

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2007-16899
(P2007-16899A)

(43) 公開日 平成19年1月25日(2007.1.25)

(51) Int.Cl.
F 1 6 D 3/223 (2006.01)

F I
F 1 6 D 3/223 D

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2005-198996 (P2005-198996)	(71) 出願人	000102692
(22) 出願日	平成17年7月7日(2005.7.7)		N T N株式会社
			大阪府大阪市西区京町堀 1 丁目 3 番 1 7 号
		(74) 代理人	100064584
			弁理士 江原 省吾
		(74) 代理人	100093997
			弁理士 田中 秀佳
		(74) 代理人	100101616
			弁理士 白石 吉之
		(74) 代理人	100107423
			弁理士 城村 邦彦
		(74) 代理人	100120949
			弁理士 熊野 剛
		(74) 代理人	100121186
			弁理士 山根 広昭

最終頁に続く

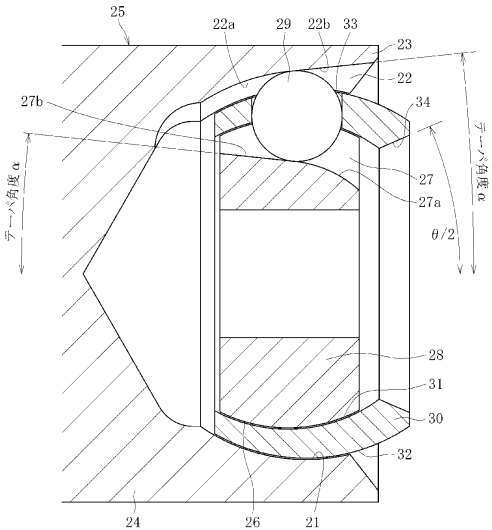
(54) 【発明の名称】 固定型等速自在継手

(57) 【要約】

【課題】 ケージと外側継手部材が擦れ合うことによる発熱でもって耐久性の低下や伝達トルクの損失を招くことなく、作動角の高角化を容易に実現する。

【解決手段】 内球面 2 1 に複数のトラック溝 2 2 を形成した外輪 2 5 と、外球面 2 6 に複数のトラック溝 2 7 を形成した内輪 2 8 と、外輪 2 5 と内輪 2 8 間に介在してトルクを伝達する複数のボール 2 9 と、外輪 2 5 と内輪 2 8 間に介在してボール 2 9 を保持するケージ 3 0 とを備え、外輪 2 5 のトラック溝 2 2 の開口側溝底をテーパ状にすると共に内輪 2 8 のトラック溝 2 7 の奥側溝底をテーパ状とし、ケージ 3 0 の外球面中心と内球面中心および外輪 2 5 と内輪 2 8 のトラック溝 2 2 , 2 7 の曲率中心は継手中心に対して軸方向に等距離だけ反対側にオフセットされ、ケージ 3 0 の外球面 3 2 の開口側端部を軸方向に向けて延在させ、ケージ 3 0 の内球面 3 1 の開口側端部に外球面 3 2 の開口側端部に向けて拡張するテーパ面 3 4 を形成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内球面に複数のトラック溝を円周方向等間隔に軸方向に沿って開口端に向けて形成した外側継手部材と、外球面に前記外側継手部材のトラック溝と対をなす複数のトラック溝を円周方向等間隔に軸方向に沿って形成した内側継手部材と、前記外側継手部材と内側継手部材の両トラック溝間に介在してトルクを伝達する複数のボールと、外側継手部材の内球面と内側継手部材の外球面との間に介在してボールを保持するケージとを備え、

前記外側継手部材のトラック溝の開口側溝底を、前記開口端に向けて直線的に拡張したテーパ状にすると共に、前記内側継手部材のトラック溝の奥側溝底を、その奥端に向けて直線的に拡張したテーパ状とし、

前記ケージの外球面中心と内球面中心は継手中心に対して軸方向に等距離だけ反対側にオフセットされ、かつ、外側継手部材のトラック溝の曲率中心と内側継手部材のトラック溝の曲率中心は継手中心に対してケージオフセット量だけオフセットされ、

前記ケージの外球面の開口側端部を軸方向に向けて延在させ、ケージの内球面の開口側端部を外球面の開口側端部に向けて拡張するテーパ状としたことを特徴とする固定型等速自在継手。

【請求項 2】

前記ケージの内球面の開口側端部のテーパ角度を、外側継手部材と内側継手部材がなす最大作動角の半分以上とした請求項 1 に記載の固定型等速自在継手。

【請求項 3】

前記ケージの円周方向に沿って形成され、かつ、前記ボールを収容するポケットのケージ内球面側あるいはケージ外球面側の少なくともいずれか一方のエッジ部を球面 R 形状とした請求項 1 又は 2 に記載の固定型等速自在継手。

【請求項 4】

前記ケージの円周方向に沿って形成され、かつ、前記ボールを収容するポケットの薄肉側隅部の曲率半径を、その厚肉側隅部の曲率半径より大きく、かつ、ボールの半径より小さく設定した請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の固定型等速自在継手。

【請求項 5】

前記外側継手部材および内側継手部材の両トラック溝のテーパ角度の上限値を 12° とした請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の固定型等速自在継手。

【請求項 6】

前記ケージの外球面中心と内球面中心とのケージオフセット量 f と、作動角 0° における外側継手部材のトラック溝の曲率中心または内側継手部材のトラック溝の曲率中心とボールの中心とを結ぶ線分の長さ PCR との比の値 f/PCR が 0 より大きく、かつ、 0.12 以下である請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の固定型等速自在継手。

【請求項 7】

前記外側継手部材の開口端側にケージの厚肉側を位置させた請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の固定型等速自在継手。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は固定型等速自在継手に関し、詳しくは、自動車や各種産業機械の動力伝達系において使用されるもので、駆動側と従動側の二軸間で作動角度変位のみを許容する固定型の等速自在継手に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車の乗車空間拡大の観点からホイールベースを長くすることがあるが、それに伴って車両回転半径が大きくなるようにするため、自動車のドライブシャフト等の連結用継手として使用されている固定型等速自在継手の高角化による前輪の操舵角の増大が求められている。

