

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年9月7日(07.09.2012)

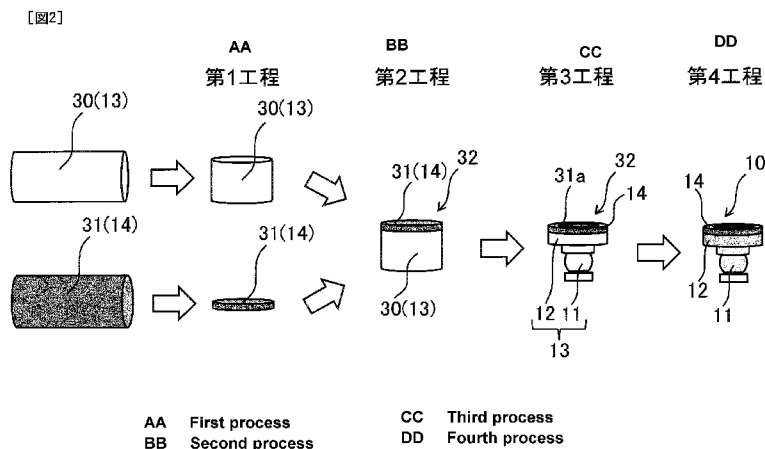


(10) 国際公開番号
WO 2012/117908 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/00 (2006.01) B22F 5/00 (2006.01)
F04B 53/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054219
 - (22) 国際出願日: 2012年2月22日(22.02.2012)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2011-045554 2011年3月2日(02.03.2011) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社タカコ(TAKAKO INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒6190240 京都府相楽郡精華町祝園西一丁目3-2-1 Kyoto (JP).
 - (72) 発明者: および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 石崎 義公 (ISHIZAKI, Yoshitomo) [JP/JP]; 〒6190240 京都府相楽郡精華町祝園西一丁目3-2-1 株式会社タカコ内 Kyoto (JP). 渡邊 健一(WATANABE, Kenichi) [JP/JP]; 〒6190240 京都府相楽郡精華町祝園西一丁目3-2-1 株式会社タカコ内 Kyoto (JP). 正橋 直哉 (MASAHASHI, Naoya) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
 - (74) 代理人: 後藤 政喜(GOTO, Masaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目3番1号尚友会館 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: METHOD FOR FABRICATING SLIDABLE MEMBER

(54) 発明の名称: 摺動部材の製造方法



(57) Abstract: A method for fabricating a slidable member is provided, in which an iron-containing bulk material functioning as a main part of a slidable member is solid-state bonded to a Cu-alloy bulk material functioning as a slidable part by applying heat and pressure according to a spark plasma sintering method.

(57) 要約: 摺動部を有する摺動部材の製造方法であって、摺動部材の本体部として機能する鉄系金属のバルク材と摺動部として機能するCu合金のバルク材とを放電プラズマ焼結法による加熱加圧によって固相接合して摺動部材を製造する。

WO 2012/117908 A1

明 細 書

発明の名称：摺動部材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、摺動部を有する摺動部材の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来より、摺動部の摺動性を向上させるために、摺動部に銅合金を用いる摺動部材が知られている。

[0003] J P 2 0 0 5 - 2 5 7 0 3 5 Aには、鋼製部材の表面に銅下地層がメッキされ、そのメッキを介して鉛青銅合金粉末が鋼製部材に焼結されることが開示されている。鉄と銅は、その二元状態図からわかるように、鉄への銅の固溶度は1.9 at%、銅への鉄の固溶度は4.6 at%であり、ほとんど固溶し合わない。そのため、鋼製部材と銅合金を強固に接合させるためには、特許文献1のようにメッキをバインダーとして用いるのが一般的である。

発明の概要

[0004] しかしながら、鋼製部材と銅合金をメッキを介して接合する場合には、鋼製部材の表面にメッキを施す工程が必要となるため、製造コストの増加を招く。

[0005] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、鉄系金属と摺動部であるCu合金とを高い接合強度で、かつ簡便に接合することを目的とする。

[0006] 本発明のある態様によれば、摺動部を有する摺動部材の製造方法であって、前記摺動部材の本体部として機能する鉄系金属のバルク材と前記摺動部として機能するCu合金のバルク材とを放電プラズマ焼結法による加熱加圧によって固相接合して摺動部材を製造する摺動部材の製造方法が提供される。

[0007] 本発明の実施形態及び利点については、添付された図面を参照しながら以下に詳細に説明する。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本発明の実施形態に係るシューが適用されるピストンポンプの断面図である。

[図2]図2は、本発明の実施形態に係るシューの製造方法を時系列に示す図である。

[図3]図3は、放電プラズマ焼結装置の模式図である。

[図4]図4は、バルク材30とバルク材31の接合の熱処理条件及び加圧条件を示す図である。

[図5A]図5Aは、第1実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真である。

[図5B]図5Bは、第1実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるFeL α のマッピング像である。

[図5C]図5Cは、第1実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるCuL α のマッピング像である。

[図6A]図6Aは、第1実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるSiK α のマッピング像である。

[図6B]図6Bは、第1実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるAlK α のマッピング像である。

[図7A]図7Aは、第2実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真である。

[図7B]図7Bは、第2実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるFeL α のマッピング像である。

[図7C]図7Cは、第2実施形態におけるバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真であり、EDX分析によるCuL α のマッピング

グ像である。

発明を実施するための形態

[0009] 図面を参照して、本発明の実施形態について説明する。

[0010] (第1実施形態)

以下では、摺動部材が斜板型ピストンポンプのシューである場合について説明する。まず、図1を参照して、ピストンポンプ100について説明する。

[0011] ピストンポンプ100は、例えば、油圧ショベルや油圧クレーン等の建設機械に搭載され、アクチュエータとしての油圧シリンダや油圧モータに作動流体（作動油）を供給するものである。

[0012] ピストンポンプ100は、エンジンの動力が伝達される駆動軸1と、駆動軸1の回転に伴って回転するシリンダブロック2とを備える。

[0013] シリンダブロック2には、駆動軸1と平行に複数のシリンダボア3が開口して形成される。シリンダボア3には、容積室4を画成するピストン5が往復動自在に挿入されている。

