

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 904**

51 Int. Cl.:
B23C 5/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03006594 .0**
96 Fecha de presentación: **24.03.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1348508**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2003**

54 Título: **FRESA CILÍNDRICA DE FILO CON RADIO QUE TIENE EL FILO DE RADIO MEJORADO EN RESISTENCIA PARA DESPORTILLAR Y FRACTURAR.**

30 Prioridad:
25.03.2002 JP 2002082541
27.03.2002 JP 2002087931
16.05.2002 JP 2002140851
27.08.2002 JP 2002246971
27.08.2002 JP 2002246972

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2011

73 Titular/es:
HITACHI TOOL ENGINEERING LTD.
1-13, TOYO-4-CHOME KOTO-KU
TOKYO, JP

72 Inventor/es:
Kuroda, Takahito;
Okanishi, Ryouzuke;
Sakamoto, Yasushi y
Maeda, Katsutoshi

74 Agente: **de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 368 904 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

Fresa cilíndrica de filo con radio que tiene el filo de radio mejorado en resistencia para desportillar y fracturar.

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Ámbito de la invención

La presente invención se refiere a una mejora de una fresa cilíndrica de filo con radio utilizada para una operación de grabado de línea de contorno, etc. para moldes metálicos, etc., y en particular a una mejora de una fresa cilíndrica de filo con radio utilizada para el corte con avance grande.

Descripción de la técnica relacionada

Generalmente se ha utilizado una fresa cilíndrica de punta esférica para someter los moldes metálicos, etc. a una operación de gravado de línea de contorno. Recientemente, el corte de alto rendimiento ha sido muy necesario, y se ha utilizado más frecuentemente una fresa cilíndrica de filo con radio en lugar de la fresa cilíndrica de punta esférica.

En comparación con la fresa cilíndrica de punta esférica, los filos cortantes de la fresa cilíndrica de filo con radio se ponen en contacto con una pieza de trabajo en una longitud más corta. Además, es imposible conseguir una alta de velocidad de corte (fresado) para la fresa cilíndrica de punta esférica porque el trozo de la punta de la fresa cilíndrica de punta esférica se encuentra en el eje de rotación de la herramienta de la fresa cilíndrica de punta esférica. Por otro lado, es posible conseguir una velocidad de corte (fresado) lo suficientemente alta para la fresa cilíndrica de filo con radio, de modo que la fresa cilíndrica de filo con radio tenga una baja fuerza de corte, corte de manera limpia y sea adecuada para un corte de alta eficiencia.

Además, con respecto a la fresa cilíndrica de filo con radio, se han hecho varias mejoras de acuerdo con el uso previsto de la misma. Por ejemplo, el documento JP-A-7-246508, en el que se basa la forma en dos partes de la reivindicación actual, describe una mejora para reforzar un filo con radio de esquina. El documento JP-A-11-216609 describe una mejora para aumentar el rendimiento de corte (maquinabilidad). Otros ejemplos de la técnica anterior se describen en los documentos JP-A-4-310308 y JP-A-2003-071624.

Además, un trabajo con larga longitud sobresaliente de herramienta, tal como un trabajo de esquinas, un trabajo de corte profundo o similar, ha sido conocido como un trabajo de moldes metálicos, etc. La vibración con chirrido puede producirse durante el corte (fresado) en estos procesos de trabajo, y por lo tanto estos procesos de trabajo adoptan un método en el que se reduce la velocidad de avance de mesa de una fresa cilíndrica de filo con radio porque este método de reducción de avance se procesa fácilmente sobre la base de programas de CN (control numérico). De acuerdo con el método de reducción de avance, no sólo se reduce la eficiencia del trabajo, sino que también se disminuye un efecto de vibración con chirrido y por lo tanto se reduce proporcionalmente un avance por diente. Por lo tanto, la frecuencia de contacto de filo cortante con una pieza de trabajo es mayor y se promueve el desgaste.

Además, se conoce un método en el que se reduce la velocidad de corte (fresado) manteniendo un alto el efecto de supresión de la vibración con chirrido. Sin embargo, sólo este método reduce el avance de forma proporcional, y en todo caso la eficiencia del trabajo se disminuye. Recientemente, se ha utilizado como medios de corte de alta eficiencia el corte con avance alto en el que se reduce la velocidad de corte (fresado), sin embargo la velocidad de avance de la mesa se aumenta, es decir, el avance por diente se aumenta extremadamente.

Sin embargo, la fresa cilíndrica de filo con radio ha tenido el problema de que cuando el avance por diente se aumenta extremadamente, la carga de corte se concentra en los filos con radio de esquina y la resistencia mecánica de los filos con radio de esquina es insoportable para la carga de corte, de modo que los filos con radio de esquina se desportillan o fracturan y llegan al final de su vida. En particular, cuando el corte de avance grande se lleva a cabo en un trabajo de corte que necesita una gran cantidad de corte, tal como un trabajo de desbaste o similares, la fuerza de corte es grande y el desportillamiento se produce más fácilmente, de modo que la condición de corte debe ser aflojada. Esto significa que la situación de corte actual no ha llegado todavía al corte de alta eficiencia.

COMPENDIO DE LA INVENCION

La presente invención se ha implementado en vista de la situación anterior, y tiene el deseo de proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que pueda suprimir el desportillamiento y la fractura de los filos con radio de esquina para permitir el corte de avance grande.

También se desea proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que pueda mejorar tanto la resistencia de los filos con radio (radio) de esquina al desportillamiento y la fractura como el rendimiento de descarga de virutas generadas en los filos con radio de esquina para permitir con ello un corte de mayor avance.

Además, se desea proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que pueda mejorar la resistencia mecánica de los filos con radio de esquina para aumentar con ello la vida útil de los mismos.

65

El objeto de la presente invención con respecto a la técnica anterior disponible más cercana es proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que pueda mejorar tanto la resistencia mecánica como la maquinabilidad de los filos con radio (R) de esquina para permitir con ello un corte de mayor avance.

5 Además, se desea proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que pueda mejorar la resistencia de los filos periféricos externos al desportillamiento y la fractura manteniendo la maquinabilidad de los filos con radio (R) de esquina para permitir con ello un corte de mayor avance más eficiente.

10 Para obtener el objeto anterior, de acuerdo a la presente invención, se proporciona una fresa cilíndrica de filo con radio según la reivindicación 1. Las reivindicaciones subordinadas se refieren a las realizaciones preferidas.

De acuerdo con la presente invención, la resistencia a la fractura del filo con radio puede ser mejorada, y también se puede mejorar el rendimiento de descarga de virutas generadas por el filo con radio, permitiendo con ello el corte de avance grande.

15 Además, según la presente invención, la fresa cilíndrica de filo con radio de la presente invención es aplicable al trabajo de superficies curvadas en tres dimensiones, la operación de líneas de contorno, etc., e incluso cuando se utiliza en un trabajo que tiene una cantidad de corte, tal como un trabajo de desbaste, se puede suprimir el desportillamiento y la fractura del filo con radio, y se puede realizar el corte de alta eficiencia en el que el avance por diente es alto. Además, en el trabajo de superficies curvadas en tres dimensiones, la operación de la línea de contorno, etc., se puede mejorar la resistencia mecánica y la maquinabilidad del filo con radio, y el corte de avance grande se puede realizar con gran precisión.

20 Aun más, de acuerdo con la presente invención, la resistencia del filo periférico externo al desportillamiento y la fractura se puede mejorar manteniendo la alta maquinabilidad del filo con radio, y el corte de avance grande se puede realizar de manera más estable.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 La Fig. 1 es una vista lateral que muestra una fresa cilíndrica de filo con radio a la que se aplica la presente invención;

La Fig. 2 es una vista ampliada que muestra un lado de la cara de desprendimiento en el trozo de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio cuando la fresa cilíndrica de filo con radio de la figura 1 se ve en una dirección perpendicular al eje de rotación de la herramienta (1-1) mostrado en la figura 1;

35 La Fig. 3 es una vista ampliada en sección transversal de un trozo de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una primera realización de la invención;

La Fig. 4 es una vista ampliada que muestra un lado del flanco en el trozo de la esquina de una fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una segunda realización de la presente invención cuando la fresa cilíndrica de filo con radio se ve en una dirección perpendicular al eje de rotación de la herramienta;

40 La Fig. 5 muestra la variación de un ángulo de ataque α en los lugares respectivos (de $R0^\circ$ a $R90^\circ$) de un filo con radio 1;

La Fig. 6 muestra el trozo final de la fresa cilíndrica de filo con radio de la segunda realización, que se toma desde el lado del filo inferior;

La Fig. 7 es una vista ampliada en planta que muestra el trozo final de la fresa cilíndrica de filo con radio de una cuarta realización cuando se ve a lo largo de la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio;

45 La Fig. 8 es una vista en dirección $R45^\circ$ que muestra el trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una quinta realización de la presente invención;

La Fig. 9 es una vista ampliada del filo con radio 1 de la figura 8 en la vista en dirección $R45^\circ$ de esquina;

La Fig. 10 es una vista ampliada en sección transversal de un trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una sexta realización de la presente invención;

50 La Fig. 11 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A de la Fig. 10;

La Fig. 12 es una vista ampliada (vista en dirección $R45^\circ$) que muestra el trozo de esquina que contiene el filo con radio 1, el filo inferior 2 y el filo periférico externo 3 de acuerdo con una séptima realización de la presente invención;

La Fig. 13 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B de la Fig. 12;

55 La Fig. 14 es una vista ampliada (vista en dirección $R45^\circ$) que muestra el trozo de esquina que contiene el filo con radio 1, el filo inferior 2 y el filo periférico externo 3 de acuerdo con una modificación de la séptima realización mostrada en figura 12 cuando la anchura del margen M en cada filo con radio se varía con un estilo ondulado;

60 La Fig. 15 es una vista ampliada (vista en dirección $R45^\circ$) que muestra el trozo de esquina que contiene el filo con radio 1, el filo inferior 2 y el filo periférico externo 3 de acuerdo con una modificación de la séptima realización mostrada en figura 12 cuando la anchura del margen M en cada filo con radio se varía con un estilo de dientes de sierra;

La Fig. 16 es una vista ampliada del trozo de esquina de una fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo a una octava realización en la vista en dirección $R45^\circ$;

65 La Fig. 17 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea C-C de la Fig. 16;

La Fig. 18 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea D-D de la Fig. 16;

La Fig. 19 es una vista ampliada que muestra el trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una novena realización de la presente invención;

La Fig. 20 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea E-E de la Fig. 19;

La Fig. 21 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea F-F de la Fig. 19;

La Fig. 22 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea G-G de la Fig. 19; y

La Fig. 23 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea H-H de la Fig. 19.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Más adelante se describirán realizaciones preferidas acordes con la presente invención haciendo referencia a los dibujos que se acompañan.

La Fig. 1 es una vista lateral que muestra una fresa cilíndrica de filo con radio a la que se aplica la presente invención, y la Fig. 2 es una vista ampliada que muestra un trozo de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio mostrada en la figura 1.

Antes de describir individualmente cada una de las realizaciones de la presente invención, se describirán en primer lugar las partes constituyentes de la fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con la presente invención.

Como se muestra en las figuras 1 y 2, la fresa cilíndrica de filo con radio REM (del inglés *Radius End Mill*) mostrada en la figura 1 está equipada con varios filos cortantes en el trozo de la punta de la misma y en la superficie lateral de la misma. Los filos cortantes de la fresa cilíndrica de filo con radio REM incluyen unos filos cortantes inferiores (extremos) (en lo sucesivo, "filos inferiores") 2 formados en la cara inferior (extrema) de la fresa cilíndrica de filo con radio REM, unos filos cortantes con radio (en lo sucesivo, "filos con radio de esquina" o simplemente "filos con radio") 1 formados en los trozos de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio REM y unos filos cortantes periféricos externos 3 (en lo sucesivo, "filos periféricos externos") formados en espiral en la superficie lateral de la fresa cilíndrica de filo con radio REM. Cada filo inferior 2, cada filo con radio 1 y cada filo periférico externo 3 se conectan continuamente entre sí para constituir un conjunto de filo cortante que se extiende desde el lado frontal al lado posterior de la fresa cilíndrica de filo con radio REM como se muestra en las figuras 1 y 2, y se incorporan varios (dos o más) conjuntos de filo cortante (combinaciones) en la fresa cilíndrica de filo con radio REM.

En la figura 1, una línea de puntos y trazos (I-I) representa el eje de rotación de la herramienta de la fresa cilíndrica de filo con radio REM que corresponde al centro de rotación de la fresa cilíndrica de filo con radio REM, y una línea de puntos representa un lugar geométrico de rotación (RL) de la fresa cilíndrica de filo con radio REM cuando la fresa cilíndrica de filo con radio REM gira. El número de referencia 4 representa el flanco del filo con radio 1, el número de referencia 5 representa el flanco del filo inferior 2, y el número de referencia 6 representa el flanco del filo periférico externo 3. En la figura 2, número el número de referencia 7 representa la cara de desprendimiento del filo con radio 1 y el número de referencia 8 representa una cara de entalladura frontal (la cara de desprendimiento del filo inferior 2). El carácter de referencia A representa el punto de conexión entre el filo con radio 1 y el filo inferior 2 y el carácter de referencia B representa el punto de conexión entre el filo con radio 1 y el filo periférico externo 3. El punto de conexión A corresponde a $R0^\circ$ y el punto de conexión B corresponde a $R90^\circ$.

Aquí, $R0^\circ$ indica una posición extrema del filo con radio 1 situado en una línea que es paralela al eje de rotación de la herramienta (I-I) de la fresa cilíndrica de filo con radio REM y pasa a través del centro de radio (el centro de curvatura) C del filo con radio 1 y $R90^\circ$ indica la otra posición extrema (punto de conexión B) del filo con radio 1 situado en una línea que es perpendicular al eje de rotación de la herramienta (I-I) de la fresa cilíndrica de filo con radio REM y pasa a través del centro de radio C del filo con radio 1. Es decir, el lugar $R0^\circ$ de la REM se corresponde con un trozo extremo del filo con radio 1 en las proximidades del punto de conexión A entre el filo con radio 1 y el filo inferior 2 y el lugar $R90^\circ$ de la REM se corresponde con el otro trozo extremo del filo con radio 1 en las proximidades del punto de conexión B entre el filo con radio 1 y el filo periférico externo 3. Además, el lugar $R45^\circ$ de la REM indica un trozo que contiene la posición del filo con radio 1 situado en una línea que se cruza con el eje de rotación de la herramienta (I-I) de la fresa cilíndrica de filo con radio REM a 45° y pasa a través del centro de radio C del filo con radio 1. Es decir, la punta $R45^\circ$ del filo con radio 1 corresponde a la posición intermedia entre los puntos de conexión A y B.

A continuación, se describirán las realizaciones preferidas de una fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. En las siguientes realizaciones, se utiliza de manera representativa una fresa cilíndrica de filo con radio que tiene un filo con radio de esquina de tipo sustancialmente de arco de un cuarto en cada trozo de esquina del trozo de punta del mismo.

[Primera Realización]

Ahora, se describirá una primera realización de acuerdo con la presente invención haciendo referencia a la figura 3.

La Fig. 3 es una vista ampliada en sección transversal de un trozo de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio REM de acuerdo con la primera realización, que contiene la línea AB que conecta los puntos de conexión A y B, y corresponde a una vista en planta que se ve desde el lateral de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1.

En esta realización, la vista en sección transversal del trozo de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio REM de la figura 3 se consigue mediante el corte del trozo de esquina de la REM a lo largo de un plano que pasa por los dos puntos de conexión A y B (es decir, contiene el segmento lineal AB que conecta los puntos de conexión A y B), de modo que corte a la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1. La vista en sección transversal conseguida de este modo en lo sucesivo se denominará "vista en sección transversal R". De acuerdo con esta realización, la forma superficial de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 se diseña de modo que la forma lineal 7' de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 en la vista en sección transversal R es una línea curvada de forma convexa que se extiende desde el punto de conexión A al punto de conexión B como se muestra en la figura 3. Esta forma superficial especial trae varios efectos a una fresa cilíndrica de filo con radio de corte con avance grande y es adecuada para el corte de avance grande de la siguiente manera. Es decir, la forma superficial de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 está diseñada con el fin de tener una línea curvada de forma convexa en una vista en sección transversal tomada a lo largo de por lo menos un plano que pasa a través de los puntos de conexión A y B y cruza la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1.

En el corte de avance grande en el que se incrementa el avance por diente, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se establece en el 35% o menos del radio R de esquina CR (que corresponde a la longitud entre la línea que es paralela al eje central de la herramienta y pasa por el punto de conexión A y la línea que es paralela al eje central de la herramienta y pasa por el punto de conexión B en la figura 2). Cuando se lleva a cabo este corte de avance grande, se produce viruta en las proximidades del punto de conexión A debido a la relación de fase de los filos cortantes, y el flujo en una dirección oblicua superior, es decir, el flujo desde el punto de conexión A al punto de conexión B. Por lo tanto, con el fin de que los filos con radio 1 de la fresa cilíndrica de filo con radio REM tengan a la vez alta resistencia mecánica y alta maquinabilidad (rendimiento de corte o fresado), es decir, con el fin de aumentar la resistencia mecánica y la maquinabilidad de los filos con radio 1, la forma superficial de la cara de desprendimiento de cada filo con radio 1 se diseña con el fin de que tenga una línea curva convexa que se extiende desde el punto de conexión A al punto de conexión B en la vista en sección transversal conseguida mediante el corte del trozo de esquina que contiene el filo con radio 1 a lo largo de un plano que pasa a través de los puntos de conexión A y B de modo que se crucen (corten) con la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1.

Los inventores de esta solicitud han descubierto que cuando la cara de desprendimiento 7 de cada filo con radio 1 se diseña para tener una forma superficial tan especial, la resistencia mecánica del filo cortante de los filos con radio se puede aumentar, la viruta que se produce en el punto de conexión A puede separarse rápidamente de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 y la fuerza de corte se puede reducir, de manera que se puede aumentar la maquinabilidad.

En esta realización, la forma superficial de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 se especifica mediante el uso de la vista en sección transversal R definida como se ha descrito anteriormente, ya que la vista en sección transversal R definida de este modo hace que sea fácil reconocer visualmente la ubicación donde aparece la viruta y la dirección de flujo de la viruta que se produce de este modo y hace observable a simple vista la forma en sección transversal de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1.

Con respecto a la línea curva convexa de la cara de desprendimiento 7 en la vista en sección transversal R (Fig. 3), los inventores de esta solicitud también han descubierto que a medida que aumenta la curvatura de la línea curva convexa 7', la maquinabilidad puede aumentarse aún más. En consecuencia, es preferible variar gradualmente la curvatura de la línea curvada convexa 7' en la dirección desde el punto de conexión A al punto de conexión B y también ubicar la posición de máxima curvatura MO de la línea curvada convexa 7' en cualquier posición en la zona 16 entre el punto de conexión A y el punto medio 15 del segmento lineal AB, que contribuye principalmente al corte. Además, también es preferible que la curvatura media de la línea curvada convexa 7' en la zona 16 entre el punto medio 15 y el punto de conexión A, es decir, la curvatura de aproximadamente un trozo de arco en la zona 16 se establezca para ser más grande que la curvatura de aproximadamente un trozo de arco en la zona 17 entre el punto medio 15 y el punto de conexión B.

