(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6179765号
(P6179765)

(45)発行日　平成29年8月16日(2017.8.16)　(24)登録日　平成29年7月28日(2017.7.28)

(51)Int.Cl.			F I		
B62D	1/20	(2006.01)	B62D	1/20	
B62D	1/19	(2006.01)	B62D	1/19	
B62D	5/04	(2006.01)	B62D	5/04	
F16D	3/06	(2006.01)	F16D	3/06	Z
F16D	1/02	(2006.01)	F16D	1/02	210

請求項の数 4　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2013-225890 (P2013-225890)
(22)出願日　平成25年10月30日 (2013.10.30)
(65)公開番号　特開2015-85805 (P2015-85805A)
(43)公開日　平成27年5月7日 (2015.5.7)
審査請求日　平成28年9月13日 (2016.9.13)

(73)特許権者　000001247
株式会社ジェイテクト
大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号
(74)代理人　100087701
弁理士　稲岡　耕作
(74)代理人　100101328
弁理士　川崎　実夫
(72)発明者　田中　英治
大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号
株式会社ジェイテクト内
(72)発明者　神戸　聡
大阪府大阪市中央区南船場３丁目５番８号
株式会社ジェイテクト内

審査官　鈴木　敏史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】中間シャフト及び中間シャフトの製造方法並びに電動パワーステアリング装置。

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

軸方向の一端から他端に向かって段階的または連続的に径が細くなる鍛造品であるブランクを用いて形成されており、スプライン孔を有する第１シャフトと軸方向の一端に圧入部を有する第２シャフトとの間を連結する中間シャフトであって、

前記圧入部が圧入される圧入孔を形成した結合部と、

前記結合部よりも小径であり前記スプライン孔に嵌合されたスプライン軸部と、

前記結合部と前記スプライン軸部との間に配置された切削部である縮径部と、を備え、

前記縮径部は、前記スプライン軸部に向かって縮径するテーパ部を含み、基準トルク以上の大きさのトルクが作用するときに捩じりにより塑性変形する衝撃エネルギ吸収部として機能する中間シャフト。

【請求項２】

請求項１において、前記縮径部は、前記結合部に隣接する第１端部と、前記スプライン軸部に隣接する第２端部と、を含み、

前記第１端部の外径は、前記結合部の外径よりも小さくされ、

前記第２端部の外径は、前記スプライン軸部の外径よりも小さくされている中間シャフト。

【請求項３】

素材軸を軸方向に沿って型内に押し込みプレスすることにより、外周に結合部形成予定領域と縮径部形成予定領域とスプライン軸部形成予定領域とを含むブランクを形成する工

程を含み、前記ブランクの縮径部形成予定領域は、外径が一定であるストレート部とスプライン軸部形成予定領域側に向かって外径が細くなるテーパ部とを含み、
前記ブランクの前記縮径部形成予定領域の外周を切削して縮径部を形成する工程を含む中間シャフトの製造方法。
【請求項４】
請求項１または２に記載の中間シャフトを備える電動パワーステアリング装置であって、ステアリングホイールが取り付けられる前記第１シャフトとしてのアッパーシャフトと、アッパーシャフトに連結される前記中間シャフトと、前記中間シャフトに連結される前記第２シャフトとしてのインプットシャフトと、操舵補助用の電動モータから入力されるトルクにより回転する減速ギヤが取り付けられたアウトプットシャフトと、前記インプットシャフトと前記アウトプットシャフトとを連結するトーションバーと、を備える電動パワーステアリング装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、中間シャフト及び中間シャフトの製造方法並びにステアリング装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１では、ステアリングコラムシャフトと自在継手を介して連結されるインターミディエイトシャフトが、転舵輪側から過大入力時に破断可能な強度低減部を含む。前記強度低減部は、強度低減部の両側の部分よりも細い径の縮径部とされている。過大入力時に強度低減部のみが破損することで、他の部分の故障発生が回避される。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１２－６２９９１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
例えば、第１端部および第２端部を有する素材軸を、第１端部側から型内に押込みプレスすることにより、シャフトの製造用中間体を形成し、その製造用中間体の途中部の外周を切削加工により削って、縮径部を形成することが考えられる。
前記製造用中間体において、前記縮径部を形成するための縮径部形成予定領域に対して、押込み側である前記第１端部側に隣接して第１径部が配置され、前記縮径部に対して前記第１径部とは反対側に隣接して第２径部が配置されているとする。その場合、押込み側である第１端部に近い第１径部の径が、第２径部の径よりも小さい。すなわち、プレス時において、第１径部の断面積変化率が、第２径部の断面積変化率よりも大きいため、第１径部の硬度が、第２径部の硬度よりも高い。その結果、最終段階のシャフトにおいて、第１径部に隣接する、縮径部の第１領域の硬度が、第２径部に隣接する、縮径部の第２領域の硬度よりも高くなる。
【０００５】
このようなシャフトに転舵輪側からの過大なねじり負荷によって衝撃エネルギが加えられる場合（いわゆる逆入力時に相当）、縮径部において、硬度の低い第２領域のみが、捩じり変形する。このため、衝撃エネルギ吸収量が不足する。
本発明の目的は、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに縮径部の略全域を捩じりにより塑性変形させて十分な衝撃エネルギ吸収量を得ることができる中間シャフト及び中間シャフトの製造方法並びに電動パワーステアリング装置を提供することである。
【課題を解決するための手段】

