

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-172245
(P2023-172245A)

(43)公開日 令和5年12月6日(2023.12.6)

(51)国際特許分類
F 0 4 B 39/00 (2006.01)

F I
F 0 4 B 39/00 A
F 0 4 B 39/00 1 0 4 A
F 0 4 B 39/00 1 0 4 D

テーマコード (参考)
3 H 0 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-83905(P2022-83905)	(71)出願人	502129933 株式会社日立産機システム 東京都千代田区外神田一丁目5番1号
(22)出願日	令和4年5月23日(2022.5.23)	(74)代理人	110001807 弁理士法人磯野国際特許商標事務所
		(72)発明者	斎藤 颯 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		(72)発明者	小林 義雄 東京都千代田区外神田一丁目5番1号 株式会社日立産機システム内
		(72)発明者	石井 聡之 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
		Fターム(参考)	3H003 AA02 AA05 AC02 AD03 最終頁に続く

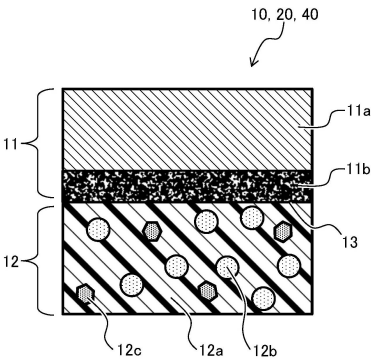
(54)【発明の名称】 摺動材及び気体圧縮機械

(57)【要約】

【課題】耐摩耗性に優れた摺動材を提供する。

【解決手段】摺動材12は、樹脂12aと、樹脂12a中に配置され、無機材料により構成される第1粒子12bと、樹脂12a中に配置され、第1粒子12bよりも大きなビッカース硬度を有する無機材料により構成される第2粒子12cと、を含み、第2粒子12cのビッカース硬度を第1粒子12bのビッカース硬度で除算して得られる値を硬度比と、樹脂12aに対する第1粒子12bの含有量を樹脂12aに対する第2粒子12cの含有量を除算して得られる値を含有比と定義した場合に、硬度比を含有比で除算して得られる値が0.3以上2.8以下である。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

樹脂と、

前記樹脂中に配置され、無機材料により構成される第 1 粒子と、

前記樹脂中に配置され、前記第 1 粒子よりも大きなビッカース硬度を有する無機材料により構成される第 2 粒子と、を含み、

前記第 2 粒子のビッカース硬度を前記第 1 粒子のビッカース硬度で除算して得られる値を硬度比と、前記樹脂に対する前記第 1 粒子の含有量を前記樹脂に対する前記第 2 粒子の含有量で除算して得られる値を含有比と定義した場合に、

前記硬度比を前記含有比で除算して得られる値が 0.3 以上 2.8 以下である

10

ことを特徴とする摺動材。

【請求項 2】

前記第 1 粒子は、金属により構成され、

前記第 2 粒子は、金属又はセラミックの少なくとも一方により構成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 3】

前記第 1 粒子のビッカース硬度は 50HV 以上 200HV 以下である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 4】

前記樹脂はフッ素樹脂である

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 5】

前記第 1 粒子は、銅、銅を主成分とする合金、アルミニウム、又は、アルミニウムを主成分とする合金、のうちの少なくとも一種である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 6】

前記第 2 粒子は、珪藻土、アルミナ、シリカ、酸化チタン、酸化亜鉛、又は、炭化珪素のうちの少なくとも一種である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 7】

30

更に、前記樹脂中に配置される繊維を含む

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 8】

前記繊維は、炭素繊維である

ことを特徴とする請求項 7 に記載の摺動材。

【請求項 9】

更に、前記樹脂中に配置される固体潤滑剤を含む

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 10】

前記固体潤滑剤は、二硫化モリブデンである

40

ことを特徴とする請求項 9 に記載の摺動材。

【請求項 11】

前記樹脂と前記第 1 粒子との間には、化成処理層が形成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載の摺動材。

【請求項 12】

気体に対し、圧縮又は膨張の少なくとも一方を行う室と、

前記室を区画する摺動面を摺動する摺動材を備える摺動部と、

を備え、

前記摺動材は、

樹脂と、

50

前記樹脂中に配置され、無機材料により構成される第 1 粒子と、

前記樹脂中に配置され、前記第 1 粒子よりも大きなビッカース硬度を有する無機材料により構成される第 2 粒子と、を含み、

前記第 2 粒子のビッカース硬度を前記第 1 粒子のビッカース硬度で除算して得られる値を硬度比と、前記樹脂に対する前記第 1 粒子の含有量を前記樹脂に対する前記第 2 粒子の含有量で除算して得られる値を含有比と定義した場合に、

前記硬度比を前記含有比で除算して得られる値が 0.3 以上 2.8 以下であることを特徴とする気体圧縮機械。

【請求項 13】

前記摺動面はアルマイト層の表面である

10

ことを特徴とする請求項 12 に記載の気体圧縮機械。

【請求項 14】

前記摺動材は前記摺動面をオイルフリーで摺動する

こと特徴とする請求項 12 に記載の気体圧縮機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、摺動材及び気体圧縮機械に関する。

【背景技術】

【0002】

20

空気等の気体を圧縮する気体圧縮機械として、レシプロ型の気体圧縮機械、スクロール式の気体圧縮機械が知られている。例えばレシプロ式の気体圧縮機械では、金属製のシリンダ内を往復動するピストンには、シリンダの内面と摺動する摺動材として、ピストンリングが取り付けられる。また、例えばスクロール式の気体圧縮機械では、金属製の固定スクロール、又は、固定スクロールに対して旋回運動しながら接触して摺動する旋回スクロールの端部には、摺動材として、チップシールが取り付けられる。

【0003】

摺動材として、例えばポリテトラフルオロエチレン (PTFE) に代表される樹脂材料が使用される。例えば PTFE は、結晶性が高く、せん断強度が小さいため、せん断を受けるとマイクロレベルで容易に表層剥離し、シリンダ内面等の相手面 (摺動面) に移着する。PTFE を母材とした摺動材の摩耗耐久性を高めるため、金属粒子を配合した複合樹脂材が知られている。