[0014] ピストン5の先端には、球状の球面座11を介してシュー10が回転自在に連結されている。シュー10は、球面座11と一体に形成された平板部12を備える。平板部12は、ケース21に固定された斜板20に面接触している。シリンダブロック2が回転するのに伴って、各シュー10の平板部12が斜板20に摺接し、各ピストン5が斜板20の傾転角度に応じたストローク量で往復動する。各ピストン5の往復動によって各容積室4の容積は増減する。

[0015] ケース22には、シリンダブロック2の基端面が摺接するバルブプレート23が取り付けられている。バルブプレート23には、図示しない吸込ポートと吐出ポートが形成される。シリンダブロック2の回転に伴って吸込ポートを通じて容積室4に作動油が導かれ、容積室4に導かれた作動油は吐出ポートを通じて吐出される。このように、ピストンポンプ100は、シリンダブロック2の回転に伴ってピストン5が往復動することによって作動油の吸

込みと吐出を連続的に行う。

[0016] ピストンポンプ100の運転中は、ピストン5の先端に連結されたシュー10は、斜板20に摺接する。したがって、ピストン5の往復動が円滑に行われ安定した作動油の吸込みと吐出が行われるためには、シュー10の平板部12と斜板20との間の摩擦力を低減させる必要がある。また、ピストンポンプ100の吐出圧力が大きくなれば、シュー10の平板部12は斜板20に対して強く押し付けられるため、平板部12と斜板20との摩擦力は大きくなる。したがって、ピストンポンプ100を高圧化させるためには、平板部12の摺動性を向上させる必要がある。そこで、平板部12における斜板20と摺接する面には、摺動性に優れるCu合金からなる摺動部14が設けられる。このように、シュー10は、球面座11と平板部12からなる本体部13と、斜板20に摺接する摺動部14とから構成される。

[0017] 次に、図2～図6を参照して、シュー10の製造方法について説明する。

[0018] 図2に示すように、シュー10の製造には、本体部13として機能する鉄系金属のバルク材30と、摺動部14として機能するCu合金のバルク材31とが用いられる。バルク材30及びバルク材31は、シュー10の直径と同一径の円柱部材である。バルク材30の鉄系金属としてCr-Mo鋼のSCM435(JIS)が用いられる。バルク材31のCu合金としてCu-Zn系合金が用いられる。Cu合金とは銅を主成分とする合金をいう。Cu-Zn系合金とは銅を主成分とし亜鉛を含有する合金をいい、具体的には、亜鉛は、脆性のCuZn相形成を抑制するために、35wt%以下であることが望ましい。表1に、バルク材30(SCM435)とバルク材31(Cu-Zn系合金)の組成を示す。

[0019]

[表1]

バルク材30 (SCM435), バルク材31 (Cu-Zn系合金)の組成 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Zn	Fe	Al	Mo
SCM435	0.33~0.38	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030以下	0.030以下	0.25以下	0.90~1.20			96.7~97.6		0.15~0.30
Cu-Zn系合金		0.5~1.5				2.0~4.0		58.7~68	26~30	0.5~1.3	3.0~4.5	

[0020] 第1工程では、バルク材30は所望の厚さに切断される。具体的には、本

体部 1 3 の軸方向長さに相当する寸法に切断される。また、バルク材 3 1 も所望の厚さに切断される。具体的には、摺動部 1 4 の厚さに相当する寸法に切断される。

[0021] 第 2 工程では、第 1 工程にて所望の厚さに切断されたバルク材 3 0 とバルク材 3 1 が、放電プラズマ焼結法（SPS（Spark Plasma Sintering）法）による加熱加圧によって互いの端面が接合される。放電プラズマ焼結法は、被接合体の間隙に低電圧でパルス状の大電流を印加し、瞬間的に発生する放電プラズマにより、熱および電界拡散を助長させる焼結法である。

[0022] 図 3 を参照して、第 2 工程の放電プラズマ焼結法が行われる放電プラズマ焼結装置 4 0 について説明する。放電プラズマ焼結装置 4 0 は、被接合部材が収装される高強度 WC 製の円筒状の冶具 4 8 と、被接合部材を挟持して冶具 4 8 内に保持するための上部パンチ 4 1 a 及び下部パンチ 4 1 b と、上部パンチ 4 1 a 及び下部パンチ 4 1 b に当接して配置され被接合部材に対して電流を印加するための上部電極 4 2 a 及び下部電極 4 2 b と、上部電極 4 2 a 及び下部電極 4 2 b に接続された電源 4 3 と、上部電極 4 2 a 及び下部電極 4 2 b を通じて上部パンチ 4 1 a 及び下部パンチ 4 1 b を押圧し、被接合部材に加圧力を付与するための加圧機構 4 4 と、電源 4 3 及び加圧機構 4 4 を制御する制御装置 4 5 とを備える。

[0023] 冶具 4 8 は真空チャンバ 4 6 内に配置され、被接合部材の接合は真空雰囲気内にて行われる。冶具 4 8 の胴部には内外周面を貫通する貫通孔が形成され、その貫通孔には熱電対 4 7 が挿入される。熱電対 4 7 は、その先端が被接合部材の接合面近傍に位置するように配置されるため、被接合部材の接合面の温度が計測可能となっている。熱電対 4 7 による測定結果は制御装置 4 5 に送信され、制御装置 4 5 はその測定結果を基に被接合部材の接合面の温度や昇温速度が予め定められた設定値となるように電源 4 3 を制御する。

[0024] 被接合部材であるバルク材 3 0 とバルク材 3 1 の接合方法について具体的に説明する。バルク材 3 0 とバルク材 3 1 は、冶具 4 8 の中空部内に収装され、上部パンチ 4 1 a と下部パンチ 4 1 b にて挟持される。これにより、バ

バルク材30とバルク材31は、互いの端面が接触し積層した状態で治具48内に収装される。そして、バルク材30とバルク材31には、電源43を通じて電流が印加され、所定の昇温速度にて所定の温度まで昇温される。ここで、所定の温度、つまり接合温度は、バルク材30 (SCM435) とバルク材31 (Cu-Zn系合金) との互いの融点以下に設定される。所定の温度に到達後、バルク材30とバルク材31には、加圧機構44によって上部パンチ41a及び下部パンチ41bを通じて所定の加圧力が付与され、その状態が一定時間保持される。これにより、バルク材30とバルク材31は、互いの端面が密着した状態で加熱加圧され、互いの接合界面にて放電プラズマが発生して固相反応が起こることによって接合される。なお、バルク材30とバルク材31は、加圧を受けることによって圧縮変形し、厚さが5%程度減少する。

