であることが分かる。これらの場合の各々において溶媒 - 触媒として焼結処理を適当に媒介するために、押し流し(sweep)メカニズムを介しての溶媒 - 触媒金属の十分な進入が存在しない可能性がある。その金属は、粉末の直接添加によるか、あるいは磨滅ミルを用いてのその場での金属粉末の生成によるか、あるいはダイヤモンド結晶上に付着した金属塩の化学的還元の周知の方法により、加えることができる。添加される金属は、質量により1%未満から35%より大までの任意の量を構成することができる。この添加金属は、その材料及び機械的性質のために選ばれた、基材において見い出されるのと同じ金属又は合金からなることができるか、あるいは異なる金属又は合金であることができる。焼結前の、ダイヤモンド供給原料の、溶媒 - 触媒金属に対する例示的比は70:30、85:15、90:10及び95:15の質量比を包含する。ダイヤモンド供給原料中の金属は、添加粉末金属、磨滅(attritor)方法により加えられた金属、蒸着により、又は粉末中への金属の化学的還元により添加される金属であることができる。

【0027】

界面境界層を有する基材上にダイヤモンドを焼結する場合、ダイヤモンドテーブル中に押し流し(sweep)且つ焼結処理に關与させるために、基材からの溶媒 - 触媒金属を利用できないかもしれない。この場合において、該境界層材料は、溶媒 - 触媒として機能を果たすことができる適当な材料、金属又は合金から構成される場合は、ダイヤモンド焼結処理を媒介する押し流し(sweep)材料として役に立つことができる。所望の境界材料が溶媒 - 触媒として役に立つことができない他の場合において、本明細書に記載したような溶媒 - 触媒金属粉末の適当な量を、上記のようなダイヤモンド結晶供給原料に加える。次に、この合体集合(assembly)を、焼結処理を通じて行う。基材金属源の不存在下に、ダイヤモンド焼結処理のための溶媒 - 触媒金属は、添加金属粉末から全体的に供給されなければならない。境界材料は、基材材料に化学的に結合することができ、そしてダイヤモンドテーブルに化学的に結合し、そして/又はダイヤモンドテーブル中の添加溶媒 - 触媒金属に化学的に結合する。焼結及び製作処理の残り部分は、慣用の溶媒 - 触媒押し流し焼結及び製作処理と同じであることができる。

【0028】

この特許発明において簡略化及び明快化のために、基材、転移帯域及びダイヤモンドテーブルは、異なる層として説明してきた。しかしながら、仕上がり焼結化物体は、明確な且つ別個の境界を有する異なる層としてよりもむしろ基材材料からダイヤモンドテーブルまで連続的傾斜転移により特徴づけられる複合構造物、従って用語“圧粉体(compact)”であることができることを理解することが重要である。

【0029】

上記焼結処理に加えて、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片構成部分(articulating diamond-surfaced spinal implants components)として使用するために適当なダイヤモンド部品はまた、基材なしの中実(solid)な、即ち自立性の多結晶ダイヤモンド構造物として製作されることができる。これらは所望の最終部品の形状に近い形状を有する耐火金属カン(can)(典

10

20

30

40

50

型的にはT a、N b、Z r又はM o)中に、上記のような添加溶媒 - 触媒金属粉末の適当な量と一緒にダイヤモンド粉末を入れることにより形成することができる。次ぎにこの合体集合 (a s s e m b l y) は焼結処理により行われる。しかしながら、基材金属源の不存在において、ダイヤモンド焼結処理のための溶媒 - 触媒金属を、添加金属粉末から全体的に供給しなければならない。適当な仕上げ加工に関して、このようにして形成された物体は、そのまま使用することができるか、あるいは金属又は他の基材に結合することができる。

【 0 0 3 0 】

焼結は、強い且つ耐久性がある構成をゆうするダイヤモンドテーブルを製作する方法である。基材に結合していることができるか、又は基材に結合していないことができるダイヤモンドテーブルを生成する他の方法が可能である。現時点で、これらは典型的には、焼結処理をして製作されたものほどには、強くなく且つ耐久性でない。関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片として使用するために適当な基材上に直接にダイヤモンド構造物を形成するために、これらの方法を使用することがまた可能である。基材を有するか又は基材を有しないかのいずれかの多結晶ダイヤモンドのテーブルを作り、そして後にそれが表面を形成するような位置で関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片に取り付けられることができる。その取り付けは、溶接、ハンダづけ(ろうづけ)、焼結、拡散溶接、拡散結合、慣性溶接、接着剤結合、あるいはネジ、ボルトまたはリベットのような留め金具(ファスナー)の使用を包含する任意の適当な方法を用いて行うことができるだろう。他の物体に、基材なしのダイヤモンドテーブルを取り付ける場合において、ハンダづけ(ろうづけ)、拡散溶接/結合又は慣性溶接が最も適当であろう。

10

20

【 0 0 3 1 】

高圧/高温焼結がダイヤモンド表面を作り出すための方法であるけれども、大量のダイヤモンドを生成するための他の方法を同様に使用することができる。例えば、化学蒸着(CVD)又は物理蒸着(PVD)方法のいずれかを使用することが出来る。CVDは、有機分子を熱的に分解し、そして基材上に炭素ラジカルを付着させることによりダイヤモンド層を生成する。PVDは、源材料から炭素ラジカルを電気的に放出させ、そして基材上に付着して、そこでそれらはダイヤモンド結晶構造物を造りあげる。

【 0 0 3 2 】

CVD及びPVD方法は、焼結に優る幾つかの利点を有する。焼結は、(45~68キロバールのような)高い圧力で及び(1200~1500のような)高い温度で大きな費用がかかるプレス中で行われる。使用する高い圧力媒体の流れ及び基材材料の起こり得る変形の故、焼結法を用いて所望の構成部分の形状を達成し且つ維持することは困難である。

30

【 0 0 3 3 】

対照的に、CVD及びPVDは、大気圧又はそれ以下の圧力で起こり、それで圧力媒体を必要とせず、そして基材の変形が存在しない。

焼結の他の欠点は、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体において或る幾何学的形状を達成することが困難なことである。しかしながら、CVD又はPVDを使用する場合、炭素ラジカル付着のために使用するガス相を、被覆される物体の形に完全に一致させることができ、それに所望の非平面形状を達成させることを容易にさせる。

40

【 0 0 3 4 】

多結晶ダイヤモンド圧粉体を焼結させる他の潜在的な欠点は、ダイヤモンドと基材との間の熱膨張率及びモジュラスにおける相違により起こる大きな残留応力を有する傾向である。残留応力は、部品の強度を改良するために用いることができるけれども、それらはまた欠点であり得る。CVD又はPVDを使用する場合、製造中(高圧及び高温焼結における68キロバールから大気圧までのような)重大な圧力変移を包含しないので、残留応力を最少にすることができる。

【 0 0 3 5 】

多結晶ダイヤモンド圧粉体を焼結する他の潜在的な欠点は、焼結のために適当であると

50

分かっている基材が僅かであることである。炭化タングステンは基材材料のために通常、選択される。しかしながら、CVD又はPVDを用いる場合、チタン、ほとんどの炭化物、珪素、モリブデン及びその他を包含する多種の基材上に合成ダイヤモンドを置くことができる。このことは、ダイヤモンドと基材との間の、熱膨張率及びモジュラスにおける相違が、高温及び高圧焼結処理におけるそれらの相違ほど臨界的でないのに十分に、CVD及びPVD被覆処理の温度及び圧力が低い理由からである。

【0036】

焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体を製造することにおけるその上の困難は、製造されるべき部品の大きさが増大するにつれて、プレスの大きさを同様に増大させなければならないことである。ダイヤモンドの焼結は、本明細書において記載されたような或る圧力及び温度でのみ行われるであろう。いっそう大きな焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体を製造するために、プレスのラム圧力(トン数)及び(ダイス型及び金床(アンビル)のような)工具の大きさを、焼結を起こさせるために必要な圧力を達成させるために増大させなければならない。しかし、プレスの大きさ及び収容能力を増大させることは、その構成部分の容積を単に増大させることよりもいっそう困難である。プレス工具を製造するために使用される製造方法に起因してプレス大きさについて、実際的な物理的寸法制約が存在するだろう。

10

【0037】

プレスのための工具は、典型的には接合炭化タングステンから形成される。工具を作成するために、接合炭化タングステンを真空炉において焼結し、次ぎに熱い均衡プレス(hot isostatic press) (“HIP”)装置においてプレスする。均一な複数の物理的品質及び量を達成するために、炭化タングステンの全体を通じて均一な温度を維持する方法でヒッピング(hipping)を行わなければならない。これらの要件は、多結晶ダイヤモンド圧粉体を焼結するために有用であるプレスのために製造できるサイズ工具(size tooling)に実際的な制限を課する。製造できるサイズ工具についての制限はまた、製造できるサイズプレス(size press)を制限する。

20

【0038】

CVD及びPVD製造用装置は、僅かな制限で大きさにおける規模を引き上げることができ、これらをほとんど任意の所望の大きさの多結晶ダイヤモンド圧粉体に製造することをこれらに可能にさせる。

30

CVD及びPVD方法はまた、基材に適用されるべきダイヤモンド被覆の厚さ及び均一性の正確な制御を可能にするので有利である。所望のダイヤモンド被覆の厚さを達成させるために、温度を500~1000の範囲内に調節し、そして圧力を1気圧未満の範囲に調節する。

【0039】

CVD及びPVD方法の他の利点は、製造処理が進行しているときに、それらの方法がその製造処理を監視することを可能にすることである。部品の製造が完了する前に、CVD又はPVD反応器を開くことができ、その結果、部品に適用されるダイヤモンド被覆の厚さ及び品質を決定することができる。既に適用されたダイヤモンド被覆の厚さから製造の完了までの時間を計算することができる。別法として、被覆が所望の品質のものでないばあい、時間及び費用を節約するために、その製造処理を初期に中止させることができる。

40

【0040】

それに反して、多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結は中断することができない回分式方法として行い、そして焼結の進行を監視することができない。プレス処理は完了まで進行させなければならない、そして後でのみ調べることができる。

【0041】

CVD及びPVDダイヤモンド

CVDは反応器と呼ばれる装置において行われる。基本的なCVD反応器は4つの構成

50

部分を含む。反応器の第1構成部分は、1つ以上のガス入口である。ガス入口は、室に導入する前にガスが予め混合されているか、又は室中で始めてガスを混合させるかどうかに基づいて選ぶことができる。反応器の第2の構成部分は熱エネルギーの生成のための1つ以上の電源である。電源は室中でガスを加熱するために必要とされる。第2電源は、基材上へのダイヤモンドの均一な被覆を達成させるために基材材料を均一に加熱するために用いることができる。反応器の第3の構成部分は、基材を置くステージ又はプラットフォーム(台)である。CVD処理の間に基材をダイヤモンドで被覆するであろう。使用するステージは、固定ステージ、移動性(translating)ステージ、回転ステージ及び振動ステージを包含する。適当なステージは、所望のダイヤモンド被覆品質及び均一性を達成させるように選ばなくてはならない。反応器の第4の構成成分は、室から排出ガスを除去するための出口である。ガスが基材と反応した後に、ダイヤモンド被覆に有害となる他の反応にガスが関与しないようにガスをできるだけ迅速に室から除去しなければならない。

10

【0042】

CVD反応器は、使用する電源にしたがって分類される。電源はダイヤモンドの薄いフィルムが付着を行うのに必要な所望の種(species)を造るようによばれる。幾つかのCVD反応器のタイプは、プラズマ助力マイクロ波、高温フィラメント、電子ビーム、単レーザービーム、二重レーザービーム、多重レーザービーム、アークジェット放電及びDC放電を包含する。これらの反応器は、ガス種(species)に熱エネルギーを与える方法において、そしてダイヤモンドの付着のために必要な種(species)にガスを分解するそれらの効率において異なる。高い圧力のセル(cell)内での局所加熱を行うためのレーザーの配列を有することが可能である。別法として、光ファイバーの配列がセル中に光を送るために用いることができる。

20

【0043】

CVD反応器が働く基本的な方法は以下のとおりである。基材を反応器室中に置く。1つ以上のガス入口を介して室中に反応体を導入する。ダイヤモンドCVDのために、メタン(CH₄)及び水素(H₂)を予め混合した形で室中に運び入れる。メタンの代わりに、炭素がsp³結合を有する任意の炭素保持ガスを使用することができる。ダイヤモンドフィルムの品質、付着温度、獲得構造及び成長速度を制御するために、他のガスをガス流に加えることができる。これらは、酸素、二酸化炭素、アルゴン、ハロゲン類及びその他を包含する。

30

【0044】

室中のガスの圧力を約100トルに維持することができる。室中を通過するガスについての流速は、メタンについて約10標準立方センチ/分であり、そして水素について約100標準立方センチ/分であることができる。室中のガス相の組成は90~99.5%の水素及び0.5~10%のメタンの範囲にあることができる。

【0045】

ガス類を室中に導入するとき、それらを加熱する。加熱は多くの方法により行うことができる。プラズマ助力方法において、ガス類をプラズマ中に通過させることによりガス類を加熱する。別のやり方では、高温フィラメント反応器において見いだされるような一連のワイヤ(wire)上にガス類を通過させることができる。

40

【0046】

メタン及び水素を加熱するとこれらを種々の遊離ラジカルに分解するだろう。複雑な混合物の反応により、炭素を基材上に付着させ、そして他の炭素と接合して、sp³結合により結晶性ダイヤモンドを形成する。室中の原子状水素は、分子状水素を造るために、基材表面上に結合したメチルラジカルからの水素原子と反応し、且つメチル基から水素を除去し、遊離ラジカルの追加の付着のための清浄な固体表面を残す。

【0047】

基材表面がsp²炭素結合の形成を促進する場合に、あるいはガス組成、流速、基材温度又は他の可変性事項が正しくない場合に、そのときはダイヤモンドよりもむしろグラフ

50

ァイトが基材上に成長するであろう。

【0048】

CVD反応器及び方法と、PVD反応器及び方法との間に多くの類似点が存在する。PVD反応器は、付着種 (the deposition species) を生成する方法において、そして付着種の物理的特性において、CVD反応器とは異なる。PVD反応器において、CVD反応器におけるような別の熱源を有するよりもむしろ、源材料のプレートを熱源として使用する。PVD反応器は源材料から炭素ラジカルを生成させ且つ放出させるために原材料のプレートを横切って電氣的バイアスを生じさせる。反応器は高いエネルギーイオンで源材料に衝撃を与える。高いエネルギーのイオンが源材料と衝突したときに、それらは源材料から所望の炭素ラジカルの放出を起こさせる。炭素ラジカルを室中に源材料から放射状に放出する。次ぎに炭素ラジカルは、それらの通路中においての、ステージ、反応器それ自体及び基材を包含する、どんなものの上にもそれ自体付着する。

10

【0049】

図1Cを参照して、CVD又はPVDによりダイヤモンドを付着できる付着面141を有する、適当な材料の基材140を描いている。図1Dは、CVD又はPVD方法により、大量のダイヤモンド142が付着した基材140及び付着面141を描いている。ダイヤモンド及び基材の両方を配置している小さな転移帯域143が存在する。図1Bと比較して、CVD又はPVD方法においてダイヤモンドテーブル中に溶媒-触媒金属の流し込み (sweep) が存在しない故、基材上に付着したCVD又はPVDダイヤモンドは、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体のさらに広い傾斜転移帯域が存在しないことを見ることができる。

20

【0050】

CVD及びPVDの両方は、照準 (sight) の列によりダイヤモンドの付着を達成する。(振動及び回転のような) 手段が、ダイヤモンド付着のためのすべての所望の表面を露出させるために提供される。振動ステージが使用されるべきである場合、ステージと共に該表面は上下に振動し、それにより遊離ラジカル源に対するあらゆる表面が存在するだろう。

【0051】

CVD又はPVD方法を用いて、シリンダー状物体をダイヤモンドで被覆するために実施できる種々の方法が存在する。ダイヤモンド付着を達成させるためにプラズマ助力マイクロ波方法が用いられるべきであるならば、そのときはダイヤモンドの最も高い品質及び最も均一な被覆を達成させるために、ダイヤモンドを受容するための物体は、プラズマの直接下に存在しなくてはならない。回転又は並進 (translational) ステージは、ダイヤモンド被覆のためにプラズマに対して表面のあらゆる様相を存在させるために用いることができる。ステージが回転するか又は並進運動 (translate) するときに、均一な被覆を十分に達成させるような方法で被覆するために、表面のあらゆる部分がプラズマの直接下に運ばれることができる。

30

【0052】

高温フィラメントCVD方法を用いる場合、そのときは表面は静止しているステージ上に置くべきである。ワイヤ又はフィラメントの適用範囲 (coverage) が、被覆されるべき表面を包含するように、該ステージの上方にワイヤ又はフィラメント (典型的にはタングステン) を張り渡す。フィラメントと表面との間の距離及びフィラメントそれ自体の距離は、フィラメントの直接下にダイヤモンドの均一な被覆を達成するように選ぶことができる。

40

【0053】

ダイヤモンド表面は、基材をダイヤモンドで被覆することによるか、又は使用のために後で載せる、ダイヤモンドの自立性 (free standing) 容積を造ることによりの何れかにより、CVD及びPVD方法により作られることができる。自立性容積のダイヤモンドは、2つの工程操作でCVD及びPVD方法により調製することができる。最初に、珪素、モリブデン、タングステン又はその他のような適当な基材上にダイヤモンド

50

の厚いフィルムを付着させる。第2番目にそのダイヤモンドフィルムを基材から取り外して離す。

【0054】

所望に応じて、Q-切り換えYAGレーザー(Q-switched YAG laser)の使用によるようにして、ダイヤモンドフィルムの区分に切断することができる。ダイヤモンドはYAGレーザーを透過するけれども、(グラフィットに見い出されるように)切断を行うことを可能にするのに十分な量のsp²結合炭素が通常存在する。そうでない場合、そのときは炭素をベースとするインキを用いてダイヤモンドフィルム上に線をひくことができる。その線は、切断を開始させるために十分であるべきであり、そしていったん開始したならば、切断はゆっくりと進行するだろう。

10

【0055】

ダイヤモンドの適当な大きさの断片をダイヤモンドフィルムから切断した後に、表面として供するために、それを所望の物体に結合させることができる。例えば、溶接、拡散結合、接着剤結合、機械的固定、又はプレスで高圧及び高温結合により、ダイヤモンドを基材に結合させることができる。

【0056】

基材上のCVD及びPVDダイヤモンドは、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体において見い出される傾斜転移帯域を示さないけれども、CVD及びPVD方法は、ダイヤモンドテーブル中に金属を導入させるために行うことができる。本明細書の何処かに記載しているように、ダイヤモンドテーブル中への金属の導入は、その基材へのダイヤモンドテーブルの接着を高め、そして多結晶ダイヤモンド圧粉体を強化することができる。ダイヤモンドテーブル中へのダイヤモンドの導入は、純粋なダイヤモンドのものとは異なる熱膨張率及び圧縮性を有し、したがって純粋なダイヤモンドと比較してダイヤモンドテーブルの破壊靱性を増大させているダイヤモンドテーブルを達成させるために使用することができる。ダイヤモンドは金属に比較して低い熱膨張率及び低い圧縮率を有する。それ故、ダイヤモンドテーブル中のダイヤモンドと共に金属の存在は、純粋なダイヤモンドについてよりもダイヤモンドテーブルについていっそう高い且ついっそう金属様の熱膨張率及び平均圧縮率を達成する。したがって、ダイヤモンドテーブルと基材との界面での残留応力が減少し、基材からのダイヤモンドテーブルの脱離が恐らくはいっそう少ない。

20

【0057】

純粋なダイヤモンド結晶はまた、低い破壊靱性を有している。それ故、純粋なダイヤモンドにおいて小さな亀裂を形成したときに、全体のダイヤモンド構成部分は、激变的に破損する。比較して、金属は高い破壊靱性を有し、そして激变的破損(catastrophic failure)なしに大きな亀裂に適合することができる。ダイヤモンドテーブル中への金属のと導入は、純粋なダイヤモンドよりも大きな破壊靱性を達成する。間隙空間を有するダイヤモンドテーブル、及びこれらの間隙空間内の金属において、ダイヤモンドに亀裂が形成し、そして金属を含有する間隙空間に伝播したならば、その亀裂はその金属で止まり、その激变的破損が避けられるだろう。その特性の故、その間隙空間に金属を有するダイヤモンドは、純粋なダイヤモンドに比較したとき、激变的破損なしにずっと高い力及び作業負荷に耐えることができる。

30

40

【0058】

ダイヤモンド-ダイヤモンド結合は、ダイヤモンドテーブル中の金属含有量が増大するにつれて減少する傾向がある。転移帯域を確立するようにCVD及びPVD方法を行うことができる。しかしながら、表面は、低い磨滅性のために本質的に純粋な多結晶ダイヤモンドであることができる。

【0059】

一般にCVD及びPVDダイヤモンドは、金属を充てんした大きな間隙空間なしで形成される。したがって、大部分のPVD及びCVDダイヤモンドは、焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体よりもいっそう脆く、そしていっそう低い破壊靱性を有する。CVD及びPVDダイヤモンドはまた、ダイヤモンドテーブルと基材との間に可能な最大残留応力を示す可

50

能性がある。しかしながら、均一な又は機能的に傾斜した組成のいずれかで、CVD及びPVDダイヤモンドフィルム中に導入した金属を有するCVD及びPVDダイヤモンドフィルムを形成することが可能である。

【0060】

CVD及びPVDダイヤモンドフィルム中に金属を導入するための1つの方法は、CVD又はPVDダイヤモンド製造方法において、基材上に2種の材料を同時に付着させるために、2種の異なる源材料を使用することである。この方法は、ダイヤモンドがCVD、PVD又はそれらの組み合わせにより生成されるかどうかに関係なく使用することができる。

【0061】

CVDダイヤモンドフィルム中に金属を導入するための他の方法は化学蒸気浸透(chemical vapor infiltration)である。この方法は、始めに材料の多孔質層を製作し、次ぎに化学蒸気浸透により前記細孔を充てんする。多孔質層の厚さは均一な層又は傾斜層のいずれかのための所望の厚さにほぼ等しくなければならない。細孔の大きさ及び分布は、該層の究極的な組成を制御するために求める(sue)ことができる。蒸気浸透での付着は、最初に多孔質層と基材との界面で起こる。付着が続くにつれて、材料が付着するその界面に沿ってその界面は基材から外側に移動して、多孔質層中の細孔を充てんする。成長界面が外側に移動するときに、界面に沿っての付着温度は、ヒーターに関連してサンプルを移動させることにより、又は成長界面に関連してヒーターを移動させることにより、維持される。サンプルの外側と成長界面との間の細孔質領域は、(細孔充てん用材料又は望ましくない反応生成物のいずれかの)材料の付着を促進しない温度に維持することが絶対に必要である。この領域における付着は早過ぎてそれらの細孔を閉じてしまい、そして内部細孔における所望の材料の浸透及び付着を阻止してしまうだろう。その結果、開放気孔率及び貧弱な物理的性質を有する基材となるだろう。

【0062】

ダイヤモンドのレーザー付着

本発明の表面及び構成部分を製造するために使用することができる他の別の製造方法は、基材中に構成成分を蒸発させ、そしてダイヤモンド被覆の形のような新しい形で基材上にこれらの構成成分を再付着させるために、レーザーエネルギーのようなエネルギービームの使用を包含する。例として、炭素、炭化物又は他の所望構成成分要素を含有する、金属、重合体又は他の基材を得るか又は生成することができる。基材内から、基材へのエネルギーの適用の領域に隣接する基材の表面まで、構成成分要素を移動させるためにレーザーエネルギーのような適当なエネルギーを基材に向けることができる。基材の表面上の濃縮した構成成分要素へのエネルギーの連続した適用を、これらの構成成分要素の幾らかに蒸発を生じさせるために用いることができる。次ぎに蒸発した構成成分を、蒸発した構成成分要素の性質及び構造を変化させるために、他の要素と反応させることができる。

【0063】

次ぎに、(ダイヤモンドであることができる)蒸発し且つ反応した構成成分要素を基材の表面中に拡散させることができる。該蒸発し且つ拡散した構成成分要素のものと同じか又は異なる化学組成を有する、別の作成した被覆を該基材の表面上に生成することができる。別法として基材中に拡散させた変化させた構成成分要素の幾らかを再び蒸発させ且つ反応させて、そして基材上の被覆として付着させる。この方法及びその変化によりダイヤモンド、立方晶窒化ホウ素、ダイヤモンド様炭素、 B_4C 、 SiC 、 TiC 、 TiN 、 TiB 、 cCN 、 Cr_3C_2 及び Si_3N_4 のような適当な被覆を基材上に形成できる。

【0064】

他の製造環境において、高温レーザー適用、電気メッキ、スパッタリング、エネルギーレーザー励起プラズマ付着又は他の方法を、表面として役に立つ位置に大容量のダイヤモンド、ダイヤモンド様材料、硬い材料又は超硬質材料を置くために使用することができる。

【0065】

10

20

30

40

50

本明細書における開示から考えて、ダイヤモンド表面を製作するために本明細書に記載したいずれかの製造方法を用いて基材上に高品質のダイヤモンドの形成及び使用のために必要な装置、材料及び方法を当業者は認識するだろう。

【0066】

材料の性質の考察

非平面ダイヤモンド表面の製造により与えられる特定の問題が存在する。非平面構成部分デザインは、その部分を製作するのに圧力が放射状に適用されることを必要とする。以下に詳細に記載される高い圧力の焼結処理中に、所望の非平面幾何学形状を達成させるために、すべての移動は生成される部分の中心から生ずるラジアン (r a d i a n) に沿っていなければならない。高温 / 高圧プレスにおいてこれを達成させるために、静水圧の場 (i s o s t a t i c p r e s s u r e f i e l d) が形成されなければならない。10

そのような非平面部分の製作中、なんらかの偏差応力構成部分が存在する場合、その部分の歪みを生じ、そしてその製造部分を役に立たないものにする可能性がある。

【0067】

非表面多結晶ダイヤモンド圧粉体を生成するにあたって考慮しなければならない特定の考察を以下に説明する。

モジュラス

大部分の多結晶ダイヤモンド圧粉体はダイヤモンドテーブルと基材との両方を含む。ダイヤモンド及び基材の、材料の性質は、適合性 (和合性) であることができるが、しかし多結晶ダイヤモンド圧粉体の形成においての高圧及び高温焼結処理は過度に高い残留応力を有する構成部分を生ずる可能性がある。例えば、基材として炭化タングステンを使用する多結晶ダイヤモンド圧粉体について、その焼結ダイヤモンドはおよそ1億2千万 p . s . i . (1 2 0 m i l l i o n p . s . i .) のヤングモジュラス (ヤング率) を有し、そしてコバルト接合炭化タングstenはおよそ9千万 p . s . i . (9 0 m i l l i o n p . s . i .) のモジュラスを有する。モジュラスは、材料についての応力に対してプロットした応力の曲線の勾配を言う。モジュラスは材料の剛性を示す。体積モジュラス (体積弾性率 : B u l k m o d u l u s) は均衡応力 (i s o s t a t i c s t r e s s) に対する均衡変形 (i s o s t a t i c s t r a i n) の比、又は適用された圧力又は応力に対する材料の単位体積減少を言う。20

【0068】

ダイヤモンド及び大部分の基材材料は、そのような高いモジュラスを有する故に、多結晶ダイヤモンド圧粉体の非常に小さい応力又は移動が非常に大きな応力を誘発する可能性がある。応力がダイヤモンド又は基材のいずれかの降伏強度を超えるならば、その構成部分は破損するだろう。最も強い多結晶ダイヤモンド圧粉体は必ずしも応力が存在しないわけではない。残留応力の最適分布を有する焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体において、応力が存在しない構成部分よりも破壊を誘発させるためにより多くのエネルギーを必要とする。したがって、基材とダイヤモンドとの間のモジュラスにおける相違は、十分な耐磨耗性及び破壊靱性を有するその適用のために最良の強度を有する構成部分をデザインするために認識し且つ使用しなければならない。30

【0069】

熱膨張率 (C T E)

ダイヤモンド及びその基材が温度における変化に対してそれらがどのように変化するかについて異なる程度はまた、それらの機械的適合性 (和合性) に影響する。熱膨張率 (“ C T E ”) は、温度における単位変化と共に寸法の単位変化の測定、あるいは加熱下に膨張するか又は冷却時に収縮する材料の傾向の測定である。材料が相変化を受けるとき、初期の相における C T E に基づく計算は適用不可能になるだろう。異なる C T E 及びモジュラスを有する材料の圧粉体を使用する場合、それらは同じ応力で異なって圧力が加わるだろう。40

【0070】

多結晶ダイヤモンドは、 当たり材料のインチ当たり 2 ~ 4 ミクロインチ (10^{-6} イ 50

ンチ) (in/in) (但し、 in はインチの略である)の程度の熱膨張率(上記のように、そして以後“CTE”と称する)を有する。反対に、炭化物は $6 \sim 8 in/in$ の程度のCTEを有する。これらの値は数値的には近いように思われるけれども、二、三百度の温度勾配が基材とダイヤモンドとの組み合わせに課せられたときに、高いモジュラスの影響は非常に高い残留応力場を生ずる。熱膨張率における差は、非平面形状又は複雑な形状の製造におけるよりも単なる平らな多結晶ダイヤモンド圧粉体において問題が少ない。非平面多結晶ダイヤモンド圧粉体を製造するにあい、ダイヤモンドと基材との間のCTEの相違は、高圧/高温焼結の間に又はその後でのいずれかかかるときに、高い残留応力が生じて、次ぎにダイヤモンドテーブル、基材又は両方が亀裂し、且つ破損する可能性がある。

10

【0071】

膨張応力及び偏向応力

ダイヤモンド及び基材合体集合体(assembly)は焼結処理中に自由体積の減少を受けるだろう。下に詳細に記載する焼結処理は、基材及びダイヤモンド合体集合体を約40~約68キロバールの範囲の圧力に通常付すことを包含する。その圧力は基材の体積減少を起こさせるだろう。ダイヤモンド及び/又は基材の多少の幾何学的歪みがまた起こる可能性がある。幾何学的歪みを起こす応力を偏向(deviatoric)応力と呼び、そして体積における変化を起こす応力を膨張(dilatatoric)応力と呼ぶ。平衡系(isostatic system)において偏向応力は合計してゼロとなり、そして膨張応力成分だけが残る。(凹及び凸形の非平面多結晶ダイヤモンド圧粉体のような)複雑な幾何学形状を有する多結晶ダイヤモンド構成部分を企画し且つ焼結するにあたってのこれらの応力要因の全てを考慮することに対しての失敗は、恐らくはその処理の失敗を生ずるだろう。

20

【0072】

ダイヤモンド供給原料の自由体積減少

供給原料ダイヤモンドの物理的性質の結果として、焼結の前にその供給原料の特別の調製を行わない限りは、多量の自由体積が存在する。ダイヤモンドにおける出来る限り多くの自由体積を除去することが必要であり、そしてもしダイヤモンド供給原料中に存在する自由体積が大きすぎるならば、そのときは焼結が起こらないだろう。十分なラム押しのけ容積(ram displacement)を有するプレスを使用するならば、焼結中に自由体積を除去することがまた可能である。供給原料における自由体積を減少させるあらゆる処置中にダイヤモンド及び基材の所望の均一な幾何学形状を維持することが重要であり、そうでないと、歪んだ又は欠陥のある構成部分が生ずるであろう。

30

【0073】

溶媒 - 触媒金属の選択

溶媒 - 触媒金属の使用なしでの高温及び高圧プレス中での合成ダイヤモンドの形成は、将来にそれが実施可能になるかもしれないが、この時点では実施可能な方法ではない。合成ダイヤモンドにおいて所望の結晶形成を達成させるために、この時点で溶媒 - 触媒金属が必要とされる。溶媒 - 触媒金属は、まずダイヤモンド供給原料結晶の鋭い接触点から優先的に炭素を溶媒和する。次ぎに、5~3容積%の溶媒金属と共に理論的密度の95~97%を有する中実体(solid)を達成させるために十分なダイヤモンド - ダイヤモンド結合を有するダイヤモンドマトリックスの間隙中に炭素をダイヤモンドとして再結晶化する。基材表面上に分布したその中実体は、本明細書において多結晶ダイヤモンドテーブルと称する。溶媒 - 触媒金属はまた、基材原子との化学結合の形成を高める。

40

【0074】

ダイヤモンド供給原料に溶媒 - 触媒金属を加える方法は、高圧及び高温焼結中に溶媒 - 触媒金属を含有する基材からのその金属の押し流し(sweep)を生じさせることによる。特にいっそう厚いダイヤモンドテーブルを所望する場合は、焼結前に、ダイヤモンド供給原料に粉末化溶媒 - 触媒金属をまた加えることができる。焼結前にダイヤモンド供給原料に溶媒 - 触媒金属を加えるために磨滅(アトリター: attritor)法がまた使

50

用できる。もし多すぎるか又は少なすぎる溶媒 - 触媒金属を使用するならば、そのときは結果として得られた部品は所望の機械的性質を欠く可能性があり、それで製造されるべき特定の部品のために適当である、ダイヤモンド供給原料に加えるための溶媒 - 触媒金属の量及びそれを加える方法を選択することが重要である。

【0075】

ダイヤモンド供給原料の粒子寸法及び粒子分布

仕上がりダイヤモンド生成物の耐久性は、供給原料ダイヤモンドの寸法に、そしてまた粒子分布に全体的に結びついている。ダイヤモンド供給原料の適当な寸法（1又は複数寸法）及び粒子分布の選択は、その実例（specimen）のサービス要件及びまたその実施環境（working environment）により左右される。多結晶ダイヤモンドの耐久性は、より小さなダイヤモンド供給原料結晶が用いられ、そして高度にダイヤモンド - ダイヤモンド結合したダイヤモンドテーブルが達成される場合に高められる。

10

【0076】

多結晶ダイヤモンドを単一様式ダイヤモンド（single modal diamond）供給原料から調製することができるけれども、多様式（multi-modal）供給原料の使用は、衝撃強さ及び耐摩耗性の両方を増大させる。ダイヤモンド供給原料の大きな結晶寸法と小さな結晶寸法との組み合わせを一緒に使用すると、一部分は大きなダイヤモンド結晶間の空隙空間に小さなダイヤモンド結晶で充てんすることができる理由で、高い衝撃強さ及び耐摩耗性を有する部品を提供する。焼結中、強く且つしっかりと結合した圧粉体にダイヤモンド結晶のすべてを結合させる方法で、小さい結晶を溶媒和し、そして再沈殿させるだろう。

20

【0077】

ダイヤモンド供給原料装入方法論

装入前又は装入中のダイヤモンド供給原料の汚染は、焼結処理の失敗を起こすだろう。焼結前に、ダイヤモンド供給原料、及びすべての添加された溶媒 - 触媒金属又は結合剤の清浄性を確実にするために、大きな注意を払わなければならない。

【0078】

焼結のための準備をするために、清浄なダイヤモンド供給原料、基材及び容器構成部品が装入のために用意される。ダイヤモンド供給原料及び基材は、外側の汚染からその内容を密閉する“カン（can）”と呼ばれる耐火金属容器中に入れられる。一方では多結晶ダイヤモンド圧粉体を形成するために高圧及び高温焼結を受けている間に、ダイヤモンド供給原料及び基材はそのカンの中に留まっているだろう。そのカンを高温で、そして真空中で電子ビーム溶接により密閉することができる。

30

【0079】

高圧及び高温焼結中に線状収縮の主な原因となるのに十分なダイヤモンド凝集物（粉末又は粗粒（grit））を装入する。焼結のためにカン（can）中にダイヤモンド供給原料を装入するために使用する方法は、最終部品の一般的形状及び許容度に影響する。特に、カン（can）全体にわたる供給原料ダイヤモンドの充てん密度は、良好な品質の焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体構造物を生成するために、できる限り均一であるべきである。装入において、ダイヤモンドの架橋現象を、段階的添加及び充てんにより避けることができる。

40

【0080】

装入後の供給原料材料の密度における均一性の程度は、多結晶ダイヤモンド圧粉体の幾何学形状に影響するだろう。結合剤と組み合わせたダイヤモンドの装入及び結合剤の除去のために適用される後での処理に対しての乾燥形での供給原料ダイヤモンドの装入はまた、仕上げ多結晶ダイヤモンド圧粉体の特性に影響するだろう。焼結のためのダイヤモンドを適当に予備圧縮するために、予備圧縮圧力は均衡（isostatic）条件下に適用されるべきである。

【0081】

基材材料の選択

50

大部分の可能性ある基材材料に比較してのダイヤモンドのユニークな材料性質そしてモジュラス及びCTEにおけるその相対的な相違は、適当な多結晶ダイヤモンド基材の選択を大変難しい仕事にする。ダイヤモンドと基材との間の材料の性質の大きな相違は、必要とされる強度及び耐久性を有する多結晶ダイヤモンド圧粉体の首尾のよい製造に難題を提供する。非常に硬い基材でさえ、多結晶ダイヤモンドに比較して軟質であるように思われる。基材及びダイヤモンドは焼結の圧力及び温度に耐えることができなくてはならないばかりでなく、脱離、亀裂又は他の欠陥なしに室温及び大気圧に戻ることがまたできなくてはならない。