La distancia de contacto entre la posición máxima sobresaliente MO de la línea curvada convexa 7' y la viruta es la más corta, y por lo tanto la fuerza de corte se reduce en este lugar. En consecuencia, en esta parte se puede conseguir la maquinabilidad más excelente. Por lo tanto, es efectivo que la posición sobresaliente máxima MO de la línea curvada convexa se encuentre en una posición que sea igual al 35% o menos del radio R de esquina CR. Es decir, cuando el trozo sobresaliente máximo MO de la línea curvada convexa 7' se encuentra en la zona 16, se puede conseguir una excelente maquinabilidad, y de este modo se proporciona un gran efecto de reducción de las vibraciones con chirrido.

Como se describió anteriormente, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se establece en el 35% o menos del radio R de esquina en un lugar general en el corte de avance grande en el que el avance por diente se aumenta extremadamente. En consecuencia, en particular mediante el diseño de la forma superficial de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 con el fin de tener una línea curvada convexa en la vista en sección transversal R, por lo menos en la zona 16 que corresponde a un lugar que se utiliza principalmente en el proceso de corte, un trozo del filo con radio 1, que se utiliza principalmente en el proceso de corte puede conseguir con certeza una alta resistencia mecánica y maquinabilidad.

Además, se puede formar un trozo rebajado o un trozo lineal en las proximidades del punto de conexión B del filo con radio 1. Este lugar no se utiliza principalmente en el proceso de corte, y no tiene ningún efecto sobre el corte de avance grande. Por lo tanto, esta modificación está contenida en el objeto de la presente invención.

En el caso del corte de avance grande, tiene una mayor carga de corte que el corte general, y la carga de corte está más concentrada a los trozos de resistencia débil de todo el cuerpo del filo con radio, que tiene como resultado la fractura del filo con radio. Además, cuando existe un trozo de sobresaliente máximo en la línea curvada convexa de la cara de desprendimiento en la zona 16 (la zona en el lado del punto de conexión A), el espesor de la cara de desprendimiento con respecto a la longitud del segmento lineal AB es mayor en la zona 16 que en la zona 17 (la zona en el lado del punto de conexión B). Por lo tanto, desde el punto de vista de equilibrio de la resistencia, el espesor promedio de los flancos 4 del filo con radio 1 con respecto al segmento lineal AB se puede establecer para que sea mayor en la zona 17 que en la zona 16. Esta estructura hace que el equilibrio de resistencias de todo el filo con radio sea más excelente, y puede mejorarse la resistencia a la fractura.

Con el fin de conseguir una alta resistencia mecánica en el filo con radio, es preferible establecer el ángulo de ataque del filo con radio en un ángulo negativo en la dirección radial de la herramienta, y es más preferible establecer el ángulo de ataque del filo con radio en un ángulo en el intervalo de -15° a -40° considerando la resistencia mecánica y la maquinabilidad. Si el ángulo de ataque en la dirección radial de la herramienta es un ángulo negativo y el valor absoluto del valor negativo es menor que 15° , la resistencia del filo cortante es insuficiente, y es más probable que se produzca desportillamiento. Además, si el valor absoluto del ángulo negativo es mayor de 40° , la resistencia del filo cortante es grande, sin embargo, la maquinabilidad se reduce, de modo que la fuerza de corte se incrementa. Por lo tanto, se producen vibraciones con chirrido y la rugosidad de la superficie de corte es más severa. El ángulo de ataque está comprendido más preferiblemente entre -20° a -35° con el fin de satisfacer a la vez la resistencia mecánica y la maquinabilidad del filo con radio en un alto nivel.

Es ventajoso que el número de filos cortantes (conjuntos de filos cortantes) se incremente para realizar el corte de alta eficiencia. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede mejorar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAlN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

A continuación, se describirán con detalle ejemplos preferibles acordes con la primera realización de la presente invención haciendo referencia a las figuras 2 y 3.

(Ejemplo 1)

Como ejemplo 1 de esta realización se utiliza una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro del filo se establece en 10 mm, el radio R de esquina CR se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAlN. En este ejemplo, la forma superficial de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 está diseñada bajo las siguientes condiciones: la forma superficial de la parte frontal de desprendimiento 7 está diseñada para tener una línea curvada convexa que se extiende desde el punto de conexión A al punto de conexión B en la vista en sección transversal R (corte) tomada a lo largo de un plano que pasa a través de los puntos de conexión A y B con el fin de cruzar (cortar) la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1; la posición de máxima curvatura de la línea curvada convexa se encuentra en una posición más cercana al punto de conexión A que al punto medio 15 del segmento lineal AB (es decir, situada en la zona 16); la curvatura de un trozo aproximadamente de arco de la línea curvada convexa 7' en la zona 16 situada entre el punto de conexión A y el punto medio 15 es mayor que el trozo aproximadamente de arco de la línea curvada convexa 7' en la zona 17 entre el punto de conexión B y el punto medio 15; el trozo de sobresaliente máximo MO de la línea curvada convexa se encuentra en una posición que estaba más cerca al punto de conexión A que del punto medio 15 en una distancia de aproximadamente el 10% del segmento lineal AB; y el ángulo de ataque del filo con radio 1 se establece en -25° en la dirección radial de la fresa cilíndrica.

Como se describió anteriormente, la cara de desprendimiento 7 en la zona 16 se diseña de una forma convexa. El diseño de forma convexa de la cara de desprendimiento 7 permite a la cara de desprendimiento 7 en la zona 16 entrar en contacto con la viruta durante un corto periodo de tiempo y a una distancia corta cuando la viruta se genera y se descarga a lo largo de la cara de desprendimiento 7, de manera que la viruta se puede descargar suavemente a lo largo de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1.

El espesor 10 de los flancos 4 de la zona 17 del filo con radio 1 mostrado en la figura 3 puede establecerse para ser más grande que en la zona 16 del filo con radio 1 para mejorar la resistencia mecánica de todo el filo con radio 1.

En el ejemplo 1 se llevó a cabo una prueba de corte de la siguiente manera. Con la condición de que como pieza de trabajo se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40, el valor de rotación de la fresa cilíndrica de filo con radio se estableció en 1680 revoluciones por minuto, el avance por diente se estableció en 0,625 mm por diente, la

velocidad de avance de la mesa se estableció en 4200 mm/min, y la cantidad sobresaliente de herramienta en un paso en dirección axial de 0,6 mm se estableció en 40 mm, se formó una cavidad de 100 mm de largo, 65 mm de ancho y 30 mm de profundidad y con una pendiente de 3° en la pared lateral mediante la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire, y se observó el estado de daño de la misma.

5 Como ejemplo comparativo, se formaron como ejemplos comparativos 2 y 3 unas fresas cilíndricas de filo con radio descritas en los documentos JP-A-7-246508 y JP-A-11-216609 con las mismas dimensiones que el ejemplo 1 de la presente invención, y se llevó a cabo la misma prueba de corte que la descrita anteriormente.

10 De acuerdo con el ejemplo 1 de la presente invención, la vibración con chirrido también fue muy pequeña en un trozo de esquina de la cavidad, el estado del corte se mantuvo estable, el estado de daños de la herramienta después del trabajo hasta una profundidad de 30 mm, es decir, después de haber terminado el trabajo de una forma indicó un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste, y la superficie mecanizada fue excelente. Por otra parte, de acuerdo con el ejemplo comparativo 2, como el avance por diente era grande, se produjo desportillamiento en un tiempo de trabajo de un tercio de recorrido cuando la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estableció en 1,8 mm, las vibraciones con chirrido se intensificaron en el tiempo de trabajo del trozo de esquina de la cavidad, el sonido de corte fue intenso y el estado de daño de la herramienta después de haber terminado el trabajo de una forma mostró que el filo con radio estaba fracturado. Como resultado, no se consiguió una forma de trabajo original. Además, de acuerdo con el ejemplo comparativo 3, se produjo desportillamiento en el filo con radio en la fase de corte inicial, se intensificó la vibración con chirrido y también se intensificó el desportillamiento en el momento en el que el trabajo avanzó a un 30% de la forma de la cavidad, es decir, a la profundidad de corte de 9 mm, de modo que su vida útil expiró.

(Ejemplo 2)

25 Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio en la que el trozo de sobresaliente máximo MO de la línea curvada convexa se encontraba en la zona 17 entre el punto de conexión B y el punto medio 15, y se llevó a cabo la misma prueba de corte en la fresa cilíndrica de filo con radio fabricada de esta manera bajo la misma condición de prueba que el ejemplo 1. Como resultado, hasta una profundidad de 30 mm, es decir, se pudo realizar un proceso de conformación, y el estado de daño de la herramienta después de haber terminado el trabajo mostró un desgaste normal, sin presencia de desportillamiento. Sin embargo, en comparación con el ejemplo 1 de la presente invención, se produjeron vibraciones con chirrido hasta cierto punto, y en la superficie mecanizada se mantuvieron signos de vibración con chirrido.

35 Como se describió anteriormente, de acuerdo con la realización anterior, la resistencia a la fractura del filo con radio puede aumentarse, y también las virutas generadas en el filo con radio pueden ser descargadas de manera excelente, ofreciendo así una fresa cilíndrica de filo con radio que puede soportar el corte de avance grande.

[Segunda Realización]

40 La fresa cilíndrica de filo con radio de acuerdo con una segunda realización de la presente invención se caracteriza porque una superficie que constituye la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 está diseñada para tener una superficie curvada convexa en la dirección desde el lugar R90° al lugar R0° como se muestra en la figura 4, y también la cara de entalladura frontal (la cara de desprendimiento del borde inferior 2) 8 que se extiende desde el lugar R0° al eje de rotación (A-A) de la herramienta es prácticamente plana.

45 Como se describió anteriormente, las virutas generadas en el filo con radio 1 se descargan a lo largo de la cara de desprendimiento 7. De acuerdo con esta realización, con el fin de reducir la dirección de contacto de la cara de desprendimiento 7 con la viruta y reducir la fuerza de corte, la cara que constituye la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 está diseñada para tener una superficie curvada cóncava en la dirección desde el lugar R90° al lugar R0°. Con este diseño de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1, puede impedirse que la tensión de corte contra la cara de desprendimiento 7 se concentre en una dirección y por lo tanto se dispersa en todas direcciones. Además, no hay ningún cambio de dirección en el que se impida el flujo de virutas.

50 Además, la cara de desprendimiento 8 del filo inferior (extremo) 2 que se extiende en la dirección desde el lugar R0° del filo con radio 1 al eje de rotación de la herramienta está diseñada para tener una superficie prácticamente plana. Por lo tanto, las virutas generadas en el filo con radio 1 pueden descargarse suavemente sin que el flujo de las mismas sea perturbado en la cara de desprendimiento del filo inferior 2 y en la frontera de las respectivas caras de desprendimiento.

60 Aún más, el ángulo de ataque de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 se puede establecer en un ángulo negativo en la zona del lugar R90° con el lugar R0° del filo con radio 1, tanto en la dirección de línea normal R (la dirección de la línea normal del filo con radio 1), representada por NL en la figura 5 y la dirección radial de la herramienta. La Fig. 5 muestra la variación del ángulo de ataque α en los lugares respectivos (de R0° a R90°) del filo con radio 1. Aquí, el ángulo de ataque α se define como el ángulo de intersección entre la línea normal NL en cualquier posición (R0° a R90°) del filo con radio 1 y la línea tangente TL de la cara de desprendimiento 7 en la posición en cuestión de la figura 5. Además, el ángulo de alivio γ se define como el ángulo de intersección entre la

línea perpendicular a la línea normal NL en cualquier posición ($R0^\circ$ a $R90^\circ$) del filo con radio 1 y la línea tangente del flanco 4 del filo con radio 1 a la posición en cuestión de la figura 5.

5 Cuando la dirección de la línea tangente TL de la cara de desprendimiento 7 se encuentra en el lado derecho con respecto a la línea normal NL de la figura 5, el ángulo de ataque α tiene un valor negativo. Por otro lado, cuando la dirección de la línea tangente TL se encuentra en el lado izquierdo con respecto a la línea normal NL de la figura 5, el ángulo de ataque α tiene un ángulo positivo. En consecuencia, la figura 5 muestra que el ángulo de ataque α de la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 se establece en un ángulo negativo sobre toda la zona de $R0^\circ$ a $R90^\circ$. En esta realización, la condición anterior del ángulo de ataque también se satisface en la dirección radial de la herramienta.

15 Incluso en un trabajo de superficie curva de tres dimensiones en el que se impone la carga de corte en sentido amplio, la fresa cilíndrica de filo con radio de esta realización que cumple la condición anterior tiene alta resistencia de filo cortante.

Además, originalmente, el filo inferior (filo del extremo) 2 tiene baja maquinabilidad, y esto afecta negativamente incluso al trozo de conexión entre el filo inferior 2 y el filo con radio 1, es decir, afecta negativamente al lugar $R0^\circ$ del filo con radio 1, de modo que el filo con radio puede desportillarse o romperse. En consecuencia, con el fin de mejorar la maquinabilidad del filo inferior 2, el ángulo de ataque del filo inferior 2 puede establecerse para que sea más pequeño que el ángulo de ataque α en la dirección de una línea normal en el lugar $R0^\circ$ del filo con radio 1. El ángulo de ataque del filo inferior 2 se establece preferiblemente en un ángulo positivo.

25 En la figura 5, β representa un ángulo comprendido del filo con radio 1, que se define como un ángulo de intersección entre las líneas tangentes de la cara de desprendimiento 7 y el flanco 4 del filo con radio 1 en cualquier posición del filo con radio 1.

30 Con el fin de aumentar aún más el rendimiento de descarga de viruta, tanto el trabajo de entalladura (cara de desprendimiento) del filo inferior 2 como el trabajo de entalladura (cara de desprendimiento) del filo con radio 1 puede llevarse a cabo como una serie de trabajos, y la cara que constituye la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 y la cara que constituye la cara de desprendimiento 8 del filo inferior 2 pueden formar una superficie curvada convexa para controlar con ello la fractura (desportillamiento) del filo con radio 1.

35 Además, con el fin de realizar un corte de alta eficiencia, es ventajoso aumentar el número de filos cortantes. En el caso de una pieza de trabajo que tenga un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede mejorar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAlN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

40 A continuación, se describirán con detalle ejemplos preferibles acordes con la segunda realización de la presente invención haciendo referencia a las figuras 2, 4 y 6.

(Ejemplo 1)

45 A modo de ejemplo 1 de esta realización se utiliza una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro de la herramienta se establece en 12 mm, el radio R de esquina CR se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAlN. Como se muestra en las figuras 2, 4 y 6, al ver el filo con radio en el lado de la cara de desprendimiento, el lado del flanco y el lado del filo inferior, la cara que constituye la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 está diseñada para tener una superficie curvada cóncava en la dirección desde el lugar $R90^\circ$ al lugar $R0^\circ$, y la cara extrema de entalladura 8 (la cara del filo inferior 2) que se extiende en la dirección desde el lugar $R0^\circ$ del filo con radio 1 y el eje de rotación de la herramienta (A-A) está diseñada para tener una superficie prácticamente plana.

55 Como pieza de trabajo se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40, y se conformó una forma de cavidad entallada de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y 3° de ángulo único de la pared lateral formada mediante la operación de línea del contorno utilizando sople de aire en las condiciones de corte: un valor de rotación de 2600 revoluciones por minuto, una velocidad de avance de la mesa de 1250 mm/min, un avance por diente de 0,16 mm/diente, un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la herramienta y una longitud sobresaliente de la herramienta de 65 mm. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

60 Además, para la comparación, se realizó una prueba de corte como la descrita anteriormente en una fresa cilíndrica de filo con radio convencional descrita anteriormente como un ejemplo comparativo.

65 Como resultado de la prueba de corte del ejemplo 1 de la segunda realización, la vibración con chirrido fue muy pequeña, incluso en el trabajo en la dirección de la esquina de la forma de cavidad, y el estado de corte fue estable. Además, el estado de daños de la herramienta después de realizar el trabajo hasta una profundidad de 30 mm, es

decir, después haber terminado el trabajo de una forma mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Por otra parte, de acuerdo con el ejemplo comparativo, como el avance por diente fue grande, se produjo desportillamiento en un tiempo de trabajo de un tercio de recorrido cuando la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estableció en 1,8 mm, las vibraciones con chirrido se intensificaron en el tiempo de trabajo del trozo de esquina de la cavidad, el sonido de corte fue intenso y el estado de daños de la herramienta después de haber terminado el trabajo de una forma mostró que el filo con radio estaba fracturado. Como resultado, no se consiguió una forma de trabajo original.

(Ejemplo 2)

Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio en la que el ángulo de ataque se estableció con un ángulo negativo en la dirección de la línea normal R y la dirección radial de la herramienta desde el lugar R90° al lugar R0° del filo con radio 1 de la misma manera que en el ejemplo 1, y se realizó la misma prueba de corte que en el ejemplo 1 en la fresa cilíndrica de filo con radio fabricada de este modo. Como resultado, en el ejemplo 2, la estabilidad de corte fue más estable, la anchura de desgaste de la herramienta fue más pequeña y la superficie mecanizada fue más excelente en comparación con el ejemplo 1.

(Ejemplos 3 a 5)

A continuación, se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio en las que el ángulo de ataque en la dirección de la línea normal en el lugar R0° de filo con radio 1 se estableció comúnmente a -5°, sin embargo, el ángulo de ataque del filo inferior (extremo) se estableció en -5°, 0° y 5°, respectivamente, como ejemplos 3 a 5 de la misma manera que en el ejemplo 1, y se llevó a cabo la misma prueba de corte que en el ejemplo 1 en las fresas cilíndricas de filo con radio de los ejemplos 3 a 5. Como resultado, en todas las herramientas (fresas cilíndricas de filo con radio), la vibración con chirrido fue muy pequeña, el estado de corte fue estable, el estado de daños de la herramienta mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. En particular, el sonido de corte se redujo cada vez más en el orden de los ejemplos 4, 5 y 6. Además, la anchura de desgaste en el lugar R0° del filo con radio 1 fue pequeña.

La Tabla 1 muestra el resultado de la comparación entre la segunda realización y el ejemplo comparativo, (técnica anterior) cuando la prueba de corte se llevó a cabo bajo la condición de que se utilizó una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro de la herramienta se estableció en 10 mm, el radio R de esquina CR se estableció en 2 mm y los filos cortantes se recubrieron con TiAlN, se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40 como una pieza de trabajo, y se formó una cavidad de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y 3° de ángulo único de la pared lateral mediante la utilización de la operación de línea de contorno con golpe de aire (seco) con un valor de rotación de 2520 revoluciones por minuto, una pasada en la dirección axial de 0,6 mm, una pasada en la dirección radial de 3 mm y una longitud sobresaliente de herramienta de 40 mm.

[Tabla 1]

HERRAMIENTA	F=1800 mm/min (fz=0,18 mm/diente)	F=3000 mm/min (fz=0,30mm/diente)	F=3600 mm/min (fz=0,36mm/diente)	F=4200 mm/min (fz=0,42mm/diente)
TÉCNICA ANTERIOR	Mala (*1)			
SEGUNDA REALIZACIÓN	Buena (*2)	Buena (*2)	Buena (*2)	Buena (*2)

TÉCNICA ANTERIOR fresa cilíndrica en la que la forma superficial de la cara de desprendimiento del filo con radio no era una superficie curvada convexa.

SEGUNDA REALIZACIÓN fresa cilíndrica en la que la forma superficial de la cara de desprendimiento del filo con radio era una superficie curvada convexa.

* 1: se produjo desportillamiento en el trozo de radio de esquina en la fase inicial de corte

* 2: estado excelente de corte y sin fractura y sin desportillamiento

Como se describió anteriormente, de acuerdo con la presente invención, se puede proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio que se puede aplicar al trabajo de superficie curvada en tres dimensiones, la operación de línea de contorno, etc., y también puede suprimir la fractura o desportillamiento de los filos con radio incluso en un trabajo de desbaste o similares en los que la cantidad de corte es grande, de modo que se puede realizar un corte de alta eficiencia que tiene un gran avance por diente.