[0025] 一般的に、鉄と銅は、ホットプレス等による通常の拡散接合では相互拡散を生じず、両者を直接接合することは困難であることが知られている。これは、鉄と銅の二元合金状態図からわかるように、BCC構造の鉄へのFCC構造の銅の固溶度は最大1.9at% (850°C)、銅への鉄の固溶度は最大4.6at% (1096°C) であり、相互に連続固溶体を形成しないことからわかる。また、鉄中の銅の拡散定数は $D_0 = 3.76 \times 10^{-12} \text{ (m}^2/\text{s)}$ 、 $Q = 181 \text{ (kJ/mol)}$ 、銅中の鉄の拡散定数は $D_0 = 1.00 \times 10^{-5} \text{ (m}^2/\text{s)}$ 、 $Q = 197 \text{ (kJ/mol)}$ と報告され、通常の拡散接合では相互拡散は期待できない。しかし、上述のように、バルク材30とバルク材31に加圧力を付与しながら、接合界面にて放電プラズマを発生させて固相反応を起こさせることによって、両者を直接接合させることができる。これは、放電プラズマの印加は局所的に大容量のエネルギーを集中させることが可能であるため、バルク材30とバルク材31の接合界面にエネルギーが集中し、両者間の原子の相互拡散が助長されたためであると考えられる。また、バルク材30とバルク材31の放電プラズマ焼結は、接合界面が両者の端面のみであるため、粉末同士を放電プラズマ焼結によって接合する場合と

比較して、接合面積が5000分の1程度と極めて小さい。このことから、バルク材30とバルク材31の放電プラズマ焼結では、単位接合面積当りの放電プラズマの印加によるエネルギーが大きく、両者が直接接合されると考えられる。

[0026] 次に、図4を参照して、バルク材30とバルク材31の接合の熱処理条件及び加圧条件について説明する。図4中、実線は温度、点線は圧力を示す。熱処理は、600℃まで2分で昇温し、600℃から730℃まで1分で昇温し、730℃から接合温度の750℃まで1分で昇温し、750℃で3分保持し、その後自然冷却する。一方、加圧は、昇温と同時に開始して20MPaの圧力に保持し、自然冷却と同時に解除する。接合に要する時間は合計7分であり、短時間にて接合が完了する。放電プラズマ焼結法によって接合を行うことによって、ホットプレス等の従来の接合方法と比較して短時間で接合を完了させることができる。

[0027] 次に、図4に示した熱処理条件及び加圧条件にて接合したバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真を図5A～図5Cに示す。図5Aは二次電子像、図5BはEDX分析によるFeL α のマッピング像、図5CはEDX分析によるCuL α のマッピング像である。図5A～図5Cにおいて、写真上側がSCM435、写真下側がCu-Zn系合金である。図5Aからわかるように、SCM435がCu-Zn系合金側に拡散し、接合初期界面を挟んでSCM435とCu-Zn系合金が串状に入り組んだ柱状組織の形成が確認された。この柱状組織は、SCM435とCu-Zn系合金との固相拡散接合を示すものと言える。また、図5B及び図5Cからわかるように、原子の相互拡散が接合界面を挟んで相互に起こっていることが確認された。

[0028] 上述のように、FeとCuは物理的に相互拡散を起こし難いが、SCM435とCu-Zn系合金との固相接合界面において、放電プラズマ焼結法による多大な電気エネルギーが供給されることで原子の拡散を助長し、結果的に両者は柱状組織を介して固相接合される。実用Cu-Zn系合金はZnを

20～40wt%含有し加工性と強度を兼ね備えることから構造用材料として黄銅と称せられ、古くから実用に供せられた合金である。Cuの融点は1085℃であるが、Zn量の増加により連続的に低下し、包晶組成の36.8wt%Znでは902℃となる。これは融点が419℃のZnとCuが包晶反応組成まで幅広くFCC固溶体を形成することに関与し、Znの添加によりCu合金中の構成元素の拡散は速まる。即ち、放電プラズマ焼結法による固相接合が可能となった原因として、まずCu合金として拡散性に優れるCu-Zn系合金を選択した点があげられる。

[0029] また、SCM435及びCu-Zn系合金の構成元素とその構成元素が拡散する相手方の合金の主要元素であるFe或いはCuとの親和性に着目し、SCM435及びCu-Zn系合金の構成元素が両合金間で濃度勾配を形成するかどうかを平衡状態図に基づいて検討した。その結果、SCM435及びCu-Zn系合金の両合金の構成元素であるSiのCuへの固溶限は552℃で9.95at%であるのに対し、SiのFeへの固溶限は1200℃で29.8at%である。したがって、Siは、Cu-Zn系合金からSCM435への拡散が期待でき、濃度勾配を形成する可能性がある。同様に、Cu-Zn系合金の構成元素であるAlのFeへの固溶限は共晶温度の1102℃で55.0at%であるのに対し、AlのCuへの固溶限は567℃で19.7at%である。したがって、Alは、Cu-Zn系合金からSCM435への拡散が期待でき、濃度勾配を形成する可能性がある。

[0030] 図6A及び図6Bにバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真を示す。図6AはEDX分析によるSiK α のマッピング像、図6BはEDX分析によるAlK α のマッピング像である。図6A及び図6Bにおいて、写真上側がSCM435、写真下側がCu-Zn系合金である。図6AからSiが強い濃度勾配を示すことが明らかとなった。また、図6BからAlはSiほどではないが濃度勾配を示すことが明らかとなった。以上のことから、Cu-Zn系合金がSiとAlを含有することがFe原子のCu-Zn系合金側への拡散を助長したと考えられる。つまり、Cu-Zn系