【0082】

基材材料の選択はまた部品のための意図する適用、必要とする耐衝撃性及び強度、そして焼結中にダイヤモンドテーブル中に導入させる溶媒・触媒金属の量を考慮することを必要とする。形成されるべきダイヤモンドテーブルの材料性質と適合性（和合性）である材料性質を有する基材材料を選ばなくてはならない。

10

【0083】

基材の幾何学形状

さらに滑らかな表面又は地形的輪郭特徴を有する基材を使用するか、どうかを考えることが重要である。ダイヤモンドテーブルが化学結合及び機械的グリップ（grip）の両方を用いて基材に固定されるように、種々の地形的輪郭特徴を有する基材表面を形成することができる。基材上の地形的輪郭特徴の使用は化学的結合のための大きな表面積を提供し、そして地形的輪郭特徴により与えられた機械的グリップを用いて、より強い且つより

20

耐久性のある構成部分を生ずることができる。

【0084】

例示的材料及び製造工程

本発明者等は、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片において使用するための多結晶ダイヤモンド圧粉体を構築するための材料及び製造方法を見出し且つ決定した。下に挙げられたもの以外の、方法によりそして材料を用いることにより本発明における表面を製造することがまた可能である。

【0085】

基材材料及びその幾何学形状の選択、ダイヤモンド供給源料、装入及び焼結方法の選択のような下に記載された工程はお互いに影響し、それで、それらは多結晶ダイヤモンド圧粉体を製造するために取り入れられなければならない別々の工程として挙げられたけれども、他から完全に独立している工程は存在せず、そしてすべての工程はその製造方法の成功を確実にするために標準化されなければならない。

30

【0086】

基材及び/又は溶媒・触媒金属の選択

任意の多結晶ダイヤモンド圧粉体を製造するために、適当な基材を選択すべきである。関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片において使用すべき多結晶ダイヤモンド圧粉体の製造のために、所望に応じて種々の基材を用いることができる。

【0087】

【表 2】

表2

関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片のための幾らかの基材

基 材	合金名	備 考
チタン	Ti6/4 (TiAlVα) ASTM F-1313 (TiNbZr) ASTM F-620 ASTM F-1580 TiMβHf ニチノール (TiNi+他)	ダイヤモンド供給原料装入前に チタン基材上に薄いタンタル 障壁を置くことができる
コバルトクロム	ASTM F-799	コバルト、クロム及び モリブデン含有。鍛造品
コバルトクロム	ASTM F-90	コバルト、クロム、タングステン 及びニッケル含有
コバルトクロム	ASTM F-75	コバルト、クロム及び モリブデン含有。鑄造品
コバルトクロム	ASTM F-562	コバルト、クロム、モリブデン 及びニッケル含有
コバルトクロム	ASTM F-563	コバルト、クロム、モリブデン、 タングステン、鉄及び ニッケル含有
タンタル	ASTM F-560 (非合金化)	耐火金属
白金	種々	
ニオブ	ASTM F-67 (非合金化)	耐火金属
マンガン	種々	Cr, Ni, Mg, モリブデンを 含んでよい
コバルト接合炭化 タングステン	WC	通常合成ダイヤモンド生成に おいて使用
コバルトクロム接合炭化 タングステン	CoCr 接合 WC	
コバルトクロム接合炭化 クロム	CoCr 接合 CrC	
コバルトクロム接合炭化 珪素	CoCr 接合 SiC	
融合炭化珪素	SiC	
コバルトクロムモリブデン	CoCrMo	ダイヤモンド供給原料の装入前 に基材上に薄いタングステン 又はタングステン/コバルト層を 置くことができる
ステンレス鋼	種々	

10

20

30

40

基材又は溶媒・触媒金属として使用されるCoCr類はCoCrMo又はCoCrW、あるいは他の適当なCoCr類であることができる。その代わりにFeをベースとする合金、(Co-Cr-W-Niのような)Niをベースとする合金、又は他の合金を使用できる。Co及びNiの合金類は耐腐食性構成部分を与える傾向がある。前記の基材及び溶媒・触媒金属は、例示のためだけのものである。これらの基材に加えて、他の材料が関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片及び他の表面の構築のための基材として使用するために適当であることができる。

【0089】

チタンを基材として使用する場合、ときには該チタン基材上に薄いタンタル障壁層を置く。タンタル障壁はダイヤモンド供給原料において使用するコバルト合金とのチタン合金の混合を防止する。もしチタン合金とコバルト合金とが混合したならば、有害的に低い融点の共融金属間化合物を、高圧及び高温焼結処理中に形成するだろう。タンタル障壁はチタン合金とコバルト合金との両方に結合し、そしてコバルト溶媒・触媒金属を含有する多結晶ダイヤモンドに結合する。したがって、タンタル障壁層を有するチタン基材、及びコバルト溶媒・触媒金属を有するダイヤモンド供給原料を用いて作られた多結晶ダイヤモンド圧粉体は、非常に強く且つ首尾よく形成されることができる。別法として、チタン基材は、共融金属の形成を防止する障壁を形成するアルファ状態酸化物(α phase oxide)被覆(酸化層)を設けることができる。

10

【0090】

コバルトクロムモリブデン基材を用いる場合、焼結中に炭化クロム(CrC)の形成を制御するために、ダイヤモンド供給原料を装入する前に、薄いタングステンとコバルトとの層を基材上に置くことができる。

20

【0091】

多結晶ダイヤモンド圧粉体表面を形成するために、挙げられた基材に加えて、他の適当な基材を使用することができる。さらに、基材なしで使用するためのダイヤモンド表面を形成することは本発明の範囲内で可能である。任意の超硬質材料及び本明細書において挙げられた他の材料から表面を形成することはまた可能であり、この場合において基材は必要ないであろう。さらに、多結晶ダイヤモンド以外の或るタイプのダイヤモンド又は炭素を使用することを所望する場合に、基材選択は異なるであろう。例えばダイヤモンド表面が化学蒸着又は物理蒸着の使用により作られる場合、それらの製造環境のために適当な、そして使用する組成物のために適当な基材の使用が必要であろう。

30

【0092】

基材の幾何学形状の決定

製造されるべき圧粉体のために適当な、そして使用される材料のために適当な基材の幾何学形状を選択すべきである。非平面ダイヤモンド表面を調製するために、それらの部分の製造を容易にする基材幾何学形状を選ぶことが必要である。適当なダイヤモンド形成を確実にし、そして圧粉体の歪みを避けるために、焼結中にダイヤモンド及び基材に働く力は、厳密に放射状でなければならない。それ故、或る場合において複雑な表面を調製するためにダイヤモンド供給原料との接触表面で、基材の幾何学形状は一般に非平面であることができる。

40

【0093】

前の方に記載したように、合成ダイヤモンドと、大部分の手に入れることができる基材材料との、材料特性における大きな相違が存在する。特に、モジュラスとCTEとは重大な関係がある。しかし、お互いに組み合わせて適用した場合、幾らかの基材は安定な且つ強い多結晶ダイヤモンド圧粉体を形成することができる。下記の表は或る種の基材材料の物理的性質を列挙している。

【表 3】

表3
 或る例示基材の材料性質

基材材料	モジュラス	CTE
Ti 6/4	1650万 psi	5.4
CoCrMo	3550万 psi	16.9
CoCrW	3530万 psi	16.3

10

【0094】

非平面多結晶ダイヤモンド圧粉体の製造のためのチタン基材単独又はコバルトクロム基材単独のいずれかの使用は、ダイヤモンドテーブルの亀裂又はダイヤモンドテーブルからの基材の分離を生ずる可能性がある。特に、高圧及び高温焼結中のチタンの主な性質は圧縮性であり、一方では、焼結中のコバルトクロムの主な性質はCTEである。本発明の或る態様において、2層以上の基材を、製造中及び製造後に寸法安定性を達成させるために使用することができる。

【0095】

本発明の種々の態様において、単一層基材を使用することができる。本発明の他の態様において、記載したように2層基材を使用することができる。しかしながら、使用される構成部分の性質に依存して、3、4又はそれ以上の層を含む基材を使用することが望ましいだろう。本発明の範囲内において、そのような多層基材が理解されることが意図される。

20

【0096】

基材表面地形的輪郭

適用に依存して、多結晶ダイヤモンド圧粉体に形成されるべきである基材上に基材表面地形的輪郭を含むことが有利であろう。1 - 枚 (one-piece)、2 - 枚 (two-piece) 又は多数 - 枚 (multi-piece) 基材が使用されるかどうかには無関係に、ダイヤモンドへの基材の接触を高め、そしてダイヤモンドテーブルの機械的グリップ (grip) を与えるためのダイヤモンドの総表面積を増大させるために、基材の表面を修正するか、又は基材上に地形的輪郭特徴を与えることが望ましいだろう。

30

【0097】

基材上に地形的輪郭特徴を置くことは、単なる平面形状か又は非平面形状として形成する場合に、基材表面幾何学形状又は輪郭となるその基材表面幾何学形状又は輪郭を修正するために役に立つ。基材表面地形的輪郭特徴は、表面を増大し、基材にダイヤモンドテーブルをかみ合わせさせ、亀裂形成を防止し又は亀裂伝播を防止することに役に立つ、でっばり、へこみ又は輪郭的特徴を生ずる1種以上の異なるタイプの地形的輪郭特徴を包含することができる。

【0098】

基材表面地形的輪郭特徴又は基材表面修正は、種々の有用な機能に役に立つ。基材地形的輪郭特徴の使用は、基材とダイヤモンドテーブルとの間の接触の全基材表面積を増大させる。ダイヤモンドテーブルと基材との間の接触のこの増大した表面積は、基材表面地形的輪郭特徴が存在しなかった場合よりも、ダイヤモンドテーブルと基材との間の化学結合の大きな総数を生じ、したがっていっそう強い多結晶ダイヤモンド圧粉体を達成させる。

40

【0099】

基材表面地形的輪郭特徴はまた、基材とダイヤモンドテーブルとの間の機械的かみ合わせを作るのに役に立つ。その機械的かみ合わせは、基材の地形的輪郭特徴の性状により達成され、そしてまた、多結晶ダイヤモンド圧粉体の強度を高める。

【0100】

50

ダイヤモンド及び基材材料のより大きな表面積上に、そしてダイヤモンド及び基材材料のより大きな容積上に、多結晶ダイヤモンド圧粉体の残留応力場を分布させるために、基材表面地形的輪郭特徴をまた、使用することができる。このより大きな分布は、ダイヤモンドテーブル/基材界面でダイヤモンドそれ自体内で及び基材それ自体内での亀裂開始及び/又は亀裂伝播についての限界値(しきい値)より下に応力を維持するために用いることができる。

【0101】

基材表面地形的輪郭特徴は、複合圧粉体構造の長い区分全体にわたって残留応力場を分布させ、そしてより強い部分を達成させるために、ダイヤモンドテーブルと基体との間の傾斜界面又は転移帯域の深さを増大させる。

【0102】

ダイヤモンド層の強度を強化し、そして表面地形的輪郭特徴を使用しなかった場合よりも、破壊に対するより大きな抵抗力を有するいっそう強靱な多結晶ダイヤモンド圧粉体を生ずる残留応力を有する焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体を調製するために基材表面修正を用いることができる。これは、ダイヤモンド層を破壊するためには部分での残留応力にまず打ち勝ち、次にダイヤモンドテーブルの強度に打ち勝つことが必要である理由からである。

【0103】

基材表面地形的輪郭特徴はダイヤモンドテーブルが受けた力を再分布させる。基材表面地形的輪郭特徴は、ダイヤモンド層中を伝達する力に、複数力ベクトルに沿って単一力ベクトルから再伝達させるのを起こさせる。変形における差がダイヤモンドの亀裂及び破損を起こさせる可能性があるので、基材に移動する力の再分布は、ダイヤモンドテーブルよりも迅速に基材材料を変形させる条件を避ける。

【0104】

基材表面地形的輪郭特徴は、より強い部分を達成させるためにダイヤモンドと基材との間の応力場の強度を緩和させるするために使用することができる。

【0105】

基材表面地形的輪郭特徴は、構造物の単位体積当たりの応力を減少させるために、多結晶ダイヤモンド圧粉体構造物の全体にわたって、残留応力場を分布させるために使用することができる。

【0106】

基材表面地形的輪郭特徴は、製造中に、基材をダイヤモンドの端上に押しつけさせることにより、ダイヤモンドテーブルを基材に機械的にかみ合わせさせるために使用できる。緊密に繋がりあった半非平面及びレントレート(lentate)修正は、基材が放射状に膨張するにつれて冷却中にダイヤモンドテーブルと基材との界面を圧縮し且つ高める傾向がある力ベクトルを提供するように働く。

【0107】

製造可能な形を達成させるために、基材表面地形的輪郭特徴をまた、使用できる。本明細書において記載したように、ダイヤモンドと選択基材との間の、熱膨張率及びモジュラスにおける相違は、製造中に多結晶ダイヤモンド圧粉体の破損を生ずるだろう。或る部分について、基材表面地形的輪郭特徴を使用する場合に達成できる基材とダイヤモンドテーブルとの間のより強い界面は、首尾よく製造することができる多結晶ダイヤモンド圧粉体を達成することができる。しかし、同じ大きさの同様な部分が特定化基材表面地形的輪郭特徴よりむしろ単一の基材表面を有する基材を用いて形成されるべきである場合には、ダイヤモンドと基材との、熱膨張率又はモジュラスの相違に起因して、ダイヤモンドテーブルは亀裂するか、又は基材から分離する可能性がある。

【0108】

有用な基材表面地形的輪郭特徴は、波形、溝形、尾根形、他の縦方向表面特徴(これらのいずれも縦方向に、横方向に、所望の角度でお互いに交差して、無作為パターンで、及び幾何学形状パターンで配列していることができ)、三次元組織、非平面区分へこみ、非

10

20

30

40

50

平面区分でっぱり、三角状へこみ、三角状でっぱり、アーチ状へこみ、アーチ状でっぱり、部分的非平面へこみ、部分的非平面でっぱり、シリンダー状へこみ、シリンダー状でっぱり、長方形状へこみ、長方形状でっぱり、 n が整数である n -側面多角形状へこみ、 n -側面多角形状でっぱり、尾根形状のワッフルパターン、でっぱり構造のワッフル鉄（鉄格子）パターン、さざ波形状、乳首状突き出し、肋骨形状、窓形状、あるいは丸い、三角形、アーチ形、四角形、多角形、湾曲した又は他の様式の横断面形状を有する溝形、樋形又は尾根形あるいは他の形を包含する。そのような形状を形成するための機械加工、プレス、押し出し、パンチ（punching）、射出成形及び他の製造技術が、所望の基材地形的輪郭を達成させるために使用することができる。例示目的のために図面において、幾らかの鋭角のコーナーが、基材地形輪郭又は他の構造について描かれているけれども、実際には、全てのコーナーは優れた耐久性を有する構成部分を達成させるために小さな丸みを有することが予想される。

10

【0109】

多くの基材地形的輪郭は、凸状非平面基材において描かれたが、これらの表面地形的輪郭を凸状非平面基材表面、他の非平面基材表面、及び平らな基材表面に適用することができる。示されたものの変更又は修正である基材表面地形的輪郭、及び構成部分の強度又は耐久性を増大させる他の基材地形輪郭がまた使用することができる。

【0110】

ダイヤモンド供給原料選択

典型的には使用されるダイヤモンド粒子は、1ミクロン未満ないし100ミクロンより大の範囲にあることが予想される。しかしながら、本発明の幾つかの態様において、1ナノメートルほどの小さなダイヤモンド粒子を使用することができる。より小さなダイヤモンド粒子は、より滑らかな表面のために使用される。通常、ダイヤモンド粒子寸法は、0.5～2ミクロン範囲又は0.1～10ミクロンの範囲にあるだろう。

20

【0111】

ダイヤモンド供給原料の例を下の表に示す。

【表4】

表4

二様式ダイヤモンド供給原料の例

材料	量
4～8 ミクロンダイヤモンド	約 90%
0.5～1.0 ミクロンダイヤモンド	約 9%
チタン窒化炭素粉末	約 1%

30

【0112】

この配合物は、幾らかのより小さなダイヤモンド結晶と幾らかのより大きなダイヤモンド結晶を混合し、その結果、焼結中に、小さな結晶は溶解し、次ぎに、より大きなダイヤモンド結晶との格子構造を形成するために、再結晶化することができる。窒化炭素チタン粉末は、より小さなダイヤモンド結晶を有する仕上げ製品を生成するために、焼結中に過剰のダイヤモンド粒子成長を防止するために、随意的にダイヤモンド供給原料中に包含させることができる。

40

【0113】

他のダイヤモンド供給原料の例を下の表に提供する。

【表 5】

表5

三様式ダイヤモンド供給原料の例

材料	量
寸法 x ダイヤモンド結晶	約 90%
寸法 $0.1x$ ダイヤモンド結晶	約 9%
寸法 $0.01x$ ダイヤモンド結晶	約 1%

10

【0114】

第1寸法、即ち直径“ x ”、第2寸法 $0.1x$ 及び第3寸法 $0.01x$ を有する任意の適当なダイヤモンド供給原料を用いて、上に記載された三様式(trimodal)ダイヤモンド供給原料を使用できる。この割合のダイヤモンド結晶は、仕上げ多結晶ダイヤモンド圧粉体において約89%の理論密度までの供給原料を充てんし、ほとんどの間隙空間を閉じ、そして最も高い密度のダイヤモンドテーブルを提供することを可能にする。

【0115】

他のダイヤモンド供給原料の例を下の表に提供する。

【表 6】

表6

三様式ダイヤモンド供給原料の例

材料	量
寸法 x ダイヤモンド結晶	約 88-92%
寸法 $0.1x$ ダイヤモンド結晶	約 8-12%
寸法 $0.01x$ ダイヤモンド結晶	約 0.8-1.2%

20

30

【0116】

他のダイヤモンド供給原料の例を下の表に提供する。

【表 7】

表7

三様式ダイヤモンド供給原料の例

材料	量
寸法 x ダイヤモンド結晶	約 85-95%
寸法 $0.1x$ ダイヤモンド結晶	約 5-15%
寸法 $0.01x$ ダイヤモンド結晶	約 0.5-1.5%

40

【0117】

他のダイヤモンド供給原料の例を下の表に提供する。

【表 8】

表8

三様式ダイヤモンド供給原料の例

材料	量
寸法 \times ダイヤモンド結晶	約 80-90%
寸法 0.1 \times ダイヤモンド結晶	約 10-20%
寸法 0.01 \times ダイヤモンド結晶	約 0-2%

10

【0118】

本発明の幾つかの態様において、使用するダイヤモンド供給原料は、約100ナノメートル以下の最も大きな寸法を有するダイヤモンド粉末である。本発明の幾つかの態様において、多くの適用において、焼結中に、基材からの有意義な溶媒 - 触媒金属押し流し (sweep) が同様に存在するけれども、焼結処理において助力するために或る種の溶媒 - 触媒金属が、ダイヤモンド供給原料と共に包含される。

【0119】

溶媒金属選択

幾らかのダイヤモンド結晶を溶媒和し、その結果、それらは後に再結晶化し、そして多結晶ダイヤモンドを特徴づけるダイヤモンド - ダイヤモンド結合した格子網状組織を形成するために、焼結中に基材からダイヤモンド供給原料の中に溶媒金属を押し出す (sweep) ことを既に記載した。基材からの溶媒 - 触媒金属の押し出しを補足することを必要とする場合にのみ、ダイヤモンド供給原料に幾らかの溶媒 - 触媒金属を包含させることが可能である。

20

【0120】

伝統的に、多結晶ダイヤモンドを製作するために、コバルト、ニッケル及び鉄が溶媒金属として使用されてきた。白金及び他の材料もまた、結合剤のために使用できるだろう。

【0121】

より大きな耐摩耗性のPDCを達成させるためにPCDを焼結するための溶媒 - 触媒金属としてCoCrを使用できる。コバルト (Co) 金属でダイヤモンド粒子に浸透させると標準的多結晶ダイヤモンド圧粉体を生成する。コバルトがダイヤモンドに浸透するにつれて、(主としてより小さなダイヤモンド粒子から) 炭素を溶解し、そしてより大きなダイヤモンド粒子上に再沈殿して、一緒にそれらの粒子を成長させる。これは液相焼結として知られている。ダイヤモンド粒子間の残っている細孔空間はコバルト金属で充てんされる。

30

【0122】

この例において、Co金属と同様に働く溶媒金属として合金コバルトクロム (CoCr) を使用することができる。しかしながら、CoCrが若干の溶解した炭素と反応してCoCr炭化物の沈殿物を生ずる点において異なる。大部分の炭化物と同様に、これらの炭化物は、コバルト金属より硬く (耐摩耗性) であり、そしてより大きな耐摩耗性又は耐摩耗性PDCを生ずる。

40

【0123】

他の金属をCoに加えてダイヤモンド粒子間の細孔空間内に沈殿物として金属炭化物を形成することができる。これらの金属は以下のTi、W、Mo、V、Ta、Nb、Zr、Si及びそれらの組み合わせを包含するが、しかしそれらに限定されない。

【0124】

ダイヤモンド供給原料に溶媒金属を加えることばかりでなく、適当な割合で溶媒金属を含むこと、そしてそれを供給原料と均一に混合することもまた、重要である。質量 (重量) により約86%のダイヤモンド供給原料及び15%の溶媒金属の使用が良好な結果を与

50

えており、ダイヤモンド供給原料の、溶媒金属に対する他の有用な比は5：95、10：90、20：80、30：70、40：60、50：50、60：40、65：35、75：25、80：20、90：10、95：5、97：3、98：2、99：1、99.5：0.5、99.7：0.3、99.8：0.2、99.9：0.1、及びその他を包含することができる。

【0125】

ダイヤモンド供給原料を溶媒 - 触媒金属と混合するために、混合すべき量の供給原料及び溶媒金属を、所望の溶媒 - 触媒金属から形成された混合用ボールのような混合用ボール中にまず一緒に入れることができる。次に、30分のような適当な時間期間、乾燥メタノール及び磨滅球 (attritor balls) を用いて、(200rpmのような) 適当な速度で、供給原料と溶媒金属との組み合わせを混合することができる。磨滅球、混合用備品 (mixing fixture) 及び混合用ボールを、溶媒 - 触媒金属から形成できる。次にメタノールを傾瀉させ、ダイヤモンド供給原料を磨滅球から分離することができる。次に、その供給原料を約1時間約1000 で分子状水素炉中で焼成することにより乾燥し、そして清浄化することができる。次に、その供給原料を、装入及び焼結のために準備する。別法として、それはその清浄性を維持する条件で貯蔵することができる。焼成のために使用できる適当な炉はまた、水素プラズマ炉及び真空炉を包含する。

【0126】

装入ダイヤモンド供給原料

図3を参照して、装入技術を実施するための装置が描かれている。縦軸302を有する回転用棒 (spinning rod) 301を含み、その回転用棒はその縦軸の周りを回転することができる。その回転用棒301は製造されるべき部品の寸法及び形にぴったりと合った末端303を有する。例えば製造されるべき部品が非平面である場合、その回転用棒の末端303は半非平面であることができる。

【0127】

圧縮リング304は穴305を設けており、その穴中に該回転用棒301が突き出ることができる。ダイス型306又はカン (can) は、作られるべき部品の寸法及び形にぴったりと合ったくぼみ307を設けている。

【0128】

ダイヤモンド供給原料を装入するために、回転用棒を錐つかみ (ドリルチャック : drill chuck) 中に入れ、そして回転用棒を、ダイス型の中心点と一直線に合わせる。ダイス型のくぼみに対して回転棒が止まる深さは1セットのネジで制御し、そしてダイヤル表示器で監視する。

【0129】

ダイス型に既知の量のダイヤモンド供給原料材料を詰め込む。次に回転用棒をその縦軸の周りに回転させ、そして所定の深さまでダイス型の穴中に低下させる。この操作中に、回転用棒はダイヤモンド供給原料に接触し、そしてそれを配列し直す。次に回転用棒の回転を停止させ、そして回転用棒を適所に固定させる。

【0130】

次にダイス型のくぼみにおいて圧縮リングがダイヤモンド供給原料に接触する点まで、圧縮リングを、回転棒の外側の周りで下げる。ダイヤモンドと接触する圧縮リングの部分は環状である。圧縮リングを上下にタンピングさせて (is tamped up and down)、ダイヤモンドを圧縮する。このタイプの圧縮は、同じ密度にまでくぼみ全体にわたってダイヤモンド材料を分布させるために使用され、そして架橋を防止するために徐々に行われる。圧縮リングを用いてのダイヤモンドの充てんは、生じたサンプルの均分円 (赤道) の周りのダイヤモンドの密度を非常に均一にさせ、そしてくぼみにおける極領域の密度と同じであるようにさせる。この形状において、ダイヤモンドは忠実に非平面の様式で焼結し、結果として得られた部品はその球形を許容範囲に近く維持する。

【0131】

10

20

30

40

50

ダイヤモンドのような粉末供給原料の大きな体積の制御

以下の情報は、焼結前のダイヤモンド供給原料の制御及び予備処理についての追加の指示を提供する。多結晶ダイヤモンド圧粉体（PDC）及び多結晶立方晶窒化ホウ素（PCBN）粉末は、焼結処理中に体積において減少する。受ける収縮の量は以下のような多くの要因によって左右される。

- a. ダイヤモンドと混合された金属の量。
- b. 粉末の装入密度。
- c. ダイヤモンド金属混合物の嵩密度。
- d. 装入された粉末の容積。
- e. 粉末の粒子寸法分布（PSD）。

10

【0132】

大部分のPDC及びPCBN焼結の適用において、使用する粉末の容積は、図3A-1において示されるように、収縮を容易に管理するのに十分に小さい。カン3A-54において2つのカンのハーフ3A-53が基材3A-52及びダイヤモンドテーブル3A-51を含有している、そのカン（can）3A-54を、図3Aにおいて見ることができる。しかしながら、球形形状でのダイヤモンド粉末の大きな容積を焼結する場合、図3A-2及び図3A-3の横断面において示されるように、収縮は、閉じ込めカン3A-66の歪みを起こさせるのに十分に大きい。焼結したダイヤモンド3A-75を有するがしかしそのカンはゆがみ3A-77及びしわ3A-78を有し、結果として均一でない、そして損傷した部品を生ずる。以下の方法は、大きな容積のダイヤモンド及び/又は金属粉末を装入した球形の且つ非平面の部品のための、改良された装入、予備圧縮、密度増大化及び耐火性カンのシーリング方法である。その処理工程を下に記載する。

20

【0133】

図3A-4及び図3A-5でのその横断面を参照して、PDC又はPCBN粉末3A-911を、基材3A-99に対して、そしてシール3A-912を有する耐火性金属閉じ込めカン3A-910中に、装入する。収縮に順応させるためにカン中のシームに垂直に余分の粉末を装入することができる。

【0134】

図3A-6を参照して、カン合体集合体（assembly）3A-913は、2つの半球形パンチ3A-1016及び3A-1017を有するシリンダー状ホルダー又はスライド3A-1015であり得る圧縮固定具（compaction fixture）3A-1014中に入れられる。その固定具は閉じ込めカンをサポートし、そしてプレス操作中にシームにてカンを滑らせるようにデザインされる。

30

【0135】

図3A-7-1を参照して、接合部3A-912及びパンチ3A-1016とのカンハーフスキン（can half skins）3A-910の関係が見られる。

図3A-7を参照して、カン3A-913を有する固定具3A-1014をプレス3A-1218中に入れ、そして上方パンチ及び下方パンチは、そのカン合体集合体（assembly）を圧縮する。その閉じ込めカンの2つのハーフはお互いを通り越し滑って、ゆがみを防止し、その一方で粉末状供給原料を圧縮する。

40

【0136】

図3A-8を参照して、上方パンチを引っ込め、そしてクリンピングダイス型をシリンダーに取り付ける。

図3A-9及び3A-9-1を参照して、下方パンチを上昇させて、過剰のカン材料をクリンピングダイス型の半球部分中に押し込み、上方のカンの周りにその過剰部分を巻き付ける。

【0137】

図3A-10を参照して、下方パンチを上昇させて、カン合体集合体（can assembly）をシリンダーから押し出す。

図3A-11を参照して、カン合体集合体（assembly）は、高い装入密度を有

50

する球状でプレス操作から出てくる。次にその閉じ込めカンを歪めたり又は破損することなしに、立方体プレス又は他のプレス中でその部品を焼結することができる。

【0138】

ダイヤモンド供給原料の一般的な結合

供給原料ダイヤモンドの均一な密度を維持するために使用できる他の方法は、結合剤の使用である。結合剤を正しい容量の供給原料ダイヤモンドに加え、次にその組み合わせ物をカン(can)中に圧入する。使用できる或る種の結合剤はポリビニルブチリル、ポリメタクリル酸メチル、ポリビニルホルモル、ポリビニルクロライドアセテート、ポリエチレン、エチルセルロース、アビエチン酸メチル、パラフィンワックス、ポリプロピレンカーボネート及びポリメタクリル酸エチルを包含する。

10

【0139】

本発明の1つの態様において、ダイヤモンド供給原料を結合する方法は4つの工程を含む。第1番目に、結合剤溶液を調製する。結合剤溶液は、ポリ(プロピレンカーボネート)のペレットに約5~25%の可塑剤を加え、そしてこの混合物を2-ブタノンのような溶媒中に溶解して約20重量%溶液を生成することにより調製することができる。

【0140】

使用できる可塑剤は、一般に非水性結合剤、グリコール、フタル酸ジブチル、フタル酸ブチルベンジル、フタル酸ベンジルアルキル、フタル酸ヘキシルジエチル、フタル酸ジイソエシル(diisocetyl phthalate)、フタル酸ジイソノニル、フタル酸ジメチル、ジプロピレングリコールジベンゾエート、混合グリコールジベンゾエート、2-エチルヘキシルジフェニルベンゾエート、混合グリコールジベンゾエート、燐酸2-エチルヘキシルジフェニル、燐酸ジフェニルイソデシル、燐酸ジフェニルイソデシル(isodecyl diphenyl phosphate)、燐酸トリクレシル、燐酸エチルトリプトキシ、アジピン酸ジヘキシル、トリメリト酸トリイソオクチル、フタル酸ジオクチル、エポキシ化あまに油、エポキシ化大豆油、クエン酸トリエチルアセチル、プロピレンカーボネート、種々のフタル酸エステル類、ステアリン酸ブチル、グリセリン、ポリアルキルグリコール誘導体、蔞酸ジエチル、パラフィンワックス、及びトリエチレングリコールを包含する。他の適当な可塑剤を同様に使用することができる。

20

【0141】

使用できる溶媒は、2-ブタノン、塩化メチレン、クロロホルム、1,2-ジクロロエチレン、トリクロロエチレン、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ビニル、プロピレンカーボネート、酢酸n-プロピル、アセトニトリル、ジメチルホルムアミド、プロピオニトリル、n-メチル-2-ピロリドン、氷酢酸、ジメチルスルホキシド、アセトン、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン、オキシソルブ80a(oxysolve 80a)、カプロラクトン、ブチロラクトン、テトラヒドロフラン、1,4-ジオキサン、プロピレンオキシド、アセチルセロソルブ、2-メトキシエチルエーテル、ベンゼン、スチレン、キシレン、エタノール、メタノール、トルエン、シクロヘキサン、塩素化炭化水素類、エステル類、ケトン類、エーテル類、エチルベンゼン及び種々の炭化水素を包含する。他の適当な溶媒を同様に使用することができる。

30

【0142】

第2番目に、ダイヤモンドを該結合剤溶液に混合する。ダイヤモンドを該結合剤溶液に加えて、約2~25%結合剤溶液を得ることができる(パーセントは、2-ブタノンに関することなしに計算される)。

40

【0143】

第3番目に、ダイヤモンドと結合剤溶液との混合物を乾燥させる。これは溶媒2-ブタノンのすべてを追い払うために、約50で約24時間、真空オープン中にそのダイヤモンドと結合剤溶液との混合物を置くことにより行うことができる。第4番目に、ダイヤモンド及び結合剤を圧縮成形させることができる。ダイヤモンド及び結合剤をオープンから取り出すときに、小片に砕くことができる塊の状態にあり、この小片を、次に圧縮プレスを用いて所望の形にプレスすることができる。所望の幾何学形状のプレス用スピンドル

50

を、結合ダイヤモンドと接触させて、それを所望の形に形成することができる。ダイヤモンド及び結合剤をプレスしたときに、そのスピンドルを引っ込める。プレス後のダイヤモンド及び結合剤の最終密度は、少なくとも約 2.6 g/cm^3 であることができる。

【0144】

揮発性結合剤を使用する場合、焼結前に成形ダイヤモンドから、それを除去すべきである。成形したダイヤモンドを炉中に入れ、そして残っている結合剤が存在しないような十分の長さの時間にわたって結合剤を気化させるか、又は熱分解させるかの、いずれかを行う。多結晶ダイヤモンド圧粉体の品質が、ダイヤモンド又は基材の異物汚染により減少する、そして炉サイクル中に汚染物及び結合剤を除去するのを確実にするために大きな注意をはらわなければならない。手はずの整え (ramp up) 及び時間と温度との組み合わせは、結合剤の有効な熱分解のために重要である。上に示された結合剤の例について、結合剤を除去するために用いることができる結合を解く (debinding) 方法は以下のとおりである。この記載を読みながら図4を検討することが助けとなるだろう。

10

【0145】

第1番目に、成形したダイヤモンド及び結合剤を周囲の温度から約 500 までに加熱する。その温度は、約 500 に到達するまで、約 2 /分ずつ上昇させることができる。第2番目に、結合した且つ成形したダイヤモンドの温度を約2時間約 500 に維持する。第3番目に、ダイヤモンドの温度を再び上昇させる。その温度は、約 950 の温度に到達するまで、約 500 から約 4 /分ずつ上昇させることができる。第4番目に、約6時間ダイヤモンドを約 950 に維持する。第5番目に、次ぎに約 2 /分の温度減少で、ダイヤモンドを周囲の温度に戻させる。

20

【0146】

本発明の幾つかの態様において、結合したダイヤモンド供給原料を、射出成形のような適当な方法により予備成形することが望ましいだろう。ダイヤモンド供給原料は、1種以上の寸法のダイヤモンド結晶、溶媒-触媒金属、そしてダイヤモンド再結晶化及び溶媒-触媒金属分布を制御するための他の成分を含むことができる。ダイヤモンド供給原料の取り扱い、部品の所望の最終湾曲が平らであるか、凸型ドーム形又は円錐形である場合は困難ではない。しかしながら、その部品の所望の最終湾曲が本明細書において例示したような複雑な形状を有する場合は、多結晶ダイヤモンド圧粉体の均一な厚さ及び正確な形状を提供することは、粉末ダイヤモンド供給原料を用いる場合にいっそう困難である。その

30

【0147】

カン (can) 中に粉末ダイヤモンド供給原料を入れるよりもむしろ、焼結のためにカン中に装入する前にダイヤモンド供給原料を予備成形することが望ましい場合、本明細書に記載された諸工程、及びそれらの変更に従うことができる。第1に、既に記載したように、適当な結合剤をダイヤモンド供給原料に加える。随意的に、粉末化溶媒-触媒金属及び他の構成成分を同様に供給原料に加える。結合剤は、典型的には、融点、種々の溶媒中への溶解度及びCTEのような或る特性について選ばれた重合体であるだろう。1種以上の重合体を該結合剤中に包含させることができる。所望の結合、流体流動及び射出成形特性を達成させるために、結合剤はまた、所望に応じてエラストマー及び/又は溶媒を含むことができる。供給原料に加えられるべき結合剤の実用容積は、軽く圧縮した粉末の量で空の空間の測定容積に等しいか、又は僅かに多くてもよい。結合剤層は典型的には比較的

高いCTEを有する有機重合体のような材料からなるので、実用容積は、予期される射出成形温度について、計算されるべきであろう。結合剤及び供給原料は、組成の均一性を確実にするために徹底的に混合すべきである。加熱した場合、結合剤及び供給原料は、高圧射出成形において流動するのに十分な流体特性を有するだろう。次ぎに加熱した供給原料と結合剤との混合物は、所望の形状の型中に加圧下に射出させる。次ぎに成形された部品を固化するまで型中で冷却し、そしてその型を開け、該部品を取り出すことができる。所望の最終多結晶ダイヤモンド圧粉体の幾何学形状に依存して、1つ以上の成形されたダイヤモンド供給原料構成部分を形成し、そして多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結のために

40

50

カン (can) 中に入れることができる。さらに、この方法の使用は、ダイヤモンド供給原料を所望の形に成形し、次ぎに焼結処理において使用する前の長い時間期間にわたって貯蔵することを可能にし、それにより製造を簡略化し、そしていっそう効率のよい生産を生ずる。

