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

特許第6511751号
(P6511751)

(45)発行日　令和1年5月15日(2019.5.15)　(24)登録日　平成31年4月19日(2019.4.19)

(51)Int.Cl.		F I		
B62D 3/12	(2006.01)	B62D	3/12	503Z
F16H 19/04	(2006.01)	F16H	19/04	D
B21J 5/02	(2006.01)	B21J	5/02	B
B21K 1/76	(2006.01)	B21K	1/76	A
F16H 55/26	(2006.01)	F16H	55/26	

請求項の数 5　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2014-189194(P2014-189194)
(22)出願日　平成26年9月17日(2014.9.17)
(65)公開番号　特開2016-60344(P2016-60344A)
(43)公開日　平成28年4月25日(2016.4.25)
審査請求日　平成29年8月3日(2017.8.3)

(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　100105957
弁理士　恩田　誠
(74)代理人　100068755
弁理士　恩田　博宣
(72)発明者　成澤　正美
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　稲垣　良太
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ラックシャフトおよびラックシャフトの製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
軸方向に沿った一定範囲にわたってラック歯が型鍛造されてなるラックシャフトにおいて、
前記ラック歯が形成されている部分を前記軸方向に直交する平面で切断した断面の輪郭形状は、
中心角が平角よりも小さい角度に設定されている円弧部と、
前記円弧部に対してその中心を間に挟む反対側に設けられて前記軸方向に交わる方向へ延びる前記ラック歯と、
前記円弧部と前記ラック歯との両端間をそれぞれ接続する接続部と、により閉じた線形状をなし、
前記接続部は、前記円弧部を含む仮想円の径方向における外側へ凸となる抜き勾配部を含み、当該抜き勾配部の頂点は前記仮想円の内側に位置し、
前記抜き勾配部はテーパ面を含み、
前記テーパ面は型の抜き方向に向かうにつれて前記円弧部の中心を含み、かつ前記ラック歯に交わる平面に近接するように傾斜し、
前記テーパ面は、前記ラック歯側の第１のテーパ面と、前記円弧部側の第２のテーパ面とを含み、
前記抜き勾配部の頂点は、前記第１のテーパ面と前記第２のテーパ面とが交わる部分であって、

前記第１のテーパ面は前記第２のテーパ面よりも、前記円弧部の中心を含み、かつ前記ラック歯に交わる平面に対する傾きが大きく設定されているラックシャフト。
【請求項２】
請求項１に記載のラックシャフトにおいて、
前記接続部は、前記円弧部と前記ラック歯とを結ぶ直線より外側に位置しているラックシャフト。
【請求項３】
請求項１または２に記載のラックシャフトにおいて、
前記テーパ面は曲面を含み、
前記曲面は前記仮想円の径方向における外側へ凸となる曲率を有しているラックシャフト。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか一項に記載のラックシャフトにおいて、
前記抜き勾配部の頂点に余肉が形成され、
前記余肉は前記仮想円の内側に位置しているラックシャフト。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか一項に記載のラックシャフトの製造方法において、
棒状素材の軸方向における途中部位を他の部位よりも外径を小さくした括れ部を形成する括れ工程と、前記ラック歯に対応する歯型列が設けられた第１の成形面を有する第１の金型と、前記第１の成形面に対向する第２の成形面を有する第２の金型との間に前記括れ工程によって前記括れ部が形成された前記棒状素材を配置した状態で、前記第１の金型と前記第２の金型とを互いに近接させて、前記棒状素材を前記第１の成形面と前記第２の成形面とで圧縮変形させることにより、前記棒状素材に前記歯型列に対応するラック歯を成形する成形工程とを含み、
前記第１の成形面は、前記棒状素材の周方向における前記ラック歯の両隣りにそれぞれ第１のテーパ面を形成するための第１のテーパ面成形部を有し、前記第２の成形面は、前記ラック歯の両隣りの第１のテーパ面にそれぞれ交わる第２のテーパ面を形成するための第２のテーパ面成形部を有し、
前記第１のテーパ面成形部および前記第２のテーパ面成形部は、それぞれ金型の抜き方向へ向かうにつれて互いに近接するように傾斜する２つの斜面を有し、
第１のテーパ面成形部の斜面と、第２のテーパ面成形部の斜面とは、第１の金型と第２の金型とを閉じたときのそれらの境界で交わるとともに、当該交わる部分は、
第１および第２の成形面により規定されるラックシャフトの輪郭形状における円弧部を含む仮想円の内側に位置する、
ラックシャフトの製造方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ラックシャフトおよびラックシャフトの製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
ステアリング装置において、ステアリングホイールからステアリングシャフトに伝達される回転運動は、ピニオンシャフトに設けられたピニオン歯と、ラックシャフトに設けられたラック歯とが噛み合うことによりラックシャフトの直線運動に変換される。ラックシャフトに連動して、転舵輪の転舵角が変化する。たとえば特許文献１に記載されるように、ラックシャフトには、鋼などの中実棒材を鍛造することによってラック歯を成形する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開昭５８－２１８３３９号

