

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5936954号
(P5936954)

(45) 発行日 平成28年6月22日 (2016. 6. 22)

(24) 登録日 平成28年5月20日 (2016. 5. 20)

(51) Int. Cl.			F I		
C 2 2 C	33/02	(2006. 01)	C 2 2 C	33/02	1 0 3 E
B 2 2 F	3/24	(2006. 01)	B 2 2 F	3/24	B
B 2 2 F	3/035	(2006. 01)	B 2 2 F	3/24	E
B 2 2 F	3/02	(2006. 01)	B 2 2 F	3/035	E
B 2 2 F	5/08	(2006. 01)	B 2 2 F	3/02	A

請求項の数 7 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2012-184184 (P2012-184184)	(73) 特許権者	000102692 NTN株式会社
(22) 出願日	平成24年8月23日 (2012. 8. 23)		大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(65) 公開番号	特開2014-40646 (P2014-40646A)	(74) 代理人	100107423 弁理士 城村 邦彦
(43) 公開日	平成26年3月6日 (2014. 3. 6)	(74) 代理人	100120949 弁理士 熊野 剛
審査請求日	平成27年5月15日 (2015. 5. 15)	(72) 発明者	毛利 敏彦 愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場 101 NTN特殊合金株式会社内
		(72) 発明者	松月 健浩 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN 株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機械部品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

真密度比が97%以上100%未満の焼結体からなる機械部品の製造するための方法であって、

モリブデンを含む鉄系合金粉末を主原料とし、これに0.1~0.8質量%の炭素粉末を配合した原料粉末を成形金型で圧縮成形することにより、圧粉体を得る圧縮成形工程と、

圧粉体を鉄系合金粉末の焼結温度以上で加熱して焼結体を得る焼結工程と、

焼結体に熱処理を施して硬化層を形成する熱処理工程と、を備え、

前記圧縮成形工程では、前記成形金型のうち、前記原料粉末が充填されるキャビティの画成面に固体潤滑剤を固体のまま付着させ、その後、前記成形金型を前記固体潤滑剤の融点以上に加熱した状態で前記キャビティに充填した前記原料粉末を圧縮成形することを特徴とする機械部品の製造方法。

【請求項 2】

前記原料粉末として、固体潤滑剤が添加されたものを使用する請求項1に記載の機械部品の製造方法。

【請求項 3】

前記キャビティの画成面に付着させる固体潤滑剤と、前記原料粉末に添加する固体潤滑剤とが同種である請求項2に記載の機械部品の製造方法。

【請求項 4】

焼結工程と熱処理工程との間に、焼結体に塑性加工を施す塑性加工工程を設けた請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の機械部品の製造方法。

【請求項 5】

前記塑性加工が転造加工である請求項 4 に記載の機械部品の製造方法。

【請求項 6】

前記原料粉末として、マンガンを含まないものを使用する請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の機械部品の製造方法。

【請求項 7】

前記熱処理工程では、前記熱処理として、焼結体に対する焼入れおよび焼入れ後の焼戻しを実行する請求項 1 ~ 6 の何れか一項に記載の機械部品の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械部品およびその製造方法に関し、特に、焼結金属製の機械部品およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、動力伝達用途に用いられる機械部品（動力伝達部品）や、ポンプ等において圧力を受ける部位に用いられる機械部品（受圧部品）には、特に高い機械的強度、耐摩耗性、耐疲労強度等が必要とされる。そのため、この種の機械部品は溶製材で形成されるのが一般的である。しかし、溶製材から、高精度でかつ上記の各種要求特性を満足する機械部品を得るには多くの加工工程が必要で、しかも多くの材料ロスが発生する。従って、溶製材を加工して得られる機械部品は総じてコスト高となり易い。そこで、近時においては、上記のような機械部品を焼結金属（焼結材）で作製する試みが種々なされている。

