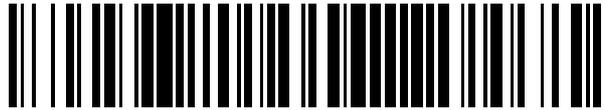


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 437**

51 Int. Cl.:

F04C 2/08 (2006.01)

F04C 2/10 (2006.01)

F16H 55/08 (2006.01)

F16H 61/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2012 E 12708268 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2015 EP 2678564**

54 Título: **Procedimiento para la generación de la forma de diente de una rueda interior y una rueda exterior de una máquina de ruedas dentadas, así como rueda dentada generada por dicho procedimiento**

30 Prioridad:

22.02.2011 DE 102011000880

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

05.08.2015

73 Titular/es:

**NIDEC GPM GMBH (100.0%)
Schwarzbacher Strasse 28
98673 Auengrund /OT Merbelsrod, DE**

72 Inventor/es:

BLECHSCHMIDT, ANDREAS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 542 437 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la generación de la forma de diente de una rueda interior y una rueda exterior de una máquina de ruedas dentadas, así como rueda dentada generada por dicho procedimiento

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la generación de las formas de diente tanto de la rueda interior como de la rueda exterior de una máquina de ruedas dentadas (también denominada gerotor), en particular de una bomba de rueda dentada. Además, la invención se refiere a una rueda dentada de una máquina de ruedas dentadas que presenta tal dentado.

10 Las máquinas de ruedas dentadas (máquinas gerotor) poseen una rueda interior y una rueda exterior que están provistas, respectivamente, de dientes y huecos entre dientes distribuidos regularmente en el contorno. Los ejes de giro de la rueda interior y de la rueda exterior están desplazados excéntricamente entre sí. La rueda interior posee por lo general exactamente un diente menos que huecos entre dientes están previstos en el dentado interior de la rueda exterior. Hoy en día las máquinas de ruedas dentadas se utilizan habitualmente como bombas de rueda dentada, por ejemplo, en vehículos como la bomba principal del motor de combustión interna. La cámara de desplazamiento formada por los huecos entre dientes y las paredes de la carcasa varía con la rotación de las ruedas dentadas, de manera que se provoca el transporte del fluido hidráulico. El volumen transportado por revolución es en este caso constante. Los dientes de la rueda interior dentada por fuera son formados así habitualmente según diversas especificaciones de formación del comportamiento de rodadura de la rueda exterior. Tal especificación de formación conocida es por ejemplo el movimiento del contorno de generación según las leyes de las curvas epicicloides en un círculo primitivo fijado.

20 Las geometrías elegidas tienen una influencia considerable sobre el comportamiento de transporte, el grado de eficiencia, la estabilidad de marcha y el desgaste de una máquina de ruedas dentadas. En la construcción se pueden configurar en particular las formas de diente, la excentricidad de los ejes de giro de las dos ruedas dentadas y la holgura que queda entre los sectores de diente individuales sin dependencia directa de las condiciones exteriores que son predeterminadas por la unidad de accionamiento conectada.

25 Por el documento US 3,709,055 son conocidos perfiles de diente para ruedas dentadas que presentan cabezas de diente con forma circular y perfiles de pie de diente con forma circular que están unidos entre sí por flancos rectos. Por este documento es conocido también un procedimiento para generar perfiles dentados de este tipo que pueden ser empleados por ejemplo en máquinas de ruedas dentadas. Sin embargo, con el método allí propuesto no se consigue, o a lo sumo en límites muy estrechos, un objetivo esencial de una máquina de ruedas dentadas, concretamente en el curso del movimiento entre las dos ruedas dentadas realizar en cualquier momento una célula de transporte geoméricamente cerrada. Esto último es de especial importancia para el grado de eficiencia de la bomba de ruedas dentadas y las presiones alcanzables.

30 En el documento US 2,960,884 se describen igualmente máquinas de ruedas dentadas y posibilidades para la determinación de la geometría de diente. El método de generación de diente especificado es especialmente adecuado para conseguir un curso de movimiento semejante a una evolvente entre geometrías de diente acopladas funcionalmente. El objetivo principal mencionado antes de una máquina de ruedas dentadas, concretamente que la estanqueidad de la célula de transporte permanezca igual en el curso del movimiento a través de todo el ángulo de giro, se puede lograr con este método solo de forma limitada.

40 En el documento JP 10-205458 A se indica un procedimiento para la determinación de la geometría de diente de una bomba de rueda dentada. Para este propósito, el diente de una rueda exterior será descrito por arcos de círculo acoplados, con lo que puede ser generado el dentado de la rueda interior. La definición de geometrías especiales de los dentados con destalonados o por ejemplo para el descenso de la presión de Hertz no es posible o lo es solo de forma muy restringida por la limitación a la descripción de la forma del diente por medio de un número definido de arcos de círculo.

