



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(11) BR 112017000374-0 B1

(22) Data do Depósito: 03/07/2015

(45) Data de Concessão: 14/02/2023

(54) Título: ENGRANAGEM COM ONDA DE TENSÃO DO TIPO DUPLO

(51) Int.Cl.: F16H 1/32.

(30) Prioridade Unionista: 23/07/2014 JP 2014-149374.

(73) Titular(es): HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC..

(72) Inventor(es): YOSHIHIDE KIYOSAWA; JUN HANNA; XIN YUE ZHANG; NOBORU TAKIZAWA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2015069246 de 03/07/2015

(87) Publicação PCT: WO 2016/013382 de 28/01/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 06/01/2017

(57) Resumo: Trata-se de uma engrenagem externamente dentada de uma engrenagem com onda de tensão do tipo duplo, dotada de primeiros e segundos dentes externos (7, 8) que têm diferentes números de dentes. Os primeiros e segundos dentes externos (7, 8) são flexionados por um gerador de onda pela mesma quantidade de flexão, em um formato de elipse. O ângulo de pressão médio (a1) de seções de superfície de dente principal de perfis de dente (70) dos primeiros dentes externos (7) que têm um número de dentes baixo é menos agudo que o ângulo de pressão médio (a2) de seções de superfície de dente principal de perfis de dente (80) dos segundos dentes externos (8) que têm um número de dentes alto. Consequentemente, uma engrenagem com onda de tensão do tipo duplo pode ser alcançada, com a qual os primeiros e os segundos dentes externos que têm diferentes números de dentes podem ser adequadamente flexionados para formar excelentes estados de entrelaçamento com respectivas engrenagens internamente dentadas.

"ENGRENAGEM COM ONDA DE TENSÃO DO TIPO DUPLO"**[CAMPO DA TÉCNICA]**

[0001] A presente invenção refere-se a uma engrenagem com onda de tensão que tem um par de engrenagens internamente dentadas, uma engrenagem externamente dentada cilíndrica com capacidade de se flexionar em uma direção radial, e um gerador de onda.

[ANTECEDENTES DA TÉCNICA]

[0002] As engrenagens com onda de tensão que têm engrenagens externamente dentadas cilíndricas são tipicamente dotadas de uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário presa com a finalidade de não girar, um gerador de onda que é um elemento de inserção de rotação, uma engrenagem internamente dentada de lado de acionamento que é um elemento de emissão de rotação reduzida, e uma engrenagem externamente dentada cilíndrica com capacidade de se flexionar na direção radial e entrelaçar com a engrenagem internamente dentada de lado estacionário e a engrenagem internamente dentada de lado de acionamento. Em engrenagens com onda de tensão típicas, a engrenagem externamente dentada é provocada a se flexionar em um formato de elipse, em que engrenagem externamente dentada flexionada em formato de elipse entrelaça com as engrenagens internamente dentada de lado de acionamento e de lado estacionário em ambas as posições de extremidade ao longo do eixo geométrico principal do formato de elipse.

[0003] Os Documentos de Patente 1 e 4 revelam engrenagens com onda de tensão típicas nas quais o número de dentes da engrenagem internamente dentada de lado estacionário é duas vezes maior do que o da engrenagem externamente dentada, e o número de dentes da engrenagem internamente dentada de lado de acionamento é igual ao da engrenagem externamente dentada. No Documento de Patente 1, os dentes externos da engrenagem externamente dentada são bisseccionados na porção central de direção de traço de dente dos mesmos, em que uma das porções de dente

externo tem capacidade de entrelaçar com a engrenagem internamente dentada de lado estacionário, e a outra das porções de dente externo tem capacidade de entrelaçar com a engrenagem internamente dentada de lado de acionamento. O Documento de Patente 4 indica que a espessura de parede de aro da engrenagem externamente dentada afeta dramaticamente a resistência à fadiga de fundo de dente da engrenagem externamente dentada.

[0004] Nas engrenagens com onda de tensão reveladas nos Documentos de Patente 1 e 4, quando o gerador de onda gira, a engrenagem externamente dentada gira mais lentamente em uma razão de velocidade que corresponde à diferença no número de dentes em relação à engrenagem internamente dentada de lado estacionário. A rotação reduzida da engrenagem externamente dentada é emitida a partir da engrenagem internamente dentada de lado de acionamento, que gira integralmente com a engrenagem externamente dentada.

[0005] O Documento de Patente 2 revela uma engrenagem com onda de tensão na qual o número de dentes da engrenagem internamente dentada de lado estacionário é duas vezes maior que o da engrenagem externamente dentada, e o número de dentes da engrenagem internamente dentada de lado de acionamento é duas vezes menor que o da engrenagem externamente dentada. Nessa engrenagem com onda de tensão, quando o gerador de onda gira, a engrenagem externamente dentada gira mais lentamente em uma razão de velocidade que corresponde à diferença no número de dentes em relação à engrenagem internamente dentada de lado estacionário. A rotação da engrenagem externamente dentada é aumentada em uma razão de velocidade que corresponde à diferença em número e dentes entre a engrenagem externamente dentada e a engrenagem internamente dentada de lado de acionamento, e é emitida a partir da engrenagem internamente dentada de lado de acionamento. A rotação emitida a partir da engrenagem internamente dentada de lado de

acionamento é reduzida a uma razão de velocidade de menos que 50 em relação à rotação inserida no gerador de onda.

[0006] Os Documentos de Patente 2 e 3 revelam engrenagens com onda de tensão que têm geradores de onda que têm duas fileiras de mancais esféricos. Esse tipo de gerador de onda é configurado a partir de um plugue rígido que tem uma superfície periférica externa de contorno em elipse, e duas fileiras de mancais esféricos encaixados na superfície periférica externa. A engrenagem internamente dentada flexível é pressionada radialmente para fora pelas duas porções de extremidade de eixo geométrico principal das superfícies periféricas externas dos traços externos flexionados em forma de elipse dos mancais esféricos, e o entrelaçamento da engrenagem internamente dentada flexível em relação à primeira e à segunda engrenagens internamente dentadas rígidas é sustentado.

DOCUMENTOS DE TÉCNICA ANTERIOR

DOCUMENTOS DE PATENTE

[0007] Documento de Patente 1: JP-A2011-112214

[0008] Documento de Patente 2: JP-A02-275147

[0009] Documento de Patente 3: JP-U01-91151

[0010] Documento de Patente 4: 2008-180259

[SUMÁRIO DA INVENÇÃO]

[PROBLEMAS A SEREM SOLUCIONADOS PELA INVENÇÃO]

[0011] Considera-se que, na engrenagem externamente dentada usada no presente documento, os primeiros dentes com capacidade de entrelaçar com uma primeira engrenagem internamente dentada e os segundos dentes com capacidade de entrelaçar com uma outra segunda engrenagem internamente dentada são formados na superfície periférica externa de um corpo cilíndrico radialmente flexível, em que os segundos dentes diferem em número dos primeiros dentes. A adoção de tal configuração possibilita reduzir ou aumentar a velocidade de rotação entre os primeiros dentes externos e uma primeira engrenagem internamente dentada,

e reduzir ou aumentar a velocidade de rotação entre os segundos dentes externos e uma segunda engrenagem internamente dentada, de uma maneira similar como na engrenagem com onda de tensão revelada no Documento de Patente 2. Consequentemente, é possível realizar uma engrenagem com onda de tensão que tem uma razão de engrenagem menor do que 50. Adicionalmente, essa configuração permite que uma engrenagem com onda de tensão que tem uma razão de velocidade menor que 50 seja projetada com um grau de liberdade maior do que na engrenagem com onda de tensão revelada do Documento de Patente 2.

[0012] No presente relatório descritivo, uma engrenagem com onda de tensão que tem uma engrenagem externamente dentada na qual os primeiros e segundos dentes externos diferem número são formados na superfície periférica externa de um corpo cilíndrico flexível é chamada de "engrenagem com onda de tensão de tipo duplo".

[0013] Em uma engrenagem com onda de tensão de tipo duplo, os primeiros dentes externos e os segundos dentes externos de uma engrenagem externamente dentada são formados na superfície periférica externa de um corpo cilíndrico compartilhado, e as partes de aro de fundo de dente dos primeiros e dos segundos dentes externos são conectadas entre si. Quando o corpo cilíndrico é provocado pelo gerador de onda a flexionar em um formato de elipse, os primeiros e segundos dentes externos, que diferem em número, respectivamente, se entrelaçam com engrenagens internamente dentadas.