20

【0003】

例えば、本出願人は、下記の特許文献 1 において、鉄を主成分とする微粉末の造粒粉を圧粉・焼結した焼結材からなり、さらにこの焼結材に熱処理（焼入れ焼戻し処理）を施してなる機械部品（動力伝達部品）を提案している。特許文献 1 の機械部品の基材として用いられる焼結材は、（1）微粉末を適度な粒径に造粒した造粒粉を主原料として作製されるため、微粉末を用いているにもかかわらず成形金型内での流動性、ひいては成形性が向上すること、および（2）微粉末を造粒してなる造粒粉はその表面積が大きくなるため、隣接する造粒粉との焼結性が向上すること、などの理由から、一般的な焼結材に比して高密度（真密度比が 85% 以上）となる。そのため、この焼結材からなる機械部品は、一般的な焼結材からなる機械部品に比べ、機械的強度や耐摩耗性等が高められる。また、特許文献 1 の焼結材は、造粒粉を主原料とした原料粉末を用いる以外は、一般的な焼結材と同様の工程を経ることによって製造可能である。以上から、特許文献 1 の構成を採用すれば、高精度で、機械的強度や摩耗性等の各種要求特性が高められた機械部品を、比較的 low コストに得ることが可能になるものと考えられる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】特開 2011 - 94789 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 の焼結材からなる機械部品は、その真密度比が 85% 以上とされるため、溶製材からなる機械部品と比べると機械的強度や耐摩耗性等の点では依然として大きく劣っている。そのため、用途が限定的にならざるを得ない。また、特許文献 1 の構成上、所望の機械部品を安定的に製造（量産）可能とするには高品質の造粒粉を作製（準備）することが必要不可欠となるが、高品質の造粒粉を安定的に得るには多大な手間

50

とコストを要する。そのため、特許文献1の構成では、期待されるほどのコスト低減効果を得ることができず、むしろ機械部品の高コスト化を招来する場合がある。

【0006】

このような実情に鑑み、本発明の課題は、低コストに量産可能でありながら、機械的強度や耐摩耗性等に優れた焼結金属製の機械部品を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するため、本発明では、モリブデンを含む鉄系合金粉末を主原料とし、これに0.1~0.8質量%の炭素粉末を混合した原料粉末の圧粉体を焼結した焼結体からなり、少なくとも熱処理により形成された硬化層を有し、真密度比が97%以上100%未満であることを特徴とする機械部品を提供する。

ここでいう真密度比は、以下に示す計算式で示される。

真密度比 = (焼結体からなる機械部品全体の密度 / 真密度) × 100 [%]

なお、上式における“真密度”とは、溶製材のように素材内部に空孔が存在しない材料の理論密度を意味する。また、上式における“焼結体からなる機械部品全体の密度”は、例えばJIS Z 2501に規定された方法により測定される。

【0008】

また、上記課題を解決するため、本発明では、真密度比が97%以上100%未満の焼結体からなる機械部品を製造するための方法であって、モリブデンを含む鉄系合金粉末を主原料とし、これに0.1~0.8質量%の炭素粉末を配合した原料粉末を成形金型で圧縮成形することにより、圧粉体を得る圧縮成形工程と、圧粉体を鉄系合金粉末の焼結温度以上で加熱して焼結体を得る焼結工程と、焼結体に熱処理を施して硬化層を形成する熱処理工程と、を備え、圧縮成形工程では、成形金型のうち、原料粉末が充填されるキャピティの画成面に固体潤滑剤を固体のまま付着させ、その後、成形金型を固体潤滑剤の融点以上に加熱した状態で原料粉末を圧縮成形することを特徴とする機械部品の製造方法を提供する。

【0009】

上記のように、本発明に係る焼結金属製の機械部品は、その真密度比が97%以上100%未満(密度に換算すると、概ね7.6g/cm³以上7.8g/cm³未満)と溶製材に近似する程度にまで高密度化されている。そのため、機械的強度、耐摩耗性および疲労強度等に優れた特性を示すものとなる。

【0010】

このような高密度・高強度の焼結金属製の機械部品は、本願発明者らが鋭意検討を重ね、焼結後の熱処理により形成された硬化層を有する焼結体(焼結材)を用いることに加え、材料面において、(1)原料粉末を構成する主粉末として、モリブデンを含む鉄系合金粉末を選択使用したこと、および(2)原料粉末に占める炭素粉末の配合割合を0.1~0.8質量%と一般的な焼結金属よりも少なくしたことによって得られることを見出した。すなわち、上記(1)を採用すれば、圧縮成形性と焼結性の向上が図られ、また上記(2)を採用すれば、粉末間における潤滑性、および熱処理性(焼結後の熱処理性)を確保しつつも、低比重の炭素配合量が減る分、圧縮成形性が一層向上し、高密度化が達成される。

【0011】

その一方、本発明に係る焼結金属製の機械部品を得るための原料粉末として、上記の鉄系合金粉末を主原料とし、これに炭素粉末を適量配合したものを使用したので、原料粉末を準備・生成する過程で特許文献1のような造粒処理という煩雑な処理を実行する必要がなくなる。そのため、特許文献1の構成に比べ、製造コストを大幅に低減することができる。以上のことから、本発明によれば、低コストに量産可能でありながら、機械的強度や耐摩耗性等に優れた焼結金属製の機械部品を得ることが可能となる。