合金としてA l及びS iの少なくとも一方を含むことが、柱状組織の形成を助長すると考えられる。

[0031] 次に、バルク材30とバルク材31の接合強度について説明する。接合強度は、接合されたバルク材30とバルク材31を互いに反対方向に引っ張り、剥離した際の剥離強度を測定する剥離試験によって評価した。表2に剥離試験結果、表3に比較材の剥離試験結果を示す。比較材は、従来の製造方法によって得られたものであり、低炭素鋼にメッキされた銅下地層上にCu合金粉末を焼結することによって低炭素鋼とCu合金を接合したものである。表4に比較材の低炭素鋼とCu合金粉末の組成を示す。表2及び表3からわかるように、バルク材30とバルク材31の接合強度は比較材よりも大きい。このように、放電プラズマ焼結法によってSCM435とCu-Zn系合金の接合を行うことによって、両者を直接接合することができ、かつ柱状組織を介して接合することができるため、メッキを介して接合していた従来のものと比較して高い接合強度が得られる。

[0032] [表2]

バルク材30(SCM435)とバルク材31(Cu-Zn系合金)の剥離試験結果

試料番号	荷重 (N)	強度 (MPa)
1	981.4	432以上

[0033] [表3]

比較材の剥離試験結果

試料番号	荷重 (N)	強度 (MPa)
1	453.6	200
2	633.7	279
3	655.9	289

[0034]

[表4]

低炭素鋼, Cu合金粉末の組成 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Pb	Fe	Sn	Ag	不純物
低炭素鋼	0.05~ 0.25	0.5以下	1.0以下	0.05 以下	0.05 以下				残			
Cu合金 粉末						0.5以下	残	8.5~ 11.5	0.5以下	8.5~ 11.5	0.5以下	1.0以下

[0035] 以上のように、図2に示す第2工程では、バルク材30とバルク材31が強固に接合され、シュー10の基となる素材32が得られる。

[0036] 図2に示すように、第3工程では素材32が所望の形状に加工される。具体的には、素材32のうちバルク材30の部分は、球面座11と平板部12の形状に切削される。また、バルク材31の部分は、端面に円形の溝31aが切削されて摺動部14となる。最後に、球面座11、平板部12、及び摺動部14を軸方向に貫通する貫通孔（図示せず）が切削される。この貫通孔は、ピストン5の内部の作動油を溝31aに導き、摺動部14と斜板20の面圧を低減させるためのものである。なお、溝31aは必須の構成ではなく省略してもよい。

[0037] このように、素材32の加工にて廃材となるのは、主に球面座11と平板部12の形状に切削されるSCM435であり、SCM435と比較して高価なCu-Zn系合金はほとんど廃材とならない。ここで、仮に、シュー10全体をCu-Zn系合金にて製造する場合には、球面座11と平板部12の形状に切削する際に、Cu-Zn系合金が多く廃材となってしまう。しかし、本実施形態では、斜板20に摺接する摺動部14のみをCu-Zn系合金にて製造するため、Cu-Zn系合金の廃材量を低減することができ、製造コストを低減することができる。

[0038] 第4工程では、第3工程にて加工された素材32に対して窒化処理が施される。具体的には、ガス軟窒化処理が施される。ガス軟窒化処理は、一酸化炭素(CO)を主成分とする浸炭性ガス(RXガス)とアンモニアガス(NH₃ガス)との混合ガス雰囲気中で、570℃の温度にて2.5時間加熱保持することによって、SCM435製の球面座11及び平板部12の表面を窒化させるものである。これにより、球面座11及び平板部12の表面の耐摩耗性、耐疲労性、及び耐焼付性等が向上する。以上の第1～第4工程にてシュー10の製造が完了する。

[0039] 以上に示す第1実施形態によれば、以下に示す効果を奏する。

[0040] 放電プラズマ焼結法による加熱加圧を利用することによって、SCM435とCu-Zn系合金とをメッキ等のバインダーを介さずに直接固相接合させることができる。これにより、ピストン5の先端に回動自在に連結され強

度を要する本体部 13 は SCM435 にて構成すると共に、斜板 20 に摺接し摺動性を要する摺動部 14 は Cu-Zn 系合金にて構成することができ、SCM435 と Cu-Zn 系合金のそれぞれの長所を組み合わせた高機能のバイメタルシュー 10 が得られる。

[0041] また、放電プラズマ焼結法によって SCM435 のバルク材 30 と Cu-Zn 系合金のバルク材 31 との固相接合を行うことによって、両者は柱状組織を介して接合されるため、高い接合強度が得られる。

[0042] 以上のように、放電プラズマ焼結法による加熱加圧を利用することによって、SCM435 のバルク材 30 と Cu-Zn 系合金のバルク材 31 とを高い接合強度で、かつ簡便に接合させることができる。

[0043] (第 2 実施形態)

以下の第 2 実施形態の説明では、上記第 1 実施形態と異なる点を中心に説明し、上記第 1 実施形態と同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

[0044] 上記第 1 実施形態では、バルク材 31 の Cu 合金が Cu-Zn 系合金である場合について説明した。しかし、本発明の Cu 合金は Cu-Zn 系合金に限られるものではない。そこで、本第 2 実施形態では、バルク材 31 の Cu 合金が Cu-Ni 系合金である場合について説明する。Cu-Ni 系合金とは銅を主成分としニッケルを含有する合金をいう。ただし、ニッケルを多量に含有すると固溶硬化が大きくなり過ぎること、及びニッケルは高価であることを考慮すると、ニッケルの含有量は、10wt%以上30wt%以下であることが望ましい。表 5 にバルク材 31 (Cu-Ni 系合金) の組成を示す。Sn は摺動部 14 の耐摩擦性の向上を目的として添加されるものである。バルク材 30 (SCM435) の組成は表 1 に示したとおりである。シュー 10 の製造方法は、図 2 に示した工程と同じである。

[0045]

[表5]

バルク材31 (Cu-Ni系合金)の組成 (wt%)

