

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7645532号
(P7645532)

(45)発行日 令和7年3月14日(2025.3.14)

(24)登録日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(51)国際特許分類		F I	
F 1 6 H	55/06 (2006.01)	F 1 6 H	55/06
F 1 6 H	55/22 (2006.01)	F 1 6 H	55/22
B 2 9 C	45/14 (2006.01)	B 2 9 C	45/14
B 2 9 C	45/26 (2006.01)	B 2 9 C	45/26
B 2 9 D	15/00 (2006.01)	B 2 9 D	15/00
請求項の数 5 (全22頁)			
(21)出願番号	特願2021-41956(P2021-41956)	(73)特許権者	523207386
(22)出願日	令和3年3月16日(2021.3.16)		N S K ステアリング&コントロール株式
(65)公開番号	特開2022-142006(P2022-142006		会社
	A)		東京都品川区大崎一丁目6番3号
(43)公開日	令和4年9月30日(2022.9.30)	(74)代理人	110000811
審査請求日	令和5年11月10日(2023.11.10)		弁理士法人貴和特許事務所
		(72)発明者	清田 晴彦
			群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工
			株式会社内
		審査官	増岡 亘
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 ウォームホイール及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内径側筒部と、外周面に、全周にわたって同じ断面形状を有するハブ側凹部を備え、かつ、前記内径側筒部の周囲に該内径側筒部と同軸に配置された外径側筒部と、前記内径側筒部と前記外径側筒部とを接続する接続部と、を含むハブと、

円周方向に等間隔に配置された複数のウォームホイール歯を有し、前記ハブの径方向外側の端部を覆うように該ハブに結合固定された合成樹脂製のギヤ部と、を備え、

前記ギヤ部は、外周面のうちの少なくとも前記ウォームホイール歯のそれぞれの歯面の、前記ハブ側凹部の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部を有し、

前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向片側に位置する部分の外径と、前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向他側に位置する部分の外径とが互いに異なる、

ウォームホイール。

【請求項2】

前記ハブ側凹部の軸方向両側の側面のうち、少なくとも一方の側面の少なくとも径方向外側部分が、前記ハブの中心軸に対し、径方向外側に向かうほど前記ハブ側凹部の軸方向幅が広がる方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成されている、

請求項1に記載のウォームホイール。

【請求項 3】

前記ハブ側凹部の底面が、前記ハブの中心軸を中心とする円筒面により構成されている、請求項 1 または 2 に記載のウォームホイール。

【請求項 4】

内径側筒部と、外周面に、全周にわたって同じ断面形状を有するハブ側凹部を備え、かつ、前記内径側筒部の周囲に該内径側筒部と同軸に配置された外径側筒部と、前記内径側筒部と前記外径側筒部とを接続する接続部と、を含むハブと、

円周方向に等間隔に配置された複数のウォームホイール歯を有し、前記ハブの径方向外側の端部を覆うように該ハブに結合固定された合成樹脂製のギヤ部と、を備え、

前記ギヤ部は、外周面のうちの少なくとも前記ウォームホイール歯のそれぞれの歯面の、前記ハブ側凹部の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部を有し、

前記ハブ側凹部が、円弧形の断面形状を有する、ウォームホイール。

【請求項 5】

内径側筒部と、外周面に、全周にわたって同じ断面形状を有するハブ側凹部を備え、かつ、前記内径側筒部の周囲に該内径側筒部と同軸に配置された外径側筒部と、前記内径側筒部と前記外径側筒部とを接続する接続部と、を含むハブと、

円周方向に等間隔に配置された複数のウォームホイール歯を有し、前記ハブの径方向外側の端部を覆うように該ハブに結合固定された合成樹脂製のギヤ部と、を備え、

前記ギヤ部は、外周面のうちの少なくとも前記ウォームホイール歯のそれぞれの歯面の、前記ハブ側凹部の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部を有する、

ウォームホイールの製造方法であって、

前記ハブの径方向外側の端部を、内周面に歯成形用凹凸部を有する金型装置のキャビティ内にセットして、該キャビティ内に溶融した合成樹脂を充填する工程と、

前記合成樹脂を冷却することにより、該合成樹脂を収縮させつつ固化させることに伴い、前記ギヤ部の軸方向中間部外周面にヒケを生じさせることで、前記ギヤ側凹部を形成する工程と、

を備える、ウォームホイールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ハブの径方向外側の端部に、合成樹脂製のギヤ部を結合固定してなるウォームホイールに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の操舵輪に舵角を付与する際に、ステアリングホイールの操作に要する力の軽減を図るための装置として、電動モータを補助動力源に使用する電動パワーステアリング装置が広く使用されている。電動パワーステアリング装置は、電動モータの取付位置により大別される。具体的には、ステアリングコラムの内側に回転自在に支持されたステアリングシャフトに補助動力を付与するコラムアシスト式、ステアリングギヤユニットの入力軸であるピニオン軸に補助動力を付与するピニオンアシスト式、および、ステアリングギヤユニットに、入力軸であるピニオン軸とは別のピニオン軸を設け、該ピニオン軸に補助動力を付与するデュアルピニオン式など、種々の構造が提案されている。いずれの構造においても、ステアリングホイールの操作によって回転又は直線運動する軸部材に、電動モータの補助動力が、減速機を介して付与される。このような減速機としては、ウォーム減速機が広く使用されている。電動パワーステアリング装置を構成するウォーム減速機は、電

10

20

30

40

50

動モータにより回転駆動されるウォームと、該ウォームと噛合するウォームホイールとを備える。

【 0 0 0 3 】

ウォーム減速機では、ステアリングホイールの操作時や悪路走行時に、ウォームとウォームホイールとの噛合部で発生する歯打ち音の抑制、軽量化及び／又は低コスト化などを目的として、ウォームホイールのうちで回転軸に外嵌される径方向内側部分を金属材料により構成し、かつ、ウォームと噛合する径方向外側部分を合成樹脂材料により構成することが提案されている。

【 0 0 0 4 】

図 2 0 は、径方向内側部分を金属材料により構成し、かつ、径方向外側部分を合成樹脂材料により構成したウォームホイールの 1 例として、国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 5 1 4 0 号パンフレット（特許文献 1）に記載の構造を示している。ウォームホイール 1 0 0 は、金属製のハブ 1 0 1 と、合成樹脂製のギヤ部 1 0 2 とを備える。

10

【 0 0 0 5 】

ハブ 1 0 1 は、内径側筒部 1 0 3 と、内径側筒部 1 0 3 の周囲に該内径側筒部 1 0 3 と同軸に配置された外径側筒部 1 0 4 と、内径側筒部 1 0 3 と外径側筒部 1 0 4 とを接続する中空円形板状の接続部 1 0 5 とを備える。このうちの内径側筒部 1 0 3 が、ステアリングホイールの回転に伴って回転するステアリングシャフト若しくはピニオン軸、又は、ラック軸と噛合するピニオン軸などの回転軸に外嵌固定される。

【 0 0 0 6 】

20

ギヤ部 1 0 2 は、径方向外側の端部に複数のウォームホイール歯 1 0 6 を有し、ハブ 1 0 1 の径方向外側の端部を覆うように該ハブ 1 0 1 に結合固定されている。すなわち、ギヤ部 1 0 2 は、射出成形に伴って（インサート成形により）、ハブ 1 0 1 の外径側筒部 1 0 4 と接続部 1 0 5 の径方向外側の端部とを包埋している。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 文献 】 国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 5 1 4 0 号パンフレット

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 0 8 】

国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 5 1 4 0 号パンフレットに記載のウォームホイール 1 0 0 は、ウォームホイール歯 1 0 6 の摩耗を抑える面からは改良の余地がある。

【 0 0 0 9 】

国際公開第 2 0 1 7 / 1 3 5 1 4 0 号パンフレットに記載のウォームホイール 1 0 0 では、複数のウォームホイール歯 1 0 6 のそれぞれの歯面は、軸方向に関して凹凸がない平坦面又は凸曲面により構成されている。

【 0 0 1 0 】

このようなウォームホイール 1 0 0 のウォームホイール歯 1 0 6 を、ウォームに備えられたねじ状のウォーム歯と噛合させると、ウォームホイール歯 1 0 6 の歯面とウォーム歯の歯面との接触は点接触となり、接触面圧が高くなるため、ウォームホイール歯 1 0 6 が摩耗しやすくなる。

40

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、ウォーム歯に対するウォームホイール歯の接触面圧を小さく抑えて、前記ウォームホイール歯の摩耗を抑えることができる、ウォームホイールを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明の一態様のウォームホイールは、ハブと、合成樹脂製のギヤ部と、を備える。
前記ハブは、内径側筒部と、外周面に、全周にわたって同じ断面形状を有するハブ側凹