[0014] Em casos em que a engrenagem externamente dentada é provocada pelo gerador de onda a flexionar em um formato de elipse, os primeiros e os segundos dentes externos formados na engrenagem externamente dentada flexionam pela mesma quantidade na direção radial. Os primeiros e os segundos dentes externos diferem em termos de módulo bem como número. A quantidade pela qual os primeiros dentes externos são flexionados para terem capacidade de entrelaçar satisfatoriamente com os

dentes internos da primeira engrenagem internamente dentada e a quantidade pela qual os segundos dentes externos são flexionados para terem capacidade de entrelaçar satisfatoriamente com os dentes internos da segunda engrenagem internamente dentada diferem entre si.

[0015] Portanto, mesmo quando os dentes externos em um lado podem entrelaçar satisfatoriamente com os dentes internos, o grau de entrelaçamento dos dentes externos no outro lado em relação a dentes internos é insuficiente ou excessivo. Quando o grau de entrelaçamento dos dentes externos em relação aos dentes internos é insuficiente, a capacidade de carga da engrenagem com onda de tensão e a capacidade de torque de transmissão diminuem. Adversamente, quando o grau de entrelaçamento dos dentes externos em relação aos dentes internos é excessivo, os dentes em ambos os lados interferem uns nos outros, e a resistência a desgaste dos mesmos diminui. Quando os estados de entrelaçamento dos primeiros e dos segundos dentes externos em relação aos dentes internos diferem, o equilíbrio de resistência à fadiga de fundo de dente entre os primeiros e os segundos dentes externos se deteriora. Adicionalmente, haverá um aumento na faixa de oscilação na distribuição de carga de esfera de mancal em primeiros e segundos mancais de onda no gerador de onda, em que os mancais de onda sustentam os primeiros e os segundos dentes externos, e é apresentado um risco de que esses aumentos pudesse degradar a vida útil dos mancais de onda.

[0016] Nenhuma dessas engrenagens com onda de tensão do tipo duplo foi proposta na técnica anterior. Portanto, nenhuma atenção foi voltada para os estados de entrelaçamento com engrenagens internamente dentadas quando os primeiros e segundos dentes externos direitos e esquerdos diferem em número são flexionados pela mesma quantidade, ou para os efeitos adversos ocasionados por tais estados de entrelaçamento.

[0017] Em vista das desvantagens descritas acima, um objetivo da presente invenção consiste em fornecer uma engrenagem com onda de

tensão do tipo duplo na qual os perfis de dente dos primeiros e dos segundos dentes externos que diferem em número são adequadamente definidos de modo que seja possível flexionar os primeiros e os segundos dentes externos de uma maneira adequada e formar estados de entrelaçamento satisfatórios em relação a cada uma das engrenagens internamente dentadas.

MEIOS PARA SOLUCIONAR OS PROBLEMAS

[0018] A fim de solucionar o problema descrito acima, uma engrenagem com onda de tensão de tipo duplo da presente invenção é caracterizada por incluir:

[0019] uma primeira engrenagem internamente dentada rígida na qual primeiros dentes internos são formados;

[0020] uma segunda engrenagem internamente dentada rígida na qual segundos dentes internos são formados, em que a segunda engrenagem internamente dentada é disposta com a finalidade de ser coaxialmente alinhada em paralelo com a primeira engrenagem internamente dentada;

[0021] uma engrenagem externamente dentada flexível na qual primeiros dentes externos com capacidade de entrelaçar com os primeiros dentes internos e os segundos dentes externos com capacidade de entrelaçar com os segundos dentes internos são formados na superfície periférica externa de um corpo cilíndrico radialmente flexível, em que os segundos dentes diferem em número dos primeiros dentes, e a engrenagem externamente dentada é disposta coaxialmente dentro da primeira e da segunda engrenagens internamente dentadas; e

[0022] um gerador de onda que faz com que a engrenagem externamente dentada se flexione em um formato de elipse, fazendo com que os primeiros dentes externos entrelacem parcialmente com os primeiros dentes internos e fazendo com que os segundos dentes externos entrelacem parcialmente com os segundos dentes internos;

[0023] em que uma relação

$$Zf1 = Zf2 + 2n$$

[0024] é satisfeita, onde $Zf1$ é o número de primeiros dentes externos, $Zf2$ é o número de segundos dentes externos, e n é um número inteiro positivo; e

[0025] em que m_1 é o módulo dos primeiros dentes externos, m_2 é o módulo dos segundos dentes externos,

[0026] n_1 e n_2 são números inteiros positivos, $2n_1$ é a diferença em número de dentes entre os primeiros dentes externos e os primeiros dentes internos, e $2n_2$ é a diferença em número de dentes entre os segundos dentes externos e os segundos dentes internos, e

[0027] o valor teórico d_1 da quantidade pela qual os primeiros dentes externos são radialmente flexionados em posições de eixo geométrico principal e o valor teórico d_2 da quantidade pela qual os segundos dentes externos são radialmente flexionados quando a engrenagem radialmente interna flexionada é flexionada em um formato de elipse são respectivamente representados por

$$d_1 = m_1 n_1 \text{ e}$$

$$d_2 = m_2 n_2;$$

[0028] em que uma quantidade de flexão radial d , que é uma quantidade de flexão radial dos primeiros e dos segundos dentes externos que são flexionados pelo gerador de onda, satisfaz as relações

$$d < d_1, \text{ e}$$

$$d > d_2; \text{ e,}$$

[0029] em que uma relação

$$\alpha_1 > \alpha_2$$

[0030] é satisfeita, onde um primeiro ângulo de pressão médio α_1 é a média de ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais da área de contato de dente dentro de uma faixa de 50% do total de profundidade de dente no perfil de dente dos primeiros dentes externos,

em que a faixa é centralizada em torno do círculo de intervalo dos primeiros dentes externos, e

[0031] um segundo ângulo de pressão médio α_2 é a média de ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente dos segundos dentes externos e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais da área de contato de dente dentro de uma faixa de 50% do total de profundidade de dente no perfil de dente dos segundos dentes externos, em que a faixa é centralizada em torno do círculo de intervalo dos segundos dentes externos.

[0032] O primeiro e o segundo ângulos de pressão médios α_1 e α_2 satisfazem de preferência

$$0,29\alpha_1 < \alpha_2 < 0,75\alpha_1.$$

[0033] Na presente invenção, os primeiros e os segundos dentes externos diferem em número são provocados a flexionar em um formato de elipse com a finalidade de flexionar a mesma quantidade, e são provocados a entrelaçar com os primeiros e segundos dentes internos, respectivamente. Em relação aos primeiros dentes externos, os quais estão em um número menor, a quantidade de flexão é menor do que o valor teórico. O perfil de dente dos primeiros dentes externos é configurado de modo que a profundidade de dente e o ângulo de pressão médio dos mesmos sejam maiores do que os do perfil de dente dos segundos dentes externos. Isso possibilita eliminar qualquer insuficiência em entrelaçamento entre os primeiros dentes internos e os primeiros dentes externos, que avançam menos durante o entrelaçamento, e formar um estado de entrelaçamento satisfatório.

[0034] Adversamente, em relação aos segundos dentes externos, os quais estão em um número maior, a quantidade de flexão é maior do que o valor teórico. O perfil de dente dos segundos dentes externos é configurado de modo que a profundidade de dente e o ângulo de pressão médio dos mesmos sejam menores do que os do perfil de dente dos

primeiros dentes externos. Isso possibilita eliminar a interferência entre os segundos dentes internos e os segundos dentes externos, que avançam mais durante o entrelaçamento, e formar um estado de entrelaçamento satisfatório.

[0035] Como um resultado, é possível eliminar efeitos adversos tais como: degradação do estado de entrelaçamento entre os primeiros dentes externos e os primeiros dentes internos e o estado de entrelaçamento entre os segundos dentes externos e os segundos dentes internos, o que reduziria a capacidade de carga da engrenagem com onda de tensão; piora do equilíbrio de resistência à fadiga de fundo de dente entre os primeiros e os segundos dentes externos; e uma diminuição em resistência a desgaste da engrenagem externamente dentada e das engrenagens internamente dentadas. Adicionalmente, no gerador de onda para sustentar os primeiros e os segundos dentes externos, é possível minimizar a faixa de oscilação na distribuição de carga de esfera de mancal em primeiros e segundos mancais de onda, e impedir qualquer redução na vida útil dos mancais de onda.

[0036] Na presente invenção, as primeiras e segundas espessuras de parede de aro $t(1)$, $t(2)$ satisfazem de preferência a relação

$$t(1) < t(2)$$

[0037] onde a primeira espessura de parede de aro $t(1)$ é a espessura de parede de aro do aro de fundo de dente dos primeiros dentes externos, e a segunda espessura de parede de aro $t(2)$ é a espessura de parede de aro do aro de fundo de dente dos segundos dentes externos.