[Tercera Realización]

Cuando el corte de avance grande se lleva a cabo mediante una fresa cilíndrica de filo con radio, por lo general se realiza mediante la operación de línea de contorno, porque la posición asociada con el corte se varía poco en la

operación de línea de contorno. De acuerdo con una tercera realización de la fresa cilíndrica de filo con radio de la presente invención, un filo cortante situado en la posición en cuestión, es decir, el filo con radio 1 está diseñado de modo que una parte del filo con radio 1 entre la posición R30° y la posición R60° tiene un ángulo obtuso (esta parte se denominará en lo sucesivo como "lugar de ángulo obtuso"). Como se describió anteriormente, el filo con radio 1 se encuentra en la zona comprendida entre la posición R0° y la posición R90° (véase la Fig. 5).

Al proporcionar el trozo de ángulo obtuso en el filo con radio 1, una parte del filo con radio 1 en el que se concentra la carga de corte para inducir el desportillamiento o la fractura puede imponerse en resistencia mecánica. Además, cuando se da mayor importancia a la resistencia mecánica, el lugar de ángulo obtuso puede disponerse entre la posición R10° y la posición R80°. Por otro lado, cuando se da mayor importancia a la capacidad de corte, el lugar de ángulo obtuso puede disponerse entre la posición R30° la posición R60°.

Además, cuando el ángulo comprendido β del filo con radio 1 en cada una de las posiciones de conexión A entre el filo con radio 1 y el filo inferior 2 y la posición de conexión B entre el filo con radio 1 y el filo periférico externo 3 (es decir, los ángulos comprendidos β en R0° y R90°) se establece en un ángulo agudo (véase la Fig. 5), el filo con radio 1 puede conectarse suavemente al filo inferior 2 y al filo periférico externo 3. En particular con respecto a la conexión entre el filo con radio 1 y el filo inferior 2, el filo con radio 1 puede conectarse más suavemente con el filo inferior 2, con la asistencia del ángulo de ataque del filo inferior 2.

De acuerdo con esta realización, la zona de cambio desde el trozo de ángulo agudo al trozo de ángulo obtuso en el filo con radio 1 se puede establecer en el intervalo de R5° a R30° del filo con radio 1. El ángulo de ataque α y el ángulo comprendido β del filo inferior 2 ejercen acciones dominantes en el proceso de corte, tales como la operación de línea de contorno o similares. El ángulo de ataque del filo inferior 2 se establece preferiblemente en un ángulo positivo, y por lo tanto el ángulo de ataque se varía igualmente desde un ángulo positivo a un ángulo negativo. Además, el ángulo de alivio y del filo con radio 1 se varía de modo que la forma del filo con radio 1 se varía desde la forma lineal como el filo inferior 2 a una forma de línea curvada. Es decir, se varían tanto el ángulo de ataque α como el ángulo de alivio y del filo con radio 1.

El ángulo de ataque α del filo con radio 1 se mantiene en un valor positivo o cero en la posición de conexión A (R0°), y luego se aumenta gradualmente a un mayor ángulo negativo en orden creciente de R5°, R10°, R15°, R25°, R20° y R30° como se muestra en la figura 5. En este momento, el ángulo de alivio y del filo con radio 1 se establece de manera que se corresponde con un filo cortante de línea curvada, y se incrementa gradualmente. Por lo tanto, el ángulo comprendido β se incrementa gradualmente para conseguir un ángulo obtuso.

Además, de acuerdo con esta realización, la zona de cambio desde el trozo de ángulo obtuso al trozo de ángulo agudo puede establecerse en la zona comprendida entre la posición R60° y la posición R85°. Con respecto a su ángulo de ataque α y el ángulo comprendido β del filo periférico externo 3, la cantidad a ser cortada por el borde periférico externo 3 se aumenta gradualmente debido al corte repetitivo del borde periférico externo 3 en el proceso de corte, tal como la operación de línea de contorno o similares. Por lo tanto, el ángulo de ataque del filo periférico externo 3 se establece preferiblemente en un ángulo positivo, y por lo tanto el ángulo de ataque α del filo con radio 1 se varía igualmente desde un ángulo negativo a un ángulo positivo. Además, el ángulo de alivio y del filo con radio 1 se varía de manera que la forma de filo del filo con radio 1 varía desde la forma de línea curvada a una forma de torsión o espiral, como el borde periférico externo 3. Es decir, se varían tanto el ángulo de ataque α como el ángulo de alivio y del filo con radio 1.

El ángulo de ataque α de un filo con radio 1 se mantiene en un ángulo negativo o cero en el punto de conexión B entre el filo con radio 1 y el filo periférico externo 3 (es decir, R90°), y gradualmente se desplaza a su ángulo de ataque original hacia el lado extremo de la base del filo periférico externo 3. En este momento, el ángulo de alivio y del filo con radio 1 y el filo periférico externo 3 se establecen para corresponder al filo cortante de torsión (espiral), y el ángulo de ataque se desplaza gradualmente a un ángulo positivo, mientras que el ángulo de alivio y se incrementa gradualmente, en cuyo caso el ángulo comprendido se reduce gradualmente y se desplaza desde el ángulo obtuso al ángulo agudo.

De acuerdo con esta realización, el valor máximo del lugar de ángulo obtuso se puede establecer en 95° o más. El trozo de esquina R de la fresa cilíndrica de filo con radio REM es un lugar que es más susceptible de desgastarse o desportillarse debido a que la velocidad de corte del trozo de esquina R es alta, una gran carga de corte se impone en el trozo de esquina R y el calor de corte durante el corte se concentra fácilmente en el trozo de esquina R. Por lo tanto, la resistencia mecánica del filo cortante en el trozo de esquina R debe mejorarse en cuanto a la resistencia mecánica, y se ha descubierto que el establecimiento de 95° o más como el valor máximo del ángulo comprendido en el sitio de ángulo obtuso del filo con radio 1 cumple los requisitos anteriores. Además, es preferible que la posición de máximo ángulo comprendido (95° o más) se encuentre en la zona entre R30° y R50° debido a que puede acortarse la distancia de desplazamiento de la viruta en el lado de la cara de desprendimiento del filo con radio 1 y por lo tanto se puede aumentar el rendimiento de descarga de viruta.

Aquí, con el fin de suprimir aún más la ocurrencia de cualquier trozo de filo, el trabajo de entalladura del filo inferior y trabajo de entalladura del filo con radio se pueden realizar mediante una serie de trabajo de manera que las líneas de

cresta de filo del filo con radio y el filo inferior formen una línea curvada convexa, en cuyo caso se puede aumentar la resistencia del filo con radio al desportillamiento y la fractura. Además, con el fin de realizar un corte de alta eficiencia, es ventajoso aumentar el número de filos cortantes. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede mejorar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAlN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

10 A continuación, se describen ejemplos preferibles de acuerdo con la tercera realización.

(Ejemplo 1)

A modo de ejemplo 1 de esta realización se utiliza una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro del filo se establece en 12 mm, el radio R de esquina CR se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAlN. En este ejemplo 1, el ángulo de ataque α del filo con radio 1 se incrementa/reduce gradualmente y el ángulo de alivio γ del filo con radio 1 se incrementa gradualmente desde la posición R0° a la R90° de modo que el ángulo comprendido β del filo con radio 1 se establece a 83° en R0°, 90° en R15°, 98° en R30°, 100° en R45°, 98° en R60°, 90° en R75° y 87° en R90°, respectivamente. En comparación, una fresa cilíndrica de filo con radio en la que el ángulo comprendido del filo con radio se establece en un ángulo agudo en toda la superficie del mismo de modo que se establece a 83° en R0°, 85° en R45° y 87° en R90° se fabrica de la misma manera que el ejemplo 1.

Se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40 como pieza de trabajo, y se llevó a cabo una forma de cavidad entallada de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y 3° de ángulo único de la pared lateral mediante la operación de línea de contorno con soplado de aire bajo las condiciones de corte: un valor de rotación de 2600 revoluciones por minuto, una velocidad de avance de mesa de 1250 mm/min, un avance por diente de 0,16 mm/diente y una longitud sobresaliente de herramienta de 65 mm con un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la herramienta. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

Como resultado de la prueba de corte del ejemplo 1 de la tercera realización, la vibración con chirrido fue muy pequeña, incluso en el trabajo en la dirección de la esquina de la forma de cavidad, y el estado de corte fue estable. Además, el estado de daños de la herramienta después de realizar el trabajo hasta una profundidad de 30 mm, es decir, después haber terminado el trabajo de una forma mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Por otra parte, de acuerdo con el ejemplo comparativo, como el avance por diente era grande, se produjo viruta en un tiempo de trabajo de un tercio de recorrido cuando la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estableció en 1,8 mm, las vibraciones con chirrido fueron intensas durante el tiempo de trabajo del trozo de esquina de la cavidad, el sonido de corte fue intenso y el estado de daños de la herramienta después de haber terminado el trabajo de una forma mostró que el filo con radio estaba fracturado. Como resultado, no se consiguió una forma de trabajo original.

(Ejemplos 2 a 5)

De la misma manera que en el ejemplo 1, se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 2 mediante el establecimiento de los ángulos incluidos en R0° y R90° con el mismo ángulo que en el ejemplo 1, sin embargo, estableciendo el ángulo comprendido en R45° a 90°, se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 3 mediante el establecimiento de los ángulos incluidos en R0° y R90° con el mismo ángulo que en el ejemplo 1, sin embargo, estableciendo el ángulo comprendido en R45° a 95°, se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 4 mediante el establecimiento de los ángulos incluidos en R0° y R90° con el mismo ángulo que en el ejemplo 1, sin embargo, estableciendo el ángulo comprendido en R45° a 105°, y se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 5 mediante el establecimiento de los ángulos incluidos en R0° y R90° con el mismo ángulo que en el ejemplo 1, sin embargo, estableciendo el ángulo comprendido en R45° a 110°.

Se llevó a cabo la misma prueba de corte y estimación que en el ejemplo 1 en las fresas cilíndricas de filo con radio de los ejemplos 2 a 5. Como resultado de la prueba, con respecto a los ejemplos 2 a 5, el trabajo hasta una profundidad de 30 mm, es decir, se pudo realizar trabajo de una forma, y se consiguió la forma inicial de trabajo. Particularmente, con respecto a los ejemplos 1 y 3, la vibración con chirrido fue muy pequeña, el estado de corte fue estable, el estado de daños de la fresa cilíndrica mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Se observó viruta ligeramente diminuta en relación con el ejemplo 2. Con respecto al ejemplo 6, no se observó ni desportillamiento ni fractura, sin embargo, la vibración con chirrido y el sonido de corte fueron muy intensos.

(Ejemplos 6 a 10)

Las fresas cilíndricas de filo con radio de los ejemplos 6 a 10 y un ejemplo comparativo 2 se fabrican de la misma manera que en el ejemplo 1, mientras que se varía la ubicación de la posición de desplazamiento del ángulo agudo al ángulo obtuso en el filo con radio 1, de modo que la ubicación de desplazamiento se establece en R5° (ejemplo 6), R10° (ejemplo 7), R20° (ejemplo 8), R25° (ejemplo 9), R30° (ejemplo 10), y R35° (ejemplo comparativo 2). La misma prueba de corte y estimación de que en el ejemplo 1 se llevaron a cabo en estos ejemplos 6 a 10 y el ejemplo

comparativo 2. Como resultado de la prueba, con respecto a los ejemplos 6 a 10, el trabajo hasta una profundidad de 30 mm, es decir, se pudo realizar trabajo de una forma, y se consiguió la forma inicial de trabajo. Particularmente, con respecto a los ejemplos 1 y 7, la vibración con chirrido fue muy pequeña, el estado de corte fue estable, el estado de daños de la fresa cilíndrica mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Se observó desportillamiento levemente diminuto en relación con el ejemplo 10. Con respecto al ejemplo comparativo 2, se observó viruta y la vibración con chirrido y el sonido de corte fueron muy intensos.

(Ejemplo 11)

Una fresa cilíndrica de filo con radio en la que el trabajo de entalladura del filo inferior 2 y el trabajo de entalladura del filo con radio 1 se llevaron a cabo a través de una serie de trabajo y que las líneas de cresta de filo del filo con radio y el filo inferior formaron una línea curvada convexa se fabricó como ejemplo 11 de la misma manera que en el ejemplo 1, y se llevó a cabo la misma prueba de corte en el ejemplo 11. Como resultado, no se produjo ningún trozo de filo y por lo tanto se pudo suprimir el desportillamiento. Además, se pudo aumentar el rendimiento de descarga de viruta, la vibración con chirrido se pudo suprimir aún más, el estado de corte fue más estable, y el estado de la fresa cilíndrica después de trabajar una forma mostró que el desgaste era normal, el desgaste tenía una anchura de desgaste aún más pequeña.

[Cuarta Realización]

Se describirá una cuarta realización de la fresa cilíndrica de filo con radio de la presente invención haciendo referencia a la figura 7.

La Fig. 7 es una vista en planta ampliada que muestra la parte extrema de la fresa cilíndrica de filo con radio de esta realización cuando se ve a lo largo de la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio (esta vista se denominará en lo sucesivo, "vista en la dirección axial de fresa cilíndrica").

De acuerdo con la cuarta realización de la presente invención, un segmento lineal AB que pasa por los puntos de conexión A ($R0^\circ$) y B ($R90^\circ$) del filo con radio 1 está inclinado con respecto a una línea CL (representada por una línea de puntos) que pasa por el punto de conexión A ($R0^\circ$) y el centro de rotación O del extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio de 10° a 50° , y el valor máximo (MAX) de la cantidad sobresaliente (longitud) de la línea de cresta de filo del filo con radio 1 que sobresale hacia afuera desde el segmento lineal AB en una forma convexa en la vista en la dirección axial de la fresa cilíndrica se establece del 15% al 30% del radio R de esquina CR. El centro de rotación O significa que el centro de rotación de los filos cortantes (filos inferior y con radio), y el punto geométrico de rotación de los filos cortantes en torno al centro de rotación está representado por una línea de puntos.

De acuerdo con esta realización, bajo la condición de que el ángulo de inclinación δ del segmento lineal AB con respecto a la línea CL se establece de 10° a 50° , el corte de una pieza de trabajo se hace avanzar en la dirección desde el lugar $R0^\circ$ al lugar $R90^\circ$ del filo con radio 1, de manera que puede mantenerse el rendimiento de corte y puede reducirse la fuerza de corte.

Si el ángulo de inclinación δ es inferior a 10° , los efectos anteriores se reducen. Si el ángulo de inclinación δ es más de 50° , el espesor del mismo filo con radio 1 es demasiado pequeño, y el filo con radio 1 se fractura por la fuerza de corte en la dirección axial de la fresa cilíndrica. El ángulo de inclinación δ del filo con radio 1 se establece más preferiblemente de 20° a 40° , y se establece más preferiblemente de 20° a 30° cuando se utiliza en trabajo en tres dimensiones, porque la fuerza de corte en dirección axial de la fresa cilíndrica es más grande.

Como se describió anteriormente, de acuerdo con esta realización, el valor máximo (MAX) de la cantidad sobresaliente (longitud) de la línea de cresta de filo del filo con radio 1, que sobresale hacia el exterior desde el segmento lineal AB con una forma convexa se establece del 15% al 30% del radio R de esquina CR en la vista en sección tomada a lo largo de la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio. Si el valor máximo EM es inferior al 15%, la forma convexa de la línea de cresta de filo del filo con radio 1 con respecto al segmento lineal AB tiene poco efecto sobre el rendimiento de corte. Por lo tanto, el rendimiento de corte no se mejora. Por otro lado, si el valor máximo MAX es superior al 30%, la forma convexa se distorsiona y la curvatura de la forma convexa es grande, de modo que se reduce la resistencia mecánica del filo con radio 1.

El valor máximo MAX de la cantidad sobresaliente de la línea de cresta de filo del filo con radio 1 se establece preferiblemente del 20% al 30% del radio R de esquina CR.

Además, de acuerdo con esta realización, la posición en la línea de cresta de filo del filo con radio 1 en el que se alcanza el valor máximo MAX de la cantidad sobresaliente (en lo sucesivo se denominará "posición MAX") se puede establecer en una posición en la zona entre la posición $R30^\circ$ y la posición $R50^\circ$ en el filo con radio 1. Si la posición MAX está fuera de esta zona, la forma convexa se distorsionaría. En este caso, el rendimiento de corte se disminuye, el filo con radio 1 no se conecta suavemente con el filo inferior 2 o el filo periférico externo 3, por lo que tiende a aparecer algo del trozo de filo, tiende a aumentar la fuerza de corte y tiende a aparecer un desgaste anormal.

Como se describió anteriormente, de acuerdo con esta realización, se mejora la resistencia mecánica del filo con radio 1 y se reduce la fuerza de corte. Por lo tanto, en un trabajo que tiene una gran cantidad de corte, como un trabajo de desbaste, puede suprimirse la fractura y desportillamiento del filo con radio 1 y se puede realizar corte de avance grande en el que el avance por diente es grande.

Aquí, con el fin de suprimir aún más la ocurrencia de cualquier trozo de filo, el trabajo de entalladura del filo inferior y trabajo de entalladura del filo con radio se pueden realizar mediante una serie de trabajos de entalladura de manera que las líneas de cresta de filo del filo con radio y el filo inferior formen una línea curvada convexa, mejorando con ello la resistencia del filo con radio a la fractura y al desportillamiento

Además, es ventajoso que el número de filos cortantes (conjuntos de filos cortantes) se incremente para realizar el corte de alta eficiencia. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existan simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede mejorar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAIN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

Los ejemplos preferidos de acuerdo con la cuarta realización de la presente invención se describen a continuación con detalle.

(Ejemplos 1 a 5)

Son de uso común las fresas cilíndricas de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formadas de carburo cementado de partículas ultra-finas en las que se establece el diámetro del filo a 12 mm, el radio R de esquina CR se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAIN. En estas fresas cilíndricas de filo con radio, el ángulo de inclinación δ del filo con radio 1 se establece en 5° (ejemplo comparativo 1), 10° (ejemplo 1), 20° (ejemplo 2), 30° (ejemplo 3), 40° (ejemplo 4), 50° (ejemplo 5) y 60° (ejemplo comparativo 2).

Como pieza de trabajo se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40, y se formó una forma de cavidad entallada de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y 3° de ángulo único de la pared lateral formada mediante operación de línea del contorno utilizando soplo de aire bajo las condiciones de corte: un valor de rotación de 2600 revoluciones por minuto, una velocidad de avance de mesa de 1250 mm/min, un avance por diente de 0,16 mm/diente y una longitud sobresaliente de herramienta de 65 mm con un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la herramienta. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

Como resultado de la prueba de corte, en los ejemplos 1 a 5 de la cuarta realización, podría llevarse a cabo el trabajo hasta 30 mm, es decir, trabajo de una forma, y la forma de trabajo original puede conseguirse. En particular, en los ejemplos 2 y 3, la vibración con chirrido fue muy pequeña y el estado de corte fue estable. Aunque se observó desportillamiento ligeramente diminuto en el ejemplo 5, el desgaste fue normal, el desgaste tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente en los otros ejemplos. En el ejemplo 4, la vibración con chirrido se produjo ligeramente y el sonido de corte fue grande. En el ejemplo comparativo 1, la vibración con chirrido y el sonido de corte fueron intensos desde la etapa de corte inicial, el estado del daño de la fresa cilíndrica después de trabajar una forma mostró que se produjo un gran desportillamiento en el filo con radio, y no se consiguió la forma de trabajo original. Además, en el ejemplo comparativo 2, el espesor del propio filo con radio era demasiado delgado, y el filo con radio se fracturó en la fase inicial de corte de expirar su vida útil.