50

部を備え、かつ、前記内径側筒部の周囲に該内径側筒部と同軸に配置された外径側筒部と、前記内径側筒部と前記外径側筒部とを接続する接続部と、を備える。

前記ギヤ部は、円周方向に等間隔に配置された複数のウォームホイール歯を有し、前記ハブの径方向外側の端部を覆うように該ハブに結合固定されている。

特に本発明の一態様のウォームホイールでは、前記ギヤ部は、外周面のうちの少なくとも前記ウォームホイール歯のそれぞれの歯面の、前記ハブ側凹部の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部を有する。

【0013】

本発明の一態様では、前記ギヤ側凹部を、前記ギヤ部の外周面に全周にわたって形成することができる。すなわち、前記ギヤ側凹部を、前記ウォームホイール歯のそれぞれの歯面及び歯先面と、円周方向に隣り合う1対のウォームホイール歯同士の間歯底面とのうち、軸方向に関して前記ハブ側凹部の径方向外側に位置する部分を含む部分に全周にわたって形成することができる。

【0014】

本発明の一態様では、前記ハブ側凹部の軸方向両側の側面のうち、少なくとも一方の側面の少なくとも径方向外側部分を、前記ハブの中心軸に対し傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成することができる。

【0015】

本発明の一態様では、前記ハブ側凹部の底面を、前記ハブの中心軸を中心とする円筒面により構成することができる。

【0016】

本発明の一態様では、前記ハブ側凹部が、円弧形の断面形状を有することができる。

【0017】

本発明の一態様では、前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向片側に位置する部分の外径と、前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向他側に位置する部分の外径とを互いに異ならせることができる。

あるいは、前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向片側に位置する部分の外径と、前記外径側筒部の外周面のうちで前記ハブ側凹部よりも軸方向他側に位置する部分の外径とを互いに同じとすることができる。

【0018】

本発明の一態様では、前記ギヤ部を、ポリアミド66を主成分とする合成樹脂により構成することができる。この場合、前記合成樹脂に、ガラス繊維、ポリエチレン繊維、カーボン繊維、及び/又は、アラミド繊維などの強化繊維を混入することが好ましい。

あるいは、前記ギヤ部を、ポリアミド6、ポリアミド46、ポリアミド9T、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、フェノールなどを主成分とする合成樹脂により構成することができる。この場合も、前記合成樹脂に、強化繊維を混入することが好ましい。

【0019】

本発明の一態様のウォームホイールの製造方法は、

前記ハブの径方向外側の端部を、内周面に歯成形用凹凸部を有する金型装置のキャビティ内にセットして、該キャビティ内に溶融した合成樹脂を充填する工程と、

前記合成樹脂を冷却することにより、該合成樹脂を収縮させつつ固化させることに伴い、前記ギヤ部の軸方向中間部外周面にヒケを生じさせることで、前記ギヤ側凹部を形成する工程と、
を備える。

【発明の効果】

【0020】

本発明の一態様のウォームホイールによれば、ウォーム歯に対するウォームホイール歯の接触面圧を小さく抑えて、前記ウォームホイール歯の摩耗を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

【図 1】図 1 は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールを備えるウォーム減速機を示す斜視図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールを備えるウォーム減速機を、ウォームの中心軸とウォームホイールの中心軸とに直交する方向から見た図である。

【図 3】図 3 は、図 2 の A - A 断面図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールを示す斜視図である。

【図 5】図 5 (A) は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールを軸方向から見た図であり、図 5 (B) は、図 5 (A) の B - B 断面図である。

【図 6】図 6 は、図 5 (B) の上部拡大図である。

10

【図 7】図 7 (A) は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールを径方向から見た図であり、図 7 (B) は、図 7 (A) の C - C 断面図である。

【図 8】図 8 は、実施の形態の第 1 例について、ハブを取り出して示す斜視図である。

【図 9】図 9 は、実施の形態の第 1 例のウォームホイールの製造方法を示す断面図である。

【図 10】図 10 は、実施の形態の第 2 例を示す、図 5 (B) に相当する図である。

【図 11】図 11 は、実施の形態の第 2 例を示す、図 6 に相当する図である。

【図 12】図 12 は、実施の形態の第 2 例について、ハブを取り出して示す斜視図である。

【図 13】図 13 は、実施の形態の第 2 例のウォームホイールの製造方法を示す断面図である。

【図 14】図 14 は、実施の形態の第 3 例を示す、図 5 (B) に相当する図である。

20

【図 15】図 15 は、実施の形態の第 3 例を示す、図 6 に相当する図である。

【図 16】図 16 は、実施の形態の第 4 例を示す、図 5 (B) に相当する図である。

【図 17】図 17 は、実施の形態の第 4 例を示す、図 6 に相当する図である。

【図 18】図 18 は、実施の形態の第 5 例を示す、図 5 (B) に相当する図である。

【図 19】図 19 は、実施の形態の第 5 例を示す、図 6 に相当する図である。

【図 20】図 20 は、ウォームホイールの従来構造の 1 例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

[実施の形態の第 1 例]

本発明の実施の形態の第 1 例について、図 1 ~ 図 9 を用いて説明する。本例のウォームホイール 1 は、ウォーム 2 と組み合わせられてウォーム減速機 3 を構成する。ウォーム 2 は、軸方向中間部外周面に、ねじ状のウォーム歯 (図 1 ~ 図 3 では省略) を有する。ウォーム減速機 3 を電動パワーステアリング装置に組み込んで使用する場合には、ウォーム 2 の基端部 (図 2 の左下側の端部) に、電動モータの出力軸が、スプライン係合などにより、又は、継手などを介して接続される。すなわち、ウォーム 2 は、電動モータにより回転駆動可能に構成される。本例のウォーム減速機 3 においては、ウォームホイール 1 の中心軸とウォーム 2 の中心軸とに直交する方向から見た場合に、ウォームホイール 1 の中心軸とウォーム 2 の中心軸とが斜交している (鋭角をなしている) 。

30

【 0 0 2 3 】

ウォームホイール 1 は、金属製のハブ 4 と、合成樹脂製のギヤ部 5 とを備える。

40

【 0 0 2 4 】

ハブ 4 は、内径側筒部 6 と、内径側筒部 6 の周囲に該内径側筒部 6 と同軸に配置された外径側筒部 7 と、内径側筒部 6 と外径側筒部 7 とを接続する接続部 8 とを備える。

【 0 0 2 5 】

外径側筒部 7 は、軸方向中間部外周面に、全周にわたって同じ断面形状を有するハブ側凹部 9 を備える。すなわち、ハブ側凹部 9 は、内面を構成する底面 10 及び軸方向両側の側面 11 のいずれにも、円周方向に関する凹凸が存在しない。本例では、ハブ側凹部 9 は、略 U 字形の断面形状を有する。

【 0 0 2 6 】

本例では、ハブ側凹部 9 の底面 10 は、軸方向両側の側面 11 と接続される軸方向両側

50

の端部を除き、ハブ 4 の中心軸を中心とする円筒面により構成されている。又、ハブ側凹部 9 の軸方向両側の側面 11 は、径方向両側の端部を除き、ハブ 4 の中心軸に直交する平坦面により構成されている。

【 0 0 2 7 】

なお、本例では、外径側筒部 7 の外周面のうちでハブ側凹部 9 よりも軸方向片側（図 5（B）及び図 6 の左側）に位置する部分の外径と、外径側筒部 7 の外周面のうちでハブ側凹部 9 よりも軸方向他側（図 5（B）及び図 6 の右側）に位置する部分の外径とは、互いに同じとなっている。

【 0 0 2 8 】

さらに、外径側筒部 7 は、軸方向片側部分の内周面に全周にわたって備えられた凹溝 12 と、凹部と凸部とを交互に全周にわたって配置してなる歯車状のハブ側凹凸部 13 とを有する。

【 0 0 2 9 】

凹溝 12 は、略 V 字形の断面形状を有し、かつ、外径側筒部 7 の内周面のうち、接続部 8 の径方向外側の端部が接続された部分の軸方向片側に位置する部分に、径方向外側に向けて凹むように全周にわたって形成されている。

【 0 0 3 0 】

ハブ側凹凸部 13 は、外径側筒部 7 の内周面のうち、凹溝 12 の軸方向片側に隣接する部分に備えられている。

【 0 0 3 1 】

接続部 8 は、内径側筒部 6 の軸方向他側部分と外径側筒部 7 の軸方向他側部分とを接続する。本例では、接続部 8 の径方向外側の端部は、外径側筒部 7 の軸方向他側の端部ではなく、軸方向片側に寄った部分に接続されている。すなわち、外径側筒部 7 は、軸方向他側の端部内周面に、径方向内側を向いた段部 37 を有する。又、本例では、接続部 8 は、中空円形板状に構成されている。なお、接続部は、スポークのように、円周方向に離隔して放射状に配置された複数の接続片により構成することもできる。