30

【0004】

特許文献 1 の要約書には「金属相手材と油潤滑下にて摺接し、PTFE 樹脂を主成分とする工作機械用樹脂摺動材に、金属相手材の素材金属より標準単極電位が低く、かつ、銅-アルミニウム系の銅合金を除く金属の粉末を配合する。あるいは、この樹脂摺動材に、更に再生 PTFE 樹脂粉末を配合する。」ことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

40

【特許文献 1】特開 2015-71793 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明者が検討したところ、詳細は実施例を挙げて後記するが、特許文献 1 に記載の摺動材は耐摩耗性の観点で課題があることが分かった。

本開示が解決しようとする課題は、耐摩耗性に優れた摺動材及び気体圧縮機械の提供である。

【課題を解決するための手段】

【0007】

50

本開示の摺動材は、樹脂と、前記樹脂中に配置され、無機材料により構成される第 1 粒子と、前記樹脂中に配置され、前記第 1 粒子よりも大きなビッカース硬度を有する無機材料により構成される第 2 粒子と、を含み、前記第 2 粒子のビッカース硬度を前記第 1 粒子のビッカース硬度で除算して得られる値を硬度比と、前記樹脂に対する前記第 1 粒子の含有量で前記樹脂に対する前記第 2 粒子の含有量を除算して得られる値を含有比と定義した場合に、前記硬度比を前記含有比で除算して得られる値が 0.3 以上 2.8 以下である。その他の解決手段は発明を実施するための形態において後記する。

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、耐摩耗性に優れた摺動材及び気体圧縮機械を提供できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】一実施形態の気体圧縮機械における摺動部を拡大して示す断面図である。

【図 2】一実施形態の気体圧縮機械の構造を示す断面図である。

【図 3】図 2 に示す気体圧縮機械の固定スクロール及び旋回スクロールの一部を拡大した図である。

【図 4】別の実施形態の気体圧縮機械の構造を示す断面図である。

【図 5】図 4 に示すシリンダの内部を拡大して示す図である。

【図 6】摩擦試験の試験方法を説明する図である。

【図 7】摩擦試験の試験結果を説明する図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を参照しながら本開示を実施するための形態（実施形態と称する）を説明する。以下の一の実施形態の説明の中で、適宜、一の実施形態に適用可能な別の実施形態の説明も行う。本開示は以下の実施形態に限られず、異なる実施形態同士を組み合わせたり、本開示の効果を著しく損なわない範囲で任意に変形したりできる。また、同じ部材については同じ符号を付すものとし、重複する説明は省略する。更に、同じ機能を有するものは同じ名称を付すものとする。図示の内容は、あくまで模式的なものであり、図示の都合上、本開示の効果を著しく損なわない範囲で実際の構成から変更したり、図面間で一部の部材の図示を省略したり変形したりすることがある。

30

【0011】

図 1 は、一実施形態の気体圧縮機械 20、40 における摺動部 10 を拡大して示す断面図である。図 1 は、何れも後記する図 3 に示す A 部、及び図 5 に示す B 部に対応する。詳細は後記するが、気体圧縮機械 20 は例えばスクロール式であり、気体圧縮機械 40 は、例えばレシプロ式である。まず、図 1 を参照して、気体圧縮機械 20、40 に備えられる摺動部 10 を説明する。

【0012】

摺動部 10 は、金属製（例えばアルミニウム製）の部材 11 と、摺動材 12 と、を備える。部材 11 から視れば、摺動材 12 が例えば旋回動、往復動等することで、摺動材 12 が部材 11 を摺動する。摺動材 12 から視れば、部材 11 が例えば旋回動、往復動等することで、部材 11 が摺動材 12 を摺動する。摺動材 12 は、詳細は後記するが、例えば固定スクロール 21 及び旋回スクロール 22（いずれも図 3）、ピストン 42（図 5）に備えられる。

40

【0013】

摺動部 10 では、摺動材 12 が摺動面 13 で部材 11 と接触して摺動する。摺動面 13 には、潤滑油、グリース等が存在してもよい。ただし、気体圧縮機械 20、40 では、摺動材 12 は摺動面 13 をオイルフリーで摺動する。このようなときに、本開示による効果を特に大きくできる。ここでいうオイルフリーとは、潤滑油等が全く存在しない状態である。ただし、十分な潤滑油等を存在しない、所謂オイルレスの状態でもよい。

【0014】

50

部材 1 1 は、金属材 1 1 a と表面層 1 1 b とを備える。金属材 1 1 a は例えば基材として機能し、金属材 1 1 a の表面に、表面層 1 1 b が形成される。表面層 1 1 b の表面に摺動面 1 3 が形成され、摺動材 1 2 は、表面層 1 1 b に対して接触しながら摺動する。

【 0 0 1 5 】

金属材 1 1 a は、気体圧縮機械 2 0 , 4 0 の一部材としての強度を有する金属であれば特に制限されないが、例えば、例えば、アルミニウム、マグネシウム、ケイ素等の軽金属の他、鉄、クロム、ニッケル、モリブデン、チタン、銅等の遷移金属の単体又は化合物（合金等）等を使用できる。より具体的には、例えばアルミニウム、アルミニウム合金等のアルミニウム系材料、鉄、鉄 - ニッケル合金等の鉄系材料、チタン、チタン合金等のチタン系材料、銅、銅合金等の銅系材料を使用できる。中でも、アルミニウム系材料が好ましく、アルミニウム系材料の使用により、優れた耐摩耗性を発揮できる。アルミニウム系材料は、例えば少量のマグネシウム、ケイ素等を含んでもよい。また、鉄系材料は、例えばクロム、ニッケル、モリブデン等を含んでもよい。

10

【 0 0 1 6 】

表面層 1 1 b は、例えば、金属材 1 1 a に自然に生成した自然酸化膜、人工的に施した表面コーティングのいずれでもよい。自然酸化膜の場合、例えば金属材 1 1 a がアルミニウム系材料により構成されるとき、表面層 1 1 b は酸化アルミニウムにより構成される。また、金属材 1 1 a が鉄系材料により構成される場合、表面層 1 1 b は酸化鉄により構成される。金属材 1 1 a が銅系材料により構成される場合、表面層 1 1 b は酸化銅により構成される。

20

【 0 0 1 7 】

図示の例では、表面層 1 1 b は、酸化アルミニウムにより構成されるアルマイト層であり、摺動面 1 3 は、アルマイト層の表面である。摺動面 1 3 をこのようにすることで、金属材 1 1 a を保護できる。