【０００６】
請求項１の発明は、軸方向の一端（４０１）から他端（４０２）に向かって段階的または連続的に径が細くなる鍛造品であるブランクを用いて形成されており、スプライン孔（３０）を有する第１シャフト（１１）と軸方向の一端に圧入部（３２）を有する第２シャフト（１３）との間を連結する中間シャフト（１２）であって、前記圧入部が圧入される圧入孔（３３）を形成した結合部（３４）と、前記結合部よりも小径であり前記スプライン孔に嵌合されたスプライン軸部（３５）と、前記結合部と前記スプライン軸部との間に配置された切削部である縮径部（３６）と、を備え、前記縮径部は、前記スプライン軸部に向かって縮径するテーパ部（３８）を含み、基準トルク以上の大きさのトルクが作用するときに捩じりにより塑性変形する衝撃エネルギ吸収部として機能する中間シャフトを提供する。

【０００７】
なお、括弧内の英数字は、後述する実施形態における対応構成要素等を表すが、このことは、むろん、本発明がそれらの実施形態に限定されるべきことを意味するものではない。以下、この項において同じ。
請求項２のように、前記縮径部は、前記結合部に隣接する第１端部（３６１）と、前記スプライン軸部に隣接する第２端部（３６２）と、を含み、前記第１端部の外径（Ｄ１）は、前記結合部の外径（Ｅ１）よりも小さくされ、前記第２端部の外径（Ｄ２）は、前記スプライン軸部の外径（Ｅ２）よりも小さくされていてもよい。

【０００８】
請求項３の発明は、素材軸を軸方向に沿って型内に押し込みプレスすることにより、外周に結合部形成予定領域（４１Ｐ；４１Ｑ）と縮径部形成予定領域（４２Ｐ；４２Ｑ）とスプライン軸部形成予定領域（４３Ｐ；４３Ｑ）とを含むブランク（４０Ｐ；４０Ｑ）を形成する工程を含み、前記ブランクの縮径部形成予定領域は、外径が一定であるストレート部（４２Ｐ１；４２Ｑ２）とスプライン軸部形成予定領域側に向かって外径が細くなるテーパ部（４２Ｐ２；４２Ｑ１，４２Ｑ３）とを含み、前記ブランクの前記縮径部形成予定領域の外周を切削して縮径部（３６Ｐ；３６Ｑ）を形成する工程を含む中間シャフト（１２Ｐ；１２Ｑ）の製造方法を提供する。

【０００９】
請求項４の発明は、請求項１または２に記載の中間シャフトを備える電動パワーステアリング装置であって、ステアリングホイール（２）が取り付けられる前記第１シャフトとしてのアッパーシャフト（１１）と、アッパーシャフトに連結される前記中間シャフト（１２）と、前記中間シャフトに連結される前記第２シャフトとしてのインプットシャフト（１３）と、操舵補助用の電動モータ（１６）から入力されるトルクにより回転する減速ギヤ（１９）が取り付けられたアウトプットシャフト（１４）と、前記インプットシャフトと前記アウトプットシャフトとを連結するトーションバー（１５）と、を備える電動パワーステアリング装置（１）を提供する。

【発明の効果】

【００１０】
請求項１の発明によれば、結合部よりも小径であるスプライン軸部の硬度は、結合部の硬度よりも高くなる。結合部とスプライン軸部との間に配置される縮径部においても、スプライン軸部に近接する領域の硬度が、結合部に近接する領域の硬度よりも高くなる。一方、縮径部に設けられたテーパ部では、スプライン軸部側に向かって、外径が小さくなる。これにより、縮径部において、結合部に近接する領域のねじり強度と、スプライン軸部に近接する領域のねじり強度とを、略均一にすることができる。したがって、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに縮径部の略全域を捩じりにより塑性変形させて、十分な大きさの衝撃エネルギ吸収量を得ることができる。

【００１１】
請求項２の発明によれば、テーパ部を含む縮径部が、両側の結合部およびスプライン軸部よりも小径であるので、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに、縮径部

