(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 1 月 8 日(08.01.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/001894 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 33/02* (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01) *F16H 53/02* (2006.01)
B22F 5/08 (2006.01) *F16H 55/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/064707

(22) 国際出願日: 2014 年 6 月 3 日(03.06.2014)

(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 2013-139080 2013 年 7 月 2 日(02.07.2013) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ＮＴＮ株式会社 (NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀１丁目３番１７号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および
(71) 出願人 (米国についてのみ): 奥野　孝洋(OKUNO Takahiro) [JP/JP]; 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP). 八代　尚樹 (YASHIRO Naoki) [JP/JP]; 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP). 大平　晃也 (OOHIRA Kouya) [JP/JP]; 〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘５丁目１０５番　ＮＴＮ株式会社内 Mie (JP).

(74) 代理人: 城村　邦彦, 外(SHIROMURA Kunihiko et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀１丁目１５番２６号　江原特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

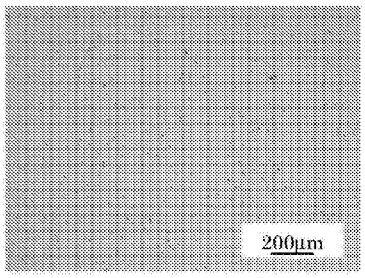
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) **Title**: SINTERED MECHANICAL COMPONENT AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称 : 焼結機械部品及びその製造方法

[図2(B)]



(57) **Abstract**: In the present invention, a sintered body having a density of at least 7.5g/cm^3 is formed using a mixed powder in which 0.05-0.35 wt% of a graphite powder having an average particle size of no more than 8μm is mixed with respect to 100 wt% of a diffusion alloyed steel powder, or using a mixed powder in which 0.15-0.35 wt% of a graphite powder having an average particle size of no more than 8μm is mixed with respect to 100 wt% of a completely alloyed steel powder.

(57) 要約:　拡散合金鋼粉１００ｗｔ％に対して平均粒子径が８μｍ以下の黒鉛粉末を０．０５～０．３５ｗｔ％混合した混合粉末、あるいは、完全合金鋼粉１００ｗｔ％に対して平均粒子径が８μｍ以下の黒鉛粉末を０．１５～０．３５ｗｔ％混合した混合粉末を用いて、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の焼結体を形成する。

WO 2015/001894 A1

MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 焼結機械部品及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、焼結機械部品及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 焼結体は、混合金属粉末を圧縮成形した後、所定の温度で焼結することにより得られるものである。焼結体は、ネットシェイプ製品もしくはニアネットシェイプ製品を作成することができ、歩留まりや加工工数の削減による低コスト化が可能になることから、機械部品などに採用されている。中でも、鉄系焼結体は機械的性質が優れていることから、自動車部品や電気製品などに幅広く採用されている。

[0003] しかし、焼結体は内部に多くの空孔が残存しており、これらの空孔が応力集中源となって溶製材におけるき裂のような振る舞いをするため、引張・圧縮・曲げ強さや衝撃強さ等の静的強さや、疲労強さ等の動的強さが低下する原因となる。

[0004] 例えば、混合粉末に対して、圧縮成形工程と焼結工程とを交互に二回ずつ施すことで、焼結体の高密度化を図る技術が知られている（例えば特許文献１）。しかし、この場合、製造コストが高騰するという問題がある。

[0005] 例えば特許文献２では、粗い粒度分布を有する金属粉末を用いることで、二段成形・二段焼結などのコストのかかる処理を用いないで、焼結体の高密度化を図っている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平４－３３７００１号公報

特許文献2：特表２００７－５３７３５９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、上記特許文献２のように、粒度の粗い金属粉末を用いるだけでは、鉄系焼結体を７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の超高密度まで高めることができない場合がある。

[0008] 本発明は、鉄系焼結金属からなる機械部品の密度を、低コストな方法で、７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上まで高めることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 混合粉末の圧縮成形体（圧粉体）を焼結すると、混合粉末に配合される黒鉛粉末は合金鋼粉内に固溶するため、黒鉛粉末があった場所が空孔となる。通常、黒鉛粉末は、合金鋼粉と比べて微細なものが使用されるため、上記のような黒鉛粉末の固溶に伴う空孔は微細なものである。従って、密度がそれほど高くない鉄系焼結体（すなわち、内部にある程度の空孔が生じている焼結体）では、上記のような黒鉛粉末の固溶に伴う空孔の影響は小さく、その影響は考慮されていなかった。これに対し、本発明者らの検証によると、７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の超高密度の焼結体では、黒鉛粉末の大きさ及び配合割合が焼結体の密度に大きく影響することが明らかとなった。そこで、本発明では、平均粒子径が８μｍ以下の極めて微細な黒鉛粉末を使用し、且つ、混合粉末中の黒鉛粉末の配合割合を低めに抑えた（拡散合金粉の場合、合金鋼粉１００ｗｔ％に対して０．０５～０．３５ｗｔ％、完全合金粉の場合、合金鋼粉１００ｗｔ％に対して０．１５～０．３５ｗｔ％）。これにより、二段成形・二段焼結などの高コストな方法を用いることなく、焼結体の密度を７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の超高密度まで高めることができる。