【0012】

なお、上述した熱処理の手法に特段の制約はなく、浸炭焼入れ、ずぶ焼入れ、高周波焼

10

20

30

40

50

入れ等、公知の焼入れ法を適宜選択し得る。但し、当該機械部品に高い靱性を併せて付与するため、焼入れ後の焼戻しを併せて実行するのが好ましい。

【0013】

上述した本発明の製造方法において、圧縮成形工程では、成形金型の成形面に固体潤滑剤を付着させた状態で原料粉末を圧縮成形しても良く、またこれに加え、もしくはこれに替えて、原料粉末として固体潤滑剤が添加されたものを使用しても良い。このようにすれば、原料粉末と成形金型間の潤滑性や、粉末間の潤滑性が向上するので、高密度の圧粉体、ひいては高強度の焼結金属製の機械部品を得る上で有利となる。なお、原料粉末として、固体潤滑剤を添加したものを使用する場合、圧粉体の高密度化を図る観点から言えば、固体潤滑剤の添加量はできるだけ少なくするのが好ましい。具体的には、原料粉末の質量を100%としたとき、外付けで0.1質量%以下とするのが好ましく、0.05質量%以下とするのが一層好ましい。

10

【0014】

成形金型の成形面に固体潤滑剤を付着させた状態で原料粉末を圧縮成形する場合、および/又は、原料粉末として固体潤滑剤を配合したものを使用する場合、成形金型を加熱（好ましくは固体潤滑剤の融点以上に加熱）した状態で、原料粉末を圧縮成形するのが好ましい。潤滑成分を効率良く拡散・浸透させることが可能となるので固体潤滑剤の使用量（配合量）を減じることができ、高密度の圧粉体、ひいては高強度の機械部品を低コストに得易くなる。

【0015】

20

上記構成の機械部品は、他領域よりも多孔質組織が緻密化された緻密層が、硬化層の少なくとも一部に設けられたものとする事ができる。このようにすれば、機械部品の更なる高密度化・高強度化を実現することができる。

【0016】

なお、このような機械部品は、焼結工程と熱処理工程との間に、焼結体に塑性加工を施す塑性加工工程を設けることによって得ることができる。塑性加工工程で実行する塑性加工としては、例えば転造を採用することができるが、どのような加工法を採用するかは、機械部品の形状等に応じて適宜選択される。どのような加工法を採用するにしても、塑性加工を冷間で実行するようにすれば、塑性加工を温間あるいは熱間で実行する場合に比べ、被加工部の精度および密度（強度）を効率良く高めることができる。

30

【0017】

上記構成の機械部品は、表面から芯部（厚さ方向の中央部）に向けて硬度が徐々に低下したものとすることができる。このようにすれば、機械部品に靱性をもたせることができるので、機械部品の耐久寿命を向上することができる。

【0018】

上記構成の機械部品において、原料粉末を構成する鉄系合金粉末としては、原料粉末の質量を100としたとき、0.2～0.8質量%のモリブデンを含むものを使用することができる。また、鉄系合金粉末としては、原料粉末の質量を100としたとき、さらに、0.2～0.8質量%のニッケル（Ni）を含むものを使用することもできる。また、原料粉末には、さらに、クロム（Cr）粉末、硫化マンガ（MnS）粉末等を配合することもできる。

40

【0019】

以上で示した本発明は、例えば、ギヤやカム等の機械部品を焼結金属で形成する際に好ましく適用することができる。もちろん、本発明は、ギヤやカム等に限らず、その他の機械部品（例えば軸受）を焼結金属で形成する際にも好ましく適用することができる。

【発明の効果】

【0020】

以上に示すように、本発明によれば、機械的強度や耐摩耗性等に優れた特性を示す焼結金属製の機械部品を低コストに量産することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 1 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る機械部品としてのギヤの斜視図である。

【図 2】図 1 中に示す X 部の拡大断面図である。

【図 3】図 1 に示すギヤの製造手順を示すブロック図である。

【図 4】圧縮成形工程の初期段階を示す概略断面図である。

【図 5】圧縮成形工程の途中段階を示す概略断面図である。

【図 6】塑性加工工程の一実施形態を示す要部拡大図である。

【図 7】塑性加工に伴って焼結体の形状が変化する様子を模式的に示す図である。

【図 8】塑性加工の実行前における焼結体の硬度の実測結果、および塑性加工の実行後における焼結体の硬度の実測結果を示した図である。

10

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【 0 0 2 3 】

図 1 に、本発明の一実施形態に係る機械部品の斜視図を示し、図 2 に、図 1 中の X 部拡大断面図（軸直交平面における拡大断面図）を示す。図 1 に示す機械部品は、例えば自動車のトランスミッションに組み込んで使用されるギヤ（トランスミッション用ギヤ）1 であり、外周部に沿って歯面 2 が設けられた大径環状部 3 と、当該ギヤ 1 を図示しない回転軸に取り付けるための取り付け孔を有する小径環状部 4 と、大径環状部 3 および小径環状部 4 を連結する複数の連結部 5 とを一体に備えている。