のみを確実にねじり変形させることができる。
請求項３の発明によれば、ブランクにおいて、縮径部形成予定領域のストレート部では、硬度および外径が一定であるので、ねじり強度が均一となる。ねじり強度が均一であるストレート部を含む縮径部形成予定領域を切削して、縮径部を形成するので、縮径部においても、捩じり強度が均一である範囲を広く確保することができる。
【００１２】
請求項４の発明によれば、電動パワーステアリング装置において、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに、十分な大きさの衝撃エネルギ吸収量を得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【００１３】
【図１】本発明の第１実施形態に係る中間シャフトを含む電動パワーステアリング装置の概略構成を示す模式的断面図である。
【図２】図１の電動パワーステアリング装置の要部の断面図である。
【図３】第１実施形態に係る中間シャフトの一部破断側面図である。
【図４】第１実施形態に係る中間シャフトの製造用中間体であるブランクの側面図である。
【図５】本発明の第２実施形態に係る中間シャフトを含む電動パワーステアリング装置の要部の断面図である。
【図６】（ａ）～（ｃ）は、第２実施形態に係る中間シャフトの製造工程を順次に示す概略図である。
【図７】第２実施形態に係る中間シャフトの製造用中間体であるブランク（鍛造品）の硬度分布を示すグラフ図である。
【図８】本発明の第３実施形態に係る中間シャフトを含む電動パワーステアリング装置の要部の断面図である。
【図９】（ａ）～（ｃ）は、第３実施形態に係る中間シャフトの製造工程を順次に示す概略図である。
【図１０】第３実施形態に係る中間シャフトの製造用中間体であるブランク（鍛造品）の硬度分布を示すグラフ図である。
【発明を実施するための形態】
【００１４】
本発明の好ましい実施形態を添付図面を参照しつつ説明する。
（第１実施形態）
図１は、本発明の一実施形態の電動パワーステアリング装置の概略構成図である。図１を参照して、電動パワーステアリング装置１は、一端にステアリングホイール２が連結されたステアリングコラムシャフト３と、ステアリングコラムシャフト３に自在継手４を介して連結されたインターミディエイトシャフト５とを含む。電動パワーステアリング装置１は、さらに、インターミディエイトシャフト５に自在継手６を介して連結されたピニオンシャフト７と、ラックシャフト８とを含む。
【００１５】
電動パワーステアリング装置１は、ステアリングホイール２の回転を転舵輪（図示せず）に伝達するためのステアリングシャフトＳＳを含む。ステアリングシャフトＳＳは、前述のステアリングコラムシャフト３と、インターミディエイトシャフト５と、ピニオンシャフト７と、ラックシャフト８とを含んで構成されている。
ピニオンシャフト７は、その外周の一部にピニオン７ａを含む。ラックシャフト８は、その外周の一部に、ピニオンシャフト７のピニオン７ａに噛み合うラック８ａを含む。ピニオンシャフト７およびラックシャフト８により、ラックアンドピニオン機構からなるステアリング機構Ａ１が構成されている。
【００１６】
ラックシャフト８は、車体９に固定されるハウジング１０内に図示しない複数の軸受を

介して軸方向（紙面とは直交する方向に相当）に直線往復動可能に支持されている。ラックシャフト８の各端部は、ハウジング１０の両側へ突出し、それぞれ対応するタイロッド（図示せず）および対応するナックルアーム（図示せず）を介して対応する転舵輪に連結されている。

【００１７】

ステアリングホイール２が操作されてステアリングコラムシャフト３が回転されると、この回転がピニオン７ａおよびラック８ａによって、ラックシャフト８の軸方向の直線運動に変換される。これにより、転舵輪の転舵が達成される。

ステアリングコラムシャフト３は、一端にステアリングホイール２が連結された第１シャフトとしてのアッパーシャフト１１と、アッパーシャフト１１に連結された中間シャフト１２と、中間シャフト１２に連結された第２シャフトとしてのインプットシャフト１３とを含む。ステアリングコラムシャフト３は、さらに、後述する減速ギヤとしてのウォームホイール１９が一体回転可能に連結されたアウトプットシャフト１４と、インプットシャフト１３とアウトプットシャフト１４とを連結するトーションバー１５とを含む。

【００１８】

電動パワーステアリング装置１は、さらに、操舵補助力を発生する電動モータ１６と、電動モータ１６の発生する動力をアウトプットシャフト１４に伝達する減速装置１７とを備える。減速装置１７は、電動モータにより回転駆動される駆動ギヤとしてのウォーム１８と、ウォーム１８に噛み合う被動ギヤ（減速ギヤ）としてのウォームホイール１９とを含む。

【００１９】

電動パワーステアリング装置１は、さらに、トーションバー１５を介するインプットシャフト１３とアウトプットシャフト１４との間の相対回転変位量に基づいて操舵トルクを検出するトルクセンサ２０と、制御部としてのＥＣＵ（Electronic Control Unit ：電子制御ユニット）２１とを備える。

ＥＣＵ２１では、トルクセンサ２０から与えられるトルク検出結果や図示しない車速センサから与えられる車速検出結果等に基づいて、電動モータ１６を駆動制御（操舵補助制御）する。電動モータ１６の出力回転が、減速装置１７を介して減速されて、アウトプットシャフト１４を介してピニオンシャフト７に伝達され、さらに、ラックシャフト８の直線運動に変換されて、操舵が補助される。

【００２０】

電動パワーステアリング装置１は、車体９に固定された中空のステアリングコラム２２を含む。ステアリングコラムシャフト３は、ステアリングコラム２２の内部に配置され、ステアリングコラム２２によって回転可能に支持されている。ステアリングコラム２２は、アッパーチューブ２３と、アッパーチューブ２３に嵌合されたロアーチューブ２４と、ロアーチューブ２４に嵌合されたハウジング２５とを含む。

【００２１】

アッパーチューブ２３は、ブラケット２６を介して車体９に取り付けられている。ハウジング２５は、ブラケット２７を介して車体９に取り付けられている。ハウジング２５内には、減速装置１７およびトルクセンサ２０が収容されている。

第１シャフトとしてのアッパーシャフト１１は、アッパーチューブ２３の軸方向上端に保持された軸受２８によって回転可能に支持されている。アウトプットシャフト１４は、ハウジング２５により保持された軸受２９によって回転可能に支持されている。

【００２２】

図２に示すように、第１シャフトとしてのアッパーシャフト１１は、中空部材から構成される。アッパーシャフト１１は、軸方向Ｘ１に対向する第１端部１１１と第２端部１１２とを有する。第１端部１１１は、ステアリングコラム２２の外部に露出し、ステアリングホイール２を一体回転可能に連結している。アッパーシャフト１１は、第２端部１１２に開口するスプライン孔３０を形成している。具体的には、アッパーシャフト１１の内周１１ａには、第２端部１１２から所定の長さで軸方向Ｘ１に延びる雌スプライン３１が形