45 Por los documentos EP 1 340 913 B1 y DE 102 08 408 A1 es conocida una máquina de ruedas dentadas que se utiliza como bomba de rueda dentada. En este caso es un objetivo prioritario optimizar la geometría de las ruedas dentadas para reducir el ruido durante el funcionamiento de la bomba. Las cabezas de diente y los pies de diente empleados tienen para ello una geometría que está descrita por curvas de segundo o mayor orden, en la que los pies de diente o los flancos de los pies de diente están formados por arcos de círculo. Para la determinación de los contornos de perfil de los dentados, se propone especificar el dentado interior del rotor exterior como dentado maestro. El contorno de perfil del pie de diente del rotor interior es derivado del contorno de perfil de la cabeza de diente del dentado interior cinemáticamente de acuerdo con la ley de engranaje, mientras que el contorno del perfil de la cabeza de diente es obtenido de las secciones de envolvente del contorno del perfil de pie de diente del dentado interior. Los puntos de apoyo de las líneas poligonales que representan los pies de diente del dentado exterior son determinadas con la ley de engranaje, mientras que los puntos de apoyo de las funciones spline que representan las cabezas de diente del dentado exterior son determinadas con un método de secciones envolventes. Las investigaciones han mostrado, sin embargo, que las formas de diente que pueden ser generadas de esta manera conducen a limitaciones respecto al grado de eficiencia y las condiciones de flujo en la máquina de ruedas

dentadas. Igualmente desfavorable es la definición rígida del redondeado del pie que actúa por ejemplo de forma limitativa para la formación de una cámara de recogida de suciedad.

5 El documento US 5,030,072 muestra un procedimiento para el diseño de la forma de diente de una máquina de ruedas dentadas, en el que en primer lugar es fijada una distancia de leva radial para a continuación modificar de forma iterativa un radio de leva hasta que una distancia de punto individual y una distancia de doble punto sean igual a la distancia entre levas especificada.

10 El documento DE 30 26 222 A1 muestra una bomba de rueda dentada en la que la forma teórica de diente del piñón está determinada por la rodadura del círculo de rodadura del piñón sobre el círculo de rodadura de la rueda hueca. En este caso, para el diseño de la forma de diente del piñón se parte de una forma determinada del dentado. El procedimiento solo puede ser aplicado para esta forma particular de diente.

El documento US 2,666,336 muestra un procedimiento para el diseño de dentados de rotoides, que en contraste con los geroteros (máquinas de ruedas dentadas) tienen otras relaciones de dientes. Como punto de partida sirven un círculo exterior de diámetro A y un círculo de piñón de diámetro B de los que resulta la excentricidad E.

15 En el artículo "Design of deviation-function based gerotors", Shih-Hsi Tong et. al., Mechanism and Machine Theory 44 (2009) 1595-1606, se explica un procedimiento de un nuevo tipo para generar perfiles de gerotor. Este procedimiento se basa en el uso de funciones de desviación, sin embargo, requiere complicados cálculos y etapas de construcción y puede conducir a problemas de dimensionamiento, en particular en caso de destalonados.

20 El documento EP 1 462 653 A1 muestra una bomba de rueda dentada interior con un rotor interior y con un rotor exterior. El rotor interior presenta un perfil de diente con una pieza de pié formada por una hipocicloide. El rotor interior y el rotor exterior presentan una excentricidad e entre sí, adoptando la distancia entre rotores el valor máximo t. El rotor exterior tiene un perfil de diente que es determinado partiendo del perfil de diente del rotor interior. Para ello es girado el rotor interior en torno al centro del rotor exterior. En este caso, el rotor interior gira en torno a su eje $1/n$ veces (n = número de dientes), mientras que el centro del rotor exterior realiza una vuelta en la trayectoria giratoria. En este movimiento es descrita una curva envolvente por el perfil de diente del rotor interior que es utilizada como perfil de diente del rotor exterior.

30 Un objeto de la presente invención consiste en partiendo del estado de la técnica indicar un procedimiento para la generación de formas de diente de la rueda interior y la rueda exterior de una máquina de ruedas dentadas, en particular una bomba de rueda dentada, que se pueda realizar fácilmente, no presuponga un conocimiento profundo sobre las relaciones matemáticas y proporcione al constructor un gran margen de dimensiones para poder satisfacer muy diferentes requisitos en la máquina de ruedas dentadas a ser generada. En este caso se pretende poder prescindir de la descripción habitual hasta ahora de los contornos de diente por cicloides, elipses, evolventes, arcos de círculo u otros segmentos de curva matemáticamente fáciles de describir, ya que estos limitan las posibles geometrías de las formas de diente. Al mismo tiempo, las formas de diente a ser generadas deben poder ser descritas con suficiente exactitud con los medios técnicos disponibles actualmente, por ejemplo sistemas CAD y CAM, para posibilitar una fabricación automatizada de las correspondientes ruedas interior y exterior con las máquinas- herramienta existentes.

El objeto antes mencionado se consigue por un método de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

40 La invención se basa en el conocimiento esencial de que las formas de diente de la rueda interior y la rueda exterior se pueden generar por la descripción o realización de un movimiento relativo entre las dos ruedas si se mantienen algunos parámetros o condiciones iniciales fáciles de definir. Por tanto, para la generación de la forma de diente es realizado o modelizado matemáticamente un movimiento relativo entre la rueda interior y la rueda exterior, con la ayuda de la referencia angular de este movimiento relativo y una excentricidad predeterminada entre los ejes de giro de las ruedas y un círculo primitivo de diseño definido previamente en la rueda exterior.

45 Básicamente, el procedimiento se puede realizar a partir de la geometría de partida de la rueda exterior. A menos que se indique lo contrario a continuación, las explicaciones se refieren a un ejemplo en el que la rueda exterior es considerada como primera rueda dentada cuya geometría de partida es elegida. Hay que determinar igualmente un número de dientes de la rueda exterior necesariamente como parte de la geometría de partida. Esta fijación necesaria está influenciada por la elección de la excentricidad y el tamaño de la bomba (círculo primitivo). El número de dientes de la rueda exterior se puede determinar también en este caso por el número deseado de dientes de la rueda interior (número de dientes de la rueda interior + 1). Parte de la geometría de partida que se determina es también el radio del círculo primitivo (de la rueda exterior), que habitualmente se entiende como valor medio entre el radio en la cabeza de diente y aquel en el pie del diente (círculo primitivo = distancia de centro de diente a centro de diente en el círculo de paso). La realización del movimiento que genera el contorno de la forma de diente se lleva a cabo preferentemente con ayuda de ordenador en un modelo CAD. Aquí, la geometría de generación provisional como curva envolvente es girada paso a paso manteniendo la condición de movimiento explicada a continuación para la generación y evaluación del diente opuesto (en la segunda rueda dentada).