20

【 0 0 2 4 】

このギヤ 1 は焼結金属で形成され、真密度比は 97% 以上 100% 未満とされる。ギヤ 1 の全域には、焼結後の熱処理により（焼結体に熱処理を施すことにより）形成された硬化層（表面硬化層）8 が設けられている。また、ギヤ 1 のうち、歯面 2 の形成領域（大径環状部 3 の外周部）には、図 2 に示すように、他領域よりも多孔質組織が緻密化された緻密層 7 が設けられている。緻密層 7 および硬化層 8 の形成方法については後段で詳述するが、緻密層 7 は焼結体の外周部に塑性加工を施すことにより形成され、硬化層 8 は、塑性加工後（緻密層 7 の形成後）に焼結体に熱処理を施すことで形成される。すなわち、硬化層 8 は緻密層 7 を含んで形成されている。かかる構成から、緻密層 7 は、硬化層 8 よりも高硬度とされる。また、ギヤ 1 の各部 3 ~ 5 の硬度は、表面が最も高く、芯部（厚さ方向の中央部）に向けて徐々に低下している。従って、歯面 2 の機械的強度や耐摩耗性等は、ギヤ 1 を構成する各部のうちで最も高められている。

30

【 0 0 2 5 】

上記構成を具備する機械部品としてのギヤ 1 は、図 3 に示すように、原料粉末準備工程 S 1、圧縮成形工程 S 2、焼結工程 S 3、塑性加工工程 S 4、および熱処理工程 S 5 を順に経て製造される。以下、各工程について順に説明する。

【 0 0 2 6 】

原料粉末準備工程 S 1 では、ギヤ 1 の成形用材料としての原料粉末 10（図 5 参照）が準備・生成される。原料粉末 10 として、ここでは、モリブデン（Mo）およびニッケル（Ni）を含む鉄系合金粉末を主原料（主粉末）とし、これに炭素（C）粉末を適量配合したものが使用される。上記の鉄系合金粉末としては、モリブデン、ニッケルおよび鉄（Fe）の部分合金粉又は完全合金粉を使用する。原料粉末 10 に占める各元素の割合は、原料粉末 10 の質量を 100 としたとき、モリブデン：0.2 ~ 0.8 質量%、ニッケル：0.2 ~ 0.8 質量%、炭素：0.1 ~ 0.8 質量%とし、残部を鉄（および不可避的不純物）とする。ここでは、モリブデン、ニッケルおよび炭素の配合割合をそれぞれ 0.5 質量%とし、残部を鉄（および不可避的不純物）としたものが使用される。

40

【 0 0 2 7 】

鉄系合金粉末としては、コスト面や圧縮成形性を考慮し、平均粒径が 40 ~ 150 μm のものを使用する。すなわち、平均粒径が 40 μm を下回るような小粒径の鉄系合金粉末は、高価であることに加え、流動性が悪く圧縮成形性が低下する。一方、平均粒径が 15

50

0 μmを上回るような大粒径の鉄系合金粉末を使用すると、粉末間に大きな空孔が形成され易く、高密度の圧粉体を得ることが難しくなる。

【0028】

原料粉末10には、ステアリン酸亜鉛や二硫化モリブデン等の固体潤滑剤を一種又は二種以上添加（外付けで配合）しても良い。本実施形態では、原料粉末10の質量を100としたとき、0.05質量%未満のステアリン酸亜鉛を原料粉末10に添加している。

【0029】

次に、圧粉成形工程S2では、図4および図5に示すような成形装置11を使用して上記の原料粉末10を圧縮成形することにより、図1に示すギヤ1に近似した形状（略完成品形状）の圧粉体を得る。成形装置11は、主要な構成として、同軸配置されたコア13、上下パンチ14、15およびダイ16を有する成形金型12と、ダイ15（成形金型12）を加熱するヒータ17と、成形金型12のキャビティ12aに固体潤滑剤19を噴射するための潤滑剤噴射ノズル18とを備え、成形金型12は、例えばサーボモータを駆動源としたCNCプレス機（図示せず）にセットされている。また、図示は省略するが、原料粉末10の充填性を高めるために、成形金型12に振動を付与する振動付与装置を設けても良い。