【 0 0 3 2 】

ハブ 4 は、炭素鋼若しくは合金鋼などの鉄鋼、あるいは、アルミニウム若しくはマグネシウム又はこれらの合金などの軽合金などの金属材料により構成される。ハブ 4 は、前記金属材料に、切削加工及び／又は塑性加工を施すことにより成形される。材料の歩留まり良く低コストに成形する面からは、ハブ 4 を、前記金属材料に、鍛造加工、プレス加工又はフローフォーミング加工などの塑性加工を施すことにより成形することが好ましい。

【 0 0 3 3 】

ギヤ部 5 は、円周方向に等間隔に配置された複数のウォームホイール歯 14 を有し、ハブ 4 の径方向外側の端部を覆うように該ハブ 4 に結合固定されている。すなわち、ギヤ部 5 は、射出成形に伴って（インサート成形により）、ハブ 4 の外径側筒部 7 と接続部 8 の径方向外側の端部とを全周にわたり包埋することで、ハブ 4 に結合固定されている。ウォームホイール歯 14 のそれぞれの、歯筋がハブ 4 の中心軸と平行な直歯により構成されている。

【 0 0 3 4 】

ギヤ部 5 は、ウォームホイール歯 14 のそれぞれの歯先面及び歯面を含む外周面のうち、ハブ側凹部 9 の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 15 を全周にわたって有する。換言すれば、ギヤ部 5 は、ウォームホイール歯 14 のそれぞれの歯先面（径方向外側の端面）及び歯面（円周方向側面）と、円周方向に隣り合う 1 対のウォームホイール歯 14 同士の間の歯底面とのうち、軸方向に関してハブ側凹部 9 と一致する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 15 を全周にわたって有する。すなわち、ギヤ側凹部 15 は、ウォームホイール歯 14 のそれぞれの歯面に備えられた歯面凹部 15 a と、ウォームホイール歯 14 のそれぞれの歯先面に備えられた歯先面凹部 15 b と、円周方向に隣り合う 1 対のウォームホイール歯 14 同士の間の歯底面に備えられた歯底面凹部 15 c とから

10

20

30

40

50

なる。ギヤ側凹部 15 は、軸方向中間部に、深さが一定又はほぼ一定の部分有し、当該部分から軸方向両側に向かうにしたがって深さが漸次浅くなっている。

【0035】

ギヤ側凹部 15 は、後述するように、ギヤ部 5 の射出成形後、成形収縮に伴って、ギヤ部 5 の軸方向中間部外周面に、ヒケと呼ばれる窪みを生じさせることで形成される。すなわち、本例では、ギヤ側凹部 15 を含むギヤ部 5 の外周面は、射出成形面により構成されている。

【0036】

ギヤ部 5 は、ハブ 4 の外径側筒部 7 の外周面を覆う外径側覆い部 5a に、ハブ側凹部 9 と係合するギヤ側凸部 16 を全周にわたって有する。ギヤ側凸部 16 は、ギヤ部 5 を射出成形により造る際に、ギヤ部 5 を構成する合成樹脂の一部をハブ側凹部 9 に送り込み、冷却固化させることで形成される。

10

【0037】

さらに、ギヤ部 5 は、ハブ 4 の外径側筒部 7 の軸方向片側部分の内周面を覆う第 1 内径側覆い部 5b に、凹溝 12 と係合する突条 17 と、ハブ側凹凸部 13 と係合するギヤ側凹凸部 18 とを有する。突条 17 は、ギヤ部 5 を射出成形により造る際に、ギヤ部 5 を構成する合成樹脂の一部を凹溝 12 に送り込み、冷却固化させることで形成される。ギヤ側凹凸部 18 は、ギヤ部 5 を射出成形により造る際に、ギヤ部 5 を構成する合成樹脂の一部を、ハブ側凹凸部 13 を構成する凹部に送り込み、冷却固化させることで形成される。

【0038】

20

なお、本例では、ハブ 4 の外径側筒部 7 の軸方向他側の端部内周面（段部 37）を覆う第 2 内径側覆い部 5c と、外径側筒部 7 の段部 37 とが、径方向に係合している。要するに、ギヤ部 5 をハブ 4 に対し、該ハブ 4 の径方向外側の端部を包み込むようにして結合することで、ハブ 4 に対するギヤ部 5 の結合強度を確保している。

【0039】

ギヤ部 5 は、ポリアミド 66 を主成分とする合成樹脂により構成される。ギヤ部 5 を構成する合成樹脂には、ガラス繊維、ポリエチレン繊維、カーボン繊維、及び／又は、アラミド繊維などの強化繊維を混入することが好ましい。あるいは、ギヤ部 5 を、ポリアミド 6、ポリアミド 46、ポリアミド 9T、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレンテレフタレート、ポリアセタール、フェノールなどを主成分とする合成樹脂により構成することもできる。この場合でも、ギヤ部 5 を構成する合成樹脂には、ガラス繊維、ポリエチレン繊維、カーボン繊維、及び／又は、アラミド繊維などの強化繊維を混入することが好ましい。

30

【0040】

ウォームホイール 1 は、ハブ 4 の内径側筒部 6 を回転軸に外嵌固定される。具体的には、例えばウォーム減速機 3 を、コラムアシスト式の電動パワーステアリング装置に組み込んで使用する場合、ウォームホイール 1 は、ハブ 4 の内径側筒部 6 をステアリングシャフトに外嵌固定することにより該ステアリングシャフトに支持固定される。これにより、コラムアシスト式の電動パワーステアリング装置は、電動モータから出力される補助動力を、ウォーム減速機を介してステアリングシャフトに付与可能に構成される。

40

【0041】

ウォーム減速機 3 を、ピニオンアシスト式の電動パワーステアリング装置に組み込んで使用する場合、ウォームホイール 1 は、ハブ 4 の内径側筒部 6 を、ステアリングシャフトに、自在継手や中間シャフトを介してトルク伝達可能に接続されたピニオンシャフトに外嵌固定することにより該ピニオンシャフトに支持固定される。これにより、ピニオンアシスト式の電動パワーステアリング装置は、電動モータから出力される補助動力を、ウォーム減速機を介してピニオンシャフトに付与可能に構成される。

【0042】

ウォーム減速機 3 を、デュアルピニオン式の電動パワーステアリング装置に組み込んで使用する場合、ウォームホイール 1 は、ハブ 4 の内径側筒部 6 を、ステアリングシャフト

50

にトルク伝達可能に接続されたピニオンシャフトとは別で、かつ、ラック軸に噛合する第2のピニオンシャフトに外嵌固定することにより該第2のピニオンシャフトに支持固定される。これにより、電動モータから出力される補助動力を、デュアルピニオン式の電動パワーステアリング装置は、ウォーム減速機及び第2のピニオンシャフトを介してラック軸に付与可能に構成される。

【0043】

ハブ4の径方向外側の端部にギヤ部5をインサート成形してウォームホイール1を造る工程では、図9に示すような金型装置19を使用する。金型装置19は、固定金型20と、固定金型20に対する軸方向の遠近動を可能に配置された可動金型21とを備える。

【0044】

固定金型20は、中央部に、固定金型20及び可動金型21とハブ4との間に画成されるキャピティ22内に、溶融した合成樹脂を送り込むためのランナー23を有する。ランナー23は、例えば、周囲に図示しないヒータが備えられたホットランナーにより構成することができる。

【0045】

可動金型21は、3個の金型部品24a、24b、24cから構成されている。

【0046】

第1金型部品24aは、段付円柱形状を有する。具体的には、第1金型部品24aは、軸方向片側の大径部25と、軸方向他側の小径部26とを備える。

【0047】

第2金型部品24bは、円筒形状を有し、第1金型部品24aの大径部25にがたつきなく外嵌される。第2金型部品24bは、軸方向他側の端部の径方向内側部分に、径方向外側部分よりも軸方向他側に突出した凸部27を有する。

【0048】

第3金型部品24cは、円筒形状を有し、内周面に、ギヤ部5の複数のウォームホイール歯14を成形するための歯成形用凹凸部28を有する。歯成形用凹凸部28は、成形するギヤ部5の外周面形状に、おおよそ見合う表面形状を有する。ただし、歯成形用凹凸部28は、完成状態でギヤ側凹部15が備えられる部分に、該ギヤ側凹部15に沿う表面形状を有する凸部を備えていない。すなわち、歯成形用凹凸部28の表面には、軸方向に関する凹凸が存在しない。具体的には、歯成形用凹凸部28のうち、ウォームホイール歯14のそれぞれの歯先面を成形する部分は、軸方向に関する凹凸が存在しない平坦面又は部分円筒面により構成され、ウォームホイール歯14のそれぞれの歯面を成形する部分は、軸方向に関する凹凸が存在しない平坦面又は凹曲面により構成され、及び、円周方向に隣り合うウォームホイール歯14同士の間の歯底面を成形する部分は、軸方向に関する凹凸が存在しない平坦面又は部分円筒面により構成されている。