Además, para la presente invención es decisivo que por la repetición varias veces del curso de movimiento mencionado antes, en caso de condiciones de partida que varíen en cada caso, se puede conseguir una optimización gradual de las formas de diente. Esto se produce, por ejemplo, en el marco de un proceso iterativo para satisfacer uno o varios de los criterios de calidad determinados antes por la forma de diente generada en cada caso o aproximar estos criterios de calidad tanto como sea posible. Como criterios de calidad se pueden considerar todos los requisitos pensables en la máquina de ruedas dentadas a generar, por ejemplo, el grado de eficiencia, el volumen de transporte, la presión máxima alcanzable, una medida de resquicio mínima que quede entre la rueda interior y la rueda exterior, o incluso una conformación fijada en determinados sectores de la geometría del diente, con lo cual se puede influir esencialmente, por ejemplo, en el comportamiento de ruido de la máquina de ruedas dentadas.

Para llevar a cabo el procedimiento según la invención, en una primera etapa es fijada una geometría de partida de la rueda exterior que describe esta totalmente. A eso hay que añadir además de la anchura del diente y del número de dientes un círculo primitivo provisional y el radio de círculo primitivo en la rueda exterior. En el caso de realización del procedimiento por software esta determinación se hace utilizando las funciones existentes en los programas CAD convencionales. En la fijación de la geometría de partida, el experto puede partir de formas de rueda dentada conocidas por el estado de la técnica o seleccionar libremente en límites amplios una forma de rueda dentada de la que se esperen buenos resultados para conseguir uno o varios parámetros especiales pretendidos (criterios de calidad) de la máquina de ruedas dentadas que hay que dimensionar. La geometría de partida debe simplemente asegurar que con ella se puede formar esencialmente una máquina de ruedas dentadas.

Además, es necesario para la optimización de las formas de rueda dentada a realizar que se defina al menos un criterio de calidad de la máquina de ruedas dentadas, cuyo cumplimiento represente un objetivo en el diseño de las ruedas dentadas o de las formas de diente que se van a emplear en estas. Un posible criterio de calidad, pero no siempre necesario, sería tener en cuenta, por ejemplo, la constancia continua de la holgura de la cabeza de diente a través del ángulo de giro. Principalmente el comportamiento de holgura de la cabeza en la zona de máxima proximidad del círculo de cabeza en la rueda interior y el círculo del pie en la rueda exterior.

Cabe señalar que la determinación de la geometría de partida puede realizarse, o bien por la generación de una geometría adaptada al dentado objetivo a conseguir que comprenda tanto la cabeza del diente como la zona del pie del diente, o preferentemente la descripción matemática de una rueda exterior completa. Es suficiente ya para la fijación de la geometría de partida la descripción completa de al menos un semiperiodo de diente del dentado exterior. El dentado respectivo en la rueda exterior es recurrente a lo largo del contorno de la rueda, consistiendo un periodo de diente, respectivamente, en un diente y un hueco entre dientes. Tanto el diente como el hueco entre dientes son simétricos en sí, de modo que la geometría completa de la rueda dentada está descrita por la indicación de un curso de curva dentro de un semiperiodo de diente. Por reflexión de este curso de curva puede ser completado el periodo de diente, que se repite posteriormente varias veces en el contorno de la rueda dentada.

La geometría de partida que se fija comprende también los datos necesarios para la determinación del radio de la rueda dentada, siendo bien conocidas para el experto las relaciones geométricas y por tanto no necesitan ser descritas en detalle. Después de que son fijados los valores de partida antes mencionados, es realizado con la geometría de partida de la primera rueda un movimiento de acuerdo con la siguiente condición de movimiento básica: la primera rueda dentada (rueda exterior) o un sector de curva envolvente que describe la geometría de partida completa un movimiento de giro alrededor de su propio (primer) eje de giro; simultáneamente un movimiento de revolución en torno al eje de giro de la segunda rueda dentada aún no definida (rueda interior), cuya posición respecto al primer eje de giro es determinada por la excentricidad prefijada antes (distancia entre los dos ejes de giro A, B). Durante este doble movimiento hay que mantener continuamente la siguiente relación angular:

$$b = a \times Z$$

donde

a = ángulo de rotación de la primera rueda dentada (rueda exterior)

b = ángulo de rotación de la excentricidad

Z = número de dientes en la primera rueda dentada (rueda exterior)

Si es fijada la geometría de partida del dentado interior de la rueda exterior, entonces se realiza un movimiento de giro de la rueda exterior con un determinado ángulo de rotación respecto a la rueda interior, cuya geometría de diente no es conocida al principio. Para facilitar la comprensión hay que indicar que en el caso más simple es realizado un movimiento de revolución completo de la rueda exterior alrededor de la rueda interior, durante el cual es registrado el curso realizado por la geometría de partida. El curso de la trayectoria de los sectores de curva envolvente de la geometría de partida representa en este caso la forma de diente opuesta del dentado exterior de la rueda interior. La curva envolvente de la geometría de partida representa en este caso la suma de todos los sectores de curva envolvente en la zona de movimiento mínima predeterminada.