【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
ラックシャフトを鍛造する際には、上型と下型の間の空間に中実棒材を挟み込む。この際に、型と型の合わせ目から中実棒材がはみ出すことによって、中実棒材の上下の金型の合わせ目に余肉が発生する。ラックシャフトに成形される余肉は、ラックシャフトを使用する上で邪魔になるため、トリミング工程で切刃により除去される。ラックの生産性向上に対する要求があるところ、このトリミング工程はラックシャフトの製造工数の低減を妨げる一因となっていた。
【０００５】
本発明の目的は、製造工数を減らすことのできるラックシャフトの製造方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
上記目的を達成しうるラックシャフトは、軸方向に沿った一定範囲にわたってラック歯が型鍛造されてなるラックシャフトにおいて、前記ラック歯が形成されている部分を前記軸方向に直交する平面で切断した断面の輪郭形状は、次のものにより形成されている。すなわち、中心角が平角よりも小さい角度に設定されている円弧部と、前記円弧部に対してその中心を間に挟む反対側に設けられて前記軸方向に交わる方向へ延びる前記ラック歯と、前記円弧部と前記ラック歯との両端間をそれぞれ接続する接続部と、により閉じた線形状をなしている。前記接続部は、前記円弧部を含む仮想円の径方向における外側へ凸となる抜き勾配部を含み、当該抜き勾配部の頂点は前記仮想円の内側に位置している。
【０００７】
この構成によれば、接続部は仮想円の径方向内側に形成されているため、接続部において型鍛造による余肉が形成される場合には、余肉が仮想円の外側にはみ出して形成されることを抑制することができる。余肉が仮想円の内側に形成される場合は、余肉を切削して除去する工程を必要としないため、製造工程をより少なくすることができる。
【０００８】
前記接続部は、前記円弧部と前記ラック歯とを結ぶ直線より外側に位置していることが好ましい。
この構成によれば、抜き方向に対して傾斜して接続部が設けられているので、型鍛造したラックシャフトが金型からより抜けやすくなる。
【０００９】
前記抜き勾配部はテーパ面を含み、前記テーパ面は型の抜き方向に向かうにつれて前記円弧部の中心を含み、かつ前記ラック歯に交わる平面に近接するように傾斜していることが好ましい。
【００１０】
前記抜き勾配部は曲面を含み、前記曲面は前記仮想円の径方向における外側へ凸となる曲率を有していてもよい。
これらの構成によれば、テーパ面または曲面が設けられているため、テーパ面または曲面を設けない場合と比べて抜き抵抗を低減することができる。そのため、型鍛造したラックシャフトを金型からより抜けやすくすることができる。
【００１１】
前記テーパ面は、前記ラック歯側の第１のテーパ面と、前記円弧部側の第２のテーパ面とを含むことが好ましい。前記抜き勾配部の頂点は、前記第１のテーパ面と前記第２のテーパ面とが交わる部分である。
【００１２】
この構成によれば、テーパ面が少なくとも２つ設けられているため、たとえば上型と下型にそれぞれテーパ面を設けることができる。そのため、型鍛造したラックシャフトを上型と下型から抜く際の抜き抵抗をそれぞれ低減することができるため、より確実にラック