[0038] Dessa forma, a espessura de parede de aro dos segundos dentes externos, os quais estão em um número maior, é maior que a espessura de parede de aro dos outros primeiros dentes externos, que estão em um número menor. Isso possibilita manter a ausência de resistência à fadiga de fundo de dente entre os primeiros e os segundos dentes externos.

[0039] Adicionalmente, na presente invenção, o gerador de onda inclui, de preferência:

[0040] um plugue rígido;

[0041] uma superfície periférica externa de contorno em formato de elipse formada na superfície periférica externa do plugue;

[0042] um primeiro mancal de onda encaixado na superfície periférica externa, em que o primeiro mancal de onda compreende mancais de esfera para sustentar os primeiros dentes externos; e

[0043] um segundo mancal de onda encaixado na superfície periférica externa, em que o segundo mancal de onda compreende mancais de esfera para sustentar os segundos dentes externos.

[0044] Na engrenagem com onda de tensão do tipo duplo, a relação numérica entre cada um dos dentes pode ser estabelecida conforme descrito abaixo. Especificamente, o número de primeiros dentes externos difere do número de primeiros dentes internos, e o número de segundos dentes externos difere do número de segundos dentes internos.

[0045] Especificamente, o número de primeiros dentes externos é menor que o número de primeiros dentes internos, e o número de primeiros dentes internos e o número de segundos dentes internos são iguais entre si.

[0046] Adicionalmente, a engrenagem com onda de tensão do tipo duplo é tipicamente usada como um redutor de engrenagem. Nesse caso, por exemplo, o gerador de onda é um elemento de inserção de rotação; e uma dentre a primeira engrenagem internamente dentada e a segunda engrenagem internamente dentada é uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário presa com a finalidade de não girar, e a outra dentre a primeira engrenagem internamente dentada e a segunda engrenagem internamente dentada é uma engrenagem internamente dentada de lado de açãoamento que é um elemento de emissão de rotação reduzida.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0047] A Figura 1 é uma vista de superfície de extremidade e uma vista em corte transversal longitudinal de uma engrenagem com onda de tensão de tipo duplo à qual a presente invenção é aplicada;

[0048] A Figura 2 é um diagrama esquemático da engrenagem

com onda de tensão de tipo duplo mostrada na Figura 1;

[0049] A Figura 3 é uma vista em corte transversal parcial ampliada da engrenagem com onda de tensão mostrada na Figura 1;

[0050] A Figura 4 é um diagrama que mostra o estado flexionado da engrenagem externamente dentada mostrada na Figura 1; e

[0051] A Figura 5 é um par de gráficos que mostra o perfil de dentes dos primeiros e dos segundos dentes externos da engrenagem externamente dentada mostrada na Figura 1.

MODOS PARA EXECUTAR A INVENÇÃO

[0052] Uma modalidade de uma engrenagem com onda de tensão de tipo duplo à qual a presente invenção é aplicada é descrita abaixo em referência aos desenhos anexos.

[CONFIGURAÇÃO GERAL DE ENGRENAÇÃO COM ONDA DE TENSÃO]

[0053] A Figura 1 é uma vista de superfície de extremidade e uma vista em corte transversal longitudinal que mostra uma engrenagem com onda de tensão de tipo duplo (chamada abaixo simplesmente de "engrenagem com onda de tensão") de acordo com uma modalidade da presente invenção, e a Figura 2 é um diagrama esquemático da mesma. A engrenagem com onda de tensão 1, que é usada como, por exemplo, um redutor de engrenagem, tem uma primeira engrenagem internamente dentada rígida anular 2, uma segunda engrenagem internamente dentada rígida anular 3, uma engrenagem internamente dentada flexível cilíndrica 4 que compreende um corpo elástico de parede fina radialmente flexível e um gerador de onda com contorno de elipse 5.

[0054] A primeira e a segunda engrenagens internamente dentadas 2, 3 são dispostas com a finalidade de serem coaxialmente alinhadas em paralelo entre si, com um vão previsto entre as mesmas, ao longo da direção de um eixo geométrico central 1a. No presente exemplo, a primeira engrenagem internamente dentada 2 é uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário presa com a finalidade de girar, o

número de primeiros dentes internos 2a da mesma é indicado por Zc1. A segunda engrenagem internamente dentada 3 é uma engrenagem internamente dentada de lado de acionamento sustentada de modo girável, o número de segundos dentes internos 3a da mesma é indicado por Zc2. A segunda engrenagem internamente dentada 3 é o elemento de emissão de rotação reduzida da engrenagem com onda de tensão 1.

[0055] A engrenagem externamente dentada cilíndrica 4 é disposta coaxialmente dentro da primeira e da segunda engrenagens internamente dentadas 2, 3. A engrenagem externamente dentada 4 tem um corpo cilíndrico 6 que é um corpo elástico de parede fina radialmente flexível, primeiros dentes externos 7 e segundos dentes externos 8 formados na superfície periférica externa circular do corpo cilíndrico 6, e um vão 9 (em referência à Figura 3) formado entre os dentes externos 7, 8 em cada lado, em que o vão 9 funciona como uma área de folga de cortador. Os primeiros dentes externos 7 são formados em um lado ao longo da direção do eixo geométrico central 1a da superfície periférica externa circular do corpo cilíndrico 6, e os segundos dentes externos 8 são formados no outro lado de segundo dentes internos 3a da superfície periférica externa circular. Os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 são formados de modo que a direção do eixo geométrico central 1a seja a direção de traço de dente.

[0056] Especificamente, os primeiros dentes externos 7 são formados no lado oposto aos primeiros dentes internos 2a, e têm capacidade de entrelaçar com os primeiros dentes internos 2a, o número de primeiros dentes externos 7 é indicado por $Zf1$. Os segundos dentes externos 8 são formados no lado oposto aos segundos dentes internos 3a, e têm capacidade de entrelaçar com os segundos dentes internos 3a, o número de segundos dentes externos 8 é indicado por $Zf2$. Os números $Zf1$, $Zf2$ de dentes são diferentes uns dos outros.

[0057] O gerador de onda 5 tem um plugue rígido com formato de elipse 11, e um primeiro mancal de onda 12 e segundo mancal de onda

13, em que o primeiro e o segundo mancais de onda são encaixados na superfície periférica externa em formato de elipse do plugue rígido 11. O primeiro e o segundo mancais de onda 12, 13 são formados a partir de mancais esféricos.

[0058] O gerador de onda 5 é inserido na superfície periférica interna do corpo cilíndrico 6 da engrenagem externamente dentada 4, e faz com que o corpo cilíndrico 6 se flexione em um formato de elipse. Portanto, os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 são também flexionados em um formato de elipse. A engrenagem externamente dentada flexionada em formato de elipse 4 entrelaça com a primeira e a segunda engrenagens internamente dentadas 2, 3 em ambas as posições de extremidade ao longo do eixo geométrico principal L_{max} do formato de elipse. Especificamente, os primeiros dentes externos 7 se entrelaçam com os primeiros dentes internos 2a em ambas as posições de extremidade ao longo do eixo geométrico principal do formato de elipse, e os segundos dentes externos 8 se entrelaçam com os segundos dentes internos 3a em ambas as posições de extremidade ao longo do eixo geométrico principal.

[0059] O gerador de onda 5 é o elemento de inserção de rotação da engrenagem com onda de tensão 1. O plugue rígido 11 do gerador de onda 5 tem um orifício de eixo 11c, no qual um eixo de rotação de entrada 10 (em referência à Figura 2) é conectado seguramente em uma disposição coaxial. Por exemplo, um eixo de saída de motor pode ser seguramente conectado em uma disposição coaxial no orifício de eixo 11c. Quando o gerador de onda 5 gira, as posições nas quais os primeiros dentes externos 7 da engrenagem externamente dentada 4 e os primeiros dentes internos de lado estacionário 2a se entrelaçam, e as posições nas quais os segundos dentes externos 8 da engrenagem externamente dentada 4 e os segundos dentes internos de lado de ação 3a se entrelaçam, se movem ao longo da direção circunferencial.

[0060] O número Z_{f1} de primeiros dentes externos 7 e o número

Zf2 de segundos dentes externos 8 diferem um do outro; no presente exemplo, o número Zf2 de segundos dentes externos é maior. O número Zc1 de primeiros dentes internos 2a e o número Zf1 de primeiros dentes externos 7 também diferem um do outro; no presente exemplo, o número Zc1 de primeiros dentes internos 2a é maior. O número Zc2 de segundos dentes internos 3a e o número Zf2 de segundos dentes externos 8 diferem um do outro; no presente exemplo, o número Zc2 de segundos dentes internos 3a é menor.