成されている。雌スプライン３１は、内周１１ａの周方向に等間隔で離隔して複数が配列されている。

【００２３】

第２シャフトとしてのインプットシャフト１３は、軸方向Ｘ１の一端に、圧入部３２を含む。中間シャフト１２は、圧入部３２が圧入される圧入孔３３を形成した結合部３４と、アッパーシャフト１１（第１シャフト）のスプライン孔３０に嵌合されたスプライン軸部３５と、結合部３４とスプライン軸部３５との間に配置された切削加工部である縮径部３６とを含む。縮径部３６は、基準トルク以上の大きさのトルクが作用するときに捩じりにより塑性変形する衝撃エネルギ吸収部として機能する。

【００２４】

中間シャフト１２は、軸方向に対向する第１端部１２１と第２端部１２２とを含む。結合部３４の圧入孔３３は、中間シャフト１２の第１端部１２１の端面に開口して軸方向Ｘ１に延びている。スプライン軸部３５は、結合部３４よりも小径である。スプライン軸部３５は、中間シャフト１２の軸方向Ｘ１の一部の外周に設けられた複数の雄スプライン３７を含む。複数の雄スプライン３７は、軸方向Ｘ１に延び周方向に等間隔を隔てて配列されている。

【００２５】

図３に示すように、縮径部３６は、結合部３４およびスプライン軸部３５よりも小径である。縮径部３６は、軸方向Ｘ１に関して少なくとも一部の領域に、スプライン軸部３５に向かって縮径するテーパ部３８を含む。縮径部３６の軸方向Ｘ１の全領域に、テーパ部３８が形成されていてもよい。縮径部３６は、結合部３４に隣接する第１端部３６１と、スプライン軸部３５に隣接する第２端部３６２とを含む。第２端部３６２の外径Ｄ２が、第１端部３６１の外径Ｄ１よりも小さくされている（Ｄ１＞Ｄ２）。

【００２６】

また、第１端部３６１の外径Ｄ１は、結合部３４の外径Ｅ１よりも小さくされている（Ｄ１＞Ｅ１）。第２端部３６２の外径Ｄ２は、スプライン軸部３５の外径Ｅ２よりも小さくされている（Ｄ２＞Ｅ２）。

中間シャフト１２は、図４に示すような、軸方向Ｘ１の第１端部４０１（一端）から第２端部４０２（他端）に向かって段階的または連続的に外径が細くなる鍛造品であるブランク４０（中間シャフト１２の製造用中間体に相当）を切削加工して形成されている。

【００２７】

ブランク４０は、圧入孔３３を有する結合部３４を形成するための結合部形成予定領域４１と、縮径部３６を形成するための縮径部形成予定領域４２と、スプライン軸部３５を形成するためのスプライン軸部形成予定領域４３とを含む。縮径部形成予定領域４２は、結合部形成予定領域４１とスプライン軸部形成予定領域４３との間に配置される。結合部形成予定領域４１には、圧入孔３３を形成するための下孔４４が設けられている。下孔４４を切削により仕上げ加工して、圧入孔３３が形成される。

【００２８】

ブランク４０は、素材軸（丸棒）を型内に軸方向に沿って押し込みプレスすることにより形成された鍛造品である。ブランク４０では、外径が細い部分ほど断面積減少率が大きくなる。このため、外径が細い部分ほど、加工硬化が大きく、したがって、硬度が高くなる。すなわち、第１端部４０１から第２端部４０２に向かうにしたがって段階的または連続的に細くされているブランク４０では、第１端部４０１から第２端部４０２に向かうにしたがって段階的または連続的に硬度が高くなる。その結果、ブランク４０を切削加工して形成された中間シャフト１２において、結合部３４、縮径部３６およびスプライン軸部３５の硬度の関係は、下記のようになる。すなわち、縮径部３６の硬度は、結合部３４の硬度よりも概ね高く、スプライン軸部３５の硬度よりも概ね低い。

【００２９】

第１実施形態によれば、結合部３４よりも小径であるスプライン軸部３５の硬度は、結合部３４の硬度よりも高くなる。結合部３４とスプライン軸部３５との間に配置される縮

径部３６においても、スプライン軸部３５に近接する領域の硬度が、結合部３４に近接する領域の硬度よりも高くなる。

一方、縮径部３６に設けられたテーパ部３８では、スプライン軸部３５側に向かって、外径が小さくなる。これにより、縮径部３６において、結合部３４に近接する領域のねじり強度と、スプライン軸部３５に近接する領域のねじり強度とを、略均一にすることができる。したがって、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに縮径部３６の略全域を捩じりにより塑性変形させて、中間シャフト１２において十分な大きさの衝撃エネルギ吸収量を得ることができる。また、逆入力時に、十分な大きさの衝撃エネルギ吸収量を得ることができる電動パワーステアリング装置１を実現することができる。

【００３０】

図３に示すように、縮径部３６の全体がテーパ部３８により構成されていてもよい。図示していないが、縮径部３６の一部がテーパ部３８により構成され、残りの部分がストレート部により構成されていてもよい。