【0148】

所望に応じて、射出成形されたダイヤモンド供給原料成形体 (form) から結合剤を除去することができる。これを達成させるために種々の方法を使用することができる。例えば、単なる真空又は水素炉処理により、ダイヤモンド供給原料成形体から結合剤を除去することができる。そのような方法において、その成形体を、真空において、又は非常に低い圧力の水素 (還元性) 環境において所望の温度にもたらず。次ぎに結合剤は温度上昇と共に揮発し、そして成形体から除去されるだろう。次ぎにその成形体を炉から取り出すことができる。水素を使用する場合、それはダイヤモンド供給原料成形体のダイヤモンド結晶上に非常に清浄な且つ化学的に活性な表面を維持するための助けとなる。

10

【0149】

成形体から結合剤を除去するための別の方法は、異なる分子量を有する2種の (ポリエチレンのような) 重合体結合剤を使用することを包含する。始めの射出成形の後に、ダイヤモンド供給原料成形体を、より低い分子量の重合体を除去する溶媒浴中に入れ、ダイヤモンド供給原料成形体の形状を維持するために、より高い分子量の重合体を後に残す。次ぎにより高い分子量の重合体を除去するために真空の又は非常に低い圧力の水素処理のための炉中に、ダイヤモンド供給原料成形体を入れる。

20

【0150】

ダイヤモンド供給原料成形体からの部分的又は完全な結合剤除去は、多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結のための加圧集合体 (pressure assembly) にの、成形体の集合作業 (assembly) の前に行うことができる。別法として、ダイヤモンド供給原料成形体を含む加圧集合体を、真空の又は非常に低い圧力の水素炉処理及び結合剤除去のための炉中に入れることができる。

【0151】

希釈結合剤

或る態様において、形を保持するために、希釈結合剤を、PCD、PCBN又はセラミック粉末に加えることができる。この技術は種々の幾何学形状の層に、多結晶ダイヤモンド圧粉体 (PDC)、多結晶立方晶窒化ホウ素 (PCBN)、セラミック又はサーメット粉末を形成する、改良された方法を提供するために使用することができる。PDC、PCBN、セラミック又はサーメット粉末を一時的な有機結合剤と混合することができる。この混合物を混合し、そして所望の厚さのシート (テープ) にキャストイングするか又はカレンダーがけすることができる。そのシートを乾燥して水又は有機溶媒を除去することができる。次ぎに、対応する基材の幾何学形状に一致させるために必要とされる形に、その乾燥テープを切断することができる。次ぎにテープ/基材集合体 (assembly) を真空炉中で加熱して結合剤材料を追い払うことができる。次ぎにその温度を、セラミック又はサーメット粉末がそれ自体及び/又は基材に融合する水準にまで上昇させて、それにより基材に結合した均一な連続的なセラミック又はサーメット被覆を生成することができる。

30

40

【0152】

図5を参照して、ダイス型55中にカップ/カン54を有し、そしてダイス型55に対してダイヤモンド供給原料52を有するダイス型55を描いている。パンチ53はダイヤモンド供給原料を、所望の形状に形成するために使用される。結合剤液体51は、ダイヤモンド、PCBN、セラミック、又はサーメット粉末52が所望の幾何学形状になる後までは、加えられない。乾燥粉末52は、保持ダイス型 (holding die) 55において支持された耐火性閉じ込めカン54において、回転する形成されたパンチ53を用いて形成されたスピンである。図6において示される他の方法において、供給原料粉末62を型66に加える。パンチは供給原料を形に形成する。振動機67を、粉末62が型6

50

6の形を取るのに助力するために用いることができる。粉末供給原料が所望の幾何学形状になった後に、溶媒との有機結合剤の希釈溶液を、粉末顆粒中に通過させて濾過させる。

【0153】

図7及び図8において示されるように、一方の粉末層88を装入することができ、そして2、3分後に、結合剤が室温で十分に硬化した後に、他方の層89を該第一層88の上部に装入することができる。この方法は、変化している粉末粒子寸法及び金属含有量の多重層を有するPDC又はCBNを生成することにおいて特に有用である。その方法は所望するだけの多くの層を生成するために繰り返すことができる。図8は、第1層88、第2層89、第3層810、及び最終層811を使用しての球状多重層化粉末装入の断面図を示す。良好な装入密度を生成するために、そして内部圧力の蓄積から押し退けられる閉じ込めカンの傾向を減少させるために結合剤の除去の段階中に生成するガスの量を制限するために、結合剤含有量を最少に維持すべきである。

10

【0154】

いったん全ての粉末層を装入したならば、約200ミリトル以下の真空での真空オーブン中で、図9において示されるような時間及び所望の温度プロフィールで結合剤を焼き尽くすことができる。許容できる結合剤はメチルエチルケトン中の0.5~5%プロピレンカーボネートである。結合剤を除去するために使用することができる例示的結合剤焼き尽くしサイクルは以下のとおりである：

【表9】

20

時間 (分)	温度 (℃)
0	21
4	100
8	250
60	250
140	800
170	800
290	21

30

【0155】

傾斜

ダイヤモンドテーブルにおいて異なるタイプの傾斜を造るためにダイヤモンド供給原料を選び且つ装入することができる。これは界面傾斜ダイヤモンドテーブル、漸増的傾斜ダイヤモンドテーブル及び連続傾斜ダイヤモンドテーブルを包含する。

【0156】

単一タイプ又は混合のダイヤモンド供給原料を基材に隣接して装入する場合、本明細書のどこかで説明したように、ダイヤモンド中への溶媒-触媒金属の押し流し(sweep)はダイヤモンドテーブルの傾斜転移帯域(gradient transition zone)における界面傾斜を形成する。

40

【0157】

漸増的傾斜ダイヤモンドテーブルは、焼結の前に、異なる薄層(strata)又は層(layers)において、異なる特性(ダイヤモンド粒子寸法、ダイヤモンド粒子分布、金属含有量、等)のダイヤモンド供給原料を装入することにより形成することができる。例えば、基材を選び、そして60重量%の溶媒-触媒金属を含有する第1ダイヤモンド供給原料を基材に隣接する第1薄層(strata)に装入する。次ぎに40重量%の溶媒-触媒金属を含有する第2ダイヤモンド供給原料を該第1薄層に隣接する第2薄層に装入する。随意的にダイヤモンド供給原料の追加の薄層を用いることができる。例えば、20重量%の溶媒-触媒金属を含有するダイヤモンド供給原料の第3薄層を第2薄層に隣接

50

して装入することができる。

【0158】

連続傾斜ダイヤモンドテーブルは、1つ以上のその特性が、ダイヤモンドテーブルの一方の深さから他の深さまでに連続的に変化する様式でダイヤモンド供給原料を装入することにより形成することができる。例えば、基材に強く結合しているが、しかし非常に低い摩擦表面を有している部品を形成するために、ダイヤモンド粒子寸法は（押し流す（sweep）ための溶媒 - 触媒金属のための、ダイヤモンド中の大きな間隙空間を造るために）基材近くでの大きな粒子寸法からダイヤモンド表面近くでの小さな粒子寸法まで、粒子寸法を変化させることができる。

【0159】

異なる薄層（strata）のダイヤモンド供給原料は、同じか又は異なるダイヤモンド粒子寸法及び粒子寸法分布のものであることができる。溶媒 - 触媒金属は約0% - 約80%より大の重量%で異なる薄層のダイヤモンド供給原料中に包含させることができる。或る態様において、焼結を達成させるために基材から溶媒 - 触媒金属の押し流し（sweep）に依存して、中に溶媒 - 触媒金属なしでダイヤモンド供給原料を装入するだろう。複数のダイヤモンド供給原料薄層、異なるダイヤモンド粒子及びその分布を有する薄層、重量により異なる溶媒 - 触媒金属、又はそれら両方の使用は表面でよりも基材との界面で異なる物理的特性を有するダイヤモンドテーブルを形成させることを可能にする。このことは、その基材に非常にしっかりと結合したダイヤモンドテーブルを有する多結晶圧粉体を製造することを可能にする。

【0160】

形状を保持するための締め焼き処理

所望に応じて、締め焼き（biskuing）処理は、多結晶ダイヤモンド圧粉体、多結晶立方晶窒化ホウ素及びセラミック又はサーメット製品の、後での処理のための形状を保持するために使用することができる。これは、“締め焼き（biskuing）”と呼ばれる、多結晶ダイヤモンド圧粉体（PDC）、多結晶立方晶窒化ホウ素（PCBN）、セラミック又はサーメット粉末の高温高压（HTHP）焼結における暫定処理工程を包含する。締め焼き（biskuing）は、上記製品の処理に対して以下の強化を提供することができる：

- a. 或る密度及び寸法にある予備焼結化形状を制御することができる。
- b. 生成物稠度を非常に効果的に改良する。
- c. 締め焼き形で形状を容易に取り扱うことができる。
- d. 積層構造物において、締め焼きは、複数の異なる層をお互いに汚染することから遠ざける。
- e. 異なる複数の構成成分又は層を別々に締め焼きすることは、作業要素の分離を増大させ、生産効率及び品質を高める。
- f. 締め焼き型は、しばしば、より小さな最終製品を形成する最終集合化の前に、取り扱い及び管理することがいっそう容易である。

【0161】

締め焼き用型及び容器は、締め焼きされるべき任意の混合成分の中で最も高い融点より高い融点を有する任意の高温材料から製作することができる。十分に機能する締め焼き型/容器材料は、グラファイト、石英、固体六方晶窒化ホウ素及びセラミックである。十分に機能する或る種の耐火タイプの金属（高温ステンレス鋼、Nb、W、Ta、Mo、等）は、締め焼き温度がいっそう低く、そして締め焼き粉末混合物の固着が問題でない場合の幾つかの適用がある。型又は容器は、プレス、成形または機械加工により形作ることができ、そして締め焼き材料と型/容器自体との界面で磨かれているのが好ましい。或る種の型/容器材料は使用の前に、つや出し加工（glazing）し、そして/又は焼結する。

【0162】

図10は締め焼き処理を用いて凹面レリーフ又はトラフ（trough）を有するシリ

10

20

30

40

50

ンダーを作るための態様 1006 を示す。固体相焼結を受けるために十分な金属を含有する PDC、PCBN、セラミック又はサーミット材料 1001 の予め混合した粉末を締め焼き用型又は容器 1002 及び 1004 に装入する。炉焼成後に、最終締め焼き成形体を取り出すのを確実にするために離型剤が型 / 容器間に必要とされるだろう。使用できる幾種かの離型剤は、HBN、グラファイト、雲母及びダイヤモンド粉末である。焼結処理中に材料が形を保持するのを確実にするために、一体的支持形状 1005 を有する締め焼き型 / 容器蓋を、装入した粉末材料の上に置く。次ぎに水素雰囲気炉に、又はその代わりに 200 ~ 0 ミリトルの範囲の真空を引き入れている真空炉に、締め焼き型 / 容器集合体 (assembly) を入れる。次ぎにその装入物を、最大容量混合金属の溶融温度の 0.6 ~ 0.8 の範囲内に加熱する。典型的な炉サイクルを図 12 に示す。いったん炉サイクルが完了し、そして型 / 容器を冷却したならば、さらに HPH T 処理のために硬化した締め焼き成形粉末を取り出すことができる。供給原料の締め焼き成形体 1003 は実 (net) 生成物である。

10

【0163】

図 11 は、複数の粉末層 1107a 及び 1107b を有する完全な半球状部分 1109 のための締め焼き成形体の製作 1110 を示す。固相焼結を受けるのに十分な金属を含有する、PDC、PCBN、セラミック又はサーミット材料の予め混合した粉末を締め焼き用型又は容器に装入する。炉焼成後に、最終の締め焼き成形体を取り出すのを確実にするために、型 / 容器間に離型剤が必要であろう。次ぎに 200 ~ 0 ミリトルの範囲の真空を引き入れている真空炉に締め焼き型 / 容器集合体 (assembly) を入れる。次ぎにその装入物を、最大容量の混合金属の溶融温度の 0.6 ~ 0.8 の範囲内に加熱する。いったん炉サイクルが完了し、そして型 / 容器を冷却したならば、さらに HPH T 処理のために硬化した締め焼き成形された粉末 1109 を取り出すことができる。焼結前に望ましくない物質を除去するために使用できる締め焼き結合剤焼き尽くしサイクルの例は、以下の通りである：

20

【表 10】

時間 (分)	温度 (℃)
0	21
0.25	21
5.19	800
6.19	800
10.19	21

30

【0164】

ダイヤモンド供給原料における自由体積の減少

前の方に記載したように、焼結を試みる前にダイヤモンド供給原料中の自由体積を除くことが望ましいだろう。これは特に非平面凹及び凸部分を生成する場合に有用な手続きであろう。しかしながら、十分な金床 (アンビル : anvil) 移動を有するプレスを、高圧及び高温焼結のために使用する場合、この工程は必要ないであろう。或る場合において、ダイヤモンド供給原料における自由体積は、結果として得られたダイヤモンド供給原料が少なくとも約 95% 理論密度、ときには理論値の約 97% までに近いように減少させることができる。

40

【0165】

図 13 及び 14a を参照して、自由体積を排除するためにダイヤモンドを予備圧縮するために使用する組み立て体 (assembly) を描いている。図面においてダイヤモンド供給原料は、凸形非平面多結晶ダイヤモンド部品を作るために使用されることが意図されている。その組み立て体は、他の複雑な形状の多結晶ダイヤモンド圧粉体を作成するた

50

めにダイヤモンド供給原料を予備圧縮するために適合化させることができる。

【0166】

描かれている組み立て体は、圧力移動媒体の立方体1301を含む。立方体はパイロフイライト（葉口ウ石）又は合成圧力媒体のような他の適当な圧力移動媒体から作られ、そしてその立方体の6面を同時に圧する金床（アンビル：anvil）を有する立方体プレスからの圧力を受けることを意図している。立方体よりもむしろシリンダー状セル（cell）は、この工程のためにベルトプレスを使用する場合に使用されるだろう。

【0167】

立方体1301は、シリンダー空洞1302又はそれを通過する通路を有している。その空洞1302の中心は、予備圧縮すべきであるダイヤモンド供給原料1306装入した非平面耐火金属カン1310を受け入れるだろう。そのダイヤモンド供給原料1306はそれとともに基材を有することができる。

10

【0168】

カン1310は、2つの半非平面カンハーフ1310a及び1310bからなり、その1つは他と重なって細い唇（lip）1312を形成する。そのカンはニオブ、タンタル、モリブデン等のような適当な耐火金属であることができる。そのカンは典型的には2つの半球体であり、その1つの半球体は、ダイヤモンド供給原料を十分に包入するために、その内側にその他の半球体が滑り込むのを受け入れるために僅かに大きい。溝をつけた領域又は唇（lip）は、より小さいカンが、その中に当てはまるように、より大きいカンに設けられている。そのカンの継ぎ目（シーム）は、乾燥六方晶窒化ホウ素のような適当なシール材又は合成圧縮媒体でシールする。そのシール材は、塩圧力媒体がカンに浸透するのを防止する障壁を形成する。カン継ぎ目（シーム）はまた、プラズマ、レーザー又は電子ビーム処理により溶接することができる。

20

【0169】

適当に形作られた対の塩ドーム1304及び1307は、ダイヤモンド供給原料1306を含有するカン1310を取り囲む。図示された例において、塩ドームの各々は、非平面ダイヤモンド供給原料を含有するカン1310を受け入れるために、半非平面空洞1305及び1308を有する。塩ドームがダイヤモンド供給原料をすっぽりと包むように、塩ドームとカンとダイヤモンド供給原料を一緒に合体集合させる。塩ドーム1304及び1307の外側上に1対のシリンダー状塩円板1303及び1309を合体集合させる。全ての上記構成部分は圧力媒体立方体1301の穴1302内にぴったりと合っている。

30

【0170】

ダイヤモンドを予備圧縮しそしてそれを焼結のための調整するために、その全体のパイロ立方体（pyrocube）組み立て体をプレスに入れ、（約40～68キロバールのような）適当な圧力下そして短い期間だけれども適当な時間加圧する。この工程のための加熱は必要ない。

【0171】

離型

非平面形状を作る場合、所望の実形状（正味形状）を生成するために、焼結処理において型を使用することが望ましいだろう。形作られたダイヤモンド又は他の超硬質製品を形成するにあたって、離型剤としてCoCr金属を使用することができる。得られた超硬質のテーブルに支持を与えることを目的として、基材に超硬質粉末供給原料を焼結することは、標準の多結晶ダイヤモンド圧粉体（PDC）及び多結晶立方晶窒化ホウ素（PCBN）部品を生成するために使用することができる。しかしながら、或る適用において、基材からダイヤモンドテーブルを取り外すことが望ましいだろう。

40

【0172】

図14を参照して、ダイヤモンド層1402及び1403は、界面1404で基材1401に焼結されている。基材が最終製品で必要でない場合、自立性ダイヤモンドを生じさせるために、その界面1404を破壊しなければならない。ダイヤモンドテーブルから基材を取り除くために離型剤を使用することができる。CoCr合金を基材のために使用す

50

る場合、そのときはCoCr自体は、溶媒・触媒金属として役に立つことは勿論のこと、離型剤として役に立つ。CoCrはその熱膨張率(CTE)が、焼結されたPDC又はPCBN 1403のCTEとは非常に異なるので、CoCrは離型剤として十分に働く。PDC及びPCBNとCoCrとの間の、CTEにおける大きな相違の故に、図15において示されるように、これらの2種の材料間の界面1501で高い応力を形成する。形成されるその応力はそれら2種の材料間の結合エネルギーよりも大きい。その応力が結合エネルギーよりも大きい場合、最も高い応力の点で亀裂が形成される。次ぎにその亀裂は界面で濃縮した高い応力の狭い領域に従って伝播する。図16を参照して、このやりかたで、界面の形に無関係にCoCr基材1601は、その周りで焼結されたPCD又はPCBN 1602から分離するだろう。

10

【0173】

CoCr以外の材料を離型剤として使用できる。これらの材料は高いCTEを有する金属類を包含し、そして特に良好な炭化物形成剤でないものを包含する。これらは、例えばCo、Ni、CoCr、CoFe、CoNi、Fe、鋼、等である。

【0174】

傾斜層及び応力修正剤

傾斜層及び応力修正剤(stress modifiers)は、超硬質構造物を製作するために使用できる。傾斜層は以下の目的のいずれかを達成させるために使用することができる：

a. 超硬質材料の外側層中への、溶媒金属の“押し流し(sweep)”を改良し、そして前記外側層中への、焼結のために導入される溶媒金属の量を制御する。

20

b. 超硬質材料の表面上の付着に対しての、そして/又は耐火性閉じ込めカンとの化学的結合/又は組み合わせに対しての、不純物を追い出すための“押し流し(sweep)”源を提供する。

c. 種々の傾斜層の体積膨張率を制御し、それにより焼結処理中の構造物の全体的膨張を制御する。

d. 個々の傾斜層のCTEを減少させるために金属又は炭化物の、ダイヤモンド、PCBN又は他の超硬質材料に対する比を変化させることによる種々の層の各々の“熱膨張率(CTE)”に影響する。

e. 全体的構造を最適化するために、種々の水準の傾斜層を通過する構造的応力場の制御を可能にする。

30

f. 外側超硬質層を改良するために応力テンソルの方向を変化される。例えば外側層ダイヤモンドを圧縮に付すために球状構造物中に向かってテンソルベクトル向けるか、又は逆に、種々の傾斜層間の界面応力を減少させるように該構造物の中心からテンソルベクトルを向ける。

g. 亀裂の開始及び伝播なしに、構造物中に荷重を移動させる、実質的に減少した脆さ及び増大した強靱性を有する構造物を提供することにより、外部荷重又は内部荷重に対する全体的な構造応力コンプライアンスを改良する。

【0175】

図17を参照して、多結晶ダイヤモンド(PDC)及び多結晶立方晶窒化ホウ素(PCBN)の液体焼結用相は、“高温高圧(HPHT)”プレスの前に、溶媒焼結用金属1701を、ダイヤモンド又はPCBN粉末1702と直接に混合することにより、あるいは(図18を参照して)、HPHTの間に隣接の基材から供給原料中に、基材1801からの溶媒金属1802を“押し流し(sweeping)”することにより、典型的には完成される。非常に最良の高い品質のPDC又はPCBNは“押し流し(sweep)”処理を用いて造られる。

40

【0176】

押し流し法を用いる場合の増大したPDC及びPCBN品質に関して幾つかの理論が存在する。しかしながら、大部分の当業者は、焼結用金属に、基材材料から“押し流される”ことを可能にさせることは、ダイヤモンド又はPCBNを迅速に“湿潤”し且つ溶解する

50

焼結用金属の“波面 (wave front)”を提供し、そしてダイヤモンド又はPCBNの粒子 - 対 - 粒子結合を沈殿させるのに必要とされると同じだけの金属のみを使用することに同意している。それに対して、“予備混合された”環境において、最適な反応を確実にするには、あまりにも多くの金属が存在するか、又は逆に、十分な金属が存在しないので金属は、粒子 - 対 - 粒子反応を“めくら押しする (blinds off)”。

【0177】

さらに、粉末マトリックス中を通過させる金属押し流しの“波面 (wave front)”は、他の場合では高い品質のPDC又はPCBNの形成を妨げる不純物を運び去ると思われる。これらの不純物は、通常は焼結用金属“波面”に“向かって行き (pushed ahead)、そして耐火性閉じ込めカンに隣接する溜 (pool) に付着する。図19は、基材1904、波面1903そして波面が1901中を押し流す、供給原料結晶又は粉末1902を描いている。ニオブ、モリブデン及びジルコニウムのカンのような或る種の耐火材料は、不純物がマトリックスから侵入したときに不純物と結合する“ゲッター (getters)”として働くことができ、高い品質の最終生成物を形成するのに追加の助力を提供する。

10

【0178】

PDC及びPCBNを焼結するにあたって、“押し流し (sweep)”処理を使用することの強い理由が存在するけれども、その使用から生ずる問題がまた存在する。例えば、焼結中、粉末マトリックスにより渡され、そして究極的には使用される材料の量に関して、基材金属の全てが他の基材と同じに制御できるわけではない。接合炭化タングステンから押し流すコバルト金属 (6 ~ 13%) は、1 ~ 40ミクロン範囲の粒子寸法のダイヤモンド又はPCBN粉末に対して使用した場合、非常に制御可能である。他方、或る適用のためのPDCを造るための溶媒金属として有用であるコバルトクロムモリブデン (CoCrMo) は、純粋な押し流し処理において、同じPDCマトリックスをCoCrMo金属で圧倒して、ときには劣った品質のPDCを生ずる。CoCrMoがコバルトよりも低い融点を有することの事実、そしてさらにPDCマトリックスに隣接して固体CoCrMo基材を用いる場合に尽きることがない供給が存在する事実は、制御できない処理条件を生ずる。

20

【0179】

接合炭化物生成物から“押し流される”ことができないCoCrMoのような焼結用金属を使用することが必要である場合、その処理のためにCoCrMoの制御された放出及び限定された供給を提供する、PDC粉末に対してのシミュレート化 (simulated) 基材を提供することが必要である。

30

【0180】

これらの“シミュレート化”基材は、PDCの外側層を焼結するための所望の“押し流し”作用を生ずるために、ダイヤモンド、炭化物類、及び金属類の混合物の“傾斜 (gradient)”層の形で開発されてきた。(軸受け (bearing) 又は摩耗表面として働く外側又は第1のダイヤモンド層に直ぐに隣接して) 第1“傾斜層”は、ダイヤモンド、Cr₃C₂及びCoCrMoの混合物を用いて調製することができる。外側層において使用するダイヤモンド粉末の粒群 (size fraction) に依存して、第1傾斜層ダイヤモンド粒群及び金属含有量は、最適な焼結条件のために調節される。

40

【0181】

“シミュレート化 (simulated)”基材を使用する場合、しばしば少量の溶媒金属、この場合においてCoCrMoを、焼結反応を開始させるための触媒として外側ダイヤモンド層に加えなければならない。

【0182】

1つの具体例は、表9において挙げられている、図20の外側傾斜層2001及び内側傾斜層2002のための混合範囲を使用する。

【表 1 1】

表9

傾斜層	ダイヤモンド (容積%)	ダイヤモンド (粒群)	Cr ₃ C ₂ (容積%)	CoCrMo (容積%)
外側	92	25	0	8
内側	70	40	10	20

10

【0183】

金属の固体層と共に傾斜層の使用は、焼結処理のHTHP段階中に出会う膨張力(dilatatory forces)に対抗するために、構造物の種々の特徴の体積膨張率(bulk modulus)ないし熱膨張率(CTE)にぴったりと合わせることをデザイナーに可能にさせる。例えば、球状構造物において、圧力が増大するにつれて構造物中の金属は圧縮するかまたは球体の中心に向かって放射状に膨張する。逆に、焼結温度が増大するにつれて、球体の中心から放射状に外側に向かって膨張する。これらの力が、ある方法でバランスがとられなければ、圧縮膨張力は、外側ダイヤモンド層において亀裂を開始し、そしてその構造物を使用不可能にさせる。

20

【0184】

典型的には、構造物における固体金属の特徴の体積膨張率(bulk modulus)における変化は、適合性の弾性率を有する金属を選択することにより制御される。厚さ及び他の寸法的特徴はまた重要である。他方、傾斜層にダイヤモンド又は他の炭化物を添加することによりCTEを変化させる。

【0185】

図21に描かれている1つの態様は、2つの外側傾斜層2101及び2102、固体チタン層2103及び内部CoCrMo球体2104の使用を包含する。この態様において、第1の傾斜層は、外側ダイヤモンド層への、生体適合性CoCrMo溶媒金属の“押し流し源”を提供する。固体チタン層は、固体CoCrMo中心ボールからのCTEを相殺する、膨張源を提供し、そして焼結圧力及び温度が65キロバール及び1400の焼結範囲から、1バール及び室温にまで移動するとき、チタン/CoCrMo界面からチタンが離れるのを守る。

30

【0186】

2つ以上の粉末をベースとする傾斜層を構造物において使用すべきである場合、焼結後の構造的完全性を確実にするために、各層のCTEを制御することはますます重要となる。焼結処理中、各々の傾斜層間の界面に沿って応力が誘発される。これらの高い応力は、いずれかの2つの隣接層間のCTEにおける相違の直接の結果である。これらの応力を減少させるために、層材料の一方が又は両方のCTEを修正しなければならない。

【0187】

ダイヤモンドのCTEに近いCTEを有する基材に変える(1つの例は、ダイヤモンドのCTEが約 $1.8 \mu\text{m}/\text{m}$ であり、そして接合炭化タングステンが約 $4.4 \mu\text{m}/\text{m}$ である、接合炭化タングステンの使用である)ことによるか、又は粉末化層の場合において、基材層自体に低いCTEの材料を加えるかのいずれかにより、基材のCTEを修正させることができる。即ち、2種以上の材料の混合物を造ると、その1種以上が基材層のCTEを変化させるだろう。

40

【0188】

ダイヤモンドのCTEに近いCTEを有する材料を生成するために、金属粉末をダイヤモンド又は他の超硬質材料と混合することができ、このようにして、焼結後に、それらの界面での層の脱離を防止するために十分に低い応力を生成することができる。実験的デー

50

タは、CTEを変えている材料は一般にお互いと反応せず、これは、各々の傾斜水準について中間のCTEの結果を予測することを調査研究者に可能にさせる。

【0189】

混合物の規則に従って、2種の材料の特定の量を混合することにより、所望のCTEが得られる。表10は、組成（容積パーセント）の関数として2種の材料AとBとの間のCTEにおける変化を示している。この例において、材料Aは、 $150 \mu\text{in}/\text{in} - ^\circ\text{F}$ （但し、inはインチを表す）のCTEを有し、そして材料Bは $600 \mu\text{in}/\text{in} - ^\circ\text{F}$ のCTEを有している。50モル%のBに50モル%のAを添加することにより結果として得られたCTEは $375 \mu\text{in}/\text{in} - ^\circ\text{F}$ である。

【0190】

以下の構成成分処理の1つ以上を離型システムに導入する：

1) 型表面への多結晶ダイヤモンド圧粉体の結合を防止する、多結晶ダイヤモンド圧粉体部分と型との間の材料の中間層。

2) 統合 (synthesis) の条件下に多結晶ダイヤモンド圧粉体に結合しない型材料。

3) 多結晶ダイヤモンド圧粉体統合 (synthesis) サイクルの最終段階において、又はその終わりに、実用（正味）の凹形多結晶ダイヤモンド圧粉体幾何学形状の場合において多結晶ダイヤモンド圧粉体から離れて収縮するか、あるいは実用（正味）の凸形多結晶ダイヤモンド圧粉体幾何学形状の場合において多結晶ダイヤモンド圧粉体から離れて膨張するかのいずれかである型材料。

4) 型の形がまた、多結晶ダイヤモンド圧粉体統合 (synthesis) 処理において有用な押し流し (sweep) 金属の源として同時に働くことができる。

【0191】

多結晶ダイヤモンド圧粉体の製造において、1つの例として離型システムは、半非平面部分を生成するために所望の幾何学形状のマイナスの形を使用することにより利用することができる。その型表面は最終実用（正味）凹形幾何学形状から離れて収縮し、その型表面は多結晶ダイヤモンド圧粉体統合処理のための溶媒 - 触媒金属の源として働き、そしてその型表面は多結晶ダイヤモンド圧粉体への貧弱な結合的性質を有している。

【0192】

10

20

【表 1 2】

表 10

8インチ積層構造物の予期される寸法変化

A %	B%	CTE (μ in. / in- $^{\circ}$ F)	総長さ変化 (In.)	最終寸法 (In.)
100	0	150	.0012	7.9988
90	10	195	.0016	7.9984
80	20	240	.0019	7.9981
70	30	285	.0023	7.9977
60	40	330	.0026	7.9974
50	50	375	.0030	7.9970
40	60	420	.0034	7.9966
30	70	465	.0037	7.9963
20	80	510	.0041	7.9959
10	90	555	.0044	7.9956
0	100	600	.0048	7.9952

10

20

【0193】

図 2 2 を参照して、上記 C T E 修正が、一次元の例においてどのように働くかの例示である。一次元の例は三次元構造物において同様に働く。それらの純粋形で、層 2 2 0 1 が 150μ in / in - $^{\circ}$ F (但し、in はインチを表す) の C T E を有し、層 2 2 0 2 が 600μ in / in - $^{\circ}$ F の C T E を有する、図 2 2 において示されるような別々の層 2 2 0 1 及び 2 2 0 2 において上記材料 A 及び B を詰め込んだならば、温度における $^{\circ}$ F 毎の減少についてそれらは確実に 150μ in / in - $^{\circ}$ F 及び 600μ in / in - $^{\circ}$ F 収縮するであろう。積み重ねられた層の 1 インチ厚さの 8 インチブロックについて、温度における 1° F 減少についての寸法における全体的な変化は以下のとおりになるだろう：

30

$$\begin{aligned} \text{材料 A : } (4 \times 1 \text{ in}) \times (0.00015 \text{ in} / \text{in} - ^{\circ} \text{F}) \times 1^{\circ} \text{F} \\ = 0.0006 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{材料 B : } (4 \times 1 \text{ in}) \times (0.00060 \text{ in} / \text{in} - ^{\circ} \text{F}) \times 1^{\circ} \text{F} \\ = 0.0024 \text{ in} \end{aligned}$$

$$8 \text{ インチにおける総全体的長さ減少} = 0.0030 \text{ in.}$$

【0194】

比較により、層の各々を 50% の A と 50% の B との混合物を用いることにより修正し、そして全ての 8 つの層を、図 7 において示される 8 インチブロック形状に積み重ねた。表 1 1 表から 375μ in / in - $^{\circ}$ F の新しい複合 C E T を用いての全体的長さの減少の再計算は下記のとおり示される。

40

材料 A + B :

$$\begin{aligned} (8 \times 1 \text{ in}) \times (0.000375 \text{ in} / \text{in} - ^{\circ} \text{F}) \times 1^{\circ} \text{F} \\ = 0.0030 \text{ in.} \end{aligned}$$

8 インチにおける総全体的長さ減少 = 0.0030 インチ。

この場合における長さ減少は混合物の規則を使用することにより、1 インチ厚さの層を用いて一次元構造物について正確に予測された。

【0195】

金属類は、全ての既知の材料の中で最も低い C T E の 1 つを有するダイヤモンドと比較

50

したときに、非常に高いCTE値を有する。PDC及びPCBN焼結のための基材として金属類を使用する場合、界面でかなりの応力を発現する。それ故、医療用移植片のために生体適合性の金属と低いCTE材料を混合することは界面応力を減少させるために使用することができる。最良の候補材料の1種はダイヤモンド自体である。他の材料は、耐火金属炭化物類及び窒化物類、そして幾種かの酸化物類である。ホウ化物類及びケイ化物類はまた、理論的見地から良好な材料であるが、しかし生体適合性でないかもしれない。以下は候補材料のリストである：

- | | | |
|----------|---------|---------|
| 炭化物類 | ケイ化物類 | オキシ窒化物類 |
| 窒化物類 | 酸化物類 | |
| オキシホウ化物類 | | |
| ホウ化物類 | オキシ炭化物類 | |
| カルボ窒化物類 | | |

10

CTE修正剤として使用できる他の材料、及び材料の組み合わせが存在する。

【0196】

特定の幾何学形状構造のための界面応力の減少にまた適用する他の要因がまた存在する。傾斜層の厚さ、構造物におけるその位置及び最終構造物の一般的形状はすべて、界面応力テンソル減少において寄与する。より球状である幾何学形状は、プラス又はマイナスの放射状テンソルからの界面周辺の欠陥を促進する傾向があり、その一方でシリンダー形状の幾何学形状は、折り曲げ応力カップルにより沈んだ層界面で破損する傾向がある。

【0197】

HTHP焼結処理から冷却中に各々の個々の層が受けるであろうCTE及び収縮の量に関する傾斜層のデザインは、構造物における応力テンソルの方向を大きく指示するだろう。一般にデザイナーは層剥離及び亀裂伝播を防止するために、圧縮において超硬質材料の外側摩耗層を有することを常に望んでいるだろう。球形幾何学形状において、同様にこれらの界面での破損を防止するために各々の層の界面での界面応力に特別の注意を払って、球状形の中心に向かって放射状に応力テンソルが向けられるだろう。シリンダー状幾何学形状において、シリンダーのいずれかの末端において、特に摩耗表面が存在する末端で応力カップルが亀裂を開始することを防止するように応力テンソルが調節されるだろう。

20

【0198】

以下は、傾斜層及び/又は固体金属ボールの組み合わせを、構造物の最終結果を制御するために使用する球状幾何学形状に関する態様である。図23は、各々の組成が、表11及び12において記載されている5つの傾斜層を使用する球状構造物を示す態様である：

30

【表13】

表 11

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μm)	容積 %			
第1 (外側層) 2301	20	92	8	0	.090
第2 2302	40	70	20	20	.104
第3 2303	70	60	20	20	.120
第4 2304	70	60	26	26	.138
第5 2305	70	25	37.5	37.5	.154

40

【表 1 4】

表 12

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %			
第1 (外側層) 2301	20	100	0	0	.090
第2 2302	40	70	20	20	.104
第3 2304	70	60	20	20	.120
第4 2304	70	60	26	26	.138
第5 2305	70	25	37.5	37.5	.154

10

【 0 1 9 9 】

図 2 4 は、各々の層の組成が表 1 3 及び表 1 4 に記載されている 4 つの傾斜層を使用する球状構造物を示す態様である：

【表 1 5】

表 13

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %			
第1 (外側層) 2401	20	92	0	8	.097
第2 2402	40	70	10	20	.125
第3 2403	70	60	20	20	.144
第4 2404	70	50	25	25	.240

20

30

【表 1 6】

表 14

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %			
第1 (外側層) 2401	20	100	0	0	.097
第2 2402	40	70	10	20	.125
第3 2403	70	60	20	20	.144
第4 2404	70	50	25	25	.240

40

【 0 2 0 0 】

図 2 5 は、完全な構造物を形成するために中心支持ボールの上に及びお互いに、積み上げた傾斜層を有する、中心支持ボールを使用する 1 具体例の構造物を示す。焼結の H T H P 段階中にボール金属とのそのシステムの過飽和を防止するために、固体金属 C o C r M

50

o の内部ボールは、0.003 ~ 0.010 インチ厚さの耐火障壁カンでカプセル化されている。各々の層の組成を表 15 及び表 16 に記載する：

【表 17】

表 15

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %			
第1 (外側層) 2501	20	92	0	8	.097
第2 2502	40	70	10	20	.125
第3 2503	70	60	20	20	.144
CoCrMo ボール 2504	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

【表 18】

表 16

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %			
第1 (外側層) 2501	20	100	0	0	.097
第2 2502	40	70	10	20	.125
第3 2503	70	60	20	20	.144
CoCrMo ボール 2504	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

【0201】

上記球体の末端の用途の機能を予測して、デザイナーのニーズに適合させるために、内部ボールは接合炭化タングステン、ニオブ、ニッケル、ステンレス鋼、鋼あるいは幾種かの他の金属の 1 種又はセラミック材料から作成することができるだろう。

【0202】

ドーム形状に関する態様を以下のとおりに記載する。

図 26 は、各々の層の組成が表 17 及び表 18 に記載されている、2 つの傾斜層 2601 及び 2602 を使用するドームの態様の構造物を示す：

【表 19】

表 17

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2602	20	94	0	6	0.05	.200
第2 2601	70	60	20	20	0.05	.125