[0010] すなわち、本発明は、合金鋼粉及び黒鉛粉末を含む混合粉末を用いて形成された焼結機械部品であって、前記合金鋼粉が拡散合金鋼粉であり、前記合金鋼粉１００ｗｔ％に対して前記黒鉛粉末が０．０５～０．３５ｗｔ％であり、前記黒鉛粉末の平均粒子径が８μｍ以下であり、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上である焼結機械部品として特徴づけられる。また、本発明は、合金鋼粉及び黒鉛粉末を含む混合粉末を用いて形成された焼結機械部品であって、前記合金鋼粉が完全合金鋼粉であり、前記合金鋼粉１００ｗｔ％に対して前記

黒鉛粉末が０．１５～０．３５ｗｔ％であり、前記黒鉛粉末の平均粒子径が８μｍ以下であり、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上である焼結機械部品として特徴づけられる。

[0011] また、本発明は、拡散合金鋼粉１００ｗｔ％に対して、平均粒子径が８μｍ以下の黒鉛粉末を０．０５～０．３５ｗｔ％混合して混合粉末を得る混合工程と、前記混合粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧粉工程と、前記圧粉体を所定の焼結温度で焼結して、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の焼結体を得る焼結工程とを含む焼結機械部品の製造方法として特徴づけられる。また、本発明は、完全合金鋼粉１００ｗｔ％に対して、平均粒子径が８μｍ以下の黒鉛粉末を０．１５～０．３５ｗｔ％混合して混合粉末を得る混合工程と、前記混合粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧粉工程と、前記圧粉体を所定の焼結温度で焼結して、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の焼結体を得る焼結工程とを含む焼結機械部品の製造方法として特徴づけられる。

[0012] 上記の混合粉末に含まれる合金鋼粉として、目開き１８０μｍの篩を通過させて粗大な粒子を除去したものを使用すれば、焼結体に粗大な気孔が形成されることを確実に防止できる。

[0013] 上記の合金鋼粉として、例えば、Ｆｅ-Ｍｏ合金の周囲にＮｉが拡散付着した拡散合金鋼粉を使用することができる。この場合、拡散合金鋼粉は、Ｎｉを１．５～２．３ｗｔ％、Ｍｏを０．５～１．５ｗｔ％含み、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる組成とすることが好ましい。

[0014] あるいは、上記の合金鋼粉として、Ｆｅ－Ｍｏ－Ｎｉ完全合金鋼粉を使用することができる。この場合、完全合金鋼粉は、Ｎｉを０．５～０．７ｗｔ％、Ｍｏを０．６～１．１ｗｔ％含み、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる組成とすることが好ましい。

[0015] 上記の焼結機械部品は、ギヤもしくはカムとして好適に使用できる。

発明の効果

[0016] 以上のように、本発明によれば、鉄系焼結金属からなる機械部品の密度を、低コストな方法で、７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上まで高めることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]リング圧縮疲労強さ試験に用いる円筒状試験片の側面図及び断面図である。

[図2(A)]分級を行った粉末を用いた試験片（実施品）の断面拡大図である。

[図2(B)]分級を行わなかった粉末を用いた試験片（比較品）の断面拡大図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の一実施形態に係る焼結機械部品の製造方法を説明する。本実施形態では、混合工程、圧縮成形工程、焼結工程、及び熱処理工程を経て焼結機械部品が製造される。

[0019] 混合工程では、合金鋼粉、黒鉛粉末、及び潤滑剤を所定の割合で混合する。

[0020] 合金鋼粉としては、例えば、合金成分としてＮｉ及びＭｏを含み、残部をＦｅ及び不可避不純物としたものが使用できる。Ｎｉは焼結体の機械的性質を強化し、熱処理後の焼結体の靭性を向上させる効果がある。また、Ｍｏは焼結体の機械的性質を強化し、熱処理時の焼入れ性を向上させる効果がある。合金鋼粉は、予め目開き１８０μｍの篩通しを行い、分級しておくことが望ましい。

