

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年8月3日 (03.08.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/080554 A1

(51) 国際特許分類:

C22C 38/00 (2006.01) C22C 33/02 (2006.01)

B22F 3/10 (2006.01) F16C 33/12 (2006.01)

B22F 7/04 (2006.01) F16C 33/14 (2006.01)

枚方市上野3丁目1-1 株式会社小松製作所 生産技術開発センタ内 Osaka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/301710

(22) 国際出願日: 2006年1月26日 (26.01.2006)

(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2005-023844 2005年1月31日 (31.01.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社小松製作所 (Komatsu Ltd.) [JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂二丁目3番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高山 武盛 (TAKAYAMA, Takemori) [JP/JP]; 〒5731175 大阪府

(74) 代理人: 柳瀬 睦肇 (YANASE, Mutsuyasu); 〒1690075 東京都新宿区高田馬場1丁目3番2号 U Kビル8階 進歩国際特許事務所 Tokyo, 外 (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

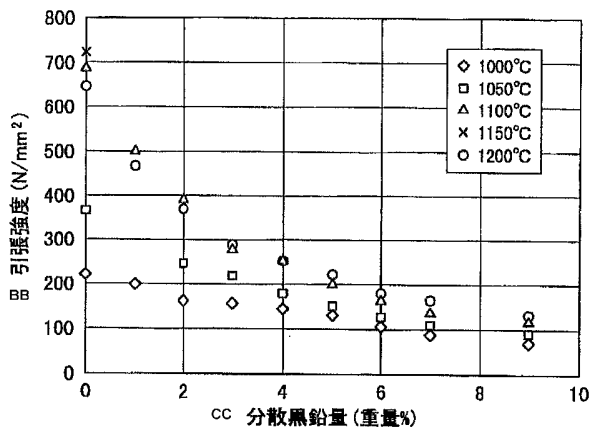
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

/ 続葉有 /

(54) Title: SINTERED MATERIAL, IRON-BASED SINTERED SLIDING MATERIAL AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME, SLIDING MEMBER AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME, AND CONNECTING APPARATUS

(54) 発明の名称: 焼結材料、Fe系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置

AA 黒鉛分散量と引張強度



AA.. RELATIONSHIP BETWEEN AMOUNT OF GRAPHITE DISPERSED AND TENSILE STRENGTH

BB.. TENSILE STRENGTH (N/mm²)

CC.. AMOUNT OF GRAPHITE DISPERSED (WT.%)

(57) Abstract: An iron-based sintered sliding material which is excellent in seizing resistance and wearing resistance and has self-lubricity so as to prolong an interval of greasing or eliminate the necessity of greasing. The iron-based sintered sliding material comprises: a sintered structure which contains 10-50 wt.% copper and 1-15 wt.% carbon and has been formed by sintering a powder mixture obtained by mixing at least one of an Fe-Cu alloy powder containing copper in an amount which is the solid solubility or larger and is 5-50 wt.%, excluding 50 wt.%, and an Fe-Cu-C alloy powder containing copper in an amount which is the solid solubility or larger and is 5-50 wt.%, excluding 50 wt.%, and containing carbon in an amount of 0-5 wt.%, excluding 0 wt.%, with a graphite powder and at least one of a copper powder and a copper alloy powder; and graphite particles dispersed in the sintered sliding material in an amount of 1-14 wt.% or 3-50 vol.%.

/ 続葉有 /

WO 2006/080554 A1



CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約: 耐焼付き性及び耐摩耗性に優れ、且つ、自己潤滑性を付与して給脂間隔の長時間化又は無給脂化できる Fe 系の焼結摺動材料及びその製造方法を提供する。本発明の Fe 系の焼結摺動材料は、10重量%以上50重量%以下の Cu 及び1重量%以上15重量%以下の C を含有するものであって、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満の Cu を含有する Fe-Cu 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満の Cu と0重量%超5重量%以下の C とを含有する Fe-Cu-C 系合金粉末の少なくとも一方の Fe 合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu 粉末及び Cu 合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、前記焼結摺動材料中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された黒鉛粒子とを具備する。

明 細 書

焼結材料、F e 系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置

5

1. 技術分野

本発明は、焼結材料、F e 系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置に関する。特に、耐焼付き性及び耐摩耗性に優れ、且つ、自己潤滑性を付与して給脂間隔の長時間化又は無給脂化できる焼
10 結材料、F e 系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置に関する。

2. 背景技術

長期間の給脂間隔もしくは給脂無しで使用される滑り軸受としては、銅系
15 又は鉄系の多孔質焼結合金中の気孔に潤滑油を含有させてなる含油滑り軸受（例えば非特許文献 1 参照）や焼結摺動材料中に黒鉛、 MoS_2 、 WS_2 等の固体潤滑剤を分散させた自己潤滑性の摺動材料が広く実用化されている。

例えば、自己潤滑性銅系摺動材料としては、銅系焼結材の母相に黒鉛、 MoS_2 、 WS_2 等の固体潤滑剤を分散させてホットプレスしたもの（東芝タン
20 ガロイ製、S L 合金）がある。

また、1. 2 重量%以下の炭素が固溶された鉄基地中に 1 ~ 5 % の遊離黒鉛が分散した組織を有する F e 系焼結合金は、優れた摺動特性を有する。黒鉛粒子に適正な銅メッキを施し、F e 系焼結合金中の遊離黒鉛周りに厚さが 5 ~ 10 μm の鉄-銅硬化層を形成することにより、原料粉末に配合した黒
25 鉛を基地中に拡散させずに遊離黒鉛として分散させた摺動材料用焼結合金が知られている（例えば特許文献 1 参照）。

前記摺動材料用焼結合金は、初期の摺動特性はよいが、使用するにつれてその摩耗量が顕著に増大する問題が大きい。このために特許文献 1 では、原

料粉に配合する黒鉛粉に適正な厚さの銅メッキを施して、且つ焼結時に前記銅メッキ層が鉄粒子中に拡散固溶しないような焼結温度を厳密に選定することによって黒鉛粒子周りにFe-Cu硬化層を形成させている。しかし、前記銅メッキ層厚さの管理や焼結温度が銅メッキ層を溶解させない低温度に制約されることから、十分な焼結体強度が得られない。また、黒鉛粒子の周辺部が緻密なFe-Cu硬化層で覆われるために、潤滑油の黒鉛粒子への流入性が阻害され、例えば含油される潤滑油による潤滑性が阻害される。このために、前記Fe系焼結合金は耐摩耗性が十分でない。

また、粒径が0.03~1mmに造粒された黒鉛、MoS₂等の固体潤滑剤10~80体積%に対して粒径45μm以下の鉄系金属粉末を混合した混合粉末を成形し、1050℃で焼結することにより、造粒された固体潤滑剤のつながりを低減すると共に、その焼結時に銅合金系の溶浸剤を溶浸させることにより、造粒された固体潤滑剤の位置での応力集中を軽減させたより高強度で耐摩耗性の改善を図った自己潤滑性焼結摺動材料が知られている（例えば特許文献2参照）。

前記自己潤滑性焼結摺動材料では、焼結時に造粒黒鉛と鉄基地の反応を防止するために焼結温度を1050℃と制限するので、十分な焼結強度が得られない。また、固体潤滑剤の粒子間の距離が長いため、造粒黒鉛間の鉄基地で局所的な焼付きが起り易い。また、銅合金系溶浸剤を溶浸することによって摺動材料中の気孔が封孔され、潤滑油の含油性が顕著に阻害され、結果として、十分な耐摩耗性及び耐焼付き性を得ることができない。

また、10~30重量部の銅と、0.1~6.5重量部の黒鉛と、0.1~7.0重量部の二硫化モリブデンと、残部が鉄からなる混合粉末による鉄系焼結合金層が鋼鉄裏金に焼結接合された滑りベアリングが知られている（例えば特許文献3参照）。

前記滑りベアリングにおいても焼結温度が制限されるので、十分な焼結強度が得られない。また、特許文献3においては、固体潤滑剤の添加方法やその量的関係を主体として開示されているが、焼付き性に優れた金属相（鉄系）

基地に関する検討はあまりなされていない。

- また、固体潤滑剤が分散されていない軸受であって高荷重下で使用可能な含油すべり軸受としては、アトマイズ鉄粉、Cu又はCu合金粉、黒鉛粉及び各種高速度鋼粉、フェロモリブデン粉、コバメット（Co合金）粉（キャボット社製）を配合した混合粉末成形体をCu又はCu合金粉が溶解する温度域で焼結し、その冷却過程で鉄基地中に拡散固溶したCu又はCu合金相として析出させることによって、マルテンサイトが存在する鉄炭素合金基地中にCu粒子又はCu合金粒子が分散されたものがある。Cuの含有量が7～30重量%であるとともに、前記鉄炭素合金基地より硬質な相として特定の組成を有する合金粒子が5～30重量%分散され、かつ気孔率が8～30体積%である含油軸受用の耐摩耗性のFe系焼結合金が知られている（例えば特許文献4参照）。そして、この含油軸受用の耐摩耗性の焼結合金においては、多量のCu又はCu合金粉を原料粉末として配合し、[1]焼結時のCu又はCu合金粉の溶解によって含油に必要な流出孔を形成させること、
- 15 [2]軟質なCu粒子をマルテンサイト相中に分散させることによって馴染みを改善すること、[3]基地のマルテンサイトより硬質な前記合金粒子を分散させることによって基地の塑性変形を低減するとともに、滑り摺動時に基地合金にかかる負担を低減することで、高面圧下においても優れた耐摩耗性が得られるようにされている。
- 20 尚、前記合金粒子としては、（1）Cが0.6～1.7重量%、Crが3～5重量%、Wが1～2.0重量%、Vが0.5～6重量%を含有するFe基合金粒子（高速度鋼（ハイス）粉末粒子）、（2）Cが0.6～1.7重量%、Crが3～5重量%、Wが1～2.0重量%、Vが0.5～6重量%、Mo及びCoの少なくとも一方が2.0重量%以下を含有するFe基合金粒子（高速
- 25 度鋼（Mo、Coを含むハイス）粉末粒子）、（3）55～70重量%のMoを含有するMo-Fe粒子（フェロモリブデン）、（4）Crが5～15重量%、Moが20～40重量%、Siが1～5重量%を含有するCo基合金粒子（肉盛り溶射用耐熱耐摩耗性合金粉、キャボット社製、商品名コバメット）、など

が挙げられる（例えば特許文献4参照）。

前記含油すべり軸受では、黒鉛、BN、 MoS_2 などの固体潤滑剤による自己潤滑性が付与されていないために、高面圧、低摺動速度という潤滑条件が悪い環境下で耐焼付き性及び耐摩耗性が十分に得られない。また、前記含油すべり軸受の原料粉末に前記固体潤滑剤を単純に配合し、焼結したとしても、Fe合金相と固体潤滑剤が顕著に反応し、固溶拡散してしまうために、結果的に固体潤滑剤としての機能を付与できない。

〔特許文献1〕特開昭58-157951号公報

〔特許文献2〕特開平4-254556号公報

10 〔特許文献3〕特許第3168538号公報

〔特許文献4〕特開平8-109450号公報

〔非特許文献1〕日本粉末冶金工業会編著、「焼結機械部品—その設計と製造—」、株式会社技術書院、昭和62年10月20日発行、P. 327-341

15

3. 発明の開示

作業機連結装置のように高面圧、低速摺動、揺動などの極めて厳しい摺動条件下で使用される従来の焼結摺動材料では、耐焼付き性、耐摩耗性が不十分であり、また自己潤滑性が不十分であるために給脂間隔の長時間化又は無給脂化することができない。

本発明は上記のような事情を考慮してなされたものであり、その目的は、耐焼付き性及び耐摩耗性に優れ、且つ、自己潤滑性を付与して給脂間隔の長時間化又は無給脂化できる焼結材料、Fe系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置を提供することにある。

25 上記課題を解決するため、本発明に係る焼結材料は、第1物質及び第2物質を含有する第3物質系の焼結材料であって、

固溶限以上の第1物質を含有する第3物質系粉末と、第2物質からなる粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

前記焼結材料中に分散された第2物質からなる粒子と、
を具備し、

前記第2物質は前記第1物質と反応しないものであり、

前記第3物質は前記第1物質及び前記第2物質それぞれと反応するもので
5 あることを特徴とする。

さらに、前記焼結組織が、前記第1物質を主体とする液相が発生して焼結
される液相焼結組織であることが好ましい。

尚、前記第1物質は例えばCu、Ag、Pbであり、前記第2物質は例え
ばC、黒鉛、Mo、W、Pb、MoS₂、WS₂、BN、Pb、CaF₂であ
10 り、前記第3物質は例えばFeもしくはC、Si、Al、Mn、Ni、Cr、
Mo、W、V、Ti、Nb、Zrからなる群から選択された一種以上を含有
するFe合金である。また、前記第3物質系とは第3物質を主体とするもの
をいう。

本発明に係るFe系の焼結摺動材料は、5重量%以上50重量%以下のCu
15 u及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料で
あって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-C
u系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCu
と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少
20 なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を焼結して
形成された焼結組織と、

前記焼結摺動材料中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上
50体積%以下の含有量で分散された黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とする。

25 本発明に係るFe系の焼結摺動材料は、5重量%以上50重量%以下のCu
u及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料で
あって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-C

u系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

前記焼結摺動材料中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とする。

さらに、前記焼結組織が、Cuを主体とするCu合金液相が発生して焼結される液相焼結組織であることが好ましく、また、前記黒鉛粒子は平均粒径が1μm以上50μm以下であることが好ましい。

本発明に係る摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、
5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1μm以上50μm以下の黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とする。

本発明に係る摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、

5 重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCu
5 と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体
10 積%以下の含有量で分散された平均粒径が1μm以上50μm以下の黒鉛粒子と、

を具備することを特徴とする。

さらに、前記焼結組織が、Cuを主体とするCu合金液相が発生して焼結される液相焼結組織であることが好ましい。

15 本発明に係る連結装置は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた請求項26乃至28のいずれか一項に記載の摺動部材からなる軸受と、前記軸受との組合せにおける相手摺動部材である軸受と、を具備することを特徴とする。

本発明に係るFe系の焼結摺動材料の製造方法は、5重量%以上50重
20 量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料の製造方法であって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCu
と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少
25 なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを準備する工程と、

前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、

前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、

前記成形体を液相焼結する工程と

を具備することを特徴とする。

本発明に係る F e 系の焼結摺動材料の製造方法は、5 重量%以上 5 0 重量%以下の C u 及び 1 重量%以上 1 5 重量%以下の C を含有する F e 系の焼結摺動材料の製造方法であって、

- 5 固溶限以上で且つ 5 重量%以上 5 0 重量%未満の C u を含有する F e - C u 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 2 重量%以上 5 0 重量%未満の C u と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する F e - C u - C 系合金粉末の少なくとも一方の F e 合金粉末と、黒鉛粉末と、C u 粉末及び C u 合金粉末の少なくとも一方の粉末とを準備する工程と、
- 10 前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、
前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、
前記成形体を液相焼結する工程と
- を具備することを特徴とする。

- さらに、前記成形体を焼結する工程が、C u を主体とする C u 合金液相が
- 15 発生して焼結される液相焼結工程であることが好ましい。

本発明に係る摺動部材の製造方法は、焼結摺動体を構成する混合粉末を裏金上に散布して液相焼結することにより、前記裏金上に前記焼結摺動体を接合する工程と、

前記焼結摺動体に機械的圧力を加えて再焼結する工程と

- 20 を具備し、

前記焼結摺動体は、

1 0 重量%以上 5 0 重量%以下の C u 及び 1 重量%以上 1 5 重量%以下の C を含有する F e 系の焼結摺動体であって、

- 25 固溶限以上で且つ 1 0 重量%以上 5 0 重量%未満の C u を含有する F e - C u 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 1 0 重量%以上 5 0 重量%未満の C u と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する F e - C u - C 系合金粉末の少なくとも一方の F e 合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成された液相焼結組織と、

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下の黒鉛粒子と、

を具備することを特徴とする。

- 5 本発明に係る摺動部材の製造方法は、焼結摺動体を構成する混合粉末を裏金上に散布して液相焼結することにより、前記裏金上に前記焼結摺動体を接合する工程と、

前記焼結摺動体に機械的圧力を加えて再焼結する工程とを具備し、

- 10 前記焼結摺動体は、

10重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であって、

- 固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCu
15 と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成された液相焼結組織と、

- 前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が $1\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下の黒鉛粒
20 子と、

を具備することを特徴とする。

- 以上説明したように本発明によれば、耐焼付き性及び耐摩耗性に優れ、且つ、自己潤滑性を付与して給脂間隔の長時間化又は無給脂化できる焼結材料、
25 Fe系の焼結摺動材料及びその製造方法、摺動部材及びその製造方法、連結装置を提供することができる。

4. 図面の簡単な説明

図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施形態に係る油圧ショベルの全体を示す斜視図であり、図 1 (b) は、バケット連結部を説明する分解斜視図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。

- 5 図 3 (a) は、作業機ブッシュの構造を説明する断面図であり、図 3 (b) は、スラスト軸受の構造を説明する断面図である。

図 4 (a) ~ (d') は、実施の形態における作業機ブッシュの他の態様例を表わす構造を説明する図である。

図 5 は、引張試験片用圧粉体の形状を示す図である。

- 10 図 6 は、1200℃で1時間焼結したNo. 6、No. 7、No. 9、No. 10の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。

図 7 は、1200℃で1時間焼結したNo. 8、No. 11の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。

- 15 図 8 は、1200℃及び1100℃それぞれの温度で1時間焼結したNo. 8合金の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。

図 9 は、1000℃の温度で1時間焼結したNo. 8合金の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。