- 5 Considerado con más precisión el movimiento de revolución, sin embargo, no tiene que realizarse necesariamente con una revolución completa ya que para la determinación del contorno de la forma del diente resultante de la segunda rueda dentada (aquí la rueda interior) es suficiente de igual modo, que al menos se describa un semiperiodo de la secuencia diente-hueco entre dientes. Por consiguiente, el movimiento de revolución de la rueda dentada debe llevarse a cabo al menos con un ángulo de rotación b que corresponde a un semiperíodo de diente de la segunda rueda dentada opuesta a la primera rueda dentada. Este ángulo de rotación b , manteniendo la condición de formación descrita, genera automáticamente el número de dientes de la rueda interior, que esencialmente es uno menos que el número de dientes de la rueda exterior, de manera que el al menos ángulo de rotación mínimo que se va a emplear puede ser determinado fácilmente.
- 10 Después de realizar el doble movimiento explicado se tienen la geometría de partida de la primera rueda dentada fijada al principio, así como un primer contorno de forma de diente generado y registrado, y con ello una geometría esencialmente posible de la segunda rueda dentada. Por regla general, el criterio de calidad igualmente fijado tras la primera etapa aun no se ha alcanzado. Según la invención, por tanto, la geometría de partida de la primera rueda dentada es modificada en al menos un parámetro en una dirección (en principio discrecional). Preferiblemente para la modificación pueden predeterminarse condiciones límite y/o establecerse relaciones para modificaciones que tengan sentido. Por ejemplo, la anchura del diente de la primera rueda dentada puede ser modificada en un 10% para adaptarse a la geometría de partida para la siguiente etapa de procedimiento. Como alternativa o de forma adicional, para la variación de la geometría de partida de la primera rueda dentada puede también ser modificada la excentricidad entre los ejes de giro de las dos ruedas dentadas, lo que también tiene influencia sobre el contorno de forma del diente resultante. Ventajosamente, sin embargo, se parte aquí de un valor fijo de la excentricidad. El valor objetivo perseguido es en este caso una forma de diente funcionalmente optimizada con simultáneamente un círculo primitivo mínimo y eventualmente un número de dientes máximo.
- 15 20 En la siguiente etapa de procedimiento, basándose en las condiciones de partida modificadas, es realizado de nuevo el doble movimiento de la primera rueda dentada en torno a la segunda rueda dentada y en torno a su propio eje de giro, manteniendo la condición de movimiento o angular, como se describió anteriormente. Se forma así un segundo contorno de forma de diente que se desvía del primer contorno de forma de diente obtenido en las etapas anteriores, de manera que a continuación puede ser realizada una comprobación de cuál de los dos contornos de forma de diente determinados satisface mejor el criterio de calidad definido. Finalmente, pueden ser repetidas de forma iterativa las etapas mencionadas antes para aproximar los contornos de forma de diente a un óptimo perseguido con respecto al criterio de calidad.
- 25 30 Como resultado de la generación u optimización descrita anteriormente de formas de diente en la rueda interior y la rueda exterior de una máquina de ruedas dentadas se tienen por regla general contornos de forma o geometrías de diente que se pueden representar solamente por funciones spline de orden superior (por ejemplo, de orden 3). En realidad, con el procedimiento descrito en el caso más simple se genera también aproximadamente una forma de diente, como puede ser conseguida igualmente por procedimientos convencionales, sin embargo, pueden ser generadas también formas de dientes que se diferencien del estado de la técnica que son fáciles de optimizar para diferentes aplicaciones, aunque ya no pueden ser representadas con métodos tradicionales. Con la ayuda de las funciones spline mencionadas los contornos pueden ser descritos además matemáticamente, de modo que puedan ser utilizados en los programas de procesamiento de datos disponibles, en particular para mayor optimización y para el control de máquinas-herramienta.
- 35 40 Una ventaja del procedimiento según la invención consiste, por tanto, en que a diferencia del uso clásico de las curvas de rodadura (cicloide) para la descripción de formas de diente que ruedan para la generación de la cicloide en el círculo primitivo del dentado y que forman un lado de un contorno de dentado, no se presupone un acoplamiento forzoso respecto al círculo primitivo como condición para generar la forma.
- 45 50 Puesto que por el procedimiento según la invención en cada ciclo, partiendo de una geometría de partida predeterminada de una primera rueda dentada, es generado el contorno de forma de diente completo de la rueda interior y la rueda exterior, los contornos de forma de diente o geometrías que se producen, por un lado, y el comportamiento de rodadura o deslizamiento del dentado de ambas ruedas dentadas, por otro lado, pueden ser sometidos a una valoración, es decir una comparación con un criterio de calidad. En caso de una elección adecuada de los criterios de calidad pueden también de esta forma ser generados dentados de gerotor con valores de excentricidad relativamente grandes. Así, el cumplimiento de la condición de movimiento anteriormente mencionada asegura un curso de movimiento armónico entre el dentado interior y el exterior, así como un curso cinemáticamente armónico con alta eficiencia.
- 55 60 Especialmente cuando se utiliza la máquina de ruedas dentadas como bomba de rueda dentada, el procedimiento según la invención posibilita el dimensionamiento con grandes excentricidades, con lo que pueden ser formadas cámaras de bombeo de flujo optimizado que producen una mejora de la potencia de bombeo con alto número de revoluciones. El procedimiento puede ser utilizado esencialmente para diferentes formas de diente, números de dientes, excentricidades y radios del círculo primitivo. Es ventajoso además que no tienen que adoptarse otras medidas especiales para adaptar los extremos de los sectores de curvas individuales, que habitualmente se emplean para describir la forma del diente, en su comportamiento de transición a condiciones matemáticas de la

descripción utilizada. En lugar de ello, los cursos de las curvas resultan completamente debido al ciclo explicado en la optimización de la forma de diente. La descripción matemática de la geometría resultante se lleva a cabo por funciones spline de orden superior, de modo que por lo general ya con funciones spline de orden 3 se puede conseguir una precisión suficiente para los requisitos prácticos.

