(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7179269号
(P7179269)

(45)発行日　令和4年11月29日(2022.11.29)

(24)登録日　令和4年11月18日(2022.11.18)

(51)国際特許分類		FI		
B22F 5/08 (2006.01)		B22F	5/08	
C22C 38/00 (2006.01)		C22C	38/00	304
C22C 33/02 (2006.01)		C22C	33/02	A
B22F 3/10 (2006.01)		B22F	3/10	E
F16D 1/06 (2006.01)		F16D	1/06	210

請求項の数　6　（全26頁）

(21)出願番号　特願2021-550403(P2021-550403)
(86)(22)出願日　令和2年8月17日(2020.8.17)
(86)国際出願番号　PCT/JP2020/031031
(87)国際公開番号　WO2021/065221
(87)国際公開日　令和3年4月8日(2021.4.8)
審査請求日　令和3年12月16日(2021.12.16)
(31)優先権主張番号　特願2019-182666(P2019-182666)
(32)優先日　令和1年10月3日(2019.10.3)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　593016411
住友電工焼結合金株式会社
岡山県高梁市成羽町成羽２９０１番地
(74)代理人　100100147
弁理士　山野 宏
(74)代理人　100116366
弁理士　二島 英明
(72)発明者　原 純平
岡山県高梁市成羽町成羽２９０１番地
住友電工焼結合金株式会社内
審査官　清水 研吾

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　焼結部材、及び電磁カップリング

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

環状の焼結部材であって、

軸方向一方側に向く第一の面と、

軸方向他方側に向く第二の面と、

前記第一の面の内周縁に繋がる内周面と、

前記内周面の周方向に沿って交互に設けられる複数の歯群及び複数の欠歯部と、を有し、

前記第二の面は、周方向に並列される複数のボール溝を有し、

前記各歯群は、前記内周面の周方向に連続する複数のスプライン歯を有し、

前記各歯群における歯溝の幅は、前記欠歯部の長さよりも小さく、

前記複数の欠歯部の数と、前記複数のボール溝の数とは同数であり、

前記複数の欠歯部の径方向の形成位置が、前記複数のボール溝の径方向の形成範囲内であり、

前記複数の欠歯部の周方向の形成範囲と、前記複数のボール溝の周方向の形成範囲と、が重複している

焼結部材。

【請求項２】

前記焼結部材の表面に対して直交する方向に沿って５．０ｍｍの深さまでにおけるビッカース硬さの変動幅が１００ＨＶ以下である請求項１に記載の焼結部材。

【請求項３】

Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、及びＣを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる組成を有し、
前記焼結部材に含まれる元素の合計含有量を１００質量％とするとき、前記焼結部材に占める前記Ｎｉの含有量が２質量％超６質量％以下である請求項２に記載の焼結部材。
【請求項４】
Ｃｒの含有量が、２質量％以上４質量％以下であり、
Ｍｏの含有量が、０．２質量％以上０．９質量％以下であり、
Ｃの含有量が、０．２質量％以上１．０質量％以下である請求項３に記載の焼結部材。
【請求項５】
マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織を備え、
前記焼結部材の任意の断面における前記残留オーステナイト相の面積割合が５％以上である請求項３又は請求項４に記載の焼結部材。
【請求項６】
第一のカムと、第二のカムと、前記第一のカムと前記第二のカムとの間に介在されるボールとを備える電磁カップリングであって、
前記第一のカムが、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の焼結部材で構成されている、
電磁カップリング。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、焼結部材、及び電磁カップリングに関する。
本出願は、２０１９年１０月３日出願の日本出願第２０１９－１８２６６６号に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用するものである。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１は、四輪駆動車のプロペラシャフトとリアディファレンシャルとの接続及び切断を行う駆動力伝達装置（電磁カップリング）を開示している。駆動力伝達装置は、第一のカム機構を備える。第一のカム機構は、メインカム（第一のカム）と、パイロットカム（第二のカム）と、メインカムとパイロットカムとの間の介在されるカムボールとを備える。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１２－１６７７８３号公報
【発明の概要】
【０００４】
本開示に係る焼結部材は、
環状の焼結部材であって、
軸方向一方側に向く第一の面と、
軸方向他方側に向く第二の面と、
前記第一の面の内周縁に繋がる内周面と、
前記内周面の周方向に沿って交互に設けられる複数の歯群及び複数の欠歯部と、を有し、
前記第二の面は、周方向に並列される複数のボール溝を有し、
前記各歯群は、前記内周面の周方向に連続する複数のスプライン歯を有し、
前記複数の欠歯部の数と、前記複数のボール溝の数とは同数であり、
前記複数の欠歯部の径方向の形成位置が、前記複数のボール溝の径方向の形成範囲内であり、
前記複数の欠歯部の周方向の形成範囲と、前記複数のボール溝の周方向の形成範囲と、が重複している。

【０００５】
本開示に係る電磁カップリングは、
第一のカムと、第二のカムと、前記第一のカムと前記第二のカムとの間に介在されるボールとを備える電磁カップリングであって、
前記第一のカムが、本開示の焼結部材で構成されている。
【図面の簡単な説明】
【０００６】
【図１】図１は、実施形態１，２に係る焼結部材の第一の面側を示す斜視図である。
【図２】図２は、実施形態１，２に係る焼結部材の第二の面側を示す斜視図である。
【図３】図３は、実施形態１，２に係る焼結部材の第一の面側の一部を示す平面図である。
【図４】図４は、実施形態１，２に係る焼結部材の第二の面側の一部を示す平面図である。
【図５】図５は、図１のＶ－Ｖ切断線で切断した焼結部材の一部を示す断面図である。
【図６】図６は、実施形態１に係る電磁カップリングを示す断面図である。
【図７】図７は、実施形態２に係る焼結部材及び試料Ｎｏ．２の焼結部材のビッカース硬さと、試料Ｎｏ．１０１の焼結部材のビッカース硬さと、試料Ｎｏ．１１０の焼結部材のビッカース硬さとを示すグラフである。
【図８Ａ】図８Ａは、実施形態２に係る焼結部材及び試料Ｎｏ．１の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【図８Ｂ】図８Ｂは、実施形態２に係る焼結部材及び試料Ｎｏ．１の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【図９Ａ】図９Ａは、実施形態２に係る焼結部材及び試料Ｎｏ．２の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【図９Ｂ】図９Ｂは、実施形態２に係る焼結部材及び試料Ｎｏ．２の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【図１０】図１０は、解析例において、焼結部材のスプライン歯に作用する最大応力の測定方法を説明する説明図である。
【図１１】図１１は、試料Ｎｏ．１０１の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【図１２】図１２は、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材の断面を示す顕微鏡写真である。
【発明を実施するための形態】
【０００７】
［本開示が解決しようとする課題］
電磁カップリングのカム機構に備わる第一のカムは、焼結部材で構成されるものがある。第一のカムは、ボールを介して第二のカムと機械的に関わり合うことから、疲労強度に優れることが望まれる。疲労強度に優れる第一のカムは長寿命であるため、電磁カップリングが長期的に使用可能となるからである。
【０００８】
そこで、本開示は、長期的に使用可能な電磁カップリングを構築できる焼結部材を提供することを目的の一つとする。
【０００９】
また、本開示は、長期的に使用可能な電磁カップリングを提供することを別の目的の一つとする。
【００１０】
［本開示の効果］
本開示に係る焼結部材は、長期的に使用可能な電磁カップリングを構築できる。
【００１１】
本開示に係る電磁カップリングは、長期的に使用可能である。
【００１２】
［本開示の実施形態の説明］
従来の電磁カップリングに備わる第一のカムは、周面に欠歯部が設けられておらず、周面のうち各ボール溝の形成範囲に重複する周方向の箇所にもスプライン歯が設けられてい

る。本発明者は、この第一のカムでは、電磁カップリングの第二のカムによる焼結部材の軸方向への負荷などが電磁カップリングのボールを介して焼結部材に対して作用した際、スプライン歯の歯元に応力が集中することがあるとの知見を得た。本開示は、上記知見に基づくものである。最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

【００１３】

（１）本開示の一態様に係る焼結部材は、

環状の焼結部材であって、

軸方向一方側に向く第一の面と、

軸方向他方側に向く第二の面と、

前記第一の面の内周縁に繋がる内周面と、

前記内周面の周方向に沿って交互に設けられる複数の歯群及び複数の欠歯部と、を有し、

前記第二の面は、周方向に並列される複数のボール溝を有し、

前記各歯群は、前記内周面の周方向に連続する複数のスプライン歯を有し、

前記複数の欠歯部の数と、前記複数のボール溝の数とは同数であり、

前記複数の欠歯部の径方向の形成位置が、前記複数のボール溝の径方向の形成範囲内であり、

前記複数の欠歯部の周方向の形成範囲と、前記複数のボール溝の周方向の形成範囲と、が重複している。

【００１４】

上記焼結部材は、長期的に使用可能な電磁カップリングを構築できる。その理由は次の通りである。上記焼結部材では、複数の欠歯部の周方向の形成範囲と、複数のボール溝の周方向の形成範囲と、が重複しているので、内周面において各ボール溝の形成範囲に重複する周方向の箇所にスプライン歯がない。即ち、内周面のうち各ボール溝の形成範囲に重複する周方向の箇所がスプライン歯の歯元の曲げ径よりも大きな曲げ径の丸みを帯びている。そのため、上記焼結部材で電磁カップリングの第一のカムを構成し、電磁カップリングの第二のカムによる焼結部材の軸方向への負荷などが電磁カップリングのボールを介して焼結部材に対して作用しても、上記の丸みを帯びた欠歯部で応力の集中が緩和され、スプライン歯の歯元に対する応力集中を抑制できる。よって、上記焼結部材は、疲労強度の低下を抑制でき、長寿命である。

【００１５】

（２）上記焼結部材の一形態として、

前記焼結部材の表面に対して直交する方向に沿って５．０ｍｍの深さまでにおけるビッカース硬さの変動幅が１００ＨＶ以下であることが挙げられる。

【００１６】

上記焼結部材は、焼結部材の表面から所定の深さである、前記表面に対して直交する方向に沿って５．０ｍｍまで均一的な硬さを有する。硬さが不均一な焼結部材は、硬さの小さい箇所が機械的弱点になり得るため、損傷し易い。これに対して、硬さが均一な上記焼結部材は、機械的弱点になり得る箇所が少ないため、損傷し難い。