テーパ部３８を含む縮径部３６が、縮径部３６の両側の結合部３４およびスプライン軸部３５よりも小径であるので、基準トルク以上の大きさのトルクが入力されたときに、縮径部３６のみを確実にねじり変形させることができる。

（第２実施形態）

図５は本発明の第２実施形態に係る中間シャフト１２Ｐを含む電動パワーステアリング装置１Ｐの要部の断面図である。図６（ａ）～（ｃ）は、中間シャフト１２Ｐの製造工程を順次に示している。

【００３１】

図５および図６（ｃ）に示すように、中間シャフト１２Ｐは、圧入孔３３Ｐを形成した結合部３４Ｐと、結合部３４Ｐよりも小径であるスプライン軸部３５Ｐと、結合部３４Ｐとスプライン軸部３５Ｐとの間に配置された切削加工部である縮径部３６Ｐとを含む。縮径部３６Ｐは、外径が一定であるストレート部３９Ｐにより構成されている。縮径部３６Ｐは、基準トルク以上の大きさのトルクが作用するときに捩じりにより塑性変形する衝撃エネルギ吸収部として機能する。

【００３２】

図５および図６の実施形態の構成要素において、図２、図３および図４の実施形態と同じ構成要素には、図２、図３および図４の実施形態の構成要素の参照符号と同じ参照符号を付してある。

まず、図６（ａ）に示すように、素材軸としての丸棒５０を型５１Ｐ内に軸方向Ｘ１に沿って押し込みプレスする。これにより、図６（ｂ）に示すようにプレス成形された鍛造品であるブランク４０Ｐを得る。次いで、ブランク４０Ｐを切削加工して、図６（ｃ）に示すような中間シャフト１２Ｐを得る。図６（ａ）に示すブランク４０Ｐを得るためのプレス成形は、単一の型を用いた単一回のプレス成形であってもよいし、複数の型を用いて段階的に形状を絞っていく複数のプレス成形であってもよい。

【００３３】

図６（ｂ）に示すように、ブランク４０Ｐは、結合部３４Ｐを形成するための結合部形成予定領域４１Ｐと、縮径部３６Ｐを形成するための縮径部形成予定領域４２Ｐと、スプライン軸部３５Ｐを形成するためのスプライン軸部形成予定領域４３Ｐとを含む。結合部形成予定領域４１Ｐの外径は、素材軸である丸棒５０の外径と等しくされている。

縮径部形成予定領域４２Ｐは、結合部形成予定領域４１Ｐとスプライン軸部形成予定領域４３Ｐとの間に配置される。縮径部形成予定領域４２Ｐは、結合部形成予定領域４１Ｐの外径Ｄ１Ｐと等しい外径を有するストレート部４２Ｐ１と、スプライン軸部形成予定領域４３Ｐに向かって縮径されたテーパ部４２Ｐ２とを含む。

【００３４】

図６（ｂ）、（ｃ）に示すように、中間シャフト１２Ｐの縮径部３６Ｐは、ブランク４０Ｐの縮径部形成予定領域４２Ｐのストレート部４２Ｐ１を切削して形成された第１部分３６Ｐ１と、縮径部形成予定領域４２Ｐのテーパ部４２Ｐ２を切削して形成された第２部