(Ejemplos 6 a 9)

Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1, y el valor máximo EM de la cantidad sobresaliente del trozo con forma convexa (la línea de cresta de filo del filo con radio 1) desde el segmento lineal AB con respecto al radio R de esquina CR se estableció en el 15% (ejemplo 6), el 20% (ejemplo 7), el 25% (ejemplo 8), el 30% (ejemplo 9) y 35% (ejemplo comparativo 3), es decir, la distancia real del mismo se estableció en 0,3 mm (ejemplo 6), 0,4 mm (ejemplo 7), 0,5 mm (ejemplo 8), 0,6 mm (ejemplo 9) y 0,7mm (ejemplo comparativo 2).

En estos ejemplos se llevó a cabo la misma prueba de corte y estimación que en los ejemplos 1 a 5. Como resultado de la prueba de corte, se produjeron leves vibraciones con chirrido y se produjo leve sonido de corte en el ejemplo 6. Sin embargo, la vibración con chirrido fue muy pequeña y el estado de corte se mantuvo estable en los ejemplos 7 a 9. Se observó desportillamiento levemente diminuto en el ejemplo comparativo 3, el desgaste fue normal, el desgaste tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente en los otros ejemplos.

(Ejemplos 10 a 16)

Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1, y en estas fresas cilíndricas de filo con radio, la posición de la cantidad máxima sobresaliente (EM) del filo con radio 1 se estableció en la posición R25° (ejemplo 10), la posición R30° (ejemplo 11), la posición R35° (ejemplo 12), la posición R40° (ejemplo 13), la posición R45° (ejemplo 14), la posición R50° (ejemplo 15) y la posición R55° (ejemplo 16). En estos ejemplos se llevó a cabo la misma prueba de corte y estimación que en los ejemplos 1 a 5. Como resultado de la prueba de

corte, con respecto a las fresas cilíndricas de filo con radio, podría llevarse a cabo el trabajo hasta 30 mm, es decir, trabajo de una forma, y la forma de trabajo original puede conseguirse. Particularmente, en los ejemplos 11 a 15, la vibración con chirrido fue muy pequeña, el estado de corte fue estable, el estado de daños de la fresa cilíndrica mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Se observó un trozo de filo en la posición de conexión con el filo periférico externo en el ejemplo 10 y en la posición de conexión con el filo inferior en el ejemplo 16, la línea curvada de forma convexa del filo con radio 1 se distorsionó ligeramente, y se produjo una ligera vibración con chirrido y el desportillamiento del trozo de filo.

(Ejemplo 17)

Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 17 de la misma manera que los ejemplos 1 a 5, mientras que el trabajo de entalladura del filo inferior 2 y el trabajo de entalladura del filo con radio 1 se realizaron mediante una serie de trabajos de manera que las líneas de cresta de filo del filo con radio 1 y el filo inferior 2 forman una línea curvada convexa, como se muestra en la figura 7. Se llevó a cabo la misma prueba de corte y estimación que en los ejemplos 1 a 5. Como resultado de la prueba de corte, no sólo se suprimió el desportillamiento por cualquier trozo de filo, sino que también se pudo mejorar el rendimiento de descarga de viruta. Por lo tanto, la vibración con chirrido se redujo aún más, el estado de corte fue estable, el estado de daños de la fresa cilíndrica después haber terminado el trabajo una forma mostró desgaste normal que tenía una anchura de desgaste más reducida.

[Quinta Realización]

En la cuarta realización descrita anteriormente, la posición en la línea de cresta de filo del filo con radio 1 en el que se logra el valor máximo EM de la cantidad sobresaliente (es decir, "posición EM") se establece en la zona comprendida entre la posición R30° la posición R50° en el filo con radio 1 en la vista en planta del trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio cuando se ve a lo largo de la dirección axial de la fresa cilíndrica. De acuerdo con una quinta realización de la presente invención, el filo con radio 1 se diseña para ser curvado de una forma convexa en una vista en dirección R45° de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio. Aquí, la vista en dirección R45° de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio significa una vista en perspectiva de la fresa cilíndrica de filo con radio conseguida cuando la fresa cilíndrica de filo con radio se ve en una dirección de intersección con la dirección axial de la herramienta (H) a 45° con el punto de conexión A (Posición R0°) del filo con radio 1 establecido como punto de anclaje como se muestra en la figura 8.

La Fig. 9 es una vista ampliada del filo con radio 1 en la vista en dirección R45° de esquina. En la figura 9, C representa la posición de proyección en el segmento lineal AB (que pasa por la posición R0° (A) y la posición R90° (B) del filo con radio 1) conseguida proyectando en el segmento lineal AB la posición correspondiente a la máxima cantidad sobresaliente (longitud) (correspondiente al valor máximo EM de la cantidad sobresaliente de la figura 7) del filo con radio 1 de forma convexa con respecto al segmento lineal AB, D representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida mediante la proyección sobre el segmento lineal AB de una posición que corresponde a 3/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 de forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, E representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida proyectando sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/2 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 de forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, y F representa una posición de proyección sobre el segmento lineal AB conseguida mediante la proyección sobre el segmento lineal AB de una posición que corresponde a 1/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 de forma convexa y está más cerca del punto de conexión A.

De acuerdo con la quinta realización, la longitud del segmento lineal CD, DE, EF, FA se varía para irse reduciendo gradualmente por este orden, y la cantidad de variación de la longitud de los segmentos lineales se reduce gradualmente, como se muestra en la figura 9. Además, la longitud del segmento lineal CD se establece en el 50% o más de la longitud del segmento lineal AC. Este diseño del filo con radio 1 aumenta la resistencia al desportillamiento.

Particularmente, con respecto al corte de avance grande en el que el avance por diente se aumenta en gran medida, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estima que corresponde a aproximadamente el 30% del radio R de esquina en un lugar general, y el desportillamiento o fractura se produce con frecuencia particularmente en la zona entre la posición R0° y la posición R45° en el filo con radio de esquina, es decir, en el lado del filo inferior del filo con radio de esquina. En consecuencia, la vista en la dirección R45° de esquina se espera que represente con mayor certeza la forma de un lugar alrededor del filo con radio 1, que se asocia más con la profundidad de corte en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio.

En el caso del corte de avance grande en el que se incrementa extremadamente el avance por diente, con el fin de aumentar la resistencia al desportillamiento y la resistencia a la fractura, es necesario mejorar la resistencia mecánica del lugar alrededor del filo con radio 1, que se asocia más con la profundidad de corte en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio. Por lo tanto, con el fin de mejorar la resistencia mecánica, el filo con radio 1 se diseña para tener una forma convexa en particular en la vista en dirección de la esquina R45° de la fresa cilíndrica de filo con radio. Este diseño puede mejorar la resistencia mecánica del filo con radio 1 y excluir cualquier lugar con forma de filo

que induce el desportillamiento y la fractura, con lo que se hace que el filo con radio 1 aumente la resistencia al desportillamiento y la fractura.

5 Además, un trozo alrededor del filo con radio 1, que contribuye principalmente al corte y se asocia con la profundidad de corte en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio (en lo sucesivo se denomina "lugar de filo con radio") se puede mejorar en cuanto a resistencia mecánica. En particular, la carga de corte se concentra en el lugar alrededor del filo con radio (lugar de filo con radio) que se asocia con la profundidad de corte en la dirección axial, y por lo tanto la longitud del segmento lineal CD se establece en el 50% o más de la longitud del segmento lineal AC.

10 En el caso del corte de avance grande, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta es igual a aproximadamente el 30% del radio R de esquina en un lugar de trabajo en general. Por lo tanto, si la longitud del segmento lineal CD se establece en el 50% o más de la longitud del segmento lineal AC, el lugar de filo con radio que se asocia con la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta sin duda existe en la zona correspondiente al segmento lineal CD. En este caso, puesto que la longitud del segmento lineal CD en el lugar de filo con radio se asocia con la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta es mayor que en los otros lugares, se suprime la curvatura del lugar de filo con radio asociada con la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta. Por lo tanto, mediante el corte de avance grande, se puede conseguir una forma adecuada, se puede mejorar la resistencia mecánica del lugar de filo con radio asociado con la profundidad de corte en la dirección axial de la herramienta puede aumentarse, la resistencia al desportillamiento y la fractura del filo con radio y puede conseguirse una vida útil estable de la herramienta.

25 En este caso, teniendo en cuenta el equilibrio en el rendimiento de corte con los otros lugares, el límite superior de la longitud del segmento lineal CD se establece preferiblemente en el 70% o menos del segmento lineal AC, y aún más preferiblemente se establece en el 60% o menos del segmento lineal AC.

30 Como se describió anteriormente, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se establece en aproximadamente el 30% del radio R de esquina en un lugar de trabajo en general, y por lo tanto un trozo del filo de corte que se extiende desde el punto intermedio del mismo hacia el lado del filo inferior contribuye principalmente al corte. De acuerdo con esta realización, la longitud del segmento lineal AC se puede establecer en cualquier valor en el intervalo de no menos del 40% a menos del 50% de la longitud del segmento lineal AB. Es decir, la posición de la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa desde el segmento lineal AB se encuentra en la zona que se extiende desde el punto intermedio del filo con radio al filo inferior, en cuyo caso se incrementa la curvatura del filo con radio en la zona en cuestión, el rendimiento de corte puede mantenerse por el efecto de distorsión y la fuerza de corte puede disminuirse.

35 En este caso, cuando la longitud del segmento lineal AB se establece para ser inferior al 40% de la longitud del segmento lineal AB, el lugar de filo con radio asociado con la profundidad de corte en la dirección axial se puede situar para estar más cerca de la posición R90° (el lado del filo periférico externo) que la posición de máxima cantidad sobresaliente, por lo que está relacionado que la posición de máxima cantidad sobresaliente esté contenida en el lugar que contribuye sobre todo al corte. Además, la curvatura en la zona comprendida entre el punto intermedio y el punto de conexión B del filo con radio 1 se incrementa excesivamente, y la forma del filo con radio se distorsiona en su conjunto. Por lo tanto, teniendo en cuenta la resistencia mecánica, la longitud del segmento lineal AC se establece en no menos del 40% de la longitud del segmento lineal AB. Este diseño puede proporcionar al filo con radio una excelente maquinabilidad y alta resistencia mecánica, y se puede mantener el rendimiento de corte del filo con radio que contiene el lugar de filo con radio y contribuye principalmente al rendimiento de corte y puede disminuirse la fuerza de corte.

50 En la vista en la dirección R45° de esquina de la fresa cilíndrica de filo con radio, el valor máximo de la cantidad sobresaliente de la forma convexa del filo con radio se puede establecer en un valor en el intervalo del 15% al 25% del radio R de esquina, en cuyo caso se puede conseguir la curvatura adecuada del filo con radio y puede conseguirse excelente rendimiento de corte y resistencia mecánica. Aquí, si la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa es inferior al 15% del radio R de esquina, y la curvatura se reduce, el rendimiento de corte se reduce. Por otro lado, si la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa es más del 25%, la curvatura se incrementa y la resistencia mecánica se debilita. Por lo tanto, la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa se establece en un valor en el intervalo del 15% al 25% de la radio R de esquina.

60 En un caso en el que se realiza el trabajo de línea de contorno sobre la pared de la cavidad substancialmente vertical, la operación de corte en la dirección axial se repite, y de este modo se lleva a cabo el corte utilizando el cuerpo entero del filo con radio en la cuarta operación de corte y posteriores. Por lo tanto, como en el caso del segmento lineal AC, cuando G representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguido al proyectarse sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 3/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 de forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, H representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/2 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 de forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, e I representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con

forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, los segmentos lineales CG, GH, HI, IB en el segmento lineal AB pueden reducirse gradualmente en longitud en este orden, y la cantidad de variación del mismo puede reducirse también gradualmente.

5 La cara de desprendimiento del filo con radio puede diseñarse para tener una superficie curvada de forma convexa en la dirección axial de la herramienta. En este caso, se puede aumentar la resistencia mecánica, se puede aumentar el rendimiento de descarga de virutas, se puede suprimir la fractura del filo con radio y puede reducirse la fuerza de corte. Además, incluso en el corte de avance grande en el que el avance por diente es alto, puede incrementarse aún más la vida útil de la herramienta. Aquí, con el fin de obtener más resistencia mecánica del filo con radio, el ángulo de
10 ataque del filo con radio se establece preferiblemente en un valor negativo, y el intervalo del mismo se establece preferiblemente de -15° a -30° .

Además, es ventajoso que el número de filos cortantes (conjuntos de filos cortantes) se incremente para realizar el corte de alta eficiencia. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos
15 cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede mejorar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAlN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

20 A continuación, se describen con detalle ejemplos preferidos de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

(Ejemplo 1)

25 Se fabrica una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que se establece el diámetro del filo en 10 mm, el radio R de esquina se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAlN. En la vista en dirección de la esquina $R45^\circ$ de las figuras 8 y 9, el filo con radio 1 se curva con una forma convexa, y cuando C representa la posición de proyección en el segmento lineal AB (que pasa por la posición $R0^\circ$ (A) y la posición $R90^\circ$ (B) del filo con radio 1) obtenida por la proyección sobre el
30 segmento lineal AB de la posición que corresponde a la cantidad sobresaliente máxima (longitud) (correspondiente al valor máximo EM de la cantidad sobresaliente de la Fig. 7) del filo con radio 1 con forma convexa con respecto al segmento lineal AB, D representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguido al proyectar sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a $3/4$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, E representa una posición de proyección en el
35 segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a $1/2$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, F representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a $1/4$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, G representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a $3/4$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, H representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que
40 corresponde a $1/2$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, e I representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a $1/4$ de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio 1 con forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, el valor máximo de la cantidad sobresaliente de la forma convexa del filo con radio 1 se establece en el 20% del radio R de esquina (es decir, 0,4 mm), las longitudes de los segmentos lineales CD, DE, EF, FA se establecen en 0,835 mm, 0,285 mm, 0,205 mm y 0,155 mm, respectivamente, y las longitudes de los segmentos lineales CG, GH, HI, IB se establecen en 0,910 mm, 0,355 mm,
45 0,195 mm, 0,175 mm, los segmentos lineales CD, DE, EF, FA se reducen gradualmente en este orden, mientras que los segmentos lineales CG, GH, HI, IB se reduce gradualmente en este orden y, además, la cantidad de variación se reduce gradualmente para los segmentos lineales CD, DE, EF, FA y para los segmentos lineales CG, GH, HI, IB. Aquí, la longitud del segmento lineal AC se establece en el 47,5% de la longitud del segmento lineal AC, y la longitud del segmento lineal CD se establece en el 56,4% de la longitud del segmento AC. El ángulo de ataque del filo con
50 radio 1 se establece a -25° en la dirección radial de la herramienta.

Se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40 como pieza de trabajo, y se llevó a cabo una forma de cavidad entallada de 100 mm de longitud, 65 mm de anchura, 30 mm de profundidad y que tenía una pendiente 3° en una pared lateral mediante el uso de operación de línea de contorno utilizando soplado de aire bajo las condiciones de
60 corte: un valor de rotación de 1680 revoluciones por minuto, una velocidad de avance de mesa de 4200 mm/min, un avance por diente de 0,625 mm/diente y una longitud sobresaliente de herramienta de 40 mm con un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la herramienta. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

Como comparación, las fresas cilíndricas de filo con radio descritas en los documentos JP-A-7-246508 y JP-A-11-216609 se fabricaron como ejemplos comparativos 1 y 2 de la misma manera que el ejemplo 1, y en los ejemplos comparativos 1 y 2 se llevó a cabo la misma prueba de corte que en el ejemplo 1.

5 Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 1, se observó poca vibración con chirrido y se pudo realizar un trabajo estable para conseguir una forma de cavidad. Además, no se produjo desportillamiento en el lugar del filo con radio asociado con la profundidad de corte en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio, el desgaste de la herramienta fue un desgaste normal y el corte todavía fue suficientemente posible. Por otro lado, con respecto a los ejemplos comparativos 1 y 2, se produjo desportillamiento en el lugar del filo con radio asociado a la profundidad de corte en la dirección axial en la fase de corte inicial, y la vibración con chirrido fue intensa. En el momento en que el 30% de la forma de cavidad se formó, es decir, en el momento del tiempo correspondiente a la profundidad de 9 mm, el desportillamiento se intensificó y la vida útil expiró.

(Ejemplos 2 a 5)

15 De la misma manera que en el ejemplo 1, se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio bajo la condición de que la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa del filo con radio 1 mostrada en la figura 9 con respecto al radio R de esquina se estableció en el 10% (ejemplo 2), el 15% (ejemplo 3), el 25% (ejemplo 4) y el 30% (ejemplo 5), es decir, se estableció en 0,2 mm (ejemplo 2), 0,3 mm (ejemplo 3), 0,5 mm (ejemplo 4) y 0,6 mm (ejemplo 5), y la misma prueba de corte que en el ejemplo 1 en el que la cantidad sobresaliente máxima de la forma convexa del filo con radio con respecto al radio R de esquina se establece en el 20%, es decir, 0,4 mm.

20 Como resultado de la prueba de corte, con respecto a los ejemplos 1, 3, 4, se pudo realizar de manera estable una cavidad con poca vibración con chirrido, sin producción de desportillamiento, el desgaste de la herramienta fue un desgaste normal y el corte todavía fue suficientemente posible. Además, con respecto a los ejemplos 2 y 5, se pudo formar una forma de cavidad. Sin embargo, se produjo leve vibración con chirrido y el sonido del corte fue un poco intenso en el ejemplo 2. Con respecto al ejemplo 5 se observó desportillamiento diminuto en el lugar del filo con radio asociado a la profundidad de corte en la dirección axial.

(Ejemplo 6)

30 Se fabrica una fresa cilíndrica de filo con radio en la que se forma la cara de desprendimiento del filo con radio para tener una superficie curvada de forma convexa en la dirección axial de la herramienta como ejemplo 6 de la misma manera que en el ejemplo 1, y se llevó a cabo la misma prueba de corte que en el ejemplo 1. Como resultado de la prueba de corte, en comparación con el ejemplo 1, la vibración con chirrido fue menor, el estado de corte también fue más estable, el estado de daños de la fresa cilíndrica mostró desgaste normal con una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente.

35 La Tabla 2 muestra el resultado de la comparación promedio entre los ejemplos de la quinta realización y el ejemplo comparativo, (técnica anterior) cuando la prueba de corte se llevó a cabo bajo la condición de que se utilizó una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro de la herramienta se estableció en 12 mm, el radio R de esquina CR se estableció en 2 mm y los filos cortantes se recubrieron con TiAlN, se utilizó acero previamente endurecido de HRC 40 como pieza de trabajo, y se formó una cavidad de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y 3° de ángulo único de la pared lateral mediante la utilización de la operación de línea de contorno con golpe de aire (seco) con un valor de rotación de 2520 revoluciones por minuto, una velocidad de mesa de 1250 mm/min, un avance por diente de 0,16 mm, una pasada Z (una pasada en la dirección axial) de 0,5 mm y una pasada XY (una pasada en la dirección radial) de 3 mm.