【００１７】

（３）上記焼結部材の一形態として、

Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、及びＣを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる組成を有し、

前記焼結部材に含まれる元素の合計含有量を１００質量％とするとき、前記焼結部材に占める前記Ｎｉの含有量が２質量％超６質量％以下であることが挙げられる。

【００１８】

上記焼結部材は、高硬度と高靭性とを兼ね備える。その理由は、Ｎｉの含有量が多いものの過度に多すぎないからである。

【００１９】

（４）上記焼結部材の一形態として、

Ｃｒの含有量が、２質量％以上４質量％以下であり、

Ｍｏの含有量が、０．２質量％以上０．９質量％以下であり、
Ｃの含有量が、０．２質量％以上１．０質量％以下であることが挙げられる。
【００２０】
上記焼結部材は、高硬度である。その理由は、詳しくは後述するものの、上記各元素の含有量が上記範囲を満たすからである。
【００２１】
（５）上記焼結部材の一形態として、
マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織を備え、
前記焼結部材の任意の断面における前記残留オーステナイト相の面積割合が５％以上であることが挙げられる。
【００２２】
上記焼結部材は、高硬度と高靭性とを兼ね備える。その理由は、高硬度なマルテンサイト相と、高靭性な残留オーステナイト相とを有するからである。特に、上記焼結部材は、靭性に優れる。その理由は、高靭性な残留オーステナイト相の面積割合が高いからである。
【００２３】
（６）本開示の一態様に係る電磁カップリングは、
第一のカムと、第二のカムと、前記第一のカムと前記第二のカムとの間に介在されるボールとを備える電磁カップリングであって、
前記第一のカムが、上記（１）から上記（５）のいずれか１つに記載の焼結部材で構成されている。
【００２４】
上記電磁カップリングは、長期にわたって使用可能である。その理由は、第一カムが、上述したようにスプライン歯の歯元に対する応力集中を抑制できて長寿命な焼結部材で構成されているからである。
【００２５】
《本開示の実施形態の詳細》
本開示の実施形態の詳細を、以下に説明する。図中の同一符号は同一名称物を示す。
【００２６】
《実施形態１》
〔焼結部材〕
図１から図５を参照して、実施形態１に係る焼結部材１を説明する。焼結部材１は、環状に形成されている（図１）。焼結部材１は、第一の面１１（図１）と第二の面１２（図２）と周面１５（図１）とを有する。第一の面１１と第二の面１２とは、焼結部材１の軸方向に互いに反対側に向く。周面１５は、第一の面１１の内周縁に繋がる環状の面である。本形態に係る焼結部材１の特徴の一つは、以下の要件（ａ）及び要件（ｂ）を満たす点にある。
（ａ）周面１５の周方向に沿って交互に設けられる歯群１６及び欠歯部１７（図１）と、第二の面１２の周方向に並列される複数のボール溝１２ａ（図２）とを有する。
（ｂ）欠歯部１７とボール溝１２ａとが特定の数の関係と特定の位置の関係とを満たす。
以下、各構成を詳細に説明する。
【００２７】
［外観］
焼結部材１の形状は、円盤状である（図１）。焼結部材１の中心には、孔部１９が設けられている。孔部１９は、焼結部材１の軸方向に沿って貫通している。その他、焼結部材１には、図示は省略しているものの、第一の面１１と第二の面１２とを貫通する複数の貫通孔が設けられていてもよい。この貫通孔は、焼結部材の軽量化を図ることができる。
【００２８】
［第一の面及び第二の面］
第一の面１１は、焼結部材１の軸方向における一方側に設けられる（図１）。第二の面１２は、焼結部材１の軸方向における他方側に設けられる（図２）。即ち、第一の面１１

と第二の面１２とは、焼結部材１の軸方向において、互いに反対側に設けられている。第一の面１１及び第二の面１２の形状は、円環状である。第一の面１１と第二の面１２とは、実質的に平面で構成されている。第一の面１１と第二の面１２とは、実質的に、焼結部材１の軸方向に対して直交し、かつ互いに平行である。

【００２９】

［周面］

周面１５は、焼結部材１の軸方向に平行である（図１）。周面１５は、本形態では内周面である。即ち、周面１５のうち焼結部材１の軸方向における一方側の周縁は、第一の面１１の内周縁に繋がる。周面１５のうち焼結部材１の軸方向における他方側の周縁は、本形態では第二の面１２の内周縁には繋がらず、後述する第三の面１３の外周縁に繋がる。本形態のように周面１５が内周面の場合、周面１５の上記他方側の周縁は、第二の面１２の内周縁に繋がっていてもよい。なお、周面１５は、外周面であってもよい。周面１５が外周面の場合、周面１５の上記一方側の周縁は、第一の面１１の外周縁に繋がる。周面１５の上記他方側の周縁は、第二の面１２の外周縁に繋がっていてもよい。

【００３０】

［その他］

（第三の面）

第三の面１３は、焼結部材１の軸方向の一方側の面である。第三の面１３は、第一の面１１との間に、周面１５の軸方向に沿った長さの分の段差を形成する。第三の面１３の形状は、円環状である。第三の面１３は、第一の面１１と同様、実質的に平面で構成されている。第三の面１３は、第一の面１１及び第二の面１２と実質的に平行である。

【００３１】

［歯群］

各歯群１６は、相手歯車の歯と噛み合う部分であり、周面１５の周方向に沿って並列する複数のスプライン歯１６ａの集合である（図１）。相手歯車の図示は省略する。本形態の周面１５は上述のように内周面であるため、歯群１６は内歯群である。なお、周面１５が外周面であれば、歯群１６は外歯群となる。歯群１６は、周方向に隣り合う欠歯部１７同士の間に一つずつ設けられる。歯群１６の数は、欠歯部１７の数と同数である。歯群１６の数は、本形態では３個としている。

【００３２】

各歯群１６におけるスプライン歯１６ａの数は、２個以上であれば特に限定されず、適宜選択できる。各歯群１６におけるスプライン歯１６ａの数が多いと、相手歯車と噛み合うスプライン歯１６ａの数が多くなり易い。そのため、相手歯車との噛み合いに伴って各スプライン歯１６ａに作用する負荷が小さくなり易い。各歯群１６におけるスプライン歯１６ａの数が少ないと、後述する欠歯部１７の長さＬｂが長くなり易い。そのため、詳しくは後述するように、焼結部材１で電磁カップリング１０の第一のカム１１０（図６）を構成しても、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制され易い。各歯群１６におけるスプライン歯１６ａの数は、本形態では８個である。

【００３３】

各歯群１６の長さＬａは、後述する欠歯部１７の長さＬｂに応じて適宜選択できる（図３）。歯群１６の長さＬａは、スプライン歯１６ａのピッチ円Ｃｐの円周上において、歯群１６の一端側のスプライン歯１６ａから他端側のスプライン歯１６ａまでの長さをいう。図３は、ピッチ円Ｃｐを破線で示す。各歯群１６の長さＬａは、欠歯部１７の長さＬｂと異なっていてもよいし、後述する欠歯部１７の長さＬｂと同等であってもよい。各歯群１６の長さＬａが欠歯部１７の長さＬｂよりも長い場合、各歯群１６におけるスプライン歯１６ａの数を多くし易い。そのため、各スプライン歯１６ａに作用する応力が小さくなり易い。各歯群１６の長さＬａが欠歯部１７の長さＬｂよりも短い場合、欠歯部１７の長さＬｂが長いため、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制され易い。歯群１６の長さＬａが欠歯部１７の長さＬｂと同等である場合、各スプライン歯１６ａに作用する応力が小さくなり易い効果と、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制され

易い効果とをバランス良く兼ね備えることができる。

【００３４】

各歯群１６における各スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａと歯溝の幅Ｗａとは、相手歯車の歯溝の幅と歯厚とに合わせて適宜選択できる。スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａは、ピッチ円Ｃｐの円周上において、スプライン歯１６ａの長さをいう。歯溝の幅Ｗａは、ピッチ円Ｃｐの円周上において、隣り合うスプライン歯１６ａ同士の間の長さをいう。各歯群１６において、各スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａは、均等である。各歯群１６における歯溝の幅Ｗａは、欠歯部１７の長さＬｂよりも小さい。各歯群１６における歯溝の幅Ｗａは、均等である。

【００３５】

［欠歯部］

各欠歯部１７は、歯が設けられておらず、相手歯車の歯と噛み合わない部分である（図１）。欠歯部１７は、周面１５の一部で構成されている。欠歯部１７は、周方向に隣り合う歯群１６同士の間に一つずつ配置されている。即ち、欠歯部１７の数は、後述するボール溝１２ａの数と同数である。欠歯部１７の数は、本形態では３個である。

【００３６】

各欠歯部１７において、欠けたスプライン歯１６ａの数は、スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａ、歯溝の幅Ｗａ、及び後述する欠歯部１７の長さＬｂによって変わる（図３）。欠けたスプライン歯１６ａの数は、図３の二点鎖線で示すように、欠歯部１７を設けることなく歯群１６のスプライン歯１６ａを周方向に並列することで把握できる。このとき、各スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａを均等にし、各歯溝の幅Ｗａを均等にする。各欠歯部１７において、欠けたスプライン歯１６ａの数は、少なくとも２個以上が挙げられる。そうすれば、欠歯部１７の長さＬｂが長くなり易いため、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中を抑制し易い。但し、欠けたスプライン歯１６ａの数が多すぎると、スプライン歯１６ａの数が少なくなり、各スプライン歯１６ａに作用する応力が大きくなり易い。欠けたスプライン歯１６ａの数は、スプライン歯１６ａの歯厚Ｔａ、歯溝の幅Ｗａ、及び欠歯部１７の長さＬｂにもよるが、例えば、３個以下が好ましい。各欠歯部１７において、欠けたスプライン歯１６ａの数は、本形態では２個である。即ち、２個のスプライン歯１６ａが欠けることで一つの欠歯部１７が形成されており、その２個で１個の欠歯部１７と数える。

【００３７】

各欠歯部１７の形成箇所は、周面１５において、後述する各ボール溝１２ａに対して対向する箇所である（図５）。つまり、各欠歯部１７の径方向の形成位置が、各ボール溝１２ａの径方向の形成範囲内であり、各欠歯部１７の周方向の形成範囲と、各ボール溝１２ａの周方向の形成範囲と、が周方向において重複している。