分３６Ｐ２とを含む。
ブランク４０Ｐは、丸棒５０（素材軸）を型５１Ｐ内に軸方向に沿って押し込みプレスすることにより形成された鍛造品である。ブランク４０Ｐでは、外径が細い部分ほど断面積減少率が大きくなる。このため、外径が細い部分ほど、加工硬化が大きく、したがって、硬度が高くなる。すなわち、第１端部４０１Ｐから第２端部４０２Ｐに向かうにしたがって段階的または連続的に細くされているブランク４０Ｐでは、第１端部４０１Ｐから第２端部４０２Ｐに向かうにしたがって段階的または連続的に硬度が高くなる。
【００３５】
すなわち、図７に示すように、縮径部形成予定領域４２Ｐのストレート部４２Ｐ１の硬度は、概ね一定である。テーパ部４２Ｐ２の硬度は、ストレート部４２Ｐ１の硬度よりも概ね大きい。ストレート部４２Ｐ１の硬度は、テーパ部４２Ｐ２の最小硬度と概ね等しい。なお、図７では示されていないが、結合部形成予定領域４１Ｐの硬度は、縮径部形成予定領域４２Ｐのストレート部４２Ｐ１の硬度と概ね等しい。
【００３６】
第２実施形態によれば、鍛造品であるブランク４０Ｐにおいて、縮径部形成予定領域４２Ｐのストレート部４２Ｐ１では、外径が一定であり、硬度が概ね一定であるので、ねじり強度が均一となる。ねじり強度が均一であるストレート部４２Ｐ１を含む縮径部形成予定領域４２Ｐを切削して、中間シャフト１２Ｐの縮径部３６Ｐの少なくとも一部を形成するので、ストレート部３９Ｐにより構成された縮径部３６Ｐにおいても、捩じり強度が均一である範囲を広く確保することができる。
（第３実施形態）
図８は本発明の第３実施形態に係る中間シャフト１２Ｑを含む電動パワーステアリング装置１Ｑの要部の断面図である。図９（ａ）～（ｃ）は、中間シャフト１２Ｑの製造工程を順次に示している。
【００３７】
図８および図９（ｃ）に示すように、中間シャフト１２Ｑは、圧入孔３３Ｑを形成した結合部３４Ｑと、結合部３４Ｑよりも小径であるスプライン軸部３５Ｑと、結合部３４Ｑとスプライン軸部３５Ｑとの間に配置された切削加工部である縮径部３６Ｑとを含む。縮径部３６Ｑは、外径が一定であるストレート部３９Ｑにより構成されている。縮径部３６Ｑは、基準トルク以上の大きさのトルクが作用するときに捩じりにより塑性変形する衝撃エネルギ吸収部として機能する。
【００３８】
図８および図９の実施形態の構成要素において、図２、図３および図４の実施形態と同じ構成要素には、図２、図３および図４の実施形態の構成要素の参照符号と同じ参照符号を付してある。
まず、図９（ａ）に示すように、素材軸としての丸棒５０を型５１Ｑ内に軸方向Ｘ１に沿って押し込みプレスする。これにより、図９（ｂ）に示すようにプレス成形された鍛造品であるブランク４０Ｑを得る。次いで、ブランク４０Ｑを切削加工して、図９（ｃ）に示すような中間シャフト１２Ｑを得る。図９（ａ）に示すブランク４０Ｑを得るためのプレス成形は、単一の型を用いた単一回のプレス成形であってもよいし、複数の型を用いて段階的に形状を絞っていく複数回のプレス成形であってもよい。
【００３９】
図９（ｂ）に示すように、ブランク４０Ｑは、結合部３４Ｑを形成するための結合部形成予定領域４１Ｑと、縮径部３６Ｑを形成するための縮径部形成予定領域４２Ｑと、スプライン軸部３５Ｑを形成するためのスプライン軸部形成予定領域４３Ｑとを含む。
縮径部形成予定領域４２Ｑは、結合部形成予定領域４１Ｑとスプライン軸部形成予定領域４３Ｑとの間に配置される。縮径部形成予定領域４２Ｑは、結合部形成予定領域４１Ｑに隣接しスプライン軸部形成予定領域４３Ｑに向かって縮径する第１テーパ部４２Ｑ１と、第１テーパ部４２Ｑ１の小径端に隣接し第１テーパ部４２Ｑ１の最小径と等しい外径を有するストレート部４２Ｑ２とを含む。縮径部形成予定領域４２Ｑは、さらに、ストレー

ト部４２Ｑ２に隣接し、スプライン軸部形成予定領域４３Ｑに向かって縮径された第２テーパ部４２Ｑ３を含む。ストレート部４２Ｑ２は、第１テーパ部４２Ｑ１と第２テーパ部４２Ｑ３との間に配置されている。

【００４０】

図９（ｂ）に示すように、中間シャフト１２Ｑの縮径部３６Ｑ（ストレート部３９Ｑに相当）は、ブランク４０Ｑの縮径部形成予定領域４２Ｑの第１テーパ部４２Ｑ１を切削して形成された第１部分３６Ｑ１と、縮径部形成予定領域４２Ｑのストレート部４２Ｑ２を切削して形成された第２部分３６Ｑ２と、縮径部形成予定領域４２Ｑの第２テーパ部４２Ｑ３を切削して形成された第３部分３６Ｑ３とを含む。

【００４１】

ブランク４０Ｑは、素材軸としての丸棒５０を型５１Ｑ内に軸方向に沿って押し込みプレスすることにより形成された鍛造品である。ブランク４０Ｑでは、外径が細い部分ほど断面積減少率が大きくなる。このため、外径が細い部分ほど、加工硬化が大きく、したがって、硬度が高くなる。すなわち、第１端部４０１Ｑから第２端部４０２Ｑに向かうにしたがって段階的または連続的に細くされているブランク４０Ｑでは、第１端部４０１Ｑから第２端部４０２Ｑに向かうにしたがって段階的または連続的に硬度が高くなる。

【００４２】

具体的には、図１０に示すように、縮径部形成予定領域４２Ｑの硬度分布に関しては、下記である。すなわち、ストレート部４２Ｑ２の硬度は、概ね一定である。ストレート部４２Ｑ２の硬度は、第１テーパ部４２Ｑ１最大硬度と概ね等しい。第２テーパ部４２Ｑ３の硬度は、ストレート部４２Ｑ２の硬度よりも、概ね高い。ストレート部４２Ｑ２の硬度は、第２テーパ部４２Ｑ３の最小硬度と概ね等しい。

【００４３】

図１０では示されていないが、縮径部形成予定領域４２Ｑの第１テーパ部４２Ｑ１の硬度は、結合部形成予定領域４１Ｑの硬度よりも概ね高い。結合部形成予定領域４１Ｑの硬度は、縮径部形成予定領域４２Ｑの第１テーパ部４２Ｑ１の最小硬度と概ね等しい。

第３実施形態によれば、鍛造品であるブランク４０Ｑにおいて、縮径部形成予定領域４２Ｑのストレート部４２Ｑ２では、硬度および外径が一定であるので、ねじり強度が均一となる。ねじり強度が均一であるストレート部４２Ｑ２を含む縮径部形成予定領域４２Ｑを切削して、中間シャフト１２Ｑの縮径部３６Ｑの少なくとも一部を形成するので、ストレート部３９Ｑにより構成された縮径部３６Ｑにおいても、捩じり強度が均一である範囲を広く確保することができる。