【 0 0 1 8 】

表面層 1 1 b が表面コーティングの場合、一例として、表面層 1 1 b は、メッキ処理、物理蒸着（PVD）法、化学蒸着（CVD）法、浸炭処理等により形成できる。この場合、表面層 1 1 b は、通常は、例えばアルミニウム、リン、クロム、鉄、ニッケル、亜鉛のうち少なくとも 1 つを含む材料で構成される。このような元素を含む表面コーティングの一例として、アルマイト処理、アルミニウムめっき、ニッケルめっき、クロムめっき、鉄めっき、亜鉛めっき等が挙げられる。

30

【 0 0 1 9 】

図 1 に示す例では、金属材 1 1 a の表面に表面層 1 1 b が形成されている。しかし、金属材 1 1 a には、必ずしも表面層 1 1 b が形成されていなくてもよく、部材 1 1 の表面に、金属材 1 1 a が露出しているてもよい。即ち、部材 1 1 の金属表面は、金属材 1 1 a を構成する金属により形成されていてもよく、金属材 1 1 a 上に形成された、表面層 1 1 b により形成されていてもよい。

【 0 0 2 0 】

摺動材 1 2 は、樹脂 1 2 a と、第 1 粒子 1 2 b と、第 2 粒子 1 2 c とを含む。樹脂 1 2 a は、例えば母材として機能する。樹脂 1 2 a は、フッ素樹脂であることが好ましい。フッ素樹脂を使用することで、耐久性を向上できる。また、摺動面 1 3 へのフッ素樹脂の移着を促進できる。フッ素樹脂としては、例えば、上記の PTFE、テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体（PFA）、テトラフルオロエチレン・エチレン共重合体（ETFE）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）のうちの少なくとも一種を使用できる。樹脂 1 2 a は、異なる種類の 2 以上の樹脂を併用してもよく、例えば、PTFE と、PTFE 以外のフッ素樹脂とを混合して併用してもよい。また、樹脂 1 2 a は、フッ素樹脂でなくてもよく、他に任意の樹脂でもよい。

40

【 0 0 2 1 】

第 1 粒子 1 2 b は、樹脂 1 2 a 中に配置され、無機材料により構成される。第 1 粒子 1 2 b は、好ましくは、樹脂 1 2 a 中に分散して配置される。第 1 粒子 1 2 b は、金属によ

50

り構成されることが好ましい。金属により構成することで、第1粒子12bのビッカース硬度を所望の値に設定し易くできる。

【0022】

第1粒子12bのビッカース硬度(HV)は、延性を有する軟質材のビッカース硬度が好ましく、具体的には例えば50HV以上、上限として例えば200HV以下、好ましくは100HV以下である。ビッカース硬度がこの範囲にあることで、摺動面13での摺動時に第1粒子12bが延性を発揮でき、耐摩耗性を向上できる。

【0023】

第1粒子12bは、銅、銅を主成分とする合金、アルミニウム、又は、アルミニウムを主成分とする合金、のうちの少なくとも一種であることが好ましい。これらを使用すること
10
で、耐摩耗性を向上できる。なお、銅が主成分、及びアルミニウムが主成分とは、それぞれ、合金中で最も多い金属が銅又はアルミニウムであることをいう。

【0024】

樹脂12aと第1粒子12bとの間には、化成処理層が形成されることが好ましい。化成処理層が形成されることで、化成処理層に起因する各種機能を付与できる。化成処理層は、例えば、第1粒子12bの表面に形成される。化成処理層は、例えば、樹脂12aと第1粒子12bとの接合強度を向上させる密着層である。密着層は、例えば、カップリング処理、めっき処理等により形成できる。カップリング処理は、例えば、チタン系、シリコン系等のカップリング剤を使用して実行できる。めっき処理は、ニッケルめっき、鉄め
20
っき等の、樹脂12aとの化学的親和性の高い遷移金属を使用して実行できる。

【0025】

第1粒子12bの平均粒径(大きさ)は、特に制限されないが、例えば10μm以上、好ましくは50μm以上、上限として例えば500μm以下、好ましくは100μm以下にできる。第1粒子12bの平均粒径は、例えば、レーザ回折式粒度分布測定装置を用いて測定できる。d

【0026】

第2粒子12cは、樹脂12a中に配置され、無機材料により構成される。第2粒子12cは、好ましくは、樹脂12a中に分散して配置される。第2粒子12cは、金属又はセラミックの少なくとも一方により構成されることが好ましい。これにより、第1粒子12bとの関係で、第2粒子12cのビッカース硬度を所望の値に設定し易くできる。
30

【0027】

第2粒子12cは、第1粒子12bよりも大きなビッカース硬度を有する無機材料により構成される。このような無機粒子としては、珪藻土、アルミナ、シリカ、酸化チタン、酸化亜鉛、炭化珪素等の硬質な金属粒子、セラミックス粒子が挙げられる。中でも、第2粒子12cは、珪藻土、アルミナ、シリカ、酸化チタン、酸化亜鉛、又は、炭化珪素のうちの少なくとも一種であることが好ましい。これらを使用することで、第1粒子12bよりもビッカース硬度を大きくし易くできる。

【0028】

第2粒子12cの平均粒径(大きさ)は、特に制限されないが、例えば10μm以上、好ましくは20μm以上、上限として例えば500μm以下、好ましくは100μm以下
40
にできる。第2粒子12cの平均粒径は、例えば、レーザ回折式粒度分布測定装置を用いて測定できる。

【0029】

樹脂12aに対する第1粒子12bの含有量を、樹脂12aに対する第2粒子12cの含有量で除算して得られる値を含有比(以下、本開示の含有比という)と定義した場合に、本開示の含有比は特に限定されない。本開示の含有比は、好ましくは3以上、より好ましくは6以上、上限として好ましくは40以下、より好ましくは20以下である。なお、本開示の含有比は、{第1粒子12bの含有量(質量%)} / {第2粒子12cの含有量(質量%)}により算出できる。