10

20

30

40

50

【0003】

一般的に、固定型等速自在継手は、図15に示すように内球面1に複数のトラック溝2を円周方向等間隔に軸方向に沿って開口端3に向けて形成した外側継手部材5と、外球面6に外側継手部材5のトラック溝2と対をなす複数のトラック溝7を円周方向等間隔に軸方向に沿って形成した内側継手部材8と、外側継手部材5のトラック溝2と内側継手部材8のトラック溝7との間に介在してトルクを伝達する複数のボール9と、外側継手部材5の内球面1と内側継手部材8の外球面6との間に介在してボール9を保持するケージ10とを備えている。

【0004】

前述した高角化のニーズに対する固定型等速自在継手としては、外側継手部材5のトラック溝2の開口側溝底を、その外側継手部材5の開口端3に向けて直線的に拡張したテーパ状にすると共に、内側継手部材8のトラック溝7の奥側溝底を、その内側継手部材8の奥端に向けて直線的に拡張したテーパ状とすることにより、高角域の作動を実現している（例えば、特許文献1～3参照）。

【特許文献1】特開2001-153149号公報

【特許文献2】特開2001-304282号公報

【特許文献3】特開2001-349332号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、前述した各特許文献1～3に開示された固定型等速自在継手では、外側継手部材5および内側継手部材8の両トラック溝2、7をテーパ形状にすることで作動角の高角化を容易にしている。図16は、この固定型等速自在継手が最大作動角 θ をとった状態、つまり、外側継手部材5の回転軸Xと内側継手部材8の回転軸Yが最大作動角 θ をとった状態を示す。

【0006】

しかしながら、固定型等速自在継手が高角域に入っていくにしたがって、図16に示すようにボール9がケージ10をその開口側に押す力 m が大きくなる。特に、ボール9が最も奥側に位置する位相（位相角 $\phi = 180^\circ$ ）付近の力が大きい。これにより、ケージ10の外球面12の開口側端部は外側継手部材5の内球面1と激しく擦れ合うことになる（図中のA部分）。この時、ケージ10と外側継手部材5間の接触面積が小さいと、発熱量が大きくなり、耐久性の低下、ひいては伝達トルクの損失を招くという問題がある。

【0007】

そこで、本発明は前述の問題点に鑑みて提案されたもので、その目的とするところは、ケージと外側継手部材が擦れ合うことによる発熱でもって耐久性の低下や伝達トルクの損失を招くことなく、作動角の高角化を容易に実現し得る固定型等速自在継手を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記目的を達成するための技術的手段として、本発明は、内球面に複数のトラック溝を円周方向等間隔に軸方向に沿って開口端に向けて形成した外側継手部材と、外球面に前記外側継手部材のトラック溝と対をなす複数のトラック溝を円周方向等間隔に軸方向に沿って形成した内側継手部材と、前記外側継手部材と内側継手部材の両トラック溝間に介在してトルクを伝達する複数のボールと、外側継手部材の内球面と内側継手部材の外球面との間に介在してボールを保持するケージとを備え、前記外側継手部材のトラック溝の開口側溝底を、前記開口端に向けて直線的に拡張したテーパ状にすると共に、前記内側継手部材のトラック溝の奥側溝底を、その奥端に向けて直線的に拡張したテーパ状とし、前記ケージの外球面中心と内球面中心は継手中心に対して軸方向に等距離だけ反対側にオフセットされ、かつ、外側継手部材のトラック溝の曲率中心と内側継手部材のトラック溝の曲率中心は継手中心に対してケージオフセット量だけオフセットされた固定型等速自在継手にお

10

20

30

40

50

いて、前記ケージの外球面の開口側端部を軸方向に向けて延在させ、ケージの内球面の開口側端部を外球面の開口側端部に向けて拡張するテーパ状としたことを特徴とする。

【0009】

本発明では、ケージの外球面の開口側端部を軸方向に向けて延在させる。この場合、等速自在継手が最大作動角をとった状態、つまり、外側継手部材の回転軸と内側継手部材の回転軸とが最大角度をとった状態で、内側継手部材に取り付けられたシャフトがケージの開口側端部と干渉しない程度にその外球面の開口側端部を延在させる。

【0010】

シャフトがケージの開口側端部と干渉しない程度までケージの外球面の開口側端部を延在させる場合、ケージの内球面の開口側端部のテーパ角度を、外側継手部材と内側継手部材がなす最大作動角の半分以上とすることが望ましい。このようにテーパ角度を最大作動角の半分以上とすれば、高角域においてもケージの外球面と外側継手部材の内球面との接触面積を確保することができる点で好ましい。なお、このテーパ角度が最大作動角の半分以上より小さければ、シャフトがケージのテーパ状開口側端部と干渉することになる。

【0011】

このように高角域においてもケージの外球面と外側継手部材の内球面との接触面積を確保することができることにより、最大作動角をとった時に、ボールがケージを開口側へ押し、そのケージの外球面の開口側端部と外側継手部材の内球面が強く擦れ合っても発熱による耐久性の低下や伝達トルクの損失を最小限に抑えることができる。また、ケージの剛性を最大限に確保することができるので、ケージ自体の強度も向上する。

【0012】

一方、この等速自在継手に許容レベルを超えるトルクが動的振りモードで負荷されると、外側継手部材および内側継手部材のトラック溝が変形し、そのトラック溝エッジが盛り上がる。この盛り上がりがケージ球面に干渉し、ケージの動きを拘束する。その際、ケージの円周方向に沿って形成され、かつ、ボールを収容するポケットのエッジ部に割れや欠け等が発生する可能性がある。

【0013】

そこで、本発明では、前述の構成におけるポケットのケージ内球面側あるいはケージ外球面側の少なくともいずれか一方のエッジ部を球面R形状とすることが望ましい。主に内側継手部材のトラック溝エッジでの盛り上がりがケージの内球面に干渉し易いことから、ポケットのケージ内球面側のエッジ部を球面R形状とすることが好ましいが、ポケットのケージ外球面側のエッジ部も球面R形状としてもよく、ポケットのケージ内球面側およびケージ外球面側の両方のエッジ部を球面R形状とすれば最適である。なお、「球面R形状」とは、ケージの内球面あるいは外球面とポケットの端面とを滑らかに繋ぐ球面状の連続曲面を意味する。

