



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F16H 1/32 (2006.01); F16H 55/16 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016148938, 03.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.07.2015

Дата регистрации:
28.06.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
23.07.2014 JP 2014-149370

(45) Опубликовано: 28.06.2018 Бюл. № 19

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 27.02.2017

(86) Заявка РСТ:
JP 2015/069242 (03.07.2015)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/013378 (28.01.2016)

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ВОХ-1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

ХАНДА Дзюн (JP),
КИЁСАВА Йосихиде (JP),
ТАКИЗАВА Нобору (JP),
ЧЖАН Синь Юэ (JP)

(73) Патентообладатель(и):

ХАРМОНИК ДРАЙВ СИСТЕМС ИНК.
(JP)

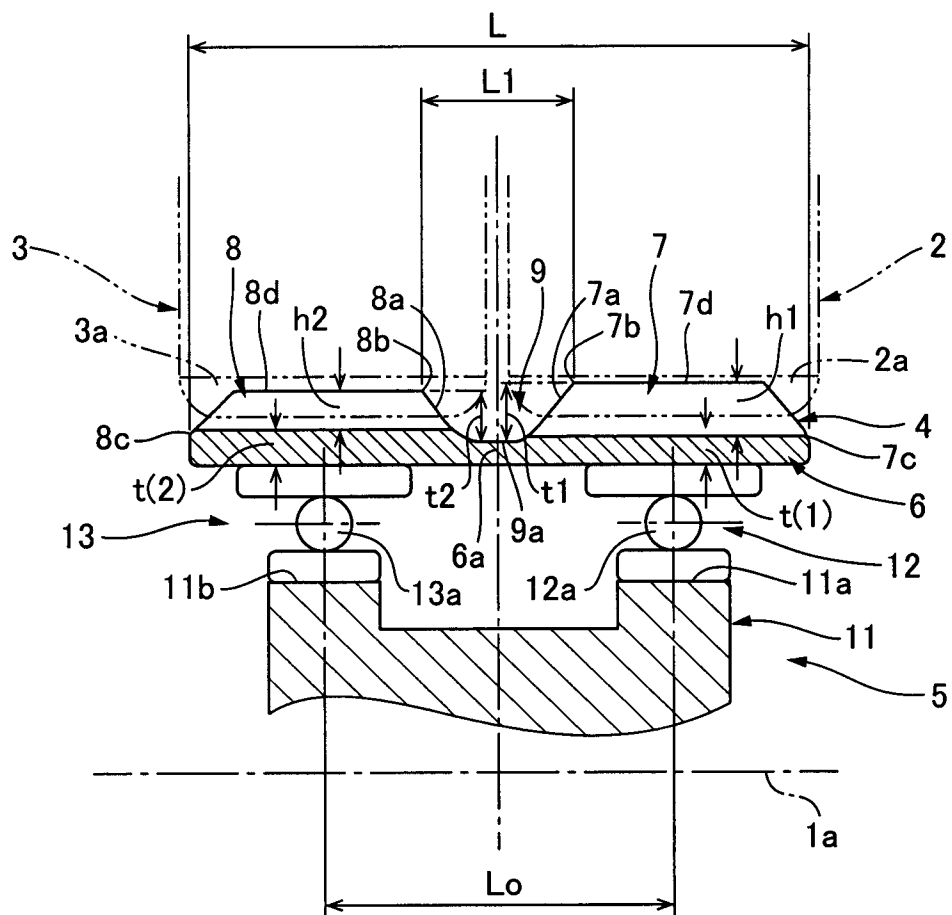
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: JP 2275147 A, 09.11.1990. JP
2011112214 A, 09.06.2011. SU 1137269 A1,
30.01.1985. SU 238976 A1, 10.03.1969. US
8656800 B1, 25.02.2014. SU 1173096 A1,
15.08.1985.

(54) СДВОЕННАЯ ВОЛНОВАЯ ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

(57) Реферат:

Изобретение относится к волновым зубчатым передачам. Волновая зубчатая передача (1) содержит два жестких зубчатых колеса внутреннего зацепления (2,3), гибкое зубчатое колесо внешнего зацепления (4) и генератор волн (5). Колесо (4) оснащено первыми и вторыми наружными зубьями (7, 8), имеющими разное число зубьев, и зазором (9). Максимальная ширина L1 зазора (9) составляет от 0,1 до 0,3

ширины L колеса (4). Глубина от вершины зуба первых наружных зубьев (7) до самого глубокого участка (9a) зазора (9) составляет от 0,9 до 1,3 высоты первых наружных зубьев. Глубина от вершины зуба вторых наружных зубьев (8) до самого глубокого участка (9a) зазора (9) составляет от 0,9 до 1,3 высоты вторых наружных зубьев. Достигается увеличение нагрузочной способности. 9 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

F16H 1/32 (2006.01); *F16H 55/16* (2006.01)(21)(22) Application: **2016148938, 03.07.2015**(24) Effective date for property rights:
03.07.2015Registration date:
28.06.2018

Priority:

(30) Convention priority:
23.07.2014 JP 2014-149370(45) Date of publication: **28.06.2018** Bull. № 19(85) Commencement of national phase: **27.02.2017**(86) PCT application:
JP 2015/069242 (03.07.2015)(87) PCT publication:
WO 2016/013378 (28.01.2016)Mail address:
**190000, Sankt-Peterburg, BOX-1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**KHANDA Dzyun (JP),
KIESAVA Josikhide (JP),
TAKIZAVA Noboru (JP),
CHZHAN Sin Yue (JP)**

(73) Proprietor(s):