図 10 は、No. 4 ~ No. 12 の各焼結温度における黒鉛粒分散量と引張強度の関係を示す図である。

- 20 図 11 は、1200℃で焼結したNo. 15の組織を示す図である。

図 12 は、(a)、(b) は、1200℃で焼結したNo. 18、No. 19の焼結体中の組織を示す図である。

図 13 は、1150℃で焼結したNo. 52、No. 53の焼結体組織を示す図である。

- 25 図 14 は、No. 38合金の1200℃での焼結後の組織を示す図である。

図 15 は、No. 39合金の1200℃での焼結後の組織を示す図である。

図 16 は、No. 43、No. 44の合金の1150℃で1時間焼結した焼結組織を示す図である。

図 17 は、No. 45 合金の 1150℃ で 1 時間焼結した焼結組織を示す図である。

図 18 は、No. 48 合金の 1150℃ で 1 時間焼結した焼結組織を示す図である。

5 図 19 は、No. 47 合金の 1150℃ で 1 時間焼結した焼結組織を示す図である。

図 20 は、軸受試験用軸受ブッシュの形状を表わす図である。

図 21 は、軸受試験の試験装置の概念図である。

10 5. 発明を実施するための最良の形態

本発明の実施の形態は、建設機械の作業機連結装置のように高面圧、低速摺動、揺動などの極めて厳しい摺動条件下においても、摺動時の馴染みに優れ、耐焼付き性、耐摩耗性に優れるとともに、給脂間隔を長時間化し、又は無給脂化できる自己潤滑性に優れた Fe 系焼結摺動（軸受）材料及びその摺動材料を使った軸受部材に関するものである。詳細には、耐摩耗性及び耐焼付き性に優れ、かつ、焼結温度における固溶度以上に Cu を含有する Fe 系合金粉末を用いて形成される Fe 系合金相（Fe-Cu 系及び Fe-Cu-C 系の少なくとも一方の合金相）及び Cu 合金相からなる Fe 系の焼結材をベース材料とし、固体潤滑剤として作用する自己潤滑性の高い黒鉛粒子（潤滑油が含浸され易く、且つ、潤滑性に富んだ自己潤滑性皮膜が摺動面に形成されやすい黒鉛）をより微細に且つ高濃度に前記ベース材料に分散させる。これにより、前記ベース材料のより局所的な凝着を防止することができ、十分な自己潤滑性による給脂間隔の長時間化又は無給脂化が可能となる。さらに、焼結時において Cu 合金相が液相となることによって、十分な焼結母相の強度を得ることができる。これとともに、焼結により得られる焼結母相中の気孔及び焼結母相中に分散させた多孔質の黒鉛それぞれの中に潤滑油を保持させることができ、それによって潤滑性を改善できる。

また、本発明の実施の形態は、前記 Fe 系焼結摺動材料を裏金に固定した

複合摺動部材に関するものである。また、前記F e系焼結摺動材料及び前記裏金の少なくとも一方を多孔質化して潤滑油を含油できる含油滑り軸受（例えばスラストブッシュ、ラジアルブッシュ）に関するものである。

また、本発明の実施の形態は、フローティングシールで代表される極めて
5 厳しい摺動条件の土砂中で使用されるオイルシールにおいても、気密性を確保しながら、摺動時の馴染みに優れ、耐焼付き性の改善に優れる黒鉛と、耐土砂摩耗性及び耐焼付き性の改善に有効なセメンタイト、 M_7C_3 型、 M_6C 型、及びMC型炭化物の一種以上を合計で5～45体積%（好ましくは5～35体積%）マルテンサイト母相中に分散させたF e-C u-C系の焼結摺
10 動材料に関するものである。また、本発明の実施の形態は、前記焼結摺動材料を裏金に固定した複合焼結摺動材料に関するものである。

より詳細には、本実施の形態では、鉄系基地を形成するF e系合金粉末として、固溶限以上のC uを含有させたF e-C u系合金粉末もしくはF e-C u-C系合金粉末を用い、固体潤滑剤として例えば黒鉛粉末を用いる。前
15 記F e系合金粉末及び前記黒鉛粉末を混合した混合粉末を成形し、固相焼結温度で焼結することによって、過飽和に含有されたC u成分が該F e系合金粉末の表面に拡散し、黒鉛粉末の鉄系基地への拡散固溶を防止しながら黒鉛粒子を微細に且つ高濃度に分散させる。さらに、その成形体を前記F e系合金粉末に含有されるC u合金相が液相化する温度で液相焼結することによ
20 て、液体となったC u合金が前記F e系合金粉末の内部から表面に移動して該F e系合金粉末の表面にC u合金相を形成させ、このC u合金相によって黒鉛粉末の鉄系基地への拡散固溶を抑制しながら黒鉛粒子を微細に且つ高濃度に分散させる。つまり、黒鉛と反応しないC u合金相をF e系合金粉末の表面に形成させることにより、黒鉛がF e系合金粉末内のF eに拡散固溶す
25 るのを防止することができ、その結果、F eに固溶しない状態の黒鉛粒子を微細に且つ高濃度に分散させることができる。このように黒鉛粒子を分散させることによってより固体潤滑性を高めることができるとともに、前記液体となったC u合金の発生によって前記F e系合金相とC u合金相からなるF

e 系焼結母相の焼結強度を高めることができる。

尚、前述のように焼結時における黒鉛粉末と Fe 合金粉末との反応性（拡散固溶やセメンタイトの形成）を Fe 合金表面に富化する Cu 合金成分や液相によって防止する本発明の主旨によれば、例えば、黒鉛との反応を防止する Cu を含まない Fe 合金粉末表面に固溶度以上となる Cu 量をメッキ、拡散合金化させた Fe 合金粉末を用いることが可能であって、この Cu 又は Cu 合金をメッキ、拡散合金化もしくは機械的に混合・合金化（メカニカルアロイング）させた Fe 合金粉末中の Cu 含有量が、本発明で記載の Cu 成分を固溶限以上に含有させた Fe 合金粉末と同一に扱われるが、前記メッキ、
5 拡散合金化もしくはメカニカルアロイングさせた Fe 合金粉末よりは、あらかじめ溶製段階で Cu を合金化させた Fe 合金粉末を利用することが経済的であるとともにより黒鉛との反応性を確実に防止する点で好ましい。また、Fe - Cu 2 元系合金における Cu の固溶限は HANSEN の状態図集 Fe - Cu 系状態図から推定され、例えば 1000、1100、1200℃での γ Fe 相への Cu の固溶限はそれぞれ約 5、7、9 重量%であり、平衡する Cu 合金には約 3 ~ 5 重量%の Fe 成分が固溶されていることがわかる。さらに、
10 後述するように高炭素で Mo, W, Cr を高濃度で含有する高速度鋼での Cu の固溶度が約 2 重量%であることから、過飽和な Cu によって Fe 系の焼結摺動材料の焼結性が改善されるために、Fe 系焼結摺動材料中に含有される Cu の下限添加量を 5 重量%とすることが好ましい。
15

さらに、Fe にほとんど固溶しない Mg、Ca、Ag、Pb もしくはこれらの成分を含有させた Cu 合金をメッキ、拡散接合もしくはメカニカルアロイングさせた Fe 合金粉末が利用可能である。

すなわち、本実施の形態による Fe 系焼結摺動材料は、5 重量%以上 50 重量%以下の Cu 及び 1 重量%以上 15 重量%以下の C を含有する Fe - Cu - C 系の焼結摺動材料において、固溶限以上で且つ 5 重量%以上 50 重量%未満の Cu を含有する Fe - Cu 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 5 重量%以上 50 重量%未満の Cu と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する
25

F e - C u - C 系合金粉末の少なくとも一方の F e 合金粉末と、黒鉛粉末とを混合し、この混合粉末に焼結体強度が十分に得られる焼結を施すことによって、得られた焼結体中に平均粒径が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下の大きさに凝集した黒鉛粒子を 1 重量%以上 14 重量%以下又は 3 体積%以上 50 体積%以下の含有量で分散したものである。

また、本実施の形態による F e 系焼結摺動材料は、5 重量%以上 50 重量%以下の C u 及び 1 重量%以上 15 重量%以下の C を含有する F e - C u - C 系の焼結摺動材料において、固溶限以上で且つ 5 重量%以上 50 重量%未満の C u を含有する F e - C u 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 2 重量%以上 50 重量%未満の C u と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する F e - C u - C 系合金粉末の少なくとも一方の F e 合金粉末と、黒鉛粉末と、C u 粉末及び C u 合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合し、この混合粉末に焼結体強度が十分に得られる焼結を施すことによって、得られた焼結体中に平均粒径が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下の大きさに凝集した黒鉛粒子を 1 重量%以上 14 重量%以下又は 3 体積%以上 50 体積%以下の含有量で分散したものである。

さらに、前記 F e 系焼結摺動材料の焼結体強度を高める観点から、前記焼結体の焼結組織が、C u を主体とする C u 合金液相が発生して焼結される液相焼結組織であることが好ましく、また、前記 F e 系焼結摺動材料における C u の下限添加量を 10 重量%、より好ましくは 15 重量%として、焼結時の C u 合金液相量を増やすことが好ましい。

黒鉛粒子の分散量は自己潤滑性が発現され始める 1 重量%又は 3 体積%を下限值とするのが好ましいが、より好ましくは 2 重量%又は 7 体積%を下限值とする。また、黒鉛粒子の分散量の上限值は 14 重量%又は 50 体積%とするのが好ましいが、強度的な観点から 10 重量%又は 30 体積%とするのが好ましい。

前記 F e 系の焼結摺動材料の製造方法は、固溶限以上で且つ 5 重量%以上 50 重量%未満の C u を含有する F e - C u 系合金粉末、及び、固溶限以上

で且つ5重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを準備する工程と、前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、前記成形体を焼結する工程とを具備するものである。

また、前記Fe系の焼結摺動材料の製造方法は、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを準備する工程と、前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、前記成形体を焼結する工程とを具備するものである。

尚、前記焼結する工程は、中性、還元性もしくは真空雰囲気中で行うことが好ましく、さらに、前記Fe系の焼結摺動材料をより高強度化するために、Cuを主体とするCu合金液相が発生して焼結される液相焼結工程とすることが好ましい。また、前記焼結する工程の後に、再加圧、再焼結、及びサイジングのうちの一つ以上の工程を設けて、前記Fe系の焼結摺動材料の強化、材料歩留まりの向上と省加工化を図ることが好ましい。

上記それぞれのFe系の焼結摺動材料の製造方法によれば、Fe-Cu系合金粉末及びFe-Cu-C系合金粉末それぞれに固溶限以上のCuを含有させているため、液相焼結時にこれらの粉末の内部から表面に液相のCu合金が移動し、前記粉末の表面がCu合金によって覆われる。そして、Cu合金と混合された黒鉛は反応しないため、前記Fe-Cu系合金粉末及び前記Fe-Cu-C系合金粉末それぞれへの黒鉛の固溶とセメントタイトの析出を防止することができ、混合された黒鉛粒子が前記液相によって凝集されながら均質に分散させることができる。したがって、耐焼付き性及び耐摩耗性に優れ、且つ、自己潤滑性を付与して給脂間隔の長時間化又は無給脂化できる

F e 系の焼結摺動材料を製造することができる。

また、前記 F e - C u 系合金粉末及び F e - C u - C 系合金粉末それぞれに C、S i、A l、M n、N i、C r、M o、V、W、C o、S n、C a、M g、A g、P b、S、P、N、B、N b、T i 及び Z r からなる群から選
5 択された一種以上が含有されていることも可能である。

また、前記黒鉛粉末は、その平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であって、前記 F e - C u 系合金粉末及び前記 F e - C u - C 系合金粉末それぞれよりも平均粒径が小さいものであり、前記黒鉛粉末が前記混合粉末に対して 1 重量%以上 10 重量%以下含有されていることが好ましい。

10 また、本実施の形態による F e 系の焼結摺動材料の製造方法において、前記準備する工程で、B N 粉末、M o 粉末、W 粉末、P b 粉末もしくは C u - P b 合金粉末、M n S 粉末、T i S 粉末、C a F₂ 粉末、M o S₂ 粉末及び W S₂ 粉末からなる群から選択された一種又は複数種の潤滑性粉末をさらに準備し、前記一種又は複数種と前記黒鉛粉末との合計含有量が前記混合粉末に
15 対して 1 重量%以上 14 重量%以下であることも可能である。

また、前記 C u 合金と反応する潤滑性粉末を混合する場合においては、前記準備する工程で、表面が黒鉛系材料（もしくは炭素系材料）によってコーティングされた一種又は複数種の潤滑性粉末（例えば、M o S₂ 粉末、W S₂ 粉末）をさらに準備し、前記表面が黒鉛系材料によってコーティングされた潤滑性粉末と前記黒鉛粉末との合計含有量が前記混合粉末に対して 1 重量%以上 14 重量%以下であることも可能である。前記 M o S₂ 粉末及び W S₂ 粉末それぞれの表面を黒鉛系材料によってコーティングする理由は、液相焼結時に F e - C u 系合金粉末、F e - C u - C 系合金粉末又は液相の C u 合金と M o S₂ 粉末又は W S₂ 粉末との反応を防止するためである。また、表面を黒
20 鉛系材料でコーティングしなくても、M o S₂ 粉末及び W S₂ 粉末の少なくとも一方の粉末に黒鉛粉末が混合されていれば、前記反応を抑制することが可能である。尚、微量の M o S₂ や W S₂ が前記 F e 合金粉末や C u 合金相と反応する場合においては、C u₂S や F e S を形成し、前記焼結摺動材料が顕

著に脆化することが危惧されるので、あらかじめ、硫化物形成能の大きいMn, Cr, Ti, V, Nb, Zrからなる群から選択された一種以上の合金元素を総量で1重量%以上含有された前記Fe系合金粉末やCa, Mg, Mn, Cr, Ti, V, Nb, Zrからなる群から選択された一種以上の合金元素を総量で1重量%以上含有されるように素粉末もしくはCu合金粉末を混合することによって、前記焼結摺動材料中にCaS, MnS, CrS, TiS, VS, NbS, ZrS, MgSのうちの一種以上を形成させて、Cu₂S, FeSの形成を抑制することが好ましい。

また、前記準備する工程で、0.1重量%以上5重量%以下のSn、0.1重量%以上5重量%以下のTi、0.1重量%以上3重量%以下のSi、0.1重量%以上1.5重量%以下のP、0.1重量%以上10重量%以下のMn、10重量%以下のPb、10重量%以下のNi、0.1重量%以上10重量%以下のCo及び10重量%以下のAgからなる群から選択された一種以上の金属もしくは前記金属を含有する母合金粉末をさらに準備することも可能である。これにより、Fe系焼結摺動材料中のCu合金相の融点を調整することや、また摺動特性を改善することができる。

また、本実施の形態によるFe系の焼結摺動材料において、平均粒径が6 μ m又は1～25 μ mの微細な黒鉛粒子の粉末を配合した場合においても、微細な黒鉛粒子の多くは、焼結時に発生するCu合金の液相領域に移動集中し、金属相の焼結収縮力によって強固に凝集され、分散される。このため、黒鉛粉末の配合量又はCu合金の液相量が多くなるのに伴い、また、Fe合金相粒が大きくなるのに伴い、黒鉛粒子がより大きく凝集するようになる。例えば1200℃での液相焼結時において分散する黒鉛粒子がFe合金粒子の粗大化を抑制して、ほぼ平均粒径が50 μ m以下に凝集した黒鉛粒子を形成する。従って、Fe合金粉末をより微細にすることは好ましい。平均粒径が30 μ m以下の微細な黒鉛粒子を分散させ、高強度化と自己潤滑性を改善する場合においては、Fe-Cu系合金粉末、Fe-Cu-C系合金粉末を#200メッシュ以下(75 μ m以下)に微細化することによって、凝集した

黒鉛粒子の粒径をより小さくすることができる。また、Fe-Cu系合金粉末、Fe-Cu-C系合金粉末を#300メッシュ以下(50 μ m以下)または平均粒径20 μ m以下にすることで、高強度性をより向上させ、分散した黒鉛粒の微細化を図ることができる。

- 5 また、液相焼結温度を1100℃に調整することによって、前記Fe合金粒子が細くなり、さらに液相量が抑えられ、液相焼結温度が1200℃の場合に比べて凝集する黒鉛粒子のサイズを微細化することができる。また、前記混合粉末にSn、Ti、Si、Mn、P、Ni、Co等を添加することにより、Cu合金相の融点を低下させるとともにCu合金相の強度や摺動特性を改善することができる。Hansenの状態図集におけるCu合金図を
- 10 参考にすると、Snの添加量は5重量%以下が好ましく、Tiの添加量は5重量%以下が好ましく、Siの添加量は3重量%以下が好ましく、Mnの添加量は10重量%以下が好ましく、Pの添加量は1.5重量%以下が好ましく、Pbの添加量は10重量%以下が好ましく、Niの添加量は10重量%以下
- 15 が好ましく、Coの添加量は10重量%以下が好ましく、Agの添加量は10重量%以下が好ましい。尚、前記合金元素の下限添加量は特に定めるものではないが、前記改善作用が出現する0.1重量%とすることが好ましい。

- さらに、Cu合金の液相を発生させない温度での焼結(固相焼結)によっては、さらに、前記混合する黒鉛粒子の凝集が抑制されるので、混合する黒鉛粒子の分散状態に近い状態で黒鉛粒子が極めて微細に分散させることができ、耐焼付き性を改善する観点からは好ましいが、焼結材料の強度上の観点からは、黒鉛の添加量は1~8重量%の範囲に調整することが好ましく、使用するFe系合金粉末やCu系粉末の粒径を#200メッシュ(75 μ m)以下、より好ましくは#300メッシュ(45 μ m)以下に調整することが
- 20 好ましい。
- 25 好ましい。

また、前述したように黒鉛とFe系合金相との反応性がFe系合金粉末から溶出するCu合金相によって抑制され、且つCu合金相の液相領域に黒鉛粒子が運ばれるように凝集して分散する。このため、Cu合金との反応性が

ほとんど無い固体潤滑剤、例えばBN、Mo、W、MnS、TiS、CaF₂をさらに添加することも好ましい。この場合の固体潤滑剤の添加量は、該固体潤滑剤と黒鉛粒子とが1重量%以上14重量%以下の合計含有量で焼結摺動材料中に分散されるように調整することが好ましい。また、Cu合金との反応性がある固体潤滑剤、例えばMoS₂粉末及びWS₂粉末の少なくとも一方を黒鉛粉末と混合させることでCu合金との反応性を抑制して添加することも可能であり、また、黒鉛系材料もしくは炭素などで表面をコーティングしたMoS₂粉末及びWS₂粉末の少なくとも一方を添加することも可能である。黒鉛系材料で表面をコーティングすることによりCu合金との反応性を抑制することができる。この場合の固体潤滑剤の添加量も、該固体潤滑剤と黒鉛粒子とが1重量%以上14重量%以下の合計含有量で焼結摺動材料中に分散されるように調整することが好ましい。

焼結摺動材料中に平均粒径が1 μm以上50 μm以下の黒鉛粒子を分散させるためには、平均粒径が1 μm以上50 μm以下（好ましくは1 μm以上25 μm以下）の微細な黒鉛粉末が使用される。また、鋳鉄の疲労強度と析出分散する黒鉛径との関係を参考にすると、焼結摺動材料中に分散させる黒鉛粒子の平均粒径は30 μm以下に調整することがより好ましい。