- 5 De acuerdo con una forma de realización preferida se pueden fijar varios criterios de calidad, cuyo cumplimiento es comprobado paralelamente en la valoración de varios contornos de forma de diente generados. Por ejemplo, además de un volumen mínimo a transportar también puede ser determinada una especificación para las relaciones de fuerzas que se ajusten entre los flancos de los dientes opuestos. De esta manera existe la posibilidad de reducir la presión de Hertz, por ejemplo por aumento de los radios de contacto locales (arcos).
- 10 También es ventajoso si ya en la determinación de la geometría de partida de una primera rueda dentada, la descripción del contorno de diente no se realiza como en el estado de la técnica con arcos de círculo, elipses o segmentos de funciones trigonométricas y evolventes, sino que en lugar de ello la geometría de partida es determinada por una función spline variable, preferiblemente de orden 3. Con el software estándar (por ejemplo, Inventor, Catia, Pro-E y UG) se pueden describir funciones spline de este tipo y pueden variar por los bucles de optimización adecuados descrita.
- 15

Otras ventajas, formas de realización y detalles resultan de la siguiente descripción de un modo preferido para llevar a cabo el procedimiento según la invención con referencia al dibujo. Muestran:

- Fig. 1, un diagrama de flujo de las etapas esenciales para la realización del procedimiento según la invención de acuerdo con una primera forma de realización;
- 20 Fig. 2, una representación esquemática de una máquina de ruedas dentadas con una rueda interior dentada externamente y una rueda exterior dentada interiormente, así como los parámetros geométricos marcados;
- Fig. 3, una representación de detalle de un diente de la rueda interior durante un tramo de movimiento a través de hueco entre dientes de la rueda exterior;
- 25 Fig. 4, una representación esquemática del curso del movimiento para la generación del contorno de la forma de diente en un primer instante al inicio del movimiento; y
- Fig. 5, una representación esquemática del curso de movimiento para la generación del contorno de la forma de diente en un segundo instante al final del movimiento.

- 30 La siguiente descripción de las etapas esenciales y preferidas del procedimiento según la invención se realiza con referencia a la Fig. 1, en la que está resumido el curso del procedimiento, así como con referencia simultánea a las figuras 2 y 3, en las que están dibujados detalles geométricos importantes de los dientes de una máquina de ruedas dentadas.

- Esencialmente por el procedimiento según la invención se persigue la generación de formas de diente de una máquina de ruedas dentadas, de modo que la máquina de ruedas dentadas presenta una rueda interior 1 con un dentado exterior, así como una rueda exterior 2 con un dentado interior, como elementos principales. En el caso de una aplicación típica, la rueda interior puede estar colocada sobre un eje de transmisión de un agregado de accionamiento, mientras que la rueda exterior 2 está montada de forma giratoria en una carcasa (no representada). En el funcionamiento, la rueda interior 1 gira alrededor de un primer eje de giro A, mientras que la rueda exterior 2 puede girar en torno a un segundo eje de giro B. Los ejes de giro A, B están desplazados o distanciados entre sí la magnitud de una excentricidad e. Además, durante el funcionamiento de la máquina de ruedas dentadas la rueda exterior 2 se mueve en un movimiento de revolución en torno al primer eje de giro A, es decir, la excentricidad e gira alrededor del punto de giro a través del cual se extiende el primer eje de giro A. En la Fig. 3 se puede reconocer el típico contorno de forma de diente de un diente individual de la rueda interior 1, así como un hueco entre dientes complementario de la rueda exterior 2 en una representación de detalle a escala ampliada. Allí están dibujadas también las condiciones geométricas que son necesarias para la definición de la geometría de partida. En la Fig. 3 está dibujada la máxima elevación del diente en R_A+e , así como la profundidad mínima del hueco entre dientes en R_A-e . Finalmente, también el ancho máximo de cabeza de diente, así como un ancho de cabeza de diente eventualmente tallado en caso de dientes apretados son importantes para la fijación de la geometría de partida. Las características geométricas individuales del contorno de la forma de diente se discutirán más adelante.
- 35
- 40
- 45

- 50 El círculo primitivo de la rueda interior se genera automáticamente por las relaciones funcionales que se derivan del círculo primitivo de la rueda exterior por la siguiente regla:

$$R_i = R_A - 2e$$

donde

R_A = círculo primitivo de la rueda exterior

R_i = círculo primitivo de la rueda interior

e = excentricidad entre los ejes de giro

Para la descripción de la geometría de partida son importantes las siguientes relaciones:

$$Z_{tw} = 360^\circ/Z$$

5 en donde

Z_{tw} = ángulo de paso de dientes en la rueda exterior

$$K_{tw} = Z_{tw} \cdot g$$

donde

K_{tw} = ángulo de paso de pie de diente en la rueda exterior

10 g = paso de dientes/relación de los anchos del pie,

preferentemente de 0,08 a 0,13

$$W_{ef} = 0,5Z_{tw}$$

en donde

W_{ef} = ángulo de flanco de generación

15 $E_{fv} = W_{ef}/K_{tw} = h$

donde

E_{fv} = relación de ángulo de flanco de generación

h = relación entre ancho de cabeza/ancho de pie

preferentemente de 3 a 5,5

20 En el ejemplo representado en la Fig. 3 fue generado un diente con forma de lóbulo en la rueda interior. La forma del lóbulo puede ser definida por el ángulo de lóbulo d . Una zona de la geometría representada aplanada en el diente de la rueda interior representa el resultado de una optimización de la geometría del diente. Esta zona sirve para la reducción parcial de la presión de Hertz en la zona de contacto para el dentado en la rueda exterior. Esta zona es cargada altamente de acuerdo a la experiencia durante la introducción del momento de giro y en caso de altas presiones hertzianas puede conducir a un posible desgaste