KHARMONIK DRAJV SISTEMS INK. (JP)(54) **DUAL HARMONIC GEAR DRIVE**

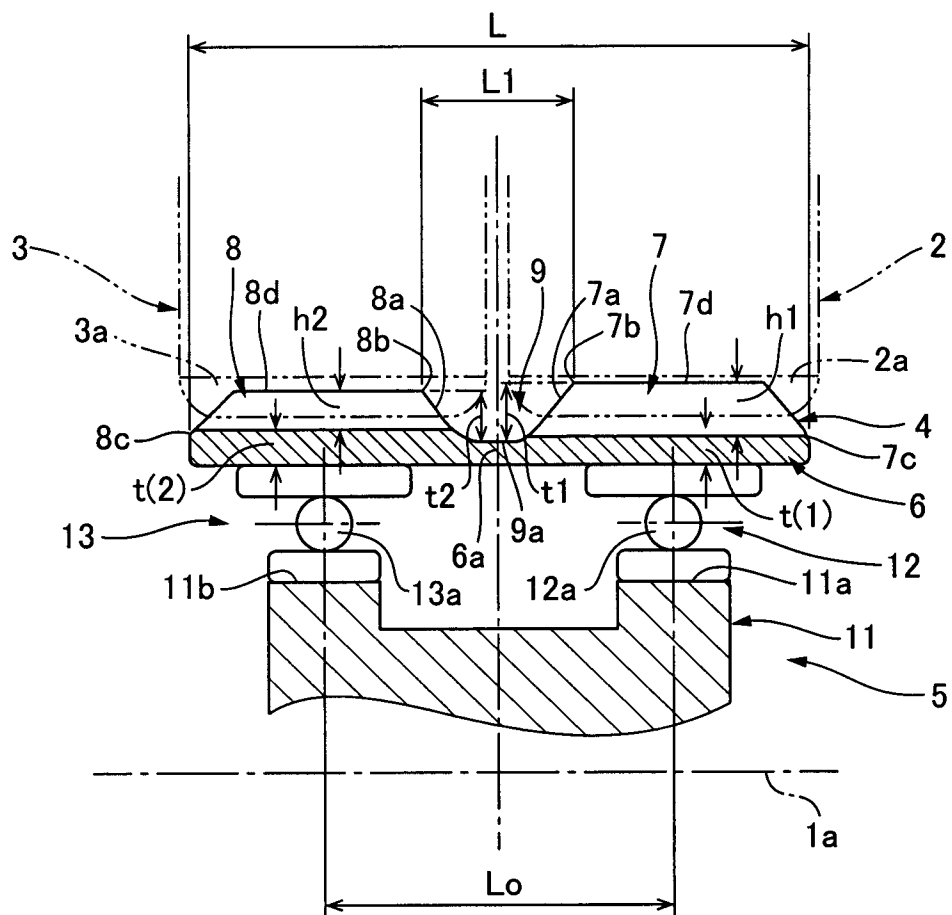
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to harmonic gear drives. Harmonic gear drive (1) contains two rigid internal engagement gears (2, 3), a flexible external engagement gear (4) and waves generator (5). Gear (4) is equipped with first and second outer teeth (7, 8) having different number of teeth, and gap (9). Gap (9) maximum width L1 is from 0.1 to 0.3 times of the wheel

(4) width L. Depth from the first outer teeth (7) tooth top to the gap (9) deepest portion (9a) is from 0.9 to 1.3 times of the first outer teeth height. Depth from the second outer teeth (8) tooth top to the gap (9) deepest portion (9a) is from 0.9 to 1.3 times of the second outer teeth height.

EFFECT: enabling increase in the loading capacity.
10 cl, 3 dwg



ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к волновой зубчатой передаче, включающей пару зубчатых колес внутреннего зацепления, цилиндрическое зубчатое колесо внешнего зацепления, выполненное с возможностью изгиба в радиальном направлении, и генератор волн.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0002] Волновые зубчатые передачи, включающие цилиндрические зубчатые колеса внешнего зацепления, обычно оснащены зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности вращения, генератором волн, представляющим собой элемент ввода вращения, зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и представляющим собой элемент вывода замедленного вращения, и цилиндрическим зубчатым колесом внешнего зацепления, выполненным с возможностью изгиба в радиальном направлении и возможностью зацепления с зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны, и зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны. В известных волновых зубчатых передачах зубчатое колесо внешнего зацепления подвергают изгибу с получением эллипсоидной формы, причем зубчатое колесо внешнего зацепления, изогнутое с получением эллипсоидной формы, входит в зацепление с зубчатыми колесами внутреннего зацепления, расположенными с неподвижной стороны и с приводной стороны, в обоих конечных положениях на большой оси эллипса.

[0003] в патентном документе 1 раскрыты известные волновые зубчатые передачи, в которых число зубьев зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с неподвижной стороны, на два больше, чем число зубьев зубчатого колеса внешнего зацепления, а число зубьев зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с приводной стороны, равно числу зубьев зубчатого колеса внешнего зацепления. Наружные зубья зубчатого колеса внешнего зацепления разделены пополам в его центральной части по направлению линии зуба, причем один из участков наружных зубьев выполнен с возможностью зацепления с зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны, а другой участок наружных зубьев выполнен с возможностью зацепления с зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны. При вращении генератора волн зубчатое колесо внешнего зацепления вращается медленнее в соответствии с передаточным отношением, соответствующим разнице в числе зубьев относительно зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с неподвижной стороны. Замедленное вращение зубчатого колеса внешнего зацепления выводят с зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с приводной стороны, которое вращается совместно с зубчатым колесом внешнего зацепления.

[0004] Волновая зубчатая передача характеризуется тем, что может обеспечивать большое передаточное отношение и высокое быстродействие без мертвого хода. Однако в некоторых случаях требуется, чтобы волновые зубчатые передачи имели малое передаточное отношение. В волновых зубчатых передачах при малом передаточном отношении увеличивается величина радиального изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления. Принимая во внимание механические характеристики, механическую прочность и прочие факторы, такие как зацепление гибкого зубчатого колеса внешнего зацепления с зубчатым колесом внутреннего зацепления во время изгиба, известные волновые зубчатые передачи имеют передаточное отношение 50 или более, и довольно сложно обеспечить для волновых зубчатых передач малое передаточное отношение в

диапазоне от 20 до 50.

[0005] В патентном документе 2 раскрыта волновая зубчатая передача, в которой число зубьев зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с неподвижной стороны, на два больше, чем число зубьев зубчатого колеса внешнего зацепления, а
 5 число зубьев зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с приводной стороны, на два меньше, чем число зубьев зубчатого колеса внешнего зацепления. В указанной волновой зубчатой передаче, при вращении генератора волн зубчатое колесо внешнего зацепления вращается медленнее в соответствии с передаточным отношением, соответствующим разнице в числе зубьев относительно зубчатого колеса внутреннего
 10 зацепления, расположенного с неподвижной стороны. Скорость вращения зубчатого колеса внешнего зацепления увеличивается в соответствии с передаточным отношением, соответствующим разнице в числе зубьев между зубчатым колесом внешнего зацепления и зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны, и вращение выводят с зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с
 15 приводной стороны. Вращение, выводимое с зубчатого колеса внутреннего зацепления, расположенного с приводной стороны, оказывается замедленным при передаточном отношении менее 50 относительно вращения, вводимого на генератор волн.

[0006] В патентных документах 2 и 3 раскрыты волновые зубчатые передачи, имеющие генераторы волн, содержащие два ряда шарикоподшипников. Указанный тип генератора
 20 волн выполнен из жесткого кулачка, имеющего наружную периферическую поверхность с эллипсоидным контуром, и двух рядов шарикоподшипников, установленных на наружной периферической поверхности. Гибкое зубчатое колесо внешнего зацепления сжимается в радиальном направлении наружу двумя конечными участками большой оси наружных периферических поверхностей изогнутых с получением эллипсоидной
 25 формы наружных колец шарикоподшипников и поддерживается зацепление между гибким зубчатым колесом внешнего зацепления и первым и вторым жесткими зубчатыми колесами внутреннего зацепления.