[0061] No presente exemplo, a engrenagem externamente dentada 4 é provocada a flexionar em um formato de elipse, e entrelaça com as engrenagens internamente dentadas 2 e 3 em dois locais ao longo da direção circumferencial. Portanto, a diferença entre o número Zc1 de primeiros dentes internos 2a e o número Zf1 de primeiros dentes externos 7 é $2n_1$, em que n_1 é um número inteiro positivo. A diferença entre o número Zc2 de segundos dentes internos 3a e o número Zf2 de segundos dentes externos 8 é $2n_2$, em que n_2 é um número inteiro positivo.

$$Zc1=Zf1+2n_1$$

$$Zc2=Zf2-2n_2$$

[0062] Em um exemplo específico, os números de dentes são definidos da seguinte forma ($n_1=n_2=1$):

$$Zc1=62$$

$$Zf1=60$$

$$Zc2=62$$

$$Zf2=64$$

[0063] A razão de velocidade R1 entre a primeira engrenagem internamente dentada 2 e os primeiros dentes externos 7, e a razão de velocidade R2 entre a segunda engrenagem internamente dentada 3 e os segundos dentes externos 8, são respectivamente definidas da seguinte forma:

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

$$i_2=1/R_2=(Zf_2-Zc_2)/Zf_2=(64-62)/64=1/32$$

[0064] Portanto, $R_1=-30$ e $R_2=32$.

[0065] A razão de velocidade R da engrenagem com onda de tensão 1 é representada pela seguinte fórmula com o uso das razões de velocidade R_1 e R_2 . Dessa forma, de acordo com a presente invenção, uma engrenagem com onda de tensão que tem uma razão de velocidade dramaticamente baixa (razão de redução baixa) pode ser realizada (uma razão de velocidade negativa indica que a rotação de saída progride na direção oposta à da rotação de entrada).

$$\begin{aligned} R &= (R_1 \times R_2 - R_1) / (-R_1 + R_2) \\ &= (-30 \times 32 + 30) / (30 + 32) \\ &= -930 / 62 \\ &= -15 \end{aligned}$$

[0066] Dessa forma, de acordo com a engrenagem com onda de tensão 1 do presente exemplo, é possível obter uma razão de velocidade menor que 50, por exemplo, uma razão de velocidade notavelmente menor que 30. Adicionalmente, diferentemente da técnica anterior, os primeiros dentes externos 7 e os segundos dentes externos 8 que diferem em número e módulo são formados como os dentes externos da engrenagem externamente dentada. Consequentemente, há um grau de liberdade maior no projeto para definir a razão de velocidade, e uma engrenagem com onda de tensão que tem uma razão de velocidade baixa pode ser realizada mais facilmente do que na técnica anterior.

[CONFIGURAÇÃO DE ENGRENAGEM EXTERNAMENTE DENTADA]

[0067] A Figura 3 é uma vista em corte transversal parcial ampliada da engrenagem com onda de tensão 1 mostrada na Figura 1. Os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 formados na engrenagem externamente dentada 4 serão agora descritos em detalhes em referência principalmente à Figura 3. No presente exemplo, a largura de dente dos primeiros e dos segundos dentes externos 7, 8 é substancialmente igual à

dos primeiros e dos segundos dentes internos 2a, 3a, com a qual os primeiros e os segundo dentes externos 7, 8 têm capacidade de se entrelaçar. Portanto, os primeiros dentes externos 7 e os segundos dentes externos 8, que têm a mesma largura de dente, são formados simetricamente em torno de uma posição central de direção de traço de dente 6a no corpo cilíndrico 6. Em casos em que os primeiros dentes internos 2a e os segundos dentes internos 3a diferem em termos de largura de dente, os primeiros dentes externos 7 e os segundos dentes externos 8 são também configurados com larguras de dente diferentes de uma maneira correspondente.

[0068] O vão 9, que tem uma largura prescrita ao longo da direção de traço de dente, é formado entre os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8. O vão 9 funciona como uma área de folga de cortador para cortadores de corte de dente usados para cortar os primeiros e segundos dentes externos 7, 8.

(ESPESSURA DE PAREDE DE ARO DE PRIMEIROS E SEGUNDOS DENTES EXTERNOS)

[0069] A espessura de parede de aro do aro de fundo de dente dos primeiros dentes externos 7 e dos segundos dentes externos 8 é definida da seguinte forma. A segunda espessura de parede de aro $t(2)$ dos segundos dentes externos 8, os quais existem em grandes números, é definida com a finalidade de ser maior que a primeira espessura de parede de aro $t(1)$ dos primeiros dentes externos 7, os quais estão em um número menor, onde a primeira espessura de parede de aro $t(1)$ é a espessura de parede de aro dos primeiros dentes externos 7, e a segunda espessura de parede de aro $t(2)$ é a espessura de parede de aro dos segundos dentes externos 8.

$$t(1) < t(2)$$

(QUANTIDADE PELA QUAL OS PRIMEIROS E OS SEGUNDOS DENTES EXTERNOS SÃO FLEXIONADOS)

[0070] Os primeiros e segundos dentes externos 7, 8 da engrenagem externamente dentada 4 no presente exemplo são ambos

provocados a flexionar em um formato de elipse pelo gerador de onda 5 que tem as duas fileiras de mancais de onda 12, 13. m_1 é o módulo dos primeiros dentes externos 7, e m_2 é o módulo dos segundos dentes externos 8. $2n_1$ é a diferença em número entre os primeiros dentes externos 7 e os primeiros dentes internos 2a, e $2n_2$ é a diferença em número entre os segundos dentes externos 8 e os segundos dentes internos 3a. Portanto, o valor teórico d_1 da quantidade pela qual os primeiros dentes externos 7 são radialmente flexionados em posições de eixo geométrico principal L_{max} e o valor teórico d_2 da quantidade pela qual os segundos dentes externos 8 são radialmente flexionados quando os dentes externos são flexionados em um formato de elipse são respectivamente representados pelo seguinte.

$$d_1 = m_1 n_1$$

$$d_2 = m_2 n_2$$

[0071] No caso dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 que diferem em número e são formados na superfície periférica externa do mesmo corpo cilíndrico 6, os diâmetros de círculo de intervalo dos dentes em ambos os lados são aproximadamente iguais. Consequentemente, o valor teórico mn da quantidade de flexão radial é normalmente menor quando o número de dentes é maior.

[0072] No presente exemplo, as quantidades pelas quais os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 são radialmente flexionados pelo gerador de onda 5 são ambas definidas como quantidade d . A quantidade d de flexão radial é representada pelo seguinte

$$d < d_1$$

$$d > d_2$$

[0073] A Figura 4 é um diagrama que mostra o estado flexionado da engrenagem externamente dentada 4. Na Figura 4, o círculo neutro de aro C é o círculo que atravessa o centro de espessura do corpo cilíndrico (aro de fundo de dente) 6 em um estado no qual a engrenagem externamente dentada 4 é perfeitamente circular antes de ser flexionada em um formato de

ellipse. O círculo neutro de aro C é deformado em um formato de ellipse devido à engrenagem externamente dentada 4 que é flexionada em um formato de ellipse. Esse círculo deformado é chamado de curva neutra de aro em formato de ellipse C1.

[0074] A quantidade d pela qual a engrenagem externamente dentada 4 é radialmente flexionada é a diferença entre o raio do eixo geométrico principal Lmax da curva neutra de aro em formato de ellipse C1 e o raio do círculo neutro de aro C. Essa quantidade d é representada por $\kappa m n$, onde m é o módulo da engrenagem externamente dentada, 2n é a diferença em número de dentes em relação às engrenagens internamente dentadas (n sendo um número inteiro positivo), e κ é o coeficiente de deflexão. A quantidade $\kappa m n$ de flexão radial quando κ é igual a 1 é um valor obtido pela divisão do diâmetro de círculo de arfagem da engrenagem externamente dentada pela razão de redução de quando a engrenagem internamente dentada rígida é presa; esse é o valor teórico (quantidade de flexão em uma deflexão padrão) da quantidade de flexão radial.

[0075] No presente exemplo, o estado de flexão dos primeiros dentes externos 7, os quais estão em um número menor, é definido como uma quantidade de flexão menor que o valor teórico (uma quantidade de flexão em um ângulo de deflexão negativo onde $\kappa < 1$), conforme descrito acima. Adversamente, o estado de flexão dos segundos dentes externos 8, os quais estão em um número maior, é definido como uma quantidade de flexão maior que o valor teórico (uma quantidade de flexão em um ângulo de deflexão positivo onde $\kappa > 1$).