[0021] 合金鋼粉としては、例えば、Ｆｅ合金の周囲に他の金属を拡散付着させた拡散合金鋼粉を使用でき、具体的には、Ｆｅ合金の周囲に、Ｎｉ，Ｍｏ，Ｍｎ，Ｃｒの中の少なくとも一種を拡散付着させたものを使用できる。本実施形態では、Ｆｅ-Ｍｏ合金の周囲にＮｉを拡散付着させた拡散合金鋼粉が使用される。このように、Ｆｅ合金にＮｉ等の金属を拡散付着させることで焼結前の合金鋼粉の硬さが抑えられるため、圧縮成形時の成形性が確保される。その結果、比較的多量のＮｉを配合することが可能となる。具体的に、本実施形態の拡散合金鋼粉におけるＮｉの配合割合は、１．５～２．３ｗｔ％、好ましくは１．７～２．２ｗｔ％とされる。また、Ｍｏは、焼入れ性を向上させる効果があるが、多量に添加してもその効果は飽和して、成形性を悪化

させる原因となる。このため、拡散合金鋼粉におけるＭｏの配合割合は、０．５～１．５ｗｔ％、好ましくは０．８～１．２ｗｔ％、より好ましくは０．９～１．１ｗｔ％とされる。

[0022] また、合金鋼粉として完全合金鋼粉を使用することもでき、具体的には、Ｆｅと、Ｎｉ，Ｍｏ，Ｍｎ，Ｃｒの中の少なくとも一種とからなる完全合金粉を使用できる。本実施形態では、Ｆｅ－Ｍｏ－Ｎｉ完全合金鋼粉が使用される。この場合、完全合金鋼粉におけるＮｉの配合割合は０．４５～０．９ｗｔ％とされ、好ましくは０．５～０．７ｗｔ％、より好ましくは０．５～０．６ｗｔ％とされる。完全合金鋼粉におけるＭｏの配合割合は、０．６～１．１ｗｔ％、好ましくは０．８～１．１ｗｔ％、より好ましくは０．９～１．１ｗｔ％とされる。

[0023] 黒鉛粉末は、例えば人造黒鉛が使用される。黒鉛粉末は、平均粒径が８μｍ以下のものが使用され、好ましくは２～６μｍ、より好ましくは３～４μｍのものが使用される。合金鋼粉として拡散合金鋼粉を用いた場合、黒鉛粉末の配合割合は、合金鋼粉を１００ｗｔ％に対して０．０５～０．３５ｗｔ％、好ましくは０．１～０．３ｗｔ％、より好ましくは０．１５～０．２５ｗｔ％とされる。一方、合金鋼粉として完全合金鋼粉を用いた場合、黒鉛粉末の配合割合は、合金鋼粉を１００ｗｔ％に対して０．１５～０．３５ｗｔ％、好ましくは０．１５～０．２５ｗｔ％とされる。

[0024] 潤滑剤は、混合粉末を圧縮成形する際の金型と粉末間または粉末同士の摩擦を低減させる目的で添加される。潤滑剤としては、金属せっけんやアミドワックス等が使用され、例えばエチレンビスステアリルアミド（ＥＢＳ）が使用される。

[0025] 圧縮成形工程では、上記の混合粉末を金型のキャビティに投入して圧縮成形することにより、所定形状の圧粉体が形成される。このとき、成形時の温度は室温以上、潤滑剤の融点以下であることが好ましい。特に、潤滑剤の融点よりも１０～２０℃低い温度で成形すると、粉末の降伏強度を低下させ、圧縮性が高められるため、成形密度を高めることができる。また、必要であ

れば、金型表面に、摩擦低減のための被膜（ＤＬＣ被膜など）をコーティングしてもよい。

[0026] 成形圧力を高くすると、圧粉体の密度を高くすることができる。一方、成形圧力が高すぎると、圧粉体の内部に密度ムラによるラミネーション（層状剥離）や金型の破損などが生じる。本実施形態では、１０００～１４００ＭＰａ程度の成形圧力で圧縮成形工程が行われ、圧粉体の密度が７．４ｇ／ｃｍ^{3}以上とされる。

[0027] 次に、焼結工程では、圧粉体を所定の焼結温度で焼結する。焼結温度は、例えば１１００～１３５０℃の範囲内で設定される。焼結工程は、窒素と水素の混合ガスやアルゴンガスなどの不活性雰囲気下で行われる。圧粉体を焼結することにより、圧粉体中の黒鉛粉末が合金鋼粉内に固溶し、黒鉛粉末があった部分が空孔となる。これと共に、合金鋼粉が焼結結合することにより圧粉体全体が収縮する。その結果、黒鉛粉末の固溶による密度低下より、圧粉体の収縮による密度上昇の効果が上回り、焼結体の密度が圧粉体の密度よりも高くなる。焼結体の密度は、７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上、好ましくは７．５５ｇ／ｃｍ^{3}以上、より好ましくは７．６ｇ／ｃｍ^{3}以上とされる。