本形態の焼結部材１とは異なり、周面１５に欠歯部１７が設けられておらず、周面１５のうち各ボール溝１２ａの形成範囲に重複する周方向の箇所にもスプライン歯１６ａが設けられている焼結部材で電磁カップリング１０の第一のカム１１０を構成した場合は、次の通りである。電磁カップリング１０の第二のカム１２０による焼結部材１の軸方向への負荷などが電磁カップリング１０のボール１３０を介して焼結部材１に対して作用することで、ボール溝１２ａの形成範囲に重複する周方向の箇所のスプライン歯１６ａの歯元に応力集中が生じる。これに対して、本形態の焼結部材１では、各欠歯部１７の周方向の形成範囲と、各ボール溝１２ａの周方向の形成範囲と、が重複しているので、周面１５において各ボール溝１２ａの形成範囲に重複する周方向の箇所に応力集中が生じるスプライン歯１６ａの歯元がない。即ち、周面１５のうち各ボール溝１２ａの形成範囲に重複する周方向の箇所がスプライン歯１６ａの歯元の曲げ径よりも大きな曲げ径の丸みを帯びている。そのため、上記の丸みを帯びた欠歯部１７で上記負荷などの作用に伴う応力の集中が緩和され、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制される。

【００３８】

各欠歯部１７の長さＬｂは、後述の各ボール溝１２ａの長さＬｃに応じて適宜選択でき

る（図３）。各欠歯部１７の長さＬｂとは、歯底円Ｃｒの円周上において、隣り合う歯群１６同士の間の長さをいう。図３は、歯底円Ｃｒを一点鎖線で示す。各欠歯部１７の長さＬｂは、後述する各ボール溝１２ａの長さＬｃに対して３０％以上７０％以下の長さを有することが好ましい。各欠歯部１７の長さＬｂが各ボール溝１２ａの長さＬｃに対して３０％以上の長さを有することで、各欠歯部１７は十分な長さを有する。そのため、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制され易い。各欠歯部１７の長さＬｂが各ボール溝１２ａの長さＬｃに対して７０％以下の長さを有することで、各欠歯部１７の長さＬｂが過度に長くなりすぎない。即ち、歯群１６の長さＬａが短くなりすぎない。各欠歯部１７の長さＬｂは、本形態では、各ボール溝１２ａの長さＬｃ（図４）よりも短い。各欠歯部１７の長さＬｂは、均等である。各欠歯部１７は、長さＬｂの全長にわたって各ボール溝１２ａの形成範囲に重複する範囲内に設けられている（図４）。即ち、歯群１６における各端側のスプライン歯１６ａは、ボール溝１２ａの形成範囲の端部に重複する位置に設けられている。

【００３９】

欠歯部１７の長さＬｂは、欠歯部１７の周方向の形成範囲を示し、ボール溝１２ａの長さＬｃは、ボール溝１２ａの周方向の形成範囲を示している（図４）。

つまり、図４に示すように、欠歯部１７の周方向の形成範囲（長さＬｂ）と、ボール溝１２ａの周方向の形成範囲（長さＬｃ）とは重複している。

図４では、欠歯部１７の長さＬｂの範囲の中央と、ボール溝１２ａの長さＬｃの範囲の中央とがほぼ一致しているが、欠歯部１７の長さＬｂの範囲の中央と、ボール溝１２ａの長さＬｃの範囲の中央とがずれていてもよい。

また、図４では、各欠歯部１７の長さＬｂの範囲全体が各ボール溝１２ａの長さＬｃの範囲内に含まれており、各欠歯部１７の長さＬｂの範囲全体が各ボール溝１２ａの長さＬｃの範囲に重複している場合を例示したが、各欠歯部１７の長さＬｂの範囲の一部が各ボール溝１２ａの長さＬｃの範囲に重複していてもよい。

また、各欠歯部１７の長さＬｂ及び各ボール溝１２ａの長さＬｃのそれぞれの一部又は全部が互いに重複していれば、各欠歯部１７の長さＬｂが、各ボール溝１２ａの長さＬｃよりも長くてもよい。

【００４０】

また、各欠歯部１７の外周縁における径方向の位置は、本形態では、各欠歯部１７を平面視したとき、各ボール溝１２ａの外周縁側にずれている。なお、各欠歯部１７の外周縁の上記位置は、各ボール溝１２ａの内周縁側にずれていてもよい。各欠歯部１７の外周縁は、各ボール溝１２ａの外周縁と内周縁とのちょうど中間に位置していてもよい。各欠歯部１７の外周縁の上記位置は、各ボール溝１２ａの内周縁側にずれている方が、欠歯部１７で上記負荷などの作用に伴う応力の集中が緩和され易く、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中が抑制され易いと考えられる。

このように、各欠歯部１７の径方向の形成位置は、各ボール溝１２ａの径方向の形成範囲内である。

【００４１】

［ボール溝］

各ボール溝１２ａは、電磁カップリング１０に備わるボール１３０（図６）が配置される（図２）。ボール溝１２ａは、第二の面１２の周方向に沿って並列している。周方向に隣り合うボール溝１２ａ同士は、ボール溝１２ａの数とボール溝１２ａの長さＬｃとによるものの、本形態のように周方向に間隔を空けて設けられていてもよいし、周方向に実質的に間隔を空けず連続するように設けられていてもよい。周方向に実質的に間隔を空けずに連続するとは、例えば、周方向に隣り合うボール溝１２ａ同士が互いのボール溝１２ａの端部同士を介して連続していることが挙げられる。周方向に隣り合うボール溝１２ａ同士の間には、本形態では第二の面１２が介在されている。周方向に隣り合うボール溝１２ａ同士の周方向に沿った間隔は、等間隔である。

【００４２】

ボール溝１２ａの数は、２個以上であれば特に限定されず、適宜選択できる。ボール溝１２ａの数は、例えば、３個から９個などが挙げられる。ボール溝１２ａの数は、本形態では３個である。

【００４３】

各ボール溝１２ａの長さＬｃは、ボール溝１２ａの数と、周方向に隣り合うボール溝１２ａ同士の間隔となどに応じて適宜選択できる。各ボール溝１２ａの長さＬｃは、図４に示すように、周方向に沿った最大の長さをいう。各ボール溝１２ａの長さＬｃは、本形態では上述の各欠歯部１７の長さＬｂよりも長い。

【００４４】

各ボール溝１２ａの形状は、特に限定されず、適宜選択できる。各ボール溝１２ａの深さは、一様ではなく、異なっている。深さが異なることで、電磁カップリング１０の第一のカム１１０（図６）を焼結部材１で構成した場合、詳しくは後述するように、ボール１３０を介して対面する第一のカム１１０と第二のカム１２０との間隔を狭めたり広げたりすることができる。各ボール溝１２ａの開口幅は、一様であってもよいし、異なっていてもよい（図２）。各ボール溝１２ａの深さと各ボール溝１２ａの開口幅との関係は、次の関係を満たすことが挙げられる。各ボール溝１２ａの最も深い箇所の開口幅が最も広い。各ボール溝１２ａの最も浅い箇所の開口幅は、最も深い箇所の開口幅と同等であってもよいし、最も狭くてもよい。

【００４５】

各ボール溝１２ａの形状は、本形態では弓形状である（図２，図４）。各ボール溝１２ａの深さは、本形態では、周方向の中央から両端に向かうにしたがって浅くなるように傾斜している。即ち、各ボール溝１２ａにおける周方向の中央の深さが最も深く、両端の深さが最も浅い。各ボール溝１２ａの開口幅は、周方向の中央から両端に向かうにしたがって狭くなっている。即ち、各ボール溝１２ａにおける周方向の中央の開口幅が最も広く、周方向の両端の開口幅が最も狭い。

【００４６】

なお、各ボール溝１２ａの形状によっては、各ボール溝１２ａの深さは、周方向の一方の端部から他方の端部に向かって浅くなるように傾斜していてもよい。その場合、各ボール溝１２ａの開口幅は、周方向の一方の端部側から他方の端部側に向かうにしたがって幅が狭くなっていてもよい。また、各ボール溝１２ａの開口幅は、周方向に一様であってもよい。

【００４７】

［組成］

焼結部材１は、複数の鉄系粒子同士が結合されてなる。鉄系とは、純鉄又は鉄基合金をいう。鉄基合金は、例えば、Ｃｕ（銅），Ｃ（炭素），Ｎｉ（ニッケル），Ｍｏ（モリブデン），Ｍｎ（マンガン），及びＣｒ（クロム）からなる群より選択される１種以上の添加元素を含有し、残部がＦｅ（鉄）及び不純物からなるものが挙げられる。具体的な鉄基合金としては、ステンレス鋼、Ｆｅ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｃｕ－Ｎｉ－Ｍｏ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｍｏ－Ｍｎ系合金、Ｆｅ－Ｃｕ系合金、Ｆｅ－Ｃｕ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｃｕ－Ｍｏ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｍｏ－Ｃｕ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｃｕ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｍｏ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｃｒ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｍｏ－Ｃｒ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｃｒ－Ｍｏ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｃｒ系合金、Ｆｅ－Ｍｏ－Ｃｒ系合金、Ｆｅ－Ｃｒ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｎｉ－Ｃ系合金、Ｆｅ－Ｍｏ－Ｍｎ－Ｃｒ－Ｃ系合金などが挙げられる。これらの鉄基合金の中でも、特定のＦｅ－Ｎｉ－Ｃｒ－Ｍｏ－Ｃ系合金が好ましい。特定のＦｅ－Ｎｉ－Ｃｒ－Ｍｏ－Ｃ系合金からなる焼結部材１に関しては、後述の実施形態２で説明する。

【００４８】

焼結部材１の組成は、ＩＣＰ発光分光分析法（Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ Ｏｐｔｉｃａｌ Ｅｍｉｓｓｉｏｎ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ：ＩＣＰ－ＯＥＳ）などによって成分分析を行うことで確認できる。