(ÂNGULOS DE PRESSÃO MÉDIOS DOS PRIMEIROS E DOS SEGUNDOS DENTES EXTERNOS)

[0076] A Figura 5(a) é um gráfico que mostra o ângulo de pressão do perfil de dente que define os primeiros dentes externos 7, e a Figura 5(b) é um gráfico que mostra o ângulo de pressão do perfil de dente que define os segundos dentes externos 8. Os ângulos de pressão dos perfis

de dente dos primeiros e dos segundos dentes externos 7 e 8 no presente exemplo são descritos em referência a esses gráficos.

[0077] Na Figura 5(a), que mostra um perfil de dente 70 dos primeiros dentes externos 7, uma região de área de contato de dente principal A1 é a região de área de contato de dente que define uma faixa de 50% do total de profundidade de dente $h1$ do perfil de dente 70, em que a região de área de contato de dente principal A1 é centralizada em torno do círculo de intervalo PC1. A média dos ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente do perfil de dente 70 e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais da região de área de contato de dente principal A1 é determinada, em que essa média é um primeiro ângulo de pressão médio $\alpha1$.

[0078] De modo similar, na Figura 5(b), que mostra um perfil de dente 80 dos segundos dentes externos 8, uma região de área de contato de dente principal A2 é a região de área de contato de dente que define uma faixa de 50% do total de profundidade de dente $h2$ do perfil de dente 80, em que a região de área de contato de dente principal A2 é centralizada em torno do círculo de intervalo PC2. A média de ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente do perfil de dente 80 e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais da região de área de contato de dente principal A2 é determinada, em que essa média é um segundo ângulo de pressão médio $\alpha2$.

[0079] No presente exemplo, o primeiro ângulo de pressão médio $\alpha1$ dos primeiros dentes externos 7, os quais estão em um número menor, é definida com a finalidade de ser maior que o segundo ângulo de pressão médio $\alpha2$ dos segundos dentes externos 8, os quais estão em um maior número (isto é, $\alpha1 > \alpha2$). Por exemplo, a relação entre o primeiro e o segundo ângulos de pressão médios $\alpha1$, $\alpha2$ pode ser estabelecida da seguinte forma.

$$\alpha2 \approx 0,31\alpha1$$

[0080] De acordo com os experimentos executados pelos inventores, foi confirmado que a relação entre o primeiro e o segundo ângulos de pressão médios α_1 , α_2 é de preferência estabelecida da seguinte forma.

$$0,29\alpha_1 < \alpha_2 < 0,75\alpha_1$$

[0081] Ao definir os ângulos de pressão médios dos primeiros e dos segundos dentes externos 7 e 8 que diferem em número conforme descrito acima, tanto os primeiros quanto os segundos dentes externos 7 e 8 podem ser entrelaçados de uma maneira satisfatória com as engrenagens internamente dentadas correspondentes. Além disso, foi confirmado que a resistência a desgaste dos primeiros e dos segundos dentes externos 7 e 8 é aprimorada, e que o equilíbrio da resistência à fadiga de fundo de dentes entre os primeiros e os segundos dentes externos 7 e 8 é aprimorada. Também foi confirmado que a distribuição de carga de esfera de mancal das duas fileiras dos mancais de onda 12 e 13 do gerador de onda 5 para sustentar os primeiros e os segundos dentes externos 7 e 8 pode ser uniforme e que os tempos de vida dos mancais de onda 12 e 13 pode ser prolongado.

(VÃO: ÁREA DE FOLGA DE CORTADOR)

[0082] O vão 9 formado entre os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 é descrito a seguir em referência à Figura 3. Conforme descrito anteriormente, o vão 9 funciona como uma área de folga de cortador para cortadores de corte de dente usados para cortar os primeiros e segundos dentes externos 7, 8.

[0083] O vão 9 tem uma largura prescrita ao longo da direção de traço de dente; a parte mais profunda, que é a parte do vão 9 que é formada mais profundamente ao longo da direção de profundidade de dente, é formada na porção central de direção de traço de dente. No presente exemplo, a parte mais profunda 9a é uma porção na qual a porção central de direção de traço de dente é definida por uma linha reta que se estende paralela à direção de traço de dente, conforme visualizado a partir da direção

de espessura de dente. Nas duas extremidades de direção de traço de dente da parte mais profunda 9a, uma curva arqueada côncava que define a superfície de extremidade interna de direção de traço de dente 7a dos primeiros dentes externos 7 e uma curva arqueada côncava que define a superfície de extremidade interna de direção de traço de dente 8a dos segundos dentes externos 8 são suavemente conectadas. Também é possível adotar uma configuração na qual a parte mais profunda 9a é definida por uma superfície curva côncava e as duas superfícies de extremidade interna 7a, 8a são definidas por linhas retas inclinadas. É adicionalmente possível adotar uma configuração na qual a parte mais profunda 9a é definida por uma linha reta e as duas superfícies de extremidade interna 7a, 8a são definidas por linhas retas inclinadas.

[0084] A direção de traço de dente largura do vão 9 no presente exemplo aumenta gradualmente a partir da parte mais profunda 9a ao longo da direção de profundidade de dente. A largura máxima L1 na direção de traço de dente é a distância, ao longo da direção de traço de dente, a partir da extremidade interna de direção de traço de dente 7b do círculo adendo dos primeiros dentes externos 7 para a extremidade interna de direção de traço de dente 8b do círculo adendo dos segundos dentes externos 8.

[0085] A relação

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

[0086] é estabelecida, em que L é a largura a partir da extremidade externa de direção de traço de dente 7c dos primeiros dentes externos 7 para a extremidade externa de direção de traço de dente 8c dos segundos dentes externos 8, e L1 é a largura máxima de direção de traço de dente do vão 9.

[0087] A profundidade da parte mais profunda 9a do vão 9 é definida da seguinte forma. As relações

$$0,9h1 < t1 < 1,3h1 \text{ e}$$

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

[0088] são estabelecidas, em que h_1 é a profundidade de dente dos primeiros dentes externos 7, h_2 é a profundidade de dente dos segundos dentes externos 8, t_1 é a profundidade de direção de profundidade de dente da área de contato de topo 7d dos primeiros dentes externos 7 até a parte mais profunda 9a, e t_2 é a profundidade de direção de profundidade de dente da área de contato de topo 8d dos segundos dentes externos 8 até a parte mais profunda 9a.

[0089] Na engrenagem externamente dentada 4 da engrenagem com onda de tensão do tipo duplo 1, os cortadores de corte de dente usados para cortar os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 são também diferentes entre si. Portanto, o vão 9, que funciona como uma área de folga de corte, é formado na porção central de direção de traço de dente da engrenagem externamente dentada 4; isto é, entre os primeiros dentes externos 7 e os segundos dentes externos 8.

[0090] A maneira na qual o vão 9 é formado tem um efeito proeminente sobre o contato de dente dos primeiros dentes externos 7 em relação aos primeiros dentes internos 2a ao longo da direção de traço de dente, bem como sobre a distribuição de carga de área de contato de dente. A maneira na qual o vão 9 é formado tem de modo similar um efeito proeminente sobre o contato de dente dos segundos dentes externos 8 em relação aos segundos dentes internos 3a ao longo da direção de traço de dente, bem como sobre a distribuição de carga de área de contato de dente.

[0091] Em vista desses pontos, a largura máxima L_1 do vão é definida dentro de uma faixa de 0,1 a 0,3 vezes a largura L da engrenagem externamente dentada, e as profundidades máximas t_1 , t_2 são definidas dentro de uma faixa de 0,9 a 1,3 vezes as profundidades de dente h_1 , h_2 dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 conforme descrito acima. Foi confirmado que a formação do vão 9 dessa maneira torna possível manter a uniformidade nas distribuições de carga de área de contato de dente de direção de traço de dente dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 para

manter um estado satisfatório para o contato de dente dos primeiros e dos segundos dentes externos 7, 8 em relação aos primeiros e aos segundos dentes internos 2a, 3a em cada posição de direção de traço de dente.

[DISTÂNCIA ENTRE CENTROS DE ESFERA DE MANCAL NO GERADOR DE ONDA]

[0092] A distância entre os centros de esfera de mancal do primeiro e do segundo mancais de onda 12, 13 é descrita a seguir em referência à Figura 3.

[0093] No plugue rígido 11 do gerador de onda 5, uma primeira superfície periférica externa com contorno de elipse 11a de largura fixa é formada em um lado da direção de eixo geométrico central, e uma segunda superfície periférica externa com contorno de elipse 11b de largura fixa é formada no outro lado da direção de eixo geométrico central. A primeira superfície periférica externa 11a e a segunda superfície periférica externa 11b são superfícies periféricas externas em formato de elipse que têm o mesmo formato e a mesma fase.