10

20

30

40

50

【表 2 0】

表 18

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2602	20	100	0	0	0.05	.200
第2 2601	70	60	20	20	0.05	.125

10

【0 2 0 3】

図 2 7 は、各々の層の組成が表 1 9 及び表 2 0 に記載されている 2 つの傾斜層 2 7 0 1 及び 2 7 0 2 を使用するドームの態様の構造物を示す：

【表 2 1】

表 19

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2702	20	94	0	6	0.05	.128
第2 2701	70	60	20	20	0.05	.230

20

【表 2 2】

表 20

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2702	20	100	0	0	0.05	.128
第2 2701	70	60	20	20	0.05	.230

30

【0 2 0 4】

図 2 8 は、各々の層の組成が表 2 1 及び表 2 2 に記載されている 3 つの傾斜層 2 8 0 1 40、2 8 0 2 及び 2 8 0 3 を使用するドームの態様の構造物を示す：

【表 2 3】

表 21

層	ダイヤモンド		Cr ₃ C ₂ 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2801	20	96	0	4	0.05	.168
第2 2802	40	80	10	10	0.05	.060
第3 2803	70	60	20	20	0.05	.130

10

【表 2 4】

表 22

層	ダイヤモンド		Cr ₃ C ₂ 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2801	20	100	0	0	0.05	.168
第2 2802	40	80	10	10	0.05	.060
第3 2803	70	60	20	20	0.05	.130

20

【0 2 0 5】

図 2 9 は、各々の層の組成が表 2 3 及び表 2 4 に記載されている 3 つの傾斜層 2 9 0 1、2 9 0 2 及び 2 9 0 3 を使用するドームの態様の構造物を示す：

【表 2 5】

表 23

層	ダイヤモンド		Cr ₃ C ₂ 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 2901	20	96	0	4	0.05	.065
第2 2902	40	80	10	10	0.05	.050
第3 2903	70	60	20	20	0.05	.243

30

40

【表 2 6】

表 24

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積 %				
第1 (外側層) 2901	20	100	0	0	0.05	.065
第2 2902	40	80	10	10	0.05	.050
第3 2903	70	60	20	20	0.05	.243

10

【0 2 0 6】

平らなシリンダー形状に関する態様を以下のとおりに記載する。

図 3 0 は、各々の層の組成が表 2 5 及び表 2 6 に記載されている 2 つの傾斜層 3 0 0 1 及び 3 0 0 2 を使用する平らなシリンダー形状の態様の構造物を示している：

【表 2 7】

表 25

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積 %				
第1 (外側層) 3001	20	94	0	6	0.05	
第2 3002	70	60	20	20	0.05	

20

【表 2 8】

表 26

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積 %				
第1 (外側層) 3001	20	100	0	0	0.05	
第2 3002	70	60	20	20	0.05	

30

【0 2 0 7】

図 3 1 は、各々の層の組成が表 2 7 及び表 2 8 に記載されている 3 つの傾斜層 3 1 0 1 、 3 1 0 2 及び 3 1 0 3 を使用する平らなシリンダー形状の態様の構造物を示している：

40

【表 2 9】

表 27

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3101	20	96	0	4	0.05	
第2 3102	40	80	10	10	0.05	
第3 3103	70	60	20	20	0.05	

10

【表 3 0】

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ S (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3101	20	100	0	0	0.05	
第2 3102	40	80	10	10	0.05	
第3 3103	70	60	20	20	0.05	

20

【 0 2 0 8】

図 3 2 は CoCrMo 基材 3 2 0 4 上に積み上げられた 3 つの傾斜層 3 2 0 1、3 2 0 2 及び 3 2 0 3 を使用する平らなシリンダー形状の態様の構造物を示している。固体金属 CoCrMo のシリンダー状基材は、焼結の H T H P 段階中に基材金属でのシステムの過飽和を防止するために、0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 1 0 インチの厚さの耐火障壁カン 3 2 0 5 でカプセル化されている。各々の層の組成を表 2 9 及び表 3 0 に記載する：

30

【表 3 1】

表 29

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCrTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3201	20	96	0	4	0.05	
第2 3202	40	80	10	10	0.05	
第3 3203	70	60	20	20	0.05	
CoCrMo 基材 3204	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

40

【表 3 2】

表 30

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μm)	容積 %				
第1(外側層) 3201	20	100	0	0	0.05	
第2 3202	40	80	10	10	0.05	
第3 3203	70	60	20	20	0.05	
CoCrMo 基材 3204	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

10

【0209】

図 3 2 のシリンダー形の末端用途機能について予測して、内部基材は、デザイナーのニーズに適合化するために、接合炭化タングステン、ニオブ、ニッケル、ステンレス鋼、鋼、あるいは幾種かの他の金属の 1 種又はセラミック材料から作ることができる。

【0210】

適所に形成された凹形特徴を有する平らなシリンダー形状に関する態様を以下のとおりに記載する。

20

図 3 3 は、各々の層の組成が表 3 1 及び表 3 2 に記載される、2 つの傾斜層 3 3 0 1 及び 3 3 0 2 を使用する、適所に形成された凹形トラフ (谷: *trough*) 3 3 0 3 を有する平らなシリンダー形の態様を示す：

【表 3 3】

表 31

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μm)	容積 %				
第1(外側層) 3301	20	94	0	6	0.05	.156
第2 3302	70	60	20	20	0.05	.060
フィルターサポート3303	70	60	20	20	0.05	N/A

30

【表 3 4】

表 32

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μm)	容積 %				
第1(外側層) 3301	20	100	0	0	0.05	.156
第2 3302	70	60	20	20	0.05	.060
フィルターサポート3303	70	60	20	20	0.05	N/A

40

【0211】

50

図34は、各々の層の組成が表33及び表34に記載されている2つの傾斜層3401及び3402を使用する、適所に形成された凹形トラフ(谷:trough)3403を有する平らなシリンダー形の態様を示す:

【表35】

表33

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積%	CoCrMo 容積%	TiTiN 容積%	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積%				
第1(外側層) 3401	20	94	0	6	0.05	.156
第2 3402	70	60	20	20	0.05	.060
フィルターサポート3403	70	60	20	20	0.05	N/A

10

【表36】

表34

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積%	CoCrMo 容積%	TiTiN 容積%	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積%				
第1(外側層) 3401	20	100	0	0	0.05	.156
第2 3402	70	60	20	20	0.05	.060
フィルターサポート 3403	70	60	20	20	0.05	N/A

20

【0212】

図35は、各々の層の組成が表35及び表36に記載されている3つの傾斜層3501、3502、3503を使用する、適所に形成された凹形トラフ(谷:trough)3504を有する平らなシリンダー形の態様を示す:

30

【表37】

表35

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積%	CoCrMo 容積%	TiTiN 容積%	層 厚さ (In.)
	寸法(μm)	容積%				
第1(外側層) 3501	20	96	0	4	0.05	.110
第2 3502	40	80	10	10	0.05	.040
第3 2503	70	60	20	20	0.05	.057
フィルターサポート 3504	70	60	20	20	0.05	N/A

40

【表 3 8】

表 36

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3501	20	100	0	0	0.05	.110
第2 3502	40	80	10	10	0.05	.040
第3 3503	70	60	20	20	0.05	.057
フィラーサポート 3504	70	60	20	20	0.05	N/A

10

【 0 2 1 3 】

図 3 6 は、各々の層の組成が表 3 7 及び表 3 8 に記載されている 3 つの傾斜層 3 6 0 1、3 6 0 2、3 6 0 3 を使用する、適所に形成された凹形トラフ (谷 : t r o u g h) 3 6 0 4 を有する平らなシリンダー形の態様を示す :

【表 3 9】

表 37

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3601	20	96	0	4	0.05	.110
第2 3602	40	80	10	10	0.05	.040
第3 3603	70	60	20	20	0.05	.057
フィラーサポート 3604	70	60	20	20	0.05	N/A

20

30

【表 4 0】

表 38

層	ダイヤモンド		Cr3C2 容積 %	CoCrMo 容積 %	TiCTiN 容積 %	層 厚さ (In.)
	寸法 (μ m)	容積 %				
第1 (外側層) 3601	20	100	0	0	0.05	.110
第2 3602	40	80	10	10	0.05	.040
第3 3603	70	60	20	20	0.05	.057
フィラーサポート 3604	70	60	20	20	0.05	N/A

40

【 0 2 1 4 】

ヒーターアセンブリの調製

多結晶ダイヤモンドに、上記集合させ且つ装入したダイヤモンド供給源料を焼結するために、熱及び圧力の両方を必要とする。熱は、部品がプレス中で圧力を受けるときに電氣的に提供される。ヒーターアセンブリ (h e a t e r a s s e m b l y) は必要とされる熱を与えるために使用される。

50

【0215】

装入され且つ予備圧縮されたダイヤモンド供給原料を含有する耐火金属カン（heater assembly）の中に入れる。該カンをすっぽりと包む（encase）ために、塩ドームを使用する。用いる塩ドームは、理論的密度の少なくとも約90～95%に予備圧縮されている白色塩（NaCl）であることができる。該塩のこの密度は、焼結システムの高い圧力を保持するために、そして製造された部品の幾何学的安定性を維持するために望ましい。塩ドーム及びカンをグラファイトヒーターチューブアセンブリの中に入れる。塩、及びヒーターアセンブリのグラファイト構成成分を、ヒーターアセンブリに装入する前に、吸着した水を排除するために、約1時間100より大で、そして少なくとも23トルの真空で真空オープン中で焼く（bake）ことができる。ヒーターアセンブリの構築において使用できる他の材料は、固体又はフォイルのグラファイト、無定形炭素、熱分解炭素、耐火金属及び高い電気抵抗の金属を包含する。

10

【0216】

いったん電気力をヒーターチューブに供給したならば、高圧/高温プレス操作において多結晶ダイヤモンド形成のために必要とされる熱を生成するだろう。

【0217】

焼結のための加圧アセンブリの調製

いったんヒーターアセンブリを調製したならば、高圧及び高温下でプレス中で焼結するために、それを加圧アセンブリ（pressure assembly）の中に入れる。使用されるプレスのタイプに依存して幾分か異なる加圧アセンブリと共に、立方体プレス又はベルトプレスがこの目的のために使用できる。加圧アセンブリは、ダイヤモンドの焼結が、均衡（isostatic）条件下に起こることができるように、プレスから圧力を受け取り、そしてそれをダイヤモンド供給原料に移動させるように意図されている。

20

【0218】

立方体プレスを使用する場合、そのときはパイロフィライト（葉ろう石）のような適当な圧力伝達媒体（pressure transfer media）の立方体は、ヒーターアセンブリ（heater assembly）を含有する。焼結がベルトプレスにおいて行われるべきである場合、セル（cell）圧力媒体が用いられる。該立方体と該ヒーターアセンブリとの間の圧力伝達媒体として塩を用いることができる。熱電対を、焼結中の温度を監視するために立方体上で使用することができる。その内側にヒーターアセンブリを有する、該立方体は、加圧アセンブリと考えられ、そして焼結のためにプレス中に入れられる。

30

【0219】

多結晶ダイヤモンドへの供給原料の焼結

中に装入され且つ予備圧縮されたダイヤモンド供給原料を有する耐火金属カン（can）を含有する上記加圧アセンブリを適当なプレス中に入れる。本発明の時点で使用されるタイプのプレスは、6つの異なる方向から3つの軸に沿って該アセンブリに高い圧力を伝達するために立方体プレス（即ち、そのプレスは6つのアンビル（anvil）面を有する）であることができる。別法として、ベルトプレス及びシリンダーセル（cylindrical cell）を、同様な結果を得るために使用することができる。他のプレス類を、同様に使用することができる。図37を参照して、立方体プレス3720の6つのアンビルの描写が示される。アンビル3721、3722、3723、3724、3725、及び3726が加圧アセンブリ3730の周りに配置されている。

40

【0220】

焼結のための準備をするために、全体の加圧アセンブリをプレスの中に装入し、そして初期に約40～68キロバールに加圧する。使用すべき圧力は、製造すべき製品に依存してそして実験的に決定しなければならない。次ぎに約1145未満又は1200～約1500より大までの範囲の温度に到達させるために、電気力を加圧アセンブリに加えることができる。2つの向き合っているアンビル面で約5800ワットの電気力を使用して、所望水準の熱を生成させるためにヒーターアセンブリのために必要とされる電流を生

50

成することができる。いったん所望の温度に到達したならば、加圧アセンブリをアンビル面で約100万ポンド/立方インチの圧力に付す。加圧アセンブリの構成部分は、ダイヤモンド供給原料に圧力を伝える。これらの条件は約3~12分間維持することができるが、しかし1分未満から30分より大までであることができるだろう。多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結は、圧力伝達構成部分が容積の変化だけを可能にするが、しかし他の場合の変形を可能にしない均衡環境(isostatic environment)で行われる。いったん焼結サイクルが完了したならば、約90秒間放置して冷却し、次ぎに圧力を除く。次に仕上げ処理のために、その多結晶ダイヤモンド圧粉体を取り出す。

【0221】

本発明の或る態様において、加圧アセンブリからの湾曲した、複合の又は複雑な形状を有する焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の取り出しは、単に、ダイヤモンドと周りの金属との間の材料性質における相違によるものである。これは一般に、本発明の離型システムと称される。

10

【0222】

P C D から溶媒 - 触媒金属の除去

所望に応じて、焼結多結晶ダイヤモンドの間隙空間に残留している溶媒 - 触媒金属を除去することができる。そのような除去は、当業界に知られているような化学的浸出(chemical leaching)により達成されることができる。ダイヤモンドテーブル中の間隙空間から溶媒 - 触媒金属を除去した後に、ダイヤモンドテーブルは高い温度で、より大きな安定性を有するだろう。これは反応し且つ分解する、ダイヤモンドに対する触媒が存在しないと言う理由からである。

20

【0223】

ダイヤモンドテーブルから溶媒 - 触媒金属を浸出した後、浸出を行った多結晶ダイヤモンドよりも強い熱的に安定なダイヤモンドを形成するために他の金属又は金属化合物と置き換えることができる。慣性溶接によるような、基材又は他の表面に合成ダイヤモンド又は多結晶ダイヤモンド圧粉体を溶接することを意図する場合、溶接処理により生成した熱に対する抵抗性に起因して、熱的に安定なダイヤモンドを使用することが望ましいだろう。

【0224】

仕上げ処理方法及び装置

いったん多結晶ダイヤモンド圧粉体を焼結したならば、最終製品を調製するために、機械的仕上げ処理を使用することができる。以下に説明する仕上げ処理工程は、多結晶ダイヤモンド圧粉体を仕上げることに記載するが、しかしそれらは任意の他の表面又は任意のタイプの構成部分を仕上げるために使用することができる。

30

【0225】

本発明の前には、合成ダイヤモンド工業は、ダイヤモンド圧粉体の平らな表面及び薄い端を仕上げ処理することの問題に直面していた。非平面表面から多量のダイヤモンドを除去するための方法、又は球体、寸法及び表面仕上げのための高い程度の精度にこれらの表面を仕上げ処理するための方法を過去には開発していなかった。

【0226】

超硬質シリンダー状及び平らな形状の仕上げ処理方法

関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片のための湾曲した且つ非平面の超硬質表面のための仕上げ処理技術についての大きな全体像を提供するために、他の仕上げ処理についての説明を提供する。

40

【0227】

ラップ仕上げ

鋳鉄又は銅回転板上のダイヤモンド粗粒子の湿潤スラリを、大きな平らな表面(例えば直径約70mmまで)上の物質を除去するために使用する。約3mm~約70mmの範囲の寸法の末端被覆したシリンダーは、平らな表面を作るためにラップ仕上げされる(belapped)ことができる。平面及び表面仕上げは非常に近い公差範囲まで維持する

50

ことができるけれども、ラップ仕上げ (l a p p i n g) は一般に遅く、そして深さ及び層厚さについて寸法的に制御できない。

【 0 2 2 8 】

研削

砥石車に詰め込まれた (i m p r e g n a t e d) ダイヤモンドを、シリンダー形及び平らな表面を形作るために使用する。砥石車は、必要とされるタイプの材料除去に依存して (即ちシリンダー中心なし研削又は端部研削) 、通常種々の異なる形に結合された樹脂である。多結晶ダイヤモンド圧粉体は研削することが困難であり、そして大きな多結晶ダイヤモンド圧粉体表面は研削することがほとんど不可能である。したがって、研削を最小に留めることが望ましく、そして研削は通常、狭い端又は周囲に限定され、そしてサイジングされた P D C 末端被覆シリンダー又は工作機械差し込みの鋭利化に限定される。

10

【 0 2 2 9 】

電気スパーク放電研削 (E D G)

多結晶ダイヤモンド圧粉体の荒機械加工 (r o u g h m a c h i n g) は、大きな直径 (例えば約 7 0 m m まで) の平らな表面について電気スパーク放電研削 (“ E D G ”) を用いて行うことができる。この技術は典型的には、マイナスの電位を有する多結晶ダイヤモンド圧粉体の平らな表面に対して流れるプラスの電流を有する回転炭素車の使用を包含する。E D G 機械の自動制御は、スパーク頻度、電圧及びその他のような可変事項を制御することにより多結晶ダイヤモンド圧粉体材料の適当な電食 (e l e c t r i c a l e r o s i o n) を維持する。E D G は、ラップ仕上げ又は研削より、大容量のダイヤモンドを除去するために、典型的にいつそう効率の良い方法である。E D G の後に、表面は、E D G により残った熱影響域 (h e a t a f f e c t e d a r e a) 又は再キャストイング層 (r e - c a s t l a y e r) として称されるものはどんなものでも除去するために仕上げラップ処理され (b e f i n i s h l a p p e d) なければならない、又は研削されなければならない。

20

【 0 2 3 0 】

ワイヤ放電機械加工 (W E D M)

W E D M は、大きなシリンダー又は平らな断片から種々の形及び大きさの超硬質部分をカッティングするために使用する。典型的には、工作機械のための切断火口 (c u t t i n g t i p s) 及び差し込み、そしてオイルウエルドリル刃 (o i l w e l l d r i l l i n g b i t s) のための整形用カッターは、P D C 仕上げ加工における W E D M のための最も大きい用途を表している。

30

【 0 2 3 1 】

研磨

非常に高い公差 (t o l e r a n c e) まで関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片のための超硬質表面を研磨することは、ダイヤモンドを詰め込んだ (i m p r e g n a t e d) 高速研磨機により行うことができる。高い速度と高い摩擦温度との組み合わせは、高い程度に平らな面を維持しながら、この方法により仕上げられた P D C 表面に研磨する (b u r n i s h) 傾向があり、それにより正確な寸法精度と共に鏡状外観を生成する。

【 0 2 3 2 】

40

b . 非平面幾何学形状の仕上げ加工

非平面表面 (凹非平面又は凸非平面) の仕上げ加工を行うことは、平らな表面又はシリンダーの丸い端を仕上げ加工を行うことよりも大きな問題を与える。同様な半径のシリンダーの丸い端の総表面積に比較して、仕上げ加工すべき球体の総表面積は 4 倍大きく、4 倍量の多結晶ダイヤモンド圧粉体材料を除去することの必要性が生ずる。ラップ仕上げ、研削及びその他のような伝統的な処理技術が平らな及びシリンダー表面に適合されているので、非平面表面の性質は、それらの伝統的処理技術を使用不可能なものにしている。球体上の接点はその球体の端に対して正接である点接触であるべきであり、その結果として時間の単位当たりより少量の除去されるべき材料、及び必要とされる仕上げ加工時間における比例的な増大を生ずる。また、非平面物体を仕上げ処理するために必要とされる処理

50

装置及び工具のデザイン及びタイプは、他の形状のためのものよりも、より近い公差までいっそう正確でなくてはならず、そして機能しなければならない。非平面仕上げ加工装置はまた、工作物 (work piece) の配置及び工具の出入りのために大きな程度の調節を必要とする。

【0233】

以下は、非平面、丸い又はアーチ形表面を仕上げ加工するために行うことができる工程である。

1.) 荒機械加工

始めに、特殊な放電機械加工装置を用いて表面の寸法を荒加工することができる。図38を参照して、多結晶ダイヤモンド圧粉体球3803を荒加工することが描かれている。その縦軸(描かれているz軸)の周りに連続して回転可能である回転体3802が設けられている。荒加工されるべき球体3803は、回転体3802のスピンドルに取り付けられている。荒加工すべき部品に適合するように形作られている接触末端3801Aを有する電極3801が設けられている。この場合において、接触末端3801Aは、部分的に非平面形状を有する。電極3801は、その縦軸(描かれているy軸)の周りを連続的に回転する。所望の角度で回転体3802の縦軸zに関して、電極3801の縦軸yの角度配向は、所望に応じて球3803の全体の非平面表面から材料を除去することを、電極3801に生じさせるように調節される。

10

【0234】

したがって、電極3801及び球3803は、異なる軸の周りを回転する。荒加工すべき部品の完全に近い非平面運動を達成させるように軸の調節を使用することができる。したがって完全に近い非平面部品がこの方法から生ずる。この方法は、高い程度の球形度及び非常に近い許容誤差でのカッティングを有する多結晶ダイヤモンド圧粉体非平面表面を生成する。浸食(erosion)処理に導入される電流の量を制御することにより、熱影響域(heat affected zone)の深さ及び量を最小にすることができる。多結晶ダイヤモンド圧粉体の場合において、熱影響域を深さにおいて約3~5ミクロンに維持することができ、そしてダイヤモンドを詰め込んだ(impregnated)研削用及び研磨用車で研削し、そして研磨することにより容易に除去する。

20

【0235】

図39を参照して、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片のような、凸非平面多結晶ダイヤモンド圧粉体3903の荒加工を行うことが描かれている。その縦軸(描かれているz軸)の周りを連続的に回転出来る回転体3902が描かれている。荒加工すべき部品3903は回転体3902のスピンドルに取り付けられている。荒加工すべき物品に適合するように形作られている接触末端3901Aを有する電極3901が設けられている。電極3901はその縦軸(描かれているy軸)の周りを連続的に回転できる。所望の角度で、回転体3902の縦軸zに関して電極3901の縦軸yの角度配向は、所望に応じて、関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片3903の全体の非平面表面から材料を除去することを、電極3901に生じさせるように調節される。

30

【0236】

本発明の或る態様において、多重放電加工機(multiple electro discharge machine)電極が、部品を機械加工するために連続して使用できる。放電加工機のバッテリーは、流れ作業様式(assembly line fashion)でこれを行うために使用できる。さらに、機械加工処理及び装置に対する改良(refinements)を以下に記載する。

40

【0237】

複雑なプラス又はマイナスレリーフ(凹形又は凸形)形を多結晶ダイヤモンド圧粉体(PDC)又は多結晶立方晶窒化ホウ素(PCBN)部品に機械加工することができる。この標準の放電加工機(EDM)、CNC機械加工センター及び適当に機械加工される電極は、その所望の形を達成する。

【0238】

50

図40(側面図)及び図40a(端面から見た構造図)は、電極4001の活性端で機械加工された凸形部4002及び電極基部4005を有する電極4001を示す。図41(41-41での横断面)及び図41aは凹形部4102及び基部4105を有する電極4101を示す。電極の対向する末端は、使用される特定のEDM加工機のために適当な基部4105で取り付けメカニズムで設けられている。銅、銅タングステン、グラファイト、及びグラファイトと金属混合物との組み合わせのような使用できる種々の電極材料が存在する。PDC及びPCBNを機械加工するために最も適当な材料は、荒加工のための銅タングステン、及び純粋なグラファイト又はグラファイト銅タングステン混合物である。すべてのEDM機械加工が、PDC及びPCBNを機械加工することができるわけではない。コンデンサ放電の電源を備えたものだけが、これらの材料を効率よく浸食するための十分な電力でスパーク強度を生ずることができる。

10

【0239】

機械加工されたレリーフ形の実際の寸法は、通常機械加工され、そして規定を下まわる寸法にされて、焼成/浸食処理を起こさせるための適当なスパーク間隙を可能にする。各々のスパーク間隙の長さは、除去されるべき材料の有効な放電浸食を確実にするように加工機運転者により設定されなければならない一組の機械加工パラメータを指示する。通常異なるスパーク間隙許容量(allowance)を有する2~4電極が用意される。例えば0.006インチスパーク間隙を使用する電極は、“荒加工(roughing)”のために用意され、そして“暫定(interim)”電極は0.02インチスパーク間隙を使用し、そして“仕上げ加工(finishing)”電極は、0.0005インチ

20

【0240】

図42は、PDC差し込み部品4202中にEDMレリーフ成形体4201を沈める操作を示す。下記表39は荒加工のための銅タングステン電極4203を使用するための、そして仕上げ加工のためにグラファイト/銅タングステン電極を使用するための、設定を示す。スパーク間隙4204がまた示されている。

30

【表41】

表 39

電極 4203	スパーク 間隙 4204	V	AP	P	RF	A	R	U	SV
荒加工	.006	-2	7	13	56	9	0	9	50
仕上げ	.001	-5	4	2	60	2	0	9	55

40

【0241】

EDM機械加工の分野における当業者は、示されたパラメータにおける変更が、電極の形状、所望の電極摩耗率(wear rate)及び必要とされる表面仕上げに基づいて必要とされることを認識するだろう。一般に、より高い機械加工速度、即ち“V”及び“AP”のより高い値は、より高い速度の放電浸食を生成するが、しかし逆により荒い表面仕上げとなる。

【0242】

非常に滑らかな且つ正確な仕上げを得ることはまた、適当な誘電性機械加工用液体(d

50

ielectric machining fluid)の使用を必要とする。米国特許第5,773,782号(この特許を参照することにより本明細書に組み入れる)に開示されているようなサテライト(satellite)電極と共に合成炭化水素類は、高い品質の表面仕上げを得るための助けとなるように思われる。

【0243】

図43は、PDC又はPCBN部品4302における凹レリーフ形4303を作成するために、1つのボール鼻状(球状丸みをつけた)EDM電極4301を使用する態様を示している。電極4301は部品4302中に垂直に沈み、次ぎに横方向に移動して所望の形状の残部を達成する。EDM工作機械のCNCシステムEDM電極の“切削路(cutting path)”を計画することにより、無限の多様性の凹形又は凸形の形状を機械加工することができる。“沈下(down plunging)”及び“横方向”クロス切削の速度を制御し、そして正しいEDM材料を使用することは、得られる寸法大きさ及び表面仕上げの品質を指示するだろう。

10

【0244】

2.) 仕上げ研削及び研磨

(凹形であれ、又は凸形であれ)いったん非平面表面が上記のような方法又は他の方法により荒機械加工されたならば、部品の仕上げ研削及び研磨を行うことができる。研削は、電極により後に残った多結晶ダイヤモンド圧粉体材料の熱影響域(heat affected zone)を、除去することを意図している。

【0245】

本発明の或る態様において、粗粒子寸法は使用者の好みに従って選ぶことができるけれども、研削は、標準ANSI B74.16-1971に従って100~150の範囲の粗粒子寸法を使用する。研削のための車の速度は、粗粒子寸法及び研削される材料に依存して、好ましい材料除去速度を達成させるために使用者により調節されるべきである。研削のための適当な車の速度を決定するために少量での実験を使用することができる。(凹形であれ、又は凸形であれ)いったん球状表面が上記したように又は他の方法により、荒機械加工されたならば、部品の仕上げ研削及び研磨を行うことができる。研削は電極により後に残った多結晶ダイヤモンド圧粉体における熱影響域(heat affected zone)を除去することを意図している。図9及び図10に描かれているのと同じ回転幾何学形状の使用は、部品の球形度を維持することを可能にする一方で、その表面仕上げ特性を改良する。

20

30

【0246】

図44を参照して、スピンドルの使用により、仕上げ加工すべき部品4403、この場合において凸形球体を回転体4401が保持しているのを見ることができる。回転体4401は、その縦軸(z軸)の周りを連続的に回転する。研削用又は研磨用車4402が設けられており、その車はその縦軸(x軸)の周りを連続的に回転する。動いている部品4403は、動いている研削用車又は研磨用車4402と接触している。部品の全体表面にわたって部品(ボール又はソケット)の研削又は研磨を行うために、そして球形度を維持するために、研削用車又は研磨用車4402に関しての回転体4401の角度配向を調節し、そして振動させることができる。

40

【0247】

図45を参照して、回転体4501が、スピンドルの使用により、仕上げ加工すべき部品4503、この場合において凸球形カップ又はレースを保持しているのを見ることができる。回転体4501はその縦軸(z軸)の周りを連続的に回転する。その縦軸(x軸)の周りを連続的に回転可能である研削用車又は研磨用車4502が設けられている。動いている部品4503は動いている研削用又は研磨用車4502と接触している。部品表面の球形部分にわたってその部品の研削又は研磨を行うことを必要とする場合、研削用又は研磨用車4502に関して回転体4501の角度配向を調節し、そして振動させることができる。

【0248】

50

1つの態様において、粗粒子寸法は、使用者の好みに従って選ぶことができるけれども研削は標準ANSI B74.16-1971に従って100~150の範囲の粗粒子寸法を使用し、そして研磨は240~1500の範囲の粗粒子寸法を使用する。研削のための車の速度は、粗粒子寸法及び研削される材料に依存して、好ましい材料除去速度を達成させるため使用者により調節すべきである。研削のための適当な車速度を決定するために少量での実験を使用することができる。

【0249】

所望に応じて、ダイヤモンド又は超硬質軸受け表面を研磨するために、ダイヤモンド研磨剤中空グリル (abrasive hollow grill) を使用することができる。金属、セラミック及び樹脂 (重合体) の、ダイヤモンドマトリックスを有する中空チューブを含むダイヤモンド研磨剤中空グリルが見い出される。

10

【0250】

ダイヤモンド表面が研磨されつつあるならば、そのときはダイヤモンド表面上の温度を上昇させるか又はダイヤモンド上に熱を蓄積させるように研磨のための車速度を調節することができる。この熱蓄積はダイヤモンド結晶の磨き仕上げ (burnishing) を起こさせて非常に滑らかな且つ鏡状低摩擦表面を生成する。ダイヤモンド研磨中の実際の材料除去は、ダイヤモンド粒子がお互いに擦り合う高温研磨仕上げ作用により表面におけるミクロン未満の寸法の凸凹を除去するほどは重要ではない。研磨仕上げ (burnishing) を行うために、高度の圧力と一緒に6000フィート/分最小の表面速度が一般に必要である。4000~10,000フィート/分の表面速度が最も望ましい範囲であると信じられる。研磨されるダイヤモンドに適用される圧力に依存して、約500直線フィート/分~20,000直線フィート/分で研磨を行うことができる。

20

【0251】

研磨される部品の温度を上昇させ、したがって最も望ましい鏡状研磨を達成させるために工作物 (work piece) に圧力を適用すべきであるが、しかし温度は、ダイヤモンド研磨用車マトリックスと一緒に保持している樹脂結合の完全な劣化を起こさせる点にまで上昇させるべきではなく、あるいは樹脂がダイヤモンドに付着する点にまで上昇させるべきではない。過剰の熱はまた、ダイヤモンドの表面を不首尾に劣化させるだろう。

【0252】

研磨されるダイヤモンド表面にわたっての (水のような) 冷却剤の一定の流れを維持すること、6000直線フィート/分のような適当な車速度を維持すること、熱蓄積を起こさせるが、車を劣化させるか又はダイヤモンドを損傷させるほど多くは熱蓄積を起こさせないような十分な圧力をダイヤモンドに対して適用すること、及び適当な研磨タイミングは、すべて重要であり、そして使用される特定の機器及び磨かれる特定の部品にしたがって決定され且つ調節されなければならない。一般に、研磨されるダイヤモンドの表面温度は800より高くは上昇させるべきではなく、さもないとダイヤモンドの過剰の劣化が起こるだろう。研磨仕上げ (burnishing) と呼ばれる、ダイヤモンドの所望の表面研磨仕上げ加工は一般に650~750で起こる。

30

【0253】

研磨処理中、出来る限り最も低い摩擦係数を有する表面仕上げを達成させることが重要であり、それにより低い摩擦の、そして長く持ちこたえる関節表面を提供する。好ましくは、いったんダイヤモンド又は他の超硬質表面が軸受け構成部分で形成されたならば、次ぎにその表面を0.3~0.005ミクロンのRa値まで研磨する。許容できる研磨仕上げは0.5~0.005ミクロン又はそれ以下の範囲のRa値を包含する。合体集合 (アセンブリ: assembly) の前に又は合体集合後にユニットとして、軸受け構成部分の部品は個々に研磨することができる。多結晶ダイヤモンド圧粉体及び他の超硬質材料を研磨する他の方法は、本発明の軸受け構成部分の関節表面に仕上げるように適合化させることができ、その目的は好ましくは0.01~0.005ミクロンのRa値を有する滑らかな表面を達成させることである。さらに研削及び研磨の詳細を以下に示す。

40

【0254】

50

図46は、ダイヤモンド研削用フォーム(form)4601が心棒(アーバー: arbor)4602に取り付けられ、その心棒4602がCNC研削機の高速度スピンドル4603に取り付けられていることを示している。研削用フォーム4601のカッティング路運動4604は、研削又は研磨を必要とする不可避な適用範囲を可能にするCNC計画により制御される。スピンドル速度は、研削用フォームの直径及び除去されるべき材料4605との界面で所望される表面速度に一般に関連している。表面速度は研削及び研磨の両方について4,000~17,000フィート/分であるべきである。研削フォームについての基本的な研削媒体は80~120ミクロンの範囲のダイヤモンド粗粒子寸法及び75~125の範囲のコンセントレーション(concentration)を有する実際的に役に立つような“快”削(“free”cutting)としてであるべきである。研磨について、研削媒体は“快削”としてであるべきではない、即ち研削用フォームは一般に、120~300ミクロンの範囲の粗粒子寸法、及び100~150の範囲のコンセントレーションを有するより硬く且つより高密度であるべきである。

10

【0255】

超硬質材料は、その材料の除去される実際の領域をできるだけ小さく維持すれば、研削によりいっそう容易に除去することができる。理想的にはブリユイティング(bruiting)フォーム4601は、部品4605と該ブリユイティングフォーム4601との間で、20,000~40,000面フィート/分の範囲の条件を生成するように回転すべきである。650~750の界面温度を生ずる10~100ポンド力の範囲で操作する、部品4605とブリユイティングフォーム4601との間でのスピンドル圧力が必要とされる。冷却水は過剰の熱を取り去って、可能性ある欠陥から部品を守るために必要とされる。研削領域を小さく維持するための最も簡単な方法は、小さなシリンダー状接触点(シリンダーの丸みをつけた末端が同じ目的を達成するけれども、通常はボール形)を使用してより大きな表面積に対して操作することである。

20

【0256】

図47は、研削フォーム4601と実質的により大きな超硬質材料4621との間の接触4620の接線領域を示す。研削用フォームカッターの通路を制御することにより、小さな溝4630(図48)は、研削されて材料を除去し且つ隣接する溝間の小さな“尖点(cusp)”4640を残して超硬質材料4621の表面にされることができ、溝がカットされてより浅くなり且つ一緒に近くなるにつれて“尖点”4640が肉眼で見ることができなくなり、そして後での研磨操作により容易に除去される。研削フォームカッターのカッターライン通路は、尖点寸法、研削用フォームカッター摩耗、及び材料除去速度を最適にするために研削機のCNCシステムを、計画をたてることにより制御すべきである。

30

【0257】

ブリユイティング

0.05~0.005 μ mの範囲での多結晶ダイヤモンド圧粉体(PDC)、多結晶立方晶窒化ホウ素(PBCN)及び他の超硬質材上の高度に研磨された表面仕上げを得ることは、研磨されるべき表面に対してPDCフォーム(form)を走行(running)させることにより得ることができる。他の超硬質材料に対して高圧及び高温下でダイヤモンド表面を“ブリユイティング(bruiting)”、即ち“こする”ことは、前に行った研削及び研磨操作から残っている何らかのプラスの凸凹を削り取りそして焼き取って、あらゆる他の方法では得ることができない表面仕上げを生成する。

40

【0258】

図49は、ホルダー(holder)4904上にあり、そして高速スピンドル4903において回転しているPDCブリユイティングフォーム4902を用いて“ブリユイ研磨(Bruit Polish)”されつつあるPDCドーム部品4901を示している。理想的には、そのブリユイティングフォームは、650~750の界面温度を生成する10~100ポンド力の範囲で操作するスピンドル圧力を用いて20,000~40,000面フィート/分の範囲で回転すべきである。

50

【0259】

図50は、PDCブリュイティングフォーム5001が超硬質構成部分5004とのPDCブリュイティングフォーム5001の接触の点を制御するために高速スピンドルを備えた研削用機のCNCシステム又はCNCミル(CNC mill)により複雑な表面通路5002にわたってPDCブリュイティングフォーム5001が制御されるブリュイティング研磨技術の他の態様を示している。