【００４９】
〔製造方法〕
本形態の焼結部材１は、圧粉成形体を準備する工程と、圧粉成形体を焼結する工程とを備える焼結部材の製造方法により製造できる。以下、各工程を順に説明する。
【００５０】
［準備する工程］
この工程は、複数の歯群及び複数の欠歯部と、複数のボール溝とを備える圧粉成形体を準備する。圧粉成形体に備わる複数の歯群及び複数の欠歯部と複数のボール溝とは、上述の焼結部材１に備わる複数の歯群１６及び複数の欠歯部１７と複数のボール溝１２ａの通りである。上述の焼結部材１は、この工程で準備する圧粉成形体が焼結されることで作製される。即ち、この圧粉成形体は、上述の焼結部材１において、焼結されていないものに相当する。圧粉成形体は、準備した原料粉末を加圧成形したものである。原料粉末は、上述した焼結部材１の組成となるように適宜選択できる。原料粉末の加圧成形には、例えば、完成品に近い形状に仕上げるニアネットシェイプが可能な金型を用いることが挙げられる。この加圧成形により、複数の歯群及び複数の欠歯部と、複数のボール溝とを有する圧粉成形体が得られる。なお、圧粉成形体の準備は、円盤状の圧粉成形体を作製し、切削加工によって複数の歯群及び複数の欠歯部と、複数のボール溝とを形成することでも行える。
【００５１】
［焼結する工程］
この工程は、圧粉成形体を焼結する。圧粉成形体の焼結により、原料粉末の粒子同士が結合された上述の焼結部材１が得られる。圧粉成形体の焼結には適当な焼結炉が利用できる。焼結する工程の冷却過程で急冷する場合、圧粉成形体の焼結には、連続焼結炉が好適である。連続焼結炉は、焼結炉と、焼結炉の下流に連続する急冷室とを有する。
【００５２】
焼結条件は、原料粉末の組成に応じて適宜選択できる。焼結温度は、例えば、１０５０℃以上１４００℃以下が挙げられ、更に１１００℃以上１３００℃以下が挙げられる。焼結時間は、例えば、１０分以上１５０分以下が挙げられ、更に１５分以上６０分以下が挙げられる。焼結条件は、公知の条件を適用できる。
【００５３】
焼結する工程の冷却過程における冷却速度は、適宜選択できる。冷却速度を早めて焼結部材１を急冷してもよいし、早めず急冷しなくてもよい。急冷すれば、後述する熱処理する工程を省略することができる。急冷しない場合、後述する熱処理する工程を経てもよい。
【００５４】
急冷する場合、冷却速度は、１℃／ｓｅｃ以上が挙げられる。冷却速度が１℃／ｓｅｃ以上であることで焼結部材１が急冷される。そのため、マルテンサイト相が形成され易いので、硬度の高い焼結部材１を製造できる。また、焼結部材１が急冷されることで、表面から所定の深さまでにおけるビッカース硬さの変動幅が小さい焼結部材１が製造され易い。具体的には、上記ビッカース硬さの変動幅が５０ＨＶ以下の焼結部材１が製造される。冷却速度は、更に、２℃／ｓｅｃ以上が好ましく、特に、５℃／ｓｅｃ以上が好ましい。冷却速度の上限は、例えば、１０００℃／ｓｅｃが挙げられ、更に、５００℃／ｓｅｃが挙げられ、特に、２００℃／ｓｅｃが挙げられる。冷却方法は、冷却ガスを焼結部材１に吹き付けることが挙げられる。冷却ガスの種類は、窒素ガスやアルゴンガスなどの不活性ガスが挙げられる。
［その他の工程］
焼結部材の製造方法は、その他、熱処理する工程、及び仕上げ加工を行う工程の少なくとも一つの工程を備えることができる。
【００５５】
（熱処理）
熱処理としては、焼入れ処理、焼戻し処理などが挙げられる。焼入れ・焼戻しすることで、焼結部材１の機械的特性、特に硬度及び強度が向上する。焼入れ処理は、浸炭焼入れ

処理でもよい。焼入れ処理（浸炭焼入れ処理）、焼戻し処理は公知の条件を適用できる。
【００５６】
（仕上げ加工を行う工程）
この工程は、焼結部材１の寸法を設計寸法に合わせる。仕上げ加工としては、例えば、サイジングや焼結部材１の表面に対する研磨加工などが挙げられる。特に、研磨加工は、焼結部材１の表面粗さを小さくし易い。
【００５７】
［用途］
実施形態に係る焼結部材１は、例えば、電磁カップリングのカム機構を構成するカム部品に好適に利用できる。図６を参照して、本形態に係る電磁カップリングの一例を説明する。電磁カップリング１０は、例えば、自動車のプロペラシャフトとリヤディファレンシャルギアとの接続及び切断を行う。
【００５８】
電磁カップリング１０は、第一のカム１１０と第二のカム１２０とボール１３０とを有するカム機構を備える。図６は、説明の便宜上、カム機構のみ示している。これらの部材以外に電磁カップリング１０に備わる電磁コイル、アーマチュア、第一のクラッチ、第二のクラッチなどの図示は省略している。図６は、図５に示す断面図と同様の位置で、カム機構を切断した状態を示す断面図である。
【００５９】
第一のカム１１０は、上述の焼結部材１で構成される。即ち、第一のカム１１０は、複数の歯群１６及び複数の欠歯部１７を有する。第二の面１２は、複数のボール溝１２ａを備える。第一のカム１１０の第一の面１１は、第二のカム１２０側とは反対側に位置し、第一のカム１１０の第二の面１２は、第二のカム１２０側に位置する。第二のカム１２０は、ボール１３０が配置されるボール溝１２１を有する。ボール１３０は、第一のカム１１０のボール溝１２ａと第二のカム１２０のボール溝１２１との間に介在される。
【００６０】
第一のカム１１０と第二のカム１２０との間の間隔は、電磁コイルの通電の有無によって、図示は省略するものの広がったり、図６に示すように狭まったりする。
【００６１】
電磁コイルへの通電に伴って、アーマチュア、第二のクラッチなどを介して第二のカム１２０が回転する。ボール１３０は、第二のカム１２０のボール溝１２１に引きずられて、第一のカム１１０におけるボール溝１２ａの最深部から最浅部に移動する。ボール１３０の移動によって、ボール１３０を介して第一のカム１１０が第一の面１１側へ押される。第一のカム１１０は第二のカム１２０から離れ、第一のカム１１０と第二のカム１２０との間隔が広がる。上記間隔が広がると、第一のクラッチなどを介してプロペラシャフトとリヤディファレンシャルギアとが接続される。
【００６２】
一方、電磁コイルの通電の遮断に伴って、通電時の第二のカム１２０の回転が解除される。第二のカム１２０は、通電時とは反対側に回転する。ボール１３０は、第二のカム１２０のボール溝１２１に引きずられて、第一のカム１１０におけるボール溝１２ａの最浅部から最深部に移動する。ボール１３０の移動によって、ボール１３０を介した第一のカム１１０の第一の面１１側への押圧力が解除される。第一のカム１１０は第二のカム１２０側へ近づき、第一のカム１１０と第二のカム１２０との間隔が狭まる。上記間隔が狭まると、第一のクラッチなどを介したプロペラシャフトとリヤディファレンシャルギアとの接続が切断される。
【００６３】
〔作用効果〕
本形態に係る焼結部材１は、長期的に使用可能な電磁カップリング１０を構築できる。本形態に係る焼結部材１では、各欠歯部１７の周方向の形成範囲と、各ボール溝１２ａの周方向の形成範囲と、が重複しているので、周面１５において各ボール溝１２ａの形成範

囲に重複する周方向の箇所に応力集中が生じるスプライン歯１６ａの歯元がない。即ち、周面１５のうち各ボール溝１２ａの形成範囲に重複する周方向の箇所がスプライン歯１６ａの歯元の曲げ径よりも大きな曲げ径の丸みを帯びている。そのため、本形態に係る焼結部材１で電磁カップリング１０の第一のカム１１０を構成し、電磁カップリング１０の第二のカム１２０による焼結部材１の軸方向への負荷などが電磁カップリング１０のボール１３０を介して焼結部材１に対して作用しても、上記の丸みを帯びた欠歯部１７で応力の集中が緩和されてスプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中を抑制できる。よって、本形態に係る焼結部材１は、疲労強度の低下を抑制でき、長寿命である。また、本形態に係る電磁カップリング１０は、スプライン歯１６ａの歯元に対する応力集中を抑制できることで長寿命な焼結部材１によって第一のカム１１０が構成されるため、長期的に使用可能である。

【００６４】

《実施形態２》

〔焼結部材〕

図１から図５、図７、図８Ａ、図８Ｂ、図９Ａ、図９Ｂを参照して、実施形態２に係る焼結部材１を説明する。実施形態２に係る焼結部材１は、主として特定の組成、組織、及び特性を有する点が、実施形態１に係る焼結部材１と相違する。実施形態２に係る焼結部材１の外観は、実施形態１に係る焼結部材１と同様である。以下の説明は、実施形態１との相違点を中心に行う。実施形態１と同様の構成の説明は省略する。

【００６５】

［組成］

焼結部材１の組成は、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、及びＣを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる組成を有する。

【００６６】

（Ｎｉ）

Ｎｉは、焼結部材１の靭性を高める。Ｎｉは、焼結部材１の製造過程で焼入れ性を向上できるため、焼結部材１の硬度を高めることにも寄与する。以下、焼結部材１の製造過程を単に製造過程ということがある。Ｎｉの含有量は、２質量％超６質量％以下が好ましい。Ｎｉの含有量が２質量％超であれば、焼結部材１は靭性に優れる。その理由は、Ｎｉの含有量が多いからである。Ｎｉの含有量が多いことで、Ｎｉの一部はＦｅと合金化していて、Ｎｉの残部は合金化せず純Ｎｉとして存在する。この純Ｎｉとして存在する部分が靭性の向上に寄与する。Ｎｉの含有量が６質量％以下であれば、焼結部材１は硬度に優れる。その理由は、Ｎｉが過度に多すぎないため、硬度の低下を抑制できるからである。そのため、Ｎｉの含有量が上記範囲を満たすことで、焼結部材１は高硬度と高靭性とを兼ね備えることができる。Ｎｉの含有量は、更に２．５質量％以上５．５質量％以下が好ましく、特に３質量％以上５質量％以下が好ましい。Ｎｉの含有量とは、焼結部材１に含まれる元素の合計含有量を１００質量％とするとき、焼結部材１に占めるＮｉの含有量を言う。この点は、後述するＣｒ、Ｍｏ、Ｃでも同様である。