Документы известного уровня техники

Патентные документы

30 [0007]

Патентный документ 1: JP-A 2011-112214

Патентный документ 2: JP-A 02-275147

Патентный документ 3: JP-U 01-91151

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

35 **ПРОБЛЕМЫ, РЕШАЕМЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЕМ**

[0008] Установлено, что в используемом в настоящей заявке зубчатом колесе внешнего зацепления первые зубья, выполненные с возможностью зацепления с одним первым зубчатым колесом внутреннего зацепления, и вторые зубья, выполненные с
 40 возможностью зацепления с другим вторым зубчатым колесом внутреннего зацепления, выполнены на наружной периферической поверхности гибкого в радиальном направлении цилиндрического тела, причем число вторых зубьев отличается от числа первых зубьев. Применение такой конфигурации делает возможным реализацию волновой зубчатой передачи с передаточным отношением менее 50 аналогично волновой
 45 зубчатой передаче, описанной в патентном документе 2. Кроме того, данная конфигурация позволяет спроектировать волновую зубчатую передачу, имеющую передаточное отношение менее 50, с большей степенью свободы, чем в волновой зубчатой передаче, описанной в патентном документе 2.

[0009] В настоящем описании изобретения волновая зубчатая передача, содержащая

зубчатое колесо внешнего зацепления, в котором первые и вторые наружные зубья, отличающиеся числом, выполнены на наружной периферической поверхности гибкого цилиндрического тела, называется «сдвоенной волновой зубчатой передачей». Сдвоенная волновая зубчатая передача имеет ряд проблем, описанных далее в настоящей заявке.

5 [0010] Во-первых, в сдвоенной волновой зубчатой передаче первые наружные зубья и вторые наружные зубья зубчатого колеса внешнего зацепления выполнены на наружной периферической поверхности общего цилиндрического тела, а расположенные у корня зуба участки ободьев первых и вторых наружных зубьев соединены друг с другом. Первые и вторые наружные зубья, отличающиеся числом, входят в зацепление
10 с разными зубчатыми колесами внутреннего зацепления соответственно, так что сила, прикладываемая к первым наружным зубьям, вызванная зацеплением с внутренними зубьями одного зубчатого колеса внутреннего зацепления значительно отличается от силы, прикладываемой ко вторым наружным зубьям, вызванной зацеплением с внутренними зубьями другого зубчатого колеса внутреннего зацепления. В частности,
15 так как первые наружные зубья и вторые наружные зубья отличаются числом, то профили зубьев этих двух групп наружных зубьев также отличаются друг от друга, в отличие от случая, в котором наружные зубья разделены на две части вдоль направления линии зуба.

[0011] Соответственно, возникает высокая концентрация напряжений и большой
20 крутящий момент на участках между первыми и вторыми наружными зубьями, выполненными на наружной периферической поверхности гибкого цилиндрического тела, выполненного из тонкостенного упругого тела. В результате, в первой и второй группе наружных зубьев положения контакта зубьев относительно внутренних зубьев в каждой точке вдоль направления линии зуба изменяются, и распределение нагрузки
25 по пятну контакта вдоль направления линии зуба колеблется в значительной степени.

[0012] При изменении положений контакта зубьев и значительном колебании распределений нагрузки по пятну контакта усталостная прочность корня зуба и передаваемый крутящий момент нагрузки зубчатого колеса внешнего зацепления, не
30 могут быть увеличены. Для увеличения усталостной прочности корня зуба и передаваемого крутящего момента нагрузки зубчатого колеса внешнего зацепления, необходимо обеспечить равномерное распределение нагрузки по пятну контакта с тем, чтобы уменьшить максимальную нагрузку на пятно контакта зубьев, и чтобы контакт зубьев в каждой точке вдоль направления линии зуба сохранялся надлежащим образом.

[0013] Кроме того, на положения зацеплений первых и вторых наружных зубьев с
35 соответствующими внутренними зубьями, особенно на положения зацеплений вдоль направления линии зуба, оказывает воздействие опорная жесткость генератора волн. Когда положения зацеплений вдоль направления линии зуба являются неподходящими, передаваемый крутящий момент нагрузки уменьшается.

[0014] Следовательно, для увеличения усталостной прочности корня зуба и
40 передаваемого крутящего момента нагрузки зубчатого колеса внешнего зацепления необходимо обеспечить равномерное распределение нагрузки по пятну контакта с тем, чтобы уменьшить максимальную нагрузку на пятно контакта зубьев, и чтобы контакт зубьев в каждой точке вдоль направления линии зуба сохранялся надлежащим образом. Кроме того, для поддержания соответствующего положения зацепления в каждой точке
45 вдоль направления линии зуба опорная жесткость генератора волн должна быть увеличена.

[0015] К тому же, если зубчатое колесо внешнего зацепления соответствующим образом не поддерживается генератором волн, распределение нагрузки на шарики

подшипника, возникающей в двух рядах шарикоподшипников генератора волн, становится неравномерным, в результате чего срок службы подшипников сокращается. Таким образом, в целях обеспечения равномерного распределения нагрузки на шарики подшипников и увеличения долговечности подшипников необходимо соответствующим образом поддерживать участки зацепления между первыми наружными зубьями и внутренними зубьями одного зубчатого колеса внутреннего зацепления и участки зацепления между вторыми наружными зубьями и внутренними зубьями другого зубчатого колеса внутреннего зацепления.

[0016] Ввиду вышеизложенного, задачей настоящего изобретения является создание сдвоенной волновой зубчатой передачи, которая может легко обеспечить малое передаточное отношение, имеет повышенную усталостную прочность корня зуба гибкого зубчатого колеса внешнего зацепления и обладает большой нагрузочной способностью.

[0017] Кроме того, еще одной задачей настоящего изобретения является создание сдвоенной волновой зубчатой передачи с большой нагрузочной способностью, оснащенной генератором волн, обладающим высокой долговечностью и поддерживающим с высокой степенью жесткости зубчатое колесо внешнего зацепления.