【0260】

多結晶ダイヤモンド圧粉体における生体適合性を高めるためのコバルトクロムモリブデン(CoCrMo)合金の使用

コバルト及びニッケルはダイヤモンド粉末を焼結して焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体を生成するための触媒金属として使用することができる。Co及びNiの両方の毒性は十分に立証されている；しかしながら、CoとNiとを含有するCoCr合金の使用は、顕著な耐腐食性を有し、そしてCo又はNiの単独での毒性作用に進むのを避ける。焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の作成にあたっての溶媒-触媒金属としてCoCrMo合金の使用は、生体適合性及び耐食性材料を生成する。そのような合金は以下の金属の任意の適当な生体適合性組み合わせとして定義することができる：Co、Cr、Ni、Mo、Ti及びW。諸例は、ASTM F-75、F-799及びF-90を包含する。これらの各々は、ダイヤモンドを焼結するときの溶媒-触媒金属として役に立つだろう。これらの合金を用いて造られたPDCにおける間隙金属の元素分析は、Co又はNiの単独をもちいて造られたPDCよりも実質的に、いっそう耐食性であることを示した。

【0261】

関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片の例

本明細書において使用されるものとして“関節性(articulating)”という用語は、2つの脊椎骨がお互いに関して永久的に固定される融合治療(fusion therapy)とは対照的に、脊椎移植片が或る範囲の運動を可能にすることを意味する。脊椎移植片は、中心軸、冠状軸及び/又は矢状軸の周りの回転、そして/又は軸平面での移動を提供することができる。回転は、胸の前方及び後方の屈曲、横方向屈曲及び捻じれを可能にすることができる。該移動は、前方、後方及び横方向移動を包含する。そのような回転及び移動の組み合わせは、ヒトの脊椎の屈曲及び伸張に近づけるために望ましい。

【0262】

また、本明細書において使用されるものとして、“ダイヤモンド表面”は、脊椎移植片が荷重軸受け又は関節表面の少なくとも1部分上にダイヤモンドを含んでいることを意味する。移植片は基材上に配置されたダイヤモンドを含むことができるか、又はそれは中実(solid)自立性(free-standing)ダイヤモンドであることができるか、又はそれは他の構造物のものであることができる。ダイヤモンドは、自立性テーブルであるか又は焼結された又はさもなくば基材に結合されたダイヤモンドテーブルである焼結多結晶ダイヤモンドであることができる。

【0263】

ダイヤモンドにより高められた軸受け表面摩耗性を有する脊椎円板移植片

本明細書に包含される本発明の形態は、多結晶ダイヤモンド圧粉体(PDC)の適用により又は存在により高められた軸受け表面摩耗性を有する脊椎円板移植片5100の強化を包含する。頸部円板(1~7)51、胸部円板(1~12)52及び腰椎円板(1~5)53を包含する、図51及び図52の脊椎円板移植片のすべてはPDCの適用により強化されることができ、そしてこの発明の部分として包含される。

【0264】

図53、図53-1、図53-2、図53-3及び図53-4は、コバルトクロム金属凹形カップ5305に対して可動性である、超高分子量ポリエチレン(UHMWPE)の半球状ドーム5304を使用する脊椎円板代替(replacement)移植片5101を示す。UHMWPEドーム差し込み5304は、つまみと溝との保持溝(retai

10

20

30

40

50

ner groove) 5306により適所に保持されている。

【0265】

図54～図56は、2つの隣接する脊椎骨5607、5608間の典型的な取り付け状態にある、円板代替移植片5101を示しており、そして図55及び図56は、軸平面視点から及び冠状平面視点から見た移植片5101の相対する位置を描いている。図57は、2つの部品の合同 (congruent) 軸受け差し込み5101を用いることにより可能な相対的な相対しての横方向角度運動を示している。角度は、典型的にはプラス又はマイナス10度の横方向屈曲範囲を可能にし、そして骨のとげ状突起 (spinous process) の基部あたりを中心としている。図58は、移植片5101自体によっては制限されないが、しかしむしろ筋肉及び靭帯のような周りの組織によって制限される、軸平面において利用できる回転を示している。図59は、典型的には10～13度である屈曲角度 5911を示し、そして図60の伸張角度 5912は典型的に5～8度の範囲にある人工装具 (prosthetic) 脊椎円板は、大なり小なりの角度でのたわみ性において上記関節の幾らか又は全てにおいて可能にすることができる。

【0266】

図61及び図61-1は、その上にPDC60014を適用した金属基材60013の使用を包含する脊椎円板移植片600102を描いている。基材/PDCアセンブリ (assembly) 60013は、下方端板 (inferior endplate) 60016中につまみと溝との保持溝60015により適所に保持されている。相手となる凸形カップ60017は上方端板 (superior endplate) 60019に直接に適用されたPDC60018を有する。

【0267】

図62-1及び図62に示される脊椎円板移植片600104は、つまみと溝との保持溝60022により下方端板60021において適所に保持された中実PDCドーム差し込み60020を示している。相手となる凸形カップ60023は上方端板60025に直接に適用されたPDC60024を有する。

【0268】

図63及び図63-1に示されるPDCドーム差し込み600105は、取り囲んでいる射出成形された差し込み基部60026により、適所に保持されている。その成形された重合体60026は、運動を制限し、そしてPDC差し込みを適所に保持する、PDC60028中に形成された突起60027を取り囲んでいる。射出成形された基部/PDC差し込みアセンブリ600106は、つまみと溝との保持溝60030により下方端板60029において適所に保持されている。相手となる凸形カップ60031は、上方端板60033に直接に適用されたPDC60032を有する。

【0269】

図64及び図64-1に描かれた脊椎円板移植片600107は、ドーム差し込みの外側直径60034と下方端板60036における受け入れ用穴内径 (bore) 60035との間に適合された干渉により適所に取り付けられ且つ保持された中実PDCドーム差し込み60033を示している。相手となる凸形中実PDCカップ差し込み60037はまた、カップ差し込み60038の外側直径と上方端板60040における受け入れ用穴内径 (bore) との間に適合された干渉により適所に取り付けられ且つ保持されている。下方端板60036中のPDC差し込み60033及び上方端板60040中のPDC差し込み60037を保持するための別の保持方法はブレイジング (ロウづけ: brazing)、重合体結合用接着剤、保持用ねじ、又は他の標準の取り付け方法の使用を包含することができる。

【0270】

図65～図65-4は、二重半球状ドーム中心部品60047のドーム60045のための、凸形カップ受容部60044及びドーム60046のための凸形カップ受容部60043を両方が含有する、下方端板60041及び上方端板60042を含む3構成部分を有する3部品脊椎円板移植片600108を示す。2つの端板60041及び6004

2は、一般にコバルトクロム金属から作成されているが、しかし十分な摩耗品質を有する任意の他の生体適合性金属から作成することができるだろう。中心の二重ドーム部品60047は超高分子量ポリエチレン(UHMWPE)から作成される。

【0271】

図66は、2つの隣接する脊椎骨60048、60049の間に典型的に取り付けられた円板代替移植片600108を示しており、そして図67及び図68は、軸平面視点から見た、そして冠状平面視点から見た移植片600108の相対的位置を描いている。

【0272】

図69は、3部品合同(congruent)軸受け差し込み60018を使用することにより可能な或る相対的に相対する横方向角運動を示している。角度60050は、プラス又はマイナス10度の横方向屈曲範囲を可能にする。図70は、移植片60018自体によっては制限されないが、しかしむしろ周りの組織によって制限される軸平面において利用できる回転60051を示す。図71及び72は、典型的には10~13度である屈曲角度60052を示し、そして典型的には5~8度の範囲にある図72の伸張角度60053を示している。

10

【0273】

図73及び図73-1は、下方端板60056に適用されたPDC60054及び上方端板60057に適用されたPDC60055を有し、凸形カップ受容部60059及び60060を形成している典型的な3部片脊椎移植片600109を示している。二重半球状体ドーム中心部分60061は、カップの受容部60059、60060のためのお互いに相手となるドーム60063、60064を形成するために適用されたPDC60062を有する。

20

【0274】

図74及び図74-1に示される3部片脊椎移植片600110は、下方端板60065及び上方端板60066にPDCを適用して凸形カップ受容部60067、60068を形成することにより強化されている。PDCドーム差し込み60069、60070は予備成形され且つ仕上げ加工され、次ぎに二重ドーム半球形中心部分60071に射出成形されている。PDCドーム差し込み60069、60070は、射出成形された重合体材料の重なり(オーバーラップ)60072により中心部分上に適所に維持されている。

30

【0275】

中実PDC下方端板60073及び上方端板60074は、図75及び図75-1における3部片脊椎移植片600111において使用され、そして二重ドーム中心部分60075のために使用されている。中心PDC二重ドーム部分60075は重合体材料に射出成形されて完全な関節性中心部分60076を形成している。射出成形された重合体材料の重なり(オーバーラップ)60077は中実又は自立性PDC中心部分60075上に外側リングバンパー60078を維持している。

【0276】

図76、図77、及び図77-1の脊椎移植片600112は、軸受けカップドーム60079及び凸形カップ/トラフ(trough)60080のPDC強化を描いている。PDCドーム差し込み60079は、上方端板60081中に取り付けられており、そしてドーム差し込み60079の外側直径60082と上方端板60081における受容穴内径(bore)60083との間に適合された干渉により適所に維持されている。PDCカップ/トラフ(trough)差し込み60080は下方端板60084中に取り付けられており、そしてカップ/トラフ(trough)差し込み60080の外側直径60085と下方端板60084中の受容用穴内径60086との間に適合化された干渉により適所に保持されている。下方端板60084及び上方端板60081にPDC差し込み60079及び60080を保持するための保持別の方法は、ブレイジング(ロウづけ: brazing)、重合体結合用接着剤、保持用ねじ又は他の標準の取り付け方法の使用を包含することができる。カップ/トラフ(trough)差し込み60080の形状は、相対する角度的運動、屈曲及び伸張運動を可能にするばかりでなく、所望に応じ

40

50

てプラス又はマイナス1mm以上で後方方向及び前方方向で図77における移動運動X60086を、また提供することを可能にする。ドーム60079の半径方向側面は、最小でさえ、軸受け間隙 (bearing clearance) が与えられている場合、及び同様にトラフ末端60087が何らかの支持を与えない場合、の液体力学的な支持を与えるために、図77-1におけるカップ/トラフ60080の側面には十分に近くないだろう。それ故、脊椎差し込み600200~600111の十分な合同性 (congruent) の軸受けとは異なって、ドーム60079は一般に極度な軸受け荷重条件を増進するカップ/トラフ60080において“点荷重を受ける”だろう。その非合同 (non-congruent) 軸受け形状により作られた極度条件は、既知の生体適合性金属を用いては、一般に長持ちしないか、又は十分に機能しないだろう。脊椎移植片600112で描かれているこのタイプの問題は、上記のようにPDCにより強化された場合に非常によく機能する。解剖学的荷重の5倍で3千万の非潤滑化サイクルについて0.3mg未満の重量損失を示す試験結果は典型的なものである。同様な条件下に試験された金属軸受けは、数百サイクル内で失敗するだろう。

10

【0277】

図79は、合同 (congruent) 軸受け凹形カップ60088及び相手となるドーム60089がPCDの表面強化を受けた脊椎移植片600113区画図を描いている。

【0278】

図80A及び図80Bの脊椎移植片600114は上方差し込み (superior insert) 60091のPDC表面強化60090及び下方差し込み (inferior insert) 60093のPCD表面強化60092を描いている。

20

【0279】

脊椎移植片600115の図81A及び図81Bは、上方差し込み60095のPCD表面強化60094、及び下方差し込み60099のPCD表面強化60096、60097、60098を示す。

【0280】

図82A及び図82Bに示される脊椎移植片60016は、上方差し込み600103のPCD表面強化600100、600101、600102及び下方差し込み600107のPCD表面強化600104、600105、600106を描いている。

30

【0281】

図83A及び図83Bにおける非合同 (non-congruent) 脊椎移植片600200はドーム表面600110及び凹形可動性 (running) 表面60111のダイヤモンド強化600108、600109を描いている。可動性表面600111の側面600112はまた、ドーム600110との接触による金属磨滅を防止するためにPDC強化されている。

【0282】

図84は、凹形可動性 (running) 表面600111上のPDC600109強化が凹形可動性表面600111上の側面600116を含まない、同様な軸受け形状600201を描いている。これらの移植片軸受けデザインは、最大角度600113及び600114そして移動運動X600115を有するが、しかし凹形可動性表面600111に対するドーム600110の非常に重大な点荷重を取り扱う軸受け界面材料の能力に全体的に依存している。図76の軸受け600112と同様に、この軸受けはPDC強化から大きな利益を得る。

40

【0283】

図85は、PDC強化された4つの相手となる表面を有する合同脊椎円板軸受け600202を描いている。2つのドーム表面600117、60118は、適用されたPDC表面を有しており、そして相手となる2つの凹形カップ受容表面600119、600120はまた、適用されたPDC表面を有する。

【0284】

50

図 86 に示される脊椎移植片 600203 は、耐摩耗性及び生体適合性を改良するために図 87 及び図 87-1 において示される様に、下方 (inferior) 及び上方 (superior) 600121、600122 上で PDC 強化されている。

【0285】

図 88 及び図 89 は、PDC の適用により強化された下方 (inferior) 凸形表面 600123 及び上方 (superior) 表面 600124 を有している脊椎円板移植片図案 (device) 600204 を描いている。

【0286】

図 90 は、PDC 強化された 2 つの相手となる表面を有する合同脊椎円板軸受け 600205 を描いている。高められ耐摩耗性及び生体適合性のために、内側ボール表面 600125 は、適用された PDC 表面を有しており、そして相手となる外側凹形カップ受容表面 600126 はまた、適用された PDC 表面を有している。

10

【0287】

600206 として図 91 に示される合同軸受け脊椎移植片は、耐摩耗性及び生体適合性を改良するために、下方ドーム表面 600127 及び上方凸形カップ表面 600128 上で PDC 強化されている。

【0288】

図 92 は、PDC 強化された 2 つの相手となる表面を有する合同脊椎円板軸受け 600207 を描いている。増大された耐摩耗性及び生体適合性のために、内側ボール表面 600129 は適用された PDC 表面を有しており、そして相手となる外側凹形カップ受容表面 600130 はまた適用された PDC 表面を有している。

20

【0289】

非合同脊椎移植片軸受け表面のための、多結晶ダイヤモンド圧粉体の適用

脊椎円板代替移植片を用いてのヒトの脊椎の解剖学的運動を二倍にすることは全くの難題である。本発明の移植片において繰り返されなければならない運動はまず第 1 に、枕状の脊椎円板のコンプライアンス (compliance) により可能にされた複合の角度運動及び移動運動の結果である。ヒトの脊椎骨円板は、それに適用されたベクトル力に基づいて予測される新しい形をそれ自体がすぐにとる一方で、同時に隣接する 2 つの脊椎骨間に柔軟な連結を提供する能力を有する。例えば冠状平面における相対する屈曲運動は、屈曲角度の内側で薄くなるように、そして屈曲角度の外側で大きくなるように、脊椎円板パッド (pad) に生じさせる。相対する運動における脊椎円板の角度くさびタイプの新しい形作りを用いて、2 つの隣接する脊椎骨の幾らかの横方向の移動又は平行すべりがまた存在する。同じ運動条件はまた、矢状平面において身体の屈曲及び伸張に関して示される；しかしながら、移動運動はしばしば 1 ~ 2 mm 範囲にある非常に大きい。軸平面における横方向回転は、脊椎円板の中心の周りに起こらない。回転の実際の中心は、しばしば数ミリメートルだけ脊髄チャンネルの後方にある。この後者の運動は、弓状での隣接脊椎骨の動きの共通の中心とのほとんど完全な平行移動運動である。

30

【0290】

図 93 におけるような合同のドーム及びカップ軸受け 600208 を使用する脊椎円板移植片は、普通のヒトの解剖学的運動に示される複合運動を適当に倍加することは簡単にはできない。非常に合同性 (very congruency) の軸受け表面は、あらゆる種類の移動運動を不可能にする。軸平面角度 600131 での、図 93-1 における横方向回転、角度 5911 での図 59 の屈曲及び図 60 における矢状平面での伸張角度 5912 はきびしく制限される。この条件は手術後の完全な解剖学的修復の実現を妨げ、そして脊椎円板移植片の上の及び下の隣接する脊椎円板上に追加の付随する力を加えて、可能性が将来問題に導く傾向がある。

40

【0291】

図 94 及び図 94-1 の非合同性 (non-congruent) ドーム及びカップ軸受けを使用する円板移植片 600209 の使用は、実質的に優れた又はほとんどかんぺきな解剖学的な運動の繰返しを提供することができる。凸楕円形、腎臓形、又は他の適当な

50

形をした相手となる受容部 600133 において働くドーム又は同様なドーム形 600132 を使用することにより、角度運動及び移動運動の両方は十分に繰り返すことができる。

【0292】

しかしながら、脊椎移植片において使用するような非合同性軸受けは、ドームが、相手となる凸軸受け受容部と接触する場合の典型的な生体適合性金属に対して圧倒的な“点荷重力”を生ずる傾向がある。これらの点荷重力は軸受け表面を迅速に磨滅して、これらを操作不可能にし、そして周りの組織と反応する摩耗粒子を生成する。

【0293】

非合同性軸受け表面を有する脊椎移植片において使用される多結晶ダイヤモンド圧粉体 (PDC) は、これらのタイプの軸受けに伴った“点荷重力”問題を完全に改善する。本発明の1つの態様は、非合同性 (non-congruent) 脊椎移植片軸受けの凸形ドーム及び凸形関節性表面のための PDC 使用を包含する。図 94、図 94-1 は、ドーム 600132 が PDC を用いて作成されており、そしてまた凸形関節表面 600133 が PDC を用いて作成されている、非合同性脊椎移植片軸受け 600209 を描いている。ドーム 600132 の形に必要とされる必須の複合の角度運動及び移動運動を達成させるために、ドーム 600132 の形は一般に半球状であるが、しかし必要とされる運動を可能にする楕円形、卵形、平らにされた形又は任意の形状であることができる。凸形関節性表面 600133 は、所望の方向に角度的に前後に揺れ動かせるばかりでなく、また軸方向平面 X600134 に水平的に移動させることを、ドーム 600132 に可能にさせるように形作ることができるだろう。

【0294】

図 94a 及び 94a-1 は、半球形でつぱり 600140a-1 が脊椎突起の基部でそして半径 R で配置された円中心 C により規定される円の弧に沿うトラフ (trough) 600140a-2 に沿って乗り越えて、トラフ内に度の回転運動を与える、別の脊椎人工補装具 600140a を描いている。そのトラフはいんげん豆の外観を有している。

【0295】

へこみ (recess) の凸表面の実際の輪郭は任意の特殊な角度運動及び移動要件に合うようにデザインすることができる。図 95、図 95-1 及び図 95-2 は、凸形関節性表面 600138 の半径 r_2 600135 が、ドーム半径 r_1 600136 よりも有意義に大きくてドーム 600137 を自由に回転させるが、しかし周りの組織によりその上の運動から抑制されるまで任意の方向にまた移動することを、ドーム 600137 に可能にさせる、脊椎差し込み 600210 の形状を示す。

【0296】

図 96、図 96-1 及び図 96-2 は、凸形関節性表面半径 r_4 600138 が末端半径 r_3 600139 より有意義に大きく、そして半径 r_6 600140 が末端半径 r_5 600141 よりも有意義に大きい修正された関節性表面 600211 を描いている。中心半径 r_4 600138 と r_6 600140 とは同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよく、また末端半径 r_3 600139 と r_5 600141 とは同じであることができるが、しかしまた、同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600142 は一般に、半径 r_3 600139 及び r_5 600141 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

【0297】

図 97、図 97-1 及び図 97-2 は、へこんだ関節性表面が平らな領域 600143 及び末端半径 r_3 600144 を有する修正された関節性表面 600212 を描いている。末端半径 r_3 600144 及び r_4 600145 は同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600146 は一般に半径 r_3 600144 及び r_4 600145 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

【0298】

図 98、図 98-1 及び図 98-2 は、凸形関節表面が角度 600148 で規定され

た円錐形領域 600147 及び末端半径 r_3 600149 を有する、修正された関節性表面 600213 を描いている。末端半径 r_3 600149 及び r_4 600150 は同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600151 は一般に、半径 r_3 600149 及び r_4 600150 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

【0299】

図 99-1 及び図 99-2 は、凸形関節性表面が楕円形状に形作られた領域 600152 である修正された関節性表面 600214 を描いている。楕円形状 600152 は楕円形状 600153 と等しいことができるが、しかしまた等しくないか又は他の形状であってもよい。ドーム半径 r_2 600154 は一般に、必要とされる角度運動及び移動運動を可能にするための寸法のものである。

10

【0300】

図 100、図 100-1 及び図 100-2 は、凸形関節性表面 600155 が一般形：
表面 = $f(r_{ijk}, i, j, k)$
の三次元算数的に規定された関数により規定される修正関節性表面 600215 を描いている。

【0301】

ドーム半径 r_2 600156 は一般に、必要とされる角度運動及び移動運動を可能にするための寸法のものである。

【0302】

図 101 及び図 101-1 は、凸形関節性表面 600158 の半径 r_1 600157 がドーム半径 r_2 600159 よりも有意義に大きくてドームに自由に回転するようにさせるが、しかし周りの組織によりその上の運動が抑制されるまで、任意の方向で移動することを、ドームに可能にさせる 3 部分脊椎移植片差し込み 600216 形状のための修正関節性表面を示す。

20

【0303】

図 102、図 102-1 及び図 102-2 は、凸形関節性表面半径 r_4 600159 が末端半径 r_3 600160 よりも有意義に大きくそして半径 r_6 600161 が末端半径 r_5 600162 よりも有意義に大きい、3 部分脊椎移植片 600217 のための修正関節性表面を描いている。中心半径 r_4 600159 と r_6 600161 とは同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよく、また末端半径 r_3 600160 と r_5 600162 とは同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600163 は一般に半径 r_3 600160 及び r_5 600162 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

30

【0304】

図 103、図 103-1 及び図 103-2 は、へこんでいる関節性表面が平らな領域 600164 及び末端半径 r_3 600165 を有する 3 部分脊椎移植片 600218 の関節性表面を描いている。末端半径 r_3 600165 と r_4 600166 とは同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600167 は一般に、半径 r_3 600165 及び半径 r_4 600166 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

40

【0305】

図 104、図 104-1 及び図 104-2 は、凸形関節性表面が角度 600169 により規定された円錐形領域 600168 及び末端半径 r_3 600170 を有する 3 部分脊椎移植片 600219 のための関節性表面を描いている。末端半径 r_3 600170 と r_4 600171 とは同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよい。ドーム半径 r_2 600172 は一般に、半径 r_3 600170 及び r_4 600171 の最も小さい半径よりも僅かに小さい。

【0306】

図 105、図 105-1 及び図 105-2 は、凸形関節性表面が楕円形状に形作られた

50

領域 600173 である 3 部分脊椎移植片 600220 のための関節性表面を描いている。楕円形状 600173 は楕円形状 600174 と同じであることができるが、しかしまた同じでなくてもよく、又は他の形状であることができる。ドーム半径 $r_{2600175}$ は一般に、必要とされる角度運動及び移動運動を可能にするための寸法のものである。

【0307】

図 106、図 106-1 及び図 106-2 は、凸形関節性表面 600176 が一般形：

$$\text{表面} = f(r_{ijk}, i, j, k)$$

の三次元算数的に規定された関数により規定される 3 部分脊椎移植片 600221 のための関節性表面を描いている。

【0308】

ドーム半径 $r_{2600177}$ は一般に、必要とされる角度運動及び移動運動を可能にするための寸法のものである。

【0309】

図 107 及び図 107-1 は、下方端板 (inferior endplate) 600178 及び上方端板 (superior endplate) 600179 が PDC を用いて作られている 3 部分脊椎移植片 600222 を描いている。外側表面 600180、600181、及び手術後に隣接脊椎骨に接触する取り付け突き出し 600182 は、ダイヤモンド結晶間の間隙金属を除去するために、硝酸-ヒドロ硫酸 (nitric-hydro-sulfuric acid) のような適当な酸浸出用浴を用いて、化学的に浸出される。浸出される領域 600180、600181、600182 の深さは一般に、0.5 ~ 1.5 mm 以上の範囲にある。ダイヤモンド結晶間に残された空隙は、成長混入で、又は他の骨成長表面の適用又はヒドロキシアパタイトのような骨成長促進剤の適用で骨にとって利用可能であろう。

【0310】

図 108 及び図 108-1 は、下方端板 600183 及び上方端板 600184 が、PDC を用いて作成されている 2 部分脊椎移植片 600223 を描いている。外側表面 600185、600186、及び手術後に隣接脊椎骨に接触する取り付け突き出し 600187 は、ダイヤモンド結晶間の間隙金属を除去するために硝酸-ヒドロ硫酸 (nitric-hydro-sulfuric acid) のような適当な酸浸出用浴を用いて化学的に浸出されている。浸出される領域 600185、600186、600187 の深さは一般に、0.5 ~ 1.5 mm 以上の範囲にある。ダイヤモンド結晶間に残された空隙は、成長混入で又は他の骨成長表面の適用又は骨成長促進剤の適用で骨にとって利用可能であろう。さらに本明細書の何処かに描かれている任意の骨に相対する表面は、骨成長促進剤、骨を固定するためのざらざらにした表面又はきめを粗くした表面、骨の内部成長を可能にするための細孔、及び機械的骨固定を可能にするための突き出しを含むことができる。さらに、接着剤、膠、又はエポキシ類はまた、骨固定を達成させるために使用することができる。

【0311】

部分的半球状のかみ合わせを有するねじを使用する脊椎移植片の固定方法

図 109、図 109-1、図 109-2、図 109-3a、図 109-3b、図 109-4 及び図 109-5 に示される本発明は、脊椎移植片適用 7002 の取り付けにおいて助けとなるための 1 つ以上のねじ 7001 を使用して、適用 7002 の受容表面 7003 に骨内部成長の期間中の部分的固定を提供し、そして移植片の使用寿命のために完全な固定を提供する方法及び器具を開示している。この発明の他の目的は、本発明の脊椎移植片 7002 を取り囲む前方及び後方領域に固定ねじ 7001 又は他の構成部分の突き出しがまったくなしに、固定を与えることである。

【0312】

本発明の脊椎移植片仕組みの固定は、図中に描かれているように隣接する脊椎骨 7005 中への固定ねじ 7001 のねじ山 7004 の全長さの半球部分の半分より僅かに小さいかみ合いによりなし遂げられる。2 つの対応する脊椎骨 7005 を一緒に保持し、且つ引

10

20

30

40

50

き寄せの傾向がある組織の補足圧力は、ねじ山 7004 表面及び骨表面 7007 に対して垂直な接触圧力 7006 を一般に提供して適当な摩擦及び支持固定を可能にする。ねじ 7001 は、骨表面 7007 と連結する適用 7002 の板表面 7003 より僅かに下でねじ穴 7010 を機械処理することにより、適用 7002 において、上方 (superior) 板 7008 及び下方 (inferior) 板 7009 の表面 7003 を固定 (captivate) 維持する。ねじ穴 7010 の中心線配置寸法 7011 は、板の材料 7013 の部分が、板 7008 及び板 7009 内に適所にねじ 7001 を固定する、ねじ 7001 の中心線を僅かに超えて伸びることを確実にするように、ねじ 7001 の直径 7012 に基づいて調節することができる。本発明の移植片 7002 の上方板 7008 及び下方板 7009 でのねじ穴 7010 はねじ 7001 の主要直径 7012 より僅かに大きい直径を有する図 109-3a において示されるような 7014 のみの穴を開けるか、又はねじ 7001 のマイナー (minor) 直径でタップ穴あけ (tap drill) し、次に、図 109-3b に示されるようにねじを通す 70015。

【0313】

本発明の仕組み 7002 の固定を提供するために、1 個、2 個又はそれ以上の固定ねじ 7001 を使用することができる。固定ねじ 7001 を、0.0 ~ 90 度の範囲の角度 7016 で配置することができる。1 つの態様は、身体の水平面に沿って横方向に発揮する分力 (component force) に対して最も好ましいひずみ抵抗を提供する約 35 度の角度 7016 で 2 本のねじを配置することであろう。脊椎骨 7005 の骨の表面 7007 中にねじを通すことは、ねじ 7001 だけを用いて、あるいは適当なねじ立て (tap) 穴あけ (drill hole) 位置固定及びねじ立て固定 (tapping fixture) と共に、正しい寸法、形および長さの典型的なねじきり (thread tap) を用いてねじ通し (70015) を予備カッティングすることにより作ることができる。

【0314】

固定ねじ 7001 のヘッド 70017 は、脊椎移植片 7002 の前方面での突き出しを完全に防止するために、図 109-5 のレリーフ皿穴 (relief counter bore) 70018 中にへこませる。

【0315】

本発明の脊椎移植片 7002 の上方板 (superior plate) 7008 及び下方板 (inferior plate) 7009 の表面 7003 は、ヒドロキシアパタイト被覆、化学剤被覆、結合金属ビーズ、エッチング処理表面、浸出された多結晶ダイヤモンド、又は骨内部成長及び結合を促進する任意の他の処理の適用により、骨内部成長 (bone ingrowth) のために調整されることができる。

【0316】

角ベクトル骨かみ合いと共にねじを用いての脊椎移植片の固定方法

図 110、図 110-1、図 110-2 及び図 110-3 において示される本発明は、脊椎移植片適用 8002 の取り付けにおいて助けとなるために、1 つ以上のねじ 8001 を使用して、適用 8002 の受容表面 8003 に、骨内部成長期間中に部分固定を提供し、そして移植片の使用壽命のために完全な固定を提供することができる方法及び器具を開示している。この発明の他の目的は、本発明の脊椎移植片 8002 を取り囲む前方領域又は後方領域に固定ねじ 8001 又は他の部分の突き出しがまったくなくして、固定を提供することである。

【0317】

本発明の脊椎移植片 8002 の固定は、図面にいっそう十分に描かれているように、隣接する脊椎骨 8005 中への固定ねじ 8001 のねじ山 8004 のかみ合いによってなし遂げられる。2 つの対応する脊椎骨 8005 を一緒に保持し、且つ引き寄せの傾向がある組織の補足圧力は骨表面 8007 に対しての接触圧力 8006 を提供し、そして角度 8008 及び角度 8009 で作用するねじ 8001 の保持抵抗を伴う分力 (component force) により増強される。

10

20

30

40

50

【0318】

本発明の仕組み8002固定を提供するために、1つ、2つ又はそれ以上の固定ねじ8001を使用することができる。0.0度~90度の範囲の角度8009及び約10度~45度の範囲の角度8008で固定ねじ8001を配置できる。1つの態様は、身体の中央/冠状平面に沿って軸方向に、そして身体の水平面に沿って横方向に発揮された分力(component force)に対して最も好ましいひずみ抵抗を与える約25度の角度8008及び約35度での角度8009で2つのねじを配置することである。脊椎骨8005の骨中にねじを通すことは、ねじ8001だけを用いることにより、あるいは適当なねじ立て穴あけ位置固定及びねじ立て固定と共に、正しい寸法、形及び長さ図110-3の典型的なねじ通し(thread)80010を予備カッティングすることにより作られることができる。

【0319】

脊椎移植片8002の前方面への突き出しを完全に防止するために、図110-3のリーフ皿穴(counter bore)80012中に固定ねじ8001のヘッド80011をへこませる。

本発明の移植片8002の上方板(superior plate)80013及び下方板(inferior plate)80014の表面は骨内部成長(bone ingrowth)及び結合のために調整することができる。

【0320】

角ベクトル板かみ合いと共にねじを用いての脊椎移植片の固定方法

図111、図111-1、図111-2及び図111-3に示される本発明は、脊椎移植片適用8502の取り付けを助けるために1つ以上のねじ8501を使用して、適用8502の受容表面8503に、骨内部成長の期間中の部分的な固定を提供し、そして移植片の使用壽命のために完全な固定を提供する方法及び器具を開示している。この発明の他の目的は、本発明の移植片8502を取り囲む前方領域又は後方領域に、固定ねじ8501又は他の部分の突き出しがまったくなしに固定を提供することである。

【0321】

本発明の脊椎移植片8502の固定は、図面にさらに十分に描かれているように、隣接する脊椎骨8508中に突き通した後に、移植片上方板8505及び下方板8506中への固定ねじ8501のねじ山8504の、8507とのかみ合いによりなし遂げられる。2つの対応する脊椎骨8508を保持し、且つ引き寄せる傾向がある組織の補足圧力は、一般に骨表面8510に対する接触圧力8509を提供し、そして角度85011又は角度85012で作用するねじ8501の保持抵抗を伴う分力(component force)により増強される。

【0322】

本発明の移植片8502の固定を提供するために、1つ、2つ又はそれ以上の固定ねじ8501を使用することができる。0.0度~90度の範囲の角度85012で、そして約10度~45度の範囲の角度85011で固定ねじ8501を配置させることができる。1つの態様は、身体の中央/冠状面に沿って軸方向に、そして身体の水平面に沿って横方向に発揮された分力(component force)に対して最も好ましいひずみ抵抗を提供する約25度の角度85011、そして約35度の角度85012での2つのねじ8501の配置である。固定ねじは、予めねじを突き通した穴85013において、上方板8505及び下方板8506を8507とかみ合わせる。固定ねじ8501を、そのねじの全体の長さに沿って突き通すことができるか、又は上方板8505及び下方板8506を8507にかみ合わせる長さだけ突き通すことができる。固定ねじ8501のための空き穴(clearance holes)は、適当な配置、そして上方板8505及び下方板8506を8507と、ねじ8501によってかみ合わせることを確実にするための適当な配置固定を用いて、予め穴が開けられている。

【0323】

固定ねじ8501のヘッド8504は、脊椎移植片8502の前方面への突き出しを完

全に防止するためにレリーフ皿穴 (counter-bore) 85015 中にへこまされている。

本発明の脊椎移植片 8502 の上方板 8505 及び下方板 8506 の表面 8503、8507 を骨内部成長のために調整することができる。

【0324】

取り付けねじ及び回転防止位置決め器と共に固定ラグを使用する脊椎移植片固定方法

図 112、図 112-1、図 112-2 及び図 112-3 に示される本発明は、1 つ以上のラグ (lugs) 又はクリップ (clips) 9001 が、脊椎移植片適用 9002 の取り付けにおいて助けとなるために使用されて、骨内部成長の期間中に、該適用 9002 の受容表面 9003 への部分的固定を提供し、そして移植片の使用寿命のための完全な固定を提供することができる方法及び器具を開示している。この発明の他の目的は、本発明の移植片 9002 を取り囲む前方領域又は後方領域に固定クリップ 9001、ねじ 9004 又は他の部分の突き出しが全くなしに、固定を提供することである。

10

【0325】

本発明の脊椎移植片 9002 の固定は、手術により脊椎骨中に予め機械加工された凹み 9005 中にラグ 9001 をかみ合わせることによりなし遂げられる。クリップ 9001 は、身体の中央平面に平行に、且つ垂直に移動する正方形又は長方形整合舌状でっぱり 9006 及び溝 9007 の使用により安定化することができる。角舌状部 9008 及び角状溝、或いは半球舌状部及び溝のような他の舌及び溝の形状はクリップの回転を防止するために使用できる。

20

【0326】

脊椎移植片 9002 の前方面での突き出しを完全に防止するために、固定ねじ 9004 のヘッド 90012 をレリーフ皿穴 90013 中にへっこませる。クリップ 9001 はまた、脊椎移植片 9002 の前方面での突き出しを完全に防止するために、丸み 90014 をつけられ、そしてへこみ 90015 をつけられている。脊椎移植片 9002 の上方板 (superior plate) 90016 及び下方板 (inferior plate) 90017 の表面 9003 は、骨内部成長のために調整できる。

【0327】

多くの特定の形状と共に、本発明の仕組み及び方法が記載され且つ例示されたが、本明細書において例示され、記載され、そして特許請求された原理から離れることなしに適当な変更及び修正を行うことができることは当業者が認識するだろう。特許請求の範囲において規定されたように、本発明はその精神及び必須特性から離れることなしに、他の特定の形で具体化することができる。本明細書に記載された形状は、あらゆる点で例示としてだけであり、そして限定的なものではないと考えられるべきである。特許請求の範囲の趣旨及び均等性内に入るすべての変更は本発明の範囲内に包含されるべきである。

30

【図面の簡単な説明】

【0328】

【図 1A - 1BB】多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結を描いている。

【図 1C - 1D】CVD、PVD 又はレーザー付着法により基材上へのダイヤモンドテーパーの形成を描いている。

40

【図 3 - 12】関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片構成部分の作成において使用するための超硬質材料の調整を描いている。

【図 13 - 36】焼結前の超硬質材料の最終の調整を描いている。

【図 37】超硬質関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片構成部分の作成において使用できる立方体プレス金床 (アンビル: anvils) を描いている。