25 Las figuras 4 y 5 muestran a modo de ejemplo dos sectores en la generación de una forma de diente. Para la realización del procedimiento según la invención en una primera etapa es fijada una geometría de partida de una primera rueda dentada. Como primera rueda dentada puede ser fijada la rueda exterior. La geometría de partida puede ser completamente definida por la descripción de un semiperiodo de diente. En la Fig. 4 está representado a modo de ejemplo un sector de la rueda exterior 2, que consiste en medio diente y medio hueco entre dientes como contorno 6 de la rueda exterior (línea enteramente trazada). Preferiblemente, este sector de la geometría de partida es definido por una función spline 4 de orden 3 con por ejemplo ocho puntos de apoyo. La función spline 4 que describe la geometría de partida es encerrada por dos líneas angulares que se extienden radialmente (o líneas de limitación de paso) que discurren distanciadas entre sí medio período de diente. El ángulo W_{ef} encerrado entre las líneas angulares (Fig. 2) se denomina ángulo de flanco de generación. La función spline 4 se extiende en sus dos extremos perpendicularmente a las líneas angulares. En la dirección radial la función spline 4 está limitada por la relación entre el círculo primitivo de la rueda exterior R_A y la excentricidad e (Fig. 3). En la rueda interior opuesta, por el movimiento debe ser generado un contorno 7 de rueda interior cuya primera conformación aún en formación está representada con línea de trazos.

40 Además de la geometría de partida al inicio del procedimiento debe ser fijada además la excentricidad e entre el eje de giro A de la rueda interior 1 y el eje de giro B de la rueda exterior 2, así como al menos un criterio de calidad como condición marginal, que debe satisfacer la máquina de ruedas dentadas a ser generada.

45 Como ya se ha explicado anteriormente en general, en la siguiente etapa del procedimiento es realizado un movimiento de giro de la geometría de partida predefinida 6 de la rueda exterior 2 alrededor de su propio eje de giro B, así como al mismo tiempo un movimiento de revolución en torno al eje de giro A de la rueda interior 1 a ser formada. Durante este movimiento doble debe mantenerse según la invención la siguiente condición de movimiento general:

$$b = a \times Z$$

en donde en el ejemplo descrito aquí

a = ángulo de rotación de la rueda exterior

b = ángulo de rotación de la excentricidad

5 Z = número de dientes en la rueda exterior

10 Para la descripción completa del contorno del diente en la segunda rueda dentada esencialmente es suficiente que el movimiento de giro relativo se realice a través de al menos la mitad de un periodo de diente de la segunda rueda dentada, de modo que la geometría de partida fijada anteriormente, es decir la curva envolvente, que describe al menos un semiperíodo de diente en la primera rueda dentada predefinida, se mueva a lo largo de una trayectoria que describe el contorno de diente de la segunda rueda dentada opuesta.

15 La Fig. 5 muestra la situación en un momento posterior después de la realización del movimiento doble. La excentricidad e, y con ella el contorno 6 de rueda exterior fue aquí basculado un ángulo de rotación $b = 707^\circ$ en torno al eje de giro A respecto de la posición mostrada en la Fig. 4. Mientras tanto, el ángulo de rotación a ha cambiado de 68° (con $b = 476^\circ$) a 101° . Con un número de dientes de la rueda exterior de $Z = 7$, se mantuvo por tanto la condición de movimiento mencionada. El contorno 7 de rueda interior está descrito casi totalmente en el estado mostrado en la Fig. 5, es decir el movimiento de generación está casi terminado.

20 Después de que por la realización del doble movimiento fuera generado y registrado el contorno de la forma de diente de la segunda rueda dentada, puede ser realizada una primera comprobación de si los contornos de forma de diente de ambas ruedas dentadas que se tienen con ello satisfacen ya el criterio de calidad fijado anteriormente o si las formas de los dientes deben ser ajustadas. Si no se cumple aún el criterio de calidad, lo que será generalmente el caso tras el primer ciclo, la geometría de partida y/o la excentricidad fijada inicialmente es modificada un valor predeterminado, preferentemente en una dirección predeterminada, lo que permite esperar una mejora de la geometría. Esta modificación de valores puede realizarse automáticamente bajo condiciones de contorno predeterminadas o ser especificada manualmente por el usuario, al que en este punto se le puede pedir que introduzca datos. Mediante la variación de la geometría de partida el usuario puede incorporar su experiencia en el dimensionamiento, aunque esto no es necesario para el funcionamiento automático del procedimiento. Con los valores iniciales modificados, el movimiento de giro es entonces realizado de nuevo para registrar un segundo contorno de forma de diente de la segunda rueda dentada. Este bucle de repetición se puede realizar varias veces, preferiblemente mediante la realización de etapas iterativas. Una vez que se cumplen los criterios de calidad fijados, el procedimiento puede ser completado y los contornos de forma de diente fijados o registrados de las dos ruedas dentadas representan con ello el resultado del procedimiento de generación.