[0028] その後、焼結体に熱処理が施される。本実施形態では、焼結体に、浸炭焼入れ焼き戻し処理が施される。これにより、表面の硬度が高められると共に、内部の靭性が確保されるため、き裂の進展が抑制される。

[0029] 以上により、本発明の実施形態に係る焼結機械部品が完成する。この焼結機械部品は、例えば、ギヤやカムとして使用できる。拡散合金鋼粉を用いた場合の焼結機械部品は、内部硬さが３００～５００ＨＶ（好ましくは４００～５００ＨＶ）、圧環強さが１７５０ＭＰａ以上（好ましくは１９００ＭＰａ以上、より好ましくは２０００ＭＰａ以上）、リング圧縮疲労強さ２９０ＭＰａ以上（好ましくは３１５ＭＰａ以上、より好ましくは３４０ＭＰａ以上）とされる。一方、完全合金鋼粉を用いた場合の焼結機械部品は、内部硬さが３００～５００ＨＶ（好ましくは３５０～４５０ＨＶ）、圧環強さが１５００ＭＰａ以上（好ましくは１６００ＭＰａ以上）、リング圧縮疲労強さ

２９０ＭＰａ以上（好ましくは３１５ＭＰａ以上）とされる。

実施例 1

[0030] 本発明の効果を確認するために、以下に示す評価試験を行った。部分拡散合金粉としては、ＪＦＥスチール株式会社製のシグマロイ２０１０を用いた。完全合金粉としては、株式会社神戸製鋼所製の４６Ｆ４Ｈを用いた。潤滑剤としては、ロンザジャパン株式会社製のＡＣＲＡＷＡＸ　Ｃを０．５ｗｔ％添加した。黒鉛粉末としては、人造黒鉛を用いた。これらを混合した混合粉末を用いて、圧縮成形工程、焼結工程、および熱処理工程を経て、試験片を作成した。試験片は、外径φ２３．２ｍｍ、内径φ１６．４ｍｍ、軸方向寸法７ｍｍの円筒形状とした。焼結工程は、窒素及び水素雰囲気のトレイプッシャ炉で、１２５０℃×１５０ｍｉｎ行った。熱処理工程は、８８０℃×６０ｍｉｎの条件で浸炭処理を施した後、８４０℃で焼き入れし、１８０℃×６０ｍｉｎの条件で焼き戻しを行った。

[0031] 以下に示すように、試験片の組成を異ならせて、各試験片の焼結密度、硬さ、圧環強さ、リング圧縮疲労強さを測定した。焼結密度の測定方法はＪＩＳ　Ｚ２５０１、表面硬さ（ロックウェルＨＲＡ）の測定方法はＪＩＳ　Ｚ２２４５、内部固さ（ビッカースＨＶ０．１）の測定方法はＪＩＳ　Ｚ２２４４、圧環強さの測定方法はＪＩＳ　Ｚ２５０７にそれぞれ則った。圧環強さの試験条件は、０．５ｍｍ／ｍｉｎのストローク制御で行った。

[0032] リング圧縮疲労強さは、以下の方法で測定した値を用いた。図１に示すように、円筒状試験片の半径（厚さ中心までの半径）をＲ、厚さをｈ、軸方向寸法をｄとし、試験片に対して、直径方向の繰り返し荷重Ｗを試験片が破損するまで加える。繰り返し荷重Ｗの極大値と極小値との比は０．１とされる。繰り返し荷重Ｗを１×１０^{7}回加え続けても破損が生じなかったときの最大引張応力σ_{max}が、当該試験片のリング圧縮疲労強さとなる。尚、最大引張応力σ_{max}は、以下の数１で定義される。

[数1]

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{AR}\left(\frac{1}{\kappa}\cdot\frac{\frac{h}{2}}{R-\frac{h}{2}}-1\right)$$