焼結体強度をできるだけ劣化させない目的以外にも、摺動面における摺動面層の塑性変形による含油気孔の閉塞化に起因する潤滑油の供給不良を防止する観点から、焼結摺動材料中に、黒鉛粒子、BN粒子、MoS₂粒子及びWS₂粒子からなる群から選択された一種以上の平均粒径が0.05 mm以上1 mm以下の粗大粒子が1重量%以上13重量%以下（好ましくは1重量%以上10重量%以下）分散されることが好ましい。この場合、混合粉末の成形段階において粗大粒子の粉末が多く配合されていると粗大粒子が扁平状に変形し、焼結体の強度を顕著に低減することが危惧されるため、粗大粒子の粉末の添加量を0～10重量%に抑えることが好ましく、含油焼結材料の気孔率を参考にすると粗大粒子の粉末の添加量は0～5重量%がより好ましい。

前記F e系焼結摺動材料に固体潤滑剤粒子を分散させることによって、摺動材料の耐焼付き性が顕著に改善される。F e系焼結摺動材料を構成するF e合金相及びC u合金相の金属相自体の耐焼付き性を改善することによって、F e系焼結摺動材料全体の耐焼付き性がより改善される。さらに、固体潤滑剤の適正添加量を調整することにより、より高強度な焼結摺動材料が得られる。

そこで、F e-C u-C系合金粉末のF e合金相にも微細な黒鉛を析出分散させることによって、より局所的な焼付きを防止することができる。

前記微細な黒鉛を析出分散させたF e合金相を形成するF e-C u-C系合金粉末中には、少なくとも、1重量%以上5重量%以下のCと、黒鉛化促進元素である0.5重量%以上7重量%以下のS i及び0.5重量%以上7重量%以下のN iの少なくとも一方とを含有させることが好ましい。黒鉛化をより促進するためと経済性の観点からは、S iとN iの合計含有量が2重量%以上7重量%以下で且つN iの含有量が0重量%超4重量%以下であることが好ましい。

また、5～30重量%のA lを含有したF e合金相が耐焼付き性と耐摩耗性をより改善することに注目して、F e系焼結摺動材料のF e合金相の主体は、少なくとも、10重量%以上50重量%以下のC uと、3重量%以上20重量%以下のA lと、0重量%超1.2重量%以下のCとを含有するF e-C u-A l-C系のF e合金相粒子であることが好ましい。また、前記F e-C u-A l-C系のF e合金相粒子に、S i、M n、N i、M o、V、W、C r、C o、S、P、N、B、N b、T i及びZ rからなる群から選択された一種以上をさらに含有することも可能である。

また、耐摩耗性と耐焼付き性を改善する観点から、軸受鋼、冷間加工用工具鋼、熱間加工用工具鋼、高速度鋼の組成を参考にすると、F e系焼結摺動材料に用いるF e合金粉末の主体は、焼結温度における固溶度以上又は2重量%以上50重量%以下のC uと0.25重量%以上3.5重量%以下のCを含有するとともに、少なくとも、1重量%以上25重量%以下のC r、0重

量%超15重量%以下のMo、0重量%超21重量%以下のW及び0重量%
超7重量%以下のVからなる群から選択された一種以上を含有し、セメンタ
イト、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物か
らなる群から選択された一種以上が微細に析出分散された組織を有するFe
5 系合金相粒子であることが好ましい。尚、前記Mo、W、Vの下限添加量と
しては、前記Fe系焼結摺動材料中のFe合金相の焼入れ性と耐摩耗性を考
慮して、Mo：1重量%、W：1重量%、V：0.1重量%が好ましいが、
耐焼付き性を考慮するとMo：3重量%、W：3重量%、V：0.5重量%
がより好ましい。尚、高速度鋼SHK9（AISI規格のM2相当）におけ
10 る1100℃でのCuの固溶度は約1.5重量%Cuである。

また、軸受鋼、冷間加工用工具鋼、熱間加工用工具鋼、高速度鋼の炭化物
量を参考にすると、前記Fe系焼結摺動材料中に分散される炭化物量は5～
50体積%に調整することが好ましい。炭化物量の上限を50体積%とした
のは、それを超えると抗折強度が顕著に劣化するからである。また、前記炭
15 化物量のより好ましい上限は35体積%であるが、相手摺動材料が浸炭焼入
れ材料や高周波焼入れ材料である場合には、相手摺動材料に対するアタック
性を考慮すると、前記炭化物量の上限は25体積%であることがさらに好ま
しい。

また、本実施の形態によるFe系焼結摺動材料において、前述した(1)固溶
20 限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合
金粉末、(2)固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%
超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末、(3)1重量%以
上5重量%以下のCと、0.5重量%以上7重量%以下のSi及び0.5重
量%以上7重量%以下のNiの少なくとも一方とが含有され、黒鉛が析出分
25 散されたFe-Cu-C系合金粉末、(4)3重量%以上20重量%以下のAl
が含有されたFe-Cu系合金粉末及びFe-Cu-C系合金粉末の少なく
とも一方のFe合金粉末、(5)0.25重量%以上3.5重量%以下のCと、
1重量%以上25重量%以下のCr、0重量%超(又は1重量%以上)15重

量%以下のMo、0重量%超（又は1重量%以上）21重量%以下のW及び0重量%超（又は0.1重量%以上）7重量%以下のVからなる群から選択された一種以上とが含有され、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物からなる群から選択された一種以上の炭化物が析出分散されたFe-Cu-C系合金粉末からなる(1)～(5)の合金粉末群から選択された二種以上の合金粉末を用いることも可能である。

金属相よりも硬質なセメンタイト、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物、MC型炭化物を金属相中に微細に分散させることにより、耐焼付き性と耐摩耗性を顕著に改善することができる。そこで、Fe系焼結摺動材料中のFe合金相及びCu合金相の少なくとも一方の相中に、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物からなる群から選択された一種以上の炭化物を0.5体積%以上30体積%以下（好ましくは0.5体積%以上25体積%以下）分散させることが好ましい。さらに、ビッカース硬さがHv1000を超える硬質粒子が相手摺動材料に与える攻撃性を考慮すると、前記分散させる炭化物の平均粒径は5 μ m以下に調整することが好ましい。また、前記炭化物としては、耐焼付き性と耐摩耗性に優れた高速度鋼中に分散される M_6C 型炭化物が主体となることが特に好ましい。

前記Fe系焼結摺動材料の耐摩耗性を重視する場合には、該Fe系焼結摺動材料中のFe-Cu-C系合金基地（Fe-Cu-C系合金相）が硬質なマルテンサイト組織及びベイナイト組織の少なくとも一方をからなることが好ましい。また、前記Fe系焼結摺動材料の馴染み性を重視する場合には、軟質なパーライト組織、フェライト相中に炭化物粒が微細に分散する組織（ソルバイト、マルテンサイトの高温焼戻し組織）、フェライト組織からなる群から選択される一種以上の組織からなることが好ましい。

そこで、本実施の形態によるFe系焼結摺動材料は、フェライト組織、マルテンサイト組織、ベイナイト組織、ソルバイト組織及びパーライト組織からなる群から選択された一種以上の組織を有することが可能であり、適用条件に応じて適宜調整されることが好ましい。

また、フローティングシールに適用する場合には、マルテンサイト相中の残留オーステナイトが多量に存在すると耐焼付き性が劣化する。そこで、本実施の形態によるFe系焼結摺動材料は、マルテンサイト相中の残留オーステナイト量が40体積%以下に調整されることが好ましい。

- 5 前記Fe系焼結摺動材料中の組織の制御方法は、Fe合金粉末中の炭素量を0重量%以上5重量%以下の範囲で調整し、焼結後の冷却速度の調整や別の熱処理によって組織を制御することができる。このような組織制御するためには、Fe合金基地の焼入れ性や組織を調整すること、さらには、被削性、焼結性、黒鉛析出性を調整することが要求される。そこで、前記Fe合金粉末中
- 10 中には、C、Si、Al、Mn、Ni、Cr、Mo、V、W、Co、Sn、Ca、Mg、Ag、Pb、S、P、N、B、Nb、Ti及びZrからなる群から選択された一種以上が含有されていることが好ましい。これにより、Fe系焼結摺動材料において焼入れ硬化性、摺動性、被削性、焼結性などを調整することができるが、それらの合金元素の総量を1重量%以上とすることが好ましい。
- 15 が好ましい。

- 作業機連結装置のブッシュのように摺動する相手材が浸炭、高周波焼入れされた材料である場合には、前記炭化物量を25体積%以下の範囲で調整し、相手摺動材へのアタック性を考慮することが好ましいことは前述の通りであるが、土砂摩耗の激しい環境下で使用されるスラスト軸受やフローティング
- 20 シールに適用する場合には、前記炭化物量は10体積%以上50体積%以下の範囲で分散されていることが好ましい。

- また、前記炭化物が多量に析出分散されたFe合金粉末における飽和固溶Cu濃度は約1.5重量%程度であるが、前記Fe合金粉末中のCu合金相が焼結時に液相化され、その液相化されたCu合金相が前記Fe合金粉末の
- 25 粒子表面を覆うことを考慮すると、前記Fe合金粉末中のCu含有量の下限は5重量%であることが好ましい。一方、Fe合金粉末中のCu含有量が多すぎる場合には、軟質なCu合金相が多くなり過ぎて耐摩耗性が劣化するので、Fe合金粉末中のCu含有量の上限は50重量%であることが好ましい。

また、Fe合金粉末中のCu含有量を2重量%以上40重量%以下に調整し、Cu粉末又はCu合金粉末を5～45重量%配合した混合粉末を用いることにより、成形性や裏金との焼結接合性をより改善することができる。

また、前記焼結摺動材料のFe合金相におけるマルテンサイト相には0.

- 5 2重量%以上0.8重量%以下の炭素が固溶されていることが好ましい。これにより、耐ヒートクラック性を改善することができる。また、前記マルテンサイト相中の炭素濃度を0.15～0.5重量%に調整することも耐ヒートクラック性を改善するのにより好ましい。また、少なくとも耐焼付き性と耐摩耗性に優れたM₆C型炭化物及びMC型炭化物（WC型炭化物を含む）
- 10 の少なくとも一方が分散される高速度鋼系のFe合金粉末を使用することもより好ましい。尚、前記マルテンサイト相中の炭素濃度は使用されるFe合金粉末中の炭素濃度と合金元素濃度および焼結温度と焼入れ温度によって調整されもので、その混合粉末中の黒鉛は潤滑性粒子として前記焼結摺動材料中に分散させることを大きな特徴としている。

- 15 また、前記焼結摺動材料のFe合金相には0.2重量%以上1.2重量%以下の炭素が固溶され、前記Fe合金相の一部もしくは全部がパーライト組織となっていることも可能である。これにより、耐ヒートクラック性を改善することができる。

- また、前記焼結摺動材料のマルテンサイト相の硬さはビッカース硬さH_v
- 20 450以上であり、前記マルテンサイト相中の残留オーステナイト相が40体積%以下（より好ましくは35体積%以下）に調整されることが好ましい。これによって、耐焼付き性を改善することができる。

- また、前記Fe-Cu-C系合金粉末のFe-Cu-Al-C系Fe合金相において、耐ヒートクラック性を顕著に高め、かつ耐摩耗性を高めるため
- 25 に、Alの含有量の下限を10重量%として、フェライト相を主体として安定化することが好ましい。また、前記Fe-Cu-Al-C系Fe合金相に、3重量%以上20重量%以下のNi、3重量%以上20重量%以下のMn、及び、3重量%以上20重量%以下のCoのうち一種以上を含有させること

によって時効硬化性を付与し、前記フェライト相の硬さがビッカース硬さH
v 4 5 0 以上になるように調整することが好ましい。

また、F e 系焼結摺動材料中のC u 合金相の耐焼付き性及び耐摩耗性を改
善するために、S n、T i、A l、S i、M n、N iなどの合金元素を添加
5 することや微細な炭化物を分散させることが好ましいと前述したが、さらに、
C u 合金相に5重量%以上20重量%以下のA lが含有され、前記C u 合金
相がC u - A l系 β 相又は γ 相化合物を有することがより好ましい。

また、F e 系焼結摺動材料は焼結気孔及び固体潤滑性を有する多孔質黒鉛
を有し、前記焼結気孔及び前記多孔質黒鉛の合計含有量を5体積%以上
10 50体積%以下とすることにより通気性を確保するとともに、前記焼結気孔
及び前記多孔質黒鉛それぞれの中に潤滑油もしくは潤滑油とワックス類から
なる潤滑組成物が充填されることにより含油軸受と同様な潤滑性を発現させ
ることも可能である。

尚、上記の黒鉛を分散させて自己潤滑性を持たせたF e 系焼結摺動材料に
15 おいては、多孔質な黒鉛を多量に含有し、前記潤滑油のポンプ作用を顕著に
発現させるために、このポンプ作用を阻害しないように、前記潤滑油におい
てはスラッジ類の発生が少ない合成潤滑油が好ましい。また、前記焼結気孔
及び前記多孔質黒鉛に前記潤滑組成物が充填される場合においても、ワック
ス類の添加量を調整し、前記潤滑組成物の滴点（滴点法で測定した融点）が
20 60℃以下であることが好ましい。

本実施の形態による摺動部材は、上述したF e 系焼結摺動材料からなる焼
結摺動体を裏金に固定したものである。

摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えたもので
あり、前記焼結摺動体は、5重量%以上50重量%以下のC u及び1重量%
25 以上15重量%以下のCを含有するF e系の焼結摺動体であって、焼結組織
と、平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子とを有するものである。
前記焼結組織は、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のC uを含
有するF e - C u系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重

量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成されたものである。前記黒鉛粒子は、前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散されたものである。

また、摺動部材は、裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えたものであり、前記焼結摺動体は、5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であって、焼結組織と、平均粒径が1μm以上50μm以下の黒鉛粒子とを有するものである。前記焼結組織は、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成されたものである。前記黒鉛粒子は、前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散されたものである。

さらに、前記Fe系の焼結摺動材料の焼結体強度をより高める観点から、前記焼結組織が、Cuを主体とするCu合金液相が焼結時に発生して焼結された液相焼結組織からなることがより好ましく、また、前記Fe系焼結摺動材料におけるCuの下限添加量を10重量%、より好ましくは15重量%として、焼結時のCu合金液相量を増やすことがより好ましい。

尚、前記焼結摺動体は、焼結接合、焼結溶浸接合、ろう付け、かしめ、嵌合、圧入、接着、ボルト締結およびクリンチ結合のうちのいずれかにより前記裏金に固定されることも可能である。また、前記焼結接合によって前記焼結摺動体が前記裏金に固定される場合には、前記焼結摺動体中のCu含有量を10重量%以上、より好ましくは15重量%以上とすることが好ましい。さらに、裏金材料としては鋼、鋳鉄、Fe系焼結材料のいずれか一つが好ま

しく、とりわけ、Fe系焼結材料を使う場合には、成形時に前記焼結摺動体と二層成形した後に焼結接合した摺動部材が好ましい。

- また、前記焼結摺動体の摺動面部材に穴や溝等の凹部が形成されるとともに、前記凹部に、潤滑油とワックス類からなる潤滑性組成物、潤滑性樹脂、
- 5 固体潤滑剤、および固体潤滑剤とワックス類からなる潤滑性組成物のうちのいずれかが充填されていることが好ましい。これにより、給脂間隔をより延長することができるとともに、使用される焼結摺動材料の節約によってコストの削減を図ることができる。

- 本実施の形態による摺動部材の製造方法は、焼結摺動体を構成する混合粉末を裏金上に散布して液相焼結することにより、前記裏金上に前記焼結摺動
- 10 体を接合する工程と、前記焼結摺動体に機械的圧力を加えて再焼結する工程とを具備するものである。

- 前記焼結摺動体は、10重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体である。この焼結摺動
- 15 体は、固溶限以上で且つ10重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ10重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成された液相焼結組織と、前記焼結摺動体中に1重量%以上
- 20 14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子とを具備するものである。

- また、前記焼結摺動体は、10重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体である。この焼結摺動体は、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有す
- 25 るFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成

された液相焼結組織と、前記焼結摺動体中に 1 重量%以上 14 重量%以下又は 3 体積%以上 50 体積%以下の含有量で分散された平均粒径が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下の黒鉛粒子とを具備するものである。

尚、前記焼結摺動体を前記裏金に焼結接合させる場合には、前記焼結摺動
5 体中の Cu 含有量を 15 重量%以上、より好ましくは 20 重量%以上として、焼結接合時の Cu 合金の液相量を高めることが好ましい。

本実施の形態による連結装置は、上述した摺動部材からなる軸受と、この軸受との組合せにおける相手摺動部材である軸受とを具備するものである。

また、前記連結装置は、作業機、転輪アッセンブリ、クローラ式下部走行
10 体におけるトラックリンク、同下部走行体における転輪装置、ブルドーザの車体を支えるイコライザ、ダンプトラックのサスペンション装置、フローティングシール、バルブガイド、及びバルブシートのいずれかにおける連結部位の連結手段として用いられることが好ましい。

次に、本実施の形態による連結装置を用いた具体例について説明する。

15 図 1 (a) は、本発明の実施の形態による油圧ショベルの全体を示す斜視図であり、図 1 (b) は、バケット連結部を説明する分解斜視図である。図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係るバケット連結装置の概略構造を説明する断面図である。図 3 (a) は、作業機ブッシュの構造を説明する断面図であり、図 3 (b) は、スラスト軸受の構造を説明する断面図である。

20 図 1 (a) に示すように、本実施形態に係る油圧ショベル 1 の作業機 2 は上部旋回体 3 を備えており、上部旋回体 3 はブーム連結装置 7 によってブーム 4 に連結されている。ブーム 4 はアーム連結装置 8 によってアーム 5 に連結されており、アーム 5 はバケット連結装置 9 によってバケット 6 に連結されている。これら連結装置 7, 8, 9 は、基本的には同一の構造とされており、例えばバケット連結装置 9 は、図 1 (b) に示すように、主に作業機連
25 結ピン 10 および作業機ブッシュ 11 を備えて構成されている。以下にアーム 5 とバケット 6 との連結部に配されるバケット連結装置 9 A の詳細構造について図 2 を参照しつつ説明する。

図2に示すように、前記バケット連結装置9Aは、バケット（一方側の機械構成要素）6と、このバケット6に形成されたブラケット6a、6aに支持される作業機連結ピン（支持軸）10およびその作業機連結ピン10に外嵌される作業機ブッシュ（軸受ブッシュ）11、11を介して配されるアーム（他方側の機械構成要素）5とを、互いに回転可能に連結し、かつバケット6とアーム5との間に作用するスラスト荷重を受支するスラスト軸受12、12を備えて構成されている。このバケット連結装置9Aにおいて、作業機ブッシュ11はアーム5の先端部に圧入され、作業機連結ピン10はブラケット6aにピン固定用通しボルト13によって固定されている。なお、符号14で示されるのは、シール装置である。また、符号15および16で示されるのは、それぞれ潤滑剤供給口および潤滑剤供給路である。

前記作業機連結ピン10は、軸機能を有する鋼製の基材（本発明における「裏金」に対応する）17と、この基材17に固定される本発明に係る焼結摺動材料18で形成される摺動面19、19とを備えている。この作業機連結ピン10においては、前記摺動面19、19が、前記ブラケット6aに対する当該作業機連結ピン10の被支持面部位に配されている。

また、前記各作業機ブッシュ11は、図3（a）に示すように、円筒状の基材（本発明における「裏金（軸受裏金）」に対応する）20と、この基材20の内周面に固定される本発明に係る焼結摺動材料21で形成される摺動面22とを備えている。この作業機ブッシュ11において、前記基材（裏金）20は、多孔質Fe系焼結材料から形成されていることが好ましい。

また、前記各スラスト軸受12は、図3（b）に示すように、鋼製の中空円板状の基材（本発明における「裏金」に対応する）23と、この基材23の表面に固定される本発明に係る焼結摺動材料24で形成される摺動面25とを備え、バケット（回動体）6からアーム5に付与されるスラスト荷重をすべり接触で受支するすべり軸受機能を付与されている。

図4（a）～（d'）は、本実施の形態における作業機ブッシュの他の態様例を表わす構造を説明する図である。なお、図4（a）～（d'）において、

第1の実施形態における作業機ブッシュ11の構成要素と基本的に同様の機能を有するものについては同一符号が付されている。

前述した本実施の形態における作業機ブッシュ11のように基材（裏金）20を多孔質な鉄系焼結材料で構成すること以外に、安価にブッシュの含油量や潤滑組成物を増やす手段としては、摺動面部位に穴や溝等の凹部が形成されるように焼結摺動材料を鋼製裏金に固定して潤滑組成物を貯蔵できる構造とすること（図4（a）（b）参照）、または焼結摺動材料からなる小片を多孔質な銅系焼結摺動材料中に分散させて鋼製裏金に固定させた構造とすること（同図（c）参照）、などが挙げられる。ここで、後者の手段に係る作業機ブッシュ22Cにおいては、焼結摺動材料21Cからなる小片が直接裏金20Cに接合しないように多孔質な銅系焼結摺動材料M中に分散されるように（同図（c）のP部詳細図を表わした同図（d）（d'）参照）焼結接合されてなる複層摺動部材に対して、その複層摺動部材における焼結層が内周面となるように丸曲げ加工を施すといった巻きブッシュ製造方法にて作製すると、より安価なものとすることができる。なお、焼結層が外周面となるように丸曲げ加工を施す所が異なること以外は基本的に先の巻きブッシュ製造方法と同様の巻きブッシュ製造方法にて作製された巻きブッシュを、連結ピンに前述した固定の手段にて固定してなる複層連結ピンが、前記作業機連結ピン10と同等に利用することができる。

ここで、図4（a）に示す作業機ブッシュ11Aは、パンチングメタルのように穴加工が施されてなる焼結摺動材料21Aの板材を丸曲げて、この丸曲げられた焼結摺動材料21Aを鋼製裏金20Aの内径部に突合せもしくはクリンチしながら圧入して、その鋼製裏金20Aの内周面に形成された溝部に嵌め込んでなる軸受ブッシュである。

また、同図（b）に示す作業機ブッシュ11Bは、リング状に形成された焼結摺動材料21Bを鋼製裏金20Bの内周面に形成された多条溝に突合せて圧入してなる軸受ブッシュである。そして、これら作業機ブッシュ11A、11Bにおいては、各作業機ブッシュ11A、11Bに設けられた穴や溝等

によって形成される摺動面凹部にグリース等の潤滑組成物が充填され、この潤滑組成物による潤滑作用にて摺動面を良好に潤滑できるようにされている。

また、同図(c)に示される作業機ブッシュ11Cは、完成時に鋼製裏金20Cとなる鋼板上に銅系焼結粉末を散布して一旦その裏金鋼板と焼結接合した後に、焼結摺動材料21Cの小片と銅系焼結粉末とを散布して再焼結し(図中記号M;銅系焼結材料)、圧延を施してなる複層摺動部材、もしくは、完成時に鋼製裏金20Cとなる鋼板上に銅系焼結粉末を散布して一旦その鋼板と焼結接合した後に、焼結摺動材料21Cまたは本発明に係るMo-Cu合金系の成形体の小片を焼結接合し、次いで多孔質青銅系焼結層Mとする原料粉末を散布・圧延して焼結することで作製される複層摺動部材に対して、丸曲げ加工を施してなる軸受ブッシュである。この作業機ブッシュ11Cにおいては、前記小片を囲む銅系摺動材料Mが含油性の高い多孔質摺動材料であることから、給脂間隔の更なる延長化を図ることができるという利点がある。なお、この作業機ブッシュ11Cの摺動面に分散される前記小片の面積率は10~70%であるのが好ましい。

[実施例]

次に、本発明によるFe系の焼結摺動材料についての実施例について、図面を参照しつつ説明する。

(実施例1) 予備試験

本実施例においては、#200メッシュ以下のFe-16重量%Al-25重量%Cu、Fe-50重量%Al、Fe-16重量%Al、及び、平均粒径16 μ mのFe-0.9重量%Cr-5重量%Mo-6重量%W-1重量%Vそれぞれの組成の高速鋼粉末(M2)、#300メッシュ以下の鉄粉末(ヘガネス社製ASC300)、電解銅粉末(福田金属社製CE15)、平均粒径6 μ mの黒鉛粉末(LONZA社製、KS6)、#250メッシュ以下のSn、#300メッシュ以下のTiH、Fe-25重量%P、平均粒径5 μ mのMo、#350メッシュ以下のNi、Mn粉末を用いて、表1、表2に

示す合金を配合し、図5に示す引張り試験片を成形圧 5 ton/cm^2 で成形し、 $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ の各温度で1時間真空焼結して、 600 torr の N_2 ガスで冷却した後に、その焼結寸法変化率からその合金系の焼結性とそれら焼結体に添加した黒鉛と Fe 合金相との反応性を組織観察によって

5 調査した。表1、表2には、材料粉末の配合量を、重量%で示し、その右側に、各焼結温度についての焼結寸法変化率を、焼結前の試験片長さに対する焼結前後の試験片長さの変化割合を百分率で示し、収縮した場合には負号を附した。

[表 1]

No.	Fe16Al25Cu	Fe16Al	Fe50Al	ASC300	Cu(CE25)	M2FP	SUS440C3	Gr(KS6)	その他	1200°C	1150°C	1100°C	1050°C	1000°C
No.1	100									-11.9		-4.12		-1.6
No.2	100				5					-11.9		-8.11		-2.4
No.3	100				10					-10.79		-10.7		-3.09
No.4	85				15					-9.35	-10.9	-11.47	-6.73	-2.91
No.5	85				15			1.2		-7.87		-6.72		-2.87
No.6	85				15			2		-5.39		-5.69	-3.64	-2.59
No.7	85				15			3		-3.37		-3.51	-2.74	-2.16
No.8	85				15			4		-1.69		-1.94	-2.04	-1.86
No.9	85				15			5		-0.53		-0.96	-1.51	-1.41
No.10	85				15			6		0.26		-0.32	-1.05	-1
No.11	85				15			7		0.55		0.02	-0.67	-0.65
No.12	85				15			9		0.84		0.51	-0.17	-0.15
No.13		100			0					-0.46		-0.36		-0.21
No.14		75			25					-7.36		-4.74		1.37
No.15		62.5	Bal.		25			1.2		-6.07		-3.05		1.32
No.16			Bal.		30					-1.72		-0.01		-0.27
No.17			Bal.		30				2Sn	-0.75		0.11		0.26
No.18			Bal.		30			0.6		-2.21		-1.47		-0.78
No.19			Bal.		30			1.2		-3.26		-2.18		-0.96
No.20	31.25		Bal.		22.2			0.6		-4.24		-3.04		1.22
No.21	62.5		Bal.		14.4			0.6		-7.22		-7.42		-0.15
No.22	75		Bal.		11.5			0.6		-7.92		-8.59		-1.18
No.23	31.25		Bal.		22.2			1.2		-4.27		-2.69		1.52
No.24	62.5		Bal.		14.4			1.2		-6.76		-6.18		-0.22
No.25	75		Bal.		11.5			1.2		-7.03		-7.14		-1.26
No.26	Bal.				15				2Ni	-9.29		-11.04		-2.17
No.27	Bal.				15				5Ni	-9.83		-9.58		-1.46
No.28	Bal.				15				25Ni	-5.08		-3.27	-1.59	-0.63
No.29	Bal.				15				10Ni	-8.08	-10.67	-5.71		-0.62
No.30	Bal.				15				15Ni	-7.64	-9.6	-3.43		0.57
No.31	Bal.				15				20Ni	-8.6	-6.17	-1.59		0.97
No.32	Bal.				15				310Ni	-0.21	-0.59	1.49		2.15
No.33	Bal.				15				315Ni	0.78	0.63	3.39		3.57
No.34	Bal.				15				320Ni	1.61	2.48	4.09		4.05

[表 2]

No.	Fe16Al25Cu	Fe16Al	Fe50Al	ASC300	Cu(CE25)	M2FP	SUS440C3	Gr(KS6)	その他	1200°C	1150°C	1100°C	1050°C	1000°C
No.35	Bal.				15	15			2Mo	-9.04		-10.92		-2.24
No.36	Bal.				15	15			5Mo	-8.38		-10.27		-2.43
No.37	Bal.				15	15			2.5Mo	-5.8		-6.13	-3.74	-2.53
No.38		90			10				10Mo	-9.3		-10.99		-3.16
No.39		90			10				5Ni, 5Mo	-10.93		-9.32		-3.06
No.40		97			10				3TiH	-8.21		-8.72		-2.26
No.41		97			10				3Mn	-8.43		-10.52		-2.7
No.42		97			10				3Sn	-7.27		-9.58		-6.63
No.43				Bal.	25	15		0		-0.35	0.44	1.11		
No.44				Bal.	25	15		0.6		-2.12	-1.63	-0.99		
No.45				Bal.	25	15		1.2		-5.28	-3.09	-2.11		
No.46	Bal.				15	15				-7.54	-8.38	-9.67	-5.19	
No.47	Bal.				15	15		1.2		-6.34	-6.9	-8.88	-4.64	
No.48	Bal.				20	30				-7.13	-7.85	-8.59	-6.87	
No.49	Bal.				20	60				-7.46	-4.79	-2.58	0.64	
No.50		0			25	Bal.				-7.74	-5.25	-3.43	-0.2	
No.51		0			25	Bal.			2Fe25P	-14.27	-14.05	-10.56	-2.65	
No.52		0			25	Bal.			3Sn	-9.22	-6.45	-4.3	-1.99	
No.53		0			25	Bal.			1.2 3Sn	Melt	-18.31	-13.4	-7.35	
No.54		0			25	Bal.			1.2 2TiH	-14.65	-13.95	-6.86	-1.49	
No.55		0			25	Bal.			5Mo	-6.42	-4.17	-2.04	-0.19	
No.56		0			25	Bal.			3Sn, 5Mo	-7.74	-5	-2.84	-1.09	
No.57		0			25	Bal.			2Si	-8.29	-5.27	-3.69	-0.47	
No.58		0			25	Bal.			1.2 2Si	Melt	-18.23	-11.94	-2.86	
No.59		0			25	Bal.			10Mn, 2FeP	-13	-14.17	-13.38	-6.71	
No.60		0	10		25	Bal.			2FeP	-9.32	-8.64	-6.86	-1.04	
No.61				Bal.	25		15	0						
No.62				Bal.	25		15	0.6						
No.63				Bal.	25		15	1.2						
No.64	Bal.				15		15			-7.62	-8.24	-9.76	-4.28	
No.65	Bal.				15		15	1.2		-6.82	-7.64	-9.27	-4.82	
No.66	Bal.				20		30			-6.83	-7.79	-9.2	-5.81	
No.67	Bal.				20		60							

前記の固溶限以上のCuを含有するFe合金粉末として、Fe-16重量%Al-25重量%Cuを代表として用いるが、前記の添加黒鉛との焼結時の反応性が組織観察から評価しやすくするために、前記の焼結温度範囲において α Fe相となるようなFe-16重量%Al-25重量%Cu合金粉末を主体に用いて焼結実験を実施した。

表1中のNo. 1合金とNo. 13合金及びNo. 14合金それぞれとの比較によって、固溶限以上にCuを含有させたFe-16重量%Al-25重量%Cu合金粉末の焼結性は極めて良好であって、1000℃での固相焼結においても固溶限以上に含有するCuによってその焼結性が改善され、さらに、1100℃以上での焼結時に発生するCu-Al-Fe合金液相がその焼結性を顕著に改善していることが分かる。また、No. 2～No. 4の合金のようにCu粉末を添加することによって、焼結性がさらに顕著に改善されることが分かる。また、前記のCu粉末やCu合金粉末の添加によって、プレス成形性が顕著に改善される。尚、Fe-16重量%Al-25重量%Cu合金粉末とCu粉末の液相発生温度はそれぞれ約1060℃、1083℃である。

表1中のNo. 5～No. 12の合金はNo. 4合金に約9重量%の微細黒鉛を添加した例であるが、約7重量%の微細黒鉛の添加まで焼結によって焼結体寸法が収縮し、その焼結性が十分確保されていることが分かる。また、従来のFe-2重量%黒鉛以上に黒鉛を添加したFe系焼結材料では、黒鉛とFe粉末との共晶反応によって1150℃以上の温度で溶損するのに対して、固溶限以上にCuを含有させた本合金では1200℃での焼結によっても溶損せず、混合された黒鉛が前記Fe合金粉末と反応していないことがわかる。

図6は、1200℃で1時間焼結したNo. 6、No. 7、No. 9、No. 10の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。図7は、1200℃で1時間焼結したNo. 8、No. 11の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。平均粒径6 μ mの微細黒鉛粉末は α Fe-Al-Cu相と黒鉛粉末が反応せ

ずに前記Cu-Al-Fe合金液相中に数 μm ～25 μm 径の大きさに凝集しながら均一に分散されることがわかる。

図8は、1200℃及び1100℃それぞれの温度で1時間焼結したNo. 8合金の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。図9は、1000℃の温度
5 で1時間焼結したNo. 8合金の焼結体の黒鉛分散組織を示す図である。図8及び図9に示すように、組織中に分散する黒鉛凝集体は焼結温度が低いほど、より均一に微細化されることがわかる。これは、前記Cu-Al-Fe合金液相のサイズ($\alpha\text{Fe-Al-Cu}$ 相のサイズ)が小さくなることによつて黒鉛粉末凝集体のサイズも小さくなることと固相焼結による
10 前記凝集の抑制によるものである。

図10は、No. 4～No. 12の各焼結温度における黒鉛粒分散量と引張強度の関係を示す図である。引張強度は、前記試験片を用いた引張試験機での試験結果より得られた。焼結温度としては前記Fe-16重量%Al-25重量%Cu合金粉末からの液相が発生し始める1050℃以上、好まし
15 くはCuの融点(1083℃)から急激に強度が改善されるが、1050℃以下の固相焼結温度についても焼結摺動材料として利用できる十分な強度が得られることがわかる。例えば、従来の含油軸受の圧環強度が20kg/mm²以上(引張強度:約100N/mm²以上)であることを参考にすると液相焼結した焼結摺動材料では9重量%黒鉛まで、固相焼結した焼結摺動材料
20 では7重量%黒鉛まで添加されてよいことがわかる。また、500kg/cm²以上の高面圧下で使用する場合には、面圧の3倍の引張強度である150N/mm²以上とすることが好ましいことから、黒鉛の上限添加量を7重量%とすることがより好ましいことがわかり、液相焼結組織を有する焼結摺動材料がより好ましいことがわかる。

25 なお、前記 $\alpha\text{Fe-Al-Cu}$ 相の硬さをマイクロビッカース硬度計で測定した結果はHv330～350であり、 αFe 系相であっても耐摩耗性に好ましい硬さに調整されていることが分かる。

表1、表2のNo. 15、No. 18、No. 19、No. 52、No.

5 3 を使って、焼結時における添加黒鉛の反応性を調査した。図 1 1 は、
1 2 0 0 °C で焼結した No. 1 5 の組織を示す図である。固溶限以上に Cu
を含有しない Fe 5 0 A l , A S C 3 0 0 の Fe 合金粉末と Cu 粉末と黒鉛
粉末の混合粉末を使った液相焼結体においては、添加黒鉛は添加 Cu 粉末の
5 液相化にかかわらず Fe - A l - C u 相中に拡散固溶して、オーステナイト
相 (γ 相) とその粒界に白色のセメンタイト炭化物を形成し、焼結温度から
の N₂ ガス冷却によって、ビッカース硬さ H v 5 5 0 以上のマルテンサイト
相に変態していることがわかる。

図 1 2 (a)、(b) は、1 2 0 0 °C で焼結した No. 1 8、No. 1 9 の
10 焼結体中の組織を示す図である。添加黒鉛が Fe - C u 相中に拡散固溶して、
焼結温度からの N₂ ガス冷却によって、ビッカース硬さ H v 3 8 0 ~
4 3 0 のパーライト組織となっており、約 1 重量%の黒鉛を添加することによ
って、Fe - C u - C 相粒子の粒界と Cu 合金相との界面に粗大なセメン
タイト (白色相) を形成することがわかる。

15 図 1 3 は、1 1 5 0 °C で焼結した No. 5 2、No. 5 3 の焼結体組織を
示す図である。No. 5 2 と No. 5 3 を比較することで、1 . 2 重量%の
黒鉛添加によって高速度鋼 (M 2) 粒子内に析出していた微細な特殊炭化物
はほぼ消失し、その粒界に粗大な炭化物 (白色相) を形成していることがわ
かる。尚、これら粗大炭化物や粒界につながった炭化物が析出する焼結体を
20 摺動材料として適用する場合には、相手摺動材料に対するアタック性が強く
なる結果、その耐焼付き性が低下し、また焼結体の強度も顕著に劣化するの
で、固溶限以上に Cu を含有させた高速度鋼粉末を利用することによって、
粗大炭化物の形成を防止するとともに黒鉛を分散させることが好ましいこと
がわかる。

25 上述した図 1 1 ~ 図 1 3 のいずれの場合においても添加した黒鉛が Fe 相
と反応して粗大な炭化物形成に作用しているのに対して、前述した図 6 ~
9 の結果と比較した場合、固溶限以上に Cu を含有した Fe - C u 系合金は
焼結時に粉体内部に発生する Cu 合金組成の液相がその粉末粒子表面を覆う

ことによって添加黒鉛がF e系合金相中に拡散固溶することを防止していることがわかる。

また、この黒鉛分散機構は、本実施例で使用しているF e - A l - C u合金系に限らず、固溶限以上にC uを含有した広範囲なF e系合金に適用できる。 (1)コスト的な観点からはF e - C u - C系、 (2)粉末粒子内にも黒鉛を分散させたF e - C u - S i - C系 (鑄鉄系)、 (3)耐焼付き性に優れたF e - C u - A l系、F e - C u - A l - C系、 (4)耐摩耗性に優れた軸受鋼、冷間工具鋼、熱間工具鋼、高速度鋼にC uを含有させたF e - C u - C r - M o - C系粉末、などを使った焼結材料中に黒鉛を分散させ、自己潤滑性を持ち長時間の無給脂化を実現する摺動材料及び部材を製造することが可能である。

尚、前述した本実施の形態によるF e系焼結摺動材料のF e系合金相をマルテンサイト組織化するために必要な炭素量は、あらかじめ前記F e - C u系粉末中に含有させておくことが好ましい。さらに、とりわけ摺動特性に優れた高速度鋼に含有されるM₆C型炭化物、WC型炭化物やC r₇C₃型炭化物などの特殊炭化物が微細に分散された高合金F e - C u - C r - M o系や黒鉛があらかじめ分散された鑄鉄系の粉末ではあらかじめ多量の炭素成分を含有させておくことが好ましい。

また、F e - C u系焼結材料中のC u合金相を耐焼付き性に優れた青銅、A l青銅などのC u合金組成相に調整することは、前述した黒鉛分散による自己潤滑性を持たせたF e系焼結摺動材料の摺動特性を改善することにつながる。またさらに、C u合金相中に前記特殊炭化物、M o、M o - F e化合物を微細に分散させることが好ましい。さらに、前記固溶限以上のC uを含有するF e - C u系焼結材料の液相焼結温度は、C u合金相の液相化温度を低下させる合金元素の添加によってコントロールできるので、焼結温度の低温化が可能である。

表2中のN o. 35 ~ N o. 39は、M o粉末の添加作用を調査したものであって、10重量%の添加まで、その合金の焼結性を阻害することはなかつ

た。図14は、No. 38合金の1200℃での焼結後の組織を示す図である。図15は、No. 39合金の1200℃での焼結後の組織を示す図である。図14ではCu-Al-Fe合金相中にMoが分散し、図15ではNi-Mo系の金属間化合物が分散形成され、いずれも耐焼付き性の改善に好ましい組織となっていることが分かる。

また、No. 40～No. 42では、Cu合金相の融点を下げるとともに金属間化合物の析出によってCu合金相を強化するTiH、Mn、Sn添加の影響を調査したが、表2に示すようにSnが顕著に適正焼結温度を低下させ、Mn、TiはCu合金相の強化に作用することがわかる。

No. 26～No. 34は、Fe-Al-Cu合金中のAlとの時効硬化性を発現するとともに、Cu合金相の強化に好ましいNi添加の影響を調査したものである。表1に示すように、20重量%Niまではその焼結材料の焼結性を顕著に阻害しないが、例えばNo. 32～No. 34のように10重量%Niが添加されるとともに黒鉛が添加される場合においては、顕著にその焼結性が阻害されるので、Fe-Al-Cu合金粉末においてはNiをあらかじめ合金化させておくことが好ましい。

No. 43～No. 48は、Fe、Cuの配合粉末と固溶限以上にCuを含有したFe-Cu合金粉末に微細な高速度鋼粉末(M2)を添加した場合の焼結性とその焼結体組織を調べたものである。表2に示すように、前記Fe-Al-Cu系のNo. 46～No. 48合金の焼結性が優れていることがわかる。

図16は、No. 43、No. 44の合金の1150℃で1時間焼結した焼結組織を示す図である。図17は、No. 45合金の1150℃で1時間焼結した焼結組織を示す図である。図18は、No. 48合金の1150℃で1時間焼結した焼結組織を示す図である。図19は、No. 47合金の1150℃で1時間焼結した焼結組織を示す図である。

No. 43～No. 45の配合粉末合金焼結組織において高速度鋼粉末は識別できないように固溶均質化し、添加された黒鉛もFe-Cu合金相中に

固溶してマルテンサイト相に変態している（図16及び図17参照）。これに対し、No. 48のFe-Al-Cu合金粉末を使用した焼結合金の焼結組織においては、図18に示すように、 α Fe-Al-Cu相中に硬質な高速度鋼粉末（白色相）が明確に分散されている。さらに、本来高速度鋼粉末中に分散する特殊炭化物粒は、液相焼結時の拡散により成長しながらCu合金相中にまで分散析出する特異な組織となり、高速度鋼中から α Fe-Al-Cu相への炭素の拡散固溶がほとんど進行しないことがわかる。

また、No. 47のように1.2重量%の黒鉛を添加した場合においては、黒鉛の一部が高速度鋼粉末と反応して α Fe-Al-Cu合金粉末をつなぐように焼結性を高め、その高速度鋼跡部には多量の特殊炭化物が分散されるが、 α Fe-Al-Cu相への炭素の拡散固溶がほとんど進行しないために、粉末黒鉛の多くが残留分散されていることがわかる（図19参照）。また、同様の結果は高速度鋼粉末の代わりにSUS440C合金粉末を添加したNo. 64～No. 66においても確認された。

15 (実施例2)

本実施例では、表3に示すFe-Cu系合金粉末を用いて、表4に示すCu粉末10重量%、黒鉛粉末（前記KS6）1～9重量%、KS6の造粒粉末（0.05～1mm）、平均粒径5 μ mのMo、平均粒径15 μ mのMoS₂、BNをそれぞれ混合し、実施例1と同様の条件で成形し、1050～1200℃で真空焼結したものを図20に示す軸受試験用ブッシュ形状に加工し、さらに、エンジンオイルW30を真空含浸して軸受試験に供した。尚、軸受試験に当たっては8体積%以上の潤滑油が含油されることを確認して試験に供することとしている。また、MoS₂の添加に当たっては、焼結時のMoS₂の反応を防止するために黒鉛と等量（重量%）をあらかじめ混合したものをを用いることとした。

[表 4]

軸受試験用Fe-Cu系統焼結合金組成(重量%)

No.	(A)粉末	(B)粉末	(C)粉末	(D)粉末	(E)粉末	M2	45 μ m以下				Fe25P	Cu(CE25)	黒鉛(KS6)	造粒黒鉛	MoS2	Mo	BN	kg/cm2	
							4600銅粉末	M2	4600銅粉末	Fe25P								P1	P2
A1	Bal.											10	0					650	-
A2	Bal.											10	1					800	-
A3	Bal.											10	2					1200	250
A4	Bal.											10	4					1650	700
A5	Bal.											10	6					1800	1000
A6	Bal.											10	8					1800	1600
A7	Bal.											10	10					1600	1200
A8	Bal.											10	2	2				1800	800
A9	Bal.											10	2		10			1800	400
A10	Bal.											10	0			4		1800	850
A11	Bal.				15							10	0					850	-
A12	Bal.				15							10	4					1800	850
A13	Bal.					15						10	0					800	-
A14	Bal.					15						10	4					1800	750
A15		Bal.										10	0					200	-
A16		Bal.										10	4					950	350
A17		Bal.			15							10	4					1200	500
A18		Bal.										10	3	2				1800	1000
A19			Bal.									10	4					1600	600
A20				Bal.								10	0					450	-
A21				Bal.								10	2					1000	450
A22				Bal.								10	4					1800	800
A23					Bal.							15	0					500	-
A24					Bal.							15	2					1000	300
A25					Bal.							15	4					1400	600
A26						15	Bal.					25	0.8					350	-
A27	1050°C						Bal.			2			0.8	10				800	450

Cu-20Sn溶浸

本軸受試験においては、図 2 1 に示すような試験装置を用いて、装置に固定した図 2 0 に示す形状の軸受ブッシュ 1 0 1 の内面に軸受軸 1 0 2 を設置し、揺動回転させると共に、軸受ブッシュ 1 0 1 に対する上方からの荷重 W を変更して軸受ブッシュ 1 0 1 と軸受軸 1 0 2 との間に働く面圧の変更を行う。軸受軸 1 0 2 は、その外径が軸受ブッシュ 1 0 1 の内径よりも小さく、実際の軸受装置に対応する外径とされており、S 5 5 C 炭素鋼の表面を高周波焼入れ・焼戻しし、表面硬さが H R C 5 5 となるように調整されている。軸受軸 1 0 2 の揺動角度を 160° として、面圧を 50 kgf/cm^2 ごとに揺動回数 2 0 0 0 サイクルを繰り返した後に昇圧させながらそのときの摩擦係数が 0. 2 5 以上に急上昇する面圧の前の面圧を限界面圧として評価しており、摩擦係数は、熱電対 1 0 3 で計測する軸受ブッシュ 1 0 1 の摩擦による発熱の温度と摩擦係数との相関関係により求めている。尚、最大面圧は 1800 kgf/cm^2 であって、軸受ブッシュ 1 0 1 に対する軸受軸 1 0 2 の平均すべり速度は 0.8 m/min である。

表 4 の末に前記限界面圧を記載しているが、P 1 は含油あり、P 2 は含油なしの条件での限界面圧を記載したものである。全体的に含油することによって顕著な耐焼付き性の改善が認められた。

表 4 中の A 1 ~ A 7 合金の限界面圧結果から、黒鉛添加の自己潤滑性は 1 重量%から発現し始めるが、2 重量%以上の黒鉛添加によって、より顕著に耐焼付き性が改善されることがわかる。10 重量%以上の黒鉛添加によって耐焼付き性がわずかに劣化し始めるが、これは焼結体強度が不足し始めることによるものと考えられた。

また、A 8 ~ A 1 0 合金の結果からは、黒鉛より固体潤滑性が優れる MoS_2 、BN 添加によって、耐焼付き性がより改善され、とりわけ、含油なしの P 2 限界面圧がより顕著に改善されることがわかった。また、A 9 の Mo は焼結摺動材料の強度劣化を防止する固体潤滑剤として添加されるものであるが、含油焼結材料において耐焼付き性に対する顕著な改善効果が確認されることがわかる。

また、A 1 1 ~ A 1 4 の合金の結果からは、高速度鋼粉末の添加による耐焼付き性の改善が、Mo の場合とほぼ同様に含油焼結材料で顕著に認められることがわかる。

- また、A 1 5 ~ A 1 8 の合金は金属基地を Fe - Cu - C 系のマルテンサイト相としたものであり、A 1 9 合金は金属基地を Fe - Cu - Al - C 系のマルテンサイト相としたものであり、A 2 0 ~ A 2 2 の合金は金属基地を Fe - Cu - Si - C 系のマルテンサイト相としてそのマルテンサイト中に微細な黒鉛を析出させたものであり、A 2 3 ~ A 2 5 の合金は金属基地を Fe - Cu - Cr - Mo - W - V - C 系のマルテンサイト相としてそのマルテンサイト相中に微細な M_6C 型、MC 型の特殊炭化物を析出させたものである。A 1 5 ~ A 2 5 の合金それぞれの限界面圧からは、金属基地の影響を顕著に受け、とりわけ、前記金属基地の耐焼付き性を改善するほど、黒鉛、 MoS_2 、BN、Mo 等の固体潤滑剤による自己潤滑性がより効果的に発現されることが分かる。尚、耐摩耗性と焼結材料強度を改善する観点からは、前記金属基地がマルテンサイト相であることが好ましい。相手摺動材との馴染み性が重要となる場合には、表 3 の (A) 粉末のような比較的軟質な αFe 相や炭素をあらかじめ含有させること、(B)、(C)、(D) 粉末の熱処理性を使って例えばパーライト、ベイナイトや前記マルテンサイト相を焼戻し処理して金属基地の硬さ調整を実施することが好ましい。
- 尚、本発明は上記実施の形態及び上記実施例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々変更して実施することが可能である。

請 求 の 範 囲

1. 第1物質及び第2物質を含有する第3物質系の焼結材料であって、
固溶限以上の第1物質を含有する第3物質系粉末と、第2物質からなる粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、
5 前記焼結材料中に分散された第2物質からなる粒子と、
を具備し、
前記第2物質は前記第1物質と反応しないものであり、
前記第3物質は前記第1物質及び前記第2物質それぞれと反応するものであることを特徴とする焼結材料。
- 10 2. 請求項1において、前記焼結組織が、前記第1物質を主体とする液相が発生して焼結される液相焼結組織であることを特徴とする焼結材料。
3. 5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下の
15 Cを含有するFe系の焼結摺動材料であって、
固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を焼結して
20 形成された焼結組織と、
前記焼結摺動材料中に1重量%以上1.4重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 25 4. 5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料であって、
固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCu

と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

- 5 前記焼結摺動材料中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

5. 請求項3又は4において、前記焼結組織が、Cuを主体とするCu合金
10 液相が発生して焼結される液相焼結組織であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

6. 請求項3乃至5のいずれか一項において、前記黒鉛粒子は平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

15

7. 請求項3乃至6のいずれか一項において、前記混合粉末にBN粉末、Mo粉末、W粉末、Pb粉末、MnS粉末、TiS粉末、CaF₂粉末、MoS₂粉末及びWS₂粉末からなる群から選択された一種又は複数種の粉末がさらに混合され、

- 20 前記一種又は複数種と前記黒鉛粒子とが1重量%以上14重量%以下の合計含有量で前記焼結摺動材料中に分散されることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

8. 請求項3乃至6のいずれか一項において、表面が炭素系もしくは黒鉛系
25 材料によってコーティングされたMoS₂粉末及びWS₂粉末の少なくとも一方が前記混合粉末にさらに混合され、

前記少なくとも一方と前記黒鉛粒子とが1重量%以上14重量%以下の合計含有量で前記焼結摺動材料中に分散されることを特徴とするFe系の焼結

摺動材料。

9. 請求項3乃至8のいずれか一項において、前記Fe-Cu-C系合金粉末は、1重量%以上5重量%以下のCと、0.5重量%以上7重量%以下のSi及び0.5重量%以上7重量%以下のNiの少なくとも一方とが含有され、前記Fe-Cu-C系合金粉末のFe合金相に黒鉛が析出分散されたものであることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

10. 請求項3乃至8のいずれか一項において、前記Fe合金粉末には3重量%以上20重量%以下のAlが含有されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

11. 請求項3乃至8のいずれか一項において、前記Fe-Cu-C系合金粉末は、0.25重量%以上3.5重量%以下のCと、1重量%以上25重量%以下のCr、0重量%超15重量%以下のMo、0重量%超21重量%以下のW及び0重量%超7重量%以下のVからなる群から選択された一種以上とが含有され、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物からなる群から選択された一種以上の炭化物が析出分散されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

20

12. 請求項3乃至8のいずれか一項において、前記少なくとも一方のFe合金粉末に代えて、(1)固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、(2)固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末、(3)1重量%以上5重量%以下のCと、0.5重量%以上7重量%以下のSi及び0.5重量%以上7重量%以下のNiの少なくとも一方とが含有され、黒鉛が析出分散されたFe-Cu-C系合金粉末、(4)3重量%以上20重量%以下のAlが含有されたFe-Cu系合金粉末及びFe-Cu

- C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末、(5) 0.25重量%以上3.5重量%以下のCと、1重量%以上2.5重量%以下のCr、0重量%超1.5重量%以下のMo、0重量%超2.1重量%以下のW及び0重量%超7重量%以下のVからなる群から選択された一種以上とが含有され、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物からなる群から選択された一種以上の炭化物が析出分散されたFe—Cu—C系合金粉末からなる(1)～(5)の合金粉末群から選択された二種以上の合金粉末を用いることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 10 13. 請求項3乃至10のいずれか一項において、前記焼結摺動材料中のFe合金相及びCu合金相の少なくとも一方の相中に、 M_7C_3 型炭化物、 M_6C 型炭化物、 M_2C 型炭化物及びMC型炭化物からなる群から選択された一種以上の平均粒径が $5\mu m$ 以下の炭化物が0.5体積%以上30体積%以下分散されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 15 14. 請求項3乃至13のいずれか一項において、前記Fe合金粉末の粒径が $75\mu m$ 以下に微細化されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 15 15. 請求項3乃至14のいずれか一項において、前記焼結摺動材料中に、黒鉛粒子、BN粒子、 MoS_2 粒子及び WS_2 粒子からなる群から選択された一種以上の平均粒径が0.05mm以上1mm以下の粒子が1重量%以上10重量%以下分散されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 20 16. 請求項3乃至15のいずれか一項において、前記焼結摺動材料は、フェライト組織、マルテンサイト組織、ベイナイト組織、ソルバイト組織及びパーライト組織からなる群から選択された一種以上の組織を有することを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

17. 請求項3乃至16のいずれか一項において、前記焼結摺動材料に、C、Si、Al、Mn、Ni、Cr、Mo、V、W、Co、Sn、Ca、Mg、Ag、Pb、S、P、N、B、Nb、Ti及びZrからなる群から選択された一種以上が含有されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 5
18. 請求項3乃至16のいずれか一項において、前記混合粉末に、0.1重量%以上5重量%以下のSn、0.1重量%以上5重量%以下のTi、0.1重量%以上3重量%以下のSi、0.1重量%以上1.5重量%以下のP、0.1重量%以上10重量%以下のPb、0.1重量%以上10重量%以下のMn、0.1重量%以上10重量%以下のNi、0.1重量%以上10重量%以下のCo及び0.1重量%以上10重量%以下のAgからなる群から選択された一種以上の金属の素粉末もしくは前記金属を含有する母合金粉末がさらに混合されることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 10
19. 請求項3乃至15のいずれか一項において、前記焼結摺動材料のFe合金相におけるマルテンサイト相には0.2重量%以上0.8重量%以下の炭素が固溶されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 15
20. 請求項3乃至15のいずれか一項において、前記焼結摺動材料のFe合金相には0.2重量%以上1.2重量%以下の炭素が固溶され、前記Fe合金相の一部もしくは全部がパーライト組織となっていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 20
21. 請求項3乃至15のいずれか一項において、前記焼結摺動材料のマルテンサイト相の硬さはビッカース硬さHv450以上であり、前記マルテンサイト相中の残留オーステナイト相が40体積%以下に調整されることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。
- 25

22. 請求項10において、前記Fe-Cu-C系合金粉末のFe-Cu-A1-C系Fe合金相は、フェライト相を主体とし、3重量%以上20重量%以下のNi、3重量%以上20重量%以下のMn、及び、3重量%以上20重量%以下のCoのうち一種以上を含有するものであり、前記フェライト相の
5 硬さがビッカース硬さHv450以上であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

23. 請求項3乃至22のいずれか一項において、前記焼結摺動材料中のCu合金相に5重量%以上20重量%以下のAlが含有され、前記Cu合金相
10 がCu-A1系β相又はγ相化合物を有することを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

24. 請求項3乃至23のいずれか一項において、前記焼結摺動材料は焼結気孔及び多孔質黒鉛を有し、前記焼結気孔及び前記多孔質黒鉛の合計含有量
15 が5体積%以上50体積%以下であり、前記焼結気孔及び前記多孔質黒鉛それぞれの中に潤滑油もしくは潤滑組成物が充填されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料。

25. 請求項24において、前記潤滑組成物の滴点が60℃以下であることを
20 を特徴とするFe系の焼結摺動材料。

26. 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であって、

前記焼結摺動体は、
25 5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCu

と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子と、
5 前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とする摺動部材。

27. 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた摺動部材であつて、
10

前記焼結摺動体は、

5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動体であつて、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を焼結して形成された焼結組織と、
15

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子と、
20 前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒子と、
を具備することを特徴とする摺動部材。

28. 請求項26又は27において、前記焼結組織が、Cuを主体とするCu合金液相が発生して焼結される液相焼結組織であることを特徴とする摺動部材。
25

29. 請求項26乃至28のいずれか一項において、前記焼結摺動体は、焼結接合、焼結溶浸接合、ろう付け、かしめ、嵌合、圧入、接着、ボルト締結およびクリンチ結合のうちのいずれかにより前記裏金に固定されることを特徴とする摺動部材。

5

30. 請求項26乃至29のいずれか一項において、前記焼結摺動体の摺動面部位に凹部が形成されるとともに、前記凹部に、潤滑油とワックス類からなる潤滑性組成物、潤滑性樹脂、固体潤滑剤、および固体潤滑剤とワックス類からなる潤滑性組成物のうちのいずれかが充填されていることを特徴とする摺動部材。

10

31. 裏金と、該裏金上に固定された焼結摺動体とを備えた請求項26乃至28のいずれか一項に記載の摺動部材からなる軸受と、

前記軸受との組合せにおける相手摺動部材である軸受と、

15 を具備することを特徴とする連結装置。

32. 請求項31に記載の連結装置は、作業機、転輪アッセンブリ、クローラ式下部走行体におけるトラックリンク、同下部走行体における転輪装置、ブルドーザの車体を支えるイコライザ、ダンプトラックのサスペンション装置、フローティングシール、バルブガイド、及びバルブシートのいずれかにおける連結部位の連結手段として用いられることを特徴とする連結装置。

20

33. 5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料の製造方法であって、

25 固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuと0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末とを準備する工程と、

前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、

前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、

前記成形体を焼結する工程と

を具備することを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

5

34. 5重量%以上50重量%以下のCu及び1重量%以上15重量%以下のCを含有するFe系の焼結摺動材料の製造方法であって、

固溶限以上で且つ5重量%以上50重量%未満のCuを含有するFe-Cu系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ2重量%以上50重量%未満のCu

10 と0重量%超5重量%以下のCとを含有するFe-Cu-C系合金粉末の少なくとも一方のFe合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu粉末及びCu合金粉末の少なくとも一方の粉末とを準備する工程と、

前記準備する工程で準備した粉末を混合する工程と、

前記混合する工程で得られた混合粉末を固めて成形体を形成する工程と、

15 前記成形体を焼結する工程と

を具備することを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

35. 請求項33又は34において、前記成形体を焼結する工程が、Cuを主体とするCu合金液相が発生して焼結される液相焼結工程であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

20

36. 請求項33乃至35のいずれか一項において、前記Fe-Cu系合金粉末及びFe-Cu-C系合金粉末それぞれにC、Si、Al、Mn、Ni、Cr、Mo、V、W、Co、Sn、Ca、Mg、Ag、Pb、S、P、N、

25

B、Nb、Ti及びZrからなる群から選択された一種以上が含有されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

37. 請求項33乃至36のいずれか一項において、前記黒鉛粉末は、その

平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であって、前記Fe-Cu系合金粉末及び前記Fe-Cu-C系合金粉末それぞれよりも平均粒径が小さいものであり、前記黒鉛粉末が前記混合粉末に対して1重量%以上10重量%以下含有されていることを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

5

38. 請求項33乃至37のいずれか一項において、前記準備する工程で、BN粉末、Mo粉末、W粉末、MnS粉末、TiS粉末、CaF₂粉末、MoS₂粉末及びWS₂粉末からなる群から選択された一種又は複数種の粉末をさらに準備し、

10 前記一種又は複数種と前記黒鉛粉末との合計含有量が前記混合粉末に対して1重量%以上14重量%以下であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

39. 請求項33乃至37のいずれか一項において、前記準備する工程で、
15 表面が黒鉛系材料によってコーティングされたMoS₂粉末及びWS₂粉末の少なくとも一方の粉末をさらに準備し、

前記少なくとも一方の粉末と前記黒鉛粉末との合計含有量が前記混合粉末に対して1重量%以上14重量%以下であることを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

20

40. 請求項33乃至39のいずれか一項において、前記準備する工程で、
0.1重量%以上5重量%以下のSn、0.1重量%以上5重量%以下のTi、
0.1重量%以上3重量%以下のSi、0.1重量%以上1.5重量%
以下のP、0.1重量%以上10重量%以下のMn、10重量%以下のNi
25 及び0.1重量%以上10重量%以下のCoからなる群から選択された一種以上の金属もしくは前記金属を含有する母合金粉末をさらに準備することを特徴とするFe系の焼結摺動材料の製造方法。

4 1. 焼結摺動体を構成する混合粉末を裏金上に散布して液相焼結することにより、前記裏金上に前記焼結摺動体を接合する工程と、

前記焼結摺動体に機械的圧力を加えて再焼結する工程とを具備し、

5 前記焼結摺動体は、

1 0 重量%以上 5 0 重量%以下の Cu 及び 1 重量%以上 1 5 重量%以下の C を含有する Fe 系の焼結摺動体であって、

固溶限以上で且つ 1 0 重量%以上 5 0 重量%未満の Cu を含有する Fe - Cu 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 1 0 重量%以上 5 0 重量%未満の Cu と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する Fe - Cu - C 系合金粉末の少なくとも一方の Fe 合金粉末と、黒鉛粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成された液相焼結組織と、

10 前記焼結摺動体中に 1 重量%以上 1 4 重量%以下又は 3 体積%以上 5 0 体積%以下の含有量で分散された平均粒径が $1\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下の黒鉛粒子と、

15 を具備することを特徴とする摺動部材の製造方法。

4 2. 焼結摺動体を構成する混合粉末を裏金上に散布して液相焼結することにより、前記裏金上に前記焼結摺動体を接合する工程と、

20 前記焼結摺動体に機械的圧力を加えて再焼結する工程とを具備し、

前記焼結摺動体は、

1 0 重量%以上 5 0 重量%以下の Cu 及び 1 重量%以上 1 5 重量%以下の C を含有する Fe 系の焼結摺動体であって、

25 固溶限以上で且つ 5 重量%以上 5 0 重量%未満の Cu を含有する Fe - Cu 系合金粉末、及び、固溶限以上で且つ 2 重量%以上 5 0 重量%未満の Cu と 0 重量%超 5 重量%以下の C とを含有する Fe - Cu - C 系合金粉末の少なくとも一方の Fe 合金粉末と、黒鉛粉末と、Cu 粉末及び Cu 合金粉末の

少なくとも一方の粉末とを混合した混合粉末を液相焼結して形成された液相焼結組織と、

前記焼結摺動体中に1重量%以上14重量%以下又は3体積%以上50体積%以下の含有量で分散された平均粒径が1 μ m以上50 μ m以下の黒鉛粒

5 子と、

を具備することを特徴とする摺動部材の製造方法。

1/20

图 1

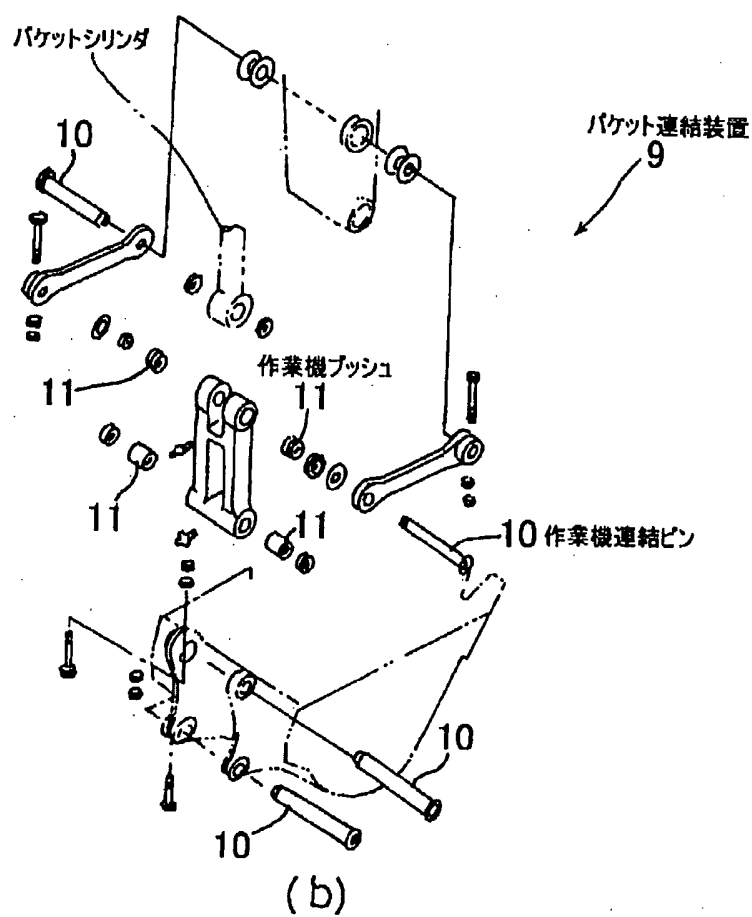
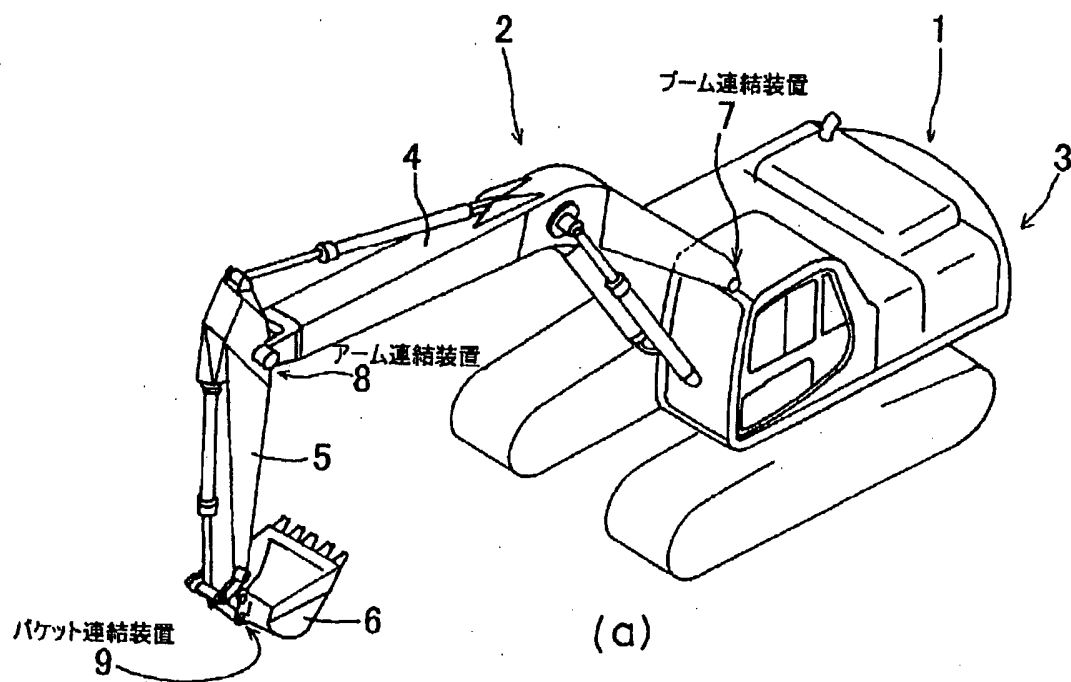
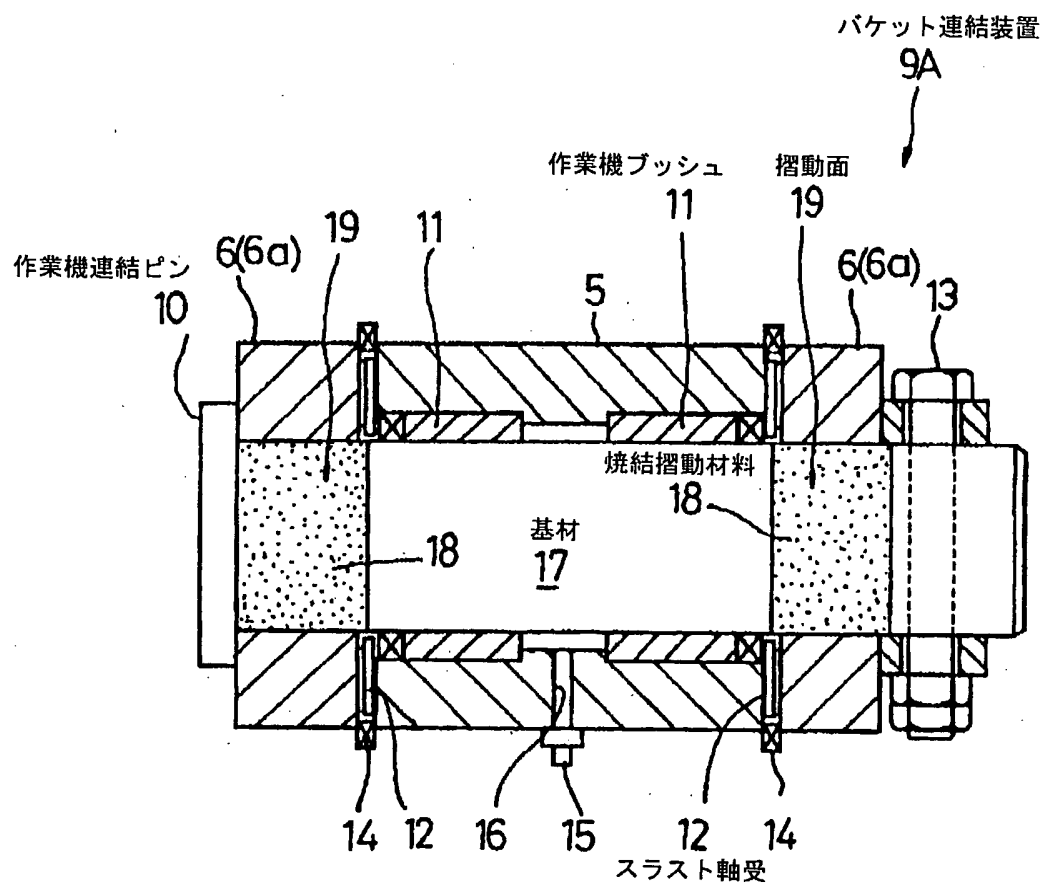


图 2



3/20

図 3

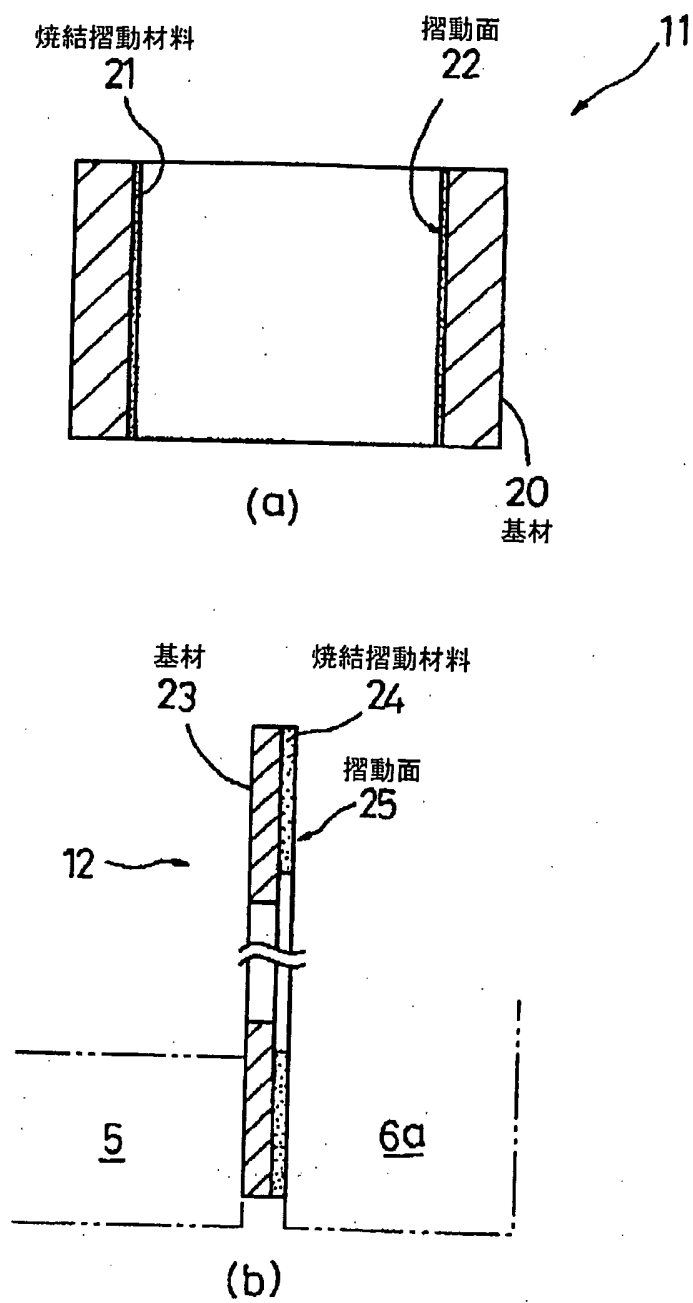
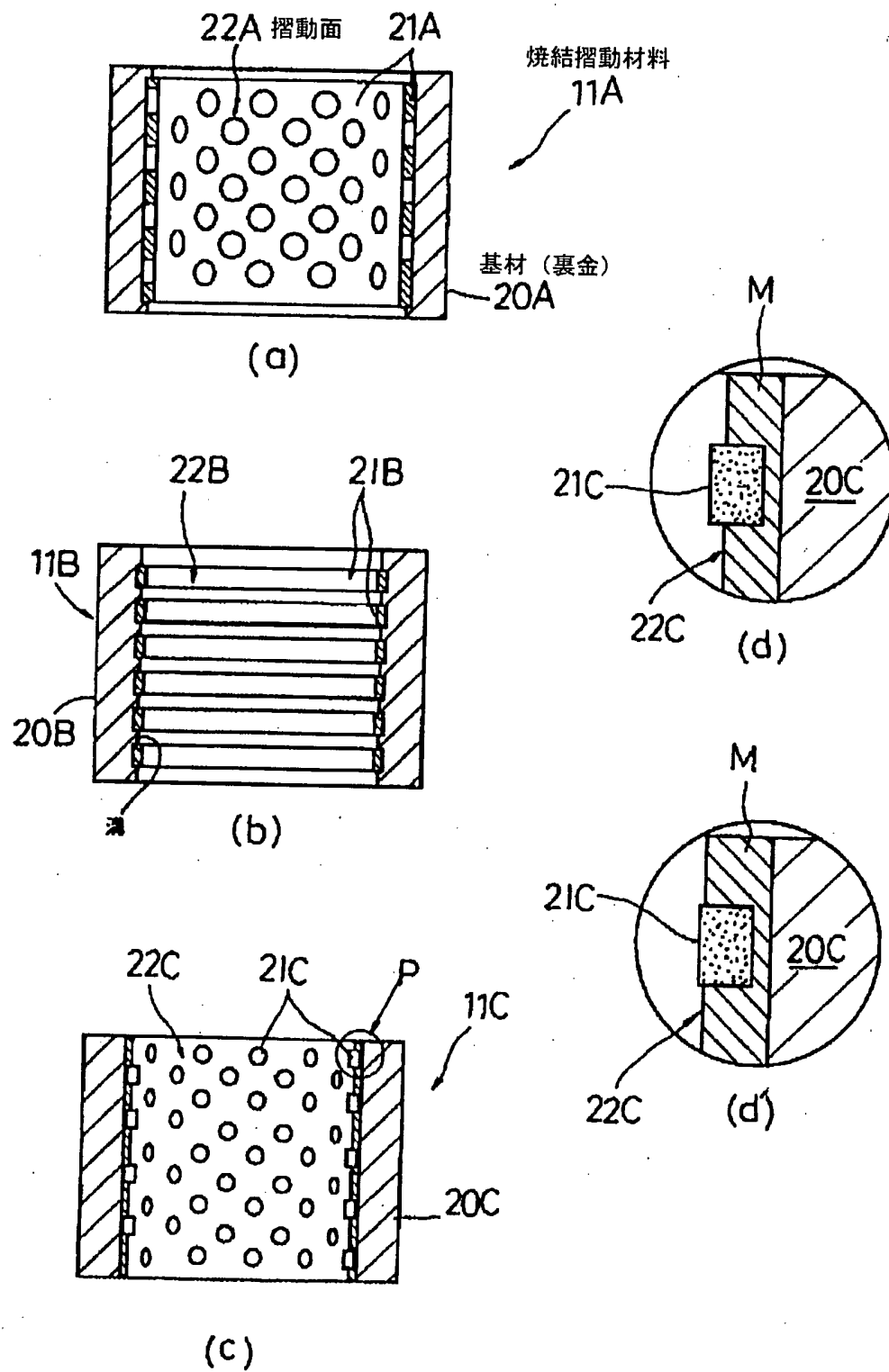
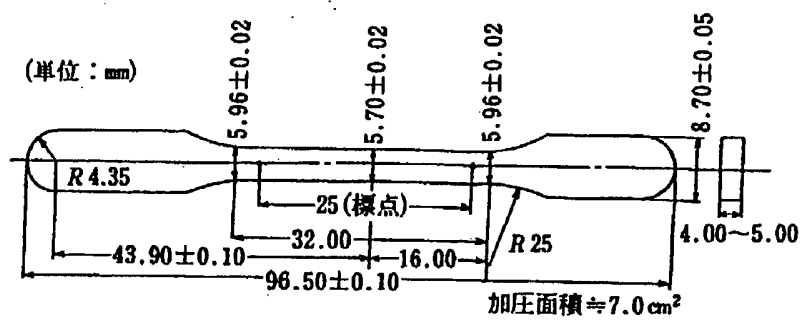


図 4



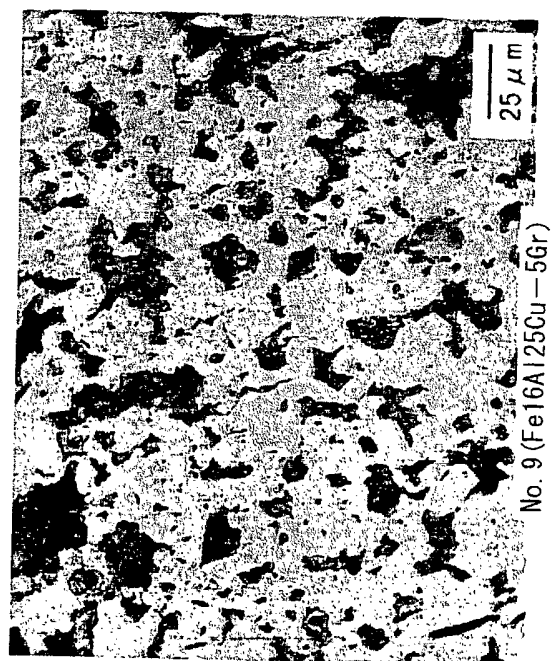
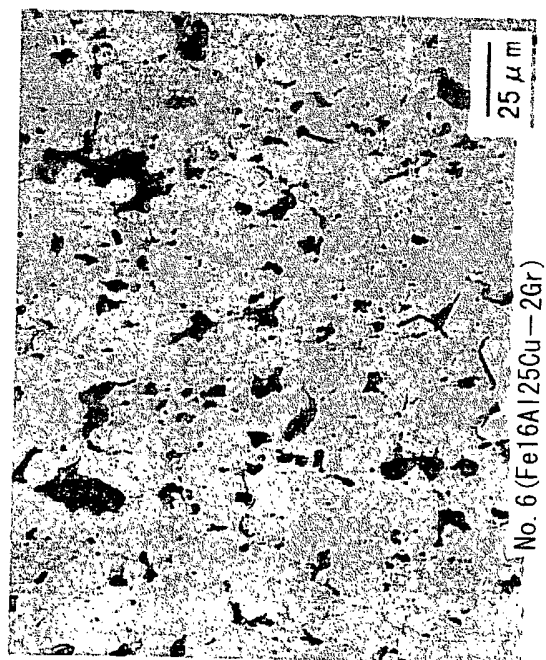
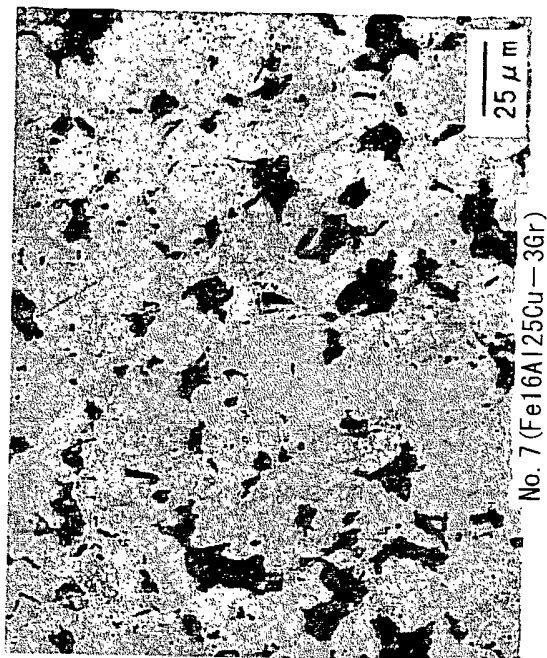
5/20

図 5



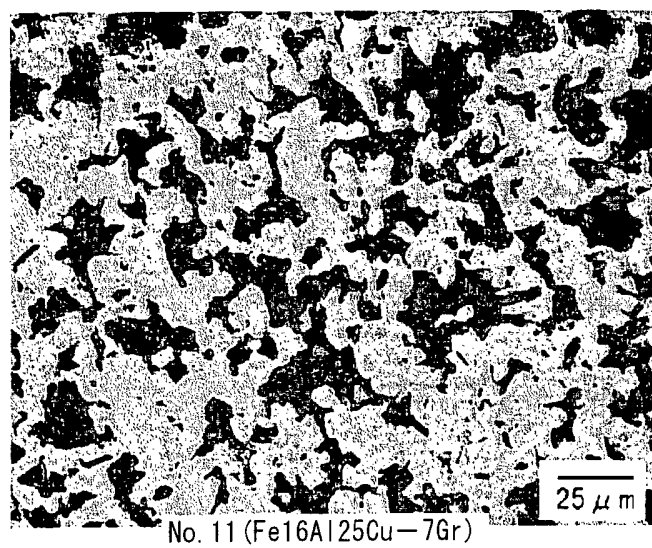
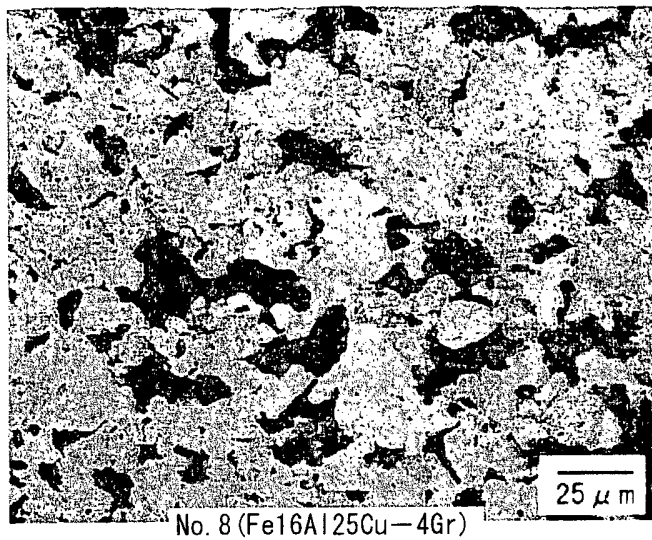
6/20

図 6



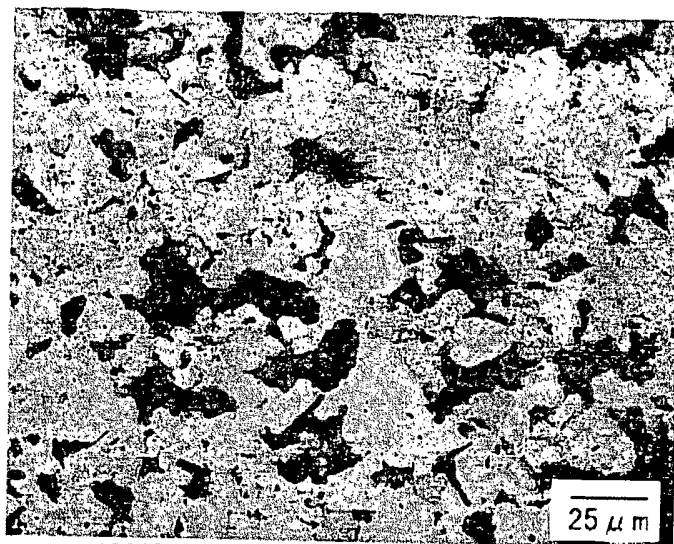
7/20

図 7

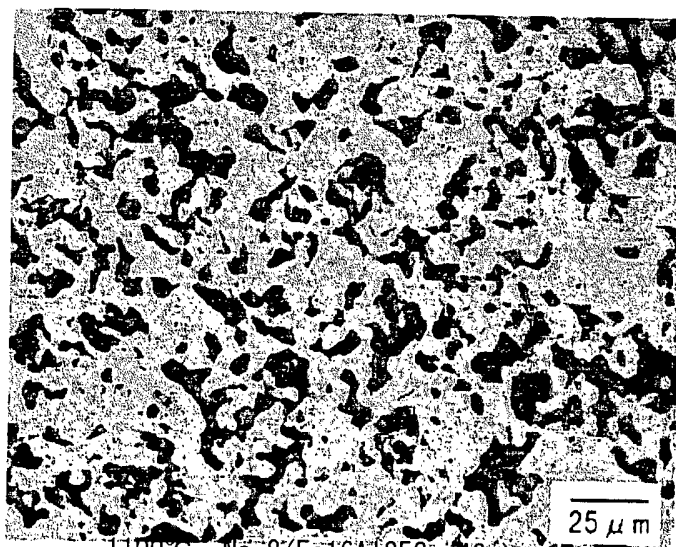


8/20

図 8



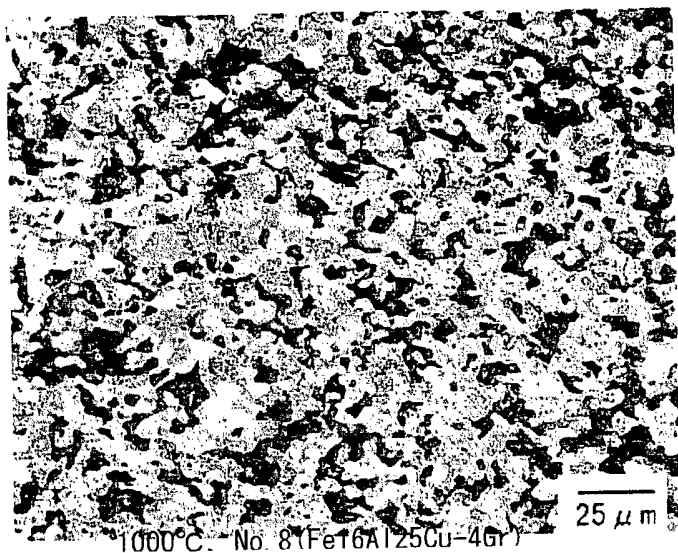
1200°C、No. 8 (Fe16Al25Cu-4Gr)



1100°C、No. 8 (Fe16Al25Cu-4Gr)

9/20

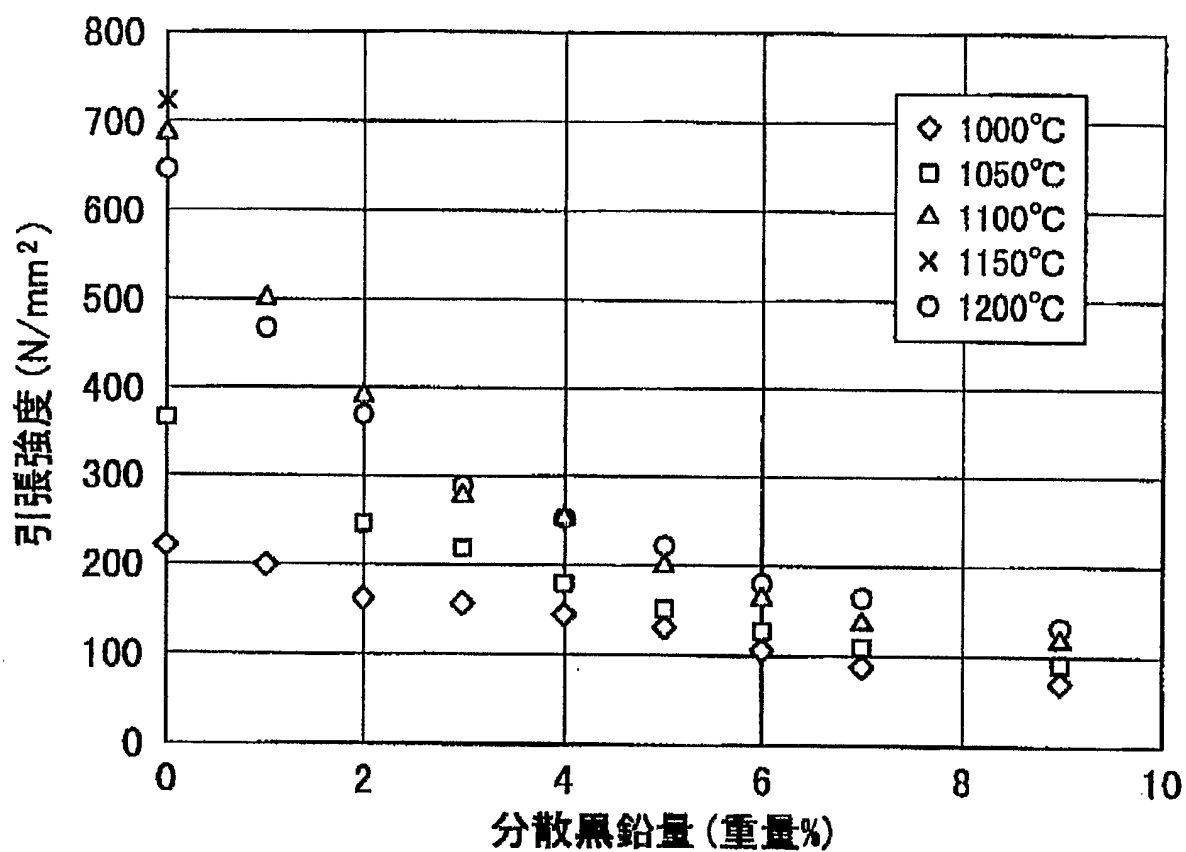
図 9



10/20

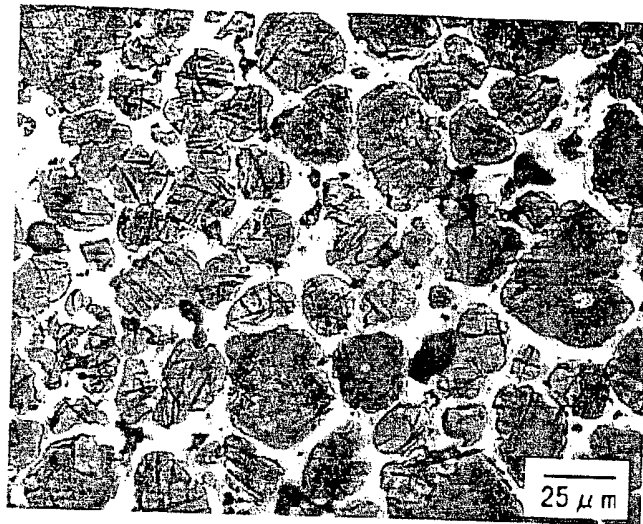
図 10

黒鉛分散量と引張強度



11/20

図 1 1

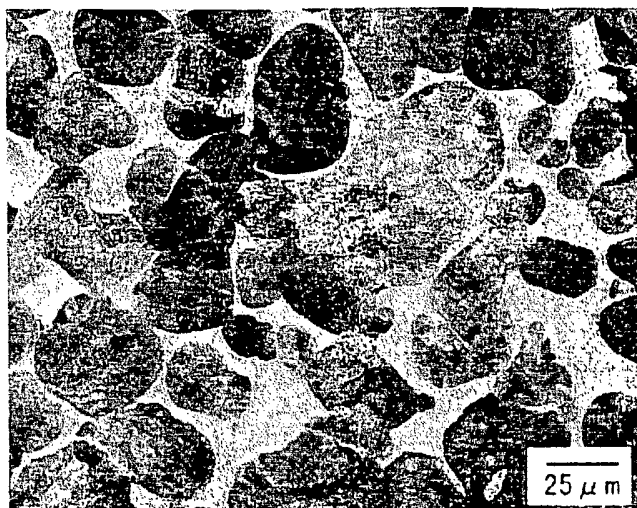


No. 15 (Fe-63Fe16Al-25Cu-1.2C, 1200°C)
(Fe-10Al-25Cu-1.2C)

12/20

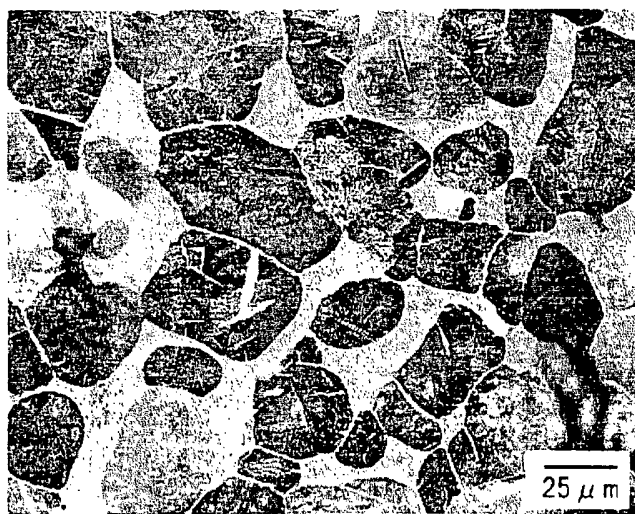
図 1 2

(a)



No. 18 (Fe-30Cu-0.6C、1200°C)
(Fe-30Cu-0.6C)

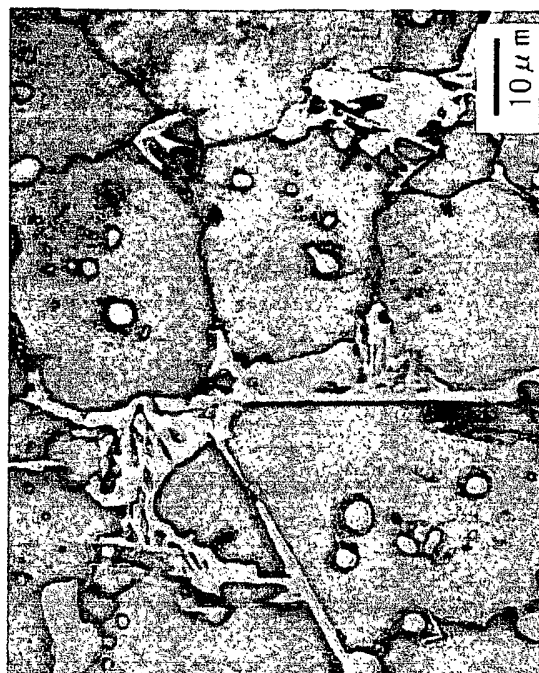
(b)



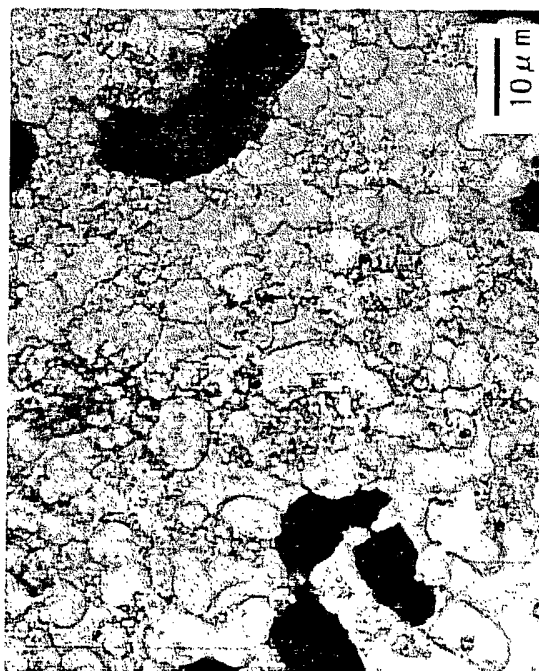
No. 19 (Fe-30Cu-1.2C、1200°C)
(Fe-30Cu-1.2C)

13/20

図 13



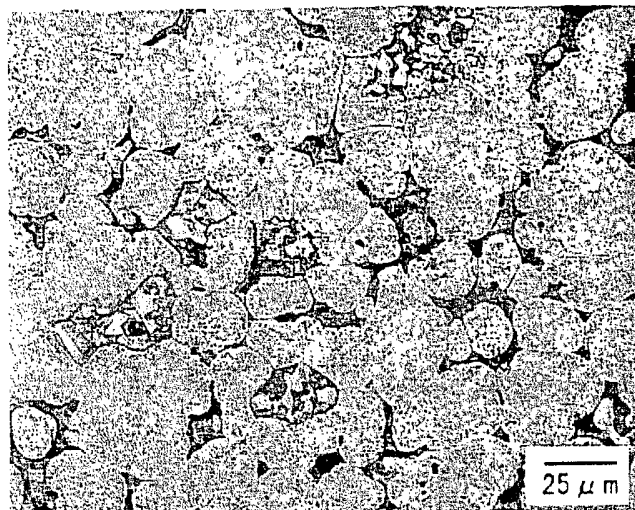
No. 53



No. 52

14/20

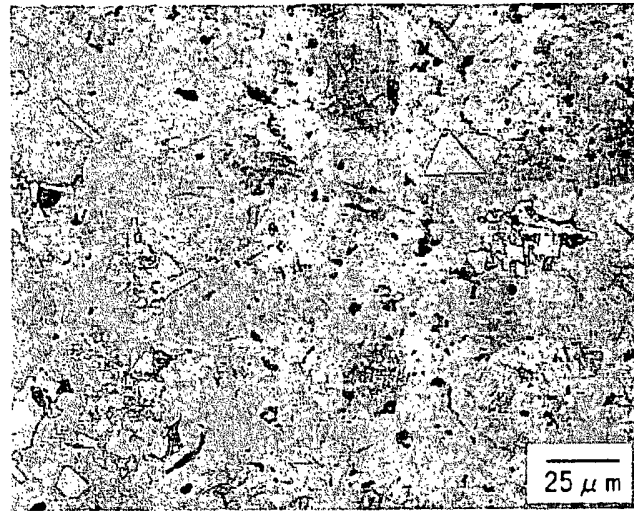
図 14



No. 38 (Fe16Al25Cu-10Cu-9Mo、1200°C)
(Fe-13Al-30Cu-9Mo)

15/20

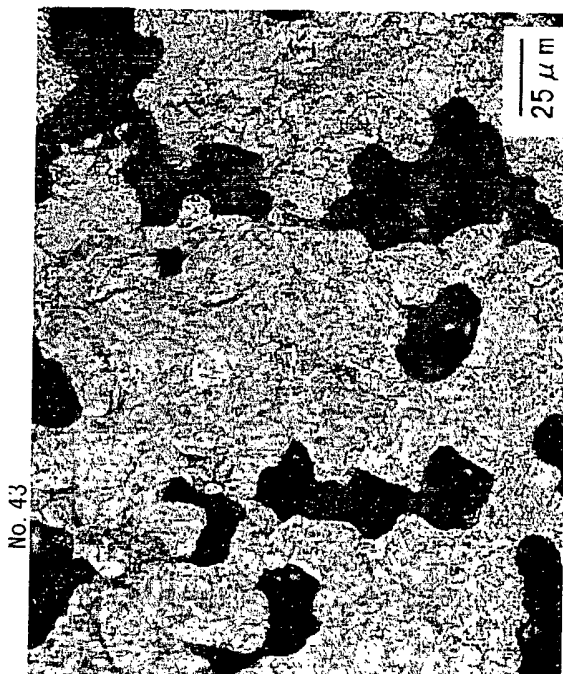
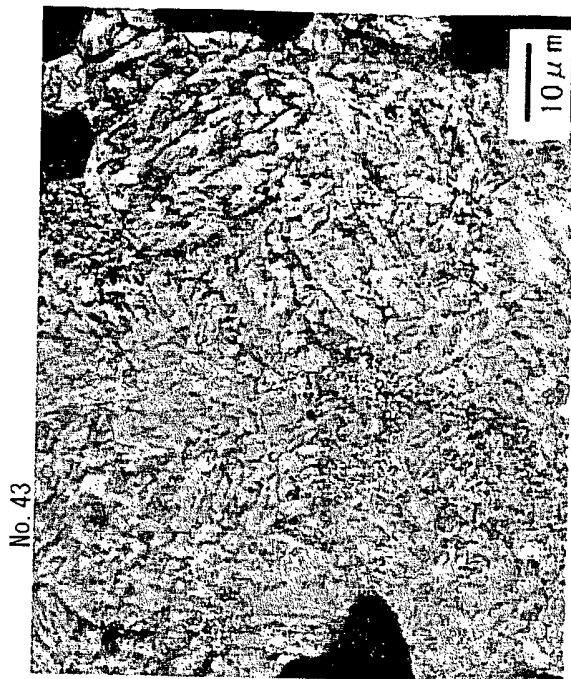
図 15



No. 39 (Fe16Al25Cu-10Cu-4.5Ni-4.5Mo, 1200°C)
(Fe-13Al-30Cu-4.5Ni-4.5Mo)

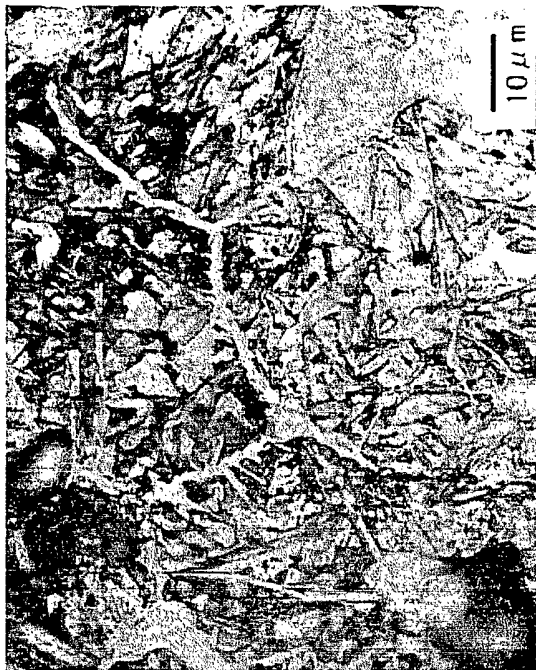
16/20

図 16



17/20

図 17



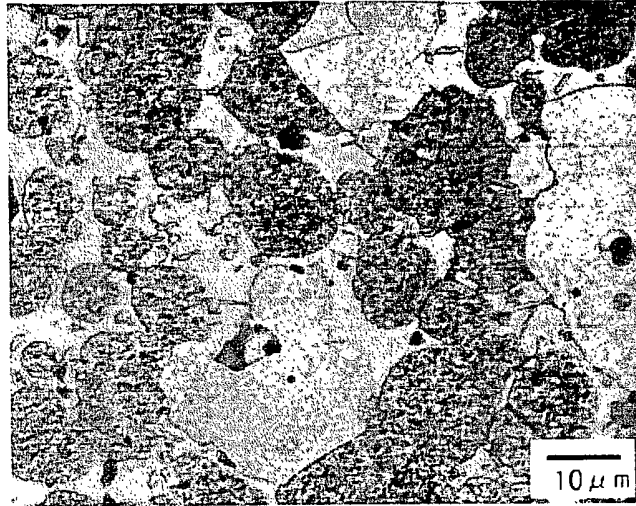
No. 45



No. 45

18/20

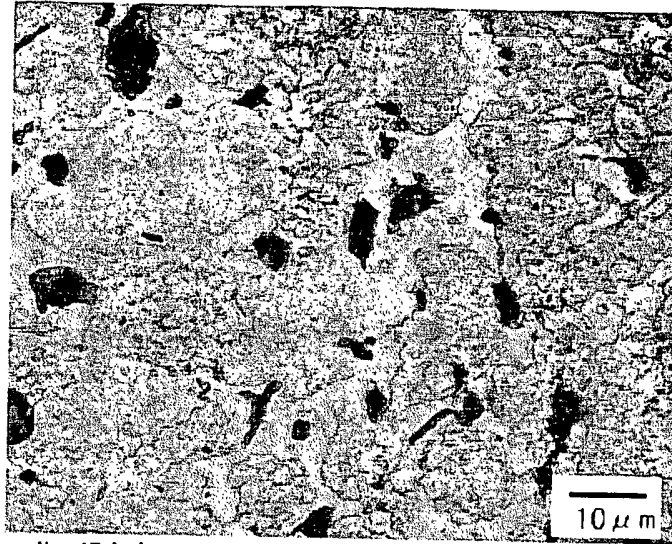
図 18



No. 48合金の1150℃、1hrでの焼結組織

19/20

図 19



No. 47合金の1150℃、1hrでの焼結組織

20/20

図 2 0

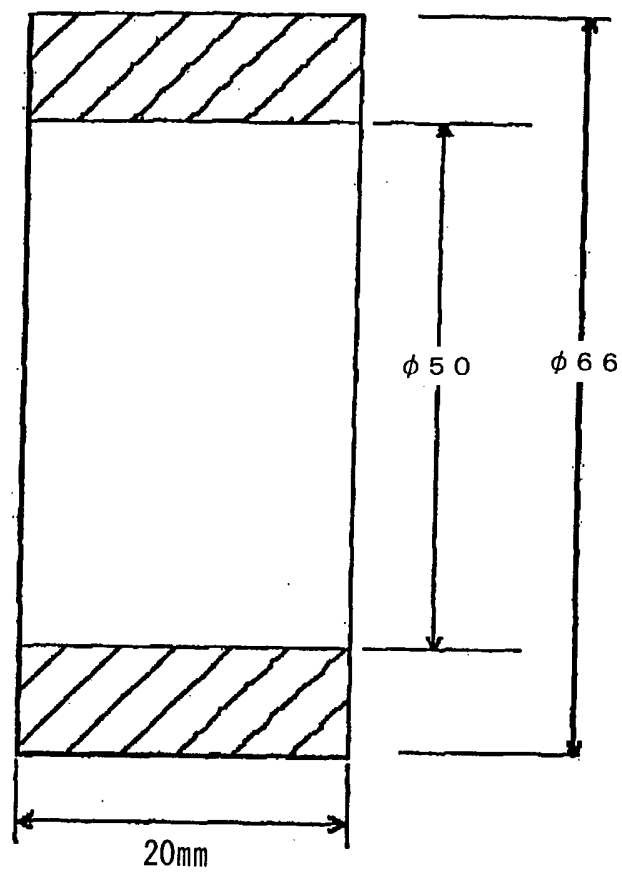
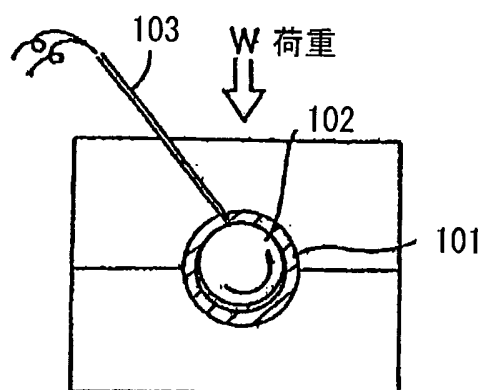


図 2 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/301710

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER C22C38/00 (2006.01), B22F3/10 (2006.01), B22F7/04 (2006.01), C22C33/02 (2006.01), F16C33/12 (2006.01), F16C33/14 (2006.01) 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) C22C38/00 (2006.01), B22F3/10 (2006.01), B22F7/04 (2006.01), C22C33/02 (2006.01), F16C33/12 (2006.01), F16C33/14 (2006.01) 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 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) WPI		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-342700 A (Komatsu Ltd.), 03 December, 2003 (03.12.03), Full text (Family: none)	1-42
Y	JP 2002-180216 A (Komatsu Ltd.), 26 June, 2002 (26.06.02), Full text & US 2002/172836 A1	1-42
Y	JP 4-259351 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 14 September, 1992 (14.09.92), Full text & EP 499392 B1 & US 5158601 A	1-42
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 25 April, 2006 (25.04.06)		Date of mailing of the international search report 02 May, 2006 (02.05.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/301710

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-346183 A (Mitsubishi Materials Corp.), 20 December, 1994 (20.12.94), Full text (Family: none)	1-42
A	JP 11-229001 A (Kawasaki Steel Corp.), 24 August, 1999 (24.08.99), Full text (Family: none)	1-42
A	WO 02/70762 A1 (Kiyohito ISHIDA), 12 September, 2002 (12.09.02), Full text & EP 1375689 A1 & US 2004/108597 A1	1-42

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. C22C38/00(2006.01), B22F3/10(2006.01), B22F7/04(2006.01), C22C33/02(2006.01), F16C33/12(2006.01), F16C33/14(2006.01)											
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. C22C38/00(2006.01), B22F3/10(2006.01), B22F7/04(2006.01), C22C33/02(2006.01), F16C33/12(2006.01), F16C33/14(2006.01)											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2006年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2006年	日本国実用新案登録公報	1996-2006年	日本国登録実用新案公報	1994-2006年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2006年										
日本国実用新案登録公報	1996-2006年										
日本国登録実用新案公報	1994-2006年										
国際調査で利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） WPI											
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 請求の範囲の番号									
Y	JP 2003-342700 A（株式会社小松製作所） 2003.12.03, 全文（ファミリーなし）	1-42									
Y	JP 2002-180216 A（株式会社小松製作所） 2002.06.26, 全文 & US 2002/172836 A1	1-42									
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ 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 25.04.2006		国際調査報告の発送日 02.05.2006									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 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） 蛭田 敦	4K 3237								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3435									

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 請求の範囲の番号
Y	JP 4-259351 A (日産自動車株式会社) 1992.09.14, 全文 & EP 499392 B1 & US 5158601 A	1-42
Y	JP 6-346183 A (三菱マテリアル株式会社) 1994.12.20, 全文 (ファミリーなし)	1-42
A	JP 11-229001 A (川崎製鉄株式会社) 1999.08.24, 全文 (ファミリーなし)	1-42
A	WO 02/70762 A1 (石田清仁) 2002.09.12, 全文 & EP 1375689 A1 & US 2004/108597 A1	1-42