35 Mediante la aplicación de la condición de movimiento mencionada antes se proporciona una réplica del curso del movimiento muy sencilla en comparación con las ecuaciones de movimiento empleadas en el estado de la técnica y con ello un método de generación sencillo para las geometrías de diente. Así, en cada caso es generada una curva envolvente cerrada para la descripción de la forma de diente en la segunda rueda dentada que representa el contorno de la geometría de diente de los dientes que se van a asignar allí con cumplimiento obligado de la condición de movimiento en la rueda exterior. Por la inclusión del diámetro del círculo primitivo R_A de la rueda exterior en las posibles variables que pueden ser modificadas durante varios ciclos del procedimiento, y la simulación/modelado de la condición de movimiento del contorno de rueda exterior asistido por ordenador es posible en pocas etapas de iteración encontrar una geometría óptima para el contorno de diente de la rueda interior que se pueda representar a continuación mediante funciones spline.

Lista de símbolos de referencia

- 1 – Rueda interior
- 2 – Rueda exterior
- 45 3 –
- 4 – Función spline
- 5 –
- 6 - Contorno de rueda exterior
- 7 - Contorno de rueda interior
- 50 A - Eje de giro de la rueda interior

- B - Eje de giro de la rueda exterior
- e - Excentricidad
- W_{ef} - Ángulo de flanco de generación
- a - Ángulo de rotación de la primera rueda dentada (rueda exterior)
- 5 b - Ángulo de rotación de la excentricidad e
- Z - Número de dientes en la primera rueda dentada (rueda exterior)
- R_A - Círculo primitivo de la rueda exterior
- R_i - Círculo primitivo de la rueda interior
- Z_{tw} - Ángulo de paso de diente en la rueda exterior
- 10 E_{fv} - Relación de ángulo de flanco de generación
- K_{tw} - Ángulo de paso de pie de diente en la rueda exterior
- g - Relación de paso de diente/ancho de pie
- h - Relación de anchos de cabeza/ancho de pie
- d - Ángulo de lóbulo

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de la forma de diente de una primera y una segunda rueda dentada de una máquina de ruedas dentadas, que comprende las siguientes etapas:
- 5 a) fijación de una geometría de partida de la primera rueda dentada, que es una rueda exterior (2) de la máquina de ruedas dentadas, al menos un criterio de calidad de la máquina de ruedas dentadas, así como una excentricidad (e) deseada entre los ejes de giro (A, B) de las dos ruedas dentadas, en el que la geometría de partida es descrita por funciones spline de orden superior;
- 10 b) realización de un movimiento con la geometría de partida fijada, en el que la geometría de partida realiza un movimiento de giro en torno al propio eje de giro (B) y al mismo tiempo un movimiento de revolución en torno al eje de giro (A) de la segunda rueda dentada, y en el que este movimiento de giro y este movimiento de revolución están acoplados entre sí, de manera que el ángulo de rotación (b) de la excentricidad (e) es continuamente igual al producto del ángulo de rotación (a) de la primera rueda dentada y del número de dientes (Z) de la primera rueda dentada ($b = a \times Z$);
- 15 c) generación del contorno de forma de diente de la segunda rueda dentada por registro de la trayectoria descrita por la curva envolvente de la geometría de partida durante la realización del movimiento según la etapa b), de modo que el contorno de forma de diente registrado es descrito por funciones spline de orden superior;
- d) comprobación de si con la geometría de partida y el contorno de forma de diente registrado se satisface el criterio de calidad especificado;
- 20 e) mientras que no se satisfaga el criterio de calidad, variación de la geometría de partida empleada anteriormente y/o de la excentricidad fijada (e);
- f) repetición iterativa de las etapas b) hasta e) y generación de un contorno de forma de diente modificado hasta satisfacer el criterio de calidad.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que como geometría de partida es fijado al menos un semiperiodo de diente del dentado exterior.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la realización del movimiento de giro relativo entre la rueda interior y la rueda exterior es realizado asistido por ordenador utilizando un modelo matemático de rueda interior y exterior.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la repetición iterativa de las etapas b) hasta e) es interrumpida independientemente de la satisfacción del criterio de calidad cuando se cumple un criterio de interrupción determinado previamente.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el movimiento de revolución en la etapa b) es realizado con un ángulo de rotación (b) de la excentricidad (e) que recubre al menos un semiperiodo de diente de la segunda rueda dentada.
- 35 6. Rueda dentada de una máquina de ruedas dentadas, caracterizada por que la forma de diente de su dentado es fabricada de acuerdo con un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5.