上式のうち、Ａは試験片の断面積で、Ａ＝ｄ・ｈで表される。最大曲げモーメントＭは、Ｍ＝０．３１８ＷＲで表される。断面係数κは、以下の数２で表される。

[数2]

$$\kappa = \frac{R}{h}\left(\ln\frac{1+\frac{h}{2R}}{1-\frac{h}{2R}}\right)-1$$

[0033] （１）黒鉛粉末の添加量について

まず、混合粉末中の黒鉛粉末の添加量を異ならせた場合の焼結体の特性を比較した。具体的には、平均粒径３．４μｍの人造黒鉛の添加量を、０～０．８ｗｔ％の範囲で異ならせた試験片を作成し、各試験片の焼結密度、表面硬さ、内部硬さ、圧環強さ、及びリング圧縮疲労強さを測定した。尚、焼結密度及び表面硬さは熱処理前の焼結体の値であり、内部固さ、圧環強さ、及びリング圧縮疲労強さは熱処理後の焼結体の値である。圧環強さの評価基準は、１６００ＭＰａ未満のときは×、１６００～１７５０ＭＰａのときは△、１７５０～１９００ＭＰａのときは○、１９００ＭＰａ以上の時は◎とした。リング圧縮疲労強さの評価基準は、２９０ＭＰａ未満の時は×、２９０～３１５ＭＰａの時は△、３１５～３４０ＭＰａの時は○、３４０ＭＰａ以上の時は◎とした。その結果を以下の表１及び表２に示す。

[0034]

[表1]

	実施例1	実施例2	実施例3	比較例1	比較例2	比較例3
使用粉末	シグマロイ2010（拡散合金鋼粉）					
黒鉛粉末平均粒径 mm	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
黒鉛粉末添加量wt.%	0.1	0.2	0.3	0	0.4	0.8
焼結密度 g/cm^3	7.6	7.58	7.56	7.6	7.54	7.49
表面硬さ HRA	49	54	55	42	57	62
内部硬さ HV0.1	300	430	500	200	600	800
圧環強さ MPa	○	◎	○	×	△	×
リング圧縮疲労強さ MPa	△	◎	△	×	×	×

[表2]

	実施例4	実施例5	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7
使用粉末	46F4H（完全合金鋼粉）					
黒鉛粉末平均粒径 mm	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
黒鉛粉末添加量 wt.%	0.2	0.3	0	0.1	0.4	0.8
焼結密度 g/cm^3	7.53	7.5	7.55	7.53	7.49	7.43
表面硬さ HRA	49	46	33	35	55	57
内部硬さ HV0.1	400	500	200	250	580	800
圧環強さ MPa	○	△	×	×	×	×
リング圧縮疲労強さ MPa	○	△	×	×	△	×

[0035] 表１の結果から、拡散合金鋼粉を用いた場合は、黒鉛粉末の添加量は０．０５～０．３５ｗｔ％、好ましくは０．１～０．３ｗｔ％、より好ましくは０．１５～０．２５ｗｔ％とすることが望ましいと言える。また、表２の結果から、完全合金鋼粉を用いた場合は、黒鉛粉末の添加量は０．１５～０．３５ｗｔ％、好ましくは０．１５～０．２５ｗｔ％とすることが望ましいと言える。

[0036] （２）黒鉛粉末の粒径について

次に、黒鉛粉末の粒径を異ならせた場合の焼結体の特性を比較した。具体的には、平均粒径を１．０～１０．０μｍの範囲で異ならせた人造黒鉛を用いて試験片を作成し、これらの試験片の焼結密度を測定した。その結果を以下の表３に示す。焼結密度の評価基準は、７．４７ｇ／ｃｍ^{3}未満のときは×、７．４７～７．５０ｇ／ｃｍ^{3}のときは△、７．５０ｇ／ｃｍ^{3}以上のときは○とした。

[0037] [表3]

	実施例4	実施例6	実施例7	実施例8	比較例8
使用粉末	46F4H（完全合金鋼粉）				
黒鉛粉末平均粒径 mm	3.4	1.0	2.4	8.0	10.0
黒鉛粉末添加量 wt.%	0.2	←	←	←	←
焼結密度 g/cm^3	○	△	△	△	×

[0038] 表３の結果から、黒鉛粉末の平均粒径は、８μｍ以下、好ましくは６μｍ以下、より好ましくは４μｍ以下とすることが望ましいと言える。また、同結果から、黒鉛粉末の平均粒径は、１μｍ以上、好ましくは２μｍ以上、より好ましくは３μｍ以上とすることが望ましいと言える。

[0039] （３）合金鋼粉末の粒度について

次に、合金粉末の粒度を異ならせた場合の焼結体の特性を比較した。具体的には、分級を行った合金鋼粉を用いた試験片（実施品）と、分級を行わなかった合金鋼粉を用いた試験片（比較品）とを比較した。分級は、合金鋼粉を、目開き１８０μｍの篩を通過させ、粗大な粒子を取り除くことで行われる。その結果を以下の表４に示す。また、実施品及び比較品の断面観察を行った結果、比較品の断面は最大約１５０μｍの粗大空孔（黒い部分が空孔）が観察された｛図２（Ａ）参照｝。これに対し、実施品の断面には粗大空孔はほとんど観察されなかった｛図２（Ｂ）参照｝。