【0030】

10

20

30

40

50

第 2 粒子 1 2 c のビッカース硬度を上記第 1 粒子 1 2 b のビッカース硬度で除算して得られる値を硬度比（以下、本開示の硬度比という）と定義した場合に、本開示の硬度比は特に限定されない。本開示の硬度比は、好ましくは 6 以上、より好ましくは 10 以上、上限として好ましくは 30 以下、より好ましくは 25 以下である。なお、本開示の硬度比は、 $\{ \text{第 2 粒子 1 2 c のビッカース硬度 (HV)} \} / \{ \text{第 1 粒子 1 2 b のビッカース硬度 (HV)} \}$ により算出できる。また、硬度の指標としてビッカース硬度を使用することで、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c の硬度を適切に表現でき、詳細は後記する本開示の比に基づき、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c の材料の選定を適切に実行できる。

【0031】

本開示の摺動材 1 2 では、本開示の硬度比を本開示の含有比で除算して得られる値（以下、本開示の値という）が 0.3 以上 2.8 以下である。従って、本開示の含有比がこの範囲になるように、本開示の硬度比及び本開示の含有比を調整することが好ましい。本開示の値をこの範囲にすることで、詳細は実施例を参照して後記するが、優れた耐摩耗性を発揮できる。本開示の値は、好ましくは 1.1 以上、上限として好ましくは 1.8 以下、より好ましくは 1.6 以下である。本開示の値をこの範囲にすることで、特に優れた耐摩耗性を発揮できる。なお、本開示の値は、 $\{ \text{本開示の硬度比 (-)} / (\text{本開示の含有比 (-)}) \}$ により算出できる。

【0032】

本開示の値を上記範囲に設定する理由は以下のとおりである。本発明者は、例えば後記の図 7 に試験方法に沿って多数回の摩擦試験を行った。この結果、本発明者は、摺動材 1 2 の摩耗量と、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c に係る本開示の硬度比及び本開示の含有比との間に、相関があることを見出した。具体的には、本開示の硬度比が大き過ぎる、又は、本開示の含有比が小さ過ぎる場合、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c のアブレシブ作用で摩耗量が増加することを特定した。一方で、本開示の硬度比が小さ過ぎる、又は、本開示の含有比が大き過ぎる場合、摺動材 1 2 自体の耐久性が小さくなり、摩耗量が増加することを明らかにした。

【0033】

一方で、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c について、本開示の硬度比及び含有比が適切な範囲に制御されれば、主として相対的に硬質な第 2 粒子 1 2 c が、摺動中のせん断応力を効果的に支持する。これに加えて、相対的に軟質な第 1 粒子 1 2 b はせん断応力を支持しつつ、その摩耗粉が部材 1 1 に一部付着することで、硬質な部材 1 1 からの攻撃性を弱める効果がある。これらの相乗効果は、本開示の硬度比と本開示の含有比とを 1 つのパラメータとした、本開示の値が適切に制御された場合に発揮される。従って、本開示の値は、例えば過酷環境での摺動材 1 2 の耐摩耗性の向上に寄与する。

【0034】

摺動材 1 2 は、更に、繊維を含んでもよい。繊維は、樹脂 1 2 a 中に配置され、好ましくは樹脂 1 2 a に分散して配置される。繊維を含むことで、摺動材 1 2 の機械的強度を向上できる。繊維としては、例えば、炭素繊維、ガラス繊維、金属繊維、セラミックス繊維等の少なくとも一種が挙げられる。中でも、繊維は、炭素繊維であることが好ましい。炭素繊維であることで、摺動材 1 2 の軽量化と強度向上とを両立できる。

【0035】

繊維の長さ及び径は、本開示の効果を著しく損なわない限り特に制限されないが、例えば、長さは例えば 10 μm 以上 300 μm 以下、径は例えば 1 μm 以上 30 μm 以下にすることができる。長さ及び径は、摺動材 1 2 の断面顕微鏡写真における実測値を採用できる。

【0036】

摺動材 1 2 は、更に、固体潤滑剤を含んでもよい。固体潤滑剤は、例えば 10 μm 以上 500 μm 以下の粒径を有する粒子状であることが好ましい。粒径は、例えば、レーザ回折式粒度分布測定装置を用いた平均粒径として測定できる。

【0037】

10

20

30

40

50

固体潤滑剤は、樹脂 1 2 a 中に配置され、好ましくは樹脂 1 2 a に分散して配置される。固体潤滑剤は、例えば、二硫化モリブデン、グラファイト、窒化ホウ素等の少なくとも 1 種が挙げられる。中でも、固体潤滑剤は、二硫化モリブデンであることが好ましい。二硫化モリブデンであることで、摩擦を低減して耐摩耗性を向上できるとともに、例えばせん断応力等の応力に対する摺動材 1 2 の強度を向上できる。

【 0 0 3 8 】

摺動材 1 2 において、少なくとも樹脂 1 2 a、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c の種類の確認は以下のようにして実行できる。即ち、摺動材 1 2 の例えば表面又は破砕物を、走査型電子顕微鏡、エネルギー分散型 X 線分析、赤外分光分析、X 線回折等の化学分析により、容易に実行できる。また、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c の硬度確認は、例えば、ナノインデント等の硬度測定により実行できる、また、第 1 粒子 1 2 b 及び第 2 粒子 1 2 c の含有量確認は、熱重量測定等により容易に実行できる。

10

【 0 0 3 9 】

摺動材 1 2 は、例えば、以下のようにして製造できる。即ち、樹脂 1 2 a の粉末、第 1 粒子 1 2 b、及び第 2 粒子 1 2 c と、例えば、適宜炭素繊維、二硫化モリブデン等の粉末とを、ミキサを用いて混合することで、均一な混合粉末が得られる。次いで、混合物を圧縮成型又は射出成型で任意の形状に成型することで、成形物が得られる。最後に、成形物を電気炉等で焼成することで、摺動材 1 2 が得られる。焼成は、使用する樹脂 1 2 a 等の種類に応じて、その温度範囲を適宜調整して行うことが好ましい。

【 0 0 4 0 】

20

図 2 は、一実施形態の気体圧縮機械 2 0 の構造を示す断面図である。図 2 に示す例では、気体圧縮機械 2 0 は、スクロール式の気体圧縮機械である。気体圧縮機械 2 0 は、気体圧縮機械 2 0 の外殻をなすケーシング 2 3 と、ケーシング 2 3 に回転可能に設けられた駆動軸 2 4 と、ケーシング 2 3 に取り付けられた固定スクロール 2 1 と、駆動軸 2 4 のクランク軸 2 4 A に回転可能に設けられた回転スクロール 2 2 と、を有する。