【0014】

このようにポケットのケージ内球面側あるいはケージ外球面側のエッジ部を球面R形状とすれば、トラック溝エッジの盛り上がりがケージ球面に干渉しても、ポケットのエッジ部に割れや欠け等が発生しにくくなり、ケージの強度を確保することができる。

【0015】

また、トラック溝エッジの盛り上がりがケージ球面に干渉することにより、ケージの動きが拘束されると、ポケットの薄肉側隅部に応力が集中する。

【0016】

そこで、本発明では、前述した構成におけるポケットの薄肉側隅部の曲率半径を、その厚肉側隅部の曲率半径より大きく、かつ、ボールの半径より小さく設定することが望ましい。

【0017】

このようにポケットの薄肉側隅部の曲率半径を、その厚肉側隅部の曲率半径より大きく、かつ、ボールの半径より小さくすれば、前述したようにトラック溝エッジの盛り上がり

10

20

30

40

50

薄肉側隅部と厚肉側隅部での応力バランスを最適化することができ、その結果、ケージの強度を確保することができる。

【0018】

なお、ポケットの薄肉側隅部の曲率半径が、その厚肉側隅部の曲率半径以下であれば、ポケットの薄肉側隅部への応力集中を緩和することが困難となり、また、ポケットの薄肉側隅部の曲率半径がボール半径以上であれば、ポケット間の柱部にボールが接触した時に薄肉側隅部がボールに干渉することになる。

【0019】

本発明では、外側継手部材および内側継手部材の両トラック溝をテーパ状とすることにより、外側継手部材の外径を大きくすることなく、作動角の高角化を容易に実現する上で、外側継手部材の肉厚を薄くしてもその外側継手部材の強度および加工性を低下させないように、この固定型等速自在継手の内部諸元の中で、トラック溝をテーパ状にすることによる影響および傾向を検証し、前述のトラック溝のテーパ角度の最適値としてその上限値を 12° に規定した。

【0020】

本出願人は、従来必要な基本性能である強度や耐久性を確保しながら、静的内部力解析、有限要素法（FEM）解析を用いて検討を進め、トラック溝のテーパ角度の範囲を絞り込んで最適設定した。そして、テーパ角度を変えたサンプルの評価結果と解析結果との整合性を確認した。

【0021】

前述の構成において、ケージの外球面中心と内球面中心とのケージオフセット量 f と、外側継手部材のトラック溝の曲率中心または内側継手部材のトラック溝の曲率中心とボールの中心とを結ぶ線分の長さPCRとの比の値 f/PCR が 0.12 以下であることが望ましい。このケージオフセット量 f は、ケージの縦断面における肉厚差に関係するため、この点を考慮してケージオフセット量 f を設定することが望ましい。

【0022】

例えば、ケージオフセット量 f を大きく設定することにより、外側継手部材の開口端側にケージの厚肉側を位置させるようにすれば、外側継手部材の開口端側のケージの肉厚を増大させて強度向上を図ることができる利点を有する。また、外側継手部材の開口端側のケージの肉厚を増大させることによって、作動角をとった時、外側継手部材の開口端から飛び出そうとするボールをケージで拘束することができる。

【0023】

ただし、ケージオフセット量 f が大きすぎると、ケージのポケット内におけるボールの周方向移動量が大きくなり、ボールの適正な運動を確保するため、ケージのポケットの周方向寸法を大きくする必要があるが生じるので、ケージの柱部が細くなり、強度面が問題となる。また、ケージの入口側と反対側に位置する奥側の肉厚が小さくなり、強度面が問題となる。

【0024】

以上より、ケージオフセット量 f が過大であるのは好ましくなく、ケージオフセット量 f を設ける意義と前述の強度面での問題との均衡を図り得る最適範囲が存在する。ただ、ケージオフセット量 f の最適範囲は継手の大きさによって変わるので、継手の大きさを表わす基本寸法との関係において求める必要がある。そのため、ケージオフセット量 f と、外側継手部材のトラック溝の曲率中心または内側継手部材のトラック溝の曲率中心とボールの中心とを結ぶ線分の長さPCRとの比 f/PCR を用いる。

【0025】

そこで、前述の構成におけるケージオフセット量は、そのケージオフセット量 f と、作動角 0° 時における外側継手部材のトラック溝の曲率中心または内側継手部材のトラック溝の曲率中心とボールの中心とを結ぶ線分の長さPCRとの比 f/PCR を 0 より大きく、かつ、 0.12 以下とすることが望ましい。

【0026】

この比 f / PCR が 0.12 より大きいと前述の強度面での問題がある。逆に、0 以下であるとケージオフセット量 f を設ける意義がなくなる。すなわち、ケージオフセット量 f が 0 の場合、トラックオフセット量も 0 のため、オフセットが 0 となり、くさび角 = 0 でボール（ケージ）位置が定まらず、作動性が著しく悪化することから、0 以下の範囲では、その目的が達成できない。従って、ケージ強度の確保、耐久性の確保の点から、比 f / PCR が 0 より大きく、かつ、0.12 以下であることが、ケージオフセット量 f の最適範囲である。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、ケージの外球面の開口側端部を軸方向に向けて延在させ、ケージの内球面の開口側端部を外球面の開口側端部に向けて拡張するテーパ状としたことにより、ケージの開口側端部を最大作動角時でもシャフトに干渉することがない程度まで延ばすことで、高角域においてもケージの外球面と外側継手部材の内球面との接触面積を確保することができる。

【0028】

これによって、ボールがケージを開口側へ押し、そのケージの外球面の開口側端部と外側継手部材の内球面が強く擦れ合っても発熱による耐久性の低下や伝達トルクの損失を抑制することができる。

【0029】

その結果、作動角の高角化を容易に実現することができ、近年における自動車の乗車空間拡大の観点からホイールベースを長くする要望に対して、車両回転半径が大きくなりないように前輪の操舵角の増大を容易に図ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明に係る固定型等速自在継手の実施形態を以下に詳述する。