【図 38 - 50】超硬質関節性ダイヤモンド表面脊椎移植片構成部分の機械加工及び仕上げ加工を描いている。

【図 51 - 52】ヒトの脊椎を描いている。

【図 53 - 112 - 3】脊椎移植片の種々の態様を描いている。

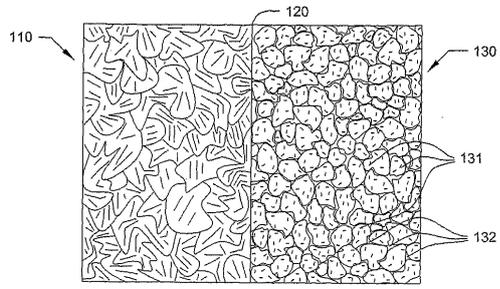


Fig. 1A

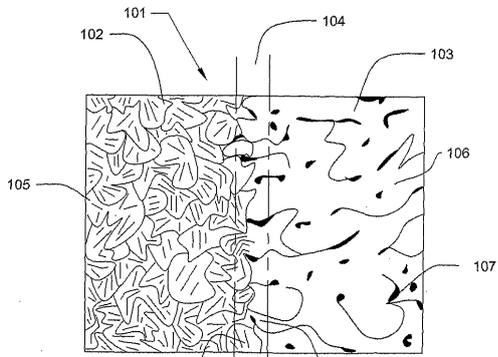


Fig. 1B

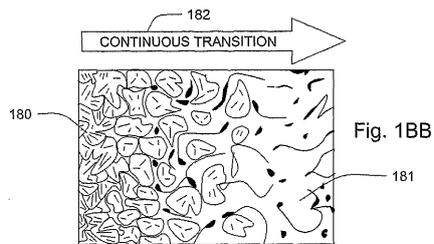
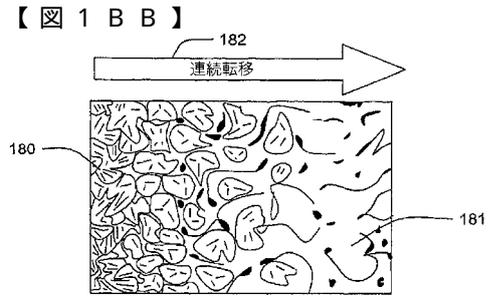


Fig. 1BB

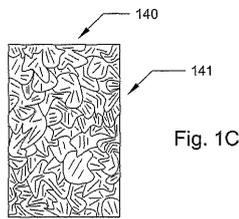


Fig. 1C

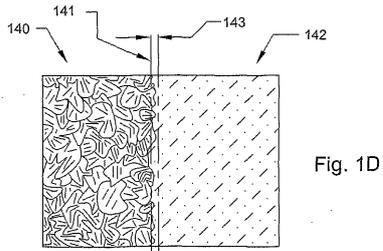


Fig. 1D

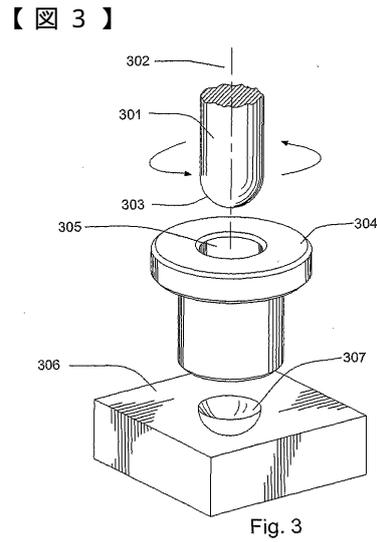


Fig. 3

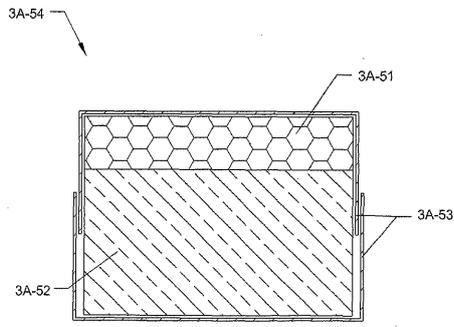


Fig. 3A-1

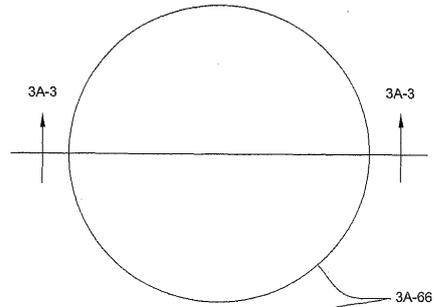


Fig. 3A-2

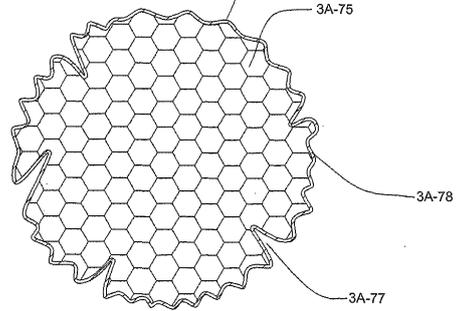


Fig. 3A-3

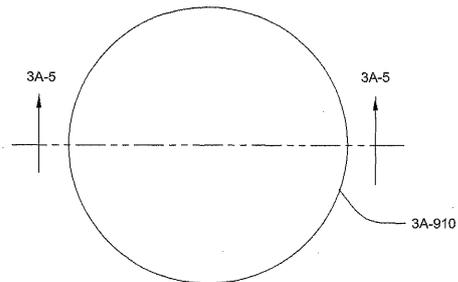


Fig 3A-4

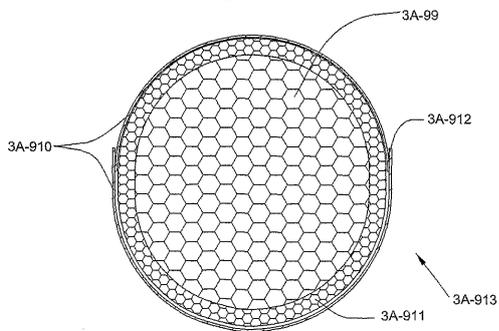


Fig 3A-5

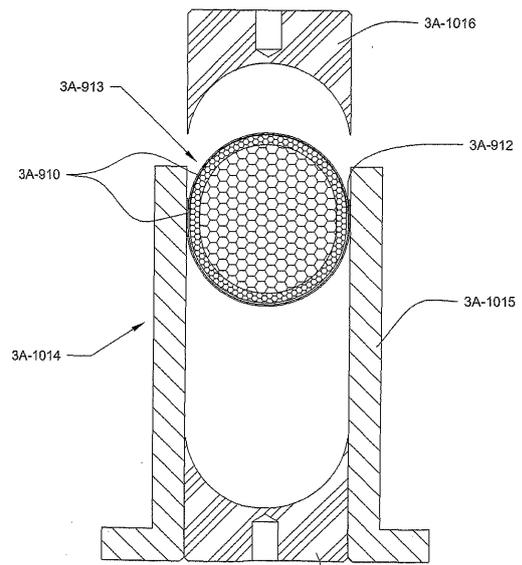


Fig. 3A-6

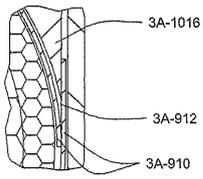


Fig. 3A-7-1

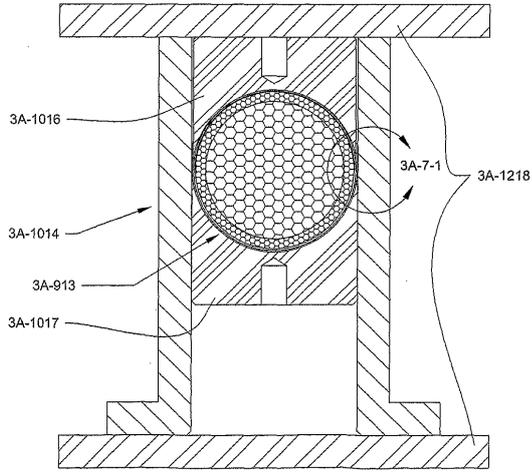


Fig. 3A-7

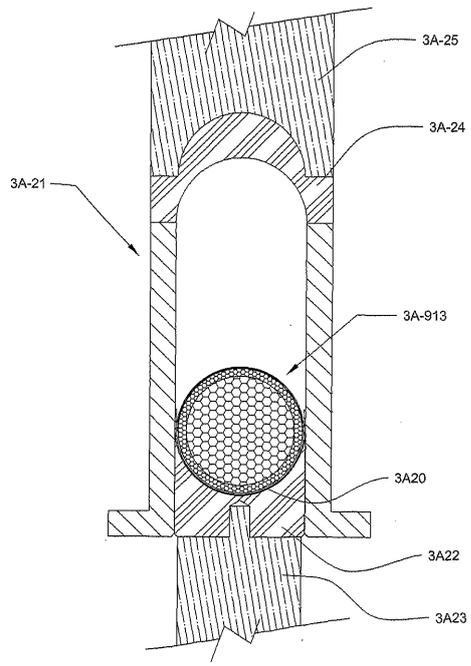


Fig. 3A-8

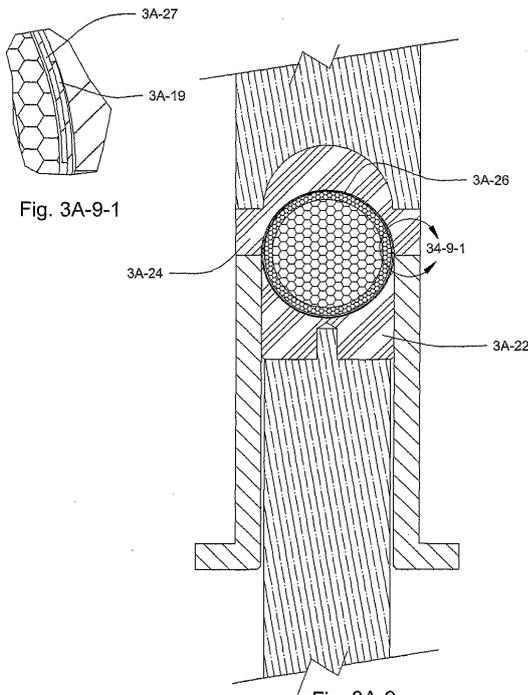


Fig. 3A-9-1

Fig. 3A-9

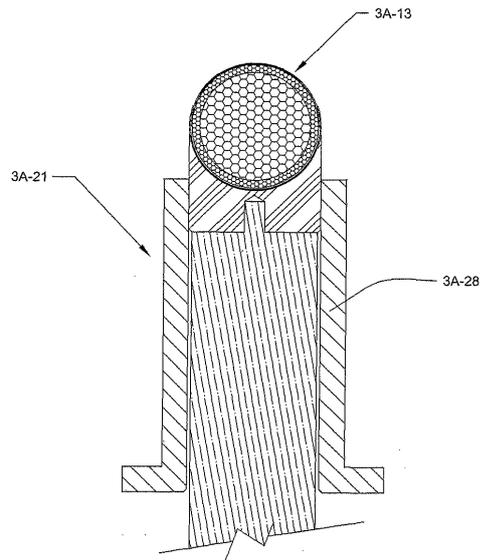


Fig. 3A-10

【 図 5 】

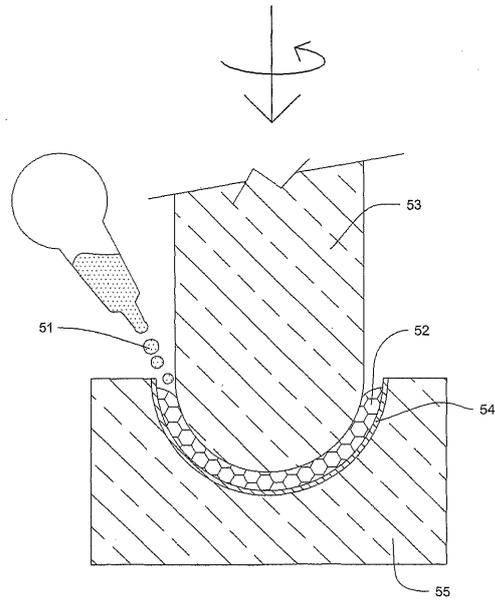


Fig. 5

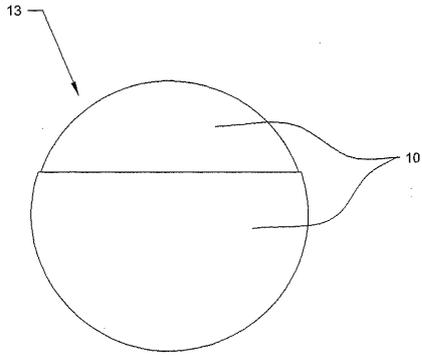
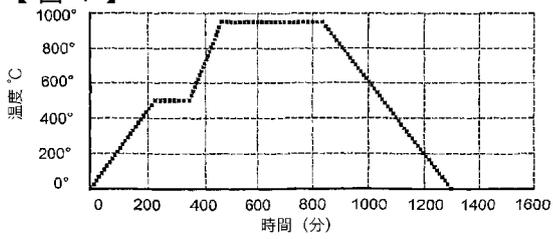


Fig. 3A-11

【 図 4 】



【 図 6 】

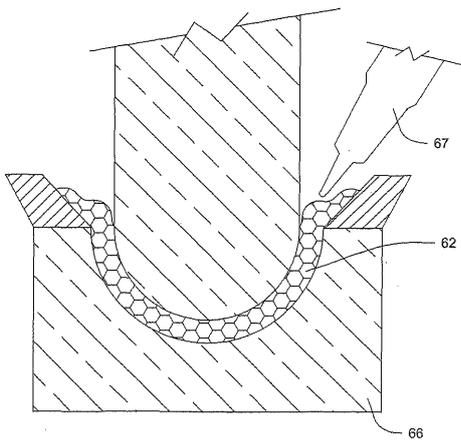


Fig. 6

【 図 7 】

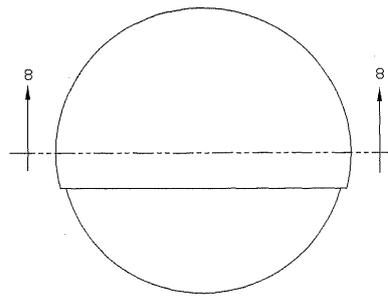


Fig. 7

【 図 8 】

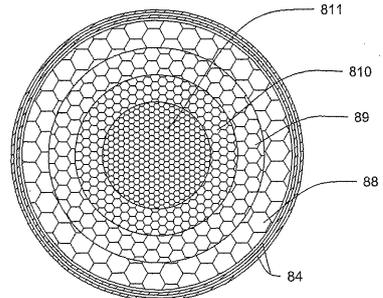
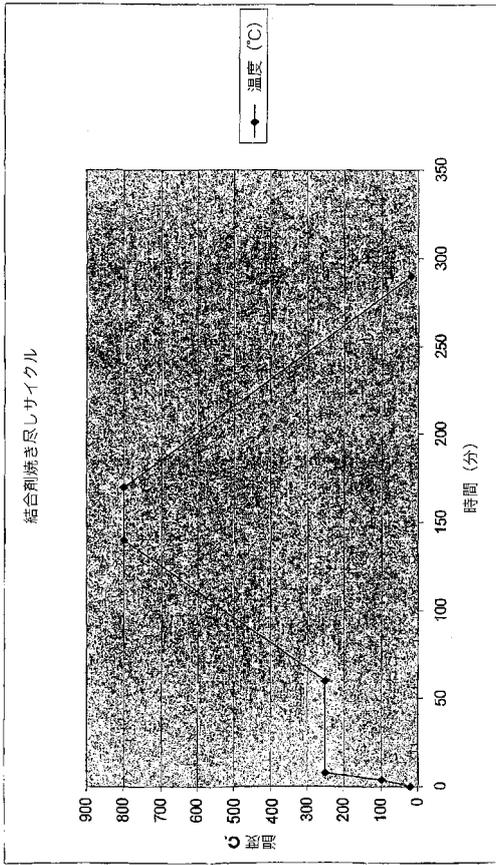


Fig. 8

【 図 9 】



【 図 10 】

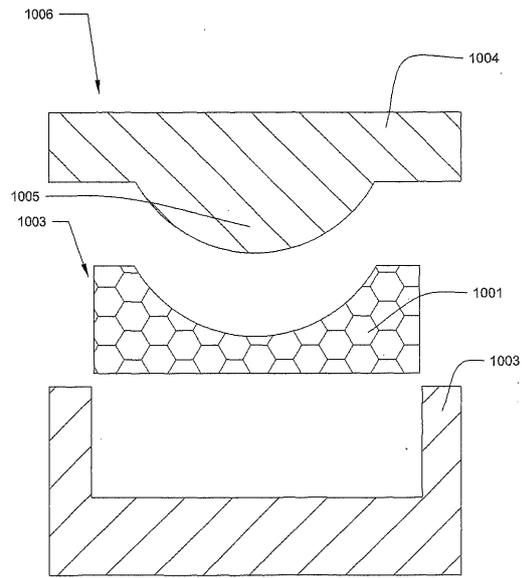


Fig. 10

【 図 11 】

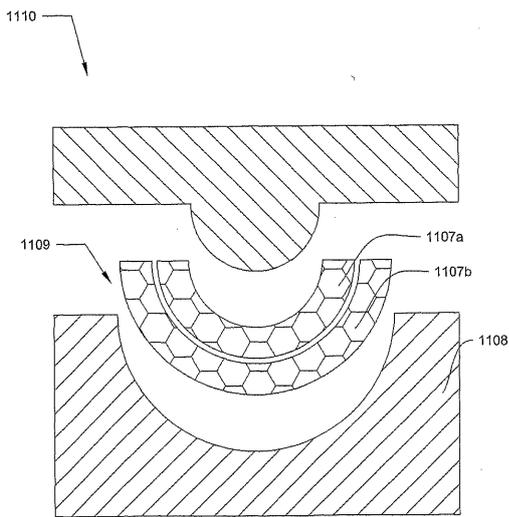
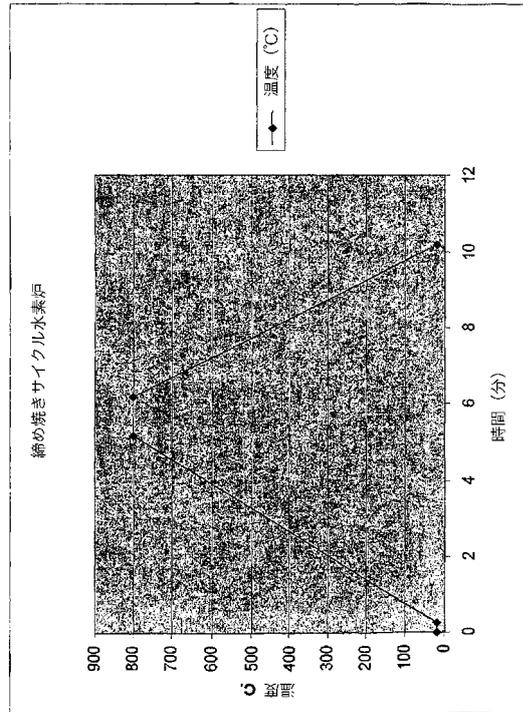


Fig. 11

【 図 12 】



【 図 1 3 】

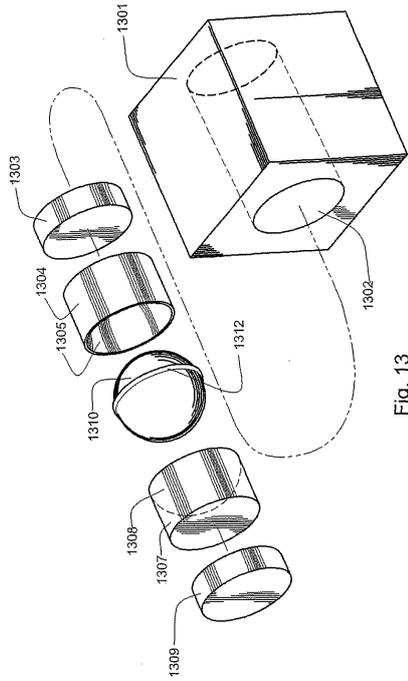


Fig. 13

【 図 1 4 】

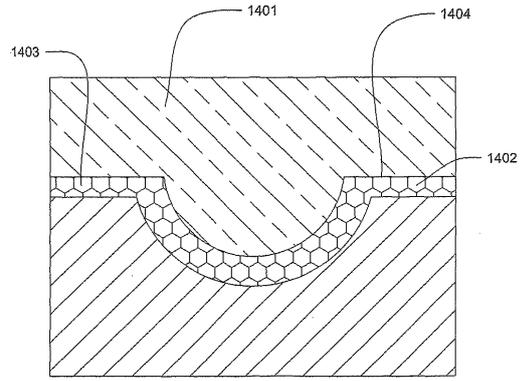


Fig. 14

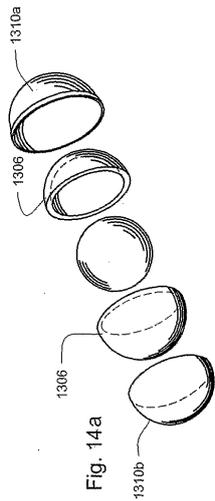


Fig. 14a

【 図 1 5 】

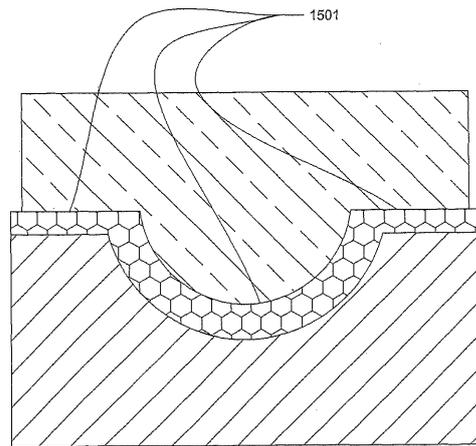


Fig. 15

【 図 1 6 】

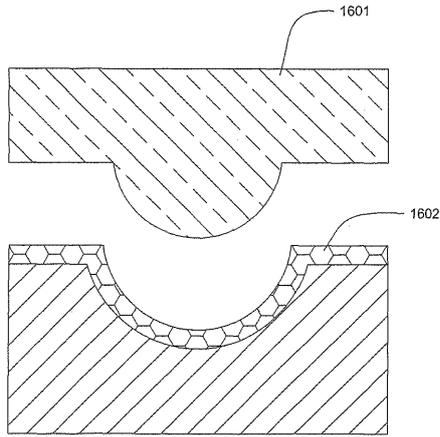


Fig. 16

【 図 1 7 】

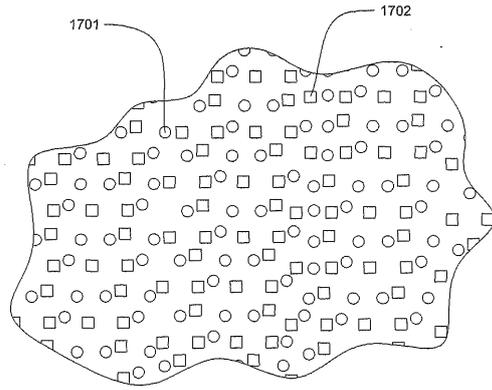


Fig. 17

【 図 1 8 】

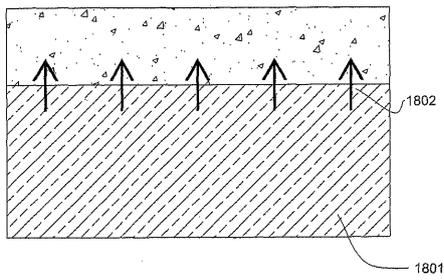


Fig. 18

【 図 1 9 】

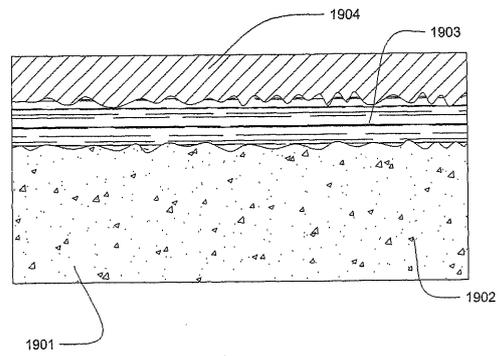


Fig. 19

【 図 2 0 】

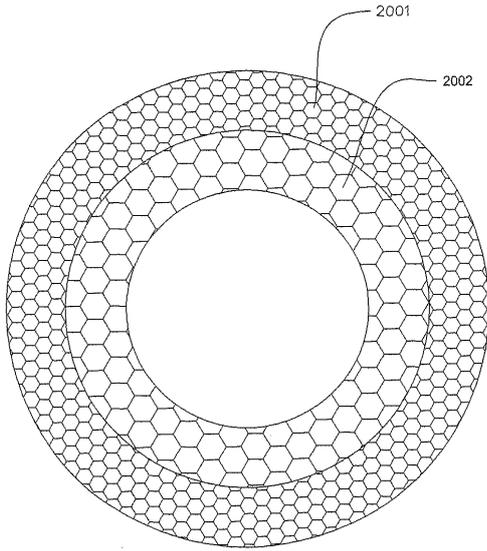


Fig. 20

【 図 2 1 】

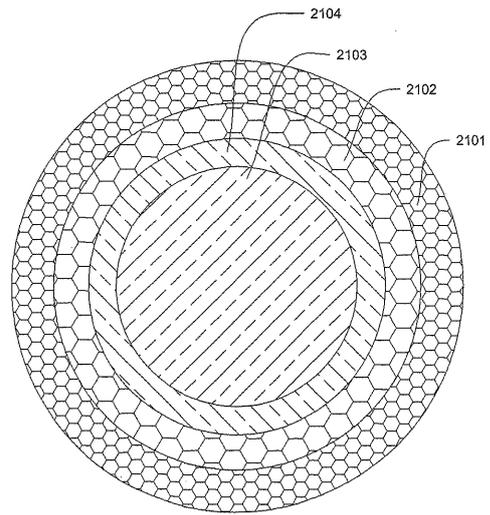


Fig. 21

【 図 2 2 】

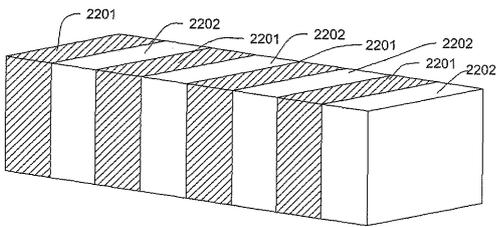


Fig. 22

【 図 2 3 】

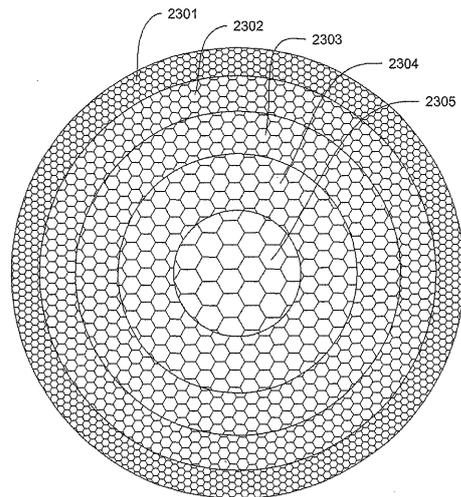


Fig. 23

【 図 2 4 】

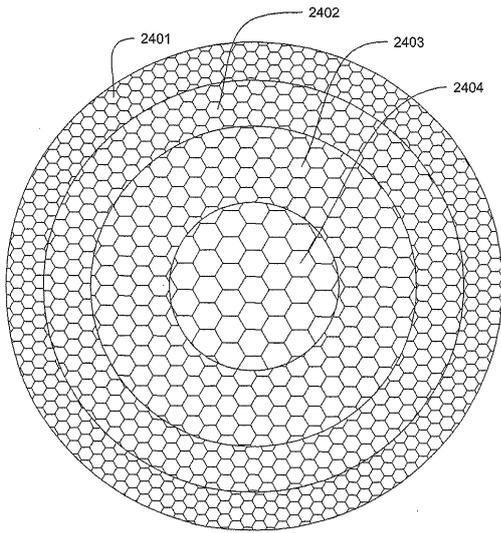


Fig. 24

【 図 2 5 】

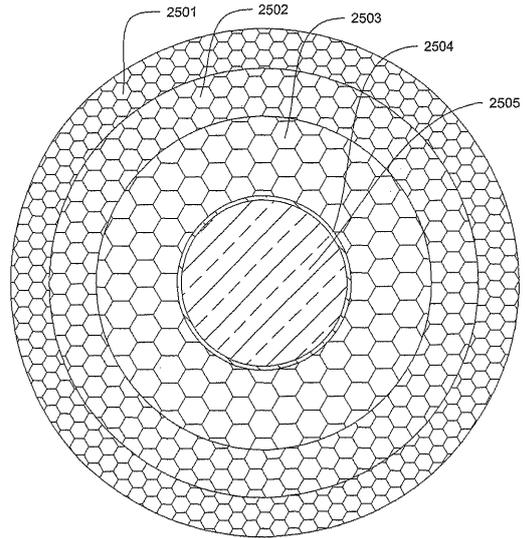


Fig. 25

【 図 2 6 】

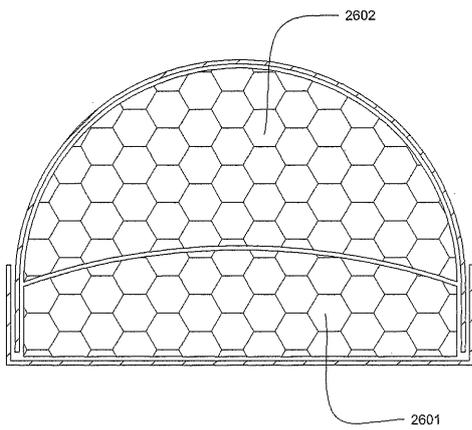


Fig. 26

【 図 2 7 】

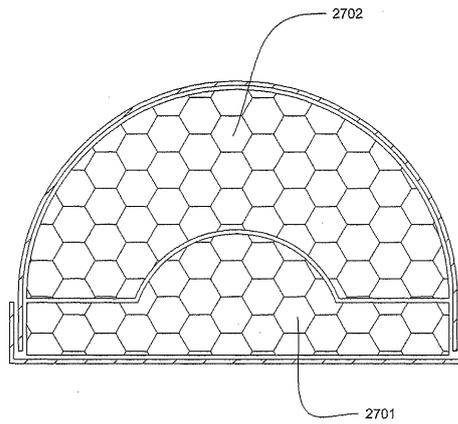


Fig. 27

【 図 2 8 】

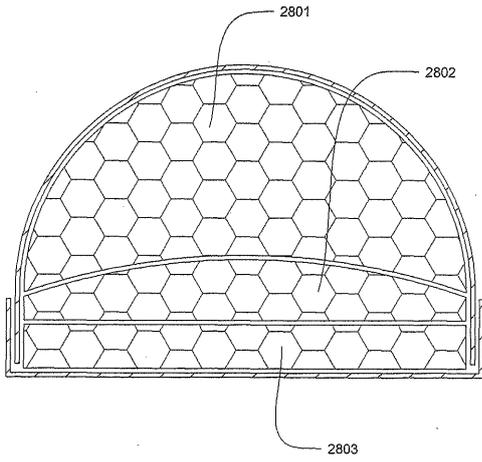


Fig. 28

【 図 2 9 】

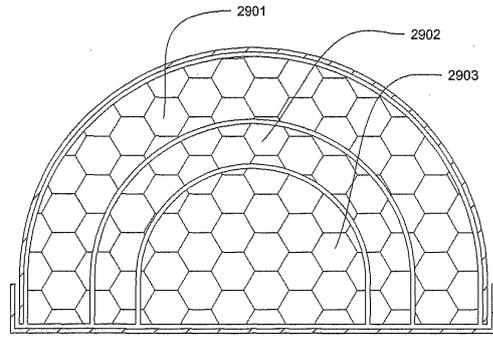


Fig. 29

【 図 3 0 】

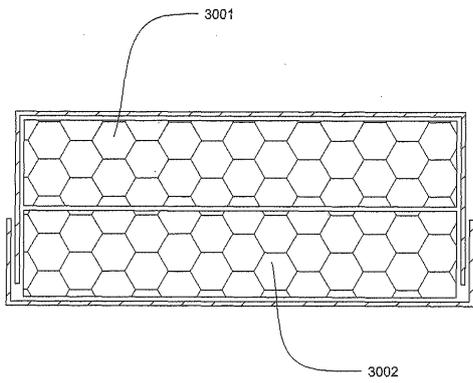


Fig. 30

【 図 3 1 】

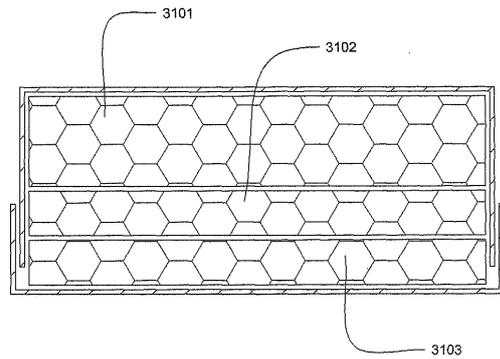


Fig. 31

【 図 3 2 】

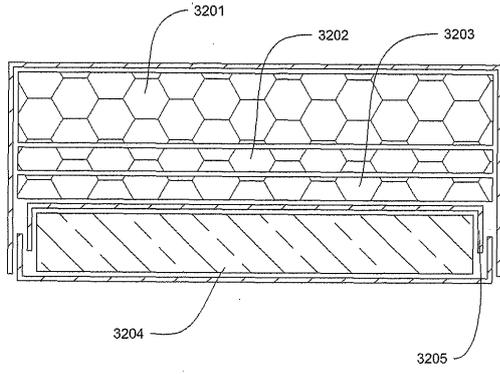


Fig. 32

【 図 3 3 】

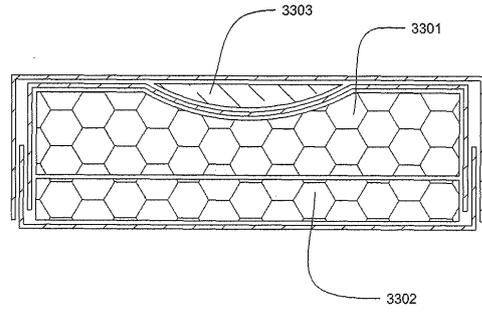


Fig. 33

【 図 3 4 】

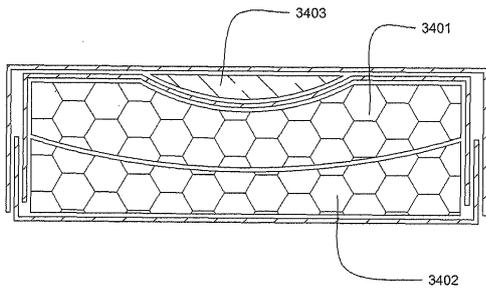


Fig. 34

【 図 3 6 】

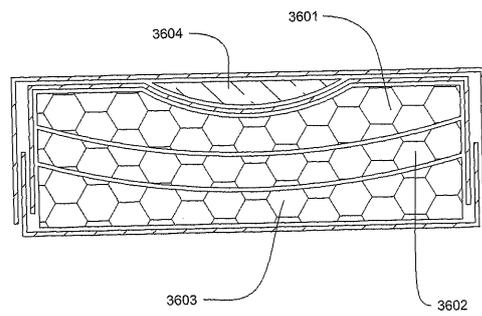


Fig. 36

【 図 3 5 】

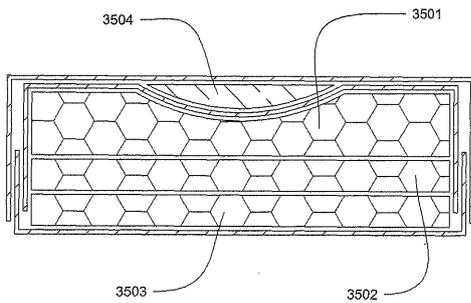
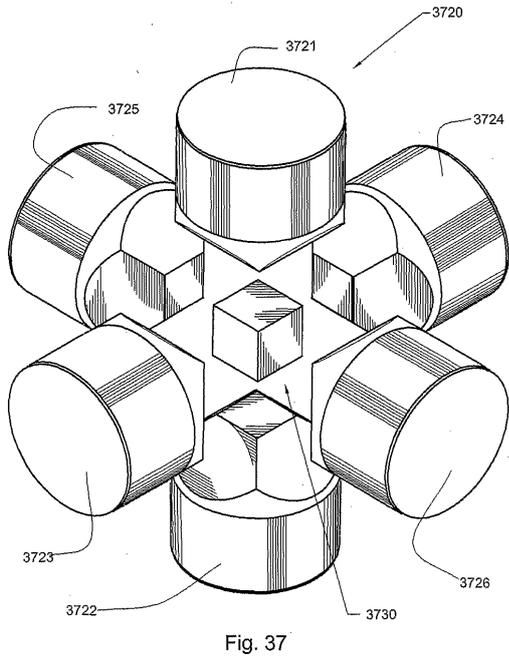
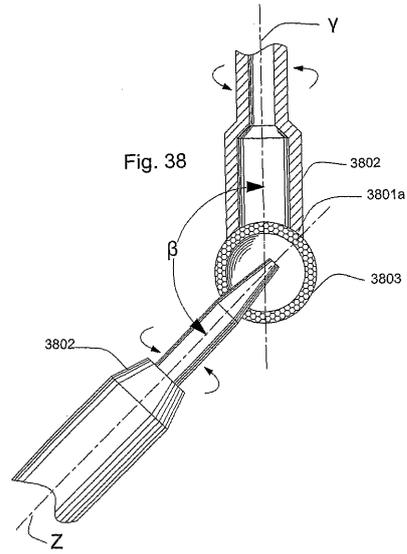