【００６７】

（Ｃｒ）

Ｃｒは、焼結部材１の硬度を高める。Ｃｒは、製造過程で焼入れ性を高められるからである。Ｃｒの含有量は、例えば、２質量％以上４質量％以下が好ましい。Ｃｒの含有量が２質量％以上であれば、焼結部材１は硬度に優れる。Ｃｒの含有量が４質量％以下であれば、焼結部材１の靭性の低下を抑制できる。Ｃｒの含有量は、更に２．２質量％以上３．８質量％以下が好ましく、特に２．５質量％以上３．５質量％以下が好ましい。

【００６８】

（Ｍｏ）

Ｍｏは、焼結部材１の硬度を高める。Ｍｏは、製造過程で焼入れ性を高められるからである。Ｍｏの含有量は、例えば、０．２質量％以上０．９質量％以下が好ましい。Ｍｏの含有量が０．２質量％以上であれば、焼結部材１は硬度に優れる。Ｍｏの含有量が０．９

質量％以下であれば、焼結部材１の靭性の低下を抑制できる。Ｍｏの含有量は、更に０．３質量％以上０．８質量％以下が好ましく、特に０．４質量％以上０．７質量％以下が好ましい。

【００６９】

（Ｃ）

Ｃは、焼結部材１の硬度を向上させる。Ｃは、製造過程でＦｅ－Ｃの液相を出現させ易い。このＦｅ－Ｃの液相は、空孔の角を丸くし易い。そのため、焼結部材１は、硬度の低下の原因となる空孔の鋭角部が少ない。よって、焼結部材１の硬度が大きくなり易い。Ｃの含有量は、例えば、０．２質量％以上１．０質量％以下が好ましい。Ｃの含有量が０．２質量％以上であれば、焼結部材１は高硬度である。製造過程で、Ｆｅ－Ｃの液相が十分に出現して、空孔の角部を効果的に丸くし易いからである。Ｃの含有量が１．０質量％以下であれば、焼結部材１は寸法精度に優れる。製造過程で、Ｆｅ－Ｃの液相が過度に生成されることを抑制し易いからである。Ｃの含有量は、更に０．３質量％以上０．９５質量％以下が好ましく、特に０．４質量％以上０．９質量％以下が好ましい。

【００７０】

［組織］

焼結部材１の組織は、マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織を有することが好ましい（図８Ａ、図８Ｂ、図９Ａ、図９Ｂ）。図８Ａ、図８Ｂ、図９Ａ、図９Ｂは、詳しくは後述するように、焼結部材１の断面の顕微鏡写真である。各図の矢印の先の白色の部分が残留オーステナイト相であり、その残留オーステナイト相の周囲の部分がマルテンサイト相である。焼結部材１は、マルテンサイト相を有することで、高硬度である。焼結部材１は、残留オーステナイト相を有することで、高靭性である。

【００７１】

残留オーステナイト相の面積割合は、例えば、５％以上が好ましい。そうすれば、高靭性な残留オーステナイト相の面積割合が高いため、焼結部材１は靭性に優れる。残留オーステナイト相の面積割合は、例えば、５０％以下が好ましい。そうすれば、残留オーステナイト相の面積割合が大きくなりすぎない。即ち、マルテンサイト相の面積割合が大きくなり易い。よって、焼結部材１は、高硬度かつ高靭性である。残留オーステナイト相の面積割合は、更に１０％以上４５％以下が好ましく、特に１５％以上４０％以下が好ましい。残留オーステナイト相の面積割合は、詳しくは後述するように、焼結部材１の断面における顕微鏡写真の全面積に対する残留オーステナイト相の合計面積の割合をいう。

【００７２】

［特性］

（硬度）

焼結部材１は、高硬度であることが好ましい。焼結部材１は、ビッカース硬さが大きく、ビッカース硬さの変動幅が小さいことが好ましい（図７のグラフに示す丸印）。図７のグラフの詳細は後述する。焼結部材１のビッカース硬さは、６１５ＨＶ以上が好ましい。焼結部材１のビッカース硬さの変動幅は、１００ＨＶ以下が好ましい。この焼結部材１は、表面から上記所定の深さまで高硬度であり均一的な硬度を有する。即ち、焼結部材１は、硬さが不均一な焼結部材に比較して、機械的弱点になり得る箇所が少ないため、損傷し難い。この焼結部材１は、ビッカース硬さの変動幅が小さいため、焼結過程の冷却過程で急冷するシンターハードニング処理されたものである。この焼結部材１は、シンターハードニング処理されているため焼結後の焼入れ焼戻しがされていない。シンターハードニング処理されず、焼結後に焼入れ焼戻しをした焼結部材１のビッカース硬さの変動幅は、例えば、１００ＨＶ超である。

【００７３】

焼結部材１のビッカース硬さは、更に６２０ＨＶ以上が好ましく、特に６２５ＨＶ以上が好ましい。上記ビッカース硬さの変動幅は、更に７５ＨＶ以下が好ましく、特に５０ＨＶ以下が好ましい。焼結部材１のビッカース硬さは、詳しくは後述するように、焼結部材１の断面において、焼結部材１の表面から所定の深さまでの間で複数箇所測定したビッカ

ース硬さの平均とする。焼結部材１のビッカース硬さの変動幅は、詳しくは後述するように、焼結部材１の断面において、表面から所定の深さまでの間で測定したビッカース硬さのうち最大値と最小値との差をいう。

【００７４】

（靭性）

焼結部材１は、高靭性であることが好ましい。具体的には、詳しくは後述する小野式回転曲げ疲労試験において10^7回繰り返し曲げ試験に耐える応力振幅が大きく、曲げ疲労強度に優れることが好ましい。10^7回繰り返し曲げ試験に耐える応力振幅は、４２０ＭＰａ以上であることが好ましい。10^7回繰り返し曲げ試験に耐える応力振幅は、更に４２３ＭＰａ以上であることが好ましく、特に４２５ＭＰａ以上であることが好ましい。

【００７５】

〔焼結部材の製造方法〕

本形態の焼結部材１は、上述の焼結部材の製造方法と同様、圧粉成形体を準備する工程と、圧粉成形体を焼結する工程とを備える焼結部材の製造方法により製造できる。準備する工程は、複数の歯群及び複数の欠歯部と、複数のボール溝とを備える圧粉成形体を準備する点は、上述の準備する工程と同様である。準備する工程は、圧粉成形体の原料粉末として、鉄基合金粉末とＮｉ粉末とＣ粉末とを含むものを用いる点が、上述の準備する工程と相違する。焼結する工程では、冷却過程で急冷する。

【００７６】

［準備する工程］

（鉄基合金粉末）

鉄基合金粉末は、Ｃｒ、及びＭｏを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる組成を有する。鉄基合金におけるＣｒ及びＭｏの含有量は、後述する焼結する工程後も維持される。即ち、鉄基合金におけるＣｒ及びＭｏの含有量は、上述の焼結部材１に維持される。鉄基合金におけるＣｒの含有量は、上述のように、例えば、２質量％以上４質量％以下が好ましく、更に２．２質量％以上３．８質量％以下が好ましく、特に２．５質量％以上３．５質量％以下が好ましい。また、鉄基合金におけるＭｏの含有量は、上述のように、例えば、０．２質量％以上０．９質量％以下が好ましく、更に０．３質量％以上０．８質量％以下が好ましく、特に０．４質量％以上０．７質量％以下が好ましい。Ｃｒ及びＭｏの含有量を上記範囲とする理由は、上述の通りである。Ｃｒ及びＭｏの含有量は、鉄基合金に含まれる元素の合計含有量を１００質量％とするとき、鉄基合金に占めるＣｒ及びＭｏの含有量をいう。

【００７７】

鉄基合金粉末の平均粒径は、例えば、５０μｍ以上１５０μｍ以下が挙げられる。平均粒径が上記範囲内の鉄基合金粉末は、取り扱い易く、加圧成形し易い。平均粒径が５０μｍ以上の鉄基合金粉末は、流動性を確保し易い。平均粒径が１５０μｍ以下の鉄基合金粉末は、緻密な組織の焼結部材１を得易い。鉄基合金粉末の平均粒径は、更に５５μｍ以上１００μｍ以下が挙げられる。「平均粒径」は、レーザ回折式粒度分布測定装置により測定した体積粒度分布における累積体積が５０％となる粒径（Ｄ５０）のことである。この点は、後述のＮｉ粉末及びＣ粉末の平均粒径でも同様である。

【００７８】

（Ｎｉ粉末）

Ｎｉ粉末は、純Ｎｉ粉末が挙げられる。Ｎｉ粉末の含有量は、後述する焼結する工程後も維持される。即ち、Ｎｉ粉末の含有量は、上述の焼結部材１に維持される。Ｎｉ粉末の含有量は、上述のように、２質量％超６質量％以下が挙げられ、更に２．５質量％以上５．５質量％以下が好ましく、特に３質量％以上５質量％以下が好ましい。Ｎｉ粉末の含有量が多いことで、焼結する工程によってＮｉの一部をＦｅと合金化させ、Ｎｉの残部を合金化させず純Ｎｉとして存在させることができる。その上、マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織を形成させられる。そのため、靭性に優れる焼結部材１を製造し易い。また、Ｎｉ粉末の含有量が過度に多すぎないことで、硬度の低下を抑制し易い。

よって、Ｎｉ粉末の含有量が上記範囲を満たすことで、高強度と高靭性とを兼ね備える焼結部材１を製造できる。Ｎｉ粉末の含有量は、原料粉末の全体を１００質量％とするとき、原料粉末に占めるＮｉ粉末の含有量をいう。

【００７９】

Ｎｉ粉末の平均粒径は、残留オーステナイト相の分布状態に影響する。Ｎｉ粉末の平均粒径は、例えば、１μｍ以上４０μｍ以下が挙げられる。平均粒径が４０μｍ以下のＮｉ粉末は、残留オーステナイト相を均等に分布させ易い。平均粒径が１μｍ以上のＮｉ粉末は、取り扱い易いため、製造作業性を向上できる。Ｎｉ粉末の平均粒径は、更に１μｍ以上３０μｍ以下が挙げられ、特に１μｍ以上２０μｍ以下が挙げられる。