シャフトを金型から取り外すことができる。
【００１３】
前記第１のテーパ面は前記第２のテーパ面よりも、前記円弧部の中心を含み、かつ前記ラック歯に交わる平面に対する傾きが大きく設定されていることが好ましい。
この構成によれば、たとえば上型にラック歯が形成されている場合には、下型に比べて抜き抵抗が大きくなり易いが、上型側のテーパ面の傾きを大きく設定することにより、上型側の抜き抵抗を低減することができる。
【００１４】
前記抜き勾配部の頂点に余肉が形成され、前記余肉は前記仮想円の内側に位置している。
余肉はたとえば接続部における上型と下型の境界部に形成される。接続部は仮想円よりも径方向内側に形成されているため、余肉が形成された場合にも、余肉が仮想円の径方向外側にまではみ出すことを軽減することができる。さらに、接続部と仮想円との間に十分な間隔を空けるように設定すれば、余肉が形成されても余肉は仮想円よりも内側に形成される。この場合、余肉を切削しなくても、ラックシャフトを使用することが可能である。
【００１５】
ラック歯を有するラックシャフトの鍛造方法において、前記ラック歯に対応する歯型列が設けられた第１の成形面を有する第１の金型と、前記第１の成形面に対向する第２の成形面を有する第２の金型との間に棒状素材を配置した状態で、前記第１の金型と前記第２の金型とを互いに近接させる。前記棒状素材を前記第１の成形面と前記第２の成形面とで圧縮変形させることにより、前記棒状素材に前記歯型列に対応するラック歯を成形する成形工程を含んでいる。前記第１の成形面は、前記棒状素材の周方向における前記ラック歯の両隣りにそれぞれ第１のテーパ面を形成するための第１のテーパ面成形部を有し、前記第２の成形面は、前記ラック歯の両隣りの第１のテーパ面にそれぞれ交わる第２のテーパ面を形成するための第２のテーパ面成形部を有している。前記第１のテーパ面成形部および前記第２のテーパ面成形部は、それぞれ金型の抜き方向へ向かうにつれて互いに近接するように傾斜する２つの斜面を有している。第１のテーパ面成形部の斜面と、第２のテーパ面成形部の斜面とは、第１の金型と第２の金型とを閉じたときのそれらの境界で交わるとともに、当該交わる部分は、第１および第２の成形面により規定されるラックシャフトの輪郭形状における円弧部を含む仮想円の内側に位置している。
【００１６】
この構成によれば、ラック歯を有するラックシャフトは第１の金型と第２の金型に挟まれることにより圧縮変形される成形工程を経て成形される。第１の金型と第２の金型はそれぞれ第１のテーパ面成形部と第２のテーパ面成形部を有しているため、成形工程によってラックシャフトには第１のテーパ面と第２のテーパ面が形成される。第１のテーパ面と第２のテーパ面の境界において形成される余肉は仮想円よりも径方向内側に形成される。そのため、余肉除去工程を削減することができる。
【発明の効果】
【００１７】
本発明によれば、ラックシャフトの製造工数を減らすことができる。
【図面の簡単な説明】
【００１８】
【図１】一実施の形態におけるステアリング装置の構成を示す概略図。
【図２】一実施の形態におけるラックシャフトの正面図。
【図３】（ａ）図２の３－３線に沿って切断したラックシャフトの断面図。（ｂ）曲面のテーパ面の断面図。
【図４】一実施形態におけるラックシャフトの製造工程における、括れ工程を行ったブランクの側面図。
【図５】一実施形態におけるラックシャフトの製造工程における、鍛造工程でのラックシャフトおよび金型の断面構造を示す断面図。

【発明を実施するための形態】
【００１９】
以下、ラックシャフトを車両のステアリング装置に適用した一実施形態について説明する。
図１に示すように、ステアリング装置１は、ステアリングホイール１０およびステアリングホイール１０と一体回転するステアリングシャフト１１を備えている。ステアリングシャフト１１は、ステアリングホイール１０と連結されたコラムシャフト１２と、コラムシャフト１２の下端部に連結されたインターミディエイトシャフト１３、およびインターミディエイトシャフト１３の下端部に連結されたピニオンシャフト１４を有している。ピニオンシャフト１４（正確にはそのピニオン歯１４ａ）は、ピニオンシャフト１４に交わる方向へ延びるラックシャフト１５（正確にはそのラック歯１５ａ）に噛合っている。したがって、ステアリングシャフト１１の回転運動は、ピニオンシャフト１４およびラックシャフト１５からなるラックアンドピニオン機構１６を介してラックシャフト１５の軸方向の往復直線運動に変換される。当該往復直線運動が、ラックシャフト１５の両端にそれぞれ連結されたタイロッド１７を介して左右の転舵輪１８にそれぞれ伝達されることにより、転舵輪１８の転舵角が変化する。
【００２０】
次に、ラックシャフト１５の構成について説明する。
図２に示すように、ラックシャフト１５は、たとえば炭素鋼により中実の略円柱形状の丸棒に形成されている。ラックシャフト１５の周面にはラック歯部２０が形成されている。ラック歯部２０は、ラックシャフト１５の軸方向における一定範囲にわたって設けられている。ラック歯部２０には、複数のラック歯１５ａが軸ｍ方向に並んで形成されている。
【００２１】
図３（ａ）に示すように、ラックシャフト１５を軸ｍ方向から見たとき、ラックシャフト１５におけるラック歯部２０の軸ｍを間に挟む反対側の部位には円弧部２１が設けられている。円弧部２１は、ラックシャフト１５の軸ｍ方向におけるラック歯部２０の形成範囲Ｒの全域に亘って、設けられている。また、ラックシャフト１５のラック歯部２０の設けられていない領域を軸ｍに直交する平面で切断した断面形状は円形である。ラックシャフト１５を軸方向からみたとき、円弧部２１の輪郭線は、ラック歯部２０の断面形状の輪郭線に一致する。図３（ａ）中に二点鎖線で示されるように、円弧部２１は、ラックシャフト１５を保持する受け部材２６の形状と対応している。円弧部２１の中心角θは、受け部材の形状に対応して決定される。中心角θは、大きくても１８０度に設定され、一例としては１４０度程度に設定される。
【００２２】
ラックシャフト１５の円周方向において、円弧部２１の両端とラック歯部２０の間には、それぞれ第１テーパ面２２、第２テーパ面２３、余肉２４が設けられている。第１テーパ面２２は、ラック歯部２０と曲面を介して連続している。第１テーパ面２２は、ラックシャフト１５の円周方向において、ラック歯部２０から遠ざかるほど径方向における外側へ傾斜している。また、第２テーパ面２３はラックシャフト１５の円周方向において、円弧部２１と第１テーパ面２２との間を連結している。第２テーパ面２３は、ラックシャフト１５の円周方向において、円弧部２１から遠ざかるほど径方向外側へ傾斜している。すなわち、第１テーパ面２２と第２テーパ面２３は径方向に膨らむような勾配を有する。ラック歯部２０の端部と円弧部２１の端部を結ぶ直線Ｌよりも外側に第１テーパ面２２と第２テーパ面２３は形成されている。第１テーパ面２２は第２テーパ面２３よりも傾いた勾配に設定されている。すなわち、軸ｍを通り、図３（ａ）の上下方向（後述の金型４０を上下に抜く方向）へ延びる仮想平面Ｐを基準として、当該仮想平面Ｐと第１テーパ面２２とのなす角度は、当該仮想平面Ｐと第２テーパ面２３とのなす角度より大きな角度に設定される。
【００２３】