СРЕДСТВА РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

[0018] Для решения вышеописанных проблем предлагается сдвоенная волновая зубчатая передача, отличающаяся тем, что содержит:

- первое жесткое зубчатое колесо внутреннего зацепления, в котором выполнены первые внутренние зубья;

- второе жесткое зубчатое колесо внутреннего зацепления, в котором выполнены вторые внутренние зубья,

причем второе зубчатое колесо внутреннего зацепления расположено с обеспечением соосного выравнивания с первым зубчатым колесом внутреннего зацепления и параллельно ему;

- гибкое зубчатое колесо внешнего зацепления, в котором первые наружные зубья, выполненные с возможностью зацепления с первыми внутренними зубьями, и вторые наружные зубья, выполненные с возможностью зацепления со вторыми внутренними зубьями, выполнены на наружной периферической поверхности гибкого в радиальном направлении цилиндрического тела,

причем число первых зубьев отличается от числа вторых зубьев, при этом зубчатое колесо внешнего зацепления расположено соосно внутри первого и второго зубчатых колес внутреннего зацепления; и

- генератор волн для изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления с получением эллипсоидной формы для обеспечения частичного зацепления первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями и вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями;

причем между внутренней торцевой поверхностью первых наружных зубьев по направлению линии зуба и внутренней торцевой поверхностью вторых наружных зубьев по направлению линии зуба образован зазор, имеющий установленную ширину вдоль направления линии зуба, а также самый глубокий участок по высоте зуба в центральной части по направлению линии зуба;

зазор служит в качестве просвета между инструментом и заготовкой для зуборезных фрез, используемых для нарезания первых и вторых наружных зубьев; причем

удовлетворяется соотношение

$$0,1L < L_1 < 0,3L,$$

где

L - ширина от наружного торца первых наружных зубьев по направлению линии зуба до наружного торца вторых наружных зубьев по направлению линии зуба, а

L1 - максимальная ширина зазора по направлению линии зуба; и

удовлетворяются соотношения

$$0,9h_1 < t_1 < 1,3h_1 \text{ и}$$

$$0,9h_2 < t_2 < 1,3h_2,$$

где

h1 - высота зуба первых наружных зубьев,

h2 - высота зуба вторых наружных зубьев,

t1 - глубина по направлению высоты зуба от вершины зуба первых наружных зубьев до самого глубокого участка, и

t2 - глубина по направлению высоты зуба от вершины зуба вторых наружных зубьев до самого глубокого участка.

[0019] Несмотря на то, что в сдвоенной волновой зубчатой передаче первые наружные зубья, входящие в зацепление с первыми внутренними зубьями, и вторые наружные зубья, входящие в зацепление со вторыми внутренними зубьями, соединены друг с другом на участках ободьев, расположенных у корня зуба, числа зубьев и модули отличаются друг от друга и, следовательно, профили зубьев тоже отличаются друг от друга.

[0020] Передаточное отношение R1 между первым зубчатым колесом внутреннего зацепления и зубчатым колесом внешнего зацепления с первыми наружными зубьями, передаточное отношение R2 между вторым зубчатым колесом внутреннего зацепления и зубчатым колесом внешнего зацепления со вторыми наружными зубьями и передаточное отношение R волновой зубчатой передачи соответственно заданы следующими уравнениями:

$$R_1 = 1 / \{ (Z_{f1} - Z_{c1}) / Z_{f1} \},$$

$$R_2 = 1 / \{ (Z_{f2} - Z_{c2}) / Z_{f2} \}, \text{ и}$$

$$R = (R_1 \times R_2 - R_1) / (-R_1 + R_2),$$

где

Zc1 - число первых внутренних зубьев,

Zc2 - число вторых внутренних зубьев,

Zf1 - число первых наружных зубьев,

Zf2 - число вторых наружных зубьев.

[0021] В заявленном изобретении в соответствии с предложенной волновой зубчатой передачей возможно получить передаточное отношение меньше 50, например, передаточное отношение значительно ниже 30. Кроме того, в отличие от известного уровня техники, первые наружные зубья и вторые наружные зубья, отличающиеся числом и модулем, выполнены как наружные зубья зубчатого колеса внешнего зацепления. Таким образом, в конструкции имеется большая степень свободы для установки передаточного отношения, и волновая зубчатая передача, имеющая малое передаточное отношение, может быть реализована легче, чем в известном уровне техники.

[0022] Более того, в сдвоенной волновой зубчатой передаче в соответствии с настоящим изобретением для зубчатого колеса внешнего зацепления используют разные зуборезные фрезы для нарезания первых и вторых наружных зубьев. По этой причине зазор, служащий в качестве просвета между инструментом и заготовкой, образован в центральной части по направлению линии зуба зубчатого колеса внешнего зацепления,

а именно, между первыми и вторыми наружными зубьями.

[0023] То, каким образом образован зазор, оказывает заметное воздействие на контакт первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями вдоль направления линии зуба, равно как и на распределение нагрузки по пятну контакта. Аналогично, то, каким образом образован зазор, оказывает заметное воздействие на контакт вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями вдоль направления линии зуба, равно как и на распределение нагрузки по пятну контакта.

[0024] В соответствии с настоящим изобретением, ввиду вышеизложенного, максимальная ширина $L1$ зазора установлена в пределах диапазона от 0,1 до 0,3 ширины L зубчатого колеса внешнего зацепления, а максимальные значения глубины $t1$ и $t2$ установлены в пределах диапазона от 0,9 до 1,3 высоты $h1$, $h2$ зуба первых и вторых наружных зубьев. Было подтверждено, что образование зазора таким способом позволяет поддерживать равномерность распределения нагрузки по пятну контакта вдоль направления линии зуба первых и вторых наружных зубьев, а также поддерживать удовлетворительное состояние контакта первых и вторых наружных зубьев с первыми и вторыми внутренними зубьями в каждом положении направления линии зуба.

[0025] В соответствии с настоящим изобретением возможно реализовать волновую зубчатую передачу с передаточным отношением менее 30, а также с высокой усталостной прочностью корня зуба и большой нагрузочной способностью.

[0026] Генератор волн сдвоенной волновой зубчатой передачи в соответствии с настоящим изобретением содержит:

первый волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки первых наружных зубьев, и второй волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки вторых наружных зубьев; и

центры шариков первого волнового подшипника и второго волнового подшипника равноудалены вдоль направления линии зуба от центра зазора по направлению линии зуба;

причем межцентровое расстояние L_0 представляет собой расстояние между центрами шариков первого и второго волновых подшипников,

при этом межцентровое расстояние установлено таким образом, что оно увеличивается соответственно при увеличении максимальной ширины $L1$ зазора и удовлетворяет соотношению

$$0,35L < L_0 < 0,7L.$$

[0027] В известном уровне техники применяют генератор волн, содержащий два ряда шарикоподшипников, для увеличения площади, на которую опирается зубчатое колесо внешнего зацепления. Два ряда шарикоподшипников были расположены со смещением к центральной части по направлению ширины зуба зубчатого колеса внешнего зацепления, не учитывая межцентровое расстояние.

[0028] В настоящем изобретении межцентровое расстояние L_0 между двумя рядами волновых подшипников увеличено с тем, чтобы можно было повысить жесткость опоры первых и вторых наружных зубьев, отличающихся друг от друга числом, и улучшить контакт каждого из наружных зубьев с внутренними зубьями в каждом положении по направлению линии зуба. В частности, принята конфигурация, в которой межцентровое расстояние L_0 удлиняется (увеличивается) в соответствии с увеличением в направлении линии зуба максимальной длины $L1$ зазора, образованного между первыми и вторыми наружными зубьями и служащего в качестве просвета между инструментом и заготовкой. Величина увеличения межцентрового расстояния L_0 установлена в диапазоне 0,35-0,7 ширины L зубчатого колеса внешнего зацепления.