【００８０】

（Ｃ粉末）

Ｃ粉末は、焼結する工程の昇温過程でＦｅ－Ｃの液相となり、焼結部材１中の空孔の角を丸くして焼結部材１の硬度を向上させる。Ｃ粉末の含有量は、Ｎｉ粉末などと同様、後述する焼結する工程後も維持される。即ち、原料粉末におけるＣ粉末の含有量は、上述の焼結部材１に維持される。Ｃ粉末の含有量は、上述のように、例えば、０．２質量％以上１．０質量％以下が好ましく、更に０．３質量％以上０．９５質量％以下が好ましく、特に０．４質量％以上０．９質量％以下が好ましい。

【００８１】

Ｃ粉末の平均粒径は、鉄基合金粉末の平均粒径よりも小さくすることが好ましい。鉄基合金粉末よりも小さなＣ粉末は、鉄基合金粉末に均一に分散し易いため、合金化を進行し易い。Ｃ粉末の平均粒径は、例えば、１μｍ以上３０μｍ以下が挙げられ、更に１０μｍ以上２５μｍ以下が挙げられる。Ｆｅ－Ｃの液相を生成させるという観点ではＣ粉末の平均粒径は大きい方が好ましいが、大きすぎると液相の出現する時間が長くなることで空孔が大きくなりすぎて欠陥となる。

【００８２】

（その他）

原料粉末は、潤滑剤を含有していてもよい。潤滑剤は、原料粉末の成形時の潤滑性が高められ、成形性を向上させる。潤滑剤の種類は、例えば、高級脂肪酸、金属石鹸、脂肪酸アミド、高級脂肪酸アミドなどが挙げられる。これらの潤滑剤としては、公知のものが利用できる。潤滑剤の存在形態は、固体状や粉末状、液体状など形態を問わない。潤滑剤には、これらの少なくとも１種を単独で又は組み合わせて用いることができる。原料粉末における潤滑剤の含有量は、原料粉末を１００質量％とするとき、例えば、０．１質量％以上２．０質量％以下が挙げられ、更に０．３質量％以上１．５質量％以下が挙げられ、特に０．５質量％以上１．０質量％以下が挙げられる。

【００８３】

原料粉末は、有機バインダーを含有してもよい。有機バインダーは公知のものが利用できる。有機バインダーの含有量は、原料粉末を１００質量％としたとき、０．１質量％以下が挙げられる。有機バインダーの含有量が０．１質量％以下であれば、成形体に含まれる金属粉末の割合を多くできるため、緻密な圧粉成形体を得易い。有機バインダーを含有しない場合、圧粉成形体を後工程で脱脂する必要がない。

【００８４】

［焼結する工程］

焼結条件は、上述の通りである。焼結工程の冷却過程における冷却速度は、上述の通り、１℃／ｓｅｃ以上が挙げられる。冷却速度が１℃／ｓｅｃ以上であることで焼結部材１が急冷される。そのため、マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織が形成され易い。よって、硬度及び靭性に優れる焼結部材１が製造される。特に、Ｃ含有量が多いほど、マルテンサイト相が形成され易いため、高硬度な焼結部材１が製造される。また、Ｎｉ粉末が多いほど、残留オーステナイト相が形成され易いため、高靭性な焼結部材１が製造され易い。また、焼結部材１が急冷されることで、表面から所定の深さまでにおけるビッカース硬さの変動幅が小さい焼結部材１が製造され易い。具体的には、上記ビッカ

ース硬さの変動幅が５０ＨＶ以下の焼結部材１が製造される。好ましい冷却速度は、上述の通りである。

【００８５】

〔作用効果〕

本形態に係る焼結部材１は、実施形態１の効果に加えて、高硬度と高靭性とを兼ね備えることができる。焼結部材１は、Ｎｉの含有量が多いことで靭性に優れる上に、Ｎｉの含有量が過度に多すぎないことで硬度の低下を抑制できるからである。その上、焼結部材１は、高硬度なマルテンサイト相と高靭性な残留オーステナイト相との混相組織を有するからである。また、焼結部材１は、表面から所定の深さまで均一的な硬さを有する。焼結部材１は、上記ビッカース硬さの変動幅が小さいからである。よって、本形態に係る焼結部材１は、上述の電磁カップリング１０に備わる第一のカム１１０（図６）に好適に利用できる。

【００８６】

《解析例》

解析例は、欠歯部の有無によって、スプライン歯に作用する最大応力の大きさの違いをＦＥＭ（Ｆｉｎｉｔｅ　Ｅｌｅｍｅｎｔ　Ｍｅｔｈｏｄ）解析により調べた。

【００８７】

〔解析モデルＮｏ．１〕

解析モデルＮｏ．１の第一の部材は、図１から図５を参照して説明した焼結部材１で構成した。即ち、本モデルの第一の部材は、第一の面に繋がる内周面に複数の歯群及び複数の欠歯部を有し、第二の面に複数のボール溝を有する。第一の部材の複数の歯群及び複数の欠歯部と複数のボール溝とは、適宜図１から図５の複数の歯群１６及び複数の欠歯部１７と複数のボール溝１２ａとを参照するとよい。歯群の数は３個とし、各歯群におけるスプライン歯の数は８個とした。欠歯部の数は歯群の数と同数の３個とした。各欠歯部において、欠けたスプライン歯の数は２個とした。ボール溝の数は３個とした。

【００８８】

〔解析モデルＮｏ．１０１〕

解析モデルＮｏ．１０１の第一の部材は、第一の面に繋がる内周面に欠歯部を有さず、内周面の周方向に並列する複数のスプライン歯を有する点を除き、解析モデルＮｏ．１の第一の部材と同様とした。スプライン歯の数は、３０個とした。ボール溝の数は、３個とした。

【００８９】

〔応力解析〕

各解析モデルの第一の部材において、スプライン歯に作用する最大応力は、次のようにして調べた。図１０に示す第二の部材２２０、ボール２３０、第一の治具３１０、及び第二の治具３２０を用意した。図１０は、図５に示す断面図と同じ位置で、各部材を切断した状態を示す断面図である。第二の部材２２０は、図６を参照して説明した第二のカム１２０で構成した。即ち、第二の部材２２０は、ボール２３０が配置されるボール溝１２１を有する。図１０に示すように、各解析モデルの第一の部材２１０におけるボール溝１２ａと第二の部材２２０におけるボール溝１２１との間にボール２３０を介在させた。ボール２３０は、第一の部材２１０におけるボール溝１２ａの最深部から少しずれた位置に配置し、その位置から動かないようにした。第一の部材２１０の第一の面１１の外周縁側に第一の治具３１０を配置した。第二の部材２２０のボール溝１２１とは反対側の面のうちボール２３０と対向する外周縁側に第二の治具３２０を配置した。第一の治具３１０と第二の治具３２０とで第一の部材２１０と第二の部材２２０とを第一の部材２１０の軸方向に沿って加圧した。このとき、第一の部材２１０のスプライン歯に作用する最大応力をＦＥＭ解析によって調べた。ＦＥＭ解析は、ソフトウェアとしてＡＮＳＹＳ社製Ｗｏｒｋｂｅｎｃｈ　Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌを用いた。

【００９０】

解析モデルＮｏ．１の第一の部材では、スプライン歯の歯元に最大応力が作用した。そ

の最大応力値は、２８１ＭＰａであった。一方、解析モデルＮｏ．１０１の第一の部材では、解析モデルＮｏ．１と同様、ボール溝の形成範囲に重複する周方向の箇所のスプライン歯の歯元に最大応力が作用した。その最大応力値は、３６６ＭＰａであった。このように、解析モデルＮｏ．１の第一の部材は、解析モデルＮｏ．１０１の第一の部材に比較して、スプライン歯の歯元に作用する最大応力値がおよそ１６％程度低減されることがわかった。従って、各ボール溝の形成範囲に重複する周方向の箇所に欠歯部を有することで、スプライン歯の歯元に対する応力集中を抑制できることがわかる。

【００９１】

《試験例》

試験例は、焼結部材の硬度と靭性とを評価した。

【００９２】

〔試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２〕

試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２の焼結部材は、原料粉末を準備する工程と、圧粉成形体を作製する工程と、圧粉成形体を焼結する工程とを経て作製した。

【００９３】

［準備する工程］

原料粉末として、鉄基合金粉末とＮｉ粉末とＣ粉末とを含む混合粉末を準備した。

【００９４】

鉄基合金粉末は、Ｃｒ、及びＭｏを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる複数の鉄合金粒子を有する。鉄基合金に占めるＣｒの含有量とＭｏの含有量を表１に示す。即ち、鉄基合金におけるＣｒの含有量が３．０質量％であり、鉄基合金におけるＭｏの含有量が０．５質量％である。表１に示す「－」は、該当する元素を含んでいないことを示す。

【００９５】

原料粉末に占めるＮｉ粉末とＣ粉末の含有量を表１に示す。試料Ｎｏ．１では、Ｎｉ粉末の含有量が３質量％であり、Ｃ粉末の含有量が０．６５質量％であり、Ｆｅ粉末の含有量が残部である。試料Ｎｏ．２では、Ｎｉ粉末の含有量が４質量％であり、Ｃ粉末の含有量が０．７５質量％であり、Ｆｅ粉末の含有量が残部である。

【００９６】

［圧粉成形体を作製する工程］

原料粉末を加圧成形して圧粉成形体を作製した。成形圧力は、７００ＭＰａとした。

【００９７】

［焼結する工程］

圧粉成形体を焼結して焼結部材を作製した。圧粉成形体の焼結には、焼結炉と、焼結炉の下流に連続する急冷室とを有する連続焼結炉を用いた。焼結条件としては、焼結温度を１３００℃とし、焼結時間を１５分とした。

【００９８】

（冷却過程）

焼結する工程の冷却過程では、焼結部材を急冷するシンターハードニング処理を行った。具体的には、雰囲気温度が冷却開始時から３００℃まで、冷却速度が３℃／ｓｅｃとなるようにした。この冷却は、冷却ガスとして窒素ガスを焼結部材に吹き付けることで行った。

【００９９】

〔試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２〕

試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材は、準備した原料粉末に占めるＮｉ粉末の含有量とＣ粉末の含有量とが異なる点を除き、試料Ｎｏ．１の焼結部材と同様にして作製した。具体的には、試料Ｎｏ．１０１では、原料粉末に占めるＮｉ粉末の含有量を１質量％とし、原料粉末に占めるＣ粉末の含有量を０．７質量％とした。試料Ｎｏ．１０２では、原料粉末に占めるＮｉ粉末の含有量を２質量％とし、原料粉末に占めるＣ粉末の含有量を０．７質量％とした。