余肉２４は、第１テーパ面２２と第２テーパ面２３との境界に形成されている。ラックシャフト１５の軸方向から見たとき、余肉２４は、ラックシャフト１５の半径方向における外側へ向けてごくわずかに突出している。また余肉２４は、ラックシャフト１５のラック歯部２０の設けられている領域に対応して、軸ｍに沿って延びている。ラックシャフト１５の軸ｍ方向から見たとき、第１テーパ面２２、第２テーパ面２３、および余肉２４は、それぞれ前記領域（円柱部分）の輪郭線２５より内側に存在している。

【００２４】

次に、ラックシャフト１５の製造方法について説明する。

ラックシャフト１５の製造の工程は、括れ工程、成形工程（鍛造）、制御冷却、歪取り工程を有する。

【００２５】

ラックシャフト１５の製造にあたっては、まず括れ工程がなされる。この括れ工程がなされるのは、ラックシャフト１５のラック歯部２０が設けられる部分についてである。

図４に示すように、括れ工程では、外径Ｄ４を有する丸棒素材を、たとえば旋削することにより外径の異なる複数の部分を有するブランク３０を形成する。ブランク３０において、ラック歯部２０の形成範囲Ｒの中央付近には第１括れ部３１が設けられている。また、ブランク３０において、第１括れ部３１を基準とする図中左側の部分には、第１拡径部３２、第２括れ部３３、第２拡径部３４、第１軸部３５がこの順で設けられている。また、ブランク３０において、第１括れ部３１を基準とする図中右側の部分には、第３拡径部３６、第３括れ部３７、第４拡径部３８、第２軸部３９がこの順で設けられている。第１括れ部３１は、ブランク３０の中で最も外径が小さく設定されており、その外径は外径Ｄ１である。

【００２６】

第１括れ部３１は第１拡径部３２を介して、第２括れ部３３に接続されている。第２括れ部３３の外径Ｄ２は第１括れ部３１の外径Ｄ１よりも大きい。第１拡径部３２は軸ｍ方向左側に向かうにつれて外径Ｄ１から外径Ｄ２へ拡径している。第２括れ部３３は第２拡径部３４を介して、第１軸部３５に接続されている。第１軸部３５の外径Ｄ４は第２括れ部３３の外径Ｄ２よりも大きい。第２拡径部３４は軸ｍ方向左側に向かうにつれて、外径Ｄ２から外径Ｄ４へ拡径している。

【００２７】

また、第１括れ部３１は第３拡径部３６を介して、第３括れ部３７に接続されている。第３括れ部３７の外径Ｄ３は第１括れ部３１の外径Ｄ１よりも大きい。第３拡径部３６は外径Ｄ１から外径Ｄ３へ拡径している。第３括れ部３７は、第４拡径部３８を介して、第２軸部３９に接続されている。第４拡径部３８は、外径Ｄ３から外径Ｄ４へ拡径している。

【００２８】

なお、第１軸部３５と第２軸部３９はそれぞれラック歯部２０の形成範囲Ｒから外れる部分であって、旋削などが行われない部分である。また、外径Ｄ２および外径Ｄ３は設計上の要求に応じて適宜に設定される。また、第１～第４拡径部３２，３４，３６，３８の勾配についても同様である。設計上の要求に応じてそれぞれ適宜の勾配に設定されている。本例では、外径Ｄ２は外径Ｄ３より小さく設定されている。

【００２９】

ところで、従来、ピーリングと呼ばれる表面加工がなされた後の丸棒などの素材をブランクとして温間鍛造が施されることがある。素材の表面のキズや表面欠陥などを除去するためである。この点、本例では、ピーリングなどの表面加工の代わりに括れ工程をすればよい。