[0094] O primeiro mancal de onda 12 é encaixado na primeira superfície periférica externa 11a em um estado que é flexionado em um formato de elipse, e o segundo mancal de onda 13 é encaixado na segunda superfície periférica externa 11b em um estado que é flexionado em um formato de elipse. O primeiro e o segundo mancais de onda 12, 13 são do mesmo tamanho.

[0095] Os centros de mancal 12a, 13a do primeiro mancal de onda 12 e do segundo mancal de onda 13 estão localizados em posições que são equidistantes, ao longo da direção de largura de dente, a partir da posição central de direção de traço de dente 6a na engrenagem externamente dentada 4. A distância entre centros de esfera de mancal é definida com a finalidade de aumentar correspondentemente com um aumento na largura máxima L1 do vão 9. Adicionalmente, a distância de centro entre esferas Lo é definida com a finalidade de alcançar um valor

dentro da faixa indicado pela seguinte fórmula, Lo sendo a distância entre centros de esfera de mancal.

$$0,35L < Lo < 0,7L$$

[0096] Na técnica anterior, um gerador de onda que tem duas fileiras de mancais esféricos é usado a fim de aumentar a área na qual a engrenagem externamente dentada é sustentada. As duas fileiras de mancais de esfera foram dispostas em relação à porção central de direção de largura de dente da engrenagem externamente dentada, independentemente da distância de centro entre esferas.

[0097] No presente exemplo, a distância de centro entre esferas Lo entre duas fileiras de mancais de onda 12, 13 é aumentada de modo que seja possível aumentar a rigidez para sustentar os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8 que diferem em número, e para aprimorar o contato de dente de cada um dos dentes externos 7, 8 em relação aos dentes internos 2a em cada posição de direção de traço de dente. Especificamente, conforme descrito acima, é adotada uma configuração na qual a distância de centro entre esferas Lo se estende (aumenta) em correspondência com um aumento no comprimento máximo de direção de traço de dente L1 do vão 9, que é formado entre os primeiros e os segundos dentes externos 7,8 e funciona como uma área de folga de cortador. A faixa de aumento da distância de centro entre esferas Lo é definida como 0,35 a 0,7 vezes a largura L da engrenagem externamente dentada 4.

[0098] Isso torna possível dispor o primeiro e o segundo mancais de onda 12, 13 de modo que os centros da esfera sejam posicionados nas posições de direção de traço de dente adequadas em relação a cada um dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 de acordo com a largura do vão que é formado. Isso torna possível sustentar confiavelmente os primeiros e os segundos dentes externos 7, 8, com o uso do primeiro e do segundo mancais de onda 12, 13, em cada posição de direção de traço de dente de cada um dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 (isto é, para aumentar a

rigidez de sustentação do gerador de onda 5).

[0099] Como um resultado, é possível aprimorar o contato de dente dos primeiros e segundos dentes externos 7, 8 em cada posição de direção de traço de dente, e aumentar a resistência à fadiga de fundo de dente dos mesmos. Também é possível ponderar a distribuição de carga de esfera de mancal de cada um dos mancais de onda 12, 13 do gerador de onda 5, e reduzir a carga máxima; portanto, a vida útil do gerador de onda 5 pode ser aprimorada.

[OUTRAS MODALIDADES]

[00100] No exemplo descrito acima, a primeira engrenagem internamente dentada 2 é configurada como uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário, e a segunda engrenagem internamente dentada 3 é configurada como uma engrenagem internamente dentada de lado de acionamento (membro de emissão de rotação reduzida). Entretanto, é possível, em vez disso, configurar a primeira engrenagem internamente dentada 2 como uma engrenagem internamente dentada de lado de acionamento (membro de emissão de rotação reduzida), e configurar a segunda engrenagem internamente dentada 3 como uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário.

REIVINDICAÇÕES

1. Engrenagem com onda de tensão (1) compreendendo:
 - uma primeira engrenagem internamente dentada rígida (2) formada com primeiros dentes internos (2a);
 - uma segunda engrenagem internamente dentada rígida (3) formada com segundos dentes internos (3a), em que a segunda engrenagem internamente dentada (3) é disposta com a finalidade de ser coaxialmente alinhada em paralelo com a primeira engrenagem internamente dentada (2);
 - uma engrenagem externamente dentada flexível (4); e
 - um gerador de onda (5) para flexionar a engrenagem externamente dentada (4) em um formato de elipse;

CARACTERIZADA pelo fato de que

os primeiros dentes externos (7) com capacidade de entrelaçar com os primeiros dentes internos (2a) e segundos dentes externos (8) com capacidade de entrelaçar com os segundos dentes internos (3a) são formados em uma superfície periférica externa de um corpo cilíndrico radialmente flexível (6) da engrenagem externamente dentada (4) flexível, em que os segundos dentes externos (8) diferem em número dos primeiros dentes externos (7), e a engrenagem externamente dentada (4) é disposta coaxialmente dentro da primeira e da segunda engrenagens internamente dentadas (2, 3); e em que

o gerador de onda (5) é configurado para fazer com que os primeiros dentes externos (7) entrelacem parcialmente com os primeiros dentes internos (2a), e fazer com que os segundos dentes externos (8) se entrelacem parcialmente com os segundos dentes internos (3a),

em que uma relação

$$Zf1 = Zf2 + 2n$$

é satisfeita, onde $Zf1$ é o número de primeiros dentes externos (7), $Zf2$ é o número de segundos dentes externos (8), e n é um número inteiro positivo;

em que uma quantidade de flexão radial d , que é uma quantidade de flexão radial dos primeiros e dos segundos dentes externos (8) que são flexionados pelo gerador de onda (5), satisfaz

$$d < d_1, \text{ e}$$

$$d > d_2,$$

em que m_1 é um módulo dos primeiros dentes externos (7), m_2 é um módulo dos segundos dentes externos (8),

n_1 e n_2 são números inteiros positivos, $2n_1$ é uma diferença em número de dentes entre os primeiros dentes externos (7) e os primeiros dentes internos (2a), e $2n_2$ é uma diferença em número de dentes entre os segundos dentes externos (8) e os segundos dentes internos (3a), e

um valor teórico d_1 de uma quantidade pela qual os primeiros dentes externos (7) são radialmente flexionados em posições de eixo geométrico principal e um valor teórico d_2 de uma quantidade pela qual os segundos dentes externos (8) são radialmente flexionados quando a engrenagem externamente dentada (4) é flexionada em um formato de elipse são respectivamente representados por

$$d_1 = m_1 n_1 \text{ e}$$

$$d_2 = m_2 n_2; \text{ e}$$

em que uma relação

$$\alpha_1 > \alpha_2$$

é satisfeita, onde um primeiro ângulo de pressão médio α_1 é a média de ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais de uma área de contato de dente dentro de uma faixa de 50% de um total de profundidade de dente em um perfil de dente dos primeiros dentes externos (7), em que a faixa é centralizada em torno de um círculo de intervalo dos primeiros dentes externos (7), e

onde um segundo ângulo de pressão médio α_2 é uma média de ângulos que são formados por uma linha central de perfil de dente dos

segundos dentes externos (8) e uma linha tangente de perfil de dente que se estende para porções individuais de uma área de contato de dente dentro de uma faixa de 50% de um total de profundidade de dente em um perfil de dente dos segundos dentes externos (8), em que a faixa é centralizada em torno do círculo de intervalo dos segundos dentes externos (8).

2. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o primeiro e o segundo ângulos de pressão médios α_1 e α_2 satisfazem

$$0,29\alpha_1 < \alpha_2 < 0,75\alpha_1.$$

3. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1 **CARACTERIZADA** pelo fato de que a primeira e a segunda espessuras de parede de aro $t(1)$ e $t(2)$ satisfazem

$$t(1) < t(2)$$

onde a primeira espessura de parede de aro $t(1)$ é uma espessura de parede de aro de um aro de fundo de dente dos primeiros dentes externos (7), e a segunda espessura de parede de aro $t(2)$ é uma espessura de parede de aro de um aro de fundo de dente dos segundos dentes externos (8).

4. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o gerador de onda (5) tem:

um plugue rígido (11);

uma superfície periférica externa de contorno em formato de elipse formada (11a) em uma superfície periférica externa do plugue (11);

um primeiro mancal de onda (12) encaixado na superfície periférica externa (11a), em que o primeiro mancal de onda (12) comprehende mancais de esfera para sustentar os primeiros dentes externos (7); e

um primeiro mancal de onda (13) encaixado na superfície periférica externa (11a), em que o primeiro mancal de onda (13) comprehende mancais de esfera para sustentar os segundos dentes externos (8).

5. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a

reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que um vão (9) é formado entre uma superfície de extremidade interna de direção de traço de dente (7a) dos primeiros dentes externos (7) e uma superfície de extremidade interna de direção de traço de dente (8a) dos segundos dentes externos (8), em que o vão (9) tem uma largura prescrita ao longo de uma direção de traço de dente, e em que o vão (9) tem uma parte mais profunda (9a) ao longo de uma direção de profundidade de dente em uma porção central de direção de traço de dente;

em que uma relação

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

é satisfeita, em que L é uma largura a partir de uma extremidade externa de direção de traço de dente dos primeiros dentes externos (7) para uma extremidade externa de direção de traço de dente dos segundos dentes externos (8), e L1 é uma largura máxima do vão (9) ao longo da direção de traço de dente; e

em que as relações

$$0,9h1 < t1 < 1,3h1 \text{ e}$$

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

são satisfeitas, em que h1 é uma profundidade de dente dos primeiros dentes externos (7), h2 é uma profundidade de dente dos segundos dentes externos (8), t1 é uma profundidade de direção de profundidade de dente a partir de uma área de contato de topo de dente dos primeiros dentes externos (7) até a parte mais profunda (9a), e t2 é uma profundidade de direção de profundidade de dente a partir de uma área de contato de topo de dente dos segundos dentes externos (8) até a parte mais profunda (9a).

6. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 5, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o gerador de onda (5) tem um primeiro mancal de onda (12) que comprehende um mancal esférico para sustentar os primeiros dentes externos (7), e um primeiro mancal de onda (13) que comprehende um mancal esférico para sustentar os segundos

dentes externos (8);

em que os centros de esfera de mancal do primeiro mancal de onda (12) e do primeiro mancal de onda (13) estão localizados em posições que são equidistantes, ao longo da direção de traço de dente, a partir de um centro de direção de traço de dente do vão (9); e

em que, onde uma distância de centro entre esferas Lo é uma distância entre os centros de esfera de mancal do primeiro e do primeiro mancal de onda (13),

a distância entre esferas é definida com a finalidade de aumentar correspondente com um aumento na largura máxima $L1$ do vão (9), e satisfaz uma relação

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

7. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o número dos primeiros dentes externos (7) difere do número dos primeiros dentes internos (2a), e

o número de segundos dentes externos (8) difere do número de segundos dentes internos (3a).

8. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o número de primeiros dentes externos (7) é menor do que o número de primeiros dentes internos (2a), e

o número de primeiros dentes internos (2a) e o número de segundos dentes internos (3a) são iguais entre si.

9. Engrenagem com onda de tensão (1), de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o gerador de onda (5) é um elemento de inserção de rotação; e

uma dentre a primeira engrenagem internamente dentada (2) e a segunda engrenagem internamente dentada (3) é uma engrenagem internamente dentada de lado estacionário presa com a finalidade de não girar, e a outra dentre a primeira engrenagem internamente dentada (2) e a

segunda engrenagem internamente dentada (3) é uma engrenagem internamente dentada de lado de acionamento que é um elemento de emissão de rotação reduzida.

FIG. 1(a)

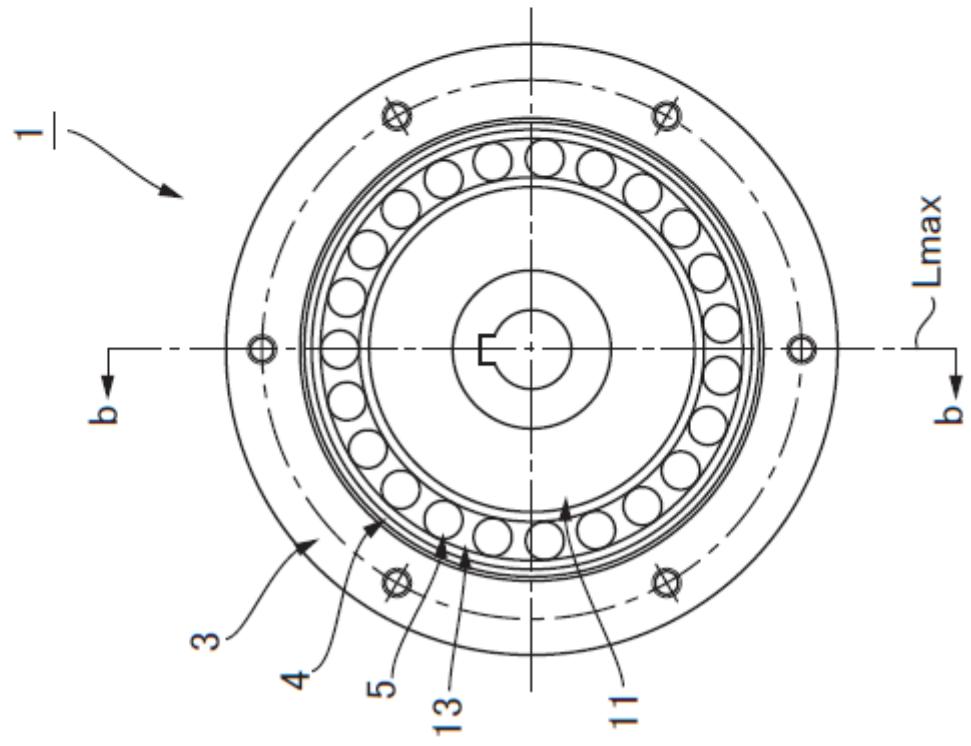


FIG. 1(b)