	Ni	Cu	Sn
Cu-Ni系合金	14.0	71.9	14.1

[0046] 図4に示した熱処理条件及び加圧条件にて接合したバルク材30とバルク材31の接合界面の走査型電子顕微鏡写真を図7A～図7Cに示す。図7Aは二次電子像、図7BはEDX分析によるFeL α のマッピング像、図7CはEDX分析によるCuL α のマッピング像である。図7A～図7Cにおいて、写真上側がSCM435、写真下側がCu-Ni系合金である。SCM435のバルク材30とCu-Ni系合金のバルク材31との組み合わせにおいても、加圧力を付与しながら、接合界面にて放電プラズマを発生させて固相反応を起こさせることによって、両者を直接接合させることができる。しかし、図7からわかるように、接合界面に柱状組織の形成は確認されなかった。これは、Cu中のNiの拡散定数はZnと比較して小さく、放電プラズマの印加による大エネルギーを付与しても拡散し難いためであると考えられる。

[0047] 次に、バルク材30とバルク材31の接合強度について説明する。接合強度は、接合されたバルク材30とバルク材31を互いに反対方向に引っ張り、剥離した際の剥離強度を測定する剥離試験によって評価した。表6に剥離試験結果を示す。表6からわかるように、バルク材30とバルク材31の接合強度は、表3に示した比較材の接合強度と同等である。このように、放電プラズマ焼結法によってSCM435とCu-Ni系合金の接合を行うことによって、柱状組織を介しての接合とはならないものの、従来のもので同等の高い接合強度が得られる。

[0048]

[表6]

バルク材30 (SCM435) とバルク材31 (Cu-Ni系合金) の剥離試験結果

試料番号	荷重 (N)	強度 (MPa)
1	840.1	370
2	535.2	236

[0049] 以上の第2実施形態に示すように、放電プラズマ焼結法による加熱加圧を利用することによって、SCM435とCu-Ni系合金についてもメッキ等のバインダーを介さずに直接固相接合させることができる。

[0050] 以上の第1実施形態及び第2実施形態に示すように、放電プラズマ焼結法による加熱加圧を利用することによって、鉄系金属のバルク材とCu合金のバルク材とを高い接合強度で、かつ簡便に接合させることができる。

[0051] 本発明は上記の実施形態に限定されずに、その技術的な思想の範囲内において種々の変更がなしうることは明白である。

[0052] 例えば、上記実施形態では、斜板型ピストンポンプのシュー10の製造方法について説明したが、斜板型ピストンモータのシューの製造方法にも当然適用することができる。

[0053] また、上記実施形態では、シュー10が球状の球面座11を介してピストン5の先端に回動自在に連結される構成について説明した。しかし、これに代えて、ピストン5の先端に球状部を設けると共に、シュー10の本体部13に凹状の球面座を設け、シュー10が凹状の球面座を介してピストン5の先端の球状部に回動自在に連結されるように構成してもよい。

[0054] また、上記実施形態では、本発明の摺動部材が斜板型ピストンポンプモータのシュー10である場合について説明した。しかし、摺動部材はこれに限られるものではなく、軸を支持するすべり軸受であってもよい。その場合には、軸に摺接する摺動部はCu合金にて構成し、それ以外の本体部は鉄系金属にて構成するようにすればよい。