[0040]

[表4]

	実施例9	比較例9	実施例10	比較例10
使用粉末	シグマロイ2010 （拡散合金鋼粉）		46F4H （完全合金鋼粉）	
目開き180㎜篩通し	有り	無し	有り	無し
黒鉛粉末平均粒径，㎜	3.4	←	←	←
黒鉛粉末添加量，wt.％	0.2	←	←	←
粗大空孔 （φ0.1 ㎜以上）	無し	有り	無し	有り

[0041] 表４の結果及び図２から、目開き１８０μｍの篩を通過させて粗大な粒子を除外した合金鋼粉を用いれば、粗大空孔の形成が抑えられることが確認された。

[0042] （４）Ｎｉの添加量について

合金鋼粉中のＮｉの添加量を異ならせた試験片の焼結密度及び圧環強さを測定した。その結果を以下の表５及び表６に示す。焼結密度の評価基準は、７．５０ｇ／ｃｍ^{3}未満のときは×、７．５０～７．５５ｇ／ｃｍ^{3}のときは△、７．５５～７．６０ｇ／ｃｍ^{3}以上のときは○、７．６０ｇ／ｃｍ^{3}のときは◎とした。圧環強さの評価基準は、上記（１）と同様とした。

[0043] [表5]

	実施例11	実施例12	実施例13	実施例14	比較例11
粉末の種類	拡散合金粉				
Ni添加量，wt.％	2.0	1.5	1.7	2.3	2.5
Mo添加量，wt.％	1.0	←	←	←	←
焼結密度，g/cm^3	○	◎	◎	△	×
圧環強さ，MPa	◎	△	○	△	×

[表6]

	実施例15	実施例16	比較例12	比較例13	比較例14
粉末の種類	完全合金粉				
Ni添加量，wt.％	0.5	0.7	0.4	0.2	1.0
Mo添加量，wt.％	1.0	←	←	←	←
焼結密度，g/cm^3	△	○	○	×	×
圧環強さ，MPa	○	△	×	×	×

[0044] 表５の結果から、拡散合金鋼粉を用いた場合は、Ｎｉの添加量は１．５～２．３ｗｔ％、好ましくは１．７～２．２ｗｔ％程度とすることが望ましい

と言える。また、完全合金鋼粉を用いた場合は、Ｎｉの添加量は０．４５～０．９ｗｔ％、好ましくは０．５～０．７ｗｔ％程度とすることが望ましいと言える。

[0045] （５）Ｍｏの添加量について

合金鋼粉中のＭｏの添加量を異ならせた試験片の焼結密度及び圧環強さを測定した。その結果を以下の表７及び表８に示す。焼結密度の評価基準は、上記（４）と同様とした。圧環強さの評価基準は、上記（１）と同様とした。

[0046] [表7]

	実施例17	実施例18	実施例19	実施例20	実施例21
粉末の種類	拡散合金粉				
Ni添加量，wt.%	2.0	←	←	←	←
Mo添加量，wt.%	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5
焼結密度，g/cm^3	◎	◎	○	△	△
圧環強さ，MPa	△	○	◎	○	△

[表8]

	実施例22	実施例23	比較例15	比較例16	比較例17
粉末の種類	完全合金粉				
Ni添加量，wt.%	0.5	←	←	←	←
Mo添加量，wt.%	0.8	1.0	0.5	1.2	1.5
焼結密度，g/cm^3	○	△	○	×	×
圧環強さ，MPa	△	○	×	△	×

[0047] 表７の結果から、拡散合金粉を用いた場合、Ｍｏの添加量は０．５～１．５ｗｔ％、好ましくは０．８～１．２ｗｔ％程度とすることが望ましいと言える。また、完全合金粉を用いた場合、Ｍｏの添加量は０．６～１．１ｗｔ％、好ましくは０．８～１．１ｗｔ％とすることが望ましいと言える。

請求の範囲

[請求項1] 合金鋼粉及び黒鉛粉末を含む混合粉末を用いて形成された焼結機械部品であって、

前記合金鋼粉が拡散合金鋼粉であり、前記合金鋼粉１００ｗｔ％に対して前記黒鉛粉末が０．０５～０．３５ｗｔ％であり、前記黒鉛粉末の平均粒子径が８μｍ以下であり、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上である焼結機械部品。