【００３０】

次に、成形工程がなされる。成形工程では、鍛造によってブランク３０を塑性変形させて、図２に示すようなラックシャフト１５を形成する。

図４に示すように、本実施形態では、金型４０による温間鍛造を行う。金型４０は上型

４１と下型４２を有する、いわゆる開放型である。たとえば、上型４１および下型４２はそれぞれ直方体状に形成され、それらの間にブランク３０を挟みこんで加圧することにより、ブランク３０を塑性変形させる。

【００３１】

上型４１の下面（下型４２に対向する面）には、ラックシャフト１５の外形径状に対応したくぼみが設けられている。上型４１のくぼみには、ラック歯成形部４３および第１テーパ面成形部４４が設けられている。ラック歯成形部４３は、ラックシャフト１５の軸ｍ方向に並んだ複数のラック歯１５ａに対応して反転した形状の歯形を有している。第１テーパ面成形部４４は、ラックシャフト１５の２つの第１テーパ面２２に対応する２つの斜面を有している。第１テーパ面成形部４４の２つの斜面は、輪郭線２５よりも内側に位置するように設けられている。第１テーパ面成形部４４の２つの斜面は、くぼみの開口へ向かうにつれて、互いに離間する方向へ傾斜している。第１テーパ面成形部４４は、上型４１からラックシャフト１５を抜く際の抜き勾配として働く。下型４２も上型４１と同様に、下型４２の上面（上型４１に対向する面）には、ラックシャフト１５に対応した略円弧状のくぼみが設けられている。下型４２のくぼみには、円弧部成形部４５および第２テーパ面成形部４６が設けられている。円弧部成形部４５は、円弧部２１に対応した、中心角θの円弧面を有している。第２テーパ面成形部４６は、ラックシャフト１５の２つの第２テーパ面２３に対応する２つの斜面を有している。第１テーパ面成形部４４の２つの斜面も、輪郭線２５よりも内側に位置するように設けられている。第１テーパ面成形部４４の２つの斜面は、くぼみの開口へ向かうにつれて互いに離間する方向へ傾斜している。第２テーパ面成形部４６は、下型４２からラックシャフト１５を抜く際の抜き勾配として働く。

【００３２】

ところで、抜き抵抗が大きいと、成形品であるラックシャフト１５は安定した状態で離型できないため、離型の際に傷や変形、場合によっては金型４０から外れないこともある。ラックシャフト１５が金型４０に密着して金型４０の内部に残存しようとする力よりも大きな力でラックシャフト１５を金型４０から外さなければ、ラックシャフト１５は金型４０から外れない。ラックシャフト１５が金型４０の内部に残存しようとする力は、抜き抵抗、表面の粗さなどの要因が関係する。たとえば温間鍛造であれば、高温で金型４０の内部に挟み込まれるラックシャフト１５は、冷却および固化の際に熱収縮するため、特にラック歯１５ａはラック歯成形部４３を強く締め付ける。その一方、金型４０の取り外しの際に加圧は終了するため、ラックシャフト１５はわずかに膨張する。その結果、金型４０とラックシャフト１５とが接触する面は、滑らかに形成されていても、ラックシャフト１５の各部材の熱収縮および熱膨張が関連しあって、ラックシャフト１５は金型４０から抜き難くなる。このため、ラックシャフト１５を金型４０から抜く離型に際して、ラックシャフト１５の傷や変形を伴わないで金型４０から取り外すために抜き勾配を設ける必要がある。抜き勾配は、材料の収縮率などの材料特性や、成形品や金型の形状、成形条件などを考慮して決定される。

【００３３】

上型４１にはラック歯成形部４３があるのに比べて、下型４２には、円弧部成形部４５が設けられているだけである。このため、下型４２とブランク３０との接触面積に比べて、上型４１とブランク３０との接触面積は大きい。接触面積が大きいほど、抜き抵抗は大きくなるため、下型４２を抜くのに比べて上型４１を抜くのは容易でない。このため、下型４２にも増して、上型４１の抜き抵抗は低減されることが好ましい。そのため、下型４２の第２テーパ面成形部４６の勾配に比べて、上型４１の第１テーパ面成形部４４の勾配は大きく設定されている。これに対応して、ラックシャフト１５の第２テーパ面２３の勾配よりも第１テーパ面２２の勾配は大きくなる。なお、ラック歯１５ａはラックシャフト１５に比べて小さく、その抜き抵抗も小さいことが想定されるが、ラック歯成形部４３の歯形にも抜き勾配が設けられていることが好ましい。また、抜き勾配は、ラックシャフト１５を抜きやすくするためだけでなく、ラックシャフト１５と当接する上型４１および下

型４２のくぼみの表面の磨耗も抑制する効果がある。

【００３４】

このように構成されている上型４１と下型４２とを使用して、ブランク３０の鍛造が行われる。この鍛造を行うに際しては、まず、ブランク３０を、その材質に応じて設定される温間鍛造に適した温度まで加熱する。そして、上型４１を開いた状態で、この加熱されたブランク３０を下型４２の円弧部成形部４５に配置する。