【0031】

図 1 に示す実施形態の等速自在継手は、内球面 21 に複数のトラック溝 22 を円周方向等間隔に軸方向に沿って開口端 23 に向けて形成したマウス部 24 を有する外側継手部材である外輪 25 と、外球面 26 に外輪 25 のトラック溝 22 と対をなす複数のトラック溝 27 を円周方向等間隔に軸方向に沿って形成した内側継手部材である内輪 28 と、外輪 25 のトラック溝 22 と内輪 28 のトラック溝 27 間に介在してトルクを伝達する複数のボール 29 と、外輪 25 の内球面 21 と内輪 28 の外球面 26 との間に介在して各ボール 29 を保持するケージ 30 とを備えている。複数のボール 29 は、ケージ 30 に形成されたポケット 33 に収容されて円周方向等間隔に配置されている。

【0032】

前述の外輪 25 のマウス部 24 から一体的に延びるステム部（図示せず）に例えば従動軸（図示せず）が連設され、内輪 28 に駆動軸（図示せず）がセレーション等で結合されることにより、それら従動軸と駆動軸間で作動角度変位を許容しながらトルク伝達が可能な構造となっている。

【0033】

外輪 25 の各トラック溝 22 は、その開口側溝底を外輪 25 の開口端 23 に向けて直線的に拡張させたテーパ状としている。つまり、トラック溝 22 は、マウス部 24 の奥側での円弧底 22a と、マウス部 24 の開口側でのテーパ底 22b とを有する。一方、内輪 28 の各トラック溝 27 は、その奥側溝底を内輪 28 の奥端に向けて直線的に拡張させたテーパ状としている。つまり、トラック溝 27 は、マウス部 24 の開口側での円弧底 27a と、マウス部 24 の奥側でのテーパ底 27b とを有する。

【0034】

ここで、図 1 は作動角が 0° の状態、図 2 は作動角が最大作動角 θ の状態を示している。作動角とは、外輪 25 の回転軸 X と内輪 28 の回転軸 Y とがなす角度を意味する。また、外輪 25 の回転軸 X と内輪 28 の回転軸 Y が 0° 以外のある作動角をとったとき、両回

10

20

30

40

50

転軸 X, Y のなす角度 θ の二等分線に垂直な平面を継手中心面 P と称する。作動角 θ をとったとき、すべてのボール 29 が継手中心面 P 上にあれば、ボール中心から両回転軸 X, Y までの距離が相等しく、従って、両回転軸 X, Y 間で等速度で回転運動の伝達が行われる。継手中心面 P と回転軸 X, Y との交点を継手中心 O と称する。固定型等速自在継手では、作動角 θ に関わりなく継手中心 O は固定されている。

【0035】

図 3 は、(a) に実施形態のケージ 30 を示し、このケージ 30 と比較するため、(b) に従来のケージ 10 (図 15 参照) を示す。この実施形態のケージ 30 は、従来品よりも、その外球面 32 の開口側端部を軸方向に向けて延在させ、内球面 31 の開口側端部を外球面 32 の開口側端部に向けて拡張するテーパ面 34 を形成している。このケージ 30 の開口側端部では、図 2 に示すように外輪 25 と内輪 28 が最大作動角 θ をとった状態で、内輪 28 にセレーション嵌合で取り付けられたシャフト 35 がケージ 30 の開口側端部と干渉しない程度にその外球面 32 の開口側端部を延在させる。

10

【0036】

シャフト 35 がケージ 30 の開口側端部と干渉しない程度までケージ 30 の外球面 32 の開口側端部を延在させる場合、ケージ 30 の内球面 31 の開口側端部に位置するテーパ面 34 のテーパ角度 $\theta/2$ を、外輪 25 と内輪 28 がなす最大作動角 θ の半分以上とすることが望ましい。このようにテーパ面 34 のテーパ角度 $\theta/2$ を最大作動角 θ の半分以上とすれば、高角域においてもケージ 30 の外球面 32 と外輪 25 の内球面 21 との接触面積を確保することができる。なお、このテーパ角度 $\theta/2$ が最大作動角 θ の半分よりも小

20

【0037】

このように高角域においてもケージ 30 の外球面 32 と外輪 25 の内球面 21 との接触面積を確保することができることにより、最大作動角 θ をとった時に、ボール 29 がケージ 30 を開口側へ押し、そのケージ 30 の外球面 32 の開口側端部と外輪 25 の内球面 21 が強く擦れ合っても発熱による耐久性の低下や伝達トルクの損失を最小限に抑えることができる。また、ケージ 30 の剛性を最大限に確保することができるので、ケージ 30 自体の強度も向上する。

【0038】

図 4 は、前述したケージ 30 において、ポケット 33 のケージ内球面 31 と端面 39 を繋ぐエッジ部 35 を球面 R 形状とする。この球面 R 形状は、ケージ 30 の内球面 31 とポケット 33 の端面 39 とを滑らかに繋ぐ球面状の連続曲面である。ケージ内球面側のエッジ部 35 はポケット 33 の開口縁全周に亘って形成されている。なお、図 5 は、ポケット 33 のケージ内球面側のエッジ部 35 を球面 R 形状とすると共にそのケージ外球面側のエッジ部 36 も球面 R 形状とした実施形態を示す。このケージ外球面側のエッジ部 36 についても、その球面 R 形状は、ケージ 30 の外球面 32 とポケット 33 の端面 39 とを滑らかに繋ぐ球面状の連続曲面であり、ポケット 33 の開口縁全周に亘って形成されている。

30

【0039】

このようにポケット 33 のケージ内球面側あるいはケージ外球面側のエッジ部 35, 36 を球面 R 形状とすれば、等速自在継手に許容レベルを超えるトルクが動的振りモードで負荷された場合、外輪 25 および内輪 28 のトラック溝エッジの盛り上がりケージ 30 の内球面 31 および外球面 32 に干渉しても、ポケット 33 のエッジ部 35, 36 に割れや欠け等が発生しにくくなり、ケージ 30 の強度を確保することができる。

40

【0040】

ケージ 30 は、後述するようにケージオフセットを設けることにより、外輪 25 の開口端側に向けて厚肉で、その奥側に向けて薄肉となった形状を有する。このケージ 30 において、図 6 に示すようにポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率半径を、その厚肉側隅部 38 の曲率半径より大きく、かつ、ボール 29 の半径より小さく設定する。なお、ポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率半径とその厚肉側隅部 38 の曲率半径とを比較し易くするため、図 7 にポケット形状を平面的に示す。図 8 は、ポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率