[TABLA 2]

	TÉCNICA ANTERIOR	TÉCNICA ANTERIOR	REALIZACIÓN
VISTA EN DIRECCIÓN 45°	CD no es más del 50% de AC AC no es inferior al 50% de AB	Substancialmente lineal	CD no es menor del 50% de AC AC no es más del 50% de AB
RESULTADO	Fracturada	Desportillada	Desgaste normal

50 [Sexta Realización]

Con respecto a la fresa cilíndrica de filo con radio convencional, se ha prestado poca atención al ángulo de alivio y en la dirección de línea normal del filo con radio, y el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal del filo con radio es sustancialmente fijo en toda la zona desde la posición R0° a la posición R90° del filo con radio. En consecuencia, cuando el avance por diente se aumenta extremadamente, y el ángulo de alivio del flanco del filo con radio 1 en la dirección radial de la herramienta discurre poco en la zona entre la posición R0° y la posición R45° del filo con radio 1. Como resultado, el desgaste del flanco del filo con radio se promueve intensamente y por lo tanto la vida útil del filo con radio expira, o en casos extremos, se produce colisión de retroceso y se hace imposible llevar a cabo el corte.

Además, en comparación con la zona entre la posición R0° y la posición R45° del filo con radio 1, la misma cantidad de corte en la dirección radial de la herramienta es mayor, la velocidad de corte es más alta y la carga de corte puede concentrarse en la zona entre el lugar R45° y la posición R90° del filo con radio 1. Por lo tanto, en la zona entre el lugar R45° y la posición R90° del filo con radio 1, la resistencia mecánica del filo con radio 1 no puede soportar la carga de corte, y se induce una adhesión adicional o similar, de modo que la vida útil ha expirado debido a la fractura.

De acuerdo con una sexta realización de la presente invención, se presta mucha atención al ángulo de alivio y del flanco del filo con radio 1. Es decir, según la sexta realización, se diseña una fresa cilíndrica de filo con radio de manera que el ángulo de alivio y del filo con radio en la dirección de línea normal del mismo se reduce gradualmente desde la posición R0° a la posición R90° del filo con radio 1, y el ángulo de alivio y en la posición R0° del filo con radio 1 se establece en 10° o más.

La figura 10 es una vista lateral ampliada del trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio, y la figura 11 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A.

Hay una tendencia a que la cantidad de corte del filo con radio 1 es mayor, la velocidad de corte es mayor y la carga de corte es más fiable para concentrarse como desplazamiento desde la posición R0° a la posición R90°. Por lo tanto, mediante la reducción gradual del ángulo de alivio y en la dirección de línea normal del filo con radio desde la posición R0° a la posición R90°, la resistencia mecánica del filo con radio 1 puede mejorarse más desde la posición R0° a la posición R90° del filo con radio 1. Además, la holgura entre el flanco del filo con radio y una pieza de trabajo puede mantenerse substancialmente constante durante el corte. La holgura entre el flanco del filo con radio y la pieza de trabajo durante el corte se determina por el ángulo de alivio en la dirección de rotación de la herramienta y el ángulo de alivio en la dirección de rotación de la herramienta se reduce con respecto al ángulo de alivio y en la dirección de línea normal alrededor del lugar R0°. Por tanto, el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal del filo con radio 1 se incrementa en la dirección del lugar R0° del filo con radio. Además, el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal y el ángulo de alivio en la dirección de rotación de la herramienta son substancialmente iguales entre sí en el lugar R90°, y de este modo el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal del filo con radio se reduce en la dirección del lugar R90° del filo con radio 1.

La holgura entre el flanco del filo con radio 1 y la pieza de trabajo puede ser substancialmente constante variando el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal según se ha descrito anteriormente, de manera que la maquinabilidad (rendimiento de corte) puede hacerse constante y el corte de avance grande puede realizarse fácilmente.

En segundo lugar, de acuerdo con esta realización, el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal en el lugar R0° del filo con radio 1 puede establecerse en 10° o más. Si el ángulo de alivio y es menor de 10°, no se consigue suficiente holgura entre el flanco 4 del filo con radio 1 y la pieza de trabajo. Particularmente en el corte de avance grande, se produce colisión con retroceso y la fuerza de corte debida al ángulo de alivio insuficiente en la dirección de rotación de la herramienta se incrementa para inducir la adhesión o algo similar, de modo que se reduce la vida útil. En consecuencia, el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal se establece preferiblemente en 12° o más. Además, el límite superior del ángulo de alivio y se establece preferiblemente en 20° o menos en consideración de la resistencia mecánica del filo.

Es preferible que el ángulo de alivio y en la dirección de línea normal se varíe continuamente desde el lugar R0° al lugar R90° con el fin de mantener la holgura entre el flanco y la pieza de trabajo. Además, el ángulo de alivio en el lugar R90° se establece preferiblemente en substancialmente el mismo valor que el flanco del filo periférico externo 3 de modo que el flanco del filo con radio 1 y el flanco del filo periférico externo 3 se puedan conectar suavemente entre sí sin un escalón entremedio. Por ejemplo, el ángulo de alivio del filo con radio 1 se establece preferiblemente en el intervalo de $\pm 1^\circ$ con respecto al ángulo de alivio del filo periférico externo 3.

Como se describió anteriormente, al aplicar esta realización, el filo con radio 1 puede tener a la vez una alta resistencia mecánica y excelente rendimiento de corte, y se puede realizar el corte de avance grande en el que el avance por diente se incrementa en gran medida.

En tercer lugar, de acuerdo con esta realización, el flanco del filo con radio 1 puede diseñarse con una forma lineal (como se indica mediante una línea continua en la Fig. 11) o una forma cóncava (como se indica mediante una línea de puntos en la Fig. 11) en una vista en sección transversal del filo con radio que se toma a lo largo de la dirección de línea normal. Con este diseño, la holgura entre el flanco del filo con radio y la pieza de trabajo se puede incrementar en las proximidades de la punta de filo de filo cortante, se puede suprimir el desgaste y la adhesión y la fuerza de corte se puede reducir, de modo que puede aumentarse la vida útil del filo con radio. Aquí, si el radio de curvatura de la línea curvada cóncava es pequeño, afecta a la colisión con retroceso o la resistencia mecánica del filo. Por lo tanto, el radio de curvatura de la línea curvada cóncava se establece preferiblemente en 30 veces el radio del filo con radio y más preferiblemente en 50 veces o más.

En cuarto lugar, de acuerdo con esta realización, las virutas generadas por el filo con radio 1 se descargan a través de la cara de desprendimiento del filo con radio, y de este modo una cara que constituye la cara de desprendimiento

7 del filo con radio 1 puede diseñarse para tener una forma cóncava en la dirección desde el lugar $R0^\circ$ al lugar $R90^\circ$. Con este diseño, el trozo de contacto de la cara de desprendimiento con las virutas se puede reducir para con ello reducir la fuerza de corte. Además, se evita que la tensión de corte se concentre en una parte de la cara de desprendimiento 7, y de este modo se dispersa en todas las direcciones. Además, se puede omitir cualquier escalón que perturbe el flujo de virutas.

En quinto lugar, de acuerdo con esta realización, el ángulo de ataque desde el lugar $R0^\circ$ al lugar $R90^\circ$ del filo con radio puede establecerse en un ángulo negativo a la vez en la dirección de línea normal y la dirección radial de la herramienta del filo con radio 1, por lo que la resistencia mecánica del filo con radio 1 se puede aumentar, y el corte de avance grande puede realizarse con una vida útil aumentada aún más.

Es ventajoso que el número de filos cortantes (conjuntos de filos cortantes) se incremente para realizar el corte de alta eficiencia. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres. Además, la vida útil de la fresa cilíndrica de filo con radio (filo con radio o similar) se puede aumentar mediante la aplicación de un revestimiento duro de TiAlN o similar, o un revestimiento lubricante de tipo Cr.

A continuación, se describen con detalle ejemplos preferidos de acuerdo con la sexta realización de la presente invención.

(Ejemplo 1)

Se fabrica una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 4 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas revestida en la que el diámetro de filo se establece en 12 mm, el radio R de esquina se establece en 2 mm y el ángulo de hélice del filo periférico externo 3 se establece en 43° como ejemplo 1. Los trozos de filo cortante de la fresa cilíndrica de filo con radio se revisten con TiAlN.

Como se muestra en la Fig. 10, el ángulo de alivio en la dirección de línea normal en el lugar $R0^\circ$ (A) se establece en 12° , y se reduce gradualmente en la dirección del lugar $R90^\circ$ (B) El flanco 4 del filo con radio 1 se diseña con una forma substancialmente lineal en vista en sección transversal tomada a lo largo de la dirección de línea normal del filo con radio 1. Se fabrican unas fresas cilíndricas de filo con radio que tienen la misma dimensión que el ejemplo 1 como ejemplos comparativos 1 y 2 de modo que el ángulo de alivio en la dirección de línea normal se fija substancialmente en 8° (ejemplo comparativo 1) o 12° (ejemplo comparativo 2) por la zona entre el lugar $R0^\circ$ y el lugar $R90^\circ$ (ejemplo comparativo 1).

Se llevo a cabo la prueba de corte en el ejemplo 1 y los ejemplos comparativos 1 y 2 como comparación realizando la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire bajo la condición de corte de que se utilizó acero previamente endurecido de HRC40 como pieza de trabajo, el valor de rotación se fijó en 2400 revoluciones por minuto, el avance por diente se varió en 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 mm/diente y la longitud sobresaliente de herramienta con un paso de 0,5 mm en la dirección axial de la fresa cilíndrica se estableció en 40 mm, y a continuación se observó el estado de daños.

Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 1, se observó poca vibración con chirrido hasta que el avance por diente alcanzó 0,4 mm/diente, es decir, el avance alcanzó 3840 mm/min, el trabajo se realizó de manera estable, no se produjeron virutas y el desgaste de la herramienta fue normal y se mantuvo suficiente capacidad de corte.

Por otro lado, con respecto al ejemplo comparativo 1, se produjo adhesión en el flanco del filo con radio en el momento en el que el avance por diente se igualó a 0,1 mm/diente, es decir, el avance fue igual a 960 mm/min, y se produjo intensa vibración con chirrido durante el corte. Además, cuando el avance por diente se estableció en 0,2 mm/diente, es decir, el avance se estableció en 1920 mm/min, se produjeron desportillamiento en el lugar $R10^\circ$ del filo cortante 1, y la vida útil expiró. Con respecto al ejemplo comparativo 2, se produjo desportillamiento en la zona entre el lugar $R80^\circ$ y el lugar $R90^\circ$ del filo con radio 1 cuando el avance por diente se estableció en 0,2 mm/diente, es decir, el avance se estableció en 1920 mm/min, y se intensificó la vibración con chirrido. Cuando el avance por diente se estableció en 0,3 mm/diente, es decir, el avance se estableció en 2880 mm/min, se intensificó el desportillamiento y la vida útil expiró.

(Ejemplos 2 a 5)

Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto que el ángulo de alivio en la dirección de línea normal en el lugar $R0^\circ$ del filo con radio 1 se estableció en 10° (ejemplo 2), 15° (ejemplo 3), 20° (ejemplo 4) y 25° (ejemplo 5), y con respecto a los ejemplos 2 a 5 así como el ejemplo 1, se llevó a cabo una forma de cavidad entallada de 60 mm de longitud, 40 mm de anchura, 30 mm de profundidad y que tenía una pendiente de 3° en la pared lateral mediante la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire bajo las condiciones de corte: un valor de rotación de 2400 revoluciones por minuto, un avance por diente de 0,4 mm/diente,

un avance de 3840 mm/min y una longitud sobresaliente de herramienta de 40 mm con un paso de 0,5 mm en la dirección axial de la fresa cilíndrica. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

5 Como resultado de la prueba de corte, en todas las fresas cilíndricas de filo con radio, pudo realizarse el trabajo hasta una profundidad de 300 mm, es decir, se pudo realizar un trabajo de una forma, y las fresas cilíndricas de filo con radio todavía pudieron realizar el corte. Particularmente con respecto al ejemplo 1 y el ejemplo 3, el estado de corte fue estable, y el estado de daños de la herramienta hasta una profundidad de 30 mm, es decir después de haber terminado el trabajo de una forma, mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Además, con respecto al ejemplo 4, no se observó efecto en el estado de corte y la superficie mecanizada, sin embargo, se observaron virutas diminutas en la punta del filo en el lugar $R0^\circ$ del filo con radio. Con respecto al ejemplo 2, se observó una leve adhesión en el flanco en el lugar $R0$, y con respecto al ejemplo 5, se produjo diminuto desportillamiento en la punta del filo en las proximidades del lugar $R0^\circ$ y se produjo leve vibración con chirrido, es decir, se afectó al estado de corte.

15 (Ejemplos 6 y 7)

Se fabricaron 4nas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 a excepción de que la forma del flanco 4 del filo con radio 1 en la vista en sección transversal en la dirección de línea normal del filo con radio se diseño para tener una línea curvada cóncava (ejemplo 6) o 4na línea curvada convexa (ejemplo 7) con el radio de curvatura de la línea curvada cóncava o convexa establecido en 50 veces el radio R de esquina (por ejemplo, el radio de curvatura se estableció en 100 mm), y se llevó a cabo la misma estimación y prueba de corte que en el ejemplo 1 a 5).

25 Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 7, el estado de corte fue estable, y el estado de daños de la herramienta hasta una profundidad de 30 mm, es decir después de haber terminado el trabajo de una forma, mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. Con respecto al ejemplo 7, se produjo leve vibración con chirrido. El estado de daño de la herramienta hasta una profundidad de 30 mm, es decir, después de haber terminado el trabajo de una forma mostró un desgaste normal, sin embargo, se observó leve adhesión y la anchura de desgaste de la misma fue levemente mayor que en los ejemplos 1 y 7.

30 (Ejemplo 8)

Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1, excepto que una cara que constituía la cara de desprendimiento 7 del filo con radio se diseño para tener una superficie curvada convexa en la dirección del lugar $R0^\circ$ al lugar $R90^\circ$ y se llevó a cabo la misma estimación y prueba de corte que en los ejemplos 1 a 5.

40 Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 8, el estado de corte fue estable, incluso en el trabajo en el trozo de esquina de la forma de cavidad, el estado de daños de la herramienta hasta una profundidad de 30 mm, es decir después de haber terminado el trabajo de una forma, mostró un desgaste normal que tenía una leve anchura de desgaste y la superficie mecanizada fue excelente. En comparación con el ejemplo 1, el corte de avance grande se puede realizar más estable.

(Ejemplo 9)

45 Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto que el ángulo de ataque desde el lugar $R0^\circ$ al lugar $R90^\circ$ del filo con radio 1 se estableció en un valor negativo en el intervalo de 0° a -10° a la vez en la dirección de línea normal y la dirección radial de la herramienta, y se llevó a cabo la misma estimación y prueba de corte que en el ejemplo 1.

50 Como resultado de la prueba de corte, el ejemplo 9 tenía un estado de corte más estable, menor anchura de desgaste y una superficie mecanizada más excelente que el ejemplo 1.

[Séptima Realización]

55 De acuerdo con esta realización, el filo con radio 1 se equipa con un margen para mejorar aún más la resistencia a las virutas y mejorar también la precisión R (la precisión de filo con radio). Cuando se equipan varios filos con radio en el trozo extremo de la fresa cilíndrica de filo con radio, la anchura promedio del margen puede variarse con cada filo con radio. Además, la anchura del margen de cada filo con radio puede variarse en la dirección longitudinal del margen (correspondiente a la dirección desde la posición $R90^\circ$ a la posición $R0^\circ$ del filo con radio 1)

60 La figura 12 es una vista ampliada (vista en la dirección $R45^\circ$) que muestra el trozo de radio de esquina que contiene el filo con radio 1, el filo inferior 2 y el filo periférico externo 3, la Fig. 13 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B de la Fig. 12 y las Figs. 14 y 15 son vistas en sección transversal tomadas a lo largo de la línea B-B de la figura 12 cuando la anchura del margen M en cada filo con radio se varía con varios estilos.

65 Por ejemplo, cuando el margen M se equipa en el filo con radio 1 con el fin de situarse en la frontera entre el filo con radio 1 y el flanco 4 del filo con radio 1 como se muestra en la figura 12, se aumenta la resistencia del filo con radio 1 al desportillamiento. Además, la precisión R se determina mediante la precisión del trozo de margen, y la precisión R

en el lado de la herramienta se consigue fácilmente en el proceso de fabricación de la herramienta. Por lo tanto, se puede fabricar una fresa cilíndrica de filo con radio que tiene una alta precisión de $\pm 0,01$ mm.

5 Por otra parte, la disposición del margen M aumenta la fuerza de corte. Con el fin de evitar este inconveniente, la anchura del margen M puede variarse cada filo con radio. En consecuencia, la fuerza de corte por diente (filo) en el proceso de corte es diferente entre los fillos con radio respectivos, y se consigue el mismo efecto que con el paso irregular. Por lo tanto, la carga de corte es estable, se puede suprimir la vibración con chirrido, puede soportarse el corte de avance grande y se puede realizar el corte de alta eficiencia.

10 Por otra parte, cuando la anchura del margen M varía en cada filo con radio 1, la fuerza de corte es variada en cada lugar en cada filo con radio 1, se generan virutas segmentadas o encrespadas, y se consigue el mismo efecto que una forma de filo de desbaste para el trabajo de desbaste, de manera que puede reducirse la fuerza de corte y puede realizarse un trabajo de alta eficiencia. Aquí, es preferible como estilo de variación de la anchura de margen MW que el margen sea variado de forma similar a una ola como se muestra en la Fig. 14 o una forma dentada. En este caso, la variación puede ser regular o irregular.

15 Además, de acuerdo con esta realización, la anchura promedio del trozo de margen equipado en cada filo con radio se establece en 0,15 mm o menos. Si la anchura promedio MW de margen es más de 0,15 mm, la fuerza de corte es grande. La anchura promedio MW de margen se establece preferiblemente de 0,1 mm o menos. Si el valor máximo de la anchura de margen MW es demasiado pequeño, la diferencia de anchura de margen MW es pequeña entre los respectivos fillos con radio o por toda el área de cada filo con radio. Por lo tanto, el valor máximo de la anchura de margen MW se establece preferiblemente en 0,02 mm o más.

20 El efecto descrito anteriormente se puede conseguir en un caso en el que el margen se equipa en el trozo lateral periférico externo del filo con radio y no se equipa margen en el trozo lateral de filo inferior del filo con radio. Por otro lado, el efecto en la precisión R del filo con radio no se puede conseguir, sin embargo, los otros efectos se pueden conseguir en un caso en el que el margen se equipe en el trozo lateral de filo inferior del filo con radio y no se equipe margen en el trozo lateral periférico externo del filo con radio.

25 La disposición del margen incrementa el área de contacto con la pieza de trabajo y de este modo incrementa la fuerza de corte. Sin embargo, aplicando un revestimiento duro de TiAlN o similar, o aplicando un revestimiento lubricante de tipo de Cr al margen, se puede reducir el incremento de fuerza de corte. Además, llevando a cabo el tratamiento de esmerilado o similar para redondear la punta de filo, la vida útil del corte de alta eficiencia se incrementa adicionalmente.

30 A continuación, se describen unos ejemplos preferibles de acuerdo con esta realización.

(Ejemplo 1)

35 Se fabrica una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 fillos cortantes de carburo cementado de partículas ultrafinas revestido en el que el diámetro de filo se establece en 12 mm y el radio R de esquina se establece en 2 mm como ejemplo 1, y los trozos de filo cortante de la fresa cilíndrica de filo con radio se revisten con TiAlN. En el ejemplo 1, las anchuras de márgenes MW de los tres fillos con radio 1 se establecen en 0,08 mm, 0,06 mm, 0,04 mm respectivamente, es decir, la relación de las anchuras de márgenes de los fillos con radio se establecen en una relación de 4:3:2, y el ángulo de ataque α en la dirección de línea normal en el lugar R45° del filo con radio 1 se establece en -5° , y la cara de desprendimiento 7 del filo con radio 1 se diseña para tener una superficie curvada convexa. Aquí, la precisión R de esquina está en el intervalo de $\pm 0,005$ mm con respeto al radio R de esquina (2 mm), y la precisión R de esquina se puede conseguir de manera fácil y muy excelente mediante la disposición del margen M.