【0030】

上記構成の成形装置11において、まず図4に示すように、コア13と上パンチ14の間に配置した潤滑剤噴射ノズル18から、キャビティ12aに向けて固体潤滑剤19を噴射し、固体潤滑剤19をキャビティ12aの画成面（コア13の外径面13a、下パンチ15の上端面15aおよびダイ16の内径面16a）に付着させる（図5中の拡大図を参照）。固体潤滑剤19としては、原料粉末10に添加した固体潤滑剤と同種の潤滑剤、もしくは異種の潤滑剤の何れを使用しても良く、また、一種のみならず、二種以上を混合して使用しても良い。ここでは、原料粉末10に添加した固体潤滑剤と同種の固体潤滑剤19、すなわちステアリン酸亜鉛を使用する。

【0031】

上記のようにしてキャビティ12aの画成面に固体潤滑剤19を付着させた後、潤滑剤噴射ノズル18を後退移動させると共に、キャビティ12a内に原料粉末10を投入・充填する。次いで、上パンチ14を下パンチ15に対して相対的に接近移動させ、キャビティ12内に充填された原料粉末10を例えば800～1100MPaの加圧力で加圧し、圧粉体を成形する。そして、上パンチ14を上昇移動させると共に、下パンチ15を上昇移動させ、圧粉体をキャビティ12a外に排出する（圧粉体を離型する）。

【0032】

ここで、上述した圧粉体の成形プロセスのうち、少なくとも、キャビティ12aへの原料粉末10の充填～圧粉体の成形完了までの間、ヒータ17を作動させてダイ16（成形金型12）を加熱する。すなわち、成形金型12を加熱した状態でキャビティ12aに充填された原料粉末10を圧縮成形することにより、圧粉体を得る。ヒータ17によるダイ16の加熱は、ダイ16の温度が70以上、より好ましくは固体潤滑剤19の融点以上で、かつ120以下となるように行う。このようにすることにより、キャビティ12aの画成面に付着させた固体潤滑剤19の潤滑成分を、原料粉末10（圧粉体）とキャビティ12aの間、さらには原料粉末10を構成する個々の粉末間に効率良く拡散・浸透させることが可能となる。そのため、ダイ12aの画成面に付着させる固体潤滑剤19の量や、原料粉末10への固体潤滑剤の添加量を減じても圧粉体の成形性や離型性が向上する。従って、高密度かつ高精度の圧粉体を成形する上で、ひいては高強度のギヤ1を得る上で有利となる。

【0033】

なお、ヒータ17によるダイ16の加熱は、ダイ16が常時上記温度範囲内に維持されるように行っても良い。また、本実施形態では、ダイ16の内部に配置したヒータ17によりダイ16（成形金型12）を加熱する、いわゆる内部加熱方式を採用したが、成形金型12の外側に配置したヒータ等により成形金型12を加熱する外部加熱方式を採用して

10

20

30

40

50

も構わない。また、成形金型 12 のキャビティ 12 a には、予め加温された原料粉末 10 を充填するようにしても構わない。

【0034】

以上のようにして得られた圧粉体は焼結工程 S3 に移送される。この焼結工程 S3 では、圧粉体を構成する鉄系合金粉末の焼結温度以上で圧粉体を加熱することにより、隣接する粉末同士を焼結結合させ、焼結体 1' (図6参照)を得る。圧粉体が鉄系合金粉末を主原料とした原料粉末 10 を圧縮成形したものであることから、酸素等の活性ガスが存在する雰囲気下で焼結を実行すると、圧粉体を構成する粉末が酸化し、焼結体 1'、ひいてはギヤ 1 の機械的強度等に悪影響が及ぶおそれがある。そのため、この焼結工程 S3 では、不活性ガス雰囲気 (例えば窒素ガス雰囲気) 下に配置した圧粉体を 1200 以上 1300 以下 (例えば 1250) で所定時間加熱することにより焼結体 1' を得る。加熱温度の下限値を 1200 に設定したのは、これよりも低い温度 (例えば、一般的な鉄系金属の焼結体を形成するための温度である 1120) で圧粉体を加熱した場合、粉末同士を十分な結合強度でもって結合させることができないからである。また、加熱温度の上限値を 1300 に設定したのは、強度向上効果が飽和するためである。なお、圧粉体の焼結は、上記のような不活性ガス雰囲気下ではなく、真空下で行うようにしても構わない。