[0029] В соответствии с настоящим изобретением возможно разместить первый и второй волновые подшипники таким образом, чтобы центры шариков подшипников имели подходящее расположение по направлению линии зуба относительно первых и вторых наружных зубьев в соответствии с шириной образованного зазора. Это позволяет обеспечить надежную поддержку первых и вторых наружных зубьев с использованием первых и вторых волновых подшипников в каждом положении по направлению линии зуба первых и вторых наружных зубьев (т.е. увеличить опорную жесткость генератора волн).

[0030] В результате, можно улучшить пятно контакта первых и вторых наружных зубьев в каждом положении по направлению линии зуба и повысить их усталостную прочность корня зуба. Кроме того, можно усреднить распределение нагрузки на шарики каждого волнового подшипника генератора волн и снизить максимальную нагрузку и, тем самым, увеличить срок службы генератора волн.

[0031] В предложенной сдвоенной волновой зубчатой передаче обычно число Z_{f1} первых наружных зубьев отличается от числа Z_{c1} первых внутренних зубьев, и число Z_{f2} вторых наружных зубьев отличается от числа Z_{c2} вторых внутренних зубьев. Например, число Z_{f1} первых наружных зубьев меньше числа Z_{c1} первых внутренних зубьев, а число Z_{c1} первых внутренних зубьев и число Z_{c2} вторых внутренних зубьев равны между собой.

[0032] Кроме того, генератор волн является элементом ввода вращения; и любое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности вращения, а другое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и представляющим собой элемент вывода замедленного вращения.

[0033] Кроме того, первые и вторые наружные зубья зубчатого колеса внешнего зацепления изогнуты с получением эллипсоидной формы, трехлепестковой формы или другой некруглой формы генератором волн. Это заставляет зубчатое колесо внешнего зацепления входить в зацепление с жестким зубчатым колесом внутреннего зацепления во множестве положений, удаленных друг от друга вдоль окружного направления. Как правило, зубчатое колесо внешнего зацепления изгибают с получением эллипсоидной формы и вводят в зацепление с зубчатым колесом внутреннего зацепления в двух положениях, удаленных друг от друга на 180 градусов вдоль окружного направления (т.е. в обоих конечных положениях на большой оси эллипса). В данном случае, разница между числом Z_{f1} первых наружных зубьев и числом Z_{f2} вторых наружных зубьев равна $2n$, где n - это положительное целое число.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0034] На фиг. 1 изображен вид с торца и продольный разрез сдвоенной волновой зубчатой передачи в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2 изображен схематический чертеж сдвоенной волновой зубчатой передачи, показанной на фиг. 1;

на фиг. 3 изображен частичный увеличенный разрез сдвоенной волновой зубчатой передачи, показанной на фиг. 1.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0035] Далее приведено описание варианта осуществления сдвоенной волновой зубчатой передачи в соответствии с настоящим изобретением со ссылкой на

сопроводительные чертежи.

[0036] На фиг. 1 изображен вид с торца и продольный разрез, демонстрирующие двоякую волновую зубчатую передачу (далее называемую просто «волновая зубчатая передача») в соответствии с вариантом осуществления настоящего изобретения, и на 5 фиг. 2 изображен схематический чертеж того же самого. Волновая зубчатая передача 1, используемая в качестве, например, зубчатого редуктора, содержит первое кольцевое жесткое зубчатое колесо 2 внутреннего зацепления, второе кольцевое жесткое зубчатое колесо 3 внутреннего зацепления, цилиндрическое гибкое зубчатое колесо 4 внешнего зацепления, состоящее из гибкого в радиальном направлении тонкостенного упругого 10 тела, и генератор 5 волн с эллипсоидным контуром.

[0037] Первое и второе зубчатые колеса 2, 3 внутреннего зацепления расположены с обеспечением соосного выравнивания друг с другом параллельно друг другу, и между ними образован зазор вдоль направления центральной оси 1а. В данном примере первое зубчатое колесо 2 внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего 15 зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности вращения, число первых внутренних зубьев 2а которого обозначено Zc1. Второе зубчатое колесо 3 внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и поддерживаемым с возможностью вращения, число вторых внутренних зубьев 3а которого обозначено Zc2. Второе 20 зубчатое колесо 3 внутреннего зацепления представляет собой элемент вывода замедленного вращения волновой зубчатой передачи 1.

[0038] Цилиндрическое зубчатое колесо 4 внешнего зацепления, расположено соосно внутри первого и второго зубчатых колес 2, 3 внутреннего зацепления. Зубчатое колесо 4 внешнего зацепления содержит цилиндрическое тело 6, представляющее собой гибкое 25 в радиальном направлении тонкостенное упругое тело, первые наружные зубья 7 и вторые наружные зубья 8, выполненные на кольцевой наружной периферической поверхности цилиндрического тела 6, и зазор 9 (см. фиг. 3), образованный между наружными зубьями 7, 8 с обеих сторон и служащий в качестве просвета (зазора) между инструментом и заготовкой. Первые наружные зубья 7 выполнены с одной стороны 30 вдоль направления центральной оси 1а кольцевой наружной периферической поверхности цилиндрического тела 6, а вторые наружные зубья 8 выполнены с другой стороны вторых внутренних зубьев 3а кольцевой наружной периферической поверхности. Первые и вторые наружные зубья 7, 8 выполнены таким образом, что направление центральной оси 1а является направлением линии зуба.

[0039] В частности, первые наружные зубья 7 выполнены напротив первых внутренних зубьев 2а и выполнены с возможностью зацепления с первыми внутренними зубьями 2а, причем число первых наружных зубьев 7 обозначено Zf1. Вторые наружные зубья 8 выполнены напротив вторых внутренних зубьев 3а и выполнены с возможностью зацепления со вторыми внутренними зубьями 3а, причем число вторых наружных зубьев 40 8 обозначено Zf2. Числа Zf1, Zf2 зубьев отличаются друг от друга. Кроме того, первые наружные зубья 7 и вторые наружные зубья 8 удалены друг от друга в направлении линии зуба.

[0040] Генератор 5 волн содержит жесткий кулачок 11 с эллипсоидным контуром, а также первый волновой подшипник 12 и второй волновой подшипник 13, причем первый 45 и второй волновые подшипники установлены на наружной периферической эллипсоидной поверхности жесткого кулачка 11. Первый и второй волновые подшипники образованы из шарикоподшипников.