40 Además, se fabrica una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo comparativo 1 de la misma manera que en el ejemplo 1, de modo que se consigue la misma forma de filo con radio, pero las anchuras de márgenes MW de los tres fillos con radio se fijan en 0,04 mm. El ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1 se sometieron a la prueba de corte para una comparación. En esta prueba de corte, se utilizó acero previamente endurecido de HRC40 como pieza de trabajo, y se formó una forma de cavidad entallada de 150 mm de longitud, 18 mm de anchura, 30 mm de profundidad y con un ángulo individual de 3° en la pared lateral mediante la utilización de la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire bajo la condición de corte de que el valor de rotación se estableció en 2600 revoluciones por minuto, el avance por diente se varió en 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 mm/diente y la longitud sobresaliente de la herramienta se estableció en 65 mm en una cantidad de corte de 0,6 mm en la dirección axial de la herramienta. Después de la prueba de corte, se observó el estado del corte.

45 Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 1 en el que la anchura de margen MW se hace diferente entre los fillos con radio, se produjo poca vibración con chirrido hasta que el avance por diente alcanzó 0,6 mm/diente, es decir, la velocidad de avance de mesa alcanzó 4680 mm/min, y se realizó un trabajo estable. Sin embargo, con respecto al ejemplo comparativo 1, la vibración con chirrido se intensificó con el avance por diente de 0,4 mm/diente, es decir, con la velocidad de avance de mesa de 3120 mm/min, y la vibración con chirrido fue muy

intensa con el avance por diente de 0,5 mm/diente, es decir, con la velocidad de avance de mesa de 3900 mm/min, de modo que el corte se detuvo.

(Ejemplos 2 y 3)

5 Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 de modo que las anchuras de márgenes promedios de los tres fillos con radio se establecieron en la relación 4:3:2. El margen M de cada filo con radio de cada fresa cilíndrica de filo con radio fabricada se varió de manera irregular con la forma de ola mostrada en la Fig. 14 (ejemplo 2) y la forma dentada mostrada en la Fig. 15. Se llevó a cabo la misma prueba de corte y estimación que en el ejemplo 1.

10 Como resultado de la prueba de corte, con respecto a los ejemplos 2 y 3, no se observó vibración con chirrido hasta que el avance por diente alcanzó 0,6 mm/diente, es decir la velocidad de avance de mesa alcanzó 4680 mm/min, y se observó poca vibración con chirrido adicional incluso con el avance por diente de 0,65 mm/diente, es decir, la velocidad de avance de mesa de 5070 mm/min en la prueba de corte aditiva. Se consiguieron mejores resultados en comparación con el ejemplo 1.

(Ejemplos 4 a 9)

20 Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 de modo que las anchuras de márgenes de los tres fillos con radio se establecieron en la relación 4:3:2. En estas fresas cilíndricas de filo con radio, la máxima anchura de margen promedio de cada filo con radio se estableció en 0,01 mm (ejemplo 4), 0,02 mm (ejemplo 5), 0,05 mm (ejemplo 6), 0,1 mm (ejemplo 7), 0,15 mm (ejemplo 8) y 0,2 mm (ejemplo 9), y en los ejemplos 4 a 9 se llevó a cabo la misma estimación y prueba de corte que en el ejemplo 1.

25 Como resultado de la prueba de corte, con respecto a todos los ejemplos 1 y 4 a 9, se pudo realizar el trabajo hasta que el avance por diente alcanzó 0,6 mm/diente, es decir, la velocidad de avance de mesa alcanzó 4680 mm/min. Particularmente, con respecto a los ejemplos 1 y 5 a 7, se observó poca vibración con chirrido, y se pudo realizar un trabajo estable. Por otro lado, se produjo vibración con chirrido en el trozo de esquina de cavidad de la pieza de trabajo con el avance por diente de 0,6 mm/diente con respecto a los ejemplos 4 y 8 y un avance por diente de 0,5 mm/diente con respecto al ejemplo 10. Con respecto al ejemplo 4, se observó levemente diminuto desportillamiento en los fillos con radio, y con respecto a los ejemplo 8 y 9, se observó levemente adhesión en los trozos de margen de los fillos con radio.

[Octava Realización]

35 Cuando se realiza realmente el corte de avance grande, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se establece normalmente en el radio R del filo con radio o menos para suprimir la fuerza de corte. En el trabajo de pared de cavidad o similar, una parte del filo periférico externo se pone en contacto con una pieza de trabajo, y las virutas se descargan en la dirección del filo periférico externo a lo largo de la distorsión del filo con radio. Por lo tanto, el daño del filo periférico externo en las proximidades del filo con radio es grande, y las virutas generadas particularmente en el corte de avance grande son de gran espesor, y la temperatura de las mismas se incrementa debido al calor de corte, de modo que se produce desportillamiento o fractura en el filo periférico externo en las proximidades del filo con radio, y la vida útil expira. Además, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se establece en el radio R o menos, y de este modo hasta aquí no se había prestado atención al filo periférico externo.

45 En consecuencia, según una octava realización de la presente invención, el filo con radio se retuerce y conecta de manera continua al filo periférico externo formado en espiral en la periferia externa de la fresa cilíndrica de filo con radio, el ángulo de hélice (espiral) de los fillos periféricos externos se establece de 35° a 55°, y el margen que tiene una anchura de margen de 0,02 a 0,2 mm se dispone en los fillos con radio y/o los fillos periféricos externos. Además los fillos con radio pueden ser un filo afilado.

50 De acuerdo con esta realización, cada filo con radio se retuerce (torsional) con el fin de invertirse con respecto a la dirección de rotación de la fresa cilíndrica de filo con radio en una vista lateral de la fresa cilíndrica de filo con radio. La torsión del filo con radio puede dispersar el choque por impacto cuando el filo con radio golpea en la pieza de trabajo, y de este modo se puede mejorar la resistencia del filo con radio a la fractura.

55 A continuación, el ángulo de hélice del filo periférico externo se establece de 35° a 55° (ángulo de hélice grande) con el fin de aumentar el rendimiento de descarga de virutas y dispersar la fuerza que se produce cuando las virutas entran en contacto con el filo periférico externo. El ángulo de hélice del filo periférico externo se establece preferentemente en 40° o más. Si el ángulo de hélice es de más de 55°, la resistencia mecánica de la punta de filo se disminuye, y la dirección de descarga de virutas está cerca de la dirección de la hélice del filo periférico externo, de modo que el filo periférico externo es probable que sufra el efecto de calor de corte y mordedura de las virutas. Por lo tanto, el ángulo de hélice del filo periférico externo se establece en 55° o menos, y preferiblemente en 50° o menos. Aquí, al establecer el ángulo de hélice del filo periférico externo en el ángulo de hélice grande, el filo periférico externo puede conectarse suavemente al filo con radio retorcido, y se mejora la maquinabilidad. Además, puede suprimirse en lo posible un filo que se produce en el trozo de conexión entre el filo periférico externo y el filo con radio, y de este modo la vida útil del corte de alta eficiencia se puede prolongar.

- Además, de acuerdo con esta realización, el margen de 0,02 a 0,2 mm de anchura puede disponerse en el filo periférico externo. En este caso, no solo se aumenta la resistencia mecánica de la punta de filo, sino que también se excluye la holgura entre la pieza de trabajo y el filo periférico externo y por lo tanto se suprime la mordedura de las virutas. Aquí, si la anchura de margen del filo periférico externo es menos de 0,02 mm, se reduce el efecto del margen del filo periférico externo. Si la anchura de margen es más de 0,2 mm, la carga de corte es grande y es probable que se produzca la vibración con chirrido o similar. Por lo tanto, la anchura de margen del filo periférico externo se establece en un valor en el intervalo de 0,02 mm a 0,2 mm.
- Aún más, de acuerdo con esta realización, el filo con radio puede ser un filo afilado, es decir, un filo cortante que no tiene margen con el fin de mejorar la maquinabilidad ya que el filo con radio es un lugar que constituye principalmente el corte y la carga de corte es grande cuando el filo de corte tiene un margen. El filo afilado definido en esta memoria descriptiva puede contener un filo que se somete a un tratamiento de redondeado diminuto de la punta de filo mediante esmerilado o similar.
- Aún más, de acuerdo con esta realización, el ángulo de ataque del filo periférico externo puede establecerse en 10° o menos para aumentar la resistencia mecánica de la punta de filo, y se establece preferiblemente en 5° o menos. Aquí, el ángulo de ataque del filo periférico externo se puede establecer en un ángulo negativo.
- A continuación, se describen unos ejemplos preferibles de esta realización.
- (Ejemplo 1)
La Fig. 16 es una vista ampliada del trozo de esquina del extremo de la herramienta en la vista en dirección de $R45^\circ$.
- Como ejemplo 1 se utiliza una fresa cilíndrica de filo con radio de tipo de 3 filos cortantes formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en las que el diámetro de filo se establece en 10 mm, el radio R de esquina se establece en 2 mm, el ángulo de hélice periférico externo se establece en 43° , los filos cortantes se revisten con TiAlN y el filo periférico externo 3 se proporciona con un margen periférico externo M.
- La figura 17 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea C-C de la figura 16, es decir, una vista en sección transversal que muestra el filo periférico externo 3, la cara de desprendimiento 9 del mismo y el flanco 5 del mismo, que se toma en una dirección perpendicular a la dirección axial de la herramienta. La anchura de margen MW del filo periférico externo 3 se establece en 0,05 mm, el ángulo de ataque α del filo periférico externo 3 se establece en $+3^\circ$, y el ángulo de alivio γ del filo periférico externo se establece en 12° .
- La figura 18 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea D-D de la figura 16, es decir, una vista en sección transversal que muestra el filo con radio 1, la cara de desprendimiento 7 del mismo y el flanco 4 del mismo, que se toma en una dirección perpendicular a la dirección axial de la herramienta. El filo con radio 1 es un filo afilado que no tiene margen, el ángulo de ataque α en la dirección de línea normal en el lugar $R45^\circ$ se establece en -5° y la cara de desprendimiento 7 del filo con radio se diseña para tener una superficie curvada convexa.
- Se fabrica un ejemplo comparativo 1 para tener la misma dimensión que el ejemplo 1 de modo que no se proporcione margen en el filo periférico externo. Se llevó a cabo la prueba de corte en el ejemplo 1 y el ejemplo comparativo 1 llevando a cabo la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire en una superficie lateral que tenía una pendiente de 3° bajo la condición de que se utilizó acero previamente endurecido de HRC40 como pieza de trabajo, el valor de rotación se estableció en 2400 revoluciones por minuto, el avance por diente se varió en 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 mm/diente y la cantidad sobresaliente de herramienta en un paso de 0,5 mm en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio se estableció en 40 mm. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.
- Como resultado de la prueba de corte, con respecto al ejemplo 1, se observó poca vibración con chirrido hasta que el avance por diente alcanzó 0,4 mm/diente, es decir, la velocidad de avance de mesa alcanzó 2880 mm/min, y se pudo realizar un trabajo estable. Además, no se produjo desportillamiento, el desgaste de la herramienta fue un desgaste normal y todavía fue posible suficiente trabajo de corte. Por otro lado, con respecto al ejemplo comparativo, se produjo desportillamiento en el filo periférico externo en las proximidades del filo con radio y la vibración con chirrido se intensificó en el avance por diente de 0,2 mm/diente, es decir, con una velocidad de avance de mesa de 1440 mm/min, y el desportillamiento se intensificó y la vida útil expiró con el avance por diente de 0,3 mm/diente, es decir, con la velocidad de avance de mesa de 2160 mm/min.
- (Ejemplos 2 a 5)
Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 excepto porque la anchura de margen de la anchura periférica externa se estableció en 0,01 mm (ejemplo comparativo 1), 0,02 mm (ejemplo 2), 0,1 mm (ejemplo 3), 0,15 mm (ejemplo 4), 0,2 mm (ejemplo 5) y 0,25 mm (ejemplo comparativo 3), y se conformó una pieza con forma de cavidad de 100 mm de longitud, 65 mm de anchura, 35 mm de profundidad y que tenía una pendiente de 3° en la pared lateral de la misma utilizando la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire bajo la condición de que el valor de rotación se estableció en 1680 revoluciones por minuto, el

avance por diente se estableció en 0,625 mm/diente, la velocidad de avance de mesa se estableció en 4200 mm/min y la longitud sobresaliente de herramienta en un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la fresa cilíndrica se estableció en 40 mm, y se observó el estado de daños.

5 Como resultado de la prueba de corte, con respecto a los ejemplos 1 y 2 a 5, se pudo realizar trabajo de una forma hasta una profundidad de 35 mm, y todavía fue posible realizar corte. Particularmente con respecto a los ejemplos 1, 2 y 3, el estado del corte fue estable, el estado de daños de la herramienta después de haber realizado trabajo hasta una profundidad de 35 mm mostró un desgaste normal que tenía leve anchura de desgaste, y la superficie de mecanizado fue excelente. Con respecto a los ejemplos 4 y 5, la superficie mecanizada no se vio afectada, sin embargo, la fuerza de corte fue grande. Por otro lado, con respecto al ejemplo comparativo 3, se produjo mucho desportillamiento en el filo periférico externo en las proximidades del filo con radio y la superficie mecanizada fue áspera. Con respecto al ejemplo comparativo 3, se produjo vibración con chirrido durante el corte y la superficie mecanizada sirvió como superficie de chirrido. Los ejemplos comparativos 2 y 3 no se pudieron utilizar.

15 (Ejemplo 6)

Se fabricó una fresa cilíndrica de filo con radio como ejemplo 6 de la misma manera que en el ejemplo 1 de modo que también se proporcionó un margen al filo con radio, y se llevó a cabo la misma prueba de corte que en los ejemplos 2 a 5. Como resultado de la prueba de corte, la superficie mecanizada del ejemplo 6 no se afectó, sin embargo, tuvo leve fuerza de corte. El estado de daños de la herramienta hasta una profundidad de 35 mm, es decir, después de haber terminado un trabajo de una forma mostró desgaste normal, sin embargo se observó leve adhesión en el trozo de margen del filo con radio. La anchura de desgaste fue mayor que en el ejemplo 1.

De acuerdo con esta realización, se pudo aumentar la resistencia del filo periférico externo al desportillamiento y la fractura manteniendo una alta maquinabilidad del filo con radio, y se pudo proporcionar una fresa cilíndrica de filo con radio de corte de alta eficiencia que pudo realizar un corte de avance grande.

(Novena Realización)

De acuerdo con esta realización, con el fin de aumentar la resistencia del filo con radio a la fractura y aumentar también el rendimiento de descarga de virutas generadas por el filo con radio para permitir con ello el corte de avance grande, cuando un primer filo cortante representa una zona de corte del filo con radio que se encuentra en el lado del filo inferior que se encuentra en el lado de filo periférico externo de la fresa cilíndrica de filo con radio, la caras de desprendimiento de los filos cortantes primero y segundo se curvan con una forma convexa en una vista en sección transversal perpendicular a la dirección axial de la fresa cilíndrica, en la que el segundo filo cortante tiene un espacio rebajado de viruta que se extiende en la dirección de filo inferior del filo con radio con el fin de ser continua con la cara de desprendimiento.

En el caso del corte de avance grande en el que el avance por diente se aumenta en gran medida, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estima que corresponde a aproximadamente el 30 % del radio R de esquina en un lugar general. En consecuencia, es necesario proporcionar alta resistencia mecánica y excelente maquinabilidad al primer filo cortante. Por lo tanto, de acuerdo con esta realización, con el fin de proporcionar a la vez alta resistencia mecánica y excelente maquinabilidad, la cara de desprendimiento del primer filo cortante se curva con una forma convexa en la vista en sección transversal perpendicular a la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio, de modo que se puede aumentar la resistencia mecánica de la punta de filo, las virutas se pueden separar rápidamente de la cara de desprendimiento, la fuerza de corte se puede reducir y la maquinabilidad se puede hacer excelente. Sin embargo, en este caso, las virutas se descargan difícilmente hacia arriba. Con el fin de evitar esta desventaja, se proporciona un espacio rebajado de viruta de manera continua con la cara de desprendimiento del segundo filo cortante con el fin de extenderse en la dirección inferior de filo. Las virutas generadas por el primer filo cortante se descargan hacia arriba a través del espacio rebajado de viruta del segundo filo cortante, en el que se puede reducir la mordedura de las virutas y se puede suprimir el desportillamiento y la fractura. En un trabajo de una superficie de pared vertical o similar, el segundo filo cortante contribuye al corte en algunos casos. Por lo tanto, es necesario que la cara de desprendimiento del segundo filo cortante sea curvada con una forma convexa como el primer filo cortante para aumentar la resistencia mecánica de la punta de filo. La anchura del espacio rebajado de viruta puede reducirse gradualmente. En este caso, se puede mejorar en cuanto a resistencia mecánica un lugar del segundo filo cortante que se encuentra en las proximidades del primer filo cortante y puede morder las virutas generadas por el primer filo cortante con alta probabilidad. Además, puede incrementarse gradualmente la anchura del espacio rebajado de viruta en la dirección del filo periférico externo, en el que las virutas generadas por el primer filo cortante se pueden descargar suavemente hacia arriba.

Como se describió anteriormente, en el caso del corte de avance grande en el que el avance por diente se incrementa en gran medida, la cantidad de corte en la dirección axial de la herramienta se estima que corresponde a aproximadamente el 30% del radio R de esquina en un lugar general. Por lo tanto, la longitud en la dirección axial de la herramienta del segundo filo cortante puede establecerse del 20% y 60% del radio R de esquina, y puede aumentarse ciertamente la resistencia mecánica del primer filo cortante que no tiene espacio rebajado de viruta que se utiliza principalmente durante el corte. Si la longitud del segundo filo cortante en la dirección axial de la herramienta es menos del 20%, se reduce el efecto de descarga hacia arriba de viruta generado por el primer filo cortante. Por otro lado, si la longitud del segundo filo cortante es más del 60%, una parte del segundo filo cortante

también se utiliza principalmente durante el corte, y también se disminuye la resistencia mecánica de todo el cuerpo del filo con radio. Por lo tanto, la longitud en la dirección axial del segundo filo cortante se establece preferiblemente del 30% al 50% del radio R de esquina.

5 Con el fin de obtener la resistencia mecánica del filo con radio, el ángulo de ataque del filo con radio se establece preferiblemente en un ángulo negativo, y se establece preferiblemente en el intervalo de 0° a -45°. En consideración de la resistencia mecánica y la maquinabilidad, es más preferible establecer el intervalo de -15° a +30°.

10 Es ventajoso que el número de filos cortantes (conjuntos de filos cortantes) se incremente para realizar el corte de alta eficiencia. En el caso de una pieza de trabajo que tiene un trozo de esquina, cuando una fresa cilíndrica de varios filos que tiene cuatro o más filos cortantes se aplica a la pieza de trabajo, existen simultáneamente filos cortantes en el trozo de esquina, de modo que es probable que se produzca vibración con chirrido debido a la resonancia. Por lo tanto, el número de filos cortantes se establece preferiblemente en tres.

15 A continuación, se describen con detalle unos ejemplos preferidos de acuerdo con la novena realización de la presente invención.