【０１００】
〔試料Ｎｏ．１１０〕
試料Ｎｏ．１１０の焼結部材は、以下の（ａ）から（ｅ）の点を除き、試料Ｎｏ．２と同様にして作製した。
（ａ）準備した鉄基合金粉末の組成がＣｒを含まずＮｉとＣｕを含む。
（ｂ）原料粉末にＮｉ粉末を含まない。
（ｃ）原料粉末に占めるＣの粉末の含有量が異なる。
（ｄ）焼結する工程の冷却過程で急冷せず徐冷した。
（ｅ）焼結する工程の後、焼入れ焼戻しをした。
【０１０１】
鉄基合金粉末は、Ｃｕ、Ｍｏ、及びＮｉを含有し、残部がＦｅ及び不可避的不純物からなる複数の鉄合金粒子を有する。鉄基合金におけるＣｕの含有量は、１．５質量％である。鉄基合金におけるＭｏの含有量は、０．５質量％である。鉄基合金におけるＮｉの含有量は、４質量％である。試料Ｎｏ．１１０において、原料粉末に占めるＣ粉末の含有量が０．５質量％であり、Ｆｅ粉末の含有量が残部である。
【０１０２】
焼結する工程の冷却過程では、焼結部材を急冷せず徐冷した。冷却速度は、０．５℃／ｓｅｃ程度である。
【０１０３】
〔見掛け密度の測定〕
各試料の焼結部材における見掛け密度（ｇ／ｃｍ^3）をアルキメデス法で測定した。見掛け密度は、「（焼結部材の乾燥重量）／｛（焼結部材の乾燥重量）－（焼結部材の油浸材の水中重量）｝×水の密度」によって求めた。焼結部材の油浸材の水中重量は、油中に浸漬して含油させた焼結部材を水中に浸漬させた部材の重量である。Ｎ数は３個とした。３つの焼結部材の測定結果の平均を各試料の焼結部材における見掛け密度とした。その結果を表１に示す。
【０１０４】
〔硬度の評価〕
焼結部材の硬度の評価は、焼結部材のビッカース硬さと、焼結部材の表面から所定の深さまでにおけるビッカース硬さの変動幅とを求めることで行った。
【０１０５】
ビッカース硬さの測定は、ＪＩＳ　Ｚ　２２４４（２００９）に準拠して行った。試験片を焼結部材から切り出した。試験片の形状は矩形状とした。試験片のサイズは、５５ｍｍ×１０ｍｍ×厚み１０ｍｍとした。試験片の切り出しは、試験片の厚み方向の一方の面が焼結部材の表面で構成されるように行った。
【０１０６】
試験片の断面における試験片の表面から所定の深さまでの間において、１１箇所のビッカース硬さを測定した。試験片の表面とは、上述の試験片の厚み方向の一方の面とした。所定の深さは、試験片の表面に対して直交する方向に沿って５．０ｍｍとした。測定箇所の内訳は、表面から０．１ｍｍの地点と、表面から０．５ｍｍピッチで間隔を空けた１０箇所の地点とである。Ｎ数は３個とした。
【０１０７】
３つの試験片の全測定地点におけるビッカース硬さの平均を焼結部材のビッカース硬さとした。３つの試験片の各測定地点におけるビッカース硬さの平均のうち最大値と最小値との差を、焼結部材のビッカース硬さの変動幅とした。それらの結果を表１に示す。
【０１０８】
代表して、試料Ｎｏ．２、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１１０の焼結部材において、３つの試験片の各測定地点におけるビッカース硬さの平均を図７に丸印、ばつ印、黒塗りの菱形印で示す。図７のグラフの横軸は、表面からの深さ（ｍｍ）を示し、縦軸は、ビッカース硬さ（ＨＶ）を示す。

【０１０９】
〔靭性の評価〕
焼結部材の靭性の評価は、小野式回転曲げ疲労試験によって応力振幅を測定することで行った。
【０１１０】
小野式回転曲げ疲労試験は、試験機として東京試験機社製ＦＴＯ－１００を用い、ＪＩＳ Ｚ ２２７４（１９７８）に準拠して行った。試験片は、焼結部材から切り出した。試験片は、ＪＩＳ Ｚ ２２７４（１９７８）の１号試験片に準拠した試験片とした。具体的には、試験片の形状はダンベル状である。この試験片は一対の太径部と細径部とを有する。各太径部は、試験片の軸方向の両端に設けられる。各太径部の形状は円柱状である。各太径部の径は、太径部の軸方向に一様である。細径部は、両太径部同士の間に設けられる。両太径部と細径部とは連続している。細径部の形状は、円柱状である。細径部は、平行部と一対の湾曲部とを有する。平行部は、細径部の軸方向の中央にその軸方向に沿って径が一様な部分である。各湾曲部は、平行部と太径部とを繋ぐ部分で、平行部側から太径部側に向かって径が大きくなる部分である。試験片の軸方向の長さは、９０．１８mmとした。各太径部の軸方向の長さは、２７．５mmとし、細径部の軸方向の長さは、３５．１８mmとした。太径部の径は、１２mmとした。平行部の直径は、８mmとした。平行部の長さは、１６mmである。
【０１１１】
測定条件としては、回転数を３４００ｒｐｍとした。10^7回繰り返し曲げを行ったときに試験片が破断しない最大の応力振幅を測定した。Ｎ数は３個とした。３つの試験片における応力振幅の平均を焼結部材の応力振幅とした。その結果を表１に示す。
【０１１２】
〔断面観察〕
試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材の断面を観察した。
【０１１３】
焼結部材の断面は任意の断面とした。断面は、次のようにして露出させた。焼結部材の一部を切断した試料片をエポキシ樹脂で埋設した樹脂成形体を作製した。樹脂成形体に対して研磨加工を施した。研磨加工は、二段階に分けて行った。一段階目の加工として、焼結部材の切断面が露出されるまで樹脂成形体の樹脂を研磨する。二段階目の加工として、露出した切断面を研磨する。研磨は、鏡面研磨である。即ち、観察する断面は、鏡面研磨面である。
【０１１４】
断面の観察には、オリンパス社製ＧＸ５１の光学顕微鏡を用いた。図８Ａ及び図８Ｂ、図９Ａ及び図９Ｂ、図１１，図１２に、試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材の断面における顕微鏡写真を示す。図８Ａ、図９Ａ、図１１、図１２の顕微鏡写真のサイズは、２．８２mm×２．０９mm程度である。図８Ｂ，図９Ｂの顕微鏡写真のサイズは、１．３８mm×１．０２mm程度である。
【０１１５】
各顕微鏡写真から、上記４つの試料における残留オーステナイト相の有無を確認した。各顕微鏡写真には、説明の便宜上、残留オーステナイト相を矢印で示している。この矢印の先の白い部分が残留オーステナイト相である。白い部分の周囲の部分がマルテンサイト相である。なお、図１１は、残留オーステナイト相が見られないため矢印を付していない。
【０１１６】
上記５つの試料における残留オーステナイト相の面積割合を求めた。ここでは、パルステック工業社製ポータブル型Ｘ線残留応力測定装置μ－Ｘ３６０を用い、測定視野の全面積に対する残留オーステナイト相の合計面積の割合を求めた。測定視野の数は、２個とした。測定視野のサイズは直径２mmとした。各測定視野における残留オーステナイト相の合計面積の割合の平均を残留オーステナイト相の面積割合とした。その結果を表１に示す。

【０１１７】
【表１】

試料No.	原料粉末						焼結部材					
	鉄基合金粉末					Ni粉末	C粉末	密度	ビッカース硬さ		応力振幅	残留オーステナイト相
	Cr	Cu	Mo	Ni					平均値	変動幅		面積割合
	質量%	質量%	質量%	質量%		質量%	質量%	g/cm^3	HV	HV	MPa	%
1	3.0	–	0.5	–		3	0.65	7.20	643	42	422	21
2	3.0	–	0.5	–		4	0.75	7.23	636	36	428	25
101	3.0	–	0.5	–		1	0.7	7.15	604	63	378	14
102	3.0	–	0.5	–		2	0.7	7.10	650	48	415	16
110	–	1.5	0.5	4		–	0.5	7.21	608	106	398	43

【０１１８】
表１に示すように、試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２の焼結部材は、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２、試料Ｎｏ．１１０の焼結部材に比較して、ビッカース硬さが高く、かつビッカース硬さの変動幅が小さい上に、応力振幅が大きかった。
【０１１９】
図８Ａ、図８Ｂ、図９Ａ、図９Ｂに示すように、試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２の焼結部材は、マルテンサイト相と残留オーステナイト相との混相組織を有することがわかった。一方、図１１、図１２に示すように、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材は、残留オーステナイト相が殆ど見られず、或いは全く見られず、実質的にマルテンサイト

相で構成されていることがわかった。試料Ｎｏ．１、試料Ｎｏ．２の焼結部材における残留オーステナイト相の面積割合は、試料Ｎｏ．１０１、試料Ｎｏ．１０２の焼結部材における残留オーステナイト相の面積割合に比較して高かった。

【０１２０】

本発明は、これらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

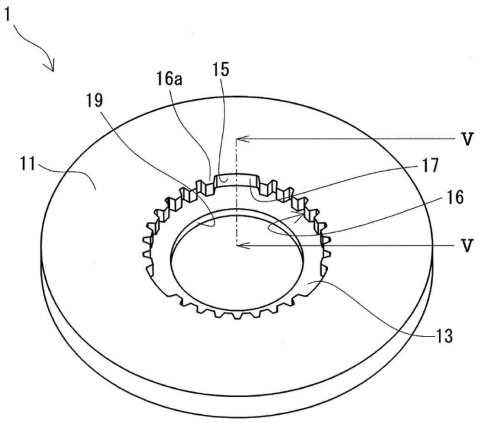
【符号の説明】

【０１２１】

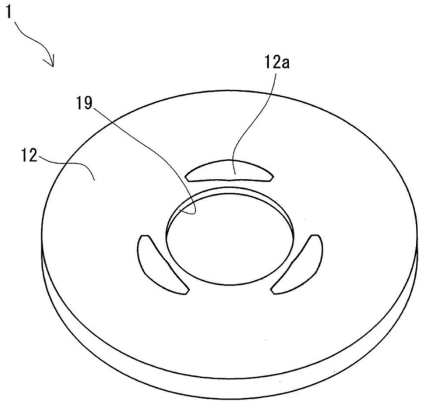
１　焼結部材
　１１　第一の面
　１２　第二の面
　　１２ａ　ボール溝
　１３　第三の面
　１５　周面
　１６　歯群
　　１６ａ　スプライン歯
　１７　欠歯部
　１９　孔部
Ｃｐ　ピッチ円
Ｃｒ　歯底円
Ｔａ　歯厚
Ｗａ　歯溝の幅
Ｌａ　歯群の長さ
Ｌｂ　欠歯部の長さ
Ｌｃ　ボール溝の長さ
１０　電磁カップリング
　１１０　第一のカム
　１２０　第二のカム
　　１２１　ボール溝
　１３０　ボール
２１０　第一の部材
２２０　第二の部材
２３０　ボール
３１０　第一の治具
３２０　第二の治具