50

半径を、厚肉側隅部 38 の曲率半径と同一にした最小値 $R_{\min}$ に設定した場合を示し、また、図 9 は、ポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率半径を、ボール 29 の半径と同一にした最大値 $R_{\max}$ に設定した場合を示す。

【0041】

このようにポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率半径を、その厚肉側隅部 38 の曲率半径より大きく、かつ、ボール 29 の半径より小さくすることで、前述したようにトラック溝エッジの盛り上がりがケージ 30 の内球面 31 および外球面 32 に干渉することによりケージ 30 の動きが拘束されても、ポケット 33 の薄肉側隅部 37 へ応力が集中することを緩和でき、薄肉側隅部 37 と厚肉側隅部 38 での応力バランスを最適化することができる。その結果、ケージ 30 の強度を確保することができる。

10

【0042】

FEM 解析によれば、ポケット 33 の薄肉側隅部 37 の曲率半径を大きくすれば、その部位に発生する応力が減少し、厚肉側隅部 38 の応力値に近づくことから、最適な応力バランスとなり、トラック溝エッジの盛り上がりがケージ 30 の内球面 31 および外球面 32 に干渉してケージ 30 を拘束しても、ケージ 30 が破損するまでの余裕代が増えることから、高角域における継手の強度を確保することができる。

【0043】

図 10 は、外輪 25 および内輪 28 のそれぞれのトラック溝 22, 27 の形状、トラックオフセットおよびケージオフセットを説明するため、図 1 の拡大断面（ハッチングは省略）を示す。

20

【0044】

この実施形態の等速自在継手では、大きな作動角を取り得る構造とするため、外輪 25 のトラック溝 22 の曲率中心 O_1 と、内輪 28 のトラック溝 27 の曲率中心 O_2 とは、ボール中心を含む継手中心面 P に対して等距離 F だけ軸方向に逆向きにオフセットされている（トラックオフセット）。同様に、ケージ 30 の内球面 31 の曲率中心 O_3 と、外球面 32 の曲率中心 O_4 とは、継手中心面 P に対して等距離 f だけ軸方向に逆向きにオフセットされている（ケージオフセット）。内輪 28 の外球面 26 の曲率中心と、外輪 25 の内球面 21 の曲率中心はそれぞれケージ 30 の内外球面 31, 32 の曲率中心 O_3 , O_4 と一致している。

【0045】

このようにして、一对のトラック溝 22, 27 により、外輪の奥側から開口端側に向けて径方向間隔が徐々に増加する楔状のボールトラックが形成されている。各ボール 29 は一对のトラック溝 22, 27 間に転動可能に組み込まれており、外輪 25 と内輪 28 が作動角 θ をとった状態でトルクを伝達するとき、楔状のボールトラックの間隔の広い方へ移動させようとする軸方向の力を受ける。

30

【0046】

外輪 25 と内輪 28 が最大作動角 θ をとったとき、外輪 25 のマウス部 24 の開口端 23 からボール 29 が飛び出すことを防止するため、ケージ 30 のポケット 33 で拘束できるようにケージオフセット量 f を従来のものよりも大きく設定する。すなわち、ケージオフセット量を f 、ボール 29 の中心軌跡半径値、すなわち、作動角 0° 時における外輪 25 のトラック溝 22 の曲率中心 O_1 または内輪 28 のトラック溝 27 の曲率中心 O_2 とボール 29 の中心 O_5 とを結ぶ線分の長さを PCR とした場合、 f/PCR が 0 より大きく、かつ、0.12 以下となるように設定する。

40

【0047】

このように、外輪 25 および内輪 28 の両トラック溝 22, 27 をテーパ状とすれば、最大作動角の高角化と共に、外輪 25 のトラック溝 22 におけるボール 29 との接触長さを確保することができるので、外輪 25 と内輪 28 との間で安定したトルク伝達を確保することができる。また、作動角をとった時にボール 29 が最も飛び出そうとする位相（位相角 $\phi = 0^\circ$ ）（図 2 および図 11 参照）のトラック荷重およびポケット荷重を低減することができるので、外輪 25 と内輪 28 の高角域での作動において有利である。ここで、

50

トラック荷重とポケット荷重とは、接触するボール 29 からトラック溝 22, 27 またはポケット 33 が受ける荷重を意味する。

【0048】

また、ケージ 30 の外球面 32 は外輪 25 の内球面 21 に接触案内され、ケージ 30 の内球面 31 は内輪 28 の外球面 26 に接触案内され、トルク伝達時にケージ 30 と外輪 25 または内輪 28 との間で球面力が作用するが、その球面力の最大値を低減することができ、継手内部での発熱を抑制できる。さらに、鍛造型が抜き易いことから冷間鍛造による加工性がよく、製造コストの低減も図れる。

【0049】

本出願人は、外輪 25 および内輪 28 の両トラック溝 22, 27 をテーパ状とすることにより、前述したトラック荷重、ポケット荷重および球面力からなる内部力の影響および傾向を検証し、有限要素法 (FEM) 解析を実施することで、トラック溝 22, 27 のテーパ角度 α (図 1 および図 10 参照) の範囲を絞り込んで最適設定した。

【0050】

まず、トラック溝 22, 27 のテーパ角度 α を大きくすることによる内部力 (トラック荷重、ポケット荷重および球面力) の傾向は、表 1 のとおりである。なお、表 1 において、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (位相角 $\phi = 0^\circ$) と内部力が最大値となるボール 29 の位相、つまり、ボール 29 が最も奥に入る位相 (位相角 $\phi = 180^\circ$ 付近) について検証した (図 2 および図 11 参照)。また、球面力の変動幅とは、球面力の最大値と最小値との差を意味する。

【0051】

【表 1】

トラック荷重	位相角 $\phi = 0^\circ$	小
	最大値	小
ポケット荷重	位相角 $\phi = 0^\circ$	小
	最大値	大
球面力	最大値	小
	変動幅	小

【0052】

上表から明らかなようにテーパ角度 α を大きくすると、ポケット荷重の最大値が大きくなるが、ボール 29 が最も奥に入る位相 (位相角 $\phi = 180^\circ$ 付近) で外輪 25 の肉厚を大きく、また、ケージオフセット量を大きくしてケージの肉厚を大きくすることにより強度を確保することができるので問題にはならない。