(Ejemplo 1)

20 La figura 19 es una vista ampliada que muestra el trozo extremo de una fresa cilíndrica de filo con radio de un ejemplo 1 formada de carburo cementado de partículas ultra-finas en la que el diámetro de filo se establece en 10 mm, el radio R de esquina se establece en 2 mm y los filos cortantes se revisten con TiAlN. Las figuras 20 a 23 son vistas en sección transversal que muestran el filo con radio 1 del ejemplo 1 que se toman a lo largo de una línea E-E, una línea F-F, una línea G-G y una línea H-H de la figura 19 respectivamente en una dirección perpendicular a la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio desde el lado de filo inferior al lado de filo periférico externo, en el que las figuras 20 y 21 muestran un primer filo cortante 12 del filo con radio 1, y las figuras 22 y 23 muestran un segundo filo cortante 13 del filo con radio 1. La caras de desprendimiento 7 (correspondientes a una cara de desprendimiento individual común a los filos cortantes primero y segundo 12 y 13) de los filos cortantes primero y segundo 12 y 13 se diseñan para ser curvadas con una forma convexa, y el segundo filo cortante 13 tiene un espacio rebajado CP de viruta que se extiende en la dirección del filo inferior con el fin de ser continua con la cara de desprendimiento 7. La anchura de la cara de desprendimiento 7 del segundo filo cortante 13 se incrementa gradualmente en la dirección al primer filo cortante 12, y la anchura del espacio rebajado CS de viruta se reduce gradualmente. La longitud en la dirección axial del segundo filo cortante se establece en el 40% (0,8 mm) del radio R de esquina, y el ángulo de ataque del filo con radio se establece en -25° en la dirección radial de la fresa cilíndrica de filo con radio.

35 Se llevó a cabo la prueba de corte en el ejemplo 1 mediante la aplicación de la operación de línea de contorno utilizando soplado de aire en una forma de cavidad de 100 mm de longitud, 65 mm de anchura y 30 mm de profundidad que tenía una pendiente de 3° de la pared lateral de la misma bajo la condición de que se utilizó acero previamente endurecido de HRC40 como pieza de trabajo, el valor de rotación se estableció en 1680 revoluciones por minuto, el avance por diente se estableció en 0,625 mm/diente y la longitud sobresaliente de la herramienta en un paso de 0,6 mm en la dirección axial de la fresa cilíndrica de filo con radio se estableció en 40 mm. Después de la prueba de corte, se observó el estado de daños de la herramienta.

40 Como comparación, las fresas cilíndricas de filo con radio descritas en los documentos JP-A-7-246508 y JP-A-11-216609 se fabricaron como ejemplos comparativos 1 y 2 de la misma dimensión que el ejemplo 1, y se llevó a cabo la misma prueba de corte que en el ejemplo 1.

45 Con respecto al ejemplo 1, se pudo trabajar de manera estable una forma de cavidad con poca vibración con chirrido debido a la mordedura de viruta. No se produjo desportillamiento en el filo con radio, el desgaste de herramienta fue un desgaste normal y la fresa cilíndrica de filo con radio todavía pudo realizar el corte. Por otro lado, con respecto a los ejemplos comparativos 1 y 2, en la fase inicial de corte, se produjo desportillamiento en el filo con radio, la vibración con chirrido fue intensa y el desportillamiento se intensificó en el momento en el que se trabajó el 30% de la forma de cavidad, es decir, la profundidad alcanzó 9 mm, de modo que la vida útil expiró.

50 (Ejemplos 2 a 7)

55 Se fabricaron unas fresas cilíndricas de filo con radio de la misma manera que en el ejemplo 1 de modo que la longitud en la dirección axial del segundo filo cortante se estableció en el 10% (ejemplo 2), 20% (ejemplo 3), 30% (ejemplo 4), 50% (ejemplo 5), 60% (ejemplo 6) y 70% (ejemplo 7) del radio R de la curva, es decir, 0,2 mm (ejemplo 2), 0,4 mm (ejemplo 3), 0,6 mm (ejemplo 4), 1,0 mm (ejemplo 5), 1,2 mm (ejemplo 6) y 1,4 mm (ejemplo 7). Se llevó a cabo la misma estimación y prueba de corte que en el ejemplo 1 en estos ejemplos 2 a 7 así como el ejemplo 1 en el que la longitud en la dirección axial del segundo filo cortante se estableció en el 40%, es decir, 0,8 mm.

60 Como resultado de la prueba de corte, con respecto a los ejemplos 1, 4 y 5, se pudo trabajar una forma de cavidad con poca vibración con chirrido debido a mordedura de viruta, no se produjo desportillamiento, el desgaste de la herramienta fue un desgaste normal y las fresas cilíndricas de filo con radio todavía pudieron llevar a cabo el corte. Con respecto a los ejemplos 3 y 6, se pudo trabajar una forma de cavidad, y se pudo llevar a cabo suficientemente el

5 corte. Sin embargo, con respecto al ejemplo 2, se produjo levemente vibración con chirrido debida a mordedura de viruta, y el sonido de corte fue levemente intenso. Con respecto al ejemplo 5 se observó desportillamiento ligeramente diminuto en el primer trozo de filo cortante. Con respecto a los ejemplos 2 y 7, se pudo trabajar una forma de cavidad. Sin embargo, con respecto al ejemplo 2, se produjo vibración con chirrido debida a mordedura de viruta, el sonido de corte fue intenso y se produjo desportillamiento debido a la vibración con chirrido. Con respecto al ejemplo 7, se produjo desportillamiento en el trozo fronterizo entre los filos cortantes primero y segundo, y la vida útil expiró en los ejemplos 2 y 7.

10 De acuerdo con esta realización, se puede aumentar la resistencia a la fractura del filo con radio, y también se puede aumentar el rendimiento de descarga de virutas generadas por el filo con radio, permitiendo con ello el corte de avance grande.

15 Como se ha descrito anteriormente, según la presente invención, la fresa cilíndrica de filo con radio de la presente invención es aplicable al trabajo de superficies curvadas en tres dimensiones, la operación de líneas de contorno, etc., e incluso cuando se utiliza en un trabajo que tiene una cantidad de corte, tal como un trabajo de desbaste, se puede suprimir el desportillamiento y la fractura del filo con radio, y se puede realizar el corte de alta eficiencia en el que el avance por diente es alto. Además, en el trabajo de superficies curvadas en tres dimensiones, la operación de la línea de contorno, etc., se puede aumentar la resistencia mecánica y la maquinabilidad del filo con radio, y el corte de avance grande se puede realizar con gran precisión.

20 Además, de acuerdo con la presente invención, se puede aumentar la resistencia del filo periférico externo al desportillamiento y la fractura manteniendo la alta maquinabilidad del filo con radio, y el corte de avance grande se puede realizar de manera más estable.

REIVINDICACIONES

1. Una fresa cilíndrica de filo con radio que tiene
- 5 un filo cortante inferior (2) formado en la cara extrema de la misma,
 un filo cortante con radio (1) diseñado con el fin de extenderse sustancialmente más de 90° en una forma de
 arco y formado en un trozo de esquina de la misma, y
 un filo periférico externo cortante (3) formado en espiral en la superficie lateral de la misma,
 en la que:
- 10 el filo cortante inferior (2) y el filo cortante con radio (1) se conectan de manera continua entre sí en el punto
 de conexión A mientras que el filo cortante con radio (1) se conecta de manera continua con el filo cortante
 periférico externo (3) en el punto de conexión B, y
 cuando el ángulo de intersección entre la dirección axial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio y la dirección
 de línea normal en cualquier posición de dicho filo cortante con radio (1) se representa con R, el punto de
 15 conexión A corresponde a la posición $R=0^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) mientras que el punto de
 conexión B corresponde a la posición $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1),
caracterizada porque
 cuando una vista tomada a lo largo de un plano que pasa a través de los puntos de conexión A y B y atraviesa
 una cara de desprendimiento (7) de filo cortante con radio (1) se representa con una vista en sección
 20 transversal R, dicha cara de desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) se diseña para tener una
 línea curvada convexa (7') que se extiende desde el punto de conexión A al punto de conexión B en la vista en
 sección transversal R, y
 cuando una posición en la línea curvada convexa (7') que está más alejada del segmento lineal AB en la vista
 en sección transversal R se representa mediante MO, MO se encuentra en una posición entre el punto de
 25 conexión A y la posición que se encuentra en la línea curvada convexa (7') y corresponde al punto medio (15)
 del segmento lineal AB.
2. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que la curvatura de la línea curvada convexa (7')
 de dicha cara de desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) en la vista en sección transversal R se varía
 30 gradualmente en la dirección del punto de conexión A al punto de conexión B.
3. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que la posición de máxima curvatura de la línea
 curvada convexa (7') se encuentra en cualquier posición en la línea curvada convexa (7') entre el punto de conexión
 A y la posición que se encuentra en la línea curvada convexa (7') y corresponde al punto medio (15) del segmento
 35 lineal AB.
4. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que la curvatura promedio de la línea curvada
 convexa (7') entre el punto de conexión A y la posición que se encuentra en la línea curvada convexa (7') y
 40 corresponde al punto medio (15) del segmento lineal AB se establece para ser mayor que la curvatura promedio de la
 línea curvada convexa (7') entre el punto de conexión B y la posición que se encuentra en la línea curvada convexa
 (7') y corresponde al punto medio (15) del segmento lineal AB.
5. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
 una superficie que constituye una cara de desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) se diseña para
 45 tener una superficie curvada convexa en la dirección desde la posición $R=90^\circ$ a la posición $R=0^\circ$ de dicho filo
 cortante con radio (1), y
 una cara de desprendimiento (8) de dicho filo cortante inferior (2) que se extiende desde la posición $R=0^\circ$ de dicho
 filo cortante con radio (1) al eje de rotación de la herramienta de dicha fresa cilíndrica de filo con radio es
 50 substancialmente plana.
6. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 5, en la que el ángulo de ataque (α) de la cara de
 desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) se establece con un ángulo negativo por la zona entre la
 posición $R=90^\circ$ y la posición $R=0^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) a la vez en la dirección de línea normal de dicho
 55 filo cortante con radio (1) y la dirección radial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio.
7. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 5, en la que el ángulo de ataque (α) en la dirección del
 eje de rotación de la herramienta de una cara de desprendimiento (8) de dicho filo cortante inferior (2) se establece
 para ser menor que el ángulo de ataque (α) de la cara de desprendimiento (7) en la posición $R=0^\circ$ de dicho filo
 60 cortante con radio (1).
8. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 5, en la que la cara de desprendimiento (8) de dicho filo
 cortante inferior (2) es una cara trabajada con entalladura.
9. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:

- el ángulo comprendido (β) de dicho filo cortante con radio (1) se varía gradualmente desde un ángulo agudo a un ángulo obtuso y a continuación se varía desde un ángulo obtuso a un ángulo agudo en la dirección desde el lado del filo cortante inferior al lado del filo cortante periférico externo de dicha fresa cilíndrica de filo con radio, y el ángulo comprendido (β) en por lo menos un lugar de filo cortante con radio desde la posición $R=30^\circ$ a la posición $R=60^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) es un ángulo obtuso.
- 5
10. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 9, en la que:
una zona de cambio desde el ángulo agudo al ángulo obtuso del ángulo comprendido (β) de dicho filo cortante con radio (1) se establece entre la posición $R=5^\circ$ y la posición $R=30^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1), y
10 una zona de cambio desde el ángulo obtuso al ángulo agudo del ángulo comprendido de dicho filo cortante con radio (1) se establece entre la posición $R=60^\circ$ y la posición $R=85^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1).
11. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 10, en la que:
el valor máximo del ángulo obtuso se establece en 95° o más, y
15 la posición de máximo ángulo obtuso de dicho filo cortante con radio (1) se encuentra entre la posición $R=30^\circ$ y la posición $R=50^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1)
12. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
el segmento lineal AB que pasa a través de la posición $R=0^\circ$ y la posición $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) se inclina con respecto a una línea CL que pasa por la posición $R=0^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) y el centro de rotación del extremo de dicha fresa cilíndrica de filo con radio de 10° a 50° en una vista en planta del trozo extremo de dicha fresa cilíndrica de filo con radio que se ve a lo largo de la dirección axial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio, y
20 el valor máximo de una cantidad sobresaliente de la línea de cresta de filo de dicho filo cortante con radio (1) que sobresale hacia el exterior desde el segmento lineal AB con una forma convexa en vista en sección perpendicular a la dirección axial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio se establece del 15% al 30% del radio R de esquina.
- 25
13. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 12, en la que la posición en la línea de cresta de filo en la que la cantidad sobresaliente de la línea de cresta de filo en la forma convexa es máxima se encuentra entre la posición $R=30^\circ$ y la posición $R=50^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1).
- 30
14. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
dicho filo cortante con radio (1) se curva con una forma convexa en una vista en dirección $R45^\circ$ de esquina de dicha fresa cilíndrica de filo con radio que corresponde a una vista en perspectiva de dicha fresa cilíndrica de filo con radio conseguida cuando dicha fresa cilíndrica de filo con radio se ve a lo largo de una dirección de intersección con la dirección axial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio en 45° con el punto de conexión A de dicho filo cortante con radio (1) establecida como punto de anclaje, y
35 cuando se está en la vista en la dirección $R45^\circ$ de esquina, C representa una posición de proyección en el segmento lineal AB que pasa a través de la posición A de $R=0^\circ$ y la posición B de $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) conseguida al proyectar sobre el segmento lineal AB la posición correspondiente a la cantidad sobresaliente máxima del filo cortante con radio (1) con forma convexa con respecto al segmento lineal AB, D representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 3/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo cortante con radio (1) con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, E representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/2 de la cantidad sobresaliente máxima del filo cortante con radio (1) con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, y F representa una posición de proyección sobre el segmento lineal AB conseguida al proyectar sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo cortante con radio (1) con forma convexa y está más cerca del punto de conexión A, la longitud de los segmentos lineales CD, DE, EF, FA se varía para reducirse gradualmente en este orden, la cantidad de variación de la longitud de los segmentos lineales se reduce gradualmente, y la longitud del segmento lineal CD se establece en el 50% o más de la longitud del segmento lineal AC.
- 40
- 45
- 50
15. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 14, en la que la longitud del segmento lineal AC se establece en cualquier valor en el intervalo de no menos del 40% a menos del 50% de la longitud del segmento lineal AB.
- 55
16. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 14, en la que en la vista en la dirección $R45^\circ$ de esquina de dicha fresa cilíndrica de filo con radio, el valor máximo de la cantidad sobresaliente de la forma convexa de dicho filo cortante con radio (1) se establece en un valor en el intervalo del 15% al 25% del radio R de esquina CR,
- 60
17. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 14, en la que G representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar sobre el segmento lineal AB una posición que corresponde a 3/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo cortante con radio (1) de forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, H representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/2 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio (1) de
- 65

- 5 forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, e I representa una posición de proyección en el segmento lineal AB conseguida al proyectar en el segmento lineal AB una posición que corresponde a 1/4 de la cantidad sobresaliente máxima del filo con radio (1) con forma convexa y está más cerca del punto de conexión B, los segmentos lineales CG, GH, HI, IB en el segmento lineal AB pueden reducirse gradualmente en longitud en este orden, y la cantidad de variación de los mismos puede reducirse también gradualmente.
18. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
 el ángulo de alivio (γ) en la dirección de línea normal de dicho filo cortante con radio (1) se reduce gradualmente en la dirección desde la posición $R=0^\circ$ a la posición $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1), y
 10 el ángulo de alivio (γ) en la dirección de línea normal en la posición $R=0^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) se establece en 10° o más.
19. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 18, en la que el ángulo de ataque (α) en la dirección normal en la posición $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1) se establece para ser substancialmente el mismo ángulo de ataque (α) en la dirección normal de dicho filo cortante periférico externo (3).
 15
20. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 18, en la que la cara de desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) se diseña con una forma curvada cóncava o lineal en una vista en sección transversal de dicho filo cortante con radio (1) conseguida cuando se ve a lo largo de la dirección de la línea normal de dicho filo cortante con radio (1).
 20
21. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 18, en la que la cara de desprendimiento (7) de dicho filo cortante con radio (1) se diseña para tener una superficie curvada convexa en la dirección desde la posición $R=0^\circ$ a la posición $R=90^\circ$ de dicho filo cortante con radio (1).
 25
22. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 18, en la que el ángulo de ataque (α) de dicho filo cortante con radio (1) se establece en un ángulo negativo a la vez en la dirección normal de dicho filo cortante con radio (1) y la dirección radial de dicha fresa cilíndrica de filo con radio.
23. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
 los filos cortantes con radio (1) se equipan en los trozos de esquina del trozo extremo de dicha fresa cilíndrica de filo con radio.
 cada uno de dichos filos cortantes con radio (1) está provisto con un trozo de margen, y
 la anchura promedio de dicho trozo de margen se varía cada filo cortante con radio (1) y/o se varía en cada filo
 35 cortante con radio (1).
24. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 23, en la que la anchura promedio de dicho trozo de margen dispuesto para cada uno de dichos filos cortantes curvos (1) se establece en 0,15 mm o menos.
25. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 23, en la que se proporciona un revestimiento lubricante a dicho trozo de margen.
 40
26. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
 dicho filo con radio se retuerce y se conecta de manera continua con dicho filo cortante periférico externo (3) formado
 45 en espiral sobre la periferia externa de dicha fresa cilíndrica de filo con radio.
 el ángulo de hélice de dicho filo cortante periférico externo (3) se establece de 35° a 55° , y
 se proporciona un margen que tiene una anchura de margen de 0,02 a 0,2 mm en dicho filo con radio cortante (1) y/o
 dicho filo periférico externo cortante (3).
27. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 26, en la que dicho filo cortante con radio (1) es un filo afilado.
 50
28. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 1, en la que:
 cuando un primer filo cortante (12) representa un lugar de corte de dicho filo cortante con radio (1) que se encuentra
 55 en el lado del filo cortante inferior y un segundo filo cortante (13) representa un lugar de corte de dicho filo cortante con radio (1) que se encuentra en el lado de filo cortante periférico externo, las caras de desprendimiento (7) de dichos filos cortantes primero y segundo (12, 13) se curvan con una forma convexa en una vista en sección transversal perpendicular a la dirección axial de la fresa cilíndrica, y
 dicho segundo filo cortante (13) tiene un espacio rebajado (CS) de viruta que se extiende en la dirección del filo inferior de dicho filo cortante con radio de manera continua con la cara de desprendimiento (7) de dicho segundo filo cortante (13).
 60
29. La fresa cilíndrica de filo con radio de la reivindicación 28, en la que la anchura de dicho espacio rebajado (CS) de viruta se reduce gradualmente.
 65