【図面】

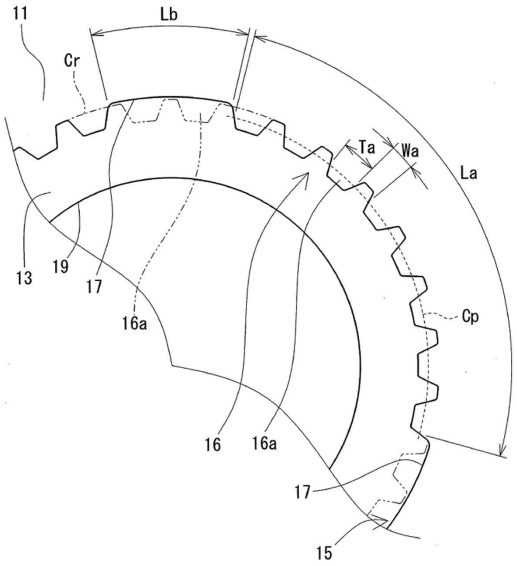
【図１】



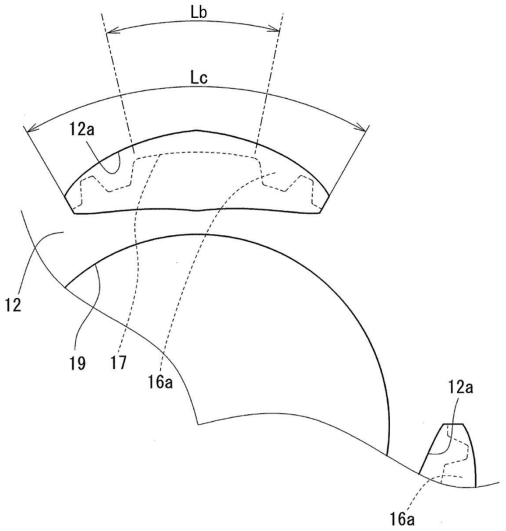
【図２】



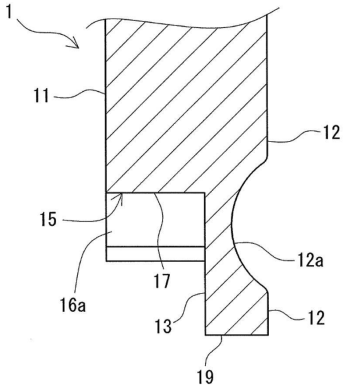
【図３】


11
Lb
Cr
Ta
Wa
La
13
19
17
16a
Cp
16
16a
17
15

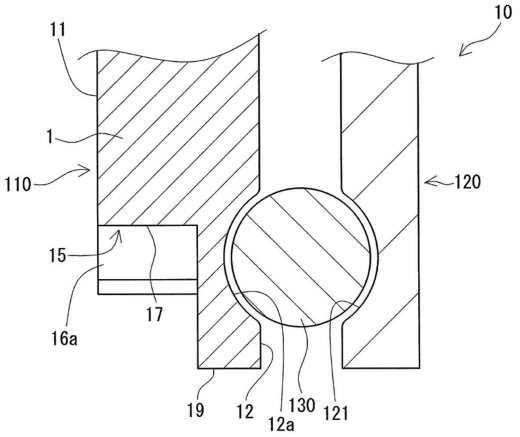
【図４】


Lb
Lc
12a
12
19
17
16a
12a
16a

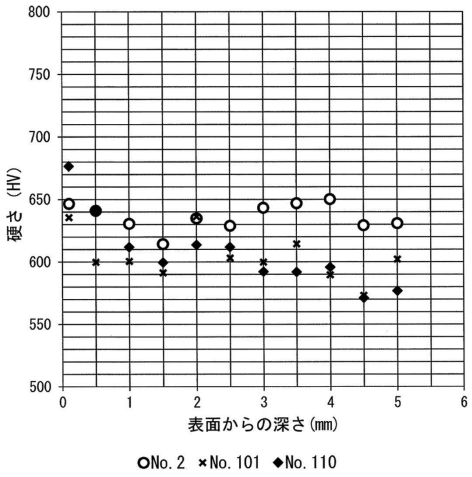
【図５】


1
11
12
15
12a
16a
17
13
12
19

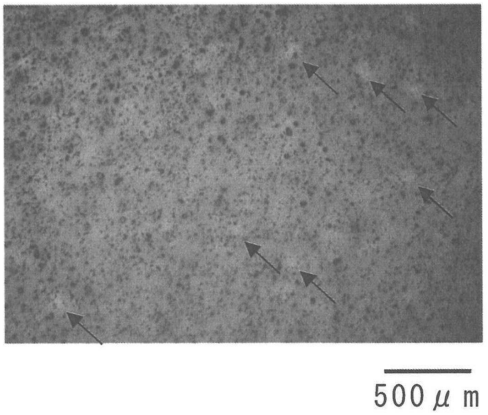
【図６】


10
11
1
110
120
15
16a
17
19
12
12a
130
121

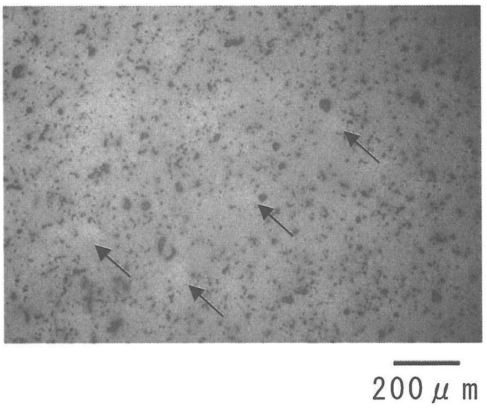
【図７】



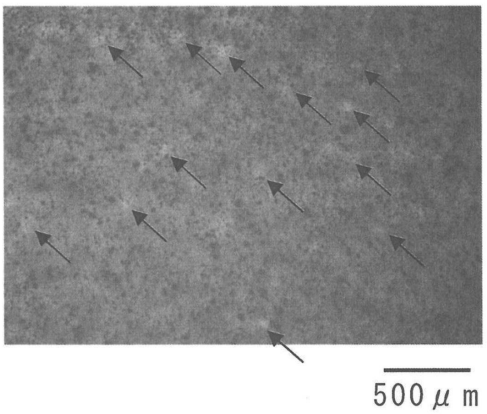
【図８Ａ】



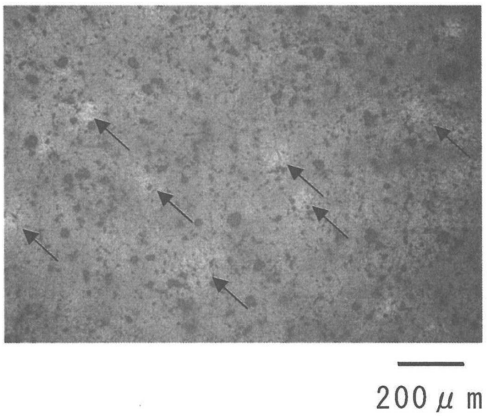
【図８Ｂ】



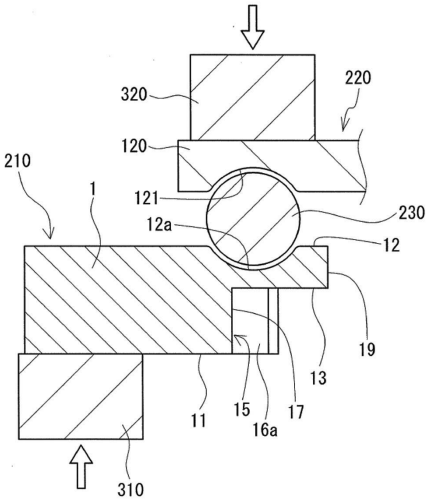
【図９Ａ】



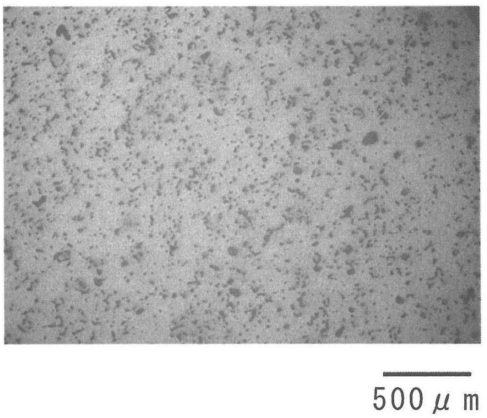
【図９Ｂ】



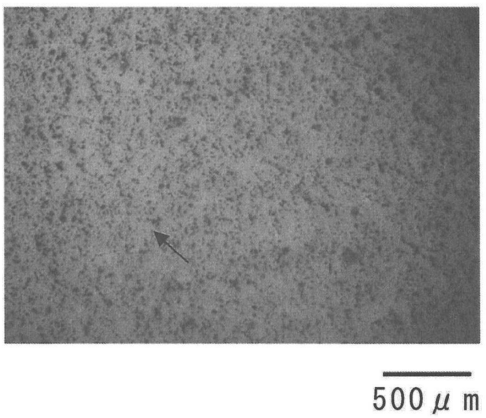
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１９／０２１９１４７（ＵＳ，Ａ１）
特開平０７－２５２５０７（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１７８０９２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１５８４１７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２２Ｆ
Ｃ２２Ｃ