10

【0035】

以上のようにして得られた焼結体 1' は塑性加工工程 S4 に移送される。この塑性加工工程 S4 では、焼結体 1' に塑性加工を施すことにより、焼結体 1' の外周部に仕上がり形状の歯面 2 を成形する。歯面 2 の成形は、例えば図6に模式的に示すような転造機 20 を用いて行われる。転造機 20 は、焼結体 1' を回転可能に支持する支持軸 23 と、支持軸 23 の外径側に配置され、外周に歯面 2 成形用の型部を有する 2つのローラダイス 21, 22 とを備える。2つのローラダイス 21, 22 は、支持軸 23 (焼結体 1') を挟んで互いに対向する位置に配置されている。このような転造機 20 において、ローラダイス 21, 22 を、支持軸 23 で回転可能に支持された焼結体 1' の外周部に押し付けつつ回転 (図示例では反時計回りに回転) させる。これにより、焼結体 1' の外周部全周に亘って仕上がり形状の歯面 2 が成形される。なお、以上で述べた転造加工は、例えば、外周部に、インポリュート形状の歯部を連設して構成された歯面 2' を有する焼結体 1' (図7中の二点鎖線を参照) に対して施される。この場合、転造加工に伴って、歯面 2' を構成する各歯部は、周方向に圧縮変形すると共に径方向に伸長変形し、図7中に実線で示す仕上がり形状の歯部に成形される。

20

30

【0036】

また、これと同時に、焼結体 1' 外周部の多孔質組織が緻密化され、緻密層 7 (図2参照) が形成される。このように、多孔質組織が緻密化されて緻密層 7 が形成されることにより、応力集中源となる空孔が少なくなり、機械的強度、特に疲労強度に優れた歯面 2 が得られる。

【0037】

以上で述べた転造加工 (塑性加工工程 S4) は、冷間、温間又は熱間の何れの温度領域で実行しても構わない。但し、歯面 2 の成形精度やローラダイス 21, 22 の耐久寿命を高める観点から言えば、冷間で転造加工を実行するのが好ましい。

40

【0038】

ここで、転造加工前後における焼結体 1' 外周部の硬度測定結果を図8に示す。図8からも明らかなように、転造加工後には、焼結体 1' 外周部の硬度が転造加工前に比べて大幅に高められる。特に、焼結体 1' の表面付近の硬度が大幅に高められ、以降、焼結体 1' の芯部 (内部) に向かうにつれて硬度は徐々に低下し、所定の深さを超えると硬度はほぼ一定となる。

【0039】

以上の各工程を経ることにより、真密度比が 97% 以上 100% 未満の焼結体 1'、ここでは真密度比が 97% (密度換算すると、概ね 7.6 g/cm^3) の焼結体 1' が形成される。

50

【0040】

最後に、仕上がり形状の歯面2が成形された焼結体1'は熱処理工程S5に移送される。この熱処理工程S5では、上記の焼結体1'に熱処理が施され、焼結体1'の表層部全域に焼入れに伴う硬化層8(図2参照)が形成される。これにより、焼結体1'の機械的強度や耐摩耗性が全体的に高められ、特に焼結体1'のうち、緻密層7の形成領域の機械的強度や耐摩耗性は一層高められる。熱処理の手法に特段の制約はなく、浸炭焼入れ、ずぶ焼入れ、高周波焼入れ等、公知の手法を適宜採用し得るが、ここでは浸炭焼入れを採用する。なお、焼結体1'(ギヤ1)に、高い機械的強度等のみならず高い靱性を付与するため、焼入れ後には焼戻しを実行する。

【0041】

以上で説明した各工程を経て、図1および図2に示す機械部品としてのギヤ1が完成する。なお、熱処理工程S5後には、焼結体1'(ギヤ1)の各部を一層高精度化するため、研削加工、研磨加工、ラップ加工、超仕上げ加工等の仕上げ加工を必要に応じて実行することも可能である。

【0042】

以上で説明したように、本発明に係る焼結金属製のギヤ1は、その真密度比が97%以上100%未満(密度に換算すると、概ね 7.6 g/cm^3 以上 7.8 g/cm^3 未満)と溶製材に近似する程度にまで高密度化されている。そのため、ギヤ1は、機械的強度、耐摩耗性および疲労強度等に優れた特性を示すものとなる。