[請求項2] 合金鋼粉及び黒鉛粉末を含む混合粉末を用いて形成された焼結機械部品であって、

前記合金鋼粉が完全合金鋼粉であり、前記合金鋼粉１００ｗｔ％に対して前記黒鉛粉末が０．１５～０．３５ｗｔ％であり、前記黒鉛粉末の平均粒子径が８μｍ以下であり、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上である焼結機械部品。

[請求項3] 前記合金鋼粉が、目開き１８０μｍの篩を通過した粉末である請求項１又は２記載の焼結機械部品。

[請求項4] 前記合金鋼粉が、Ｆｅ-Ｍｏ合金の周囲にＮｉが拡散付着した拡散合金鋼粉である請求項１記載の焼結機械部品。

[請求項5] 前記拡散合金鋼粉が、Ｎｉを１．５～２．３ｗｔ％、Ｍｏを０．５～１．５ｗｔ％含み、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる請求項４記載の焼結機械部品。

[請求項6] 前記合金鋼粉が、Ｆｅ－Ｍｏ－Ｎｉ完全合金鋼粉である請求項２記載の焼結機械部品。

[請求項7] 前記完全合金鋼粉が、Ｎｉを０．４５～０．９ｗｔ％、Ｍｏを０．６～１．１ｗｔ％含み、残部がＦｅ及び不可避不純物からなる請求項６記載の焼結機械部品。

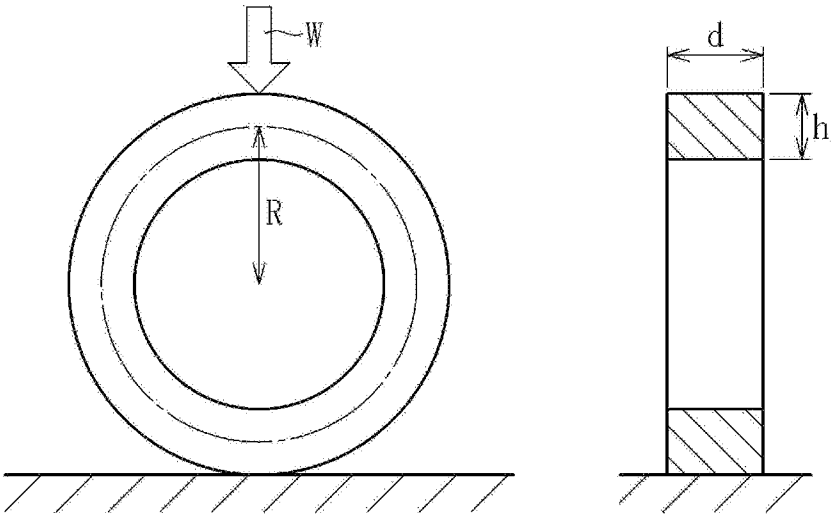
[請求項8] ギヤもしくはカムとして使用される請求項１～７の何れかに記載の焼結機械部品。

[請求項9] 拡散合金鋼粉１００ｗｔ％に対して、平均粒子径が８μｍ以下の黒

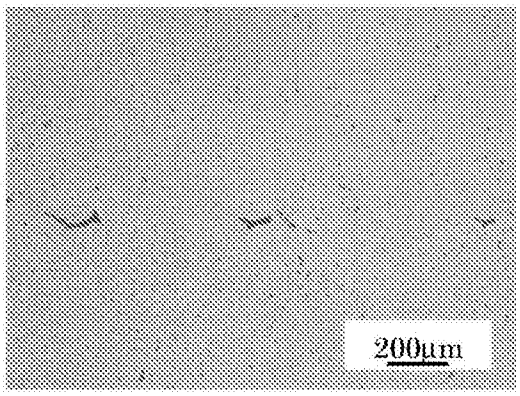
鉛粉末を０．０５～０．３５ｗｔ％混合して混合粉末を得る混合工程と、前記混合粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧粉工程と、前記圧粉体を所定の焼結温度で焼結して、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の焼結体を得る焼結工程とを含む焼結機械部品の製造方法。

[請求項10] 完全合金鋼粉１００ｗｔ％に対して、平均粒子径が８μｍ以下の黒鉛粉末を０．１５～０．３５ｗｔ％混合して混合粉末を得る混合工程と、前記混合粉末を圧縮成形して圧粉体を得る圧粉工程と、前記圧粉体を所定の焼結温度で焼結して、密度が７．５ｇ／ｃｍ^{3}以上の焼結体を得る焼結工程とを含む焼結機械部品の製造方法。