【 0 0 4 1 】

固定スクロール 2 1 は、固定鏡板 2 1 a と、固定鏡板 2 1 a の一主面側に渦巻状に形成された固定スクロールラップ 2 1 b と、を有する。回転スクロール 2 2 は、回転鏡板 2 2 a と、回転鏡板 2 2 a の一主面側に渦巻状に形成された回転スクロールラップ 2 2 b と、を有する。回転スクロール 2 2 には、回転鏡板 2 2 a の背面側中央にボス部 2 2 f が突設する。

30

【 0 0 4 2 】

回転スクロール 2 2 は、回転スクロールラップ 2 2 b が固定スクロールラップ 2 1 b と互いに噛み合うように、互いに対向して配置される。これにより、固定スクロールラップ 2 1 b と回転スクロールラップ 2 2 b との間に、圧縮膨張室 2 5 が形成される。圧縮膨張室 2 5 は、気体圧縮機械 2 0 に備えられ、気体に対し、圧縮又は膨張の少なくとも一方を行うものである。図示の例では、圧縮膨張室 2 5 では、流入した気体が圧縮される。

【 0 0 4 3 】

固定スクロール 2 1 の固定鏡板 2 1 a の外周側には、吸入口 2 6 が穿設される。吸入口 2 6 は、最外周側の圧縮膨張室 2 5 に連通する。また、固定スクロール 2 1 の固定鏡板 2 1 a の中心部には、吐出口 2 7 が穿設される。吐出口 2 7 は、最内周側の圧縮膨張室 2 5 に開口する。

40

【 0 0 4 4 】

駆動軸 2 4 は、玉軸受 2 8 を介してケーシング 2 3 に回転可能に支持される。駆動軸 2 4 の一端側は、ケーシング 2 3 外で電動モータ（不図示）等に連結されており、駆動軸 2 4 の他端側は、ケーシング 2 3 内に伸張してクランク軸 2 4 A となる。クランク軸 2 4 A の軸線は、駆動軸 2 4 の軸線に対して、所定寸法だけ偏心する。

【 0 0 4 5 】

ケーシング 2 3 の回転スクロール 2 2 側の内周には、円環状のスラスト受部 3 1 が設けられる。スラスト受部 3 1 と回転鏡板 2 2 a との間には、スラストプレート 3 2 が設けら

50

れる。スラストプレート 3 2 は、例えば鉄等の金属材料により円環状の板体として形成される。旋回スクロール 2 2 が旋回運動したときに、旋回鏡板 2 2 a に対してその表面が摺動する。これにより、主に圧縮運転時に旋回スクロール 2 2 に作用するスラスト方向（旋回スクロール 2 2 を固定スクロール 2 1 から離間させる方向）の荷重を、スラストプレート 3 2 はスラスト受部 3 1 と共に受けとめる。これにより、ケーシング 2 3 と旋回鏡板 2 2 a とのかじり及び異常摩耗を抑制する。

【 0 0 4 6 】

また、スラスト受部 3 1 と旋回鏡板 2 2 a との間には、スラストプレート 3 2 より中心寄りの位置に、オルダムリング 3 3 が設けられる。オルダムリング 3 3 は、駆動軸 2 4 によって旋回スクロール 2 2 が回転駆動されたときに、旋回スクロール 2 2 の自転を抑制し、クランク軸 2 4 A による所定寸法の旋回半径を持った円運動を与える。

10

【 0 0 4 7 】

不図示の電動モータ等により駆動軸 2 4 を回転駆動させると、旋回スクロール 2 2 が所定寸法の旋回半径で旋回運動し、吸入口 2 6 から吸い込まれた外部の空気が圧縮膨張室 2 5 で順次圧縮される。この圧縮空気は、固定スクロール 2 1 の吐出口 2 7 から、外部の空気タンク等に吐出される。

【 0 0 4 8 】

図 3 は、図 2 に示す気体圧縮機械 2 0 の固定スクロール 2 1 及び旋回スクロール 2 2 の一部を拡大した図である。固定スクロール 2 1 及び旋回スクロール 2 2 は、図 1 に示した部材 1 1 の一例である。また、チップシール 2 9 1 , 2 9 2 は、図 1 に示した摺動材 1 2 の一例である。従って、摺動部 1 0 は、固定スクロール 2 1、旋回スクロール 2 2 及びチップシール 2 9 1 , 2 9 2 を備える。

20

【 0 0 4 9 】

固定スクロールラップ 2 1 b の旋回鏡板 2 2 a との対向側の端面 2 1 c には、溝 2 1 d が形成されており、この溝 2 1 d には、チップシール 2 9 1 が嵌め込まれる。また、旋回スクロールラップ 2 2 b の固定鏡板 2 1 a との対向側の端面 2 2 c にも、溝 2 2 d が形成されており、この溝 2 2 d にもチップシール 2 9 2 が嵌め込まれる。

【 0 0 5 0 】

チップシール 2 9 1 , 2 9 2 は、圧縮膨張室 2 5 を区画するラップ底面 2 1 e , 2 2 e を摺動する。ラップ底面 2 1 e , 2 2 e は、図 1 に示した摺動面 1 3 の一例である。固定スクロール 2 1 及び旋回スクロール 2 2 は、例えばアルミニウム、アルミニウム合金等のアルミニウム系材料である。固定スクロール 2 1 及び旋回スクロール 2 2 の表面にはアルマイト処理が施される。従って、ラップ底面 2 1 e , 2 2 e はアルマイト層の表面である。

30

【 0 0 5 1 】

旋回スクロール 2 2 の旋回運動に伴い、チップシール 2 9 1 が旋回鏡板 2 2 a のラップ底面 2 2 e と摺動し、チップシール 2 9 2 が固定鏡板 2 1 a のラップ底面 2 1 e と摺動する。これにより、固定スクロールラップ 2 1 b と旋回鏡板 2 2 a のラップ底面 2 2 e との接触、及び、旋回スクロールラップ 2 2 b と固定鏡板 2 1 a のラップ底面 2 1 e との接触を抑制できる。この結果、スムーズな摺動状態を得ることができる。

40

【 0 0 5 2 】

スラストプレート 3 2（図 2）と旋回鏡板 2 2 a との摺動部分において、これらの摺動面を形成するスラストプレート 3 2 表面又は旋回鏡板 2 2 a の表面に、摺動材 1 2 をコーティングしてもよい。また、上記の説明では、スラストプレート 3 2 を、鉄等の金属材料により形成した例を示したが、スラストプレート 3 2 自体を、摺動材 1 2 により形成してもよい。