【0049】

本例では、可動金型21は、3個の金型部品24a、24b、24cから構成されているが、可動金型は、全体を一体に（一部品として）構成することもできるし、2個又は4個以上の金型部品から構成することもできる。

【0050】

金型装置19を使用して、ハブ4の径方向外側の端部にギヤ部5をインサート成形する際には、第1金型部品24aの小径部26の軸方向他側の端部に、ハブ4の内径側筒部6をがたつきなく外嵌する。また、第2金型部品24bの凸部27の先端面（軸方向他側の端面）を、ハブ4の接続部8の軸方向片側の側面の径方向中間部に当接させる。さらに、第3金型部品24cを、ハブ4の外径側筒部7の周囲に配置し、固定金型20と第2金型部品24bとの間で軸方向に挟持する。すなわち、固定金型20の径方向外側部分の軸方向片側の側面を、第3金型部品24cの軸方向他側の端面に当接させ、かつ、第2金型部品24bの径方向外側部分の軸方向他側の側面を、第3金型部品24cの軸方向片側の端面に当接させる。

【0051】

10

20

30

40

50

ハブ 4 を金型装置 1 9 の内側にセットした状態で、固定金型 2 0 の径方向中間部の軸方向片側の側面と、第 2 金型部品 2 4 b の径方向中間部の軸方向他側の側面及び凸部 2 7 の外周面、並びに、第 3 金型部品 2 4 c の内周面と、ハブ 4 の径方向外側部分とにより、ギヤ部 5 を成形するためのキャビティ 2 2 が画成される。さらに、固定金型 2 0 の径方向内側部分の軸方向片側の側面と、ハブ 4 の接続部 8 の軸方向他側の側面との間に、ディスクゲート 2 9 が画成される。

【 0 0 5 2 】

上述のように、ハブ 4 を金型装置 1 9 の内側にセットした状態で、ランナー 2 3 及びディスクゲート 2 9 を通じて、キャビティ 2 2 内に溶融した合成樹脂（溶融樹脂）を送り込む。キャビティ 2 2 内に送り込まれた合成樹脂は、ハブ 4 の径方向外側部分の軸方向他側に位置する部分から外径側筒部 7 の径方向外側に位置する部分を経由して、ハブ 4 の径方向外側部分の軸方向片側に位置する部分に向けて流れることで、キャビティ 2 2 内の全体に充填される。合成樹脂をキャビティ 2 2 内の全体に充填した直後の状態では、ギヤ部 5 の外周面には、ギヤ側凹部 1 5 は備えられていない。

【 0 0 5 3 】

合成樹脂をキャビティ 2 2 内の全体に充填した後、合成樹脂を冷却する。冷却は、例えば自然冷却、又は、金型装置 1 9 内に水などの冷却液を循環させる液冷により行うことができる。冷却に伴い、キャビティ 2 2 内に充填された合成樹脂が収縮（成形収縮）しつつ固化することで、ギヤ部 5 が成形されると同時に、該ギヤ部 5 をハブ 4 に対して結合固定される。

【 0 0 5 4 】

ここで、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 の径方向外側に存在する部分の径方向厚さは、ギヤ側凸部 1 6 が備えられている分、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 から軸方向両側に隣接する部分の径方向厚さよりも厚い。換言すれば、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 の径方向外側に存在する部分の体積は、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 から軸方向両側に隣接する部分の体積よりも大きい。このため、合成樹脂の冷却に伴う収縮量は、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 の径方向外側に存在する部分において、ギヤ部 5 のうちで外径側筒部 7 の径方向外側、かつ、ハブ側凹部 9 から軸方向両側に隣接する部分よりも多くなる。

【 0 0 5 5 】

したがって、キャビティ 2 2 内に充填された合成樹脂を冷却することで、合成樹脂を収縮させつつ固化させると、ギヤ部 5 の軸方向中間部外周面に、ヒケと呼ばれる窪みが生じる。これにより、ギヤ部 5 の外周面のうち、ハブ側凹部 9 の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 1 5 が形成される。特に本例では、ハブ側凹部 9 の底面 1 0 を円筒面により構成しているため、ギヤ側凹部 1 5 の軸方向中間部には、深さが一定又はほぼ一定の部分が形成される。

【 0 0 5 6 】

キャビティ 2 2 内に充填された合成樹脂を冷却して固化させた後、可動金型 2 1 を固定金型 2 0 から離れる方向に軸方向に移動させることで金型装置 1 9 を開き、ウォームホイール 1 を取り出す。そして、ランナー 2 3 及びディスクゲート 2 9 内で固化した合成樹脂を除去する。その後、必要に応じて、ギヤ部 5 の表面や角部に仕上加工を施して、ウォームホイール 1 を得る。

【 0 0 5 7 】

本例のウォームホイール 1 は、複数のウォームホイール歯 1 4 の歯先面及び歯面を含むギヤ部 5 の軸方向中間部外周面に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 1 5 を有する。したがって、ウォームホイール 1 のウォームホイール歯 1 4 を、ウォーム 2 に備えられたウォーム歯と噛み合わせると、ウォーム歯の歯面は、ウォームホイール歯 1 4 の歯面のうちでギヤ側凹部 1 5 が備えられた部分、すなわち歯面凹部 1 5 a に接触する。このため、ウォームホイール歯 1 4 の歯面と、ウォーム 2 に備えられたねじ状のウォーム

10

20

30

40

50

歯の歯面との接触状態を、線接触又は面接触とすることができ、国際公開第2017/135140号パンフレットに記載の構造と比較して、ウォームホイール歯14の歯面とウォーム歯の歯面との接触面圧を低く抑えることができる。この結果、ウォームホイール歯14の摩耗を少なく抑えることができ、ウォームホイール1の耐久性を良好に確保することができる。

【0058】

又、ギヤ部5は合成樹脂により構成されているため、ウォーム減速機3で伝達するトルクが大きくなり、ウォームホイール歯14の歯面に加わる力（面圧）が大きくなると、ウォームホイール歯14が弾性変形して、ウォームホイール歯14の歯面とウォーム歯の歯面との接触範囲が幅方向（軸方向）に広がるように大きくなっていく。本例では、ギヤ側凹部15の軸方向両側部分の深さが、軸方向両側に向かうにしたがって浅くなっている。このため、ウォーム減速機3が伝達するトルクが比較的小さい段階から、ウォームホイール歯14の歯面とウォーム歯の歯面との接触範囲を大きく確保することができる。この面からも、ウォームホイール歯14の歯面とウォーム歯の歯面との接触面圧を低く抑えて、ウォームホイール1の耐久性を確保することができる。

【0059】

本例では、ギヤ側凹部15は、軸方向中間部に、深さが一定又はほぼ一定の部分の有する。このため、ウォームホイール歯14の歯面とウォーム歯の歯面との接触位置が、ウォームホイール1の軸方向に関して多少ずれた場合でも、ウォームホイール歯14とウォーム歯との噛み合い状態を適正な状態に維持することができる。

【0060】

本例のウォームホイール1では、ハブ4の内径側筒部6の軸方向中間部外周面に全周にわたって備えられたハブ側凹部9と、ギヤ部5のギヤ側凸部16とを係合させている。したがって、ウォームホイール歯14とウォーム歯との噛合部からギヤ部5に軸方向の力が加わった場合でも、ハブ側凹部9とギヤ側凸部16との軸方向の係合により、ハブ4に対するギヤ部5の軸方向の相対変位を防止することができる。また、ハブ側凹部9の1対の側面11と、ギヤ側凸部16の軸方向両側の側面との接触部の分、ハブ4とギヤ部5との接触面積を増やすことができ、ハブ4とギヤ部5とが相対回転することに対する摩擦を大きくすることができる。要するに、ハブ側凹部9とギヤ側凸部16との係合により、ハブ4に対するギヤ部5の保持力を向上させることができる。

【0061】

なお、本例では、ハブ4の外径側筒部7の軸方向他側部分の内周面に全周にわたって備えられた凹溝12と、ギヤ部5の突条17とを係合させている。したがって、ウォームホイール歯14とウォーム歯との噛合部からギヤ部5に軸方向の力が加わった場合に、凹溝12と突条17との軸方向の係合によっても、ハブ4に対するギヤ部5の軸方向の相対変位を防止することができる。

【0062】

さらに本例では、ハブ4の外径側筒部7の軸方向片側部分の内周面に備えられた歯車状のハブ側凹凸部13と、ギヤ部5のギヤ側凹凸部18とを係合させている。したがって、ハブ側凹凸部13とギヤ側凹凸部18との円周方向の係合によっても、ハブ4のギヤ部5に対する回転（クリープ）を防止することができる。

【0063】

ただし、ハブ4に対するギヤ部5の保持力を十分確保できる限り、凹溝と突条との係合、及び/又は、ハブ側凹凸部とギヤ側凹凸部との係合は省略することができる。

【0064】

本例の製造方法によれば、上述のように、ウォーム歯に対するウォームホイール歯14の接触面圧を小さく抑えて、ウォームホイール歯14の摩耗を抑えることができるウォームホイール1を、低コストで効率よく造ることができる。