Fig. 1

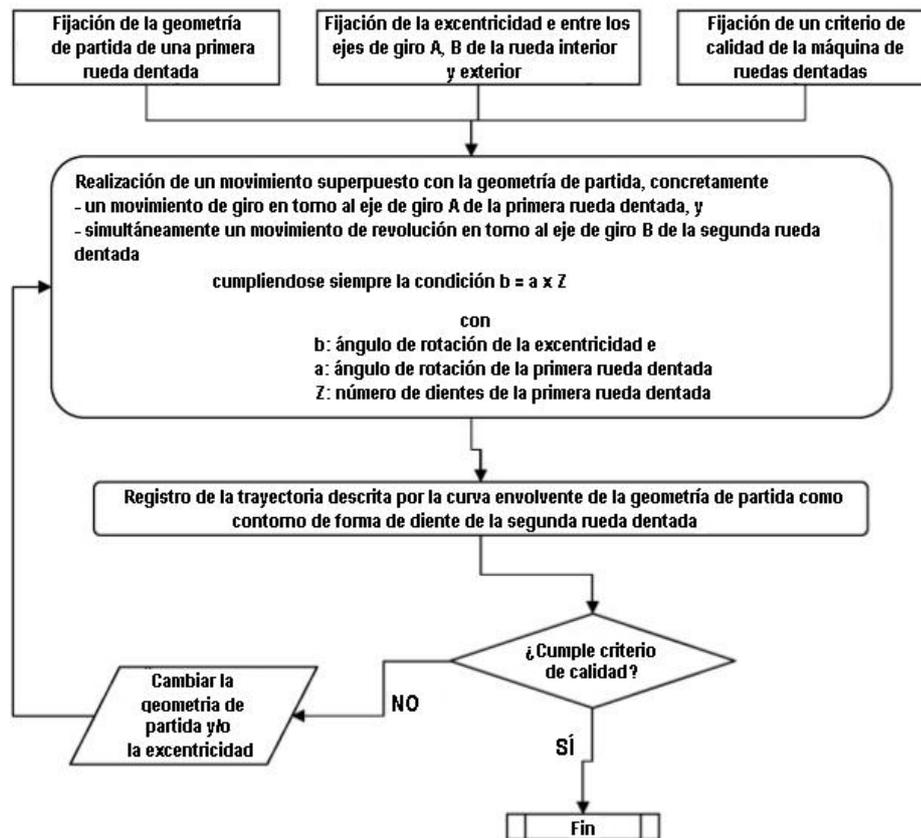


Fig. 2

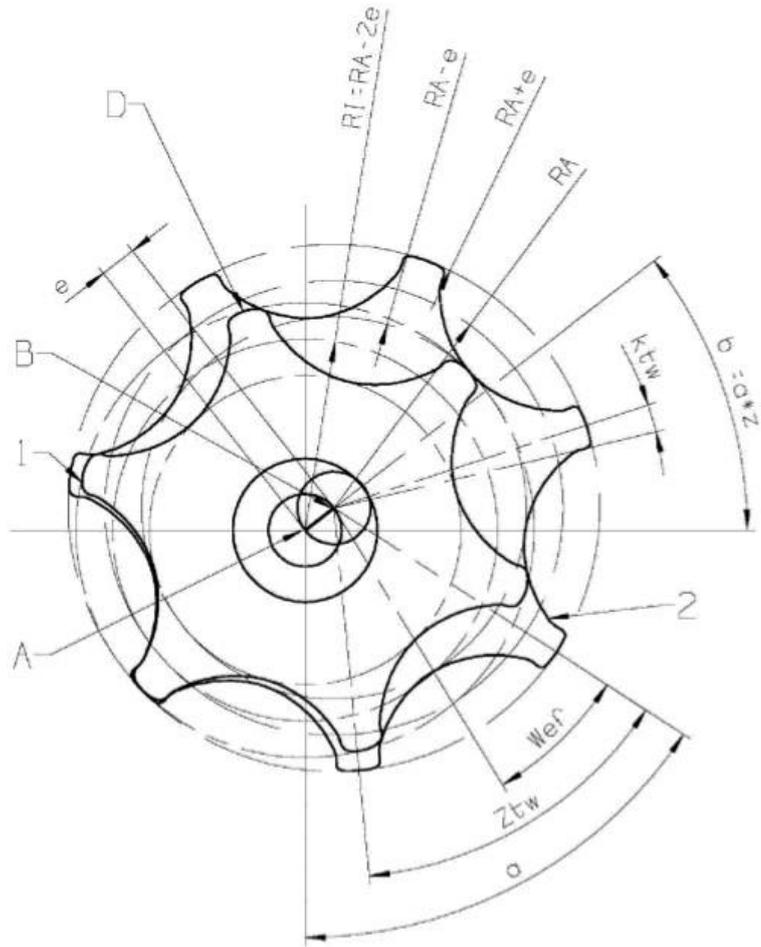


Fig. 3

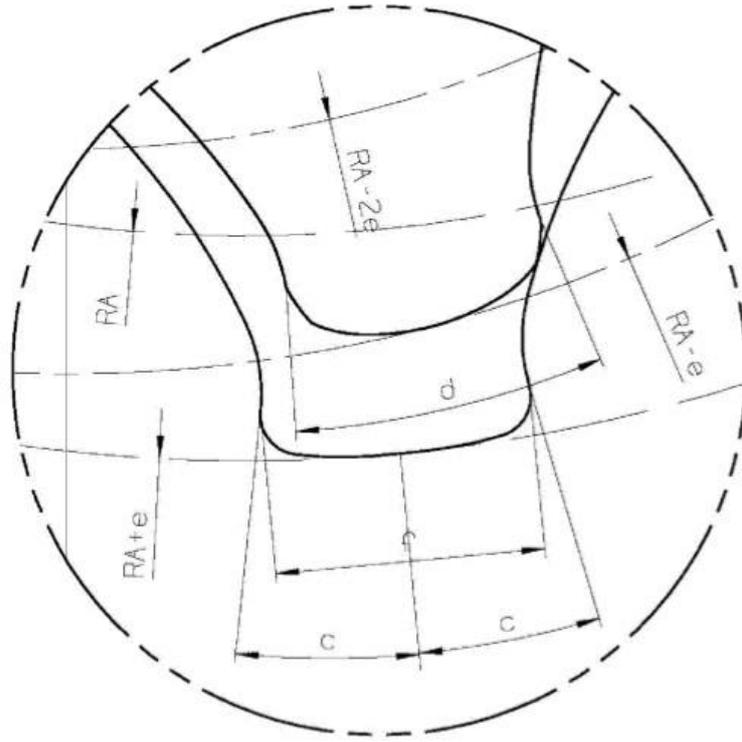


Fig. 5