【0053】

次に、テーパ角度 α の上限値を決定するために、有限要素法 (FEM) 解析を実施した。テーパ角度 α が大きくなれば、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (位相角 $\phi = 0^\circ$) では内部力 (トラック荷重およびポケット荷重) が小さくなり、強度的に有利になるが、外輪 25 の開口端 23 でありその肉厚が小さくなるため、トラック溝 22 に発生する応力値を継手強度に換算して傾向を確認した。その結果は、図 12 に示すとおりである。同図に示す特性から明らかなようにテーパ角度 α が 12.9° で継手強度が必要強度を下回ることから、テーパ角度 α の最適範囲としてその上限値を 12° として規定した。

【0054】

なお、前述の実施形態では、トラックオフセットを設けた場合について例示したが、そのトラックオフセットを設けずにトラックオフセット量 F を 0 にしてもよい。つまり、トラックオフセットを設けていると、外輪 25 の奥側に位置する円弧底 22a がその奥側に向けて浅くなることから、作動角をとった時にトラック溝 22 の最奥部に位置するボール 29 の乗り上げが生じる可能性がある。

【0055】

そこで、外輪 25 のトラック溝 22 の曲率中心 O_1 をその内球面 21 の曲率中心 O_4 に

一致させ、かつ、内輪 28 のトラック溝 27 の曲率中心 O_2 をその外球面 26 の曲率中心 O_3 に一致させてトラックオフセット量 F を 0 とすることにより、外輪 25 の奥側に位置する円弧底 22a が奥側に向けて浅くなることなく均一な深さとなることから、作動角をとった時にトラック溝 22 の最奥部に位置するボール 29 の乗り上げを抑制することができる。

【0056】

トラックオフセット量 F 、ケージオフセット量 f 、テーパ角度 α の各因子を変動させて内部力解析を行った結果を次に述べる。ここで、トラックオフセットについては、高角域に入っても許容負荷トルクが落ちない超高角固定式等速自在継手の特性を考慮してトラックオフセット量 $F = 0$ すなわち「トラックオフセットなし」とした。ケージオフセットにつ

10

【0057】

ケージオフセット量 $f = 0$ ($f / PCR = 0$) ならば、テーパ角度 α が 1.1° 以上のとき、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) のトラック荷重およびポケット荷重はゼロになる。一方、テーパ角度 $\alpha = 12^\circ$ ならば、ケージオフセット量 $f = 3.94$ ($f / PCR = 0.114$) 以下のとき、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) のトラック荷重およびポケット荷重はゼロになる。

【0058】

つまり、ケージオフセット量 f とテーパ角度 α との関係が図 13 の斜線領域内に設定されていれば、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) のトラック荷重およびポケット荷重はゼロになる。ここで、図 13 は内部力解析により算出したデータに基づいて作図したもので、横軸がテーパ角度 α (deg)、縦軸が f / PCR を表している。

20

【0059】

これより、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) に負荷される荷重を極力小さくし、より高角作動域において有利となる内部仕様は次のようになる。

トラックオフセット：なし

ケージオフセット量 f ： $0 < f / PCR \leq 0.12$

テーパ角度 α ： $1^\circ \leq \alpha \leq 12^\circ$

30

【0060】

また、この実施の形態では、ボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) における荷重が低減する一方、ピークの荷重は従来の等速自在継手と比較して大きくなることから、強度を確保するため、ケージ 30 の肉厚部を外輪 25 の開口端側に向けた配置とするのが好ましい。

【0061】

前述の内部仕様で寸法を設定した本発明による固定式等速自在継手（実施例）と従来の固定式等速自在継手（比較例）について、最大作動角時のボール 29 が最も飛び出そうとする位相 (0° 位相) におけるトラック荷重およびポケット荷重を算出したところ、結果は図 14 に示すとおりであった。同図より、比較例に対して実施例が、トラック荷重とポ

40

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図 1】本発明に係る固定式等速自在継手の実施形態を示す断面図である。

【図 2】図 1 の等速自在継手において、外輪に対して内輪が最大作動角をとった状態を示す断面図である。

【図 3】(a) は図 1 の等速自在継手におけるケージを示す断面図、(b) は従来の等速自在継手におけるケージを示す断面図である。

【図 4】ポケットのケージ内球面側のエッジ部を球面 R 形状とした実施形態を示すケージの断面図である。

50

【図 5】ポケットのケージ内球面側のエッジ部およびケージ外球面のエッジ部を球面 R 形状とした実施形態を示すケージの断面図である。

【図 6】ポケットのケージ内球面側のエッジ部およびケージ外球面のエッジ部を球面 R 形状とし、ポケットの薄肉側隅部の曲率半径を厚肉側隅部よりも大きくした実施形態を示すケージの断面図である。