【0065】

本例では、内周面に歯成形用凹凸部28を有するキャビティ22内に、溶融した合成樹

10

20

30

40

50

脂を充填した後、冷却固化させることで、外周面に複数のウォームホイール歯 14 を有するギヤ部 5 を成形すると同時に、該ギヤ部 5 をハブ 4 に対して結合固定している。すなわち、ハブの周囲に合成樹脂を射出成形した後、ウォームホイール歯を形成するための歯切り加工を行う必要がない。このため、ウォームホイール 1 を低コストで造ることができる。

【0066】

特に本例では、ギヤ部 5 を構成する合成樹脂を射出成形した後、冷却する際に、成形収縮に伴い、ギヤ部 5 の軸方向中間部外周面にヒケと呼ばれる窪みを生じさせることで、ギヤ側凹部 15 を形成している。すなわち、金型装置 19 は、キャビティ 22 の内周面のうち、歯成形用凹凸部 28 の軸方向中間部に、ギヤ側凹部 15 の表面形状に沿った表面形状を有する凸部を備えていない。換言すれば、歯成形用凹凸部 28 には、軸方向に関する凹凸が存在しない。したがって、金型装置 19、特に、内周面に歯成形用凹凸部 28 を有する第 3 金型部品 24c を低コストで造ることができる。又、ギヤ部 5 を成形した後、金型装置 19 からウォームホイール 1 を取り出す際には、可動金型 21 を軸方向に変位させるだけで、ウォームホイール 1 の周囲から可動金型 21 を容易に取り除くことができる。このため、ウォームホイール 1 を低コストで効率よく造ることができる。

【0067】

本例では、ハブ 4 の外径側筒部 7 の外周面に備えられたハブ側凹部 9 は、全周にわたって同じ断面形状を有する。換言すれば、ハブ側凹部 9 は、底面 10 及び軸方向両側の側面 11 のいずれにも、円周方向に関する凹凸が存在しない。したがって、ギヤ部 5 の成形時、該ギヤ部 5 の軸方向中間部外周面にヒケと呼ばれる窪みを生じさせることでギヤ側凹部 15 を形成した場合でも、ヒケを均一に発生させる（成形収縮量を均一にする）ことができる。要するに、ウォームホイール歯 14 の形状を安定させることができ、ウォームホイール歯 14 のピッチを安定させることができる。この結果、ウォームホイール歯 14 とウォーム歯との噛合状態を安定させることができる。

【0068】

[実施の形態の第 2 例]

本発明の実施の形態の第 2 例について、図 10 ~ 図 13 を用いて説明する。本例のウォームホイール 1a では、ハブ 4a の外径側筒部 7a の軸方向中間部外周面に備えられたハブ側凹部 9a の断面形状を、実施の形態の第 1 例と異ならせている。本例では、ハブ側凹部 9a は、略台形で、軸方向に関して非対称の断面形状を有する。なお、ハブ側凹部 9a の断面形状は、全周にわたって同じである。

【0069】

すなわち、本例では、ハブ側凹部 9a の底面 10a は、軸方向両側の側面 11a1、11a2 と接続される軸方向両側の端部を除き、ハブ 4a の中心軸を中心とする円筒面により構成されている。なお、底面 10a は、外径側筒部 7a の軸方向中央位置よりも軸方向片側に寄った部分に備えられている。

【0070】

ハブ側凹部 9a の軸方向片側の側面 11a1 は、径方向両側の端部を除き、径方向外側に向かうほど軸方向片側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成され、かつ、軸方向他側の側面 11a2 は、径方向両側の端部を除き、径方向外側に向かうほど軸方向他側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成されている。本例では、底面 10a に対する軸方向片側の側面 11a1 の傾斜角度 θ_1 は、底面 10a に対する軸方向他側の側面 11a2 の傾斜角度 θ_2 よりも大きい ($\theta_1 > \theta_2$)。

【0071】

本例でも、ギヤ部 5 は、外周面のうち、ハブ側凹部 9a の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 15 を全周にわたって有する。

【0072】

本例によれば、ギヤ側凹部 15 の断面形状を、所望の形状に規制しやすい。

【 0 0 7 3 】

すなわち、ギヤ部 5 の成形時、キャビティ 2 2 内に充填された合成樹脂のうち、外径側筒部 7 a の径方向外側部分に充填された合成樹脂は、ディスクゲート 2 9 から遠い軸方向片側部分とディスクゲート 2 9 に近い軸方向他側部分とで、ディスクゲート 2 9 内に充填された合成樹脂を含む合成樹脂の体積や、キャビティ 2 2 内の温度分布などに応じて、ヒケの発生度合いが変化する。具体的には、ヒケの発生度合いは、ディスクゲート 2 9 内に充填された合成樹脂の存在に基づいて、ディスクゲート 2 9 から遠い軸方向片側部分よりも、ディスクゲート 2 9 に近い軸方向他側部分で大きくなる傾向がある。そこで、本例では、ハブ側凹部 9 a の断面形状を軸方向に関して非対称とする、具体的には、底面 1 0 a を、外径側筒部 7 a の軸方向中央位置よりも軸方向片側に寄った部分に配置し、かつ、軸方向片側の側面 1 1 a 1 の傾斜角度 θ_1 を、軸方向他側の側面 1 1 a 2 の傾斜角度 θ_2 よりも大きくすることで、ヒケの発生度合いを調整している。すなわち、ヒケの発生度合いが、ディスクゲート 2 9 から遠い軸方向片側部分と、ディスクゲート 2 9 に近い軸方向他側部分とで、より均等に近づくようにしている。これにより、成形収縮に基づいて、所望の断面形状を有するギヤ側凹部 1 5 を形成できるようにしている。

10

【 0 0 7 4 】

なお、ギヤ側凹部 1 5 の断面形状を所望の形状とすることができれば、ハブ側凹部 9 a の断面形状を軸方向に関して対称とすることもできる。

【 0 0 7 5 】

又、本例では、ハブ側凹部 9 a の軸方向両側の側面 1 1 a 1、1 1 a 2 を、直線状の母線形状を有する円すい台面により構成している。したがって、ハブ 4 を金型装置 1 9 の内側にセットし、キャビティ 2 2 内に溶融した合成樹脂を充填する際に、ハブ側凹部 9 a に沿った合成樹脂の流れを円滑にすることができる。このため、ウェルドラインや気泡の発生を抑えることができ、ウォームホイール 1 a の強度を良好に確保しやすい。その他の部分の構成及び作用効果は、実施の形態の第 1 例と同様である。

20

【 0 0 7 6 】

〔 実施の形態の第 3 例 〕

本発明の実施の形態の第 3 例について、図 1 4 及び図 1 5 を用いて説明する。本例のウォームホイール 1 b では、ハブ 4 b の外径側筒部 7 b の軸方向中間部外周面に備えられたハブ側凹部 9 b は、円弧形の断面形状を有する。ハブ側凹部 9 b の断面形状は、全周にわたって同じである。

30

【 0 0 7 7 】

本例でも、ギヤ部 5 は、外周面のうち、ハブ側凹部 9 b の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 1 5 を全周にわたって有する。

【 0 0 7 8 】

本例によれば、ギヤ側凹部 1 5 の内面に、隅角部が形成されることを確実に防止できる。

【 0 0 7 9 】

実施の形態の第 1 例では、ハブ側凹部 9 の内面は、ハブ 4 の中心軸を中心とする円筒面により構成された底面 1 0 と、ハブ 4 の中心軸に直交する平坦面により構成される 1 対の側面 1 1 とを備える。このため、ギヤ部 5 の成形時、該ギヤ部 5 の外周面のうちで、ハブ側凹部 9 の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部にヒケを生じさせることで、ギヤ側凹部 1 5 を形成すると、該ギヤ側凹部 1 5 の内面に、隅角部が形成されてしまう可能性がある。

40

【 0 0 8 0 】

本例では、ハブ側凹部 9 b の断面形状を円弧形としているため、ギヤ部 5 の成形時、該ギヤ部 5 の外周面のうち、ハブ側凹部 9 b の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部にヒケを生じさせることでギヤ側凹部 1 5 を形成する際に、ギヤ側凹部 1 5 をハブ側凹部 9 b に沿って滑らかに凹ませることができる。要するに、ギヤ側凹部 1 5 の内面に、隅角部が形成されることを確実に防止できて、ウォームホイール歯 1 4 を、ウォーム歯と嚙

50

合させた場合に、ウォームホイール歯 1 4 の歯面とウォーム歯の歯面とが局所的に接触することを確実に防止できて、ウォームホイール歯 1 4 の歯面とウォーム歯の歯面とを面接触させることができる。