[0041] Генератор волн 5 вставлен во внутреннюю периферическую поверхность

цилиндрического тела 6 зубчатого колеса 4 внешнего зацепления и вызывает изгиб цилиндрического тела 6 с получением эллипсоидной формы. В результате этого, первые и вторые наружные зубья 7, 8 также изгибаются с получением эллипсоидной формы. Зубчатое колесо 4 внешнего зацепления, изогнутое с получением эллипсоидной формы, входит в зацепление с первым и вторым зубчатыми колесами 2, 3 внутреннего зацепления в обоих конечных положениях вдоль большой оси Lmax эллипса. В частности, первые наружные зубья 7 входят в зацепление с первыми внутренними зубьями 2а в обоих конечных положениях вдоль большой оси эллипса, а вторые наружные зубья 8 входят в зацепление со вторыми внутренними зубьями 3а в обоих конечных положениях вдоль большой оси эллипса.

[0042] Генератор 5 волн представляет собой элемент ввода вращения волновой зубчатой передачи 1. Жесткий кулачок 11 генератора 5 волн имеет отверстие 11с для вала, в котором соосно установлен и надежно закреплен входной поворотный вал 10 (см. фиг. 2). Например, в отверстии 11с может быть соосно установлен и надежно закреплен выходной вал электродвигателя. При вращении генератора 5 волн положения, в которых входят в зацепление первые наружные зубья 7 зубчатого колеса 4 внешнего зацепления и расположенные с неподвижной стороны первые внутренние зубья 2а, а также положения, в которых входят в зацепление вторые наружные зубья 8 зубчатого колеса 4 внешнего зацепления и расположенные с приводной стороны вторые внутренние зубья 3а, перемещаются вдоль окружного направления.

[0043] Число Zf1 первых наружных зубьев 7 и число Zf2 вторых наружных зубьев 8 отличаются друг от друга; в данном примере число Zf2 вторых наружных зубьев больше. Число Zc1 первых внутренних зубьев 2а и число Zf1 первых наружных зубьев 7 также отличаются друг от друга; в данном примере число Zc1 первых внутренних зубьев 2а больше. Число Zc2 вторых внутренних зубьев 3а и число Zf2 вторых наружных зубьев 8 отличаются друг от друга; в данном примере число Zc2 вторых внутренних зубьев 3а меньше.

[0044] В данном примере зубчатое колесо 4 внешнего зацепления изгибается с получением эллипсоидной формы и входит в зацепление с зубчатыми колесами 2 и 3 внутреннего зацепления в двух положениях вдоль окружного направления. Таким образом, разница между числом Zc1 первых внутренних зубьев 2а и числом Zf1 первых наружных зубьев 7 равна $2j$, где j - это положительное целое число. Разница между числом Zc2 вторых внутренних зубьев 3а и числом Zf2 вторых наружных зубьев 8 равна $2k$, где k - это положительное целое число.

$$Zc1=Zf1+2j$$

$$Zc2=Zf2-2k$$

[0045] В конкретном примере числа зубьев установлены следующим образом ($j=k=1$):

$$Zc1=62$$

$$Zf1=60$$

$$Zc2=62$$

$$Zf2=64$$

[0046] Передаточное отношение R1 между первым зубчатым колесом 2 внутреннего зацепления и первыми наружными зубьями 7, а также передаточное отношение R2 между вторым зубчатым колесом 3 внутреннего зацепления и вторыми наружными зубьями 8 соответственно заданы следующим образом:

$$i1=1/R1=(Zf1-Zc1)/Zf1=(60-62)/60=-1/30$$

$$i2=1/R2=(Zf2-Zc2)/Zf2=(64-62)/64=1/32$$

Таким образом, $R1=-30$, а $R2=32$.

[0047] Передаточное отношение R волновой зубчатой передачи 1 представлено следующей формулой, использующей значения передаточных отношений $R1$ и $R2$.

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением может быть реализована волновая зубчатая передача, имеющая очень малое передаточное отношение (низкий коэффициент редукции) (отрицательное передаточное отношение означает, что вращение на выходе осуществляется в направлении, противоположном вращению на входе).

$$\begin{aligned}
 R &= (R1 \times R2 - R1) / (-R1 + R2) \\
 &= (-30 \times 32 + 30) / (30 + 32) \\
 &= -930 / 62 \\
 &= -15
 \end{aligned}$$

[0048] Зазор: просвет между инструментом и заготовкой

На фиг. 3 изображен частичный увеличенный разрез волновой зубчатой передачи, показывающий зубчатое колесо 4 внешнего зацепления, а также первый и второй волновые подшипники 12 и 13 генератора 5 волн. Зазор 9, образованный между первыми и вторыми наружными зубьями 7 и 8, служит в качестве просвета между инструментом и заготовкой для зуборезных фрез, используемых для нарезания первых и вторых наружных зубьев 7 и 8.

[0049] Далее сначала описаны первые и вторые наружные зубья 7 и 8. Поскольку первые и вторые внутренние зубья 2а и 3а имеют по существу одинаковую ширину зуба, то первые наружные зубья 7 и вторые наружные зубья 8, имеющие одинаковую ширину зуба, выполнены симметрично относительно центрального положения 6а по направлению линии зуба цилиндрического тела 6. В том случае, если первые и вторые внутренние зубья отличаются друг от друга по ширине зуба, первые и вторые наружные зубья 7 и 8 будут отличаться по ширине зуба соответственно.

[0050] Зазор 9 имеет установленную ширину вдоль направления линии зуба; а самый глубокий участок, который представляет собой участок зазора 9, выполненный самым глубоким вдоль направления высоты зуба, сформирован в центральной части направления линии зуба. В настоящем изобретении самый глубокий участок 9а представляет собой участок, на котором центральная часть по направлению линии зуба задана прямой линией, проходящей параллельно направлению линии зуба, если смотреть со стороны направления толщины зуба. С двух концов самого глубокого участка 9а по направлению линии зуба плавно соединены вогнутая дугообразная кривая, которая задает внутреннюю торцевую поверхность 7а первых наружных зубьев 7 по направлению линии зуба, и вогнутая дугообразная кривая, которая задает внутреннюю торцевую поверхность 8а вторых наружных зубьев 8 по направлению

линии зуба. Может быть также принята конфигурация, в которой самый глубокий участок 9а задан вогнутой дугообразной поверхностью, а две внутренние торцевые поверхности 7а, 8а заданы наклонными прямыми линиями. Кроме того, может быть принята конфигурация, в которой самый глубокий участок 9а задан прямой линией, а две внутренние торцевые поверхности 7а, 8а заданы наклонными прямыми линиями.

[0051] Ширина зазора 9 по направлению линии зуба в данном примере постепенно увеличивается от самого глубокого участка 9а вдоль направления высоты зуба.

Максимальная ширина L1 по направлению линии зуба представляет собой расстояние вдоль направления линии зуба от внутреннего края 7b окружности вершин первых наружных зубьев 7 до внутреннего края 8b окружности вершин вторых наружных зубьев 8.

