(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 171 961**

(51) Int. Cl.:
B23C 3/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA T5

(86) Número de solicitud europea: **97930457 .3**
(86) Fecha de presentación : **01.07.1997**
(87) Número de publicación de la solicitud: **0912282**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **06.05.1999**

(54) Título: **Fresado múltiple de cigüeñales.**

(30) Prioridad: **02.07.1996 DE 196 26 609**

(45) Fecha de publicación de la mención y de la traducción de patente europea: **16.09.2002**

(45) Fecha de la publicación de la mención de la patente europea modificada BOPI: **16.04.2008**

(45) Fecha de publicación de la traducción de patente europea modificada: **16.04.2008**

(73) Titular/es:
BOEHRINGER WERKZEUGMASCHINEN GmbH
Stuttgarter Strasse 50
D-73033 Göppingen, DE

(72) Inventor/es: **Santorius, Rolf;**
Scharpf, Paul, Dieter;
Voss, Wolf-Dietrich;
Kohlhase, Matthias;
Kiefer, Herbert y
Schreiber, Leo

(74) Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 171 961 T5

DESCRIPCIÓN

Fresado múltiple de cigüeñales.

I. **Ámbito de aplicación**

La presente invención se refiere a un mecanizado con arranque de viruta de las superficies frontales así como las superficies periféricas, y se pueden disponer tanto centradas como descentradas, en cigüeñales; véase el documento WO 96/39269 que recae en el art. 54 (3) EPÜ.

II. **Base técnica**

Precisamente los cigüeñales rectos, debido a sus superficies laterales a mecanizar que se encuentran excéntricas, por ejemplo, de las muñequillas o de las superficies frontales de las gualderas, y de la inestabilidad debida a la forma del cigüeñal, como pieza de trabajo presenta siempre elevados requerimientos en el procedimiento de mecanizado.

Usualmente se mecanizan previamente cigüeñales mediante el mecanizado con arranque de viruta con determinadas cuchillas, es decir, torneado, fresado, brochado rotativo, etc. y a continuación se realiza el mecanizado de precisión a una dimensión mediante rectificado, teniendo lugar generalmente el templado de las superficies de la pieza de trabajo hasta ahora después del mecanizado previo con arranque de viruta y antes del rectificado.

Aunque teóricamente se dispone del procedimiento de mecanizado con arranque de viruta con el cual el mecanizado es posible tanto del apoyo central como también del apoyo de la muñequilla y de los lados frontales de las superficies de la gualdera, se lleva a cabo, por razones económicas, finalmente un mecanizado con procedimientos distintos:

Así en los últimos tiempos se ha impuesto el brochado rotativo para el mecanizado del apoyo central, en el que la pieza de trabajo sujeta sobre el eje del apoyo central, con un giro rápido, se mecaniza con una aguja de brochar, un contorno de arco, generalmente un contorno circular o contorno de segmento circular.

Generalmente se ha mecanizado también las superficies frontales excéntricas de las gualderas.

Para el mecanizado de las muñequillas, es decir, de sus superficies laterales se ha impuesto, en cambio, el fresado interior, es decir el fresado con una fresa anular, que en su perímetro interior presenta cuchillas alineadas hacia el interior. Para ello generalmente no gira el cigüeñal durante el mecanizado, sino que la fresa interior rota y se desplaza adicionalmente en una trayectoria circular alrededor de la muñequillas que se encuentra en el recinto libre interior. La velocidad de corte se consigue para ello exclusivamente por el desplazamiento de la fresa interior. Una de las desventajas es, precisamente en el mecanizado del muñón, debido a la curvatura en el mismo sentido del muñón y la fresa, que tiene como consecuencia un arco de abrazado grande, que por tanto se encuentra en ataque varias cuchillas. Las elevada introducción de fuerzas transversales en la pieza son las consecuencias. Debido al cigüeñal en reposo es posible el mecanizado simultáneo de varias muñequillas mediante unidades de fresado interior separados, siempre que las muñequillas correspondientes estén separadas en dirección axial suficientemente, para poder permitir el ataque de las unidades de fresado interior diferentes.

Los procedimientos descritos se han impuesto en la fabricación de grandes series de cigüeñales, por ejemplo, motores de automóvil, que, a pesar de la precisión de mecanizado suficiente, precisan tiempos de mecanizado mucho memores por cigüeñal o por muñón que, por ejemplo, el torneado.

En una fresa dentada hacia el interior de esta clