

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6431012号  
(P6431012)

(45) 発行日 平成30年11月28日(2018.11.28)

(24) 登録日 平成30年11月9日(2018.11.9)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>C 2 2 C</b>	<b>33/02</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	33/02	A
<b>B 2 2 F</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 2 F	1/00	U
<b>B 2 2 F</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 2 F	3/10	E
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/00</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	38/00	3 0 4
<b>C 2 2 C</b>	<b>38/22</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	38/22	

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-181562 (P2016-181562)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成28年9月16日(2016.9.16)	(73) 特許権者	000220435 株式会社ファインシンター 愛知県春日井市明知町西之洞1189番地 11
(65) 公開番号	特開2018-44226 (P2018-44226A)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
(43) 公開日	平成30年3月22日(2018.3.22)	(74) 代理人	100102576 弁理士 渡辺 敏章
審査請求日	平成30年1月12日(2018.1.12)	(74) 代理人	100129861 弁理士 石川 滝治
		(74) 代理人	100160668 弁理士 美馬 保彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法および耐摩耗性鉄基焼結合金

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

純鉄粉末、鉄合金粉末、銅粉末、および黒鉛粉末を含む混合粉末から、成形体を圧粉成形する成形工程と、

前記成形体を焼結する焼結工程と、を含む耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法であって、前記鉄合金粉末は、前記鉄合金粉末全体を100質量%としたときに、Cr:2.5~3.5質量%、Mo:0.4~0.6質量%、残部がFe及び不可避不純物からなり、前記混合粉末は、前記混合粉末全体を100質量%としたときに、前記鉄合金粉末が、15~40質量%であり、前記銅粉末が、1.2~1.8質量%であり、前記黒鉛粉末が、0.5~1.0質量%であり、残部が、純鉄粉末であり、

前記焼結工程において、前記純鉄粉末に由来する組織をフェライト組織およびパーライト組織が混合した組織にし、前記鉄合金粉末に由来する組織をマルテンサイト組織にすることを特徴とする耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法。

【請求項2】

前記焼結工程において、加熱温度を1050~1200とし、加熱時間を、10分間~60分間とした条件で、前記成形体を加熱し、

前記条件で加熱された前記成形体を、20/分~300/分の冷却速度で冷却することを特徴とする請求項1に記載の耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法。

**【請求項3】**

C : 0 . 5 ~ 1 . 0 質量%、Cr : 0 . 4 5 ~ 1 . 2 0 質量%、Mo : 0 . 0 7 5 ~ 0 . 2 0 0 質量%、Cu : 1 . 2 ~ 1 . 8 質量%であり、残部がFeおよび不可避不純物からなる耐摩耗性鉄基焼結合金であって、

前記耐摩耗性鉄基焼結合金には、マルテンサイト組織からなる硬質粒子が、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる鉄基地に分散しており、

前記Cおよび前記Cuは、前記鉄基地および前記硬質粒子に含有しており、

前記Crおよび前記Moは、少なくとも前記硬質粒子に含有しており、

前記硬質粒子は、前記耐摩耗性鉄基焼結合金の全体を100質量%としたときに、15 . 3 ~ 40 . 9 質量%含有していることを特徴とする耐摩耗性鉄基焼結合金。

10

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、焼結合金の耐摩耗性を向上させるに好適な硬質粒子を含有した耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法および耐摩耗性鉄基焼結合金に関する。

**【背景技術】****【0002】**

従来から、バルブシートなどには、鉄を基地とした焼結合金が適用されることがある。焼結合金には、耐摩耗性をさらに向上させるべく、硬質粒子を含有させることがある。硬質粒子を含有させる場合、硬質粒子に、黒鉛粒子および鉄粒子を混合して粉末とし、この混合した粉末から成形体に圧粉成形する。その後、成形体を加熱することにより、焼結して焼結合金とすることが一般的である。

20

**【0003】**

このような焼結合金の製造方法として、還元鉄粉をベースとして、黒鉛粉末、Mo粉末、Co粉末、Ni粉末、CaF粉末、を混合した混合粉末を成形体に圧粉成形し、成形体を焼結する焼結合金の製造方法が提案されている。この製造方法により製造された焼結合金は、オーステナイト組織、パーライト組織、およびフェライト組織からなるFe-C-Co-Niの基地に、FeMo合金からなる硬質粒子およびCaF<sub>2</sub>微細粒子を分散している(例えば、特許文献1参照)。

**【先行技術文献】**

30

**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開昭60-258450号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、特許文献1に記載の製造方法で製造された耐摩耗性鉄基焼結合金は、耐食性および耐摩耗性を確保するために、Ni、Coが添加されているが、これらの金属は、高価であるため、耐摩耗性鉄基焼結合金のコストが高くなってしまふ。

**【0006】**

40

本発明は、前記課題を鑑みてなされたものであり、これまでよりも安価に耐食性および耐摩耗性を向上させることができる耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法、および耐摩耗性鉄基焼結合金を提供することにある。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

発明者らは、鋭意検討を重ねた結果、CrおよびMoを、これまでよりも低い割合で含有した鉄合金粉末に着目した。このような鉄合金粉末と純鉄粉末とを用いることにより、焼結時には、純鉄粉末の組織を、鉄基地となる組織をフェライト組織およびパーライト組織が混合した組織にしつつ、CrおよびMoにより焼入れ性を高めた鉄合金粒子の組織を、鉄基地の組織よりも硬質のマルテンサイト組織に変態させることができると考えた。こ

50

れにより、マルテンサイト組織に変態した鉄合金粒子は、硬質粒子となって、これが焼結合金の耐摩耗性を向上させることができると考えた。さらに、焼結合金にCrおよびCuを添加することで、焼結合金の耐食性も向上させることができると考えた。

#### 【0008】

本発明はこのような考えに基づくものであり、本発明に係る耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法は、純鉄粉末、鉄合金粉末、銅粉末、および黒鉛粉末を含む混合粉末から、成形体を圧粉成形する成形工程と、前記成形体を焼結する焼結工程と、を含む耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法であって、前記鉄合金粉末は、前記鉄合金粉末全体を100質量%としたときに、Cr：2.5～3.5質量%、Mo：0.4～0.6質量%、残部がFe及び不可避不純物からなり、前記混合粉末は、前記混合粉末全体を100質量%としたときに、前記鉄合金粉末が、15～40質量%であり、前記銅粉末が、1.2～1.8質量%であり、前記黒鉛粉末が、0.5～1.0質量%であり、残りが、純鉄粉末であり、前記焼結工程において、前記純鉄粉末に由来する組織をフェライト組織およびパーライト組織が混合した組織にし、前記鉄合金粉末に由来する組織をマルテンサイト組織にすることを特徴とする。

10

#### 【0009】

本発明に係る耐摩耗性鉄基焼結合金は、C：0.5～1.0質量%、Cr：0.45～1.20質量%、Mo：0.075～0.200質量%、Cu：1.2～1.8質量%であり、残部がFeおよび不可避不純物からなる耐摩耗性鉄基焼結合金であって、前記耐摩耗性鉄基焼結合金には、マルテンサイト組織からなる硬質粒子が、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる鉄基地に分散しており、前記Cおよび前記Cuは、前記鉄基地および前記硬質粒子に含有しており、前記Crおよび前記Moは、少なくとも前記硬質粒子に含有しており、前記硬質粒子は、前記耐摩耗性鉄基焼結合金の全体を100質量%としたときに、15.3～40.9質量%含有していることを特徴とする。

20

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明によれば、これまでよりも安価に耐食性および耐摩耗性を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】実施例および比較例で使用した耐摩耗性試験の模式的概念図。

【図2】実施例および比較例で使用した被削性評価試験の模式的概念図。

【図3】実施例および比較例で使用した腐食性評価試験の模式的概念図。

【図4A】実施例1に係る焼結合金の組織写真。

【図4B】実施例2に係る焼結合金の組織写真。

【図5】実施例1～4および比較例1、2に係る、鉄合金粉末の添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の摩耗量比との関係を示したグラフ。

【図6】実施例1～4および比較例1に係る、鉄合金粉末の添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の腐食減量比との関係を示したグラフ。

【図7】実施例3～5および比較例3～5に係る、焼結合金のCuの添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の摩耗量比との関係を示したグラフ。

40

【図8】実施例3～5および比較例3に係る、焼結合金のCuの添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の腐食減量比との関係を示したグラフ。

【図9】実施例4～6および比較例6、7に係る、焼結合金のCの添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の摩耗量比との関係を示したグラフ。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

以下に、本発明の実施形態に係る耐摩耗性鉄基焼結合金（以下、焼結合金という）およびその製造方法を詳述する。

#### 【0013】

50

本実施形態に係る耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法は、純鉄粉末、鉄合金粉末、銅粉末、および黒鉛粉末を含む混合粉末から、成形体を圧粉成形する成形工程と、成形体を焼結する焼結工程と、を含む。以下に、鉄合金粉末、純鉄粉末、銅粉末、および黒鉛粉末の順に、これらを説明し、さらに、これらを混合した混合粉末、この混合粉末で圧粉成形された成形体、および成形体を焼結した焼結合金について説明する。

#### 【0014】

##### 1. 鉄合金粉末について

鉄合金粉末は、焼結時に、鉄合金粉末の組織である、フェライト組織、またはフェライト組織およびパーライト組織を混合した混合組織をマルテンサイト組織にし、焼結合金の鉄基地に対して硬度を高め、焼結合金のアブレッシブ摩耗を抑えることを目的とした粉末である。

10

#### 【0015】

鉄合金粉末は、鉄合金粉末全体を100質量%としたときに、Cr:2.5~3.5質量%、Mo:0.4~0.6質量%、残部がFe及び不可避不純物からなる。鉄合金粉末は、上述した組成を上述した割合に配合した溶湯を準備し、この溶湯を噴霧化するアトマイズ処理で製造することができる。また、別の方法としては、溶湯を凝固させた凝固体を機械的粉砕で粉末化してもよい。アトマイズ処理としては、ガスアトマイズ処理及び水アトマイズ処理のいずれであってもよいが、焼結性等を考慮すると丸みのある粒子が得られるガスアトマイズ処理がより好ましい。

#### 【0016】

ここで、上述した鉄合金粉末の組成の下限値及び上限値としては、後述する組成限定理由、更には、その範囲の中で、硬さ、固体潤滑性、密着性、又はコストなどを考慮して、適用される部材の各特性の重視度合に応じて適宜変更することができる。

20

#### 【0017】

##### 1-1. Cr:2.5~3.5質量%

鉄合金粉末にこのような範囲で含有したCrは、焼結時に、成形体に存在する、鉄合金粉末に由来した鉄合金粒子の焼入れ性を向上させ、焼結後に鉄基地に対して硬質である硬質粒子を担うマルテンサイト組織を鉄合金粒子に析出させることができる。また、Crは、焼結時に、鉄合金粒子にCr炭化物を生成し、焼結合金の耐摩耗性を向上させることができる。さらに、Crは、焼結合金の表面に不動体膜を形成し、焼結合金の耐食性を向上させることができる。

30

#### 【0018】

ここで、Crの含有量が2.5質量%未満である場合、Crの含有量が少な過ぎるため、上述した鉄合金粒子の焼入れ性が充分ではなく、焼結合金の耐食性も充分ではない。一方、Crの含有量が3.5質量%を超える場合、Crの含有量が多過ぎるため、鉄合金粉末の硬度が高くなり過ぎてしまい、混合粉末から成形体への成形性が低下する。これにより、焼結合金の密度が確保できず、焼結合金の耐摩耗性が低下することがある。このような観点から、Crの含有量は、2.8~3.2質量%であることがより好ましい。

#### 【0019】

##### 1-2. Mo:0.4~0.6質量%

鉄合金粉末にこのような範囲で含有したMoは、焼結時に、成形体に存在する、鉄合金粉末に由来した鉄合金粒子の焼入れ性を向上させ、焼結後に鉄基地に対して硬質である硬質粒子を担うマルテンサイト組織を鉄合金粒子に析出させることができる。また、Moは、焼結時に、鉄合金粒子にMo炭化物を形成し、焼結合金の耐摩耗性を向上させることができる。さらに、硬質粒子に固溶しているMoおよびMo炭化物は、焼結合金を使用する高温使用環境下において酸化し、Mo酸化皮膜を形成し、焼結合金に良好なる固体潤滑性を得ることができる。

40

#### 【0020】

ここで、Moの含有量が0.4質量%未満である場合、Moの含有量が少な過ぎるため、上述した鉄合金粒子の焼入れ性が充分ではなく、上述した固体潤滑性も十分に期待する

50

ことができない。一方、Moの含有量が0.6質量%を超える場合、Moの含有量が多過ぎるため、鉄合金粉末の硬度が高くなり過ぎてしまい、混合粉末から成形体への成形性が低下する。これにより、焼結合金の密度が確保できず、焼結合金の耐摩耗性が低下することがある。このような観点から、Moの含有量は、0.45～0.55質量%であることがより望ましい。

#### 【0021】

##### 1-3. 鉄合金粉末の粒径

鉄合金粉末の粒径としては、焼結合金の用途、種類などに応じて適宜選択できるが、鉄合金粉末の粒径は、20～180 $\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましく、さらに好ましくは、44～105 $\mu\text{m}$ の範囲にある。なお、本明細書でいう「粒径」は、JIS-Z8801に準拠して測定された粒径のことをいう。

10

#### 【0022】

ここで、鉄合金粉末の粒径が20 $\mu\text{m}$ 未満である場合には、その粒径が小さすぎるため焼結合金の耐摩耗性が損なわれることがある。一方、鉄合金粉末の粒径が180 $\mu\text{m}$ を超える場合には、その粒径が大きすぎるため焼結合金の被削性が低下することがある。

#### 【0023】

##### 2. 純鉄粉末について

焼結合金の鉄基地となる純鉄粉末は、純鉄からなる粉末で、純鉄は、Feが99質量%以上（より好ましくは、99.9質量%以上）、残部が不可避不純物からなる。純鉄粉末は、フェライト組織からなる粉末であり、焼結後に、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる鉄基地になる。純鉄粉末は、ガスアトマイズ粉、水アトマイズ粉または還元粉であってもよい。鉄粒子の粒径は、180 $\mu\text{m}$ 以下の範囲にあることが好ましい。

20

#### 【0024】

##### 3. 銅粉末について

銅粉末を構成するCuは、焼結時に溶融し、鉄基地および鉄合金粒子（硬質粒子）に、固溶拡散することにより、鉄基地の硬さを上昇させるとともに、焼結合金の耐食性を向上させるための元素である。本実施形態では、銅粉末は、純銅からなる粉末で、純銅は、Feが99質量%以上（より好ましくは、99.9質量%以上）、残部が不可避不純物からなる。銅粉末は、上述した純鉄粉末と同様の方法で製造することができる。銅粉末の粒径は、10～80 $\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましい。

30

#### 【0025】

##### 4. 黒鉛粉末について

黒鉛粉末を構成するCは、焼結時に鉄基地および鉄合金粒子（硬質粒子）に、固溶拡散することにより、これらの硬さを上昇させ、焼入れ性を高めるための元素である。黒鉛粉末は、天然黒鉛または人造黒鉛のいずれの黒鉛からなる粉末であってもよく、これらが混合したものであってもよい。黒鉛粉末の粒径は、1～45 $\mu\text{m}$ の範囲にあることが好ましい。好ましい黒鉛粒子からなる粉末としては、黒鉛粉末（日本黒鉛製：CPB-S）などを挙げることができる。

#### 【0026】

##### 5. 混合粉末の混合割合について

純鉄粉末、鉄合金粉末、銅粉末、および黒鉛粉末を含むように混合粉末を作製する。混合粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、鉄合金粉末が15～40質量%の範囲にあり、銅粉末が、1.2～1.8質量%の範囲にあり、黒鉛粉末が、0.5～1.0質量%の範囲にあり、残部が、純鉄粉末である。

40

#### 【0027】

##### 5-1. 鉄合金粉末：15～40質量%

鉄合金粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、15～40質量%の範囲にあるので、鉄合金粉末に由来するマルテンサイト組織からなる硬質粒子により、焼結合金の耐アブレシブ摩耗性を向上させることができる。また、鉄合金粉末に含有するCrに

50

より、焼結合金の耐食性を向上させることができる。より好ましくは、鉄合金粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、15～25質量%の範囲にある。

【0028】

鉄合金粉末が、混合粉末全体に対して、15質量%未満である場合、鉄合金粉末の割合が少な過ぎるため、焼結合金に含まれる、鉄合金粉末に由来する硬質粒子(マルテンサイト組織)の量が充分ではない。したがって、焼結合金の耐摩耗性が低下してしまう。鉄合金粉末の割合が少な過ぎることから、焼結合金中のCrの含有量も少なく、焼結合金の耐食性も充分ではない(例えば、後述する比較例1等参照)。

【0029】

一方、鉄合金粉末が、混合粉末全体に対して、40質量%を超えた場合、鉄合金粉末の割合が多過ぎるため、焼結合金中に含まれるマルテンサイト組織からなる硬質粒子の割合が増え過ぎ、被削性を低下してしまう(例えば、後述する比較例2等参照)。

【0030】

5-2. 銅粉末: 1.2～1.8質量%

銅粉末は、混合粉末全体に対して、1.2～1.8質量%の範囲にあるので、鉄基地の硬さを向上させ、焼結合金の耐食性を向上させることができる。より好ましくは、銅粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、1.4～1.6質量%の範囲にある。

【0031】

銅粉末が、混合粉末全体に対して、1.2質量%未満である場合、銅粉末の割合が少な過ぎるため、焼結合金の鉄基地の硬さを確保することができず、焼結合金に対して金属接触が生じた際に、鉄基地が塑性変形して、耷り取られ易く、凝着摩耗が発生することがある。また、銅による耐食性の効果が十分に得られず、焼結合金の耐食性が低下することがある(例えば、後述する比較例3等参照)。

【0032】

一方、銅粉末が、混合粉末全体に対して、1.8質量%を超えた場合、銅粉末の割合が多過ぎるため、高温使用環境下において、Cuにより焼結合金の表面にMo酸化皮膜等が形成され難くなり、焼結合金に対して金属接触が生じた際に、凝着摩耗が発生し、耐摩耗性が低下する(例えば、後述する比較例4、5等参照)。

【0033】

5-3. 黒鉛粉末: 0.5～1.0質量%

黒鉛粉末は、混合粉末全体に対して、0.5～1.0質量%含有しているため、鉄基地の硬さを向上させ、焼結時の焼入れ性を向上させることができ、焼結合金の耐摩耗性を高めることができる。より好ましくは、黒鉛粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、0.8～0.9質量%の範囲にある。

【0034】

黒鉛粉末が、混合粉末全体に対して、0.5質量%未満である場合、黒鉛粉末の割合が少な過ぎるため、焼結合金の鉄基地には、フェライト組織が多くなり、焼結合金の硬さが低くなる。これにより、焼結合金の耐摩耗性が低下してしまう(例えば、後述する比較例6等参照)。

【0035】

一方、黒鉛粉末が、混合粉末全体に対して1.0質量%を超えた場合、黒鉛粉末の割合が多過ぎるため、焼結合金にCr炭化物およびMo炭化物が多く生成されることになり、焼結合金の耐食性が低下してしまう(例えば、後述する比較例7等参照)。

【0036】

6. 耐摩耗性鉄基焼結合金の製造方法について

このようにして、得られた混合粉末を、金型を用いて成形体に圧粉成形する。成形体には、混合粉末と同じ割合で、純鉄粉末、鉄合金粉末、銅粉末、および黒鉛粉末が含まれる。次に、成形体を焼結する(焼結工程)。

【0037】

具体的には、焼結工程において、加熱温度を1050～1200とし、加熱時間を

10

20

30

40

50

、10分間～60分間とした条件で、成形体を加熱し、前記条件で加熱された成形体を、20 /分～300 /分の冷却速度で冷却する。焼結雰囲気としては、不活性ガス雰囲気などの非酸化性雰囲気であってもよく、非酸化性雰囲気としては、窒素ガス雰囲気、アルゴンガス雰囲気、または減圧された雰囲気（真空に近い雰囲気）を挙げることができる。

【0038】

これにより、炭素および銅が、純鉄粉末に由来する成形体の純鉄粒子、および鉄合金粉末に由来する成形体の鉄合金粒子に、固溶拡散する。ここで、鉄合金粒子は、CrおよびMoを僅かに含んでいるので、純鉄粒子に比べて、焼入れ性が高い。

【0039】

したがって、成形体を加熱後、これを冷却する際に、純鉄粒子の組織をフェライト組織およびパーライト組織が混合した組織に変態させ、鉄合金粉末に由来する鉄合金粒子の組織をマルテンサイト組織に変態させることができる。

【0040】

なお、本実施形態では、純鉄粉末の組織は、加熱前にはフェライト組織であり、合金粉末の組織は、加熱前にはフェライト組織、またはフェライト組織とパーライト組織の混合組織であり、焼結時の加熱状態において、これらは、オーステナイト組織に変態する。その後、加熱された成形体（焼結合金）を冷却する際に、これらは、上述した組織に変態する。

【0041】

このようにして、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる純鉄粒子は、焼結合金の鉄基地となる。一方、マルテンサイト組織からなる鉄合金粒子は、焼結合金に含まれる硬質粒子となる。ここで、硬質粒子は、鉄基地よりも硬質な粒子である。

【0042】

ここで、焼結工程において、加熱温度が1050 未満である場合、Cuが液相状態とならず、未溶融のCuが焼結合金に残存するおそれがあり、加熱温度が1200 を超えた場合、焼結途中の成形体が溶融するおそれがある。

【0043】

また、焼結工程において、加熱時間が10分間未満である場合、成形体の焼結が不十分なことがあり、焼結時間が60分間を超えた場合、焼結性の効果はそれ以上認められず、各組織の結晶粒が成長してしまい、焼結合金の強度が低下してしまうことがある。

【0044】

焼結工程において、冷却速度が20 /分未満である場合、鉄合金粒子の組織が、マルテンサイト組織に変態し難く、焼結合金の耐摩耗性が低下するおそれがある。一方、冷却速度が300 /分を超えた場合、鉄基地となる純鉄粒子の組織も、マルテンサイト組織に変態するおそれがあり、焼結合金の被削性が低下してしまう。

【0045】

7. 耐摩耗性鉄基焼結合金について

このようにして得られた焼結合金は、焼結合金全体を100質量%としたときに、C：0.5～1.0質量%、Cr：0.45～1.20質量%、Mo：0.075～0.20質量%、Cu：1.2～1.8質量%であり、残部がFeおよび不可避不純物からなる。また、焼結合金には、マルテンサイト組織からなる硬質粒子が、フェライト組織およびパーライト組織からなる鉄基地に分散している。CおよびCuは、鉄基地および硬質粒子に含有しており、CrおよびMoは、少なくとも硬質粒子に含有している。ここで、CrおよびMoの大半は、硬質粒子内またはその界面に存在し、僅かな量のCrおよびMoが、鉄基地の界面近傍に存在する。硬質粒子は、焼結合金の全体を100質量%としたときに、15.3～40.9質量%含有している。

【0046】

7-1. C：0.5～1.0質量%

焼結合金に含有するCを0.5～1.0質量%にすることにより、焼結合金の耐摩耗性

10

20

30

40

50

を高めることができる。Cの含有量が0.5質量%未満である場合、鉄基地の炭素含有量が少ないため、フェライト組織が多くなり、焼結合金の耐摩耗性が低下してしまう。一方、Cの含有量が1.0質量%を超えた場合、焼結合金にCr炭化物およびMo炭化物が多く存在することになり、焼結合金の耐食性が低下してしまう。より好ましくは、焼結合金を100質量%としたときに、Cの含有量は、0.8~0.9質量%である。

【0047】

7-2. Cr: 0.45~1.20質量%

焼結合金に含有するCrを0.45~1.20質量%にすることにより、焼結合金の耐摩耗性および耐食性を高めることができる。Crの含有量が0.45質量%未満である場合には、Crの含有量が少な過ぎるため、Crによる耐摩耗性および耐食性の効果を十分に発揮することができないことがある。一方、Crの含有量が1.20質量%を超えた場合、Crの含有量が多過ぎるため、焼結合金の被削性が低下してしまうことがある。より好ましくは、焼結合金を100質量%としたときに、Crの含有量は、0.5~1.0質量%である。

10

【0048】

7-3. Mo: 0.075~0.200質量%

焼結合金に含有するMoを0.075~0.200質量%にすることにより、焼結合金の耐摩耗性および耐食性を高めることができる。Moの含有量が、0.075質量%未満である場合、Moの含有量が少な過ぎるため、Mo炭化物による耐摩耗性を十分に発揮できないことがあり、高温使用環境下におけるMo酸化物による固体潤滑性も十分に発揮できないことがある。一方、Moの含有量が0.200質量%を超えた場合、Moの含有量が多過ぎるため、焼結合金の耐摩耗性が低下することがある。より好ましくは、焼結合金を100質量%としたときに、Moの含有量は、0.084~0.1833質量%である。

20

【0049】

7-4. Cu: 1.2~1.8質量%

焼結合金に含有するCuを1.2~1.8質量%にすることにより、鉄基地の硬さを向上させ、焼結合金の耐食性を向上させることができる。Cuの含有量が、1.2質量%未満である場合、Cuの含有量が少な過ぎるため、焼結合金の鉄基地の硬さを確保することができず、焼結合金に対して金属接触が生じた際に、鉄基地が塑性変形して、耂り取られ易く、凝着摩耗が発生することがある。また、焼結合金の耐食性が低下することがある。一方、Cuの含有量が、1.8質量%を超えた場合、Cuの含有量が多過ぎるため、高温使用環境下において、Cuにより焼結合金の表面にMo酸化皮膜等が形成され難くなり、焼結合金に対して金属接触が生じた際に、凝着摩耗が発生し、耐摩耗性が低下する。より好ましくは、焼結合金を100質量%としたときに、Cuの含有量は、1.4~1.6質量%の範囲にある。

30

【0050】

7-5. 硬質粒子: 15.3~40.9質量%

上述した組成を前提に、焼結合金には、マルテンサイト組織からなる硬質粒子が、フェライト組織およびパーライト組織からなる鉄基地に分散している。上述したように、硬質粒子は、鉄合金粉末(成形体の鉄合金粒子)に由来し、マルテンサイト組織からなる粒子のことである。なお、鉄基地は、純鉄粉末(成形体の純鉄粒子)に由来し、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる基地のことである。なお、硬質粒子は、マルテンサイト組織からなるため、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織からなる鉄基地よりも、硬質である。

40

【0051】

焼結合金に含有する硬質粒子を、焼結合金全体に対して15.3~40.9質量%含有することにより、焼結合金の耐摩耗性を確保しつつ、焼結合金の被削性を確保することができる。焼結合金に含有する硬質粒子が、焼結合金全体に対して15.3質量%未満である場合、硬質粒子が少な過ぎるため、焼結合金の耐摩耗性が低下してしまう。一方、硬質

50

粒子が、混合粉末全体に対して40.9質量%を超えた場合、硬質粒子の割合が多過ぎるため、焼結合金中に含まれるマルテンサイト組織からなる硬質粒子の割合が増え、焼結合金の被削性を低下してしまう。より好ましくは、鉄合金粉末は、焼結合金を100質量%としたときに、15.3~25.5質量%の範囲にある。

【0052】

#### 8. 耐摩耗性鉄基焼結合金の適用

上述した製造方法で得られた焼結合金は、高温使用環境下における機械的強度および耐摩耗性がこれまでのものよりも高い。例えば、高温の使用環境下となる、圧縮天然ガスまたは液化石油ガスを燃料とする内燃機関のバルブ系（例えばバルブシート、バルブガイド）、ターボチャージャのウェストゲートバルブに好適に用いることができる。

10

【0053】

例えば、焼結合金で、内燃機関の排気弁のバルブシートを形成した場合、バルブシートとバルブとの接触時の凝着摩耗と、双方の摺動時のアプレッシブ摩耗とが混在した摩耗形態が発現したとしても、これらのバルブシートの耐摩耗性を、従来のものと比べてより一層向上させることができる。特に、圧縮天然ガスまたは液化石油ガスを燃料とした使用環境下では、Mo酸化皮膜が形成され難いが、このような環境下であっても、前記凝着摩耗を低減することができる。

【実施例】

【0054】

以下に、本発明を具体的に実施した実施例について比較例と共に説明する。

20

〔実施例1：鉄合金粉末の最適値（下限値）〕

以下に示す製造方法で、実施例1に係る焼結合金を製造した。純鉄粉末としてアトマイズ鉄粉（ヘガネス社製：ASC100.29）を準備した。純鉄粉末の粒径は、20~180 $\mu$ mである。鉄合金粉末として、鉄合金粉末全体を100質量%としたときに、Cr：3.0質量%、Mo：0.5質量%、残部がFe及び不可避不純物（Fe-3.0Cr-0.5Mo）からなり、アトマイズ法により製造された鉄合金粉末（ヘガネス社製）を準備した。鉄合金粉末の粒径は、180 $\mu$ m以下である。さらに銅粉末（福田金属箔粉工業社製：CE-20-NP）と、黒鉛粉末（日本黒鉛工業製：CPB-S）を準備した。

【0055】

これらの粉末から表1に示す割合で混合し、混合粉末を作製した。具体的には、混合粉末は、混合粉末全体を100質量%としたときに、鉄合金粉末を15質量%、銅粉末を1.5質量%、黒鉛粉末を0.7質量%、残りを純鉄粉末（具体的には82.8質量%）とした割合で、V型混合器で30分間混合することにより作製した。

30

【0056】

次に、成形型を用い、得られた混合粉末を、後述する各試験に依りて、784MPaの加圧力でリング形状をなす試験片（成形体）に圧粉成形した。圧粉成形体を1120の不活性雰囲気（窒素ガス雰囲気）中で60分間、加熱し、冷却速度を、50/分で冷却することにより焼結し、実施例1に係る焼結合金の試験片を作製した。

【0057】

〔実施例2：鉄合金粉末の最適値（上限値）〕

40

実施例1と同じように焼結合金の試験片を作製した。実施例2は、鉄合金粉末の最適値を評価するための実施例である。実施例2が、実施例1と相違する点は、表1に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して、40質量%の割合で添加した点である。

【0058】

〔実施例3、4：銅粉末の最適値〕

実施例1と同じように焼結合金の試験片を作製した。実施例3、4は、銅粉末の最適値を評価するための実施例である。実施例3、4が、実施例1と相違する点は、表1に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して、20質量%の割合で添加した点である。さらに、実施例3、4が、実施例1と相違する点は、表1に示すように、銅粉末を、混合粉末全体に対して、順次1.2質量%、1.8質量%の割合で添加した点である。

50

## 【 0 0 5 9 】

〔実施例 5、6：黒鉛粉末の最適質量〕

実施例 1 と同じように焼結合金の試験片を作製した。実施例 5、6 は、黒鉛粉末の最適質量を評価するための実施例である。実施例 5、6 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して、20 質量%の割合で添加した点である。さらに、実施例 5、6 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、黒鉛粉末を、混合粉末全体に対して、順次 0.5 質量%、1.0 質量%の割合で添加した点である。

## 【 0 0 6 0 】

〔比較例 1、2：鉄合金粉末の最適質量の比較例〕

実施例 1 と同じように焼結合金の試験片を作製した。比較例 1、2 は、鉄合金粉末の最適添加量を評価するための比較例である。比較例 1、2 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して、順次、5 質量%、60 質量%の割合で添加した点である。

10

## 【 0 0 6 1 】

〔比較例 3～5：銅粉末の最適質量の比較例〕

実施例 1 と同じように焼結合金の試験片を作製した。比較例 3～5 は、銅粉末の最適添加量を評価するための比較例である。比較例 3～5 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して、20 質量%の割合で添加した点である。さらに、比較例 3～5 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、銅粉末を、混合粉末全体に対して、順次 0.5 質量%、3.0 質量%、9.0 質量%の割合で添加した点である。

20

## 【 0 0 6 2 】

〔比較例 6、7：黒鉛粉末の最適質量の比較例〕

実施例 1 と同じように焼結合金の試験片を作製した。比較例 6、7 は、黒鉛粉末の最適添加量を評価するための比較例である。比較例 6、7 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、鉄合金粉末を、混合粉末全体に対して 20 質量%の割合で添加した点である。比較例 6、7 が、実施例 1 と相違する点は、表 1 に示すように、黒鉛粉末を、混合粉末全体に対して、順次 0.3 質量%、1.5 質量%の割合で添加した点である。

## 【 0 0 6 3 】

〔比較例 8〕

実施例 1 と同じように焼結合金の試験片を作製した。比較例 8 が、実施例 1 と相違する点は、混合粉末に対して、鉄合金粉末 (Fe - 75 Mo) を 10 質量%、コバルト粉末を 6.0 質量%、ニッケル粉末を 6.0 質量%、黒鉛粉末を 0.5 質量%、残りを純鉄粉とした割合で、混合粉末を用いた点である。なお、鉄合金粉末 (Fe - 75 Mo) は、鉄合金粉末全体に対して、75 質量%の Mo を含有した粉末である。比較例 8 は、従来の製造されている焼結合金である。

30

## 【 0 0 6 4 】

&lt;耐摩耗性試験&gt;

図 1 に示す試験機を用いて、実施例 1～6 および比較例 1～8 に係る焼結合金のバルブシートの試験片に対して耐摩耗性試験を行い、これらの耐摩耗性を評価した。この試験では、図 1 に示すように、プロパンガスバーナ 10 を加熱源として用い、焼結合金からなるリング形状のバルブシート (試験片) 12 と、バルブ 13 のバルブフェース 14 との摺動部をプロパンガス燃焼雰囲気とした。バルブフェース 14 は SUH3 (SEA 規格) に窒化処理を行ったものである。バルブシート 12 の表面温度を 200 に制御し、スプリング 16 によりバルブシート 12 とバルブフェース 14 との接触時に 25 kgf の荷重を付与して、3250 回/分の割合で、バルブシート 12 とバルブフェース 14 とを接触させ、8 時間の摩耗試験を行った。摩耗試験後のバルブシート 12 とバルブフェース 14 の軸方向の摩耗深さの総量を、軸方向摩耗量 (摩耗量) として測定した。この結果を表 1 に示す。なお、表 1 では、実施例 1～6 および比較例 1～7 に対して、比較例 8 の摩耗量を基準とした摩耗量比を算出した。

40

50

## 【 0 0 6 5 】

図5は、実施例1～4および比較例1、2に係る、鉄合金粉末の添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の摩耗量比との関係を示したグラフである。図7は、実施例3～5および比較例3～5に係る、焼結合金のCuの添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の摩耗量比との関係を示したグラフである。

## 【 0 0 6 6 】

## &lt; 被削性評価試験 &gt;

図2に示す試験機を用いて、実施例1～6および比較例1～8に係る焼結合金の試験片に対して被削性評価試験を行い、これらの被削性を評価した。この試験では、外径30mm、内径22mm、全長9mmの試験片21を実施例1～6および比較例1～8のそれぞれに対して6個準備した。NC旋盤を用いて、窒化チタンアルミコーティングした超硬の刃具22で、回転数970rpmで回転した試験片21に対して、切込み量0.3mm、送り0.08mm/rev、切削距離320m、湿式でトラバース切削した。その後、光学顕微鏡により、刃具22の逃げ面の最大摩耗深さを刃具摩耗量として測定した。この結果を、この結果を表1に示す。

10

## 【 0 0 6 7 】

## &lt; 腐食性評価試験 &gt;

図3に示す試験機を用いて、実施例1～6および比較例1、3、6～8に係る焼結合金の試験片に対して腐食性評価試験を行い、これらの腐食性を評価した。具体的には、実施例1～6および比較例1、3、6～8毎に、外径29.21mm、内径20mm、長さ6.5mmのリング状の試験片31を準備した。図3に示すように、準備した試験片31を梁33に吊るし、梁33に吊るした状態で、試験片31を容器32内の腐食液L(pH2.62)に浸漬し、容器32をカバー34で覆った。浸漬条件を1時間、70の条件とし、この条件で浸漬後、試験片31を15分間、大気中に放置した。試験片を、腐食液に浸漬してから大気中に放置するまでを1サイクルとして、各試験片に対して25サイクル行った。25サイクル実施前と実施後の重量変化を測定し、これを腐食減量とした。なお、表1では、実施例1～6および比較例1、3、6、7に対して、比較例8の腐食減量を基準とした腐食減量比を算出した。この結果を表1に示す。

20

## 【 0 0 6 8 】

なお、図6は、実施例1～4および比較例1に係る、鉄合金粉末の添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の腐食減量比との関係を示したグラフである。図8は、実施例3～5および比較例3に係る、焼結合金のCuの添加量と、比較例8を基準とした焼結合金の腐食減量比との関係を示したグラフである。図9は、実施例4～6および比較例6、7に係る、焼結合金のCの添加量と焼結合金の、比較例8を基準とした摩耗量比との関係を示したグラフである。

30

## 【 0 0 6 9 】

## &lt; 組織観察と硬質粒子の割合 &gt;

実施例1および2の試験片の組織写真を顕微鏡で観察した。この結果、図4Aおよび図4Bに示す。図4Aは、実施例1に係る焼結合金の組織写真であり、図4Bは、実施例2に係る焼結合金の組織写真である。図4Aおよび図4Bから、焼結合金には、マルテンサイト組織(写真の黒色部分)からなる硬質粒子が分散していることが分かった。また、鉄基地の組織は、フェライト組織およびパーライト組織が混合した組織(写真の灰色および白色部分)であった。

40

## 【 0 0 7 0 】

上述したように、鉄合金粉末は、焼入れ性を高めるべく、CrおよびMoを含有させたため、硬質粒子は鉄合金粉末に由来している。さらに、CuおよびCは、焼結時に焼結合金に均一に分散しており、CrおよびMoは合金化して鉄合金粒子に保持されることから、以下のようにして算出した。

## 【 0 0 7 1 】

まず、混合粉末に添加した純鉄粉末の割合(質量%)と鉄合金粉末の割合(質量%)と

50

の合計に対する鉄合金粉末の割合（質量％）の比を算出した。次に、この比に、混合粉末に添加した銅粉末の割合（質量％）と黒鉛粉末の割合（質量％）の合計を乗じて、鉄合金粒子に拡散するCuおよびCの割合（質量％）を算出した。鉄合金粒子の割合（質量％）に、これに拡散するCuおよびCの割合（質量％）を加えた値を、焼結合金に対する硬質粒子の割合（質量％）とした。この結果を表1に示す。

【0072】

これらの混合粉末に添加された各粉末の割合から、焼結合金に含まれる各成分を算出した。この結果を表1に示す。表1から明らかなように、実施例1～6に係る焼結合金の各成分の含有量は、本発明に係る焼結合金の各成分の含有量の範囲（C：0.5～1.0質量％、Cr：0.45～1.20質量％、Mo：0.075～0.200質量％、Cu：1.2～1.8質量％）を満たしている。

【0073】

【表1】

	配合 (%)=質量%	成分(質量%)							耐食 減量 比	摩耗量 比	刃具 摩耗量 ( $\mu\text{m}$ )	硬質粒子 割合 (質量%)
		Fe	Cr	Mo	Cu	C	Co	Ni				
実施例 1	Fe-15%(鉄合金) -1.5Cu-0.7%C	Bal.	0.45	0.075	1.5	0.7	-	-	-0.95	0.65	0.04	15.3
実施例 2	Fe-40%(鉄合金) -1.5Cu-0.7%C	Bal.	1.20	0.200	1.5	0.7	-	-	-0.86	0.48	0.09	40.9
実施例 3	Fe-20%(鉄合金) -1.2Cu-0.7%C	Bal.	0.60	0.100	1.2	0.7	-	-	-0.98	0.68	0.04	20.4
実施例 4	Fe-20%(鉄合金) -1.8Cu-0.7%C	Bal.	0.60	0.100	1.8	0.7	-	-	-0.88	0.68	0.05	20.5
実施例 5	Fe-20%(鉄合金) -1.5Cu-0.5%C	Bal.	0.60	0.100	1.5	0.5	-	-	-0.65	0.70	0.04	20.4
実施例 6	Fe-20%(鉄合金) -1.5Cu-1.0%C	Bal.	0.60	0.100	1.5	1.0	-	-	-0.95	0.85	0.05	20.5
比較例 1	Fe-5%(鉄合金) -1.5Cu-0.7%C	Bal.	0.30	0.025	1.5	0.7	-	-	-1.00	1.08	0.04	5.1
比較例 2	Fe-60%(鉄合金) -1.5Cu-0.7%C	Bal.	1.80	0.300	1.5	0.7	-	-	-	0.18	×	61.3
比較例 3	Fe-20%(鉄合金) -0.5Cu-0.7%C	Bal.	0.60	0.100	0.5	0.7	-	-	-1.15	0.80	0.04	20.2
比較例 4	Fe-20%(鉄合金) -3.0Cu-0.7%C	Bal.	0.60	0.100	3.0	0.7	-	-	-	0.92	0.06	20.8
比較例 5	Fe-20%(鉄合金) -9.0Cu-0.7%C	Bal.	0.60	0.100	9.0	0.7	-	-	-	1.38	0.07	22.1
比較例 6	Fe-20%(鉄合金) -1.5Cu-0.3%C	Bal.	0.60	0.100	1.5	0.3	-	-	-0.60	1.08	0.03	20.4
比較例 7	Fe-20%(鉄合金) -1.5Cu-1.5%C	Bal.	0.60	0.100	1.5	1.5	-	-	-1.30	0.62	0.09	20.6
比較例 8	Fe-6.0Co-6.0Ni -10%(Fe-75Mo) -0.5%C	Bal.	-	7.500	-	0.5	6.0	6.0	-1.00	1.00	0.09	0

【0074】

(結果1：鉄合金粉末（硬質粒子）の最適量)

図5に示すように、実施例1～4に係る焼結合金の摩耗量比は、比較例1のものよりも

10

20

30

40

50

小さかった。これは、実施例 1 ~ 4 では、比較例 1 よりも、鉄合金粉末を混合粉末により多く添加したことにより、焼結合金に含まれる硬質粒子の割合が多いからである。この点から、鉄合金粉末の添加量は、混合粉末全体に対して 15 質量%以上であればよく、焼結合金の硬質粒子の割合は、焼結合金に対して 15.3 質量%以上であればよい(実施例 1 等参照)。これに加えて、比較例 1 の焼結合金は、Mo が少ないため、高温使用時に Mo 酸化物が、焼結合金の表面に形成され難いため、Mo 酸化物の固体潤滑剤としての効果も期待できなかつたと考えられる。この点から、焼結合金に含まれる Mo の含有量は、0.075 質量%以上であればよい(実施例 1 等参照)。

【0075】

図 6 に示すように、実施例 1 ~ 4 に係る焼結合金の腐食減量比は、比較例 1 のものよりも大きかった。これは、比較例 1 では、実施例 1 ~ 4 よりも、鉄合金粉末を混合粉末により多く添加したことにより、焼結合金の表面に焼結合金に含まれる Cr による不動体膜が形成され、焼結合金の耐食性が向上したからである。この点から、焼結合金に含まれる Cr の含有量は、0.45 質量%以上であればよい(実施例 1 等参照)。

【0076】

一方、比較例 2 に係る焼結合金は、被削性評価試験において、刃具の欠けおよび折損が発生した(表 1 参照)。これは、比較例 2 では、鉄合金粉末の割合が多過ぎるため、焼結合金中に含まれるマルテンサイト組織からなる硬質粒子の割合が多過ぎるからである。この点から、鉄合金粉末の添加量は、混合粉末全体に対して 40 質量%以下であればよく、焼結合金の硬質粒子の割合は、焼結合金に対して 40.9 質量%以下であればよい(実施例 2 等参照)。

【0077】

(結果 2 : 銅粉末 (Cu) の最適量)

図 7 に示すように、実施例 3 ~ 5 に係る焼結合金の摩耗量比は、比較例 4、5 のものよりも小さかった。これは、比較例 4、5 では、実施例 3 ~ 5 よりも、銅粉末を混合粉末に多く添加したことにより、高温使用環境下において、Cu が起因して焼結合金の表面に Mo 酸化皮膜等が形成され難くなったからであると考えられる。これにより、比較例 4、5 に係る焼結合金では、相手材であるパルプとの金属接触により、凝着摩耗が発生したと考えられる。この点から、銅粉末の添加量は、混合粉末全体に対して 1.8 質量%以下であればよく、焼結合金に対する Cu の含有量は 1.8 質量%以下であればよい(実施例 4 等参照)。

【0078】

一方、図 8 に示すように、実施例 3 ~ 5 に係る焼結合金の腐食減量比は、比較例 3 のものよりも小さかった。これは、比較例 3 では、実施例 3 ~ 5 よりも、混合粉末に添加する銅粉末が少な過ぎたため、Cu による耐食性を十分に発現することができなかつたからである。

【0079】

また、比較例 3 では、耐摩耗性試験において、凝着摩耗が発生していた。これは、Cu により焼結合金の鉄基地の硬さを確保することができず、相手材であるパルプとの金属接触により、鉄基地が塑性変形して、表面が耨り取られたからであると考えられる。この点から、銅粉末の添加量は、混合粉末全体に対して 1.2 質量%以上であればよく、焼結合金に対する Cu の含有量は 1.2 質量%以上であればよい(実施例 3 等参照)。

【0080】

(結果 3 : 黒鉛粉末 (C) の最適量)

図 9 に示すように、実施例 4 ~ 6 に係る焼結合金の摩耗量比は、比較例 6 のものよりも小さかった。これは、比較例 6 では、実施例 4 ~ 6 よりも、混合粉末に添加する黒鉛粉末が少な過ぎたため、焼結時の鉄基地にパーライト組織が生成され難くなる。これにより、焼結合金の鉄基地は、フェライト組織が多くなるため、焼結合金の硬さが低くなり、焼結合金の耐摩耗性が低下してしまうと考えられる。この点から、黒鉛粉末の添加量は、混合粉末全体に対して 0.5 質量%以上であればよく、焼結合金に対する C の含有量は 0.5

10

20

30

40

50

質量%以上であればよい(実施例5等参照)。

【0081】

表1に示すように、実施例4~6に係る焼結合金の耐食減量比は、比較例7のものよりも小さかった。これは、比較例7では、実施例4~6よりも、混合粉末に添加する黒鉛粉末が多過ぎるため、焼結合金にCr炭化物およびMo炭化物が多く生成されることになり、焼結合金の耐食性が低下したと考えられる。この点から、黒鉛粉末の添加量は、混合粉末全体に対して1.0質量%以下であればよく、焼結合金に対するCの含有量は1.0質量%以下であればよい。

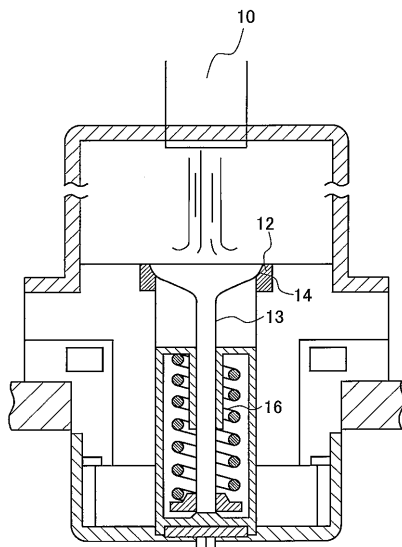
【0082】

さらに、表1に示すように、実施例1~6に係る焼結合金は、比較例8のものよりも、10摩耗量比は小さく、耐食減量比も小さく、刃具摩耗量も小さい。このような結果から、実施例1~6では、比較例8の如く、従来の焼結合金の如く、Ni、Co等を用いることなく、耐食性および耐摩耗性を、低コストで向上させることができたと言える。

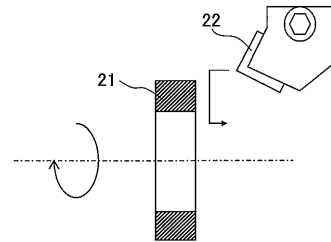
【0083】

以上、本発明の実施形態について詳述したが、本発明は、前記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の精神を逸脱しない範囲で、種々の設計変更を行うことができるものである。

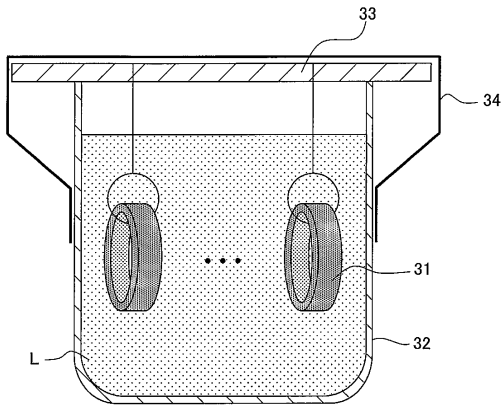
【図1】



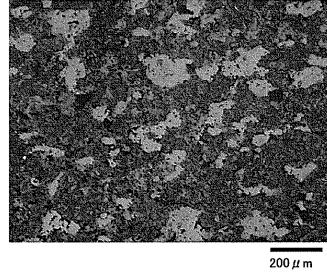
【図2】



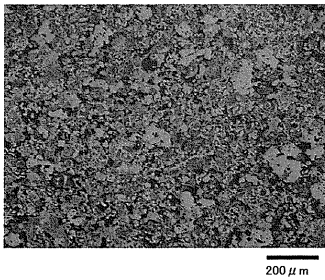
【 図 3 】



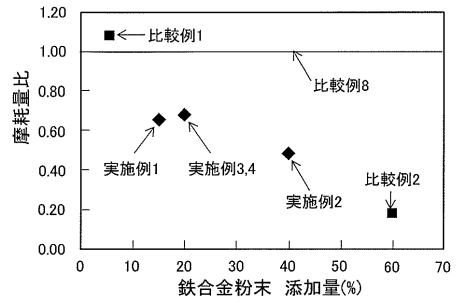
【 図 4 B 】



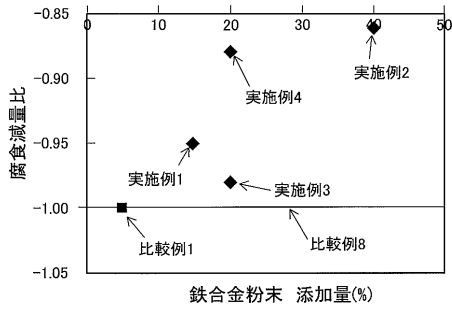
【 図 4 A 】



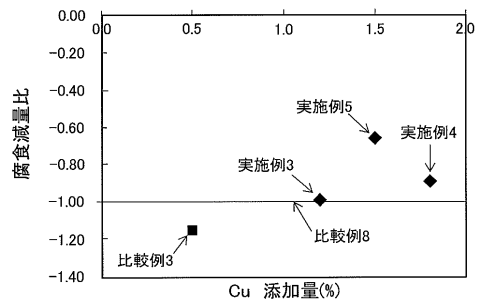
【 図 5 】



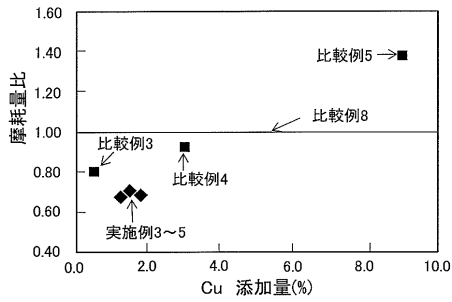
【 図 6 】



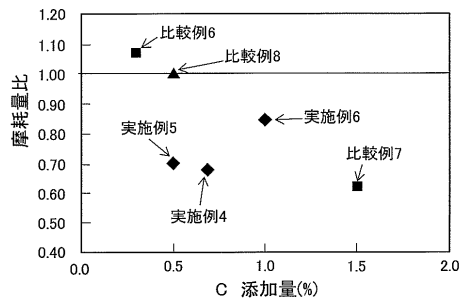
【 図 8 】



【 図 7 】



【 図 9 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 篠原 伸幸  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 鴨 雄貴  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
- (72)発明者 植田 義久  
愛知県春日井市明知町西之洞1189番地11 株式会社ファインセンター内
- (72)発明者 米田 貴則  
愛知県春日井市明知町西之洞1189番地11 株式会社ファインセンター内
- (72)発明者 吉田 裕作  
愛知県春日井市明知町西之洞1189番地11 株式会社ファインセンター内
- (72)発明者 杉本 勝  
愛知県春日井市明知町西之洞1189番地11 株式会社ファインセンター内

審査官 酒井 英夫

- (56)参考文献 特開2010-090470(JP,A)  
特開2009-185328(JP,A)  
国際公開第2015/045273(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C22C 33/02,  
B22F 1/00-8/00