[0052] Установлено соотношение

$$0,1L < L1 < 0,3L,$$

где L - ширина от наружного торца 7 с первых наружных зубьев 7 по направлению линии зуба до наружного торца 8с вторых наружных зубьев 8 по направлению линии зуба, а L1 - максимальная ширина зазора 9 по направлению линии зуба.

[0053] Высота самого глубокого участка 9а зазора 9 задана следующим образом.

Установлены соотношения

$$0,9h1 < t1 < 1,3h1 \text{ и}$$

$$0,9h2 < t2 < 1,3h2,$$

где h1 - высота зуба первых наружных зубьев 7, h2 - высота зуба вторых наружных зубьев 8, t1 - глубина по высоте зуба от вершины 7d зуба первых наружных зубьев 7 до самого глубокого участка 9а, и t2 - глубина по высоте зуба от вершины 8d зуба вторых наружных зубьев 8 до самого глубокого участка 9а.

[0054] Расстояние между центрами шариков подшипников

Далее со ссылками на фиг. 3 описано расстояние между центрами шариков первого и второго волновых подшипников 12, 13.

[0055] В жестком кулачке 11 генератора 5 волн первая наружная периферическая поверхность 11а фиксированной ширины с эллипсоидным контуром выполнена с одной стороны по направлению центральной оси, а вторая наружная поверхность 11b фиксированной ширины с эллипсоидным контуром выполнена с другой стороны по направлению центральной оси. Первая наружная периферическая поверхность 11а и вторая наружная периферическая поверхность 11b представляют собой эллипсоидные наружные периферические поверхности, имеющие одинаковую форму и одинаковую фазу. Первая и вторая наружные периферические поверхности 11а и 11b могут быть разных эллипсоидных форм в зависимости от разницы в величине отклонения между первыми и вторыми наружными зубьями 7 и 8.

[0056] Первый волновой подшипник 12 установлен на первой наружной периферической поверхности 11а изогнутым с получением эллипсоидной формы, а второй волновой подшипник 13 установлен на второй наружной периферической поверхности 11b изогнутым с получением эллипсоидной формы. Первый и второй волновые подшипники 12, 13 имеют одинаковый размер.

[0057] Центры 12а, 13а первого волнового подшипника 12 и второго волнового подшипника 13 равноудалены, вдоль направления ширины зуба, от центрального положения ба по направлению линии зуба на зубчатом колесе 4 внешнего зацепления. Расстояние между центрами шариков подшипников установлено таким образом, что оно увеличивается соответственно при увеличении максимальной ширины L1 зазора 9. Кроме того, межцентровое расстояние Lo установлено таким образом, чтобы

находиться в пределах диапазона, заданного следующей формулой, где L_0 - расстояние между центрами шариков подшипников.

$$0,35L < L_0 < 0,7L$$

[0058] Другие варианты осуществления изобретения

5 В примере, описанном выше, первое зубчатое колесо 2 внутреннего зацепления выполнено как зубчатое колесо внутреннего зацепления, расположенное с неподвижной стороны, а второе зубчатое колесо 3 внутреннего зацепления выполнено как зубчатое колесо внутреннего зацепления, расположенное с приводной стороны. Вместо этого
10 можно выполнить первое зубчатое колесо 2 внутреннего зацепления как зубчатое колесо внутреннего зацепления, расположенное с приводной стороны, а второе зубчатое колесо 3 внутреннего зацепления как зубчатое колесо внутреннего зацепления, расположенное с неподвижной стороны.

[0059] Кроме того, можно изгибать зубчатое колесо 4 внешнего зацепления в некруглую форму, отличную от эллипсоидной, например, в такую как трехлепестковая
15 форма. Когда h представляет число участков зацепления между зубчатым колесом внешнего зацепления, изогнутым с получением некруглой формы, и зубчатым колесом внутреннего зацепления, разница в числе зубьев между двумя зубчатыми колесами может быть установлена как hp , где h - положительное целое число, равное или больше 2, а p - положительное целое число.

20

(57) Формула изобретения

1. Волновая зубчатая передача, содержащая:

- первое жесткое зубчатое колесо внутреннего зацепления, в котором выполнены первые внутренние зубья;

25 - второе жесткое зубчатое колесо внутреннего зацепления, в котором выполнены вторые внутренние зубья,

причем второе зубчатое колесо внутреннего зацепления расположено с обеспечением соосного выравнивания с первым зубчатым колесом внутреннего зацепления и параллельно ему;

30 - гибкое зубчатое колесо внешнего зацепления, в котором первые наружные зубья, выполненные с возможностью зацепления с первыми внутренними зубьями, и вторые наружные зубья, выполненные с возможностью зацепления со вторыми внутренними зубьями, выполнены на наружной периферической поверхности гибкого в радиальном направлении цилиндрического тела,

35 причем число первых зубьев отличается от числа вторых зубьев, при этом зубчатое колесо внешнего зацепления расположено соосно внутри первого и второго зубчатых колес внутреннего зацепления; и

40 - генератор волн для изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления с получением эллипсоидной формы для обеспечения частичного зацепления первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями и вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями;

причем между внутренней торцевой поверхностью первых наружных зубьев по направлению линии зуба и внутренней торцевой поверхностью вторых наружных зубьев по направлению линии зуба образован зазор, имеющий установленную ширину вдоль
45 направления линии зуба, а также самый глубокий участок по высоте зуба в центральной части по направлению линии зуба; причем

удовлетворяется соотношение

$$0,1L < L_1 < 0,3L, \text{ где}$$

L - ширина от наружного торца первых наружных зубьев по направлению линии зуба до наружного торца вторых наружных зубьев по направлению линии зуба, а

L1 - максимальная ширина зазора вдоль направления линии зуба; и

удовлетворяются соотношения

$$0,9h_1 < t_1 < 1,3h_1 \text{ и}$$

$$0,9h_2 < t_2 < 1,3h_2,$$

где

h1 - высота зуба первых наружных зубьев,

h2 - высота зуба вторых наружных зубьев,

t1 - глубина по высоте зуба от вершины зуба первых наружных зубьев до самого глубокого участка, и

t2 - глубина по высоте зуба от вершины зуба вторых наружных зубьев до самого глубокого участка.

2. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой

генератор волн содержит первый волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки первых наружных зубьев, и второй волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки вторых наружных зубьев; и

центры шариков первого волнового подшипника и второго волнового подшипника равноудалены вдоль направления линии зуба от центра зазора по направлению линии зуба;

причем межцентровое расстояние L_0 представляет собой расстояние между центрами шариков первого и второго волновых подшипников,

при этом межцентровое расстояние установлено таким образом, что оно

увеличивается в соответствии с увеличением максимальной ширины L1 зазора и удовлетворяет соотношению

$$0,35L < L_0 < 0,7L.$$

3. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой

число первых наружных зубьев отличается от числа первых внутренних зубьев, и

число вторых наружных зубьев отличается от числа вторых внутренних зубьев.

4. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой

число первых наружных зубьев меньше числа первых внутренних зубьев, а

число первых внутренних зубьев и число вторых внутренних зубьев равны друг другу.

5. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой

генератор волн представляет собой элемент ввода вращения; и

любое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности вращения, а другое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и представляющим собой элемент вывода замедленного вращения.

6. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой

генератор волн выполнен с возможностью изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления с получением эллипсоидной формы, обеспечивая зацепление первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями в двух положениях вдоль окружного направления и вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями в двух

положениях вдоль окружного направления; и

разница между числом первых наружных зубьев и числом вторых наружных зубьев равна $2n$,

где n - это положительное целое число.

5 7. Волновая зубчатая передача по п. 1, в которой генератор волн содержит первый волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки первых наружных зубьев, и второй волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки вторых наружных зубьев; и

10 центры шариков первого волнового подшипника и второго волнового подшипника равноудалены вдоль направления линии зуба от центра зазора по направлению линии зуба;

причем межцентровое расстояние L_0 представляет собой расстояние между центрами шариков первого и второго волновых подшипников,

15 при этом межцентровое расстояние установлено таким образом, что оно увеличивается в соответствии с увеличением максимальной ширины L_1 зазора и удовлетворяет соотношению

$$0,35L < L_0 < 0,7L;$$

причем число первых наружных зубьев отличается от числа первых внутренних зубьев и число вторых наружных зубьев отличается от числа вторых внутренних зубьев; и

причем генератор волн представляет собой элемент ввода вращения; и

любое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности вращения, а другое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и представляющим собой элемент вывода замедленного вращения.

30 8. Волновая зубчатая передача по п. 7, в которой

генератор волн выполнен с возможностью изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления с получением эллипсоидной формы, обеспечивая зацепление первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями в двух положениях вдоль окружного направления и вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями в двух

35 положениях вдоль окружного направления; и

разница между числом первых наружных зубьев и числом вторых наружных зубьев равна $2n$,

где n - положительное целое число.

9. Волновая зубчатая передача по п. 1,

40 в которой генератор волн содержит первый волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки первых наружных зубьев, и второй волновой подшипник, содержащий шарикоподшипник для поддержки вторых наружных зубьев; и

центры шариков первого волнового подшипника и второго волнового подшипника равноудалены вдоль направления линии зуба от центра зазора по направлению линии зуба;

причем межцентровое расстояние L_0 представляет собой расстояние между центрами шариков первого и второго волновых подшипников,

при этом межцентровое расстояние установлено таким образом, что оно увеличивается в соответствии с увеличением максимальной ширины L_1 зазора и удовлетворяет соотношению

$$0,35L < L_0 < 0,7L;$$

- 5 причем число первых наружных зубьев меньше числа первых внутренних зубьев, и число первых внутренних зубьев равно числу вторых внутренних зубьев; и
 причем генератор волн представляет собой элемент ввода вращения; и
 любое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с неподвижной стороны и закрепленным без возможности
 10 вращения, а другое колесо из первого зубчатого колеса внутреннего зацепления и второго зубчатого колеса внутреннего зацепления является зубчатым колесом внутреннего зацепления, расположенным с приводной стороны и представляющим собой элемент вывода замедленного вращения.

- 15 10. Волновая зубчатая передача по п. 9, в которой
 генератор волн выполнен с возможностью изгиба зубчатого колеса внешнего зацепления с получением эллипсоидной формы, обеспечивая зацепление первых наружных зубьев с первыми внутренними зубьями в двух положениях вдоль окружного направления и вторых наружных зубьев со вторыми внутренними зубьями в двух
 20 положениях вдоль окружного направления; и разница между числом первых наружных зубьев и числом вторых наружных зубьев равна $2n$,
 где n - положительное целое число.

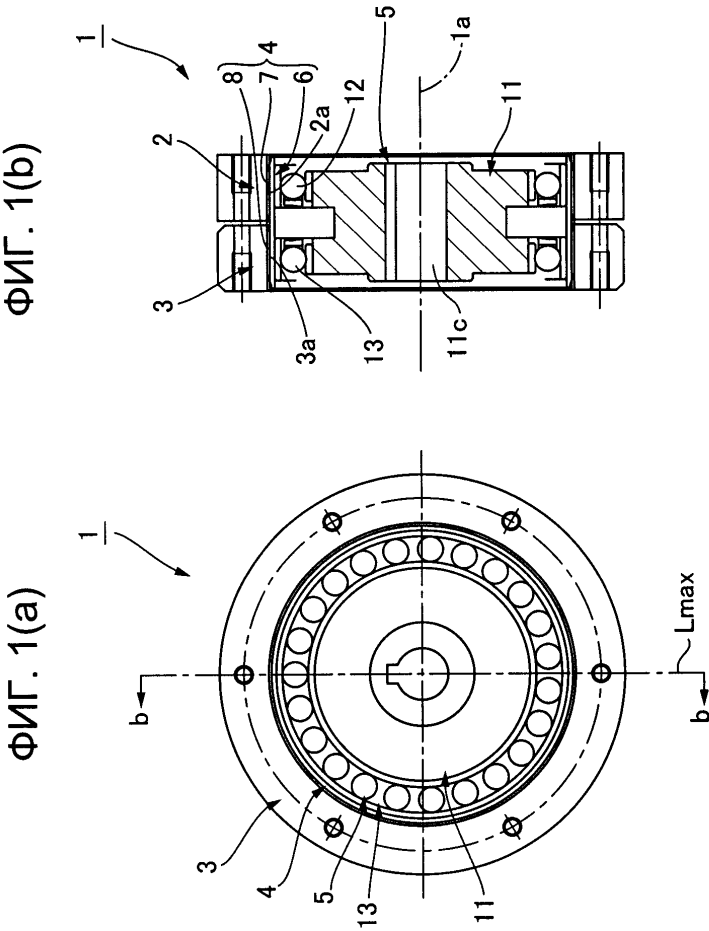
25

30

35

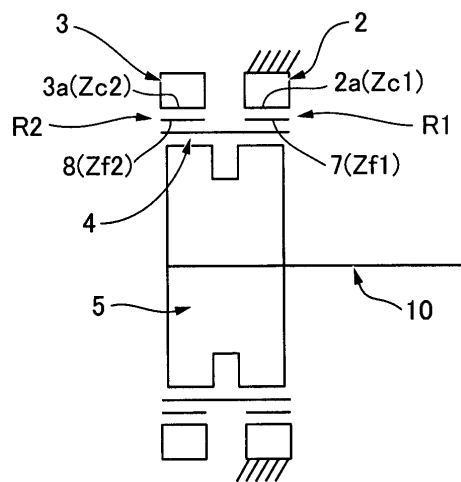
40

45



2 / 3

ФИГ. 2



3 / 3

ФИГ. 3