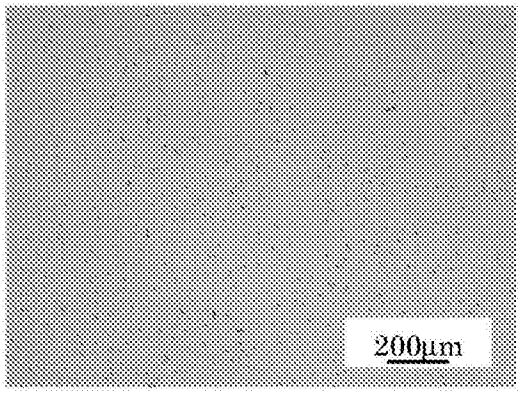
[図1]



[図2(A)]



[図2(B)]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/064707

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/00(2006.01)i, *B22F1/00*(2006.01)i, *B22F5/08*(2006.01)i, *C22C33/02*(2006.01)i, *F16H53/02*(2006.01)i, *F16H55/06*(2006.01)i

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, B22F1/00-8/00, C22C33/02, F16H53/02, F16H55/06

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E,X	WO 2014/103999 A1 (Kobe Steel, Ltd.), 03 July 2014 (03.07.2014), claims 1 to 5; paragraph [0036]; tables 1, 2 (Family: none)	2,3,6-8,10
X Y	JP 2008-169460 A (JFE Steel Corp.), 24 July 2008 (24.07.2008), paragraphs [0009], [0038], [0041]; tables 1 to 6, invention examples 5, 11, 15 & US 2009/0041608 A1 & EP 1985393 A1 & WO 2007/105429 A1 & KR 10-2008-0085920 A & CA 2642254 A & TW 201244852 A	1-4,6,8-10 5,7

☒ 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	Date of mailing of the international search report
12 August, 2014 (12.08.14)	19 August, 2014 (19.08.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/064707

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2009-221576 A (JFE Steel Corp.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraphs [0009], [0034], [0035]; tables 1, 2, invention examples 3, 4 (Family: none)	1-4,6,8-10 5,7
Y	JP 09-279204 A (Kobe Steel, Ltd.), 28 October 1997 (28.10.1997), paragraph [0030] (Family: none)	5
Y	JP 2004-232079 A (JFE Steel Corp.), 19 August 2004 (19.08.2004), paragraph [0072] & US 2003/0219617 A1 & US 2004/0038067 A1 & EP 1364731 A2 & CA 2429093 A1 & CN 1481956 A	7
X	JP 08-20849 A (Daido Steel Co., Ltd.), 23 January 1996 (23.01.1996), paragraph [0020] (Family: none)	1-4,6,8-10
A	JP 2009-263697 A (JFE Steel Corp.), 12 November 2009 (12.11.2009), claim 1; paragraphs [0012], [0013] (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０６４７０７

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)i, B22F1/00(2006.01)i, B22F5/08(2006.01)i, C22C33/02(2006.01)i, F16H53/02(2006.01)i, F16H55/06(2006.01)i

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, B22F1/00-8/00, C22C33/02, F16H53/02, F16H55/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
E, X	WO 2014/103999 A1 (株式会社神戸製鋼所) 2014.07.03, 請求項 1-5, [0036], 表 1, 2 (ファミリーなし)	2, 3, 6-8, 10
X Y	JP 2008-169460 A (JFE スチール株式会社) 2008.07.24, 【0009】, 【0038】, 【0041】, 表 1-6 の発明例 5, 11, 15 & US 2009/0041608 A1 & EP 1985393 A1 & WO 2007/105429 A1 & KR 10-2008-0085920 A & CA 2642254 A & TW 201244852 A	1-4, 6, 8-10 5, 7

☑　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の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	国際調査報告の発送日
１２．０８．２０１４	１９．０８．２０１４

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）　４Ｋ　３７７０
河口　展明

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	関連する請求項の番号
X Y	JP 2009-221576 A (JFE スチール株式会社) 2009.10.01, 【0009】, 【0034】, 【0035】, 表 1, 2 の発明例 3, 4 (ファミリーなし)	1-4, 6, 8-10 5, 7
Y	JP 09-279204 A (株式会社神戸製鋼所) 1997.10.28, 【0030】 (ファミリーなし)	5
Y	JP 2004-232079 A (JFE スチール株式会社) 2004.08.19, 【0072】 & US 2003/0219617 A1 & US 2004/0038067 A1 & EP 1364731 A2 & CA 2429093 A1 & CN 1481956 A	7
X	JP 08-20849 A (大同特殊鋼株式会社) 1996.01.23, 【0020】 (ファミリーなし)	1-4, 6, 8-10
A	JP 2009-263697 A (JFE スチール株式会社) 2009.11.12, 請求項 1, 【0012】, 【0013】 (ファミリーなし)	1-10