【図 7】ポケットの薄肉側隅部および厚肉側隅部を示す部分拡大平面図である。

【図 8】ポケットの薄肉側隅部を最小曲率半径とした場合を示す部分拡大平面図である。

【図 9】ポケットの薄肉側隅部を最大曲率半径とした場合を示す部分拡大平面図である。

【図 10】図 1 の等速自在継手において、ケージオフセットおよびトラックオフセット等の内部諸元を説明するための図である。

10

【図 11】ケージに収容されたボールの位相を示す断面図である。

【図 12】トラック溝のテーパ角度に対する継手強度の関係を示す特性図である。

【図 13】トラック溝のテーパ角度と $f/P C R$ との関係を示す特性図である。

【図 14】最大作動角時における基本トルク負荷時の 0° 位相荷重を示す特性図である。

【図 15】固定型等速自在継手の従来例を示す断面図である。

【図 16】図 15 の等速自在継手において、外輪に対して内輪が最大作動角をとった状態を示す断面図である。

【符号の説明】

【0063】

21 外側継手部材（外輪）の内球面

20

22 外側継手部材（外輪）のトラック溝

23 開口端

25 外側継手部材（外輪）

26 内側継手部材（内輪）の外球面

27 内側継手部材（内輪）のトラック溝

28 内側継手部材（内輪）

29 ボール

30 ケージ

31 ケージの内球面

32 ケージの外球面

30

33 ポケット

34 テーパ面

35, 36 エッジ部

37 薄肉側隅部

38 厚肉側隅部

f ケージオフセット量

F トラックオフセット量

O_1 外側継手部材（外輪）のトラック溝の曲率中心

O_2 内側継手部材（内輪）のトラック溝の曲率中心

O_3 ケージの内球面中心

40

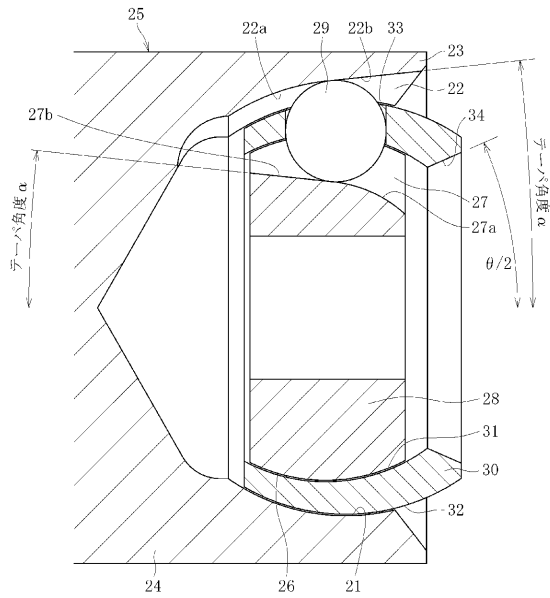
O_4 ケージの外球面中心

O_5 ボールの中心

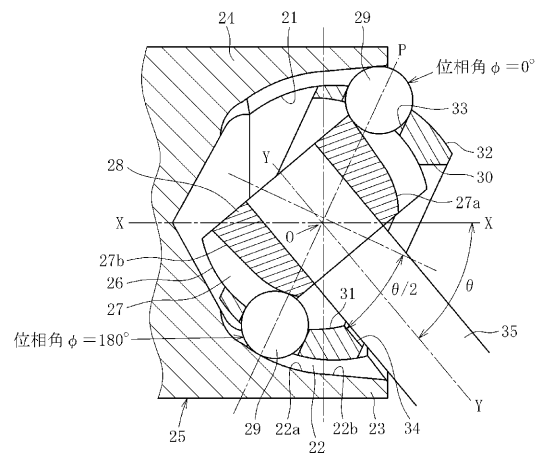
α トラック溝のテーパ角度