【0043】

このような高密度・高強度の焼結体1'は、本願発明者らが鋭意検討を重ね、特に材料面において(1)原料粉末10を構成する主原料として、モリブデンを含む鉄系合金粉末を選択使用したこと、および(2)原料粉末10に占める炭素粉末の配合割合を0.1~0.8質量%と一般的な焼結金属よりも少なくしたことにより実現される。すなわち、上記(1)を採用すれば、圧縮成形性と焼結性の向上が図られ、上記(2)を採用すれば、粉末間における潤滑性、および焼結後の焼入れ性を確保しつつも、低比重の炭素配合量が減る分、圧縮成形性が一層向上し、高密度化が達成される。

【0044】

また、本発明に係るギヤ1は、焼結後の熱処理により形成された硬化層8を有することにより、高強度化が実現される。特に本実施形態では、熱処理としての浸炭焼入れ焼戻しを焼結体1'に施したので、ギヤ1の硬度は表面から芯部に向かうにつれて徐々に低くなる。従って、ギヤ1は高い靱性を併せて具備しており、耐久寿命や耐衝撃性に優れたものとなる。

【0045】

その一方、ギヤ1を得るための原料粉末10として、上記の鉄系合金粉末を主原料とし、これに炭素粉末を適量配合したものを使用したので、原料粉末10を準備・生成する過程において特許文献1のような造粒処理という煩雑な処理を実行する必要がなくなる。そのため、特許文献1の構成に比べ、製造コストを大幅に低減することができる。以上のことから、本発明によれば、機械的強度、耐摩耗性、疲労強度等に優れると共に、高い靱性が付与された焼結金属製のギヤ1を低コストに量産することが可能となる。

【0046】

以上、本発明の一実施形態に係る焼結金属製のギヤ1およびその製造方法について説明を行ったが、上記のギヤ1を製造するのに好適な原料粉末10の組成は上述のものに限られない。

【0047】

例えば、モリブデンを含む鉄系合金粉末(モリブデン-鉄の部分合金粉末)を主原料とし、これに炭素粉末およびクロム(Cr)粉末を配合した原料粉末10を使用することもできる。この場合、原料粉末10の質量を100としたとき、モリブデン、炭素およびクロムがそれぞれ0.2~0.8質量%、0.1~0.8質量%および0.5~2.0質量%含まれ、残部が鉄(および不可避免的不純物)となるように各粉末を配合する構成を挙

10

20

30

40

50

げることができる。また、例えば、モリブデン及びニッケルを含む鉄系合金粉末（モリブデン - ニッケル - 鉄の部分合金粉末）を主原料とし、これに、炭素粉末および硫化マンガ（MnS）粉末を配合した原料粉末10を使用することもできる。この場合、原料粉末10の質量を100としたとき、モリブデン、ニッケル、炭素および硫化マンガがそれぞれ0.2～0.8質量%、0.2～0.8質量%、0.1～0.8質量%および0.5～2.0質量%含まれ、残部が鉄（および不可避免的不純物）となるように各粉末を配合する構成を挙げることができる。

【0048】

また、以上で説明した実施形態では、焼結工程S3と熱処理工程S5との間に塑性加工工程S4を設け、この塑性加工工程S4で焼結体1'を仕上がり形状に成形すると共に、
10
他領域よりも多孔質組織が緻密化されてなる緻密層7を形成するようにしたが、塑性加工工程S4は省略しても構わない。すなわち、圧縮成形工程S2で仕上がり形状の圧粉体を成形することができ、かつ、熱処理工程S5で硬化層8を形成するだけでも、真密度比が97%以上100%未満の焼結体1'を得ることができる場合には、塑性加工工程S4は省略することができる。

【0049】

また、以上では、自動車のトランスミッション用ギヤに本発明を適用した場合について説明を行ったが、本発明は、各種機械装置に組み込んで使用されるギヤやカム（例えば、
20
ベーンポンプ用のカム）等、その他の機械部品に適用することも可能である。特に、本発明に係る機械部品は、溶製材に近似する程度にまで高密度化された焼結体で形成され、高い機械的強度や耐摩耗性等を具備しながらも低コストに量産可能であることから、従来では溶製材で形成された機械部品からの置き換えが難しかった用途への適用を可能とし、各種機械装置の低コスト化に寄与することができる極めて有益なものである。

【符号の説明】

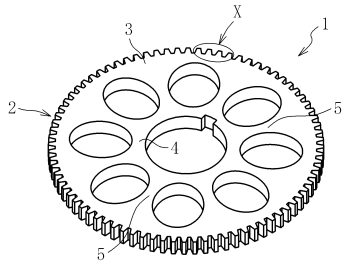
【0050】

- 1 ギヤ（機械部品）
- 1' 焼結体
- 2 歯面
- 7 緻密層
- 8 硬化層
- 10 原料粉末
- 12 成形金型
- 12 a キャピティ
- 17 ヒータ
- 18 潤滑剤噴射ノズル
- 19 固体潤滑剤
- 20 転造機
- S1 原料粉末生成工程
- S2 圧縮成形工程
- S3 焼結工程
- S4 塑性加工工程
- S5 熱処理工程