【 0 0 8 1 】

又、ハブ側凹部 9 b の断面形状を円弧形としているため、ハブ 4 を金型装置 1 9 (図 9 参照) の内側にセットし、キャビティ 2 2 内に溶融した合成樹脂を充填する際に、ハブ側凹部 9 b に沿った合成樹脂の流れを円滑にすることができる。このため、ウェルドラインや気泡の発生を抑えることができ、ウォームホイール 1 b の強度を良好に確保しやすい。その他の部分の構成及び作用効果は、実施の形態の第 1 例と同様である。

【 0 0 8 2 】

[実施の形態の第 4 例]

本発明の実施の形態の第 4 例について、図 1 6 及び図 1 7 を用いて説明する。本例のウォームホイール 1 c では、ハブ 4 c の外径側筒部 7 c の軸方向中間部外周面に備えられたハブ側凹部 9 c の断面形状を、実施の形態の第 1 例と異ならせている。

【 0 0 8 3 】

ハブ側凹部 9 c の内面を構成する底面 1 0 は、軸方向両側の側面 1 1 b 1、1 1 b 2 と接続される軸方向両側の端部を除き、ハブ 4 の中心軸を中心とする円筒面により構成されている。

【 0 0 8 4 】

ハブ側凹部 9 c の内面を構成する軸方向両側の側面 1 1 b 1、1 1 b 2 のそれぞれは、径方向内側の平坦面部 3 0 a、3 0 b と、径方向外側の傾斜面部 3 1 a、3 1 b とを有する。すなわち、軸方向片側の側面 1 1 b 1 は、径方向内側に備えられ、ハブ 4 c の中心軸に直交する平坦面部 3 0 a と、径方向外側に備えられ、径方向外側に向かうほど軸方向片側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成された傾斜面部 3 1 a とを有する。又、軸方向他側の側面 1 1 b 2 は、径方向内側に備えられ、ハブ 4 c の中心軸に直交する平坦面部 3 0 b と、径方向外側に備えられ、径方向外側に向かうほど軸方向他側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成された傾斜面部 3 1 b とを有する。

【 0 0 8 5 】

本例でも、ギヤ部 5 は、外周面のうち、ハブ側凹部 9 c の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 1 5 を全周にわたって有する。

【 0 0 8 6 】

又、ギヤ部 5 は、ハブ 4 c の外径側筒部 7 c の外周面を覆う部分に、ハブ側凹部 9 c と係合するギヤ側凸部 1 6 a を全周にわたって有する。ギヤ側凸部 1 6 a の軸方向両側の側面 3 2 a、3 2 b のそれぞれは、ハブ側凹部 9 c の軸方向両側の側面 1 1 b 1、1 1 b 2 と隙間なく当接する。すなわち、軸方向両側の側面 3 2 a、3 2 b のそれぞれは、径方向内側の平坦面部 3 3 a、3 3 b と、径方向外側の傾斜面部 3 4 a、3 4 b とを有する。

【 0 0 8 7 】

軸方向片側の側面 3 2 a は、径方向内側に備えられ、ハブ 4 c の中心軸に直交する平坦面部 3 3 a と、径方向外側に備えられ、径方向外側に向かうほど軸方向片側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成された傾斜面部 3 4 a とを有する。又、軸方向他側の側面 3 2 b は、径方向内側に備えられ、ハブ 4 c の中心軸に直交する平坦面部 3 3 b と、径方向外側に備えられ、径方向外側に向かうほど軸方向他側に向かう方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成された傾斜面部 3 4 b とを有する。

【 0 0 8 8 】

本例のウォームホイール 1 c によれば、ハブ 4 c に対するギヤ部 5 の保持力の確保と、ギヤ部 5 の強度の確保とを、高レベルで両立させることができる。

【 0 0 8 9 】

10

20

30

40

50

すなわち、ウォームホイール歯 1 4 とウォーム歯との噛合部からギヤ部 5 に軸方向の力が加わった場合でも、ハブ側凹部 9 c とギヤ側凸部 1 6 a との軸方向の係合、特にハブ側凹部 9 c の側面 1 1 b 1 (又は 1 1 b 2) のうちの平坦面部 3 0 a (又は 3 0 b) と、ギヤ側凸部 1 6 a の側面 3 2 a (又は 3 2 b) のうちの平坦面部 3 3 a (又は 3 3 b) との当接部により、ハブ 4 c に対するギヤ部 5 の軸方向の相対変位を防止することができる。これにより、ハブ 4 c に対するギヤ部 5 の保持力を向上させることができる。

【0090】

又、ハブ側凹部 9 c の軸方向両側の側面 1 1 b 1、1 1 b 2 のそれぞれのうちの径方向外側に、直線状の母線形状を有する円すい台面により構成された傾斜面部 3 1 a、3 1 b を配置している。したがって、ハブ 4 を金型装置 1 9 (図 9 参照) の内側にセットし、キャビティ 2 2 内に溶融した合成樹脂を充填する際に、ハブ側凹部 9 c に沿った合成樹脂の流れを円滑にすることができる。このため、ウェルドラインや気泡の発生を抑えることができ、ウォームホイール 1 c の強度を良好に確保しやすい。その他の部分の構成及び作用効果は、実施の形態の第 1 例と同様である。

【0091】

[実施の形態の第 5 例]

本発明の実施の形態の第 5 例について、図 1 8 及び図 1 9 を用いて説明する。本例のウォームホイール 1 d は、ハブ 4 d の外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向片側に位置する部分の外径と、外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向他側に位置する部分の外径とが互いに異なる。具体的には、外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向片側に備えられた第 1 円筒面部 3 5 の外径 D_{35} が、外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向他側に備えられた第 2 円筒面部 3 6 の外径 D_{36} よりも小さい ($D_{35} < D_{36}$)。

【0092】

ハブ側凹部 9 d の内面を構成する軸方向両側の側面 1 1 c 1、1 1 c 2 は、径方向外側に向かうほど軸方向に関して互いに離れる方向に傾斜した直線状の母線形状を有する円すい台面により構成されている。本例では、底面 1 0 に対する軸方向片側の側面 1 1 c 1 の傾斜角度と、底面 1 0 に対する軸方向他側の側面 1 1 c 2 の傾斜角度とは、互いに等しい。一方、軸方向片側の側面 1 1 c 1 の径方向高さを、軸方向他側の側面 1 1 c 2 の径方向高さよりも低くしている。これにより、軸方向片側の第 1 円筒面部 3 5 の外径 D_{35} を、軸方向他側の第 2 円筒面部 3 6 の外径 D_{36} よりも小さくしている。

【0093】

本例でも、ギヤ部 5 は、外周面のうち、ハブ側凹部 9 d の径方向外側に位置する部分を含む軸方向中間部に、軸方向両側に隣接する部分よりも凹んだギヤ側凹部 1 5 を全周にわたって有する。

【0094】

本例によれば、ギヤ側凹部 1 5 の断面形状を、所望の形状に規制しやすい。

【0095】

すなわち、実施の形態の第 2 例で説明したように、キャビティ 2 2 内に充填された合成樹脂のうち、外径側筒部 7 d の径方向外側部分に充填された合成樹脂は、ディスクゲート 2 9 から遠い軸方向片側部分とディスクゲート 2 9 に近い軸方向他側部分とで、ヒケの発生度合いが変化する。本例では、外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向片側に備えられた第 1 円筒面部 3 5 の外径 D_{35} が、外径側筒部 7 d の外周面のうち、ハブ側凹部 9 d よりも軸方向他側に備えられた第 2 円筒面部 3 6 の外径 D_{36} よりも小さくすることで、ヒケの発生度合いを調整している。これにより、成形収縮に基づいて、所望の断面形状を有するギヤ側凹部 1 5 を形成できるようにしている。その他の部分の構成及び作用効果は、実施の形態の第 1 例及び第 2 例と同様である。

【0096】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこれに限定されることなく、発明の技術思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。又、実施の形態の第 1 例～第 5

10

20

30

40

50

例は、矛盾を生じない範囲で、適宜組み合わせて実施することができる。すなわち、ハブ側凹部の断面形状は、ギヤ部の成形時に、所望の断面形状を有するギヤ側凹部を得られ、かつ、必要に応じて、ハブに対するギヤ部の保持力の向上及び／又はギヤ部の強度を確保することができるように、適宜変更することができる。

【 0 0 9 7 】

又、本発明のウォームホイールは、電動パワーステアリング装置を構成するウォーム減速機に限らず、各種機械の減速機を構成するウォーム減速機に組み込んで使用することができる。