[0055] 本願は2011年3月2日に日本国特許庁に出願された特願2011-045554に基づく優先権を主張し、この出願の全ての内容は参照により本

明細書に組み込まれる。

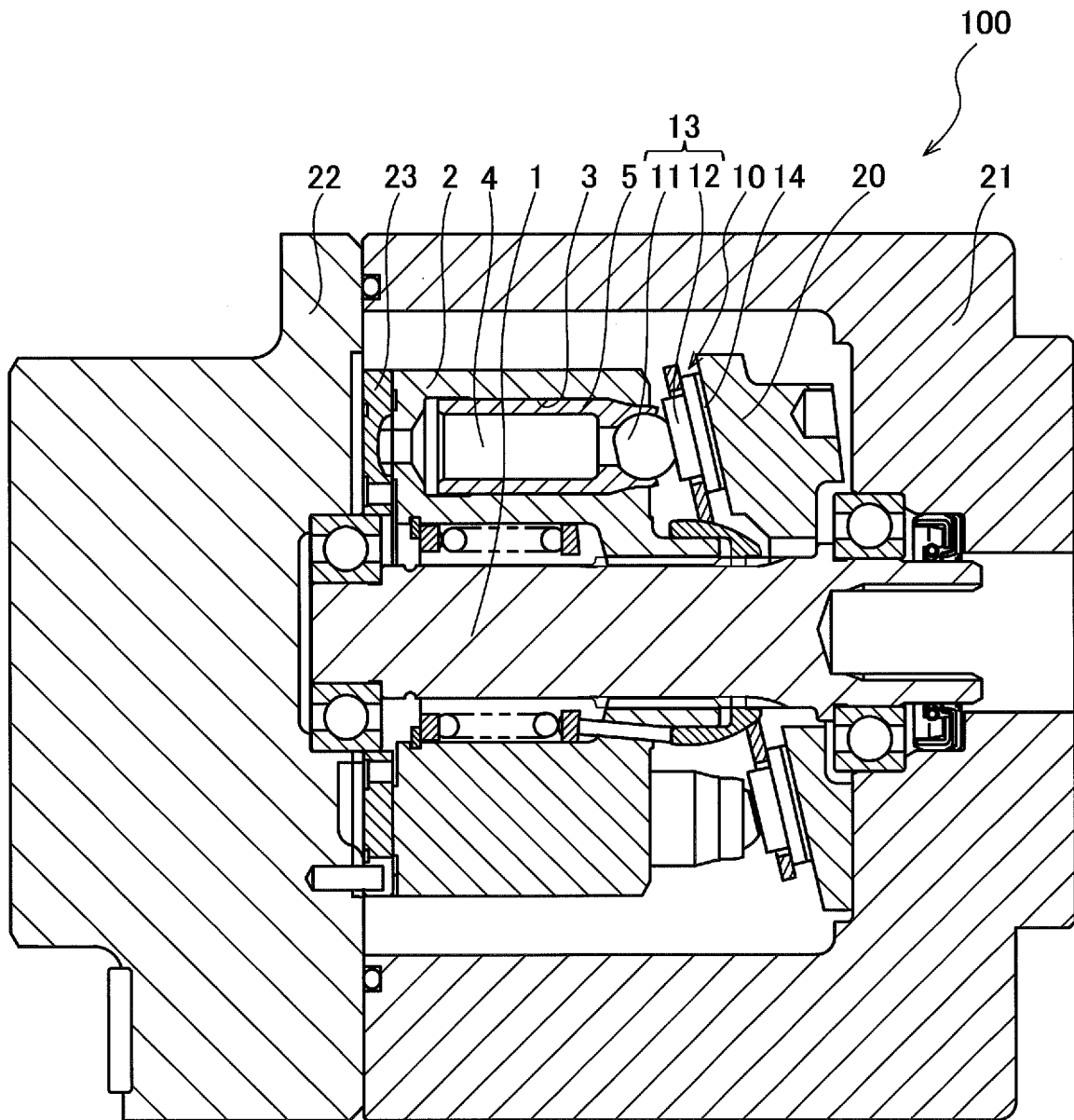
産業上の利用可能性

[0056] 本発明の製造方法によって製造された摺動部材は、ピストンポンプモータのシューに適用することができる。

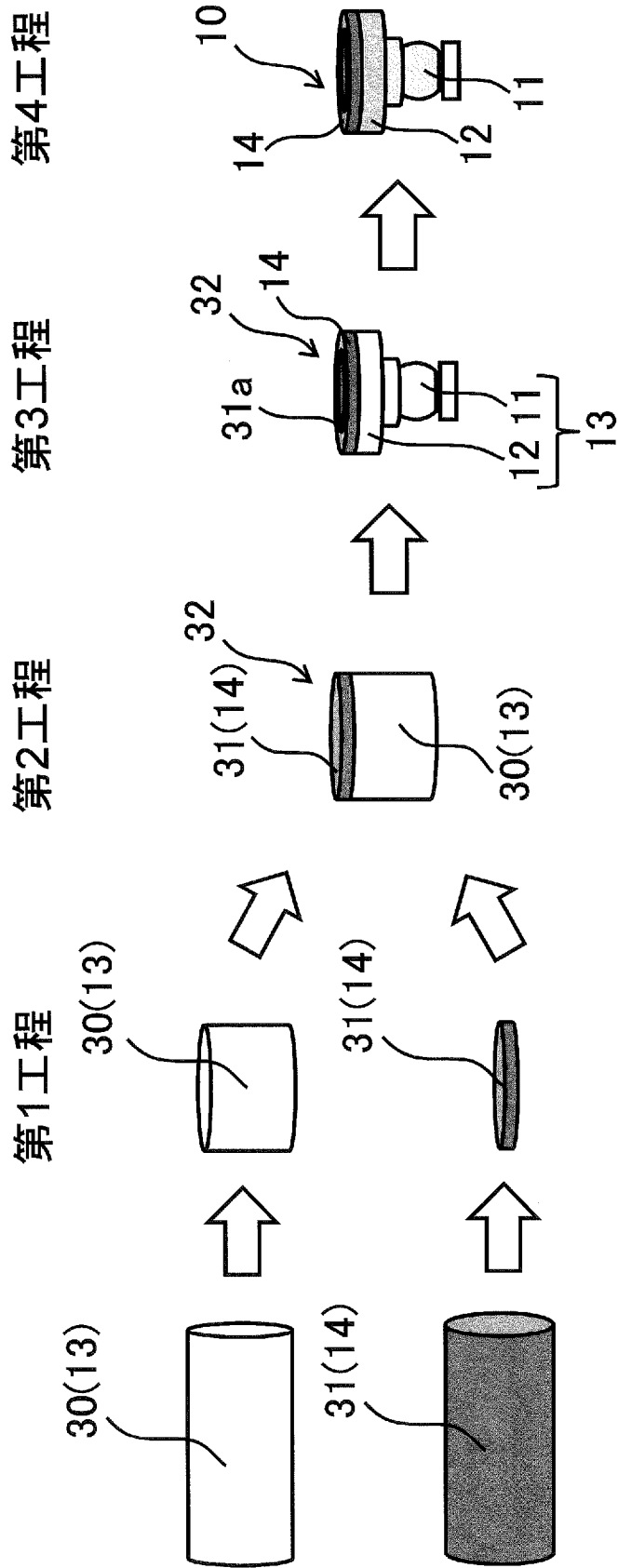
請求の範囲

- [請求項1] 摺動部を有する摺動部材の製造方法であって、
前記摺動部材の本体部として機能する鉄系金属のバルク材と前記摺動部として機能するCu合金のバルク材とを放電プラズマ焼結法による加熱加圧によって固相接合して摺動部材を製造する摺動部材の製造方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の摺動部材の製造方法であって、
前記Cu合金は、Cu-Zn系合金であり、
前記鉄系金属のバルク材と前記Cu合金のバルク材とは、柱状組織を介して接合される摺動部材の製造方法。
- [請求項3] 請求項2に記載の摺動部材の製造方法であって、
前記Cu合金は、Al及びSiの少なくとも一方を含む摺動部材の製造方法。
- [請求項4] 請求項1に記載の摺動部材の製造方法であって、
前記摺動部材は、ピストンポンプモータにおいてピストンの先端に回転自在に連結されると共に斜板に摺接するシューであり、
前記鉄系金属は、前記ピストンの先端に回転自在に連結される本体部として機能し、
前記Cu合金は、前記斜板に摺接する摺動部として機能する摺動部材の製造方法。