【 0 0 5 3 】

また、上記の説明では、スラストプレート 3 2 と、スラストプレート 3 2 より中心寄りの位置に設けられたオルダムリング 3 3 により、旋回スクロール 2 2 の自転を抑制する機構について示した。しかし、スクロール式の気体圧縮機械 2 0 は、これに限られるもので

50

はなく、何れも不図示の例えば補助クランク、オルダム継手等の他の自転防止機構を用いたスクロール式の気体圧縮機械にも本開示を適用できる。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、別の実施形態の気体圧縮機械 4 0 の構造を示す断面図である。図 4 に示す例では、気体圧縮機械 4 0 は、レシプロ式の気体圧縮機械である。気体圧縮機械 4 0 は、シリンダ 4 1 と、シリンダ 4 1 内部を往復動するピストン 4 2 と、を有する。シリンダ 4 1 内の、ピストン 4 2 により画成された空間には、圧縮膨張室 4 3 が形成される。圧縮膨張室 4 3 は、気体に対し、圧縮又は膨張の少なくとも一方を行う室の一例である。図示の例では、圧縮膨張室 4 3 では、流入した気体が圧縮される。

【 0 0 5 5 】

シリンダ 4 1 の上端は、仕切り板 4 4 により閉塞されており、仕切り板 4 4 に、吸入口 4 4 a 及び吐出口 4 4 b が設けられる。吸入口 4 4 a 及び吐出口 4 4 b には、それぞれ、吸入弁 4 4 c 及び吐出弁 4 4 d が設けられ、吸入弁 4 4 c 及び吐出弁 4 4 d の先には、それぞれ配管（不図示）が接続される。

【 0 0 5 6 】

シリンダ 4 1 は、下端側が開放されており、この下端部において、筐体 4 5 と接続される。ピストン 4 2 には、ピストンピン 4 6 a を介して連結棒 4 6 が接続される。筐体 4 5 内には、モータ 4 7 が収容される。モータ 4 7 は、プーリ 4 8、及びプーリ 4 8 間に巻き回されたベルト 4 9 を介して、連結棒 4 6 に接続される。

【 0 0 5 7 】

気体圧縮機械 4 0 の作動時には、モータ 4 7 の動力が、ベルト 4 9、プーリ 4 8 を介して、連結棒 4 6 によりピストン 4 2 に伝えられる。ピストン 4 2 を上下動させることで、吸入口 4 4 a から圧縮膨張室 4 3 内に外気を吸入し、圧縮膨張室 4 3 内で吸入ガスが圧縮される。圧縮されたガスは、吐出口 4 4 b を通って、圧縮膨張室 4 3 の外部に吐出され、配管により回収される。

【 0 0 5 8 】

図 5 は、図 4 に示すシリンダ 4 1 の内部を拡大して示す図である。シリンダ 4 1 は、図 1 に示した部材 1 1 の一例である。また、ピストンリング 4 2 1 は、図 1 に示した摺動材 1 2 の一例である。従って、摺動部 1 0 は、シリンダ 4 1 及びピストンリング 4 2 1 を備える。ライダーリング 4 2 2 も、摺動材 1 2 によって形成されてもよい。

【 0 0 5 9 】

シリンダ 4 1 は、金属製でもよく、樹脂製でもよい。シリンダ 4 1 は、例えばアルミニウム、アルミニウム合金等のアルミニウム系材料である。シリンダ 4 1 の内周面 4 3 a（図 1 に示した摺動面 1 3 の一例）にはアルマイト処理が施される。従って、内周面 4 3 a はアルマイト層の表面である。

【 0 0 6 0 】

ピストン 4 2 には、ピストンリング 4 2 1 及びライダーリング 4 2 2 が環装される。ピストン 4 2 の上下動に伴い、ピストンリング 4 2 1 及びライダーリング 4 2 2 が、シリンダ 4 1 の内周面 4 3 a と摺動する。これにより、ピストン 4 2 とシリンダ 4 1 との接触、及び、カジリを抑制できる。この結果、ピストン 4 2 とシリンダ 4 1 とのスムーズな摺動状態を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

気体圧縮機械 2 0、4 0 では、圧縮膨張室 2 5、4 3 に供給される気体は、例えば大気（空気）でもよく、水蒸気が極端に少ない乾燥ガスでもよい。本開示の摺動材 1 2 は、圧縮する気体の種類に拠らずに、十分な摩耗耐久性を発現できる。このため、本開示の摺動材 1 2 を適用した気体圧縮機械 2 0、4 0 を、例えば乾燥ガスの圧縮に供することもできる。乾燥ガスとしては、例えば、露点 - 3 0 以下のガスが挙げられる。具体的には、例えば、合成空気、高純度窒素ガス、酸素ガス、ヘリウムガス、アルゴンガス、水素ガス等が挙げられる。

【 実施例 】

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

以下、実施例を挙げて、本開示をより具体的に説明する。

【 0 0 6 3 】

下記表 1 に示す材料を使用して、実施例 1 ～ 7 及び比較例 1 ～ 5 の摺動材を作製した。樹脂 1 2 a は、フッ素樹脂の一例として、P T F E を用いた。第 1 粒子 1 2 b は、金属の一例としての銅であり、平均粒径（大きさ）は 6 0 μ m である。第 2 粒子 1 2 c は、何れもセラミックの一例として、珪藻土、シリカ、又はアルミナである。珪藻土の平均粒径（大きさ）は 3 6 μ m、シリカの平均粒径（大きさ）は 2 4 μ m、アルミナの平均粒径（大きさ）は 5 0 μ m である。

【 0 0 6 4 】

10

【表 1】

表1

	第1粒子12b	第2粒子12c	本開示の値
実施例1	銅	珪藻土	0.3
実施例2	銅	珪藻土	1.1
実施例3	銅	珪藻土	1.4
実施例4	銅	シリカ	1.6
実施例5	銅	珪藻土	1.8
実施例6	銅	アルミナ	2.4
実施例7	銅	珪藻土	2.8
比較例1	銅	なし	0
比較例2	銅	珪藻土	0.1
比較例3	銅	シリカ	3.2
比較例4	銅	珪藻土	3.5
比較例5	なし	シリカ	∞