【符号の説明】

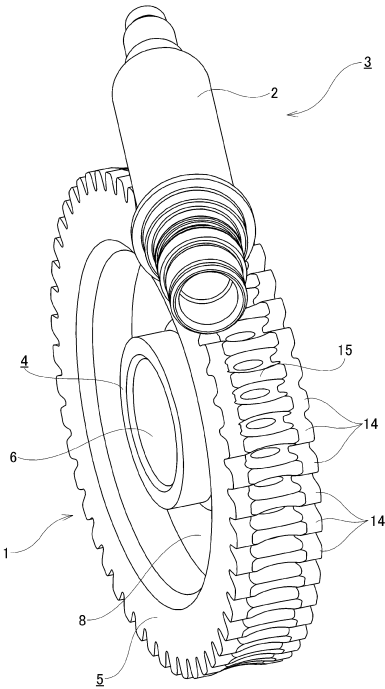
【 0 0 9 8 】

- | | | |
|--|------------|----|
| 1、 1 a、 1 b、 1 c、 1 d | ウォームホイール | |
| 2 | ウォーム | |
| 3 | ウォーム減速機 | |
| 4、 4 a、 4 b、 4 c、 4 d | ハブ | |
| 5 | ギヤ部 | |
| 5 a | 外径側覆い部 | |
| 5 b | 第 1 内径側覆い部 | |
| 5 c | 第 2 内径側覆い部 | |
| 6 | 内径側筒部 | |
| 7、 7 a、 7 b、 7 c、 7 d | 外径側筒部 | 20 |
| 8 | 接続部 | |
| 9、 9 a、 9 b、 9 c、 9 d | ハブ側凹部 | |
| 10、 10 a | 底面 | |
| 11、 11 a 1、 11 a 2、 11 b 1、 11 b 2、 11 c 1、 11 c 2 | 側面 | |
| 12 | 凹溝 | |
| 13 | ハブ側凹凸部 | |
| 14 | ウォームホイール歯 | |
| 15 | ギヤ側凹部 | |
| 15 a | 歯面凹部 | |
| 15 b | 歯先面凹部 | 30 |
| 15 c | 歯底面凹部 | |
| 16、 16 a | ギヤ側凸部 | |
| 17 | 突条 | |
| 18 | ギヤ側凹凸部 | |
| 19 | 金型装置 | |
| 20 | 固定金型 | |
| 21 | 可動金型 | |
| 22 | キャピティ | |
| 23 | ランナー | |
| 24 a | 第 1 金型部品 | 40 |
| 24 b | 第 2 金型部品 | |
| 24 c | 第 3 金型部品 | |
| 25 | 大径部 | |
| 26 | 小径部 | |
| 27 | 凸部 | |
| 28 | 歯成形用凹凸部 | |
| 29 | ディスクゲート | |
| 30 a、 30 b | 平坦面部 | |
| 31 a、 31 b | 傾斜面部 | |
| 32 a、 32 b | 側面 | 50 |

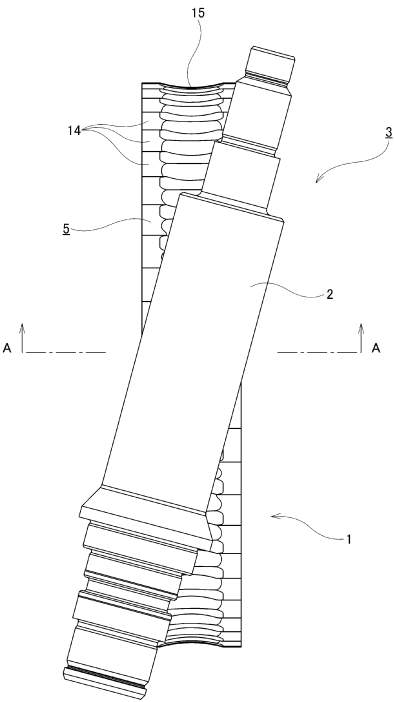
- 3 3 a、3 3 b 平坦面部
- 3 4 a、3 4 b 傾斜面部
- 3 5 第1円筒面部
- 3 6 第2円筒面部
- 3 7 段部
- 1 0 0 ウォームホイール
- 1 0 1 ハブ
- 1 0 2 ギヤ部
- 1 0 3 内径側筒部
- 1 0 4 外径側筒部
- 1 0 5 接続部
- 1 0 6 ウォームホイール歯