【００３５】

続いて、上型４１を下型４２へ向けて移動させる。これに伴い、ラック歯成形部４３がブランク３０の上部（下型４２のくぼみから露出する部分）へと近接し、やがてラック歯成形部４３は、第１括れ部３１および第２括れ部３３よりも径の大きい、第３括れ部３７に当接する。

【００３６】

この状態で加圧装置により上型４１を下型４２にさらに近接させて加圧する。すると、まず径の大きい第３括れ部３７がラック歯成形部４３によって、塑性変形され始める。当該塑性変形に伴い、ラック歯１５ａが成形されてくると、ブランク３０の第３括れ部３７に対応した部分の断面積は減ってくる。上型４１が下型４２に近接するにつれて第３括れ部３７の断面積が徐々に小さくなり、やがてラック歯成形部４３は第２括れ部３３に当接する。さらなる加圧に伴い、ラック歯成形部４３により第２括れ部３３にラック歯１５ａが成形されるにつれて、ブランク３０の第２括れ部３３に対応した部分の断面積が減ってくる。

【００３７】

ここで、第３括れ部３７および第２括れ部３３にラック歯１５ａが成形される際、ラック歯成形部４３により押しのけられる材料は軸ｍ方向に移動する。具体的には、第３括れ部３７において押しのけられる材料は図３（ａ）左方の第１括れ部３１へ向けて、第２括れ部３３において押しのけられる材料は図３（ａ）右方の第１括れ部３１へ向けてそれぞれ流れ込む。

【００３８】

この後、さらに加圧されて上型４１が閉じるタイミングで、第３括れ部３７および第２括れ部３３にラック歯１５ａが形成される。

なお、上型４１と下型４２に挟まれる部分であるブランク３０における第２拡径部３４から第４拡径部３８までの間の部分の体積は、上型４１が閉じた状態（上型４１と下型４２とが互いに接した状態）で上型４１と下型４２の間にできる空間（くぼみ）の体積よりも、わずかに大きく設定される。そのため、上型４１と下型４２を十分に加圧することで、ブランク３０における体積の大きい軸部から、体積の小さい軸部へと材料が流れ込むことにより、体積の小さい部分の材料が足りなくなることが抑制される。そのため、ラック歯１５ａをより確実に形成することができる。また、上型４１が閉じるタイミングで、上型４１と下型４２との間のくぼみがブランク３０の塑性変形により満たされることにより、円弧部２１、第１テーパ面２２、および第２テーパ面２３がそれぞれ成形される。

【００３９】

ところで、ブランク３０における上型４１と下型４２に挟まれる部分の体積は、上型４１と下型４２の間にできる空間の体積よりもわずかに大きいため、十分に加圧されると、ブランク３０の材料はわずかに余る。このブランク３０の材料の余りが、上型４１と下型４２との境界部分に進入することにより、余肉２４が形成される。ブランク３０の材料の余りはわずかになるように設定されるため、余肉２４はわずかにしか成形されない。さらに、余肉２４が成形されうる第１テーパ面２２と第２テーパ面２３が交わる部分は、輪郭線２５よりも内側に形成されるため、余肉２４が形成されたとしても輪郭線２５から外側へはみ出すことが抑制される。