FIG. 1

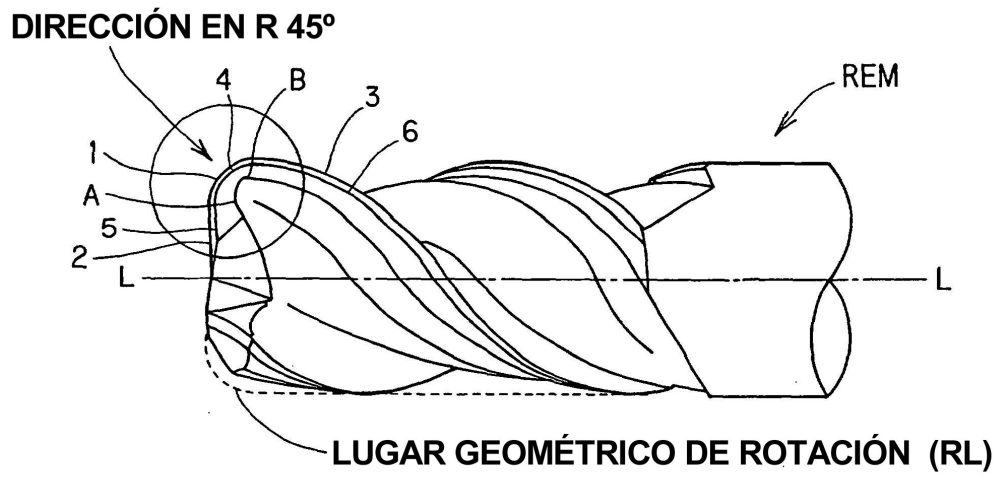


FIG. 2

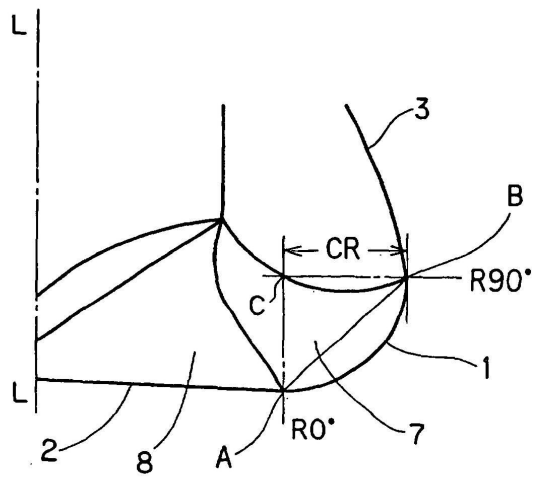


FIG. 3

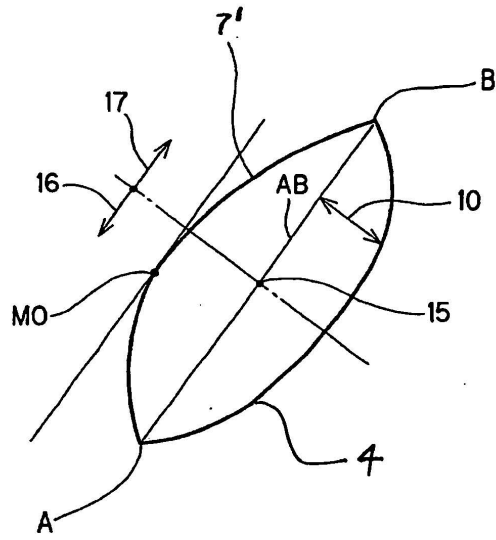


FIG. 4

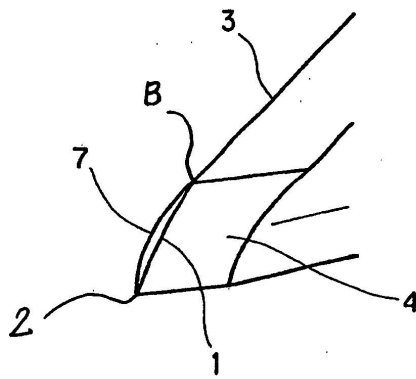


FIG. 6

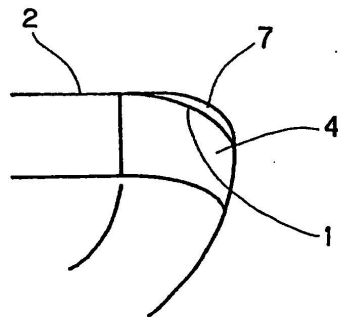


FIG. 5

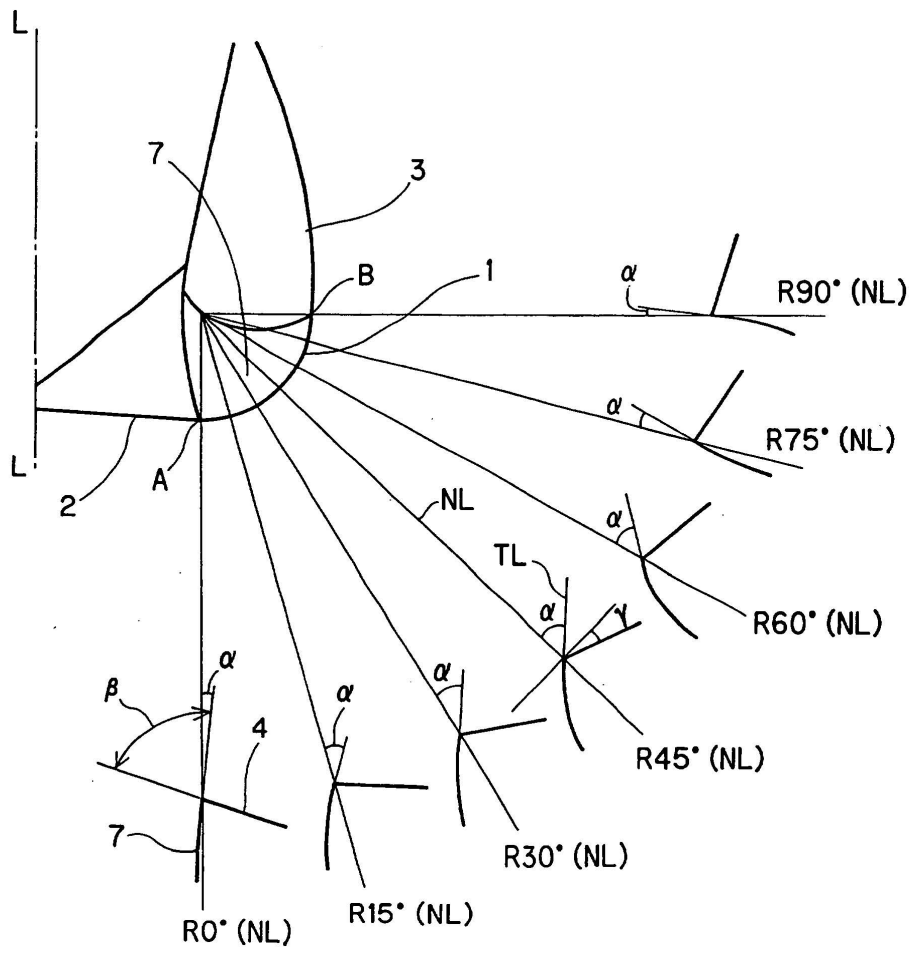


FIG. 7

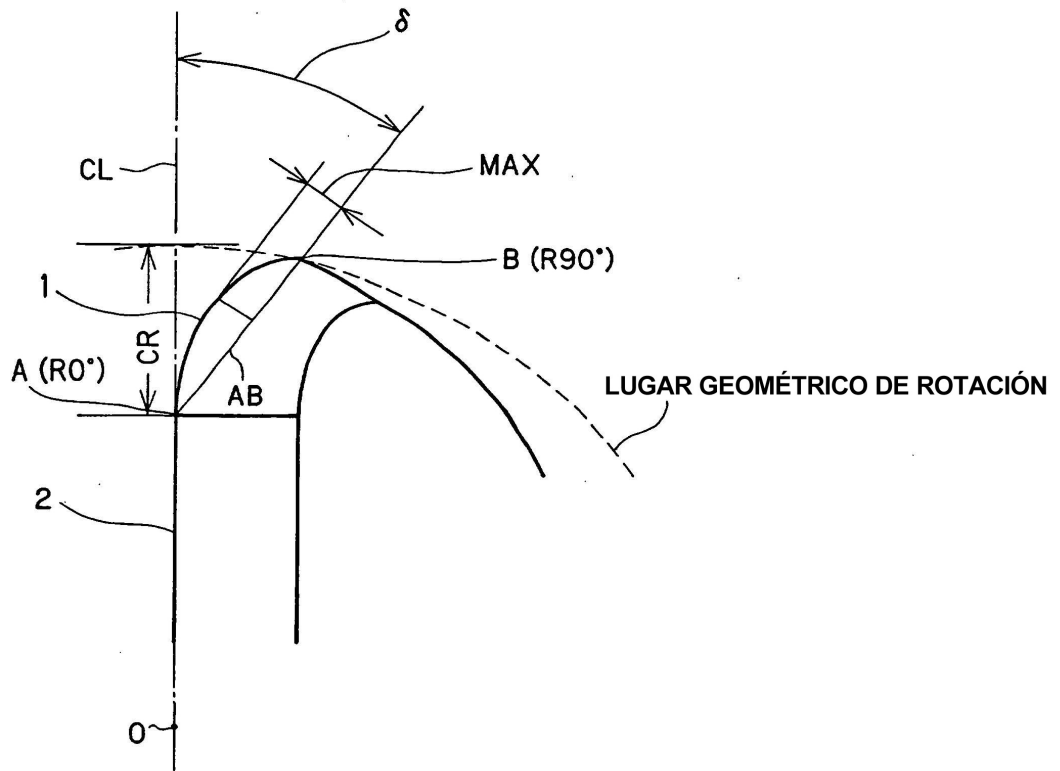


FIG. 8

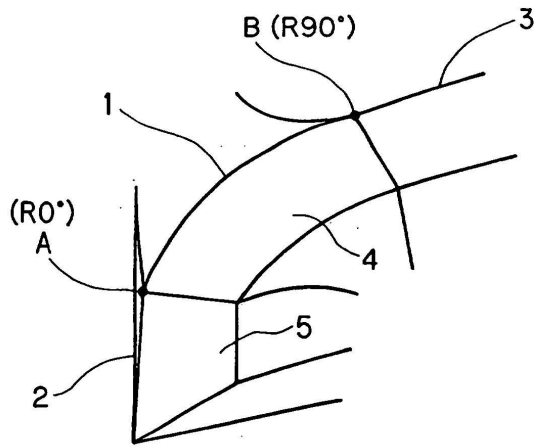


FIG. 9

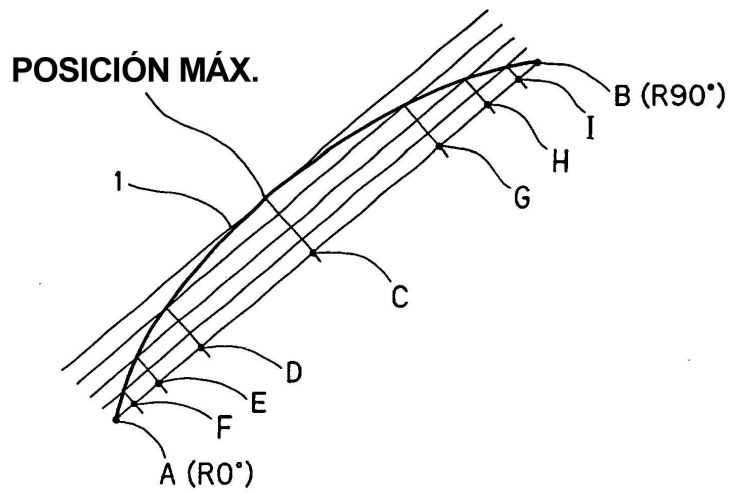


FIG.10

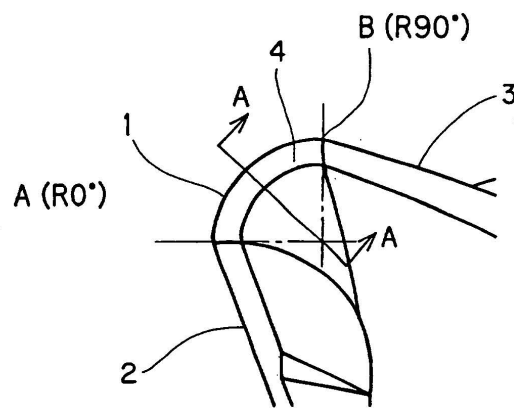


FIG.11

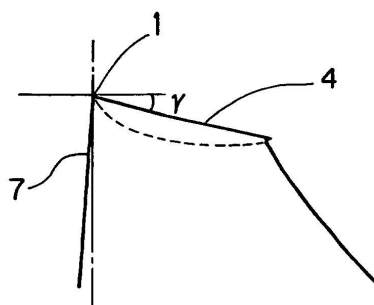


FIG.12

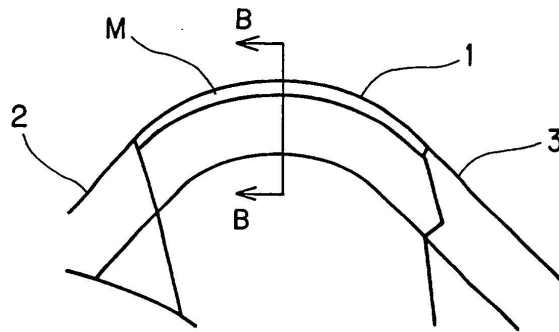


FIG.13

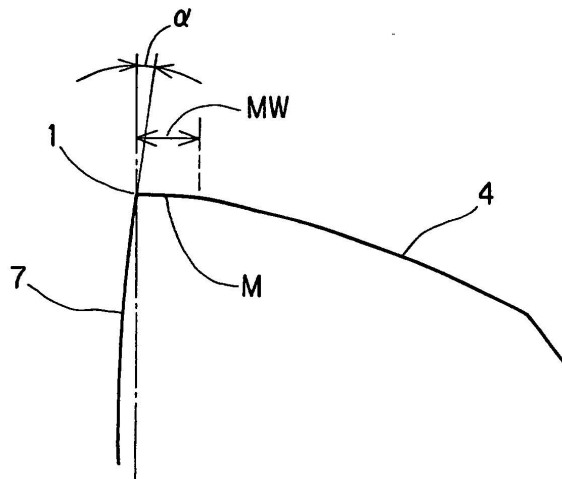


FIG.14

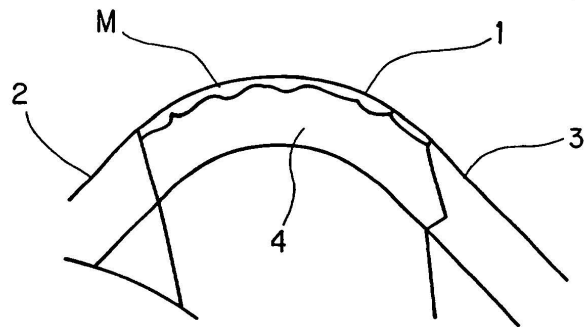


FIG.15

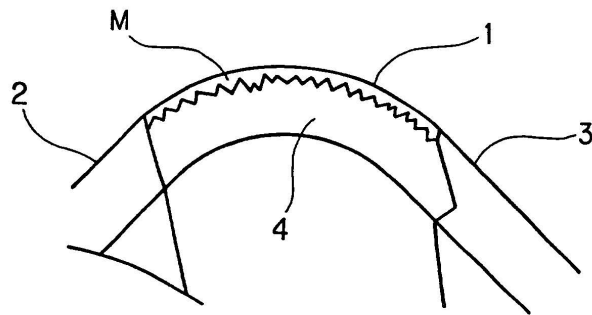


FIG. 16

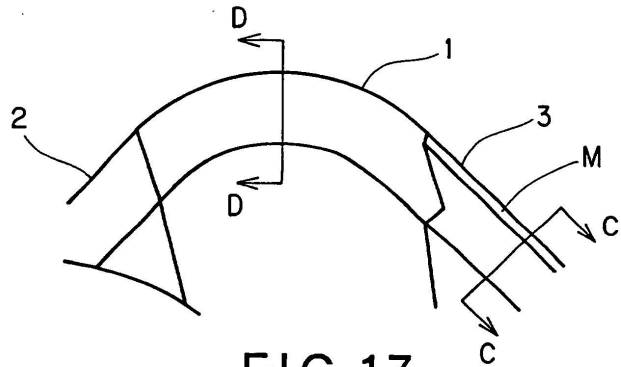


FIG. 17

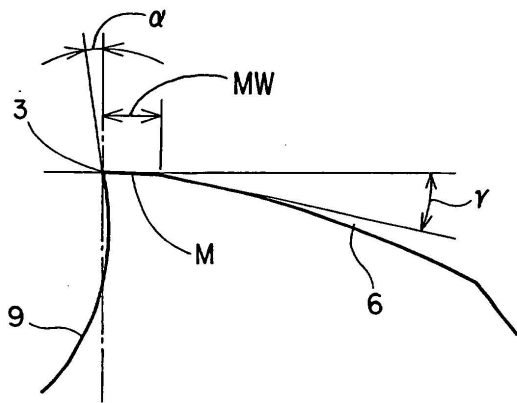


FIG. 18

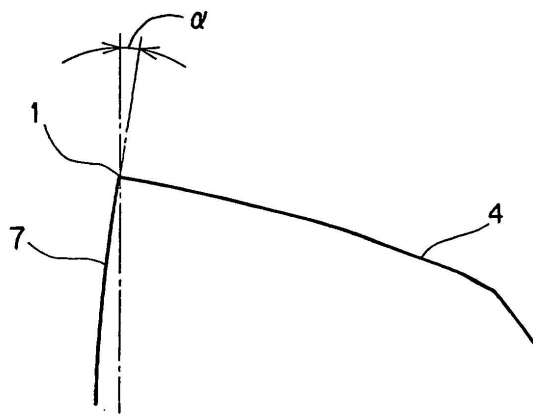


FIG. 19

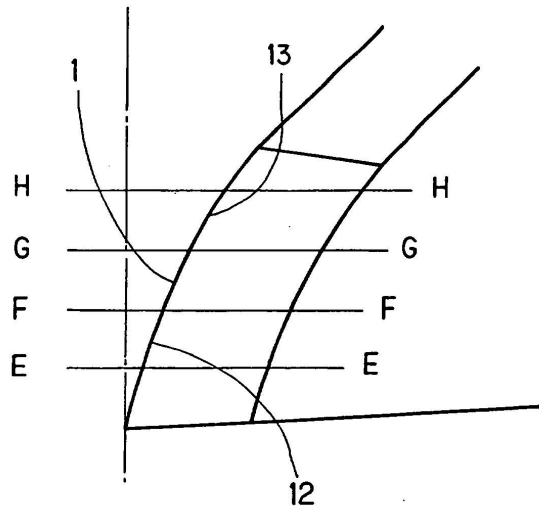


FIG. 20

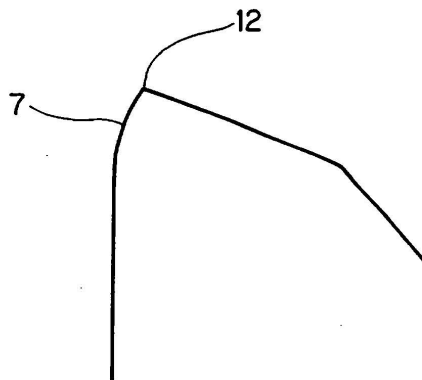


FIG. 21

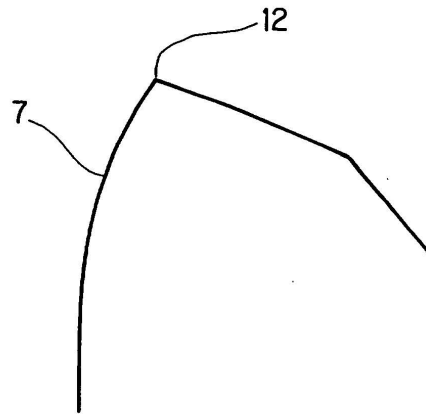


FIG. 22

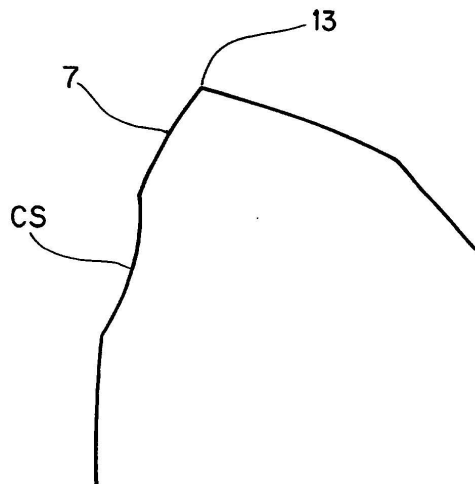


FIG. 23