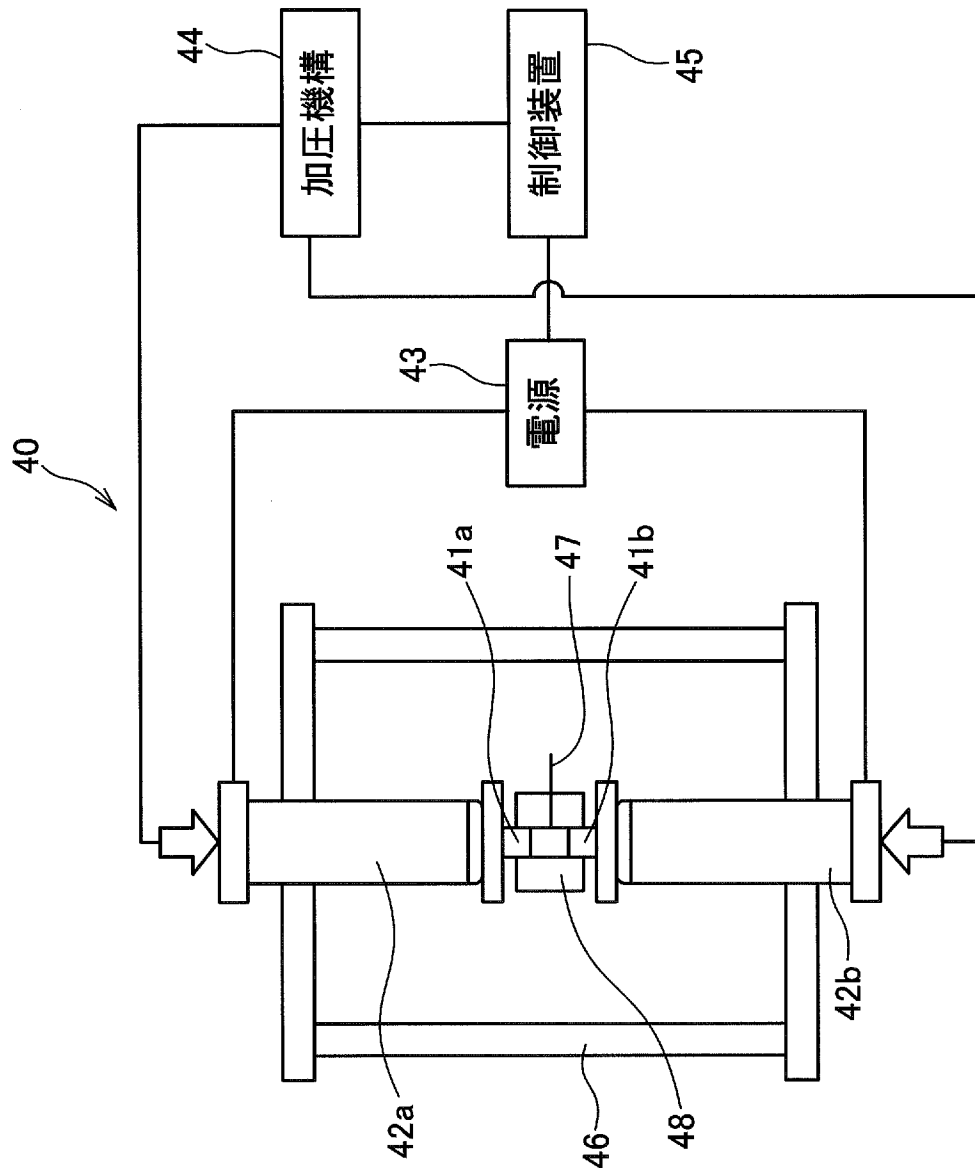
[図1]



[図2]

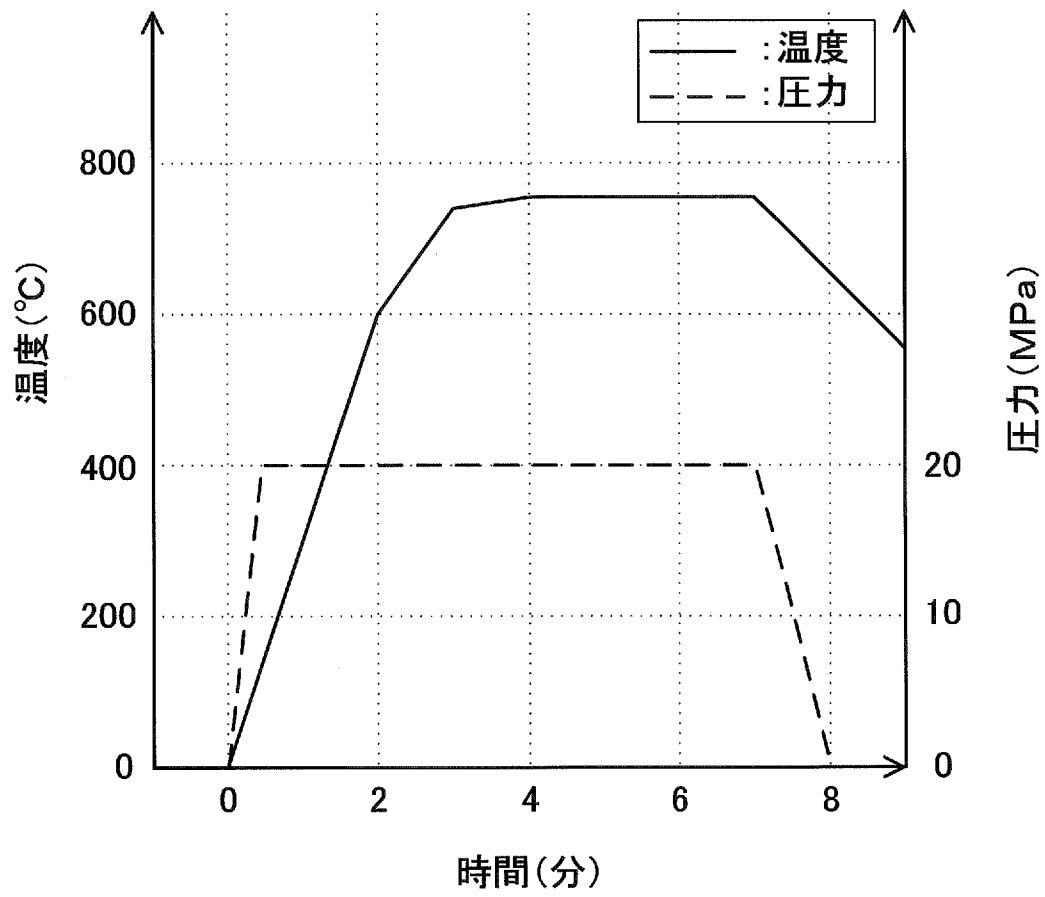


[図3]



[図4]