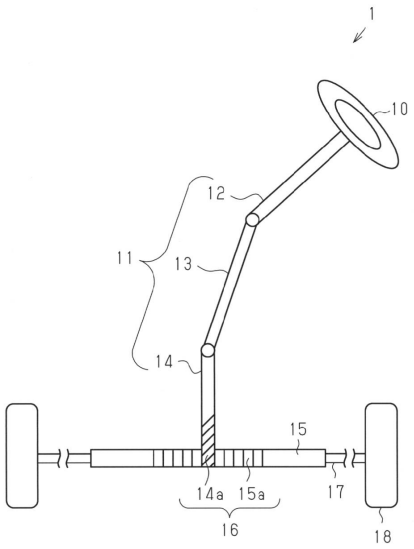
【００４０】

次に、制御冷却が行われる。成形工程における温間鍛造によって、ラックシャフト１５は熱されている。このため、たとえば成形工程後のラックシャフト１５に冷却水を供給す

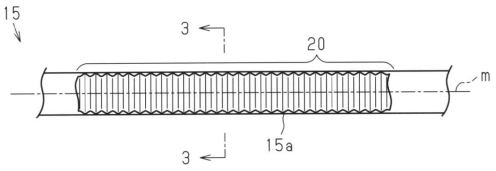
ることにより、ラックシャフト１５を冷却して温度を下げる。
【００４１】
次に、歪取りがなされる。歪取りには機械的な方法や熱処理的な方法があり、いずれの方法を採用してもよい。歪取りを行うことにより、鍛造により成形されたラックシャフト１５の強度を高めることができる。また、ラックシャフト１５内の内部応力を除去することもできる。以上でラックシャフト１５の製造が完了となる。
【００４２】
本実施形態によれば、次のような効果を得ることができる。
（１）従来のラックシャフトの製造方法によれば、温間鍛造などの成形工程、余肉を除去するトリム工程、制御冷却、切削や研磨による余肉除去工程、および歪取り工程の５工程が必要であった。本実施形態では、鍛造により形成される余肉２４は、ラックシャフト１５を軸方向から見たときの輪郭線２５の範囲内に存在する。このため、ラックシャフト１５を使用する際に余肉２４が邪魔にならない。したがって、括れ工程、成形工程、制御冷却、歪取り工程の４工程によってラックシャフト１５を製造することができる。そのため、ラックシャフト１５をより少ない工程で製作することが可能となる。
【００４３】
（２）従来、鍛造をする前に切削や研磨などの表面加工（いわゆるピーリング）を行った鍛造素材を用いて鍛造を行っていた。この工程を省いた場合、鍛造素材の表面の傷などにより設計通りに成形できない場合や、金型４０に傷が入るおそれがあった。また、表面加工を行った鍛造素材は、表面加工を行っていないものよりも高価である。
【００４４】
本実施形態では、表面加工の工程を省く代わりに括れ工程を行っている。これによって、鍛造前にブランク３０の体積調整と共に表面状態を整えることができる。そのため、鍛造素材の表面粗さ、表面形状などを問わない。また、括れ工程を通じてブランク３０の体積調整が行われることによって、鍛造によって発生する余肉２４の量を低減することができる。
【００４５】
さらに、従来であればブランクとしてその全長にわたって同径の棒材を用いていたが、本例では鍛造素材を括れさせるため同径の棒材でなくてもよい。たとえばある部分から端に向けて拡径するような棒材を鍛造素材として用いる場合には、ある部分を第１括れ部３１として設定すれば、ある部分の径が他の部分より小さい素材であっても鍛造素材として用いることができる。この場合、拡径した部分と同径の棒材を切削してブランク３０を形成する場合と比べて、切削する部分も減らすことができる。そのため、材料の節約が可能となる。また、ピーリングなどの表面加工が施されていない鍛造素材を用いればよいため、より安価な鍛造素材を使用でき、材料費を抑えることができる。
【００４６】
（３）ブランク３０における上型４１と下型４２に挟まれる部分の体積は、上型４１と下型４２の間にできる空間の体積よりもわずかに大きい。このため、上型４１が十分に加圧されるとき、ブランク３０の材料はわずかに余る。余肉２４は形成されなくてもよいが、ほぼ確実に余肉２４が成形されるようにブランク３０の体積を設定してもよい。このようにすれば、余肉２４が十分に成形されていない、若しくは余肉２４が全く成形されていない場合には、ブランク３０が図３（ａ）に示すようなラックシャフト１５の形状に形成されていない、もしくは金型４０に傷ができている、などの異常を発見する目安として余肉２４を用いることが可能である。
【００４７】
なお、本実施形態は次のように変更してもよい。なお、以下の他の実施の形態は、技術的に矛盾しない範囲において、互いに組み合わせることができる。
・図３（ｂ）に示すように、第１テーパ面２２は、曲面のテーパ面２２ａであってもよい。その場合、抜き抵抗を低減するために、曲面は輪郭線２５の径方向外側に凸となるような曲率であることが好ましい。なお、第２テーパ面２３も同様である。