Fig. 35

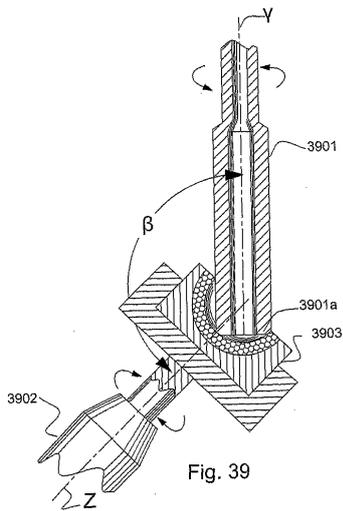
【 図 3 7 】



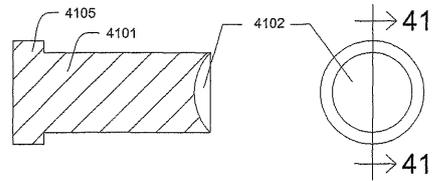
【 図 3 8 】



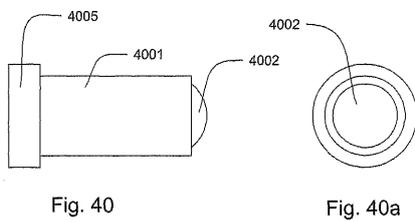
【 図 3 9 】



【 図 4 1 】



【 図 4 0 】



【 図 4 2 】

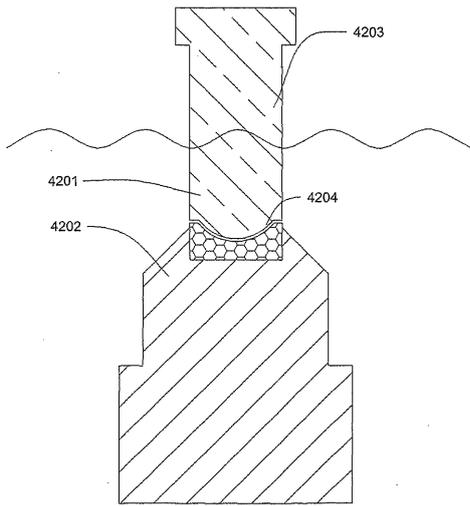


Fig. 42

【 図 4 3 】

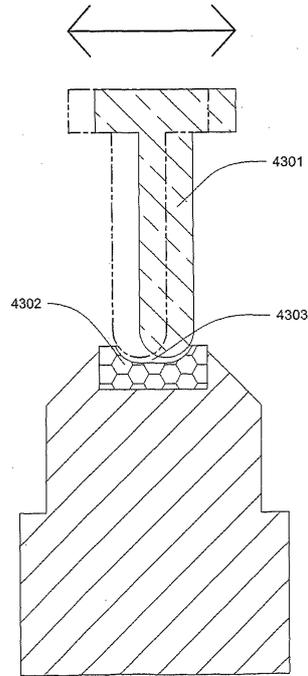


Fig. 43

【 図 4 4 】

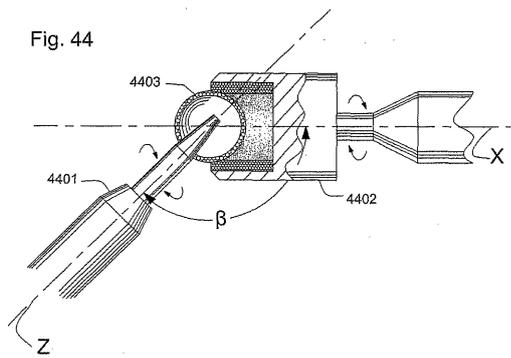


Fig. 44

【 図 4 6 】

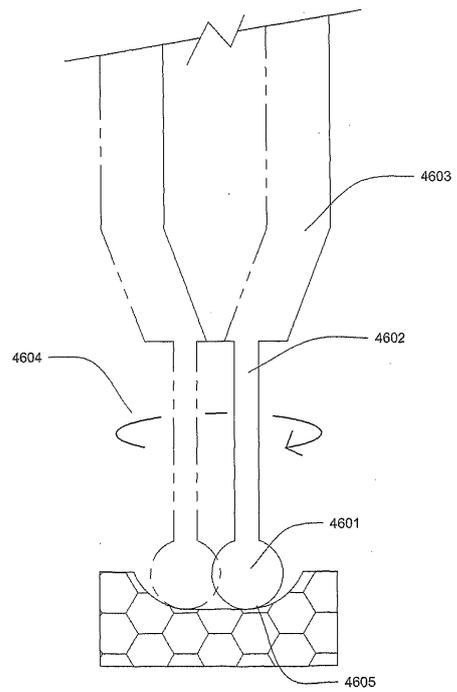


Fig. 46

【 図 4 5 】

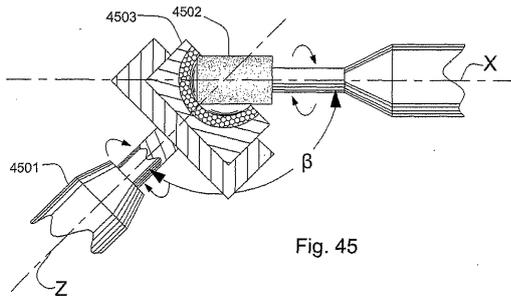


Fig. 45

【 図 4 7 】

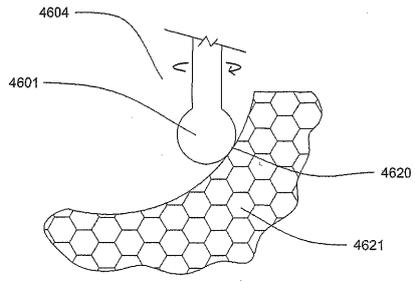


Fig. 47

【 図 4 9 】

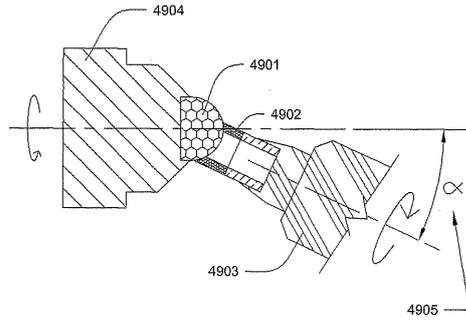


Fig. 49

【 図 4 8 】

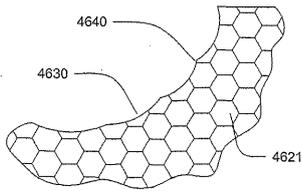


Fig. 48

【 図 5 0 】

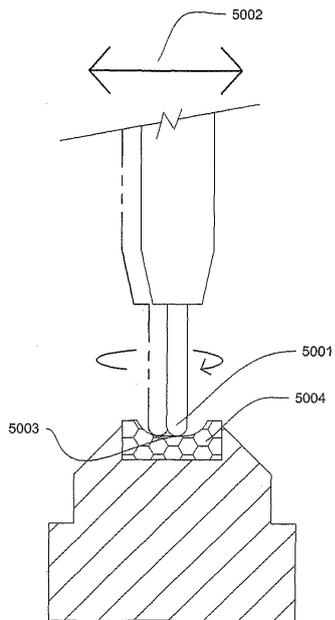
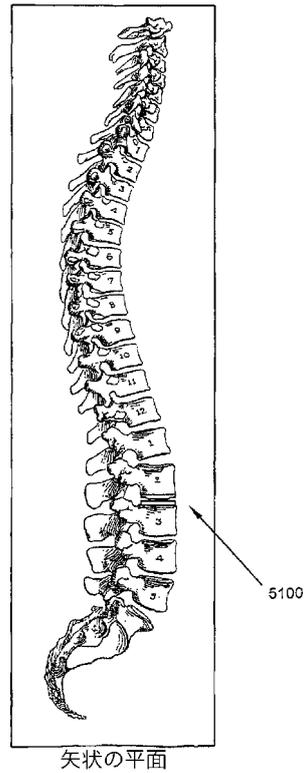


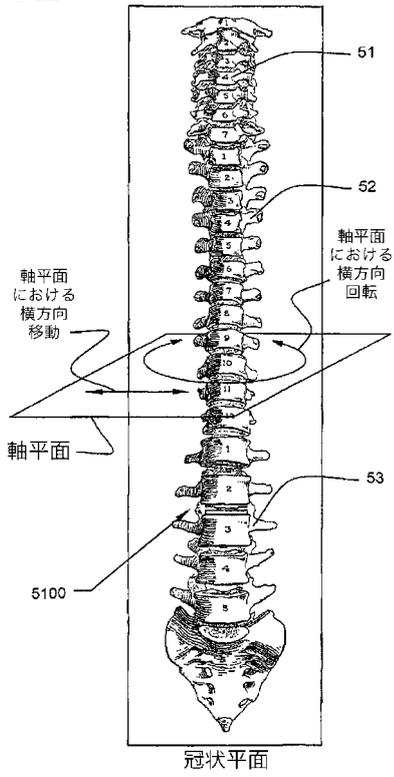
Fig. 50

【 図 5 1 】

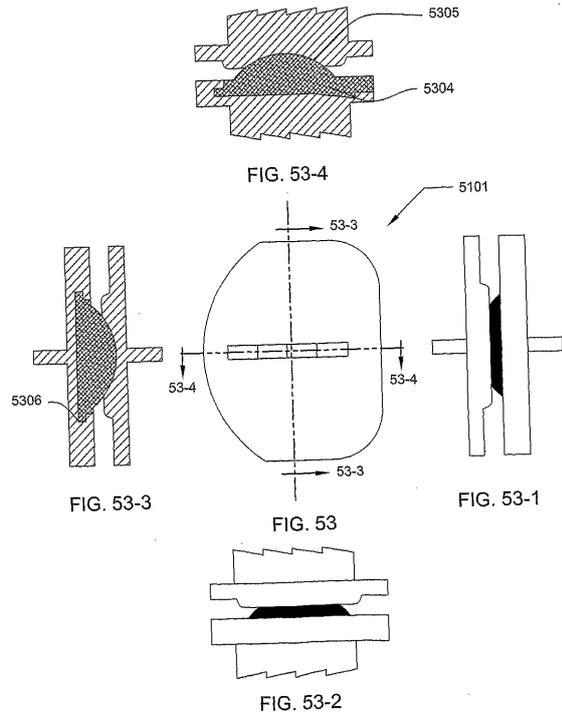


矢状の平面

【 図 5 2 】



【 図 5 3 】



【 図 5 4 】

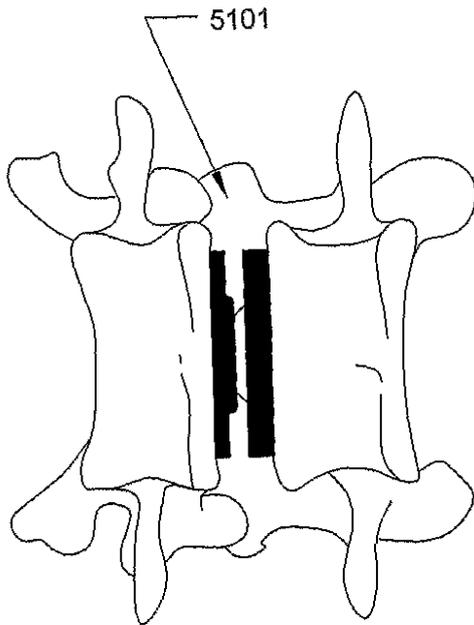


FIG. 54

【 図 5 5 】

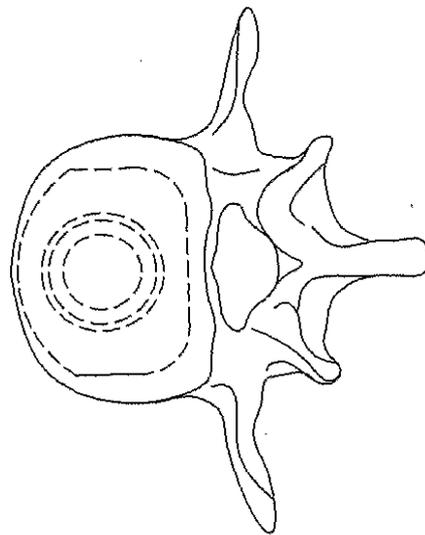


FIG. 55

【 図 5 6 】

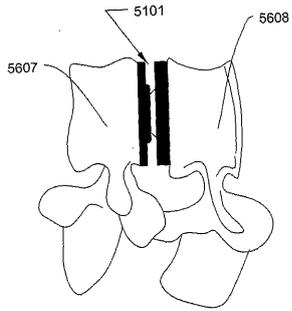


FIG. 56

【 図 5 7 】

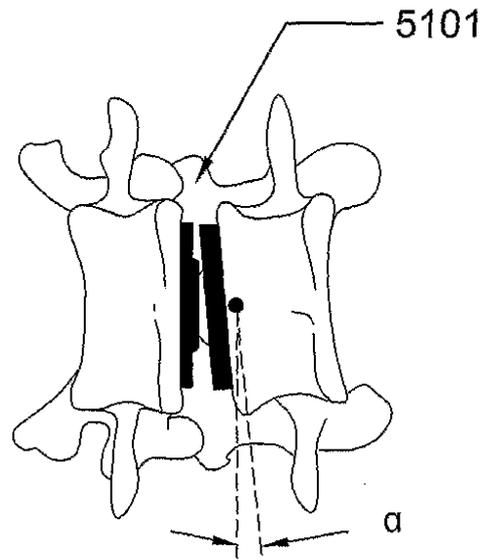


FIG. 57

【 図 5 8 】

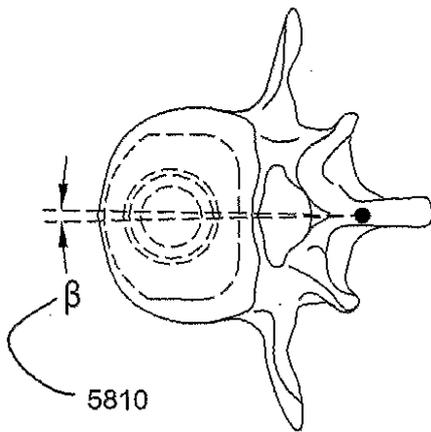


FIG. 58

【 図 5 9 】

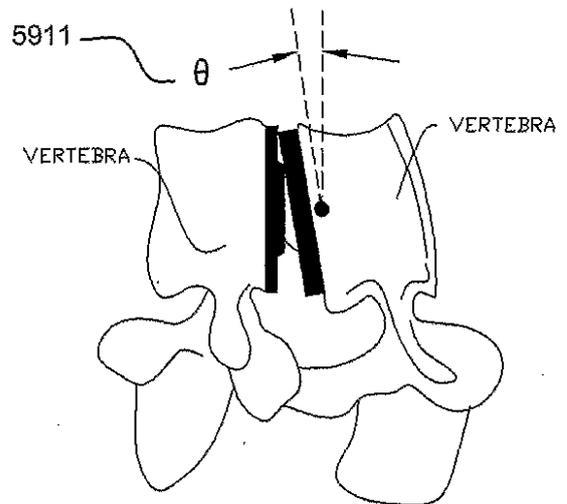


FIG. 59

【 図 6 0 】

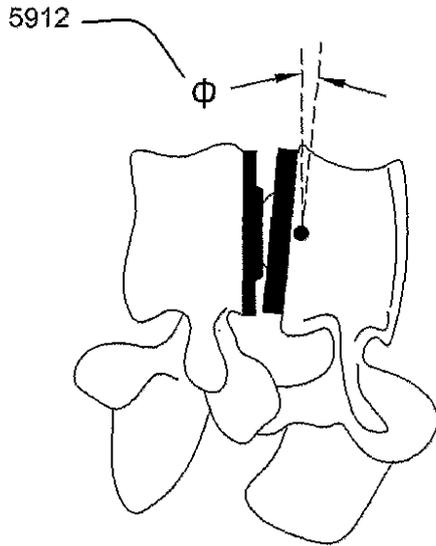


FIG. 60

【 図 6 1 】

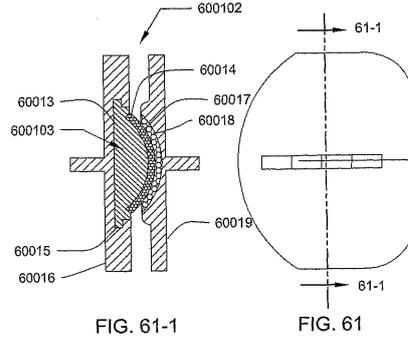


FIG. 61-1

FIG. 61

【 図 6 2 】

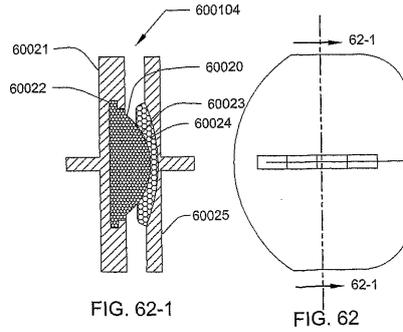


FIG. 62-1

FIG. 62

【 図 6 3 】

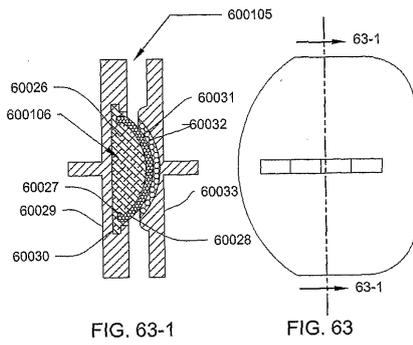


FIG. 63-1

FIG. 63

【 図 6 5 】

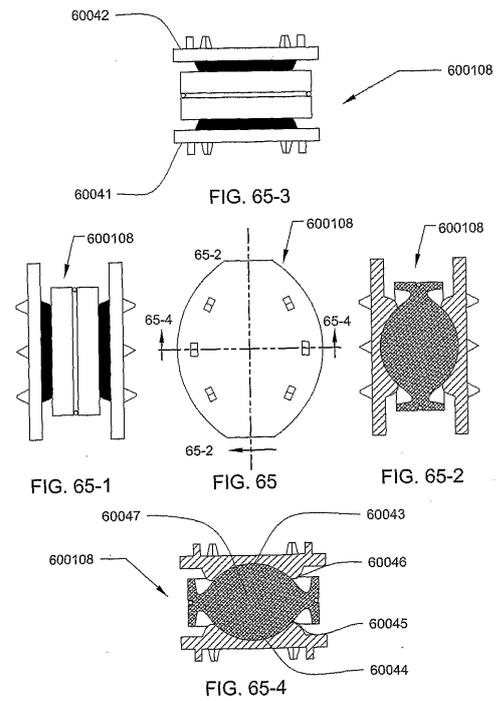


FIG. 65-1

FIG. 65

FIG. 65-2

FIG. 65-3

FIG. 65-4

【 図 6 4 】

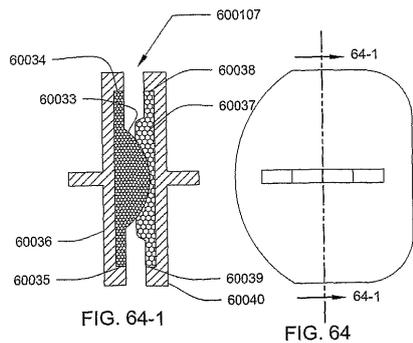


FIG. 64-1

FIG. 64

【 図 6 6 】

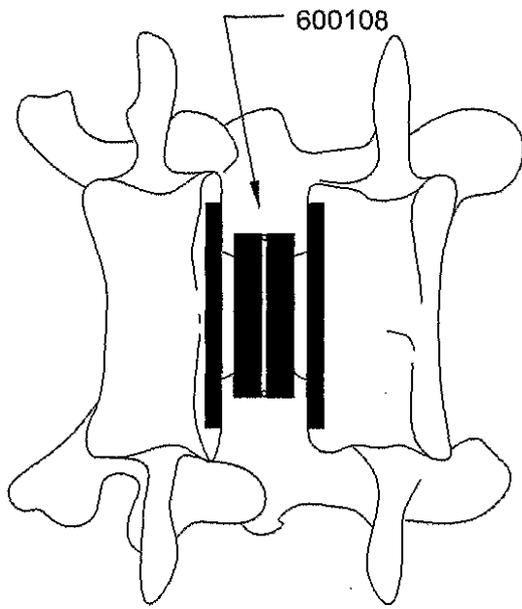


FIG. 66

【 図 6 7 】

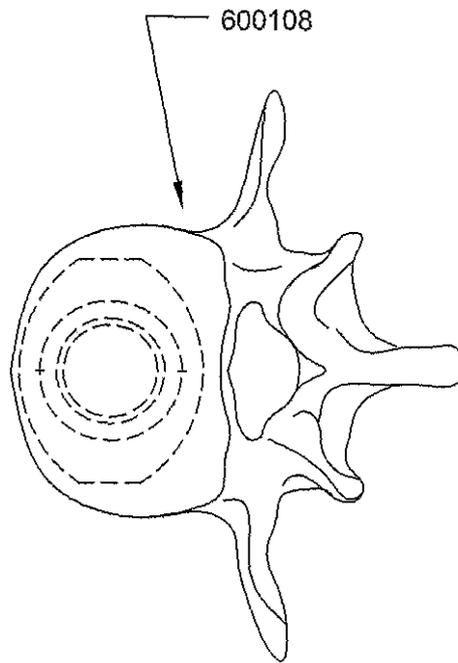


FIG. 67

【 図 6 8 】

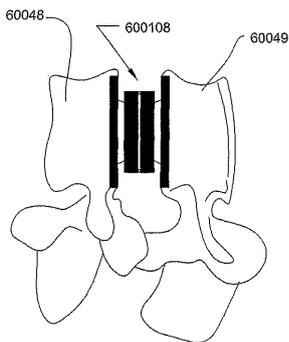


FIG. 68

【 図 7 0 】

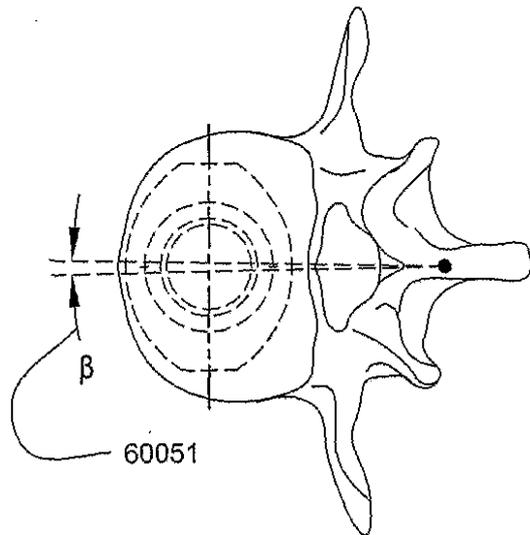


FIG. 70

【 図 6 9 】

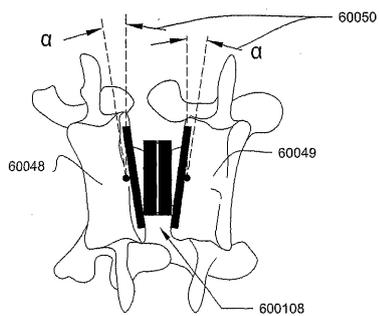


FIG. 69

【 図 7 1 】

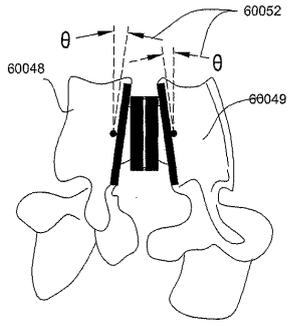


FIG. 71

【 図 7 2 】

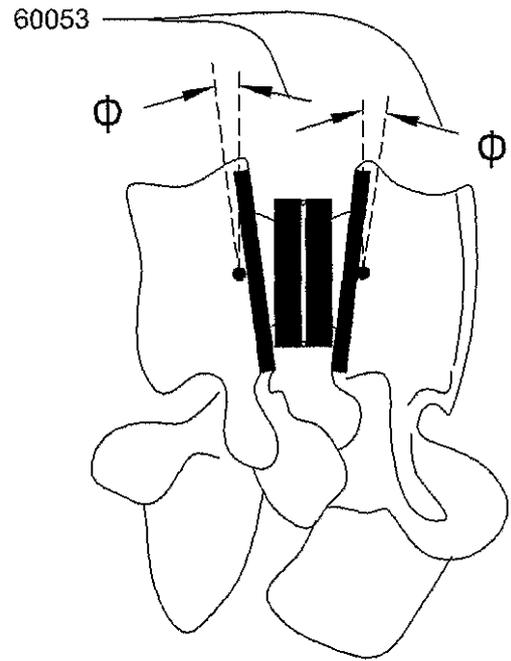


FIG. 72

【 図 7 3 】

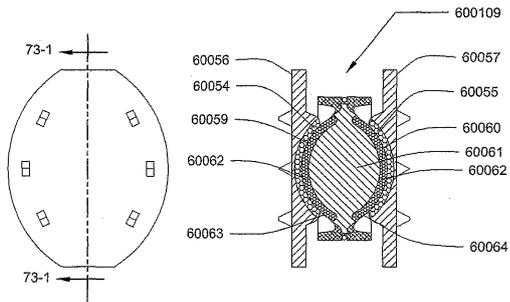


FIG. 73

FIG. 73-1

【 図 7 5 】

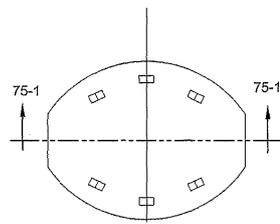


FIG. 75

【 図 7 4 】

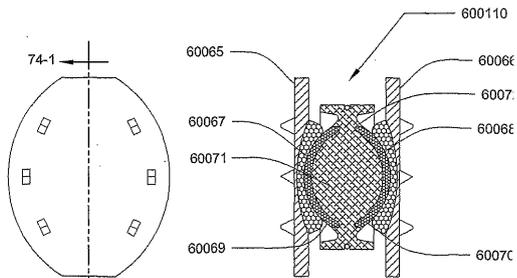


FIG. 74

FIG. 74-1

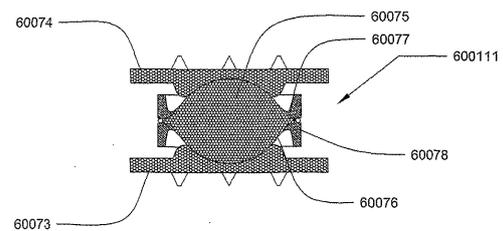


FIG. 75-1

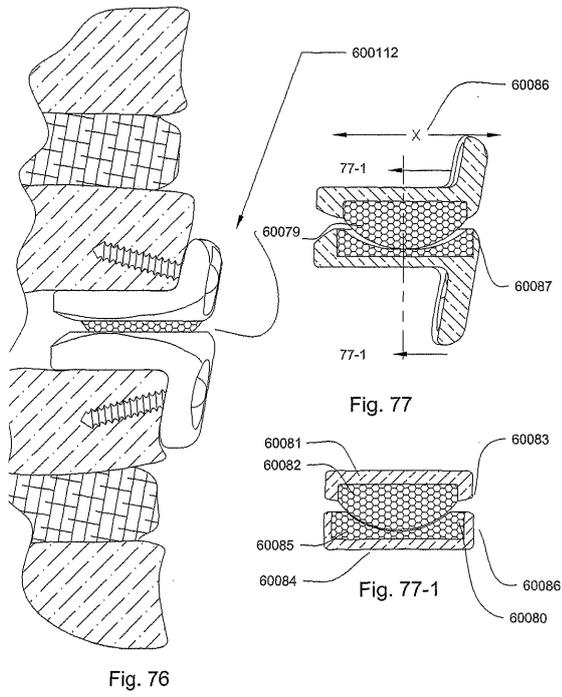


Fig. 76

【 図 7 9 】

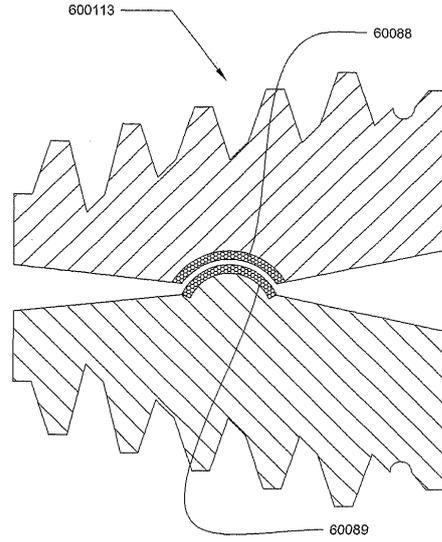


FIG. 79

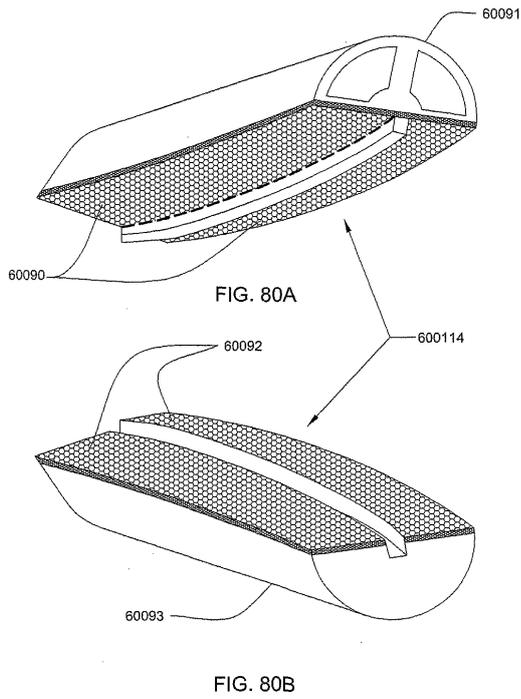


FIG. 80A

FIG. 80B

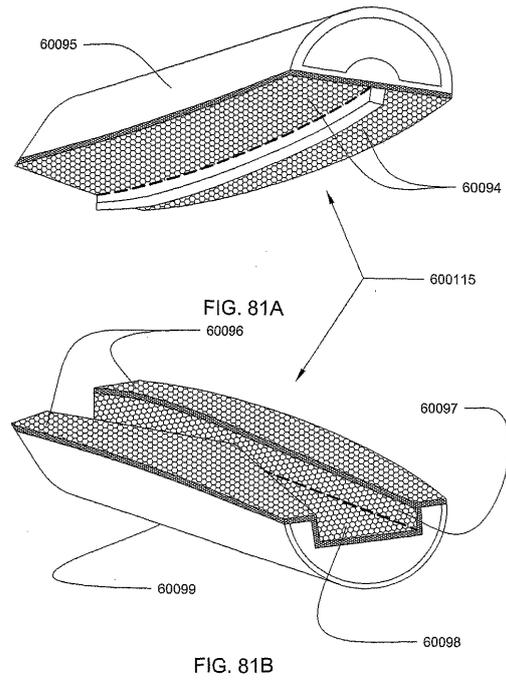
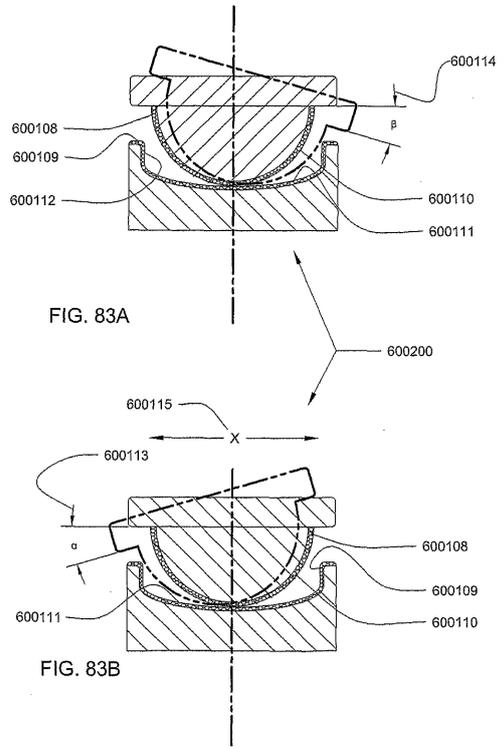
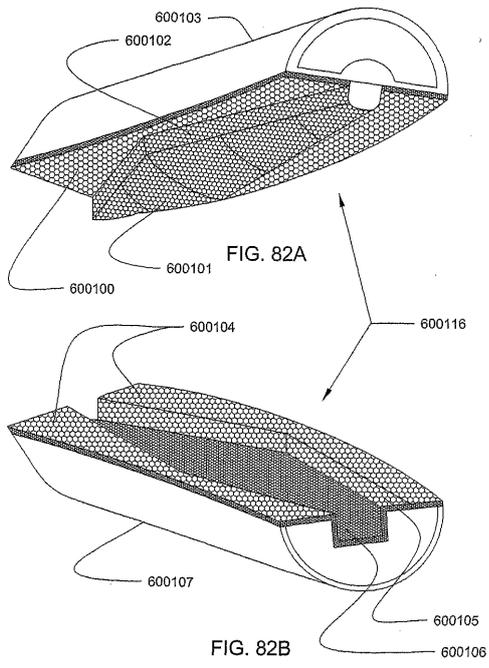
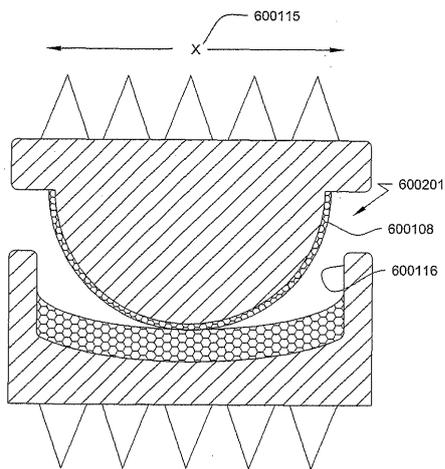