【００４４】

本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の請求項記載の範囲内で種々の変更を施すことができる。

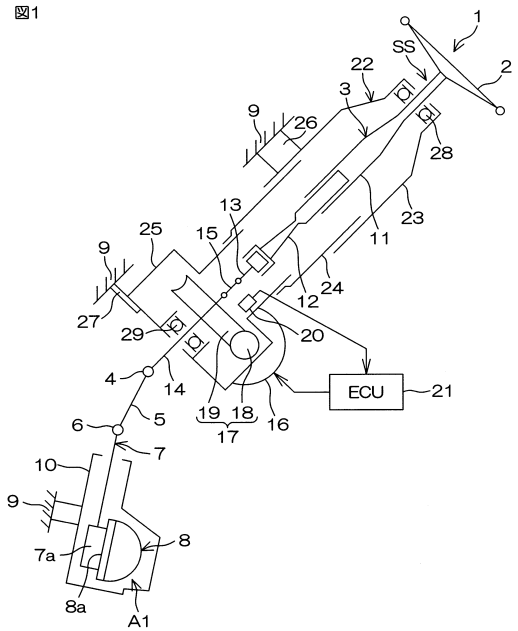
【符号の説明】

【００４５】

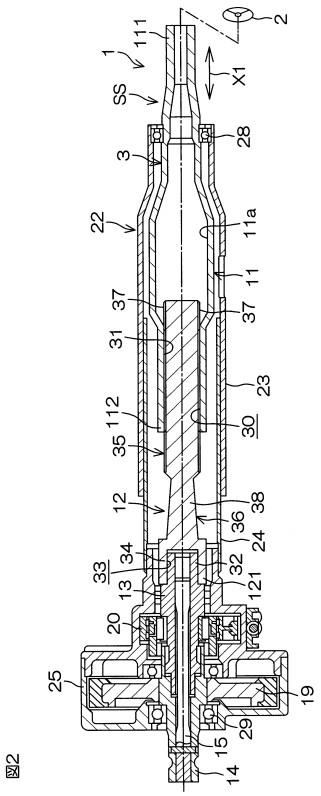
１；１Ｐ；１Ｑ…電動パワーステアリング装置、２…ステアリングホイール、３…ステアリングコラムシャフト、５…インターミディエイトシャフト、７…ピニオンシャフト、８…ラックシャフト、１１…アッパーシャフト（第１シャフト）、１２；１２；１２Ｑ…中間シャフト、１３…インプットシャフト（第２シャフト）、１４…アウトプットシャフト、１５…トーションバー、１６…電動モータ、１７…減速装置、１９…ウォームホイール（減速ギヤ）、３０…スプライン孔、３１…雌スプライン、３２…圧入部、３３；３３Ｐ；３３Ｑ…圧入孔、３４；３４Ｐ；３４Ｑ…結合部、３５；３５Ｐ；３５Ｑ…スプライン軸部、３６；３６Ｐ；３６Ｑ…縮径部、３６１…第１端部、３６２…第２端部、３６Ｐ１…第１部分、３６Ｐ２…第２部分、３６Ｑ１…第１部分、３６Ｑ２…第２部分、３６Ｑ３…第３部分、３７…雄スプライン、３８…テーパ部、３９Ｐ；３９Ｑ…ストレート部、４０；４０Ｐ；４０Ｑ…ブランク、４０１；４０１Ｐ；４０１Ｑ…第１端部（一端）、４０２；４０１Ｑ；４０２Ｑ…第２端部（他端）、４１；４１Ｐ；４１Ｑ…結合部形成予定領域、４２；４２Ｐ；４２Ｑ…縮径部形成予定領域、４２Ｐ１…ストレート部、４２Ｐ２