【００４８】
・テーパ面を１つだけ設けてもよい。この場合、少なくとも第１テーパ面２２を設けることが好ましい。抜き抵抗が比較的小さい第２テーパ面２３は設けられなくてもよい。なお、テーパ面は抜き方向（たとえば図５の上下方向）に対して平行に設けられることは好ましくない。
【００４９】
・本実施形態では、第１および第２テーパ面２２，２３を設けたが、テーパ面は３つ以上設けられてもよい。その場合も、余肉２４は上型４１と下型４２の境界に形成されるので、輪郭線２５の内側に余肉２４が入るように各テーパ面の傾斜が設定されることが好ましい。
【００５０】
・本実施形態では、第２テーパ面２３よりも第１テーパ面２２の傾きを大きく設定したが、等しく設定してもよい。さらに、抜き抵抗を十分に低減できるなら、第１テーパ面２２よりも第２テーパ面２３の傾きを大きく設定してもよい。
【００５１】
・本実施形態では、ブランク３０の各括れ部３１，３３，３７および各軸部３５，３９の外径Ｄ１～Ｄ４の大小関係は、製品仕様などの設計によって、適宜に設定してもよい。ただし、外径Ｄ４よりも外径Ｄ１，Ｄ２，Ｄ３は小さいほうが好ましい。また、ブランク３０の拡径部は４つ設けられているが、５つ以上設けられてもよい。また、ブランク３０は括れ工程を経ずに、従来と同じピーリングなどの表面加工が施された鍛造素材から成形されてもよく、この場合であってもトリム工程および余肉除去工程は減らすことができる。
【００５２】
・本実施形態のラックシャフト１５はテーパラックであることが好ましい。
・本実施形態では、ラックシャフト１５をステアリング装置１に適用したが、ラックシャフト１５の用途はステアリング装置１に限らない。
【００５３】
次に前記実施形態から把握できる技術的思想を以下に追記する。
（イ）前記棒状素材に括れを形成する工程を有し、前記成形工程では前記括れを有する棒状素材が使用される。
【００５４】
この構成によれば、鍛造前にブランク３０の体積調整と共に表面状態を整えることができる。また、鍛造によって発生する余肉２４の量を低減することができる。
【符号の説明】
【００５５】
１…ステアリング装置、１０…ステアリングホイール、１１…ステアリングシャフト、１２…コラムシャフト、１３…インターミディエイトシャフト、１４…ピニオンシャフト、１４ａ…ピニオン歯、１５…ラックシャフト、１５ａ…ラック歯、１６…第１ラックアンドピニオン機構、１７…タイロッド、１８…転舵輪、２０…ラック歯部、２１…円弧部、２２…第１テーパ面（抜き勾配部）、２３…第２テーパ面（抜き勾配部）、２４…余肉、２５…輪郭線（仮想円）、２６…受け部材、３０…ブランク、３１…第１括れ部、３２…第１拡径部、３３…第２括れ部、３４…第２拡径部、３５…第１軸部、３６…第３拡径部、３７…第３括れ部、３８…第４拡径部、３９…第２軸部、４０…金型、４１…上型、４２…下型、４３…ラック歯成形部、４４…第１テーパ面成形部、４５…円弧部成形部、４６…第２テーパ面成形部。

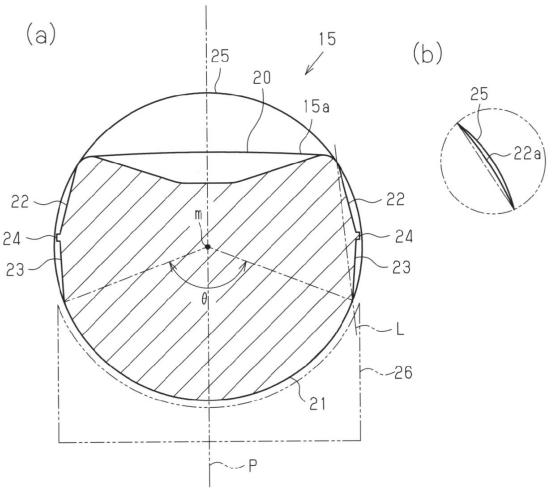
【図１】


1
10
12
11
13
14
15
14a
15a
16
17
18

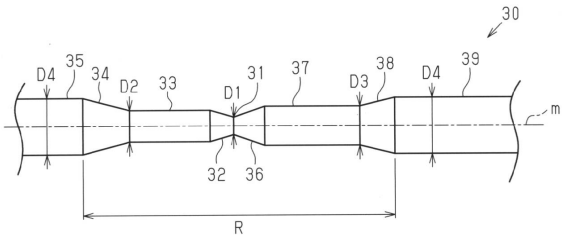
【図２】


15
3
20
m
3
15a

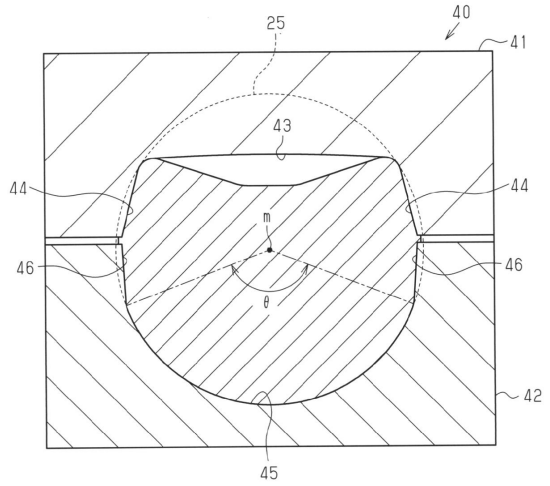
【図３】


(a)
15
25
20
15a
(b)
25
22a
22
22
m
24
24
23
23
θ
L
26
21
P

【図４】


30
D4
35
34
D2
33
D1
31
37
D3
38
D4
39
m
32
36
R

【図５】


40
25
41
43
44
44
m
46
46
θ
42
45

フロントページの続き

(72)発明者　福井　正人
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　岡▲さき▼　潤

(56)参考文献　特開平１０－０５８０８１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５３－０１４６４３（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－２１８３３９（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５２６４０７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６２Ｄ　　３／１２
Ｂ２１Ｊ　　５／０２
Ｂ２１Ｋ　　１／７６
Ｆ１６Ｈ　１９／０４
Ｆ１６Ｈ　５５／２６