$\theta/2$ ケージの内球面の開口側端部のテーパ角度

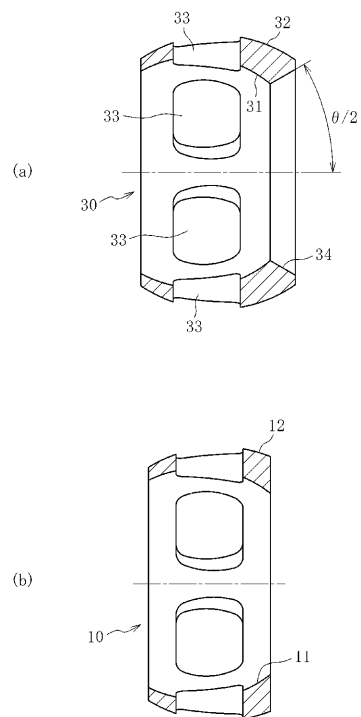
【図 1】



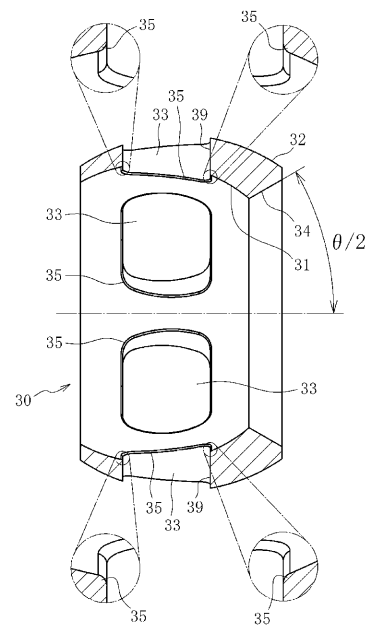
【図 2】



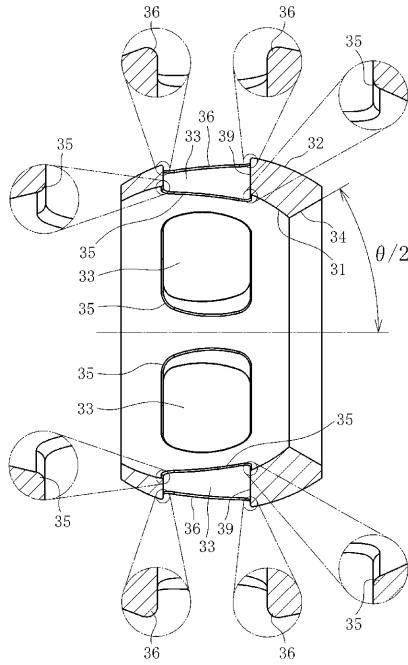
【図 3】



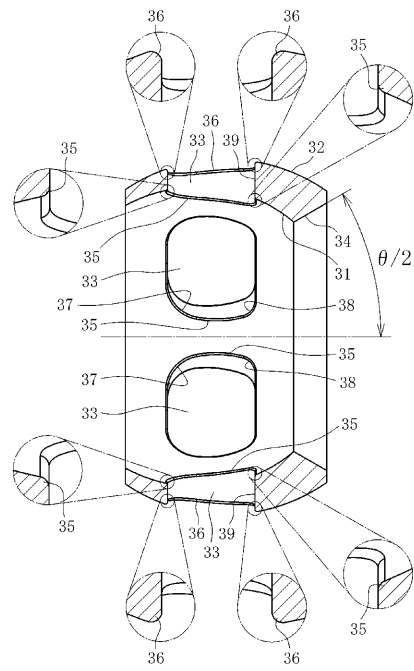
【図 4】



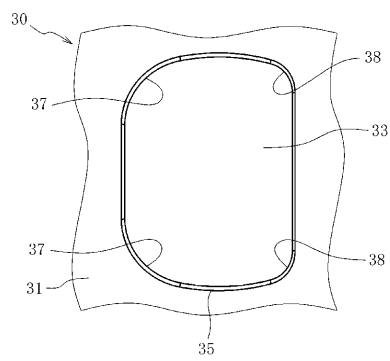
【図 5】



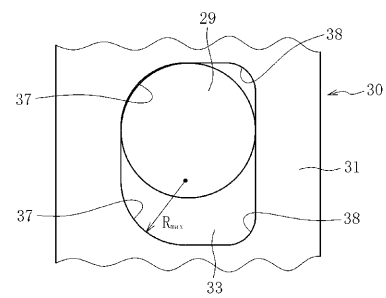
【図 6】



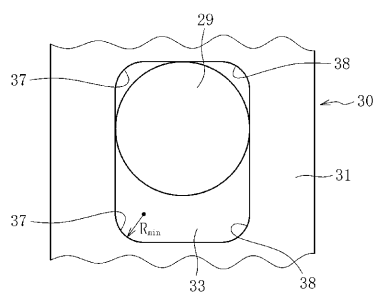
【図 7】



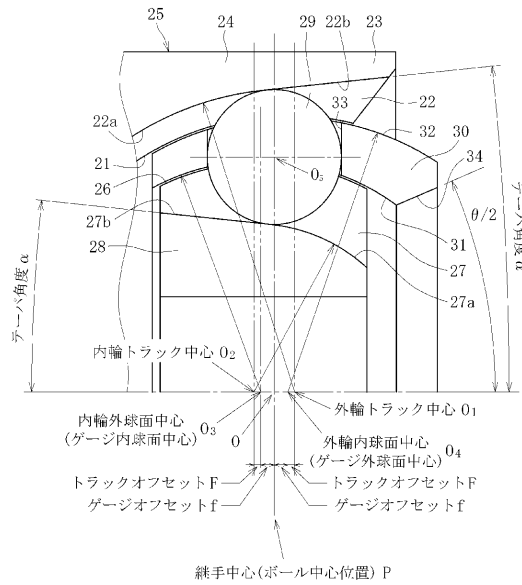
【図 9】



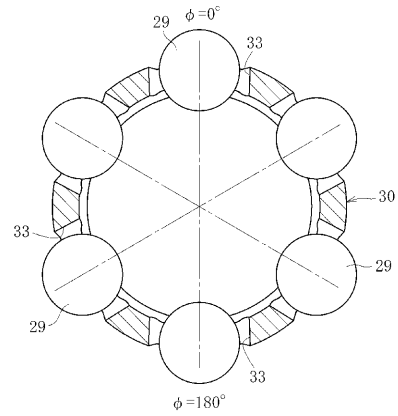
【図 8】



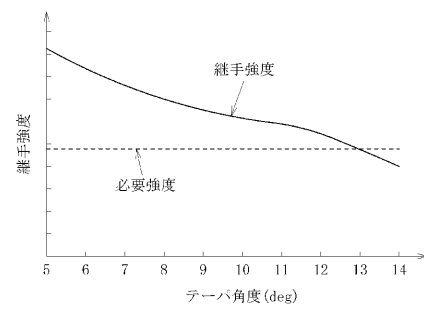
【図 10】



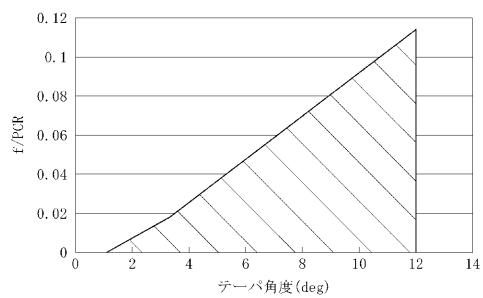
【図 11】



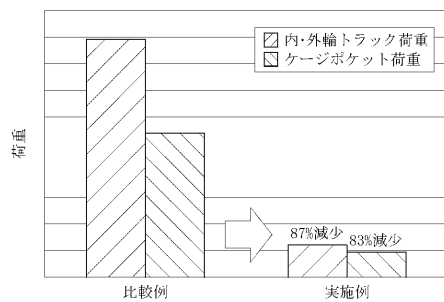
【図 12】



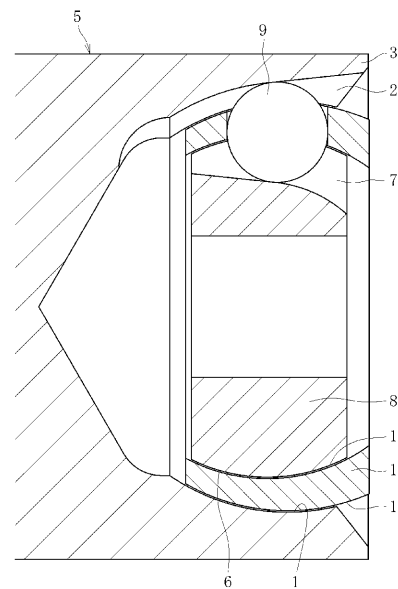
【図 13】



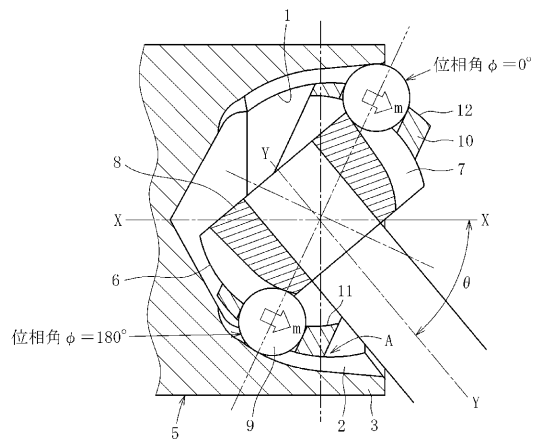
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

- (72)発明者 星野 学
静岡県磐田市東貝塚1 5 7 8 番地 NTN株式会社内
- (72)発明者 中川 亮
静岡県磐田市東貝塚1 5 7 8 番地 NTN株式会社内
- (72)発明者 菅沼 和三郎
静岡県磐田市東貝塚1 5 7 8 番地 NTN株式会社内