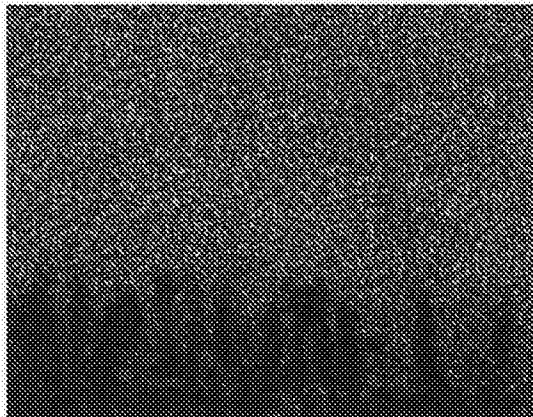
熱処理条件及び加圧条件



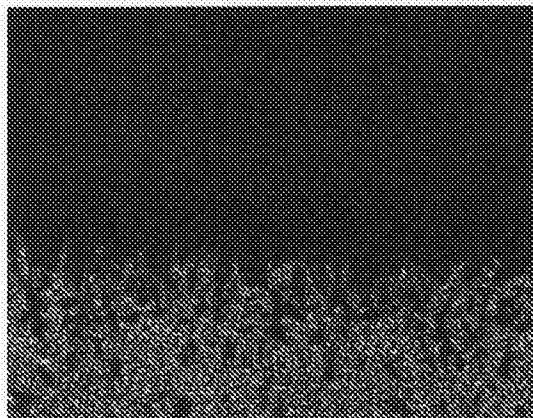
[図5A]



[図5B]



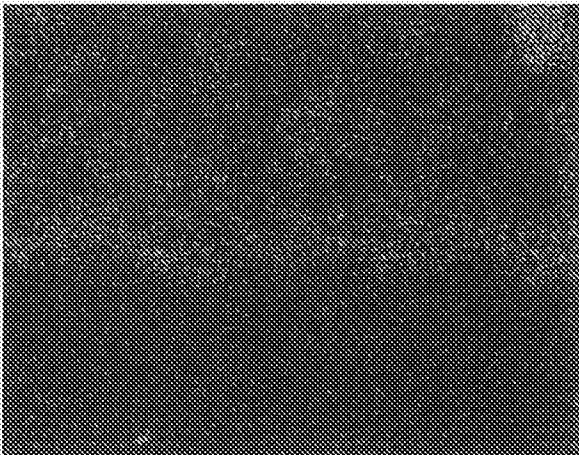
[図5C]



[図6A]



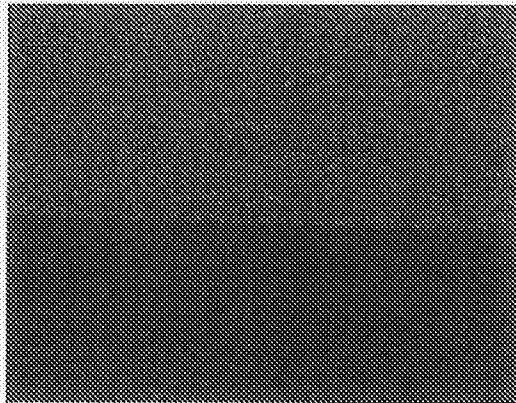
[図6B]



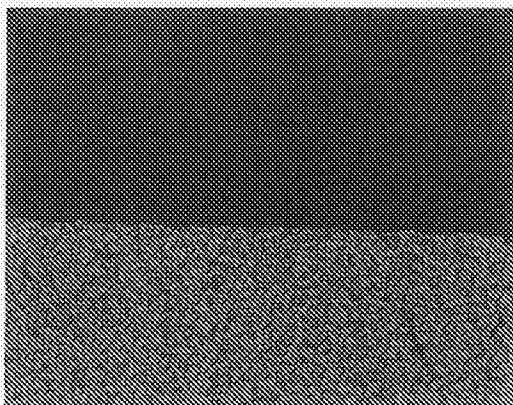
[図7A]



[図7B]



[図7C]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054219

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B23K20/00(2006.01)i, F04B53/00(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)n		
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) B23K20/00, F04B53/00, B22F5/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2000-230476 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 22 August 2000 (22.08.2000), page 4, right column, line 32 to page 7, right column, line 44; fig. 1 to 8 (Family: none)	1, 4 2-3
Y A	JP 2007-253240 A (SPS Shintekkusu Kabushiki Kaisha), 04 October 2007 (04.10.2007), page 2, line 27 to page 4, line 35 (Family: none)	1, 4 2-3
A	JP 5-156388 A (Oiles Corp.), 22 June 1993 (22.06.1993), entire text; drawings (Family: none)	1-4
<input checked="" 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 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 May, 2012 (15.05.12)		Date of mailing of the international search report 29 May, 2012 (29.05.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054219

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-196552 A (Komatsu Ltd.), 31 July 1998 (31.07.1998), entire text; drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2003-112264 A (Sumitomo Coal Mining Co., Ltd.), 15 April 2003 (15.04.2003), entire text; drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2008-121095 A (Hitachi Powdered Metals Co., Ltd.), 29 May 2008 (29.05.2008), entire text; drawings & US 2008/0110334 A1 & KR 10-2008-0044191 A & CN 101182836 A	1-4
P,A	JP 2012-24833 A (Japan Aerospace Exploration Agency, Kabushiki Kaisha Shintarando), 09 February 2012 (09.02.2012), entire text; drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. B23K20/00(2006.01)i, F04B53/00(2006.01)i, B22F5/00(2006.01)n		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. B23K20/00, F04B53/00, B22F5/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2000-230476 A（日立建機株式会社）2000.08.22, 第4ページ右欄第32行-第7ページ右欄第44行、及び図1-図8 （ファミリーなし）	1, 4 2-3
Y A	JP 2007-253240 A（SPSシンテックス株式会社）2007.10.04, 第2ページ第27行-第4ページ第35行（ファミリーなし）	1, 4 2-3
A	JP 5-156388 A（オイレス工業株式会社）1993.06.22, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-4
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15.05.2012	国際調査報告の発送日 29.05.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 松本 公一 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3P 3506

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-196552 A (株式会社小松製作所) 1998. 07. 31, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2003-112264 A (住友石炭鉱業株式会社) 2003. 04. 15, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2008-121095 A (日立粉末冶金株式会社) 2008. 05. 29, 全文及び図面 & US 2008/0110334 A1 & KR 10-2008-0044191 A & CN 101182836 A	1-4
P, A	JP 2012-24833 A (独立行政法人宇宙航空研究開発機構、株式会社シ ンターランド) 2012. 02. 09, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-4