…テーパ部、４２Ｑ１…第１テーパ部、４２Ｑ２…ストレート部、４２Ｑ３…第２テーパ部、４３；４３Ｐ；４３Ｑ…スプライン軸部形成予定領域

【図１】

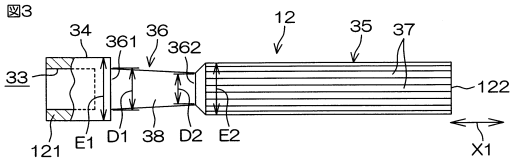


【図２】



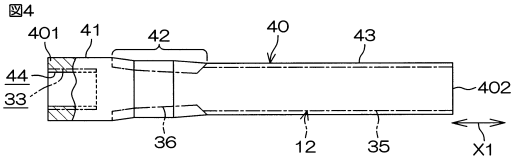
【図３】

図3



【図４】

図4



【図５】

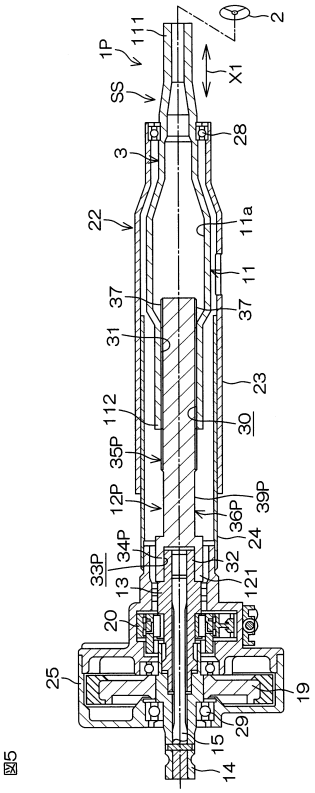
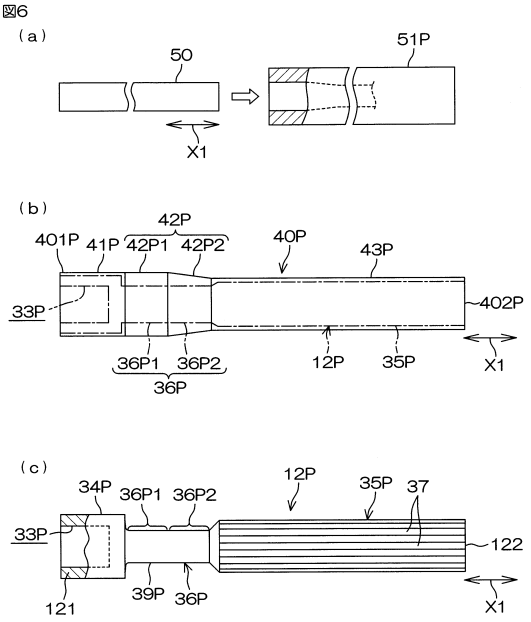


図5

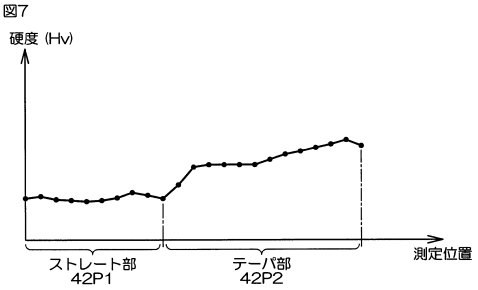
【図６】

図6

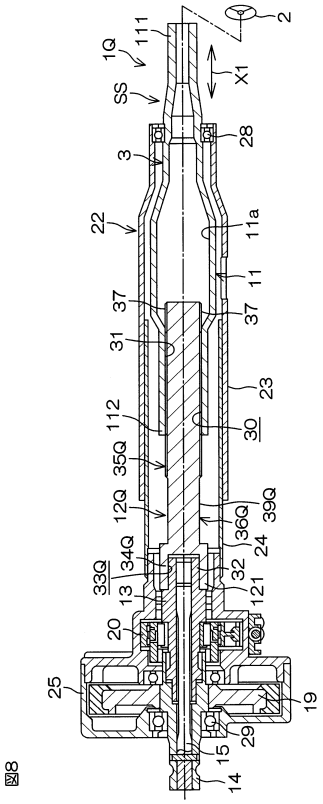


【図７】

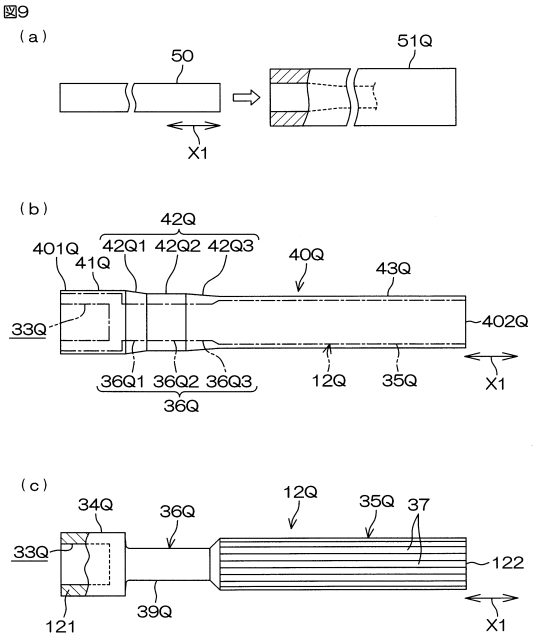
図7



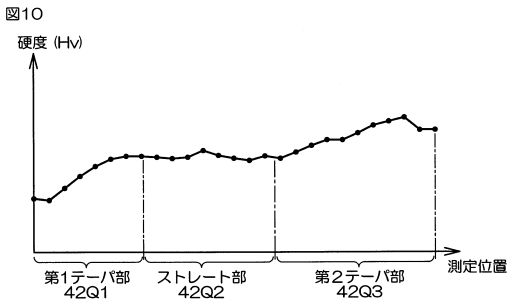
【図８】


図8
1Q
111
2
X1
SS
28
3
22
11a
11
37
31
23
112
30
35Q
12Q
39Q
36Q
24
34Q
33Q
32
13
121
20
25
19
29
15
14

【図９】


図9
(a)
50
51Q
X1
(b)
42Q
401Q
42Q1 42Q2 42Q3
41Q
40Q
43Q
33Q
402Q
36Q1 36Q2 36Q3
36Q
12Q
35Q
X1
(c)
34Q
36Q
12Q
35Q
37
33Q
122
121
39Q
X1

【図１０】


図10
硬度 (Hv)
第1テーパ部
42Q1
ストレート部
42Q2
第2テーパ部
42Q3
測定位置

フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
F16F 7/12 (2006.01) F16F 7/12

(56)参考文献 特開２００４－１４８９４５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－６２９９１（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－４０３０２（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－１８０６９８（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２２６２４５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６２Ｄ １／２０
Ｂ６２Ｄ １／１９
Ｂ６２Ｄ ５／０４
Ｆ１６Ｄ １／０２
Ｆ１６Ｄ ３／０６
Ｆ１６Ｆ ７／１２