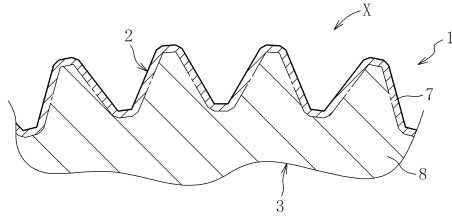
30

40

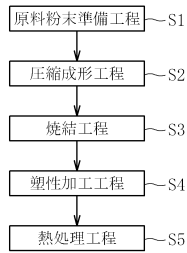
【図1】



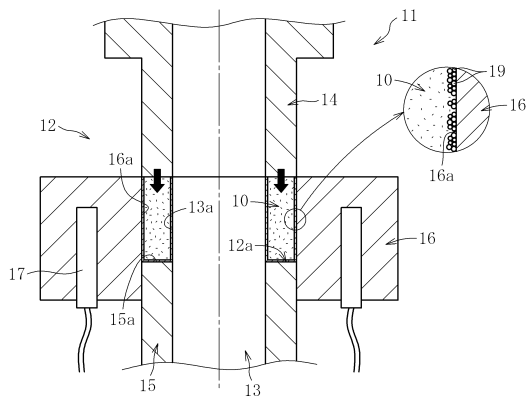
【図2】



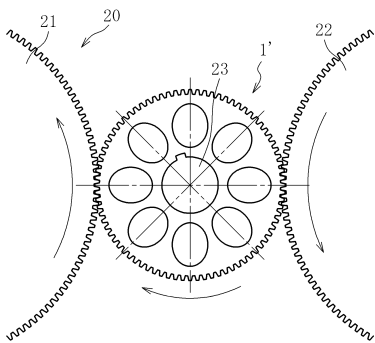
【図3】



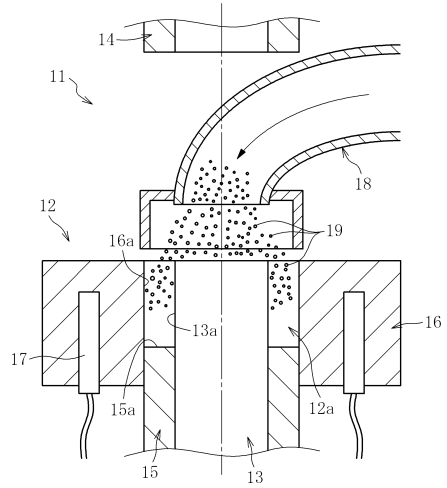
【図5】



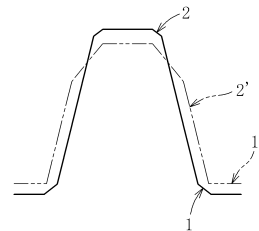
【図6】



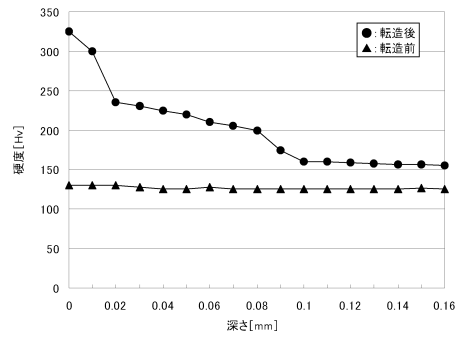
【図4】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	B 2 2 F	5/08
C 2 2 C	38/12	(2006.01)	C 2 2 C	38/00 3 0 4
			C 2 2 C	38/12

(72)発明者 南部 伸一
愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101 NTN特殊合金株式会社内

(72)発明者 白波 誠
愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101 NTN特殊合金株式会社内

(72)発明者 里路 文規
愛知県海部郡蟹江町大字蟹江新田字勝田場101 NTN特殊合金株式会社内

審査官 守安 太郎

(56)参考文献 特開2012-077348(JP,A)
特開平06-212368(JP,A)
特開2005-336609(JP,A)
特開2009-203535(JP,A)
特開2009-120918(JP,A)
特開2010-126786(JP,A)
特開2007-262536(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 38/00 - 38/60
C 2 2 C 33/02
B 2 2 F 3/10、3/24、5/08