20

30

【 0 0 6 5 】

使用した各材料について、銅のビッカース硬度は 5 7 H V、珪藻土のビッカース硬度は 6 0 0 H V、シリカのビッカース硬度は 9 0 0 H V、アルミナのビッカース硬度は 1 3 8 5 H V である。従って、珪藻土、シリカ及びアルミナは、いずれも、銅のビッカース硬度よりも大きなビッカース硬度を有する。なお、第 1 粒子 1 2 b が銅、第 2 粒子 1 2 c が珪藻土の場合の本開示の硬度比は 1 1、第 1 粒子 1 2 b が銅、第 2 粒子 1 2 c がシリカの場合の本開示の硬度比は 1 6、第 1 粒子 1 2 b が銅、第 2 粒子 1 2 c がアルミナの場合の本開示の硬度比は 2 4 である。

【 0 0 6 6 】

40

実施例 1 ～ 7 及び比較例 1 ～ 4 では、第 1 粒子 1 2 b として銅が使用される。比較例 5 では、第 1 粒子 1 2 b は使用されない。実施例 1 ～ 3、5、7 及び比較例 2、4 では、第 2 粒子 1 2 c として珪藻土が使用される。実施例 4 及び比較例 3、5 では、第 2 粒子 1 2 c としてシリカが使用される。実施例 6 では、第 2 粒子 1 2 c としてアルミナが使用される。比較例 1 では、第 2 粒子 1 2 c は使用されず、比較例 1 は上記特許文献 1 に記載の技術に相当する。

【 0 0 6 7 】

実施例 1 ～ 7 では、本開示の値は、0 . 3 以上 2 . 8 以下である。比較例 1 ～ 5 では、本開示の値は、0 . 3 未満、又は、2 . 8 よりも大きい。なお、比較例 5 では、本開示の含有比が 0 であり、本開示の値を分数で示したときの分母が 0 である。従って、本開示の

50

値は一義的に観念できず無限大になる。しかし、この場合であっても、本開示の値は、少なくとも、2.8よりは大きくなる。

【0068】

図6は、摩擦試験の試験方法を説明する図である。実施例1～7及び比較例1～5の摺動材をブロック状の試験片71に加工し、試験片71の上面に、リング状の試験片72を接触させた。試験片71は、幅6mm、長さ20mm、高さ5mmの略角柱状を有する。試験片71では、角柱において上部で対向する2つの角で、深さ0.5mmのC面取りが行われる。試験片72は、アルミニウム合金により構成され、表面には硫酸アルマイト処理が施されている。試験片72は、円筒状を有し、内径は9mm、外径は13mmである。

10

【0069】

試験片71を固定した状態で試験片72を回転させることで、摩擦試験を行った。摩擦試験の実験条件として、接触圧は1MPa、速度は2m/s、温度は120℃に制御し、15時間摺動させた。

【0070】

図7は、摩擦試験の試験結果を説明する図である。図7に示すグラフの縦軸は、摩擦試験後の試験片71の摩耗量を示す。摩耗量は、摩擦試験前後での質量減少量を試験片71の密度で除することで求めた。また、結果を理解しやすくするため、摩耗量は、比較例1を100としたときの相対値で表した。

【0071】

20

本開示の値が0.3以上2.8以下である実施例1～7では、摩耗量は、いずれも、上記特許文献1に記載の技術に対応する値である100を下回った。中でも、本開示の値が1.1以上1.8以下の場合（実施例2～5）では、摩耗量が特に少なかった。一方で、本開示の値が0.3未満、又は、2.8よりも大きい比較例1～5では、摩耗量は100以上であった。特に、比較例5では、摩耗量は1600であり、比較例1の16倍であった。

【0072】

これらの結果から、ビッカース硬度が異なる第1粒子12b及び第2粒子12cを併用し、かつ、本開示の値を0.3以上2.8以下にすることで、摩耗量を低減でき、耐摩耗性を向上できることが示された。特に、第1粒子12b及び第2粒子12cを併用し、かつ、本開示の値を0.3以上2.8以下にすることで、それぞれ単独で使用情况（比較例1, 5）よりも、摩耗量を低減できることが示された。

30

【0073】

一方で、本開示の値が0.3未満である比較例1, 2では、外部からのせん断応力によって第1粒子12b及び第2粒子12cが容易に降伏したと考えられる。このため、材料自体の耐久性が低く、実施例1～7よりも摩耗量が増加したと考えられる。

【0074】

比較例1に対応する、上記特許文献1に記載の技術では、PTFEを母材とし、銅合金が添加される。銅及び銅合金は軟質であるため、高圧等の過酷環境では、せん断応力を支持できずに容易に降伏し、摩耗増加が引き起こされる。銅合金は本開示の第1粒子12bに分類され、第2粒子12cに相当する材料は使用されない。このため、特許文献1に記載の摺動材では、本開示の硬度比が小さく、かつ、本開示の含有比が大きい。即ち、本開示の値が小さいため、過酷環境では、材料自体の耐久性が足りずに、摩耗量が増加したと考えられる。

40

【0075】

更に、本開示の値が2.8を超える比較例3～5では、アブレシブ作用により摩耗が増加した。特に、第1粒子12bを含まない比較例5では、ビッカース硬度が極めて大きいシリカに起因して、アブレシブ作用が強く働き、摩耗量が極めて大きくなったと考えられる。

【0076】

50

比較例 5 では、上記のように比較的軟質な第 1 粒子 1 2 b が使用されず、比較的硬質なシリカにより構成される第 2 粒子 1 2 c が使用される。シリカ、アルミナ等の硬質な材料は、上記のようにせん断による脱落等によりアブレシブ粒子が生成する。これにより、切削作用によって摩耗量が増大し易い。従って、第 1 粒子 1 2 b を使用せず、第 2 粒子 1 2 c のみを使用する摺動材では、本開示の硬度比が大きく、本開示の含有比が小さくなる。即ち、本開示の値が大きいため、アブレシブ作用により、摩耗量が増加したと考えられる。

【 0 0 7 7 】

以上のように、本開示の摺動材 1 2 によれば、耐摩耗性（摩擦耐久性）を向上できる。このため、摺動材 1 2 を、例えばチップシール 2 9 1 , 2 9 2（図 3）、ピストンリング 4 2 1（図 5）等に適用することで、これらの交換寿命を長期化できる。このため、気体圧縮機械 2 0 , 4 0 のメンテナンスサイクル及び寿命を長期化できる。

10

【符号の説明】

【 0 0 7 8 】

- 1 0 摺動部
- 1 2 摺動材
- 1 2 a 樹脂
- 1 2 b 第 1 粒子
- 1 2 c 第 2 粒子
- 1 3 摺動面
- 2 0 気体圧縮機械
- 2 1 固定スクロール（摺動部）
- 2 1 e ラップ底面（摺動面）
- 2 2 e ラップ底面（摺動面）
- 2 2 旋回スクロール（摺動部）
- 2 5 圧縮膨張室（室）
- 2 9 1 チップシール（摺動材、摺動部）
- 2 9 2 チップシール（摺動材、摺動部）
- 4 0 気体圧縮機械
- 4 1 シリンダ（摺動部）
- 4 2 1 ピストンリング（摺動材、摺動部）
- 4 3 圧縮膨張室（室）
- 4 3 a 内周面（摺動面）

20

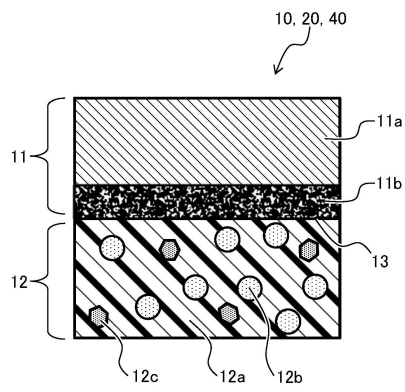
30

40

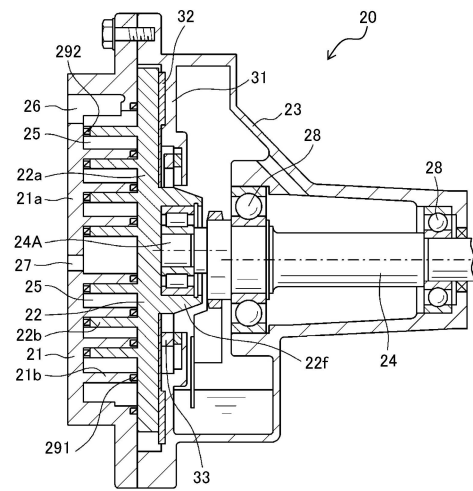
50

【 図 面 】

【 図 1 】



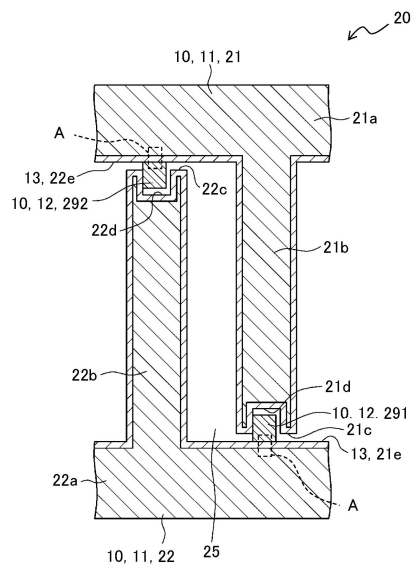
【 図 2 】



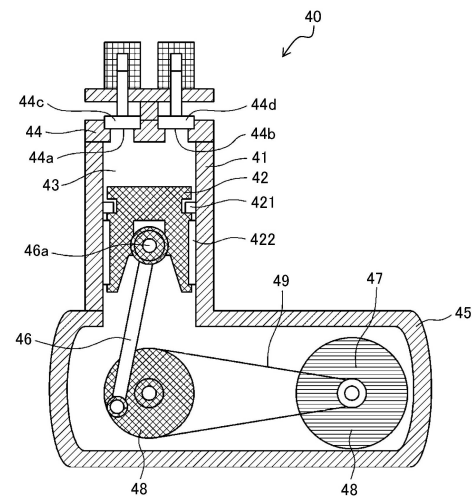
10

20

【 図 3 】



【圖 4】

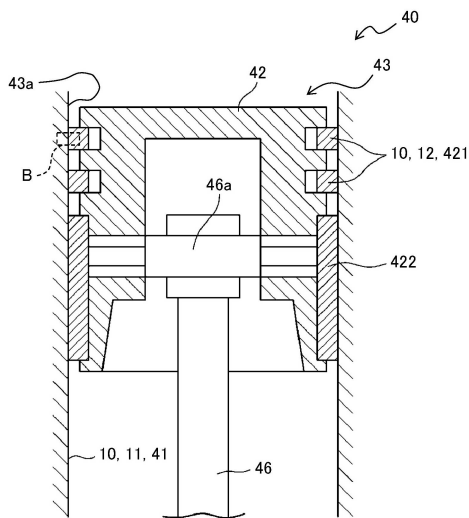


30

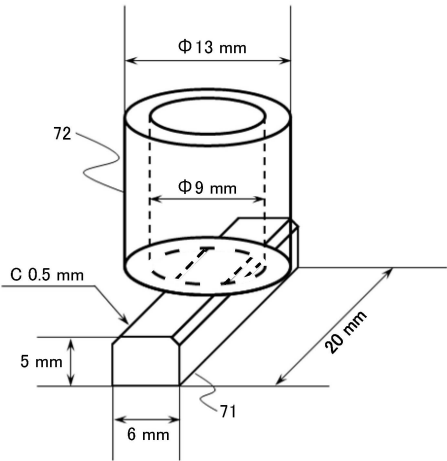
40

50

【 図 5 】



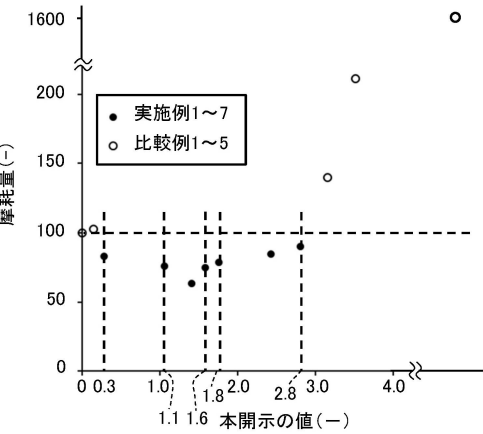
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) BC01 BC03 CB08