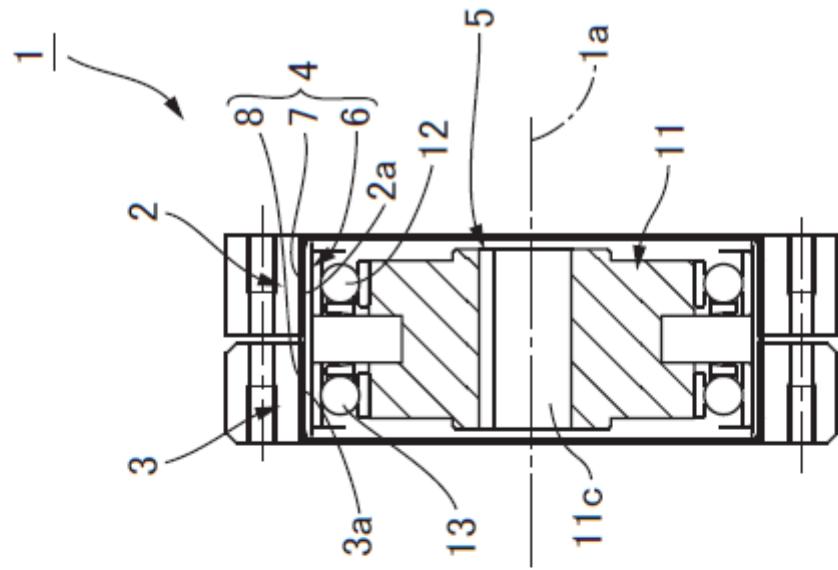


FIG. 2

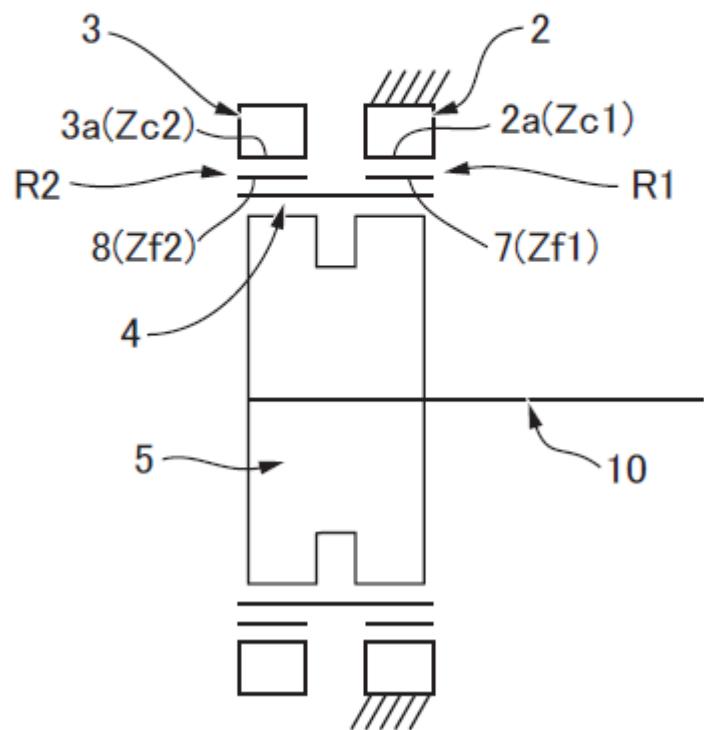


FIG. 3

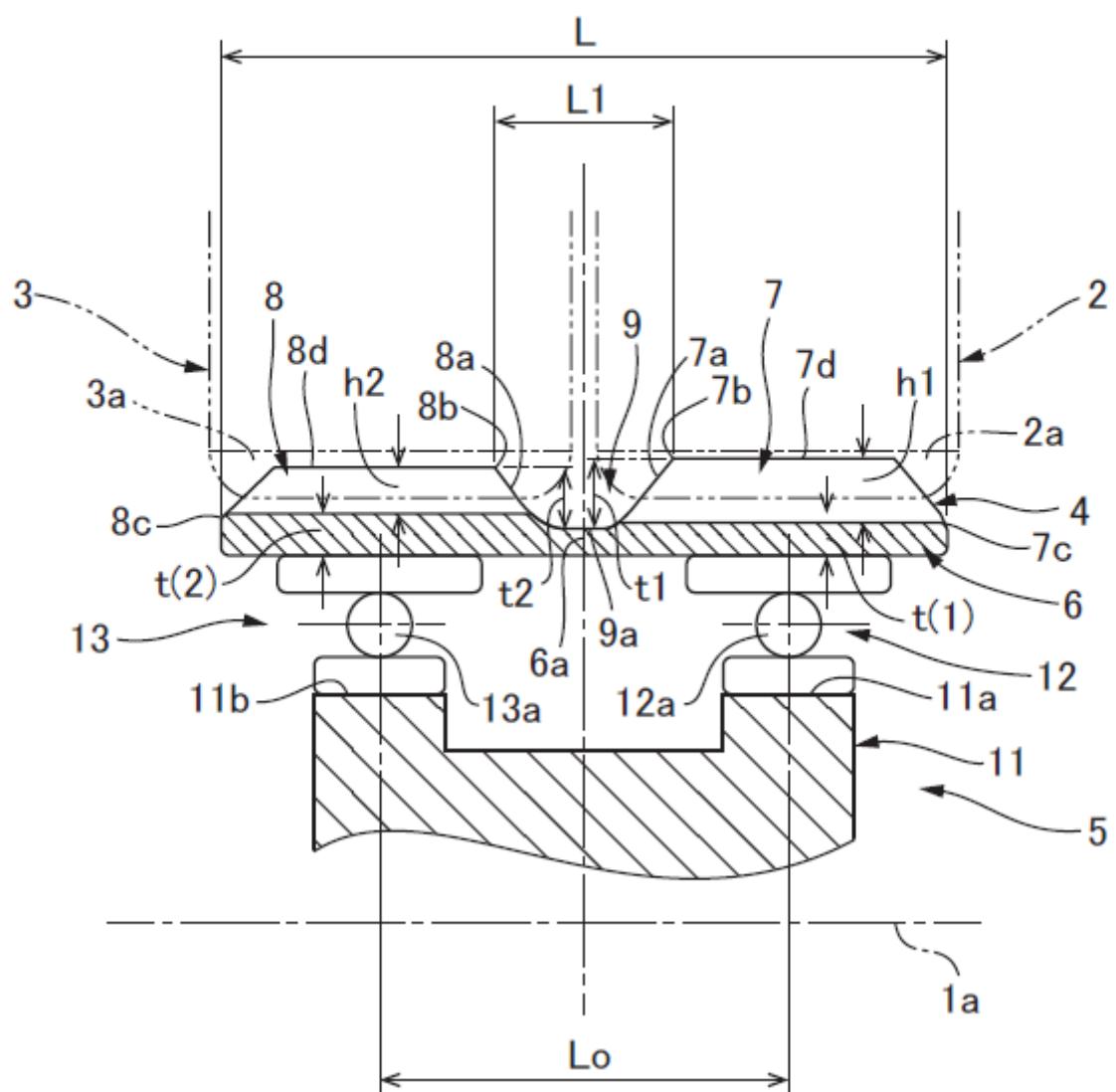


FIG. 4(a)

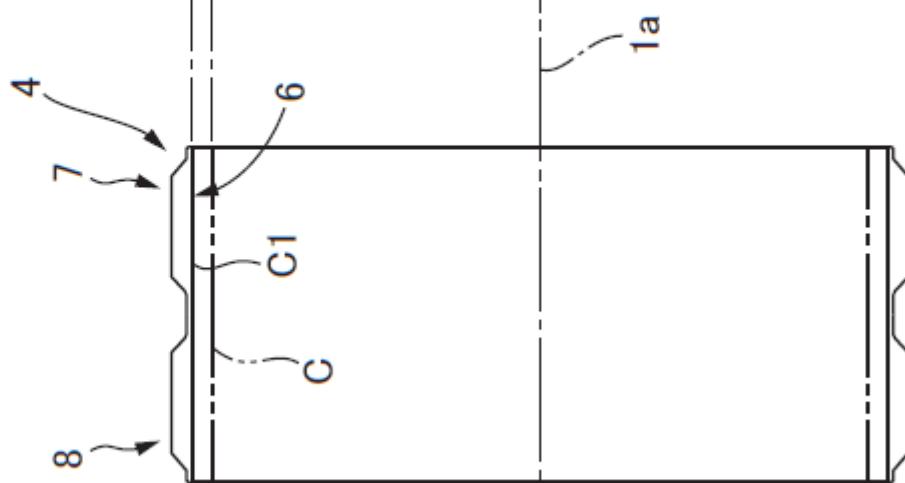


FIG. 4(b)

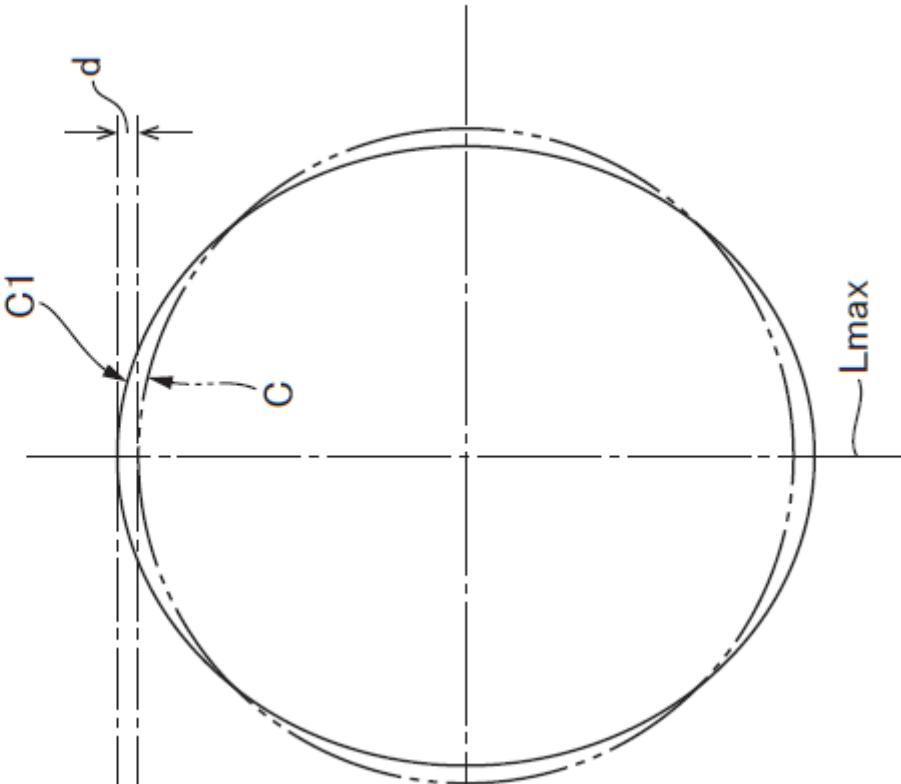


FIG. 5(b)

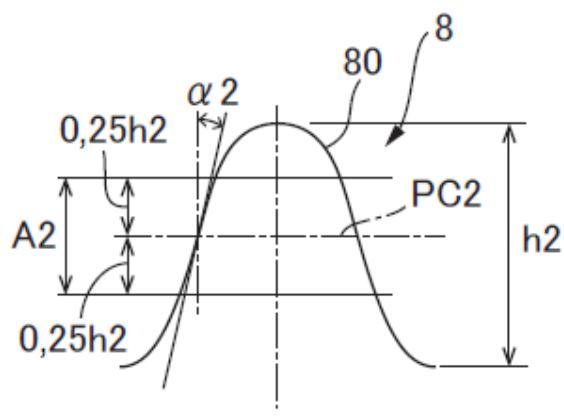


FIG. 5(a)