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

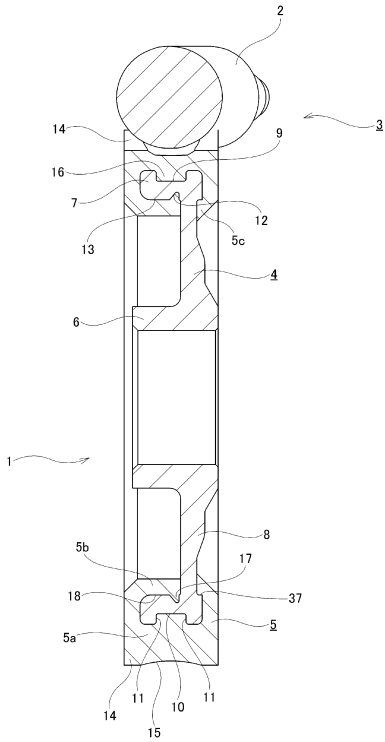
20

30

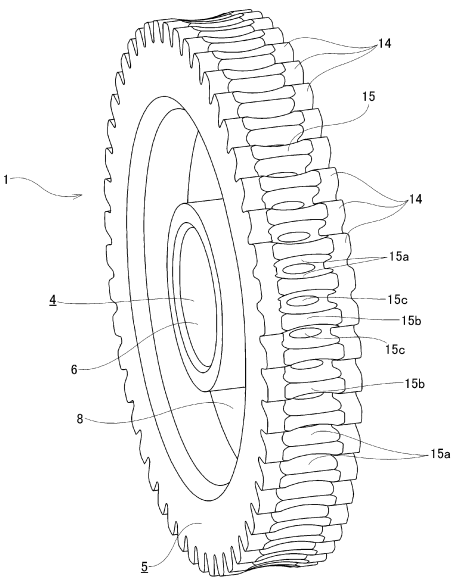
40

50

【図 3】



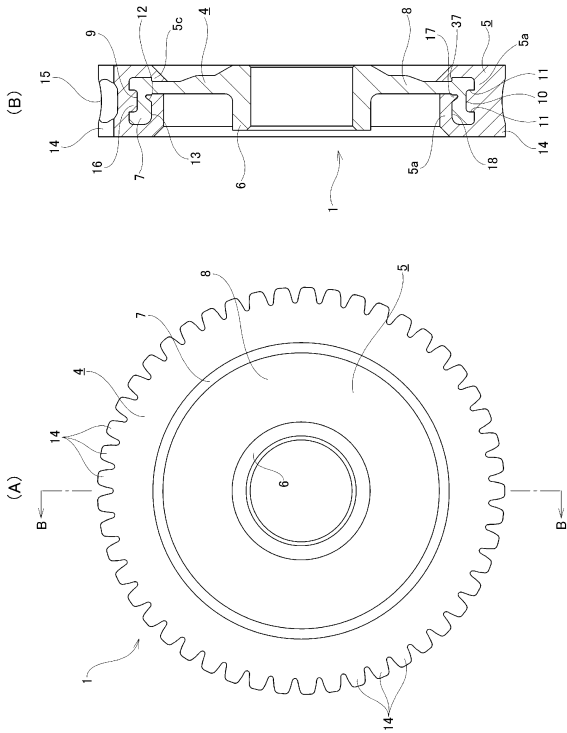
【図 4】



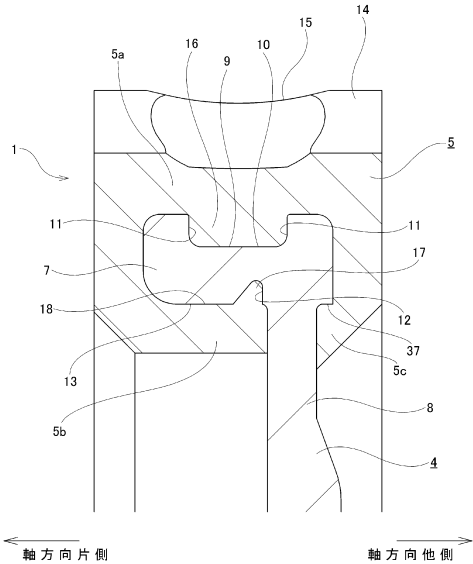
10

20

【図 5】



【図 6】

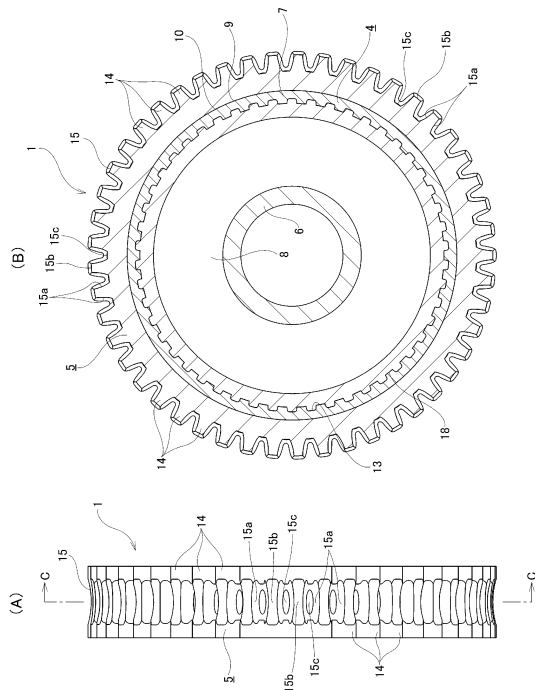


30

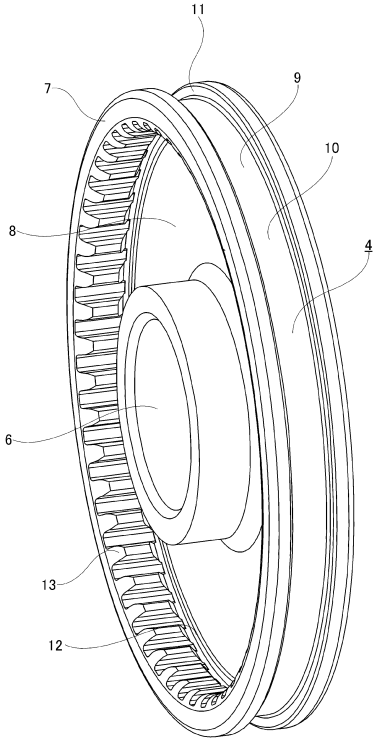
40

50

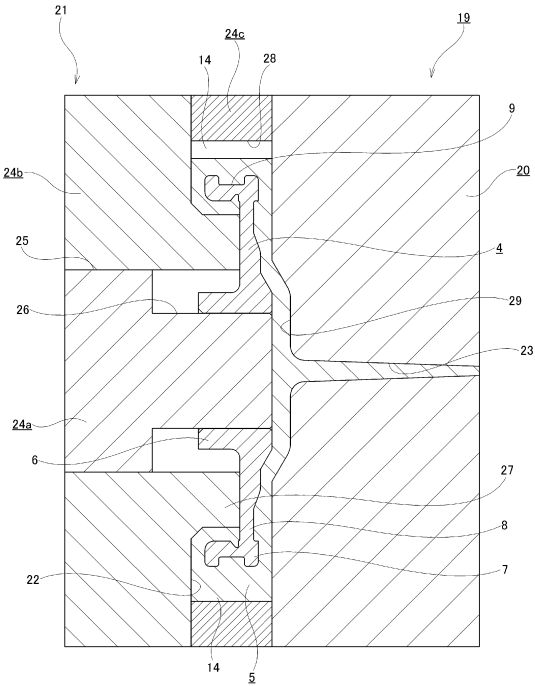
【図 7】



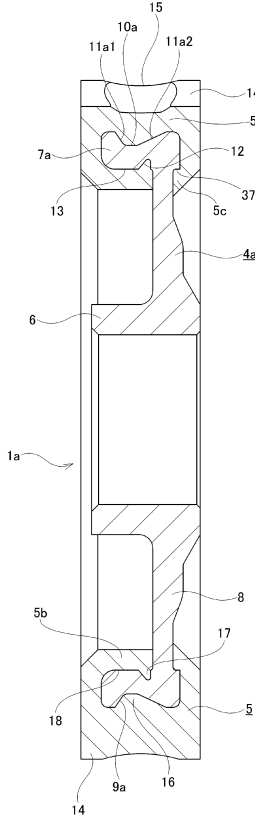
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

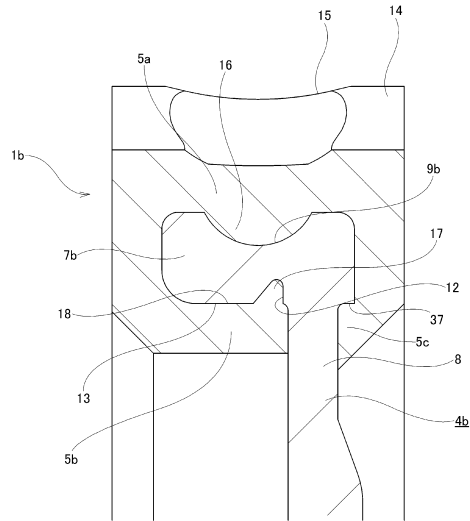
20

30

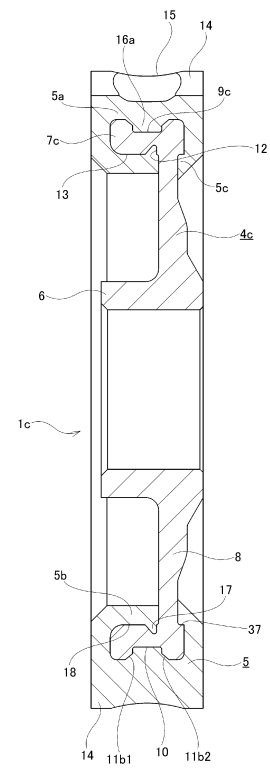
40

50

【 図 1 5 】



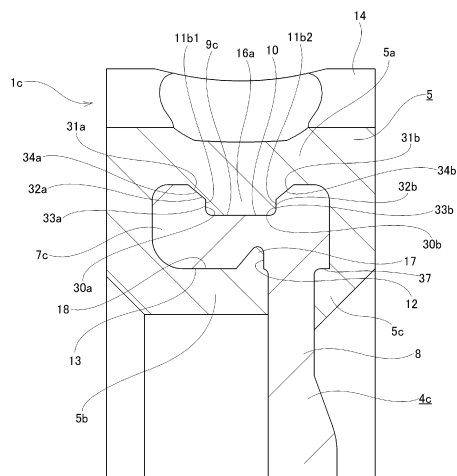
【圖 16】



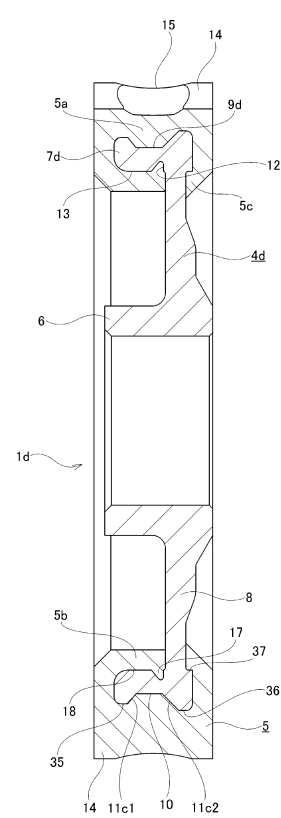
10

20

【 図 1 7 】



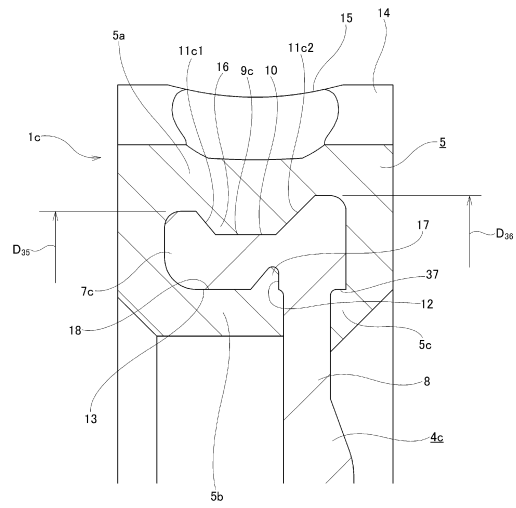
【 図 1 8 】



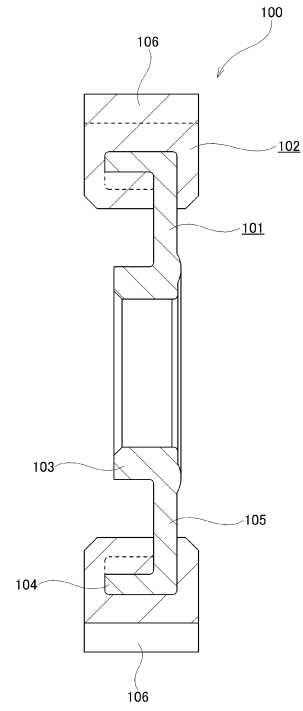
30

40

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 3 8 1 5 8 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 3 7 0 6 7 (J P , A)
仏国特許発明第 1 0 7 5 0 6 1 (F R , A)
特開 2 0 0 8 - 2 4 9 0 7 1 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 1 3 9 0 4 1 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 4 1 5 9 5 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 6 1 8 9 3 (J P , A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
F 1 6 H 5 5 / 0 6
F 1 6 H 5 5 / 2 2
B 2 9 C 4 5 / 1 4
B 2 9 C 4 5 / 2 6
B 2 9 D 1 5 / 0 0