FIG. 81A

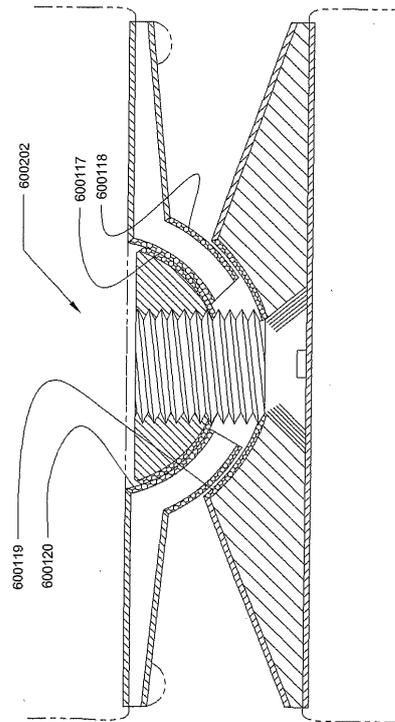
FIG. 81B



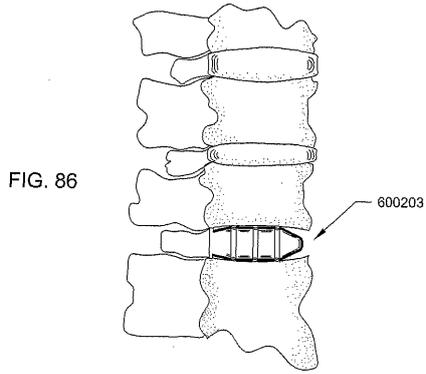
【 84 】



【 85 】



【 図 8 6 】



【 図 8 8 】

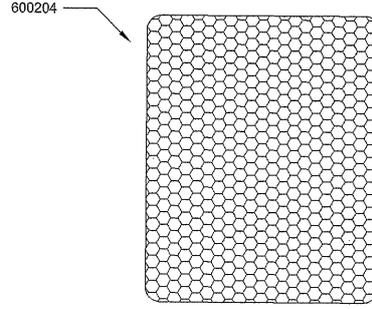


FIG. 88

【 図 8 7 】

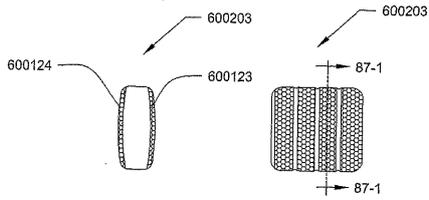


FIG. 87-1

FIG. 87

【 図 8 9 】

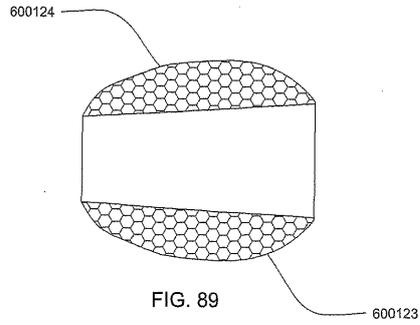


FIG. 89

【 図 9 0 】

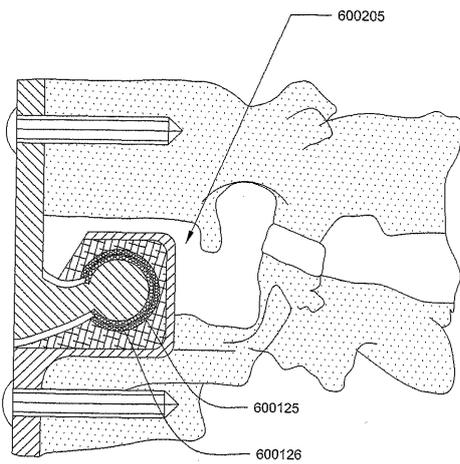


FIG. 90

【 図 9 1 】

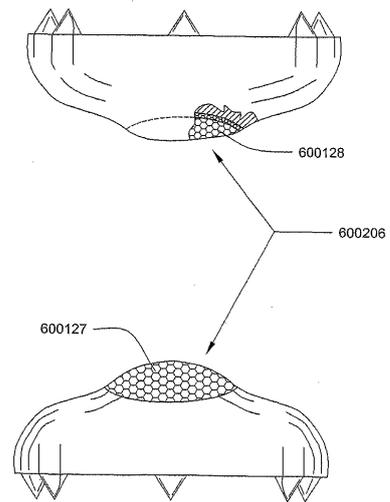


FIG.91

【 図 9 2 】

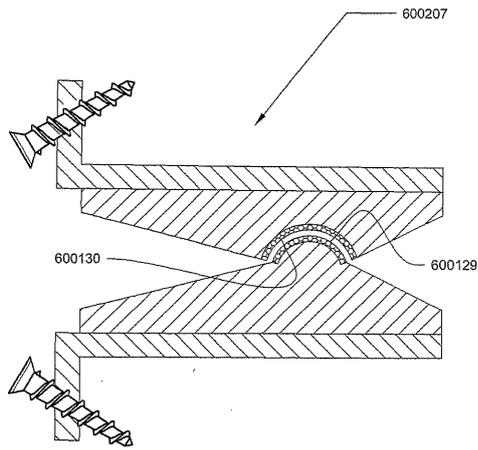


FIG.92

【 図 9 3 】

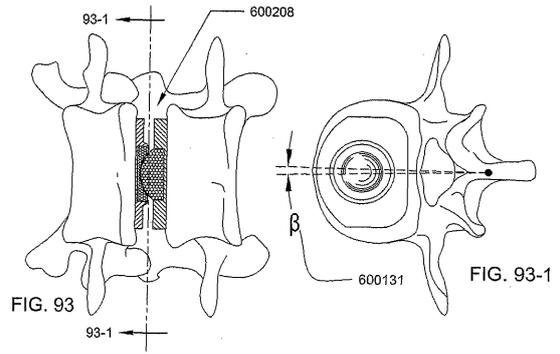


FIG. 93

FIG. 93-1

【 図 9 4 】

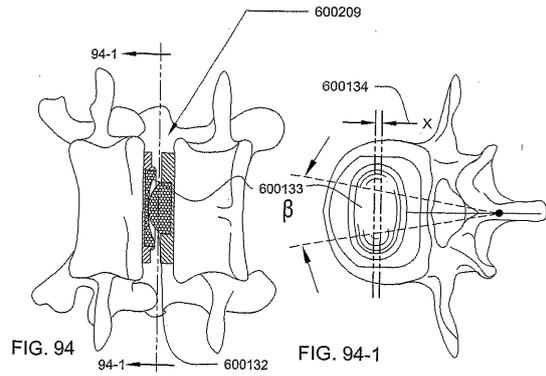


FIG. 94

FIG. 94-1

【 図 9 5 】

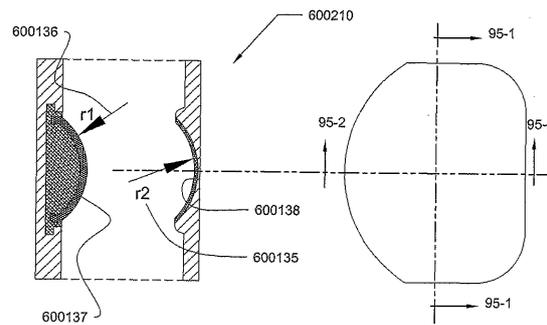


FIG. 95-1

FIG. 95

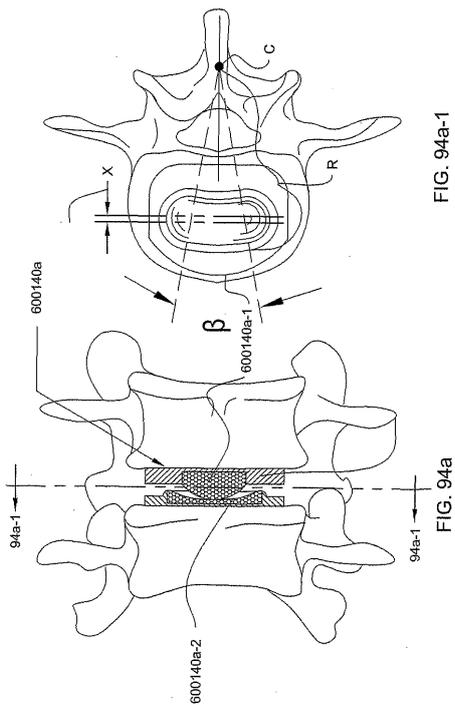


FIG. 94a-1

FIG. 94a

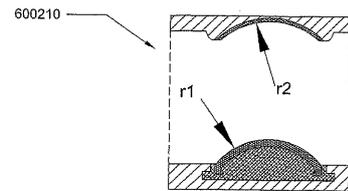


FIG. 95-2

【 図 9 6 】

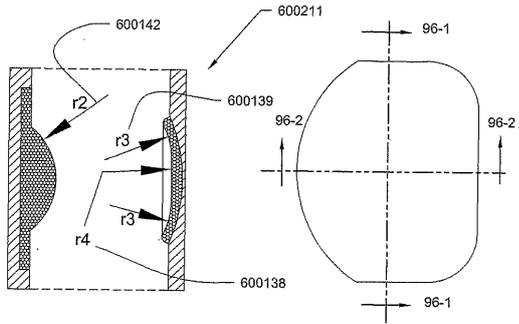


FIG. 96-1

FIG. 96

【 図 9 7 】

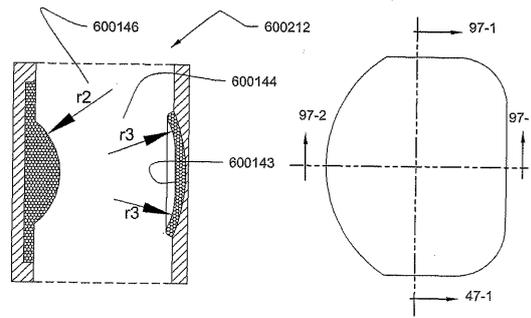


FIG. 97-1

FIG. 97

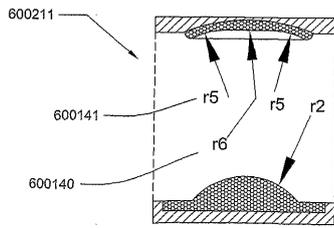


FIG. 96-2

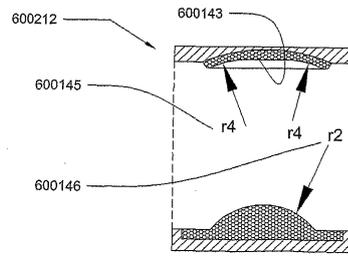


FIG. 97-2

【 図 9 8 】

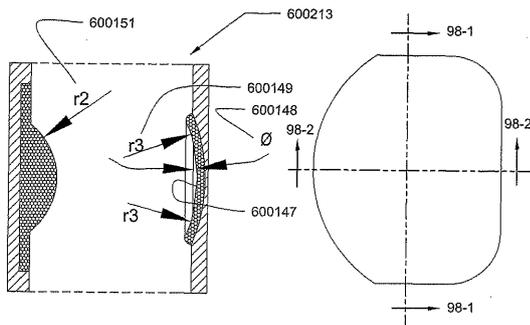


FIG. 98-1

FIG. 98

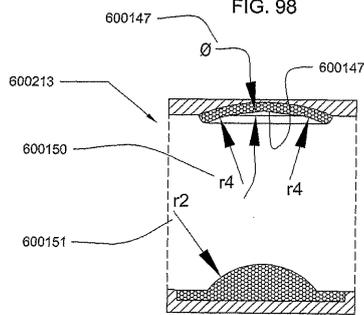


FIG. 98-2

【 図 9 9 】

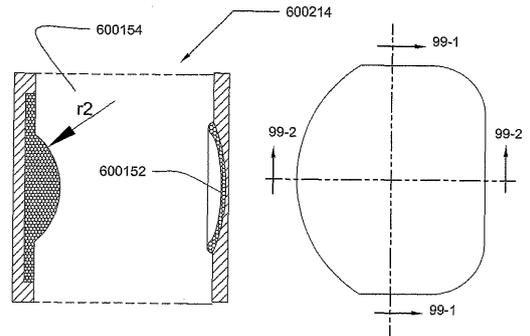


FIG. 99-1

FIG. 99

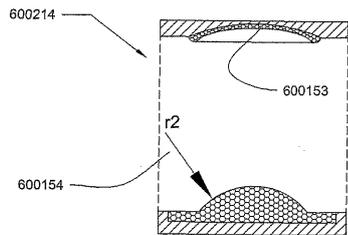


FIG. 99-2

【 図 1 0 0 】

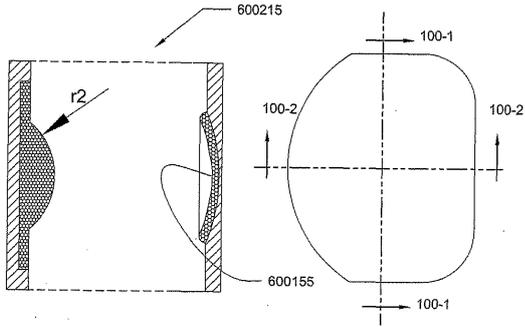


FIG. 100-1

FIG. 100

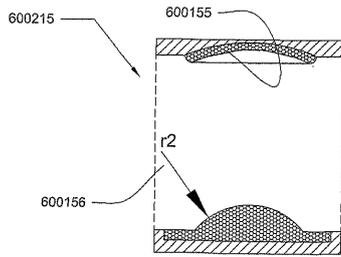


FIG. 100-2

【 図 1 0 1 】

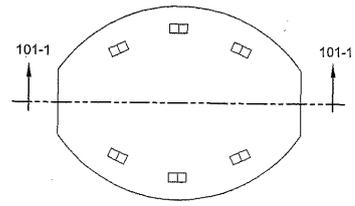


FIG. 101

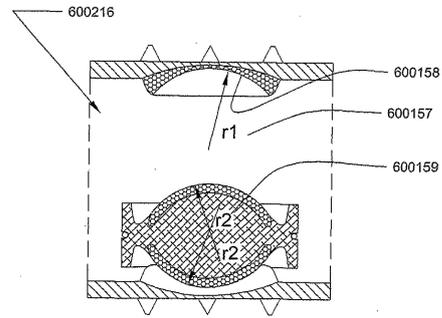


FIG. 101-1

【 図 1 0 2 】

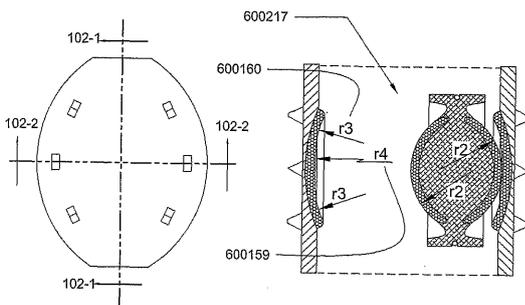


FIG. 102

FIG. 102-1

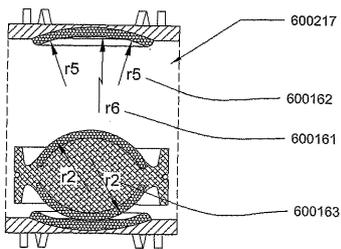


FIG. 102-2

【 図 1 0 3 】

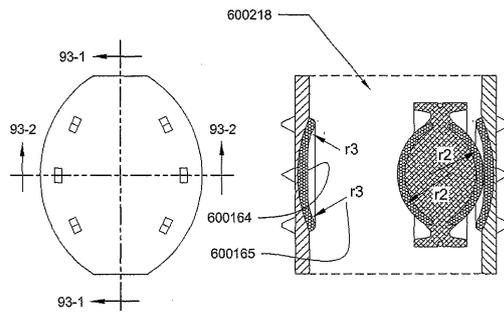


FIG. 103

FIG. 103-1

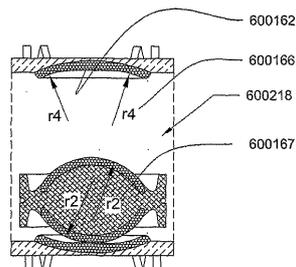


FIG. 103-2

【 図 1 0 4 】

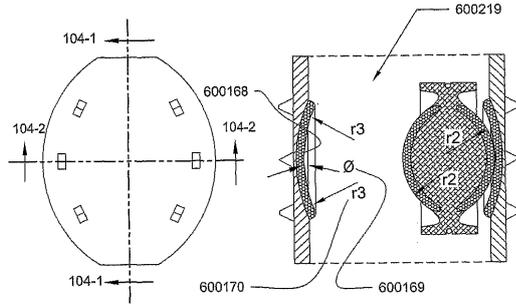


FIG. 104

FIG. 104-1

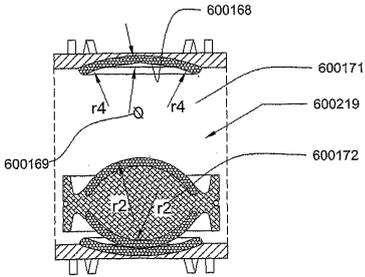


FIG. 104-2

【 図 1 0 5 】

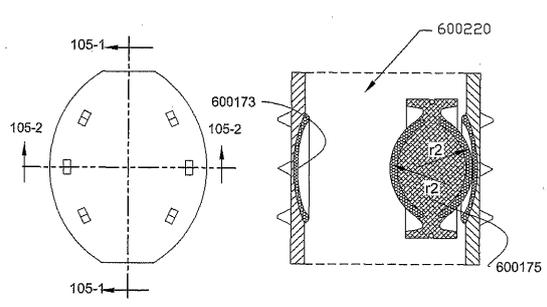


FIG. 105

FIG. 105-1

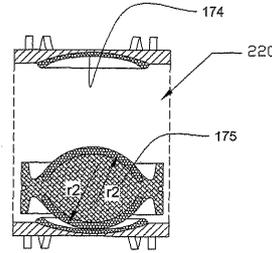


FIG. 105-2

【 図 1 0 6 】

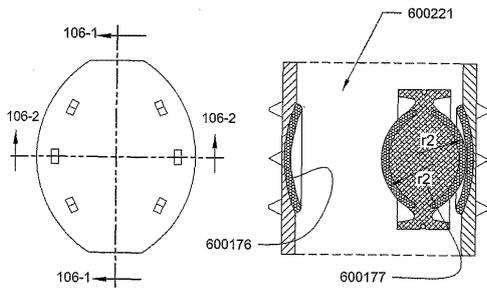


FIG. 106

FIG. 106-1

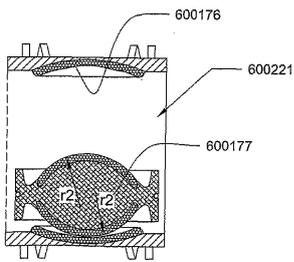


FIG. 106-2

【 図 1 0 7 】

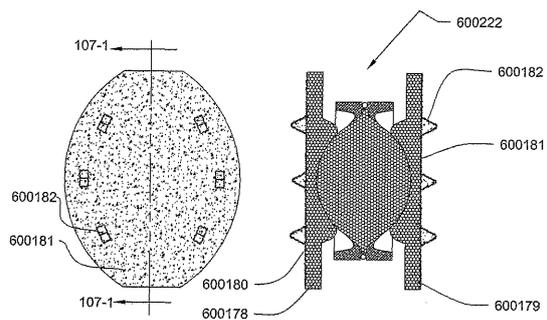


FIG. 107

FIG. 107-1

【 図 1 0 8 】

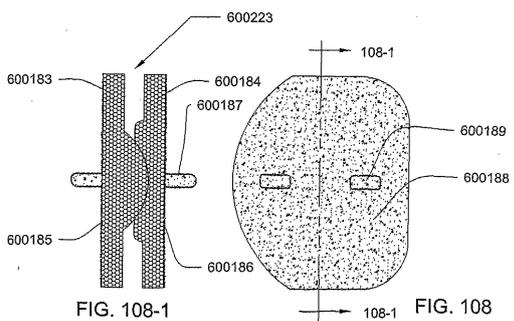


FIG. 108-1

FIG. 108

【 図 1 0 9 】

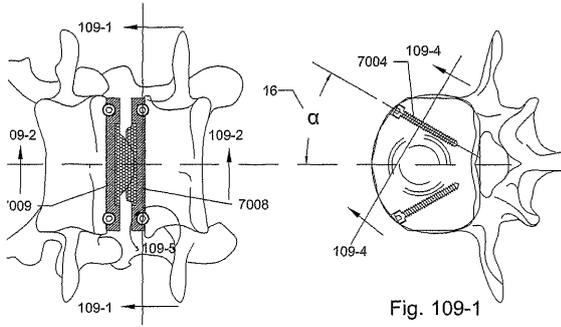


Fig. 109-1

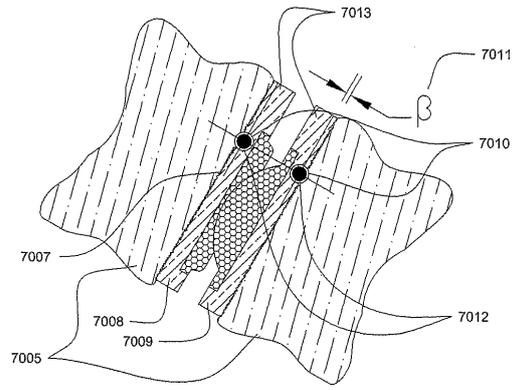


Fig. 109-4

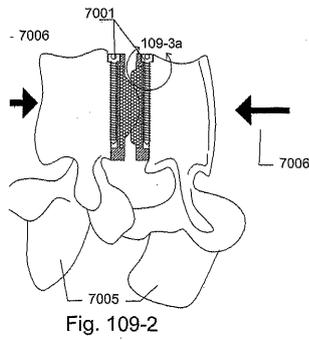


Fig. 109-2

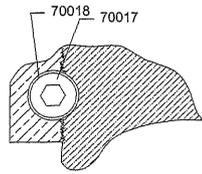


Fig. 109-5

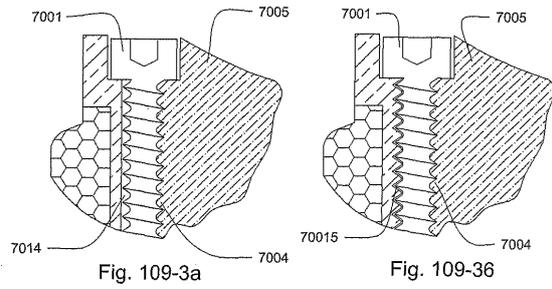


Fig. 109-3a

Fig. 109-3b

【 図 1 1 0 】

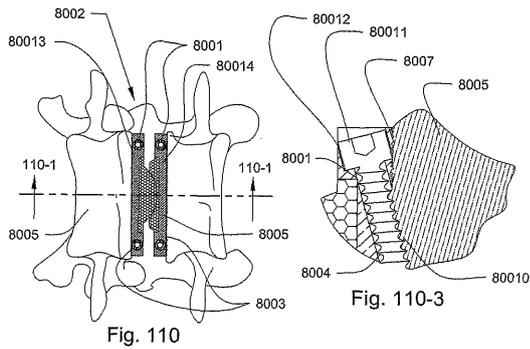


Fig. 110

【 図 1 1 1 】

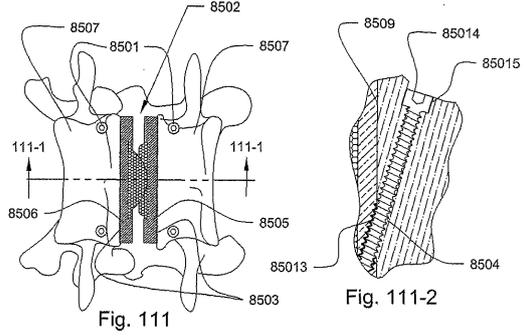


Fig. 111

Fig. 111-2

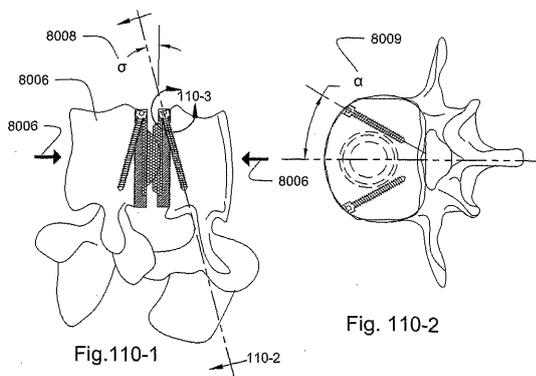


Fig. 110-1

Fig. 110-2

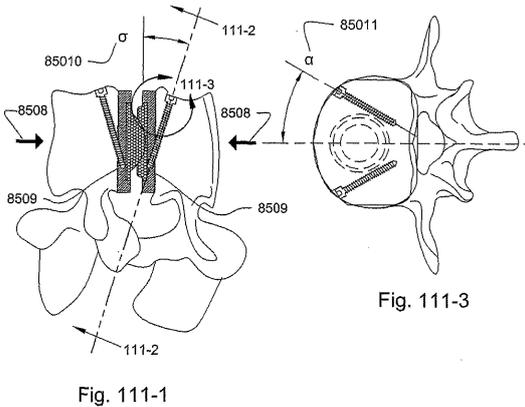


Fig. 111-1

Fig. 111-3

【 図 1 1 2 】

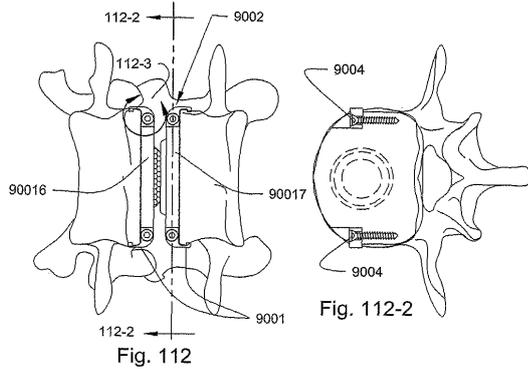


Fig. 112

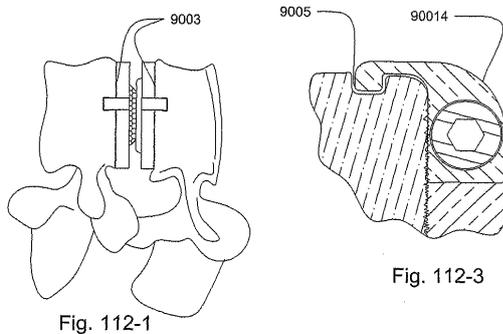


Fig. 112-1

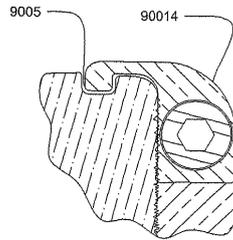


Fig. 112-3

【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成17年5月6日 (2005.5.6)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 特許請求の範囲

【 補正対象項目名 】 全文

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 特許請求の範囲 】

【 請求項 1 】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が、

- ・ 第 1 構成部分、
- ・ 前記第 1 構成部分は凸形出っ張りドーム部材を有し、
- ・ 前記ドーム部材は第 1 構成部分荷重軸受け及び関節表面を含み、
- ・ 前記第 1 構成部分荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにより形成されており、
- ・ 前記第 1 構成部分における前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルは、移植片の関節連結のための耐久性、生体適合性及び低摩擦表面を提供するために役に立ち、
- ・ 前記第 1 構成部分荷重軸受け及び関節表面は非平面形状であり、
- ・ 前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおいて配置された結晶性ダイヤモンド構造、
- ・ 前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおける前記結晶性ダイヤモンド構造における間隙空間、
- ・ 前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの前記間隙空間の少なくとも若干に存在する溶媒 - 触媒金属、
- ・ 前記焼結多結晶ダイヤモンドの強度を強化する傾向がある、前記焼結多結晶ダイヤモ

ンドテーブルにおける残留応力場、

- ・第2構成部分、
 - ・前記第2構成部分は凹形トラフを有し、
 - ・前記トラフは前記出っ張りドーム部材をその中に出っ張らせることを可能にする形及び寸法を有し、
 - ・前記トラフは、複数の接触点でそれとの前記出っ張りドーム部材の接触を可能にする形及び寸法を有し、
 - ・前記トラフは第2構成部分荷重軸受け及び関節表面を含み、
 - ・前記第2構成部分荷重軸受け及び関節表面は少なくとも一部分、焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにより形成されており、
 - ・前記第2構成部分における前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルは、移植片の関節連結のための耐久性、生体適合性及び低摩擦表面を提供するために役に立ち、
 - ・前記第1構成部分は、前記第1構成部分と第2構成部分との間のダイヤモンド対ダイヤモンド接触を有する点で前記第2構成部分に関して可動性であり、そして
 - ・少なくとも1つの前記多結晶ダイヤモンドテーブルは基材に焼結された多結晶ダイヤモンドを包含し、
 - ・前記基材上の基材表面地形学的輪郭特徴、
 - ・前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおける傾斜転移帯域、
 - ・前記傾斜転移帯域は第1側面及び第2側面を有し、前記傾斜転移帯域はその中に溶媒-触媒金属及びダイヤモンドの両方を有し、そして前記傾斜転移帯域は、前記傾斜転移帯域における第1点で、溶媒-触媒金属の、ダイヤモンドに対するパーセント含有量の比が、それが前記傾斜転移帯域における第2点にある比より大きいように、前記第1側面から前記第2側面までに、溶媒-触媒金属の、ダイヤモンドに対するパーセント含有量の比の転移を示し、
 - ・前記帯域における化学結合、前記化学結合は、前記ダイヤモンドテーブルにおけるダイヤモンド対ダイヤモンド結合、前記傾斜転移帯域におけるダイヤモンド対金属結合、前記溶媒-触媒金属における金属対金属結合を包含し、
 - ・前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおいて前記ダイヤモンドと前記基材との間の機械的グリップ、前記機械的グリップは前記基材に前記ダイヤモンドテーブルを固定する傾向があり、
 - ・前記機械的グリップは、少なくとも部分的に前記ダイヤモンドテーブルと前記基材との間の残留応力により形成されており、
 - ・前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおける前記ダイヤモンドは熱膨張率 CTE_{cd} を有しており、そして前記基材は熱膨張率 CTE_{sub} を有しており、そして CTE_{cd} は CTE_{sub} と等しくなく、
 - ・前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンドテーブルにおけるダイヤモンドはモジュラス M_{cd} を有しており、そして前記ダイヤモンドテーブルが結合している前記基材はモジュラス M_{sub} を有しており、そして M_{cd} は M_{sub} と等しくない、
- を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

【請求項2】

前記第1構成部分及び前記第2構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸の、冠状及び/又は矢状軸の周りでの回転を提供することができる、請求項1に記載の移植片。

【請求項3】

前記第1構成部分及び前記第2構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸平面において移動を提供することができる、請求項1に記載の移植片。

【請求項4】

前記第1構成部分及び前記第2構成部分がお互いに関して関節連結して、ヒトの脊椎の軸の、冠状及び/又は矢状軸の周りでの回転を提供することができ、

そして前記第1構成部分及び第2構成部分が、お互いに関して関節連結して、ヒトの脊

椎の軸平面において移動を提供することができ、

そして前記回転及び移動が、前方屈曲、後方屈曲、横方向屈曲、その縦軸の周りの脊椎のねじれ、前方移動、後方移動及び横方向移動に適応する、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 5】

前記ドーム部材が、少なくとも部分的に球状凸形である形を有する、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 6】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が合同軸受け表面を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 7】

前記第 1 構成部分及び前記第 2 構成部分が非合同軸受け表面を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 8】

前記溶媒 - 触媒金属が、高温及び高圧での前記多結晶ダイヤモンド圧粉体の焼結を促進するために用いられている、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 9】

前記溶媒 - 触媒金属が、Co、Cr 及び Mo からなる群から選ばれる材料を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 10】

前記溶媒 - 触媒金属が CoCr を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 11】

前記溶媒 - 触媒金属が CoCrMo を含む、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 12】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性人工装具脊椎移植片において、該移植片が

—

- ・ 基材が存在しない中実自立性焼結多結晶ダイヤモンドの第 1 本体、
- ・ 前記第 1 本体上の焼結多結晶ダイヤモンド出っ張り部、
- ・ 前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、
- ・ 前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は焼結多結晶ダイヤモンドにより形成されており、
- ・ 基材が存在しない中実自立性焼結多結晶ダイヤモンドの第 2 本体、
- ・ 前記第 2 本体上の焼結多結晶ダイヤモンドレセプタクル、
- ・ 前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、
- ・ 前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は焼結多結晶ダイヤモンドにより形成されており、
- ・ 前記レセプタクル中に出っ張っている前記出っ張り部に適合するように、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面の接触に適合するように、前記出っ張り部及び前記レセプタクルが寸法決めされ且つ形作られており、
- ・ 前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触が、前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との、ダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし遂げられている、

を包含する、前記関節性人工装具脊椎移植片。

【請求項 13】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片において、該移植片が

- ・ 出っ張り部、
- ・ 前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、
- ・ 前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は基材に結合された多結晶ダイヤモンドテ

ブルである圧粉体により形成されており、

・ レセプタクル、

・ 前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、

・ 前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は基材に焼結された多結晶ダイヤモンドペーストである圧粉体により形成されており、

・ 前記出っ張り部及び前記レセプタクルは、前記レセプタクル中に出っ張っている前記出っ張り部に適合するように寸法決めされ且つ形作られており、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面に接触している前記出っ張り荷重軸受け及び関節表面に適合するように寸法決めされ且つ形作られており、

・ 前記レセプタクルとの前記出っ張り部の接触は前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面とのダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし遂げられており、

・ 前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部のダイヤモンドが前記レセプタクルのダイヤモンドに接触しているダイヤモンド対ダイヤモンド接触点で起こっており、

・ 前記出っ張り部は、前記ダイヤモンド対ダイヤモンド接触点の周りで前記レセプタクルに関して巡回心軸的に動くことができ、前記レセプタクルに関して前記出っ張り部の移動運動及び回転運動を提供する、

を包含する、前記関節性ダイヤモンド表面人工装具脊椎移植片。

【請求項 14】

人体における脊椎骨間の移植のための関節性人工装具脊椎移植片において、該移植片が

・ 中実自立性焼結多結晶ダイヤモンドの第 1 本体、

・ 前記第 1 本体上の焼結多結晶ダイヤモンド出っ張り部、

・ 前記出っ張り部上に配置された出っ張り部荷重軸受け及び関節表面、

・ 前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面は、基材からよりもむしろそのダイヤモンド構造から専らその構造的な一体性が由来している、中実ダイヤモンドである焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体により形成されており、

・ 前記出っ張り部は少なくとも 1 つの半径 R 1 により規定された湾曲を有しており、

・ 中実自立性焼結多結晶ダイヤモンドの第 2 本体、

・ 前記第 2 本体上の焼結多結晶ダイヤモンドレセプタクル、

・ 前記レセプタクル上に配置されたレセプタクル荷重軸受け及び関節表面、

・ 前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面は、基材からよりもむしろそのダイヤモンド構造から専らその構造的な一体性が由来している中実ダイヤモンドである焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体により形成されており、

・ 前記レセプタクルは少なくとも 1 つの半径 R 2 により規定される湾曲を有しており、

・ 前記出っ張り部及び前記レセプタクルは、前記レセプタクル中に出っ張っている前記出っ張り部に適合するように、そして前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面に接触している前記出っ張り荷重軸受け及び関節表面に適合するように、寸法決めされ且つ湾曲しており、

・ 前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部荷重軸受け及び関節表面と、前記レセプタクル荷重軸受け及び関節表面との、ダイヤモンド対ダイヤモンド接触によりなし遂げられており、

・ 前記レセプタクルとの前記出っ張り部の前記接触は、前記出っ張り部のダイヤモンドが前記レセプタクルのダイヤモンドに接触しているダイヤモンド対ダイヤモンド接触点で起こっており、

・ 前記出っ張り部は、ヒトの脊椎の軸平面において前記レセプタクルに関して移動的に動くことができ、前記移動運動はダイヤモンドに対するダイヤモンドの滑り又は回転運動により達成され、

・ 前記における R 1 及び前記 R 2 は前記移動運動に適合するように選ばれ、

・前記において、前記移動運動の少なくとも若干は、中心がヒトの脊椎の脊椎突起の基部に配置されている半径 R_3 を有する円の弧の周りでのヒトの脊椎の軸平面において起こり、そして R_3 は R_1 又は R_2 とは等しくない、
を包含する、前記関節性人工装具脊椎移植片。

【請求項 15】

前記荷重軸受け及び関節表面の少なくとも1つの少なくとも1部分が約 $0.5 \sim 0.005$ ミクロンの R_a 値にまで研磨されている、請求項 1 に記載の移植片。

【請求項 16】

前記焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の少なくとも1つにおいて配置されているダイヤモンド結晶をさらに含む、請求項 12 に記載の移植片。

【請求項 17】

前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体における前記ダイヤモンド結晶間にダイヤモンド対ダイヤモンド化学結合をさらに含む、請求項 16 に記載の移植片。

【請求項 18】

前記焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の少なくとも1つにおいて配置された結晶性ダイヤモンド構造をさらに含む、請求項 12 に記載の移植片。

【請求項 19】

前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の前記結晶性ダイヤモンド構造において空隙空間をさらに含む、請求項 18 に記載の移植片。

【請求項 20】

前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンド圧粉体の前記空隙空間の少なくとも若干において存在する溶媒 - 触媒金属をさらに含む、請求項 19 に記載の移植片。

【請求項 21】

前記空隙空間からすべての溶媒 - 触媒金属が除去され、そして他の金属と置き換えられる、請求項 20 に記載の移植片。

【請求項 22】

前記焼結多結晶ダイヤモンド荷重軸受け及び関節表面の少なくとも1つの少なくとも1部分が約 $0.5 \sim 0.005$ ミクロンの R_a 値まで研磨されている、請求項 12 に記載の移植片。

【請求項 23】

前記少なくとも1つの焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの強度を強化する傾向がある、前記焼結多結晶ダイヤモンドテーブルの少なくとも1つにおける残留応力場をさらに含む、請求項 13 に記載の移植片。

【請求項 24】

前記荷重軸受け及び関節表面の少なくとも1つが磨き仕上げされている、請求項 13 に記載の移植片。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US03/27088
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : A61F 2/44 US CL : 623/17.14 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) U.S. : 623/17.14,17.11,17.15 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,290,726 B1 (Pope et al) 18 September 2001, Fig. 2Z, col. 18, lines 47-67, col. 19, lines 1-3.	1-24
Y	US 6,179,874 B1 (Cauthen) 30 January 2001, see Figures, col. 5, lines 23-42, col. 6, lines 55-67.	1-24
Y	US 5,702,448 A (Bueschel et al) 30 December 1997, col. 5, lines 14-16, 55-61, col. 7, lines 16-20.	1-24
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 24 December 2003 (24.12.2003)		Date of mailing of the international search report 21 JAN 2004
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer Brian Pellegrino Telephone No. 703-308-0858

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US03/27088

Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:

EAST search terms:

diamond, spinal, vertebral, articulating surfaces, convex, concave

フロントページの続き

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 ポープ、ビル、ジェイ。

アメリカ合衆国、ユタ、スプリングヴィル、 ホップル クリーク キャニオン 6 4 1

(72) 発明者 ディクソン、リチャード、エイチ。

アメリカ合衆国、ユタ、プロボ、 ノース 1 8 0 イースト 3 6 0 8

(72) 発明者 テーラー、ジェフリー、ケイ。

アメリカ合衆国、カリフォルニア、ルーマス、 セント フランシス サークル ウェスト 5 5
0 2

(72) 発明者 ガーディナー、クレイトン、エフ。

アメリカ合衆国、ユタ、アメリカン フォーク、 ウェスト 4 0 0 ノース 3 3 0

(72) 発明者 メドフォード、トロイ

アメリカ合衆国、ユタ、プレザント グローブ、 ウェスト 2 3 1 0 ノース 1 2 2 6

(72) 発明者 ブラックバーン、ディーン、シー。

アメリカ合衆国、ユタ、スプリングヴィル、 イースト 4 0 0 サウス 1 1 2 5

F ターム(参考) 4C081 AB05 AC03 BB05 BB08 CF16 CG04 CG08 DA01 DB02 DB07

DC01 EA02 EA03 EA04 EA06

4C097 AA10 BB01 CC04 CC12 DD01 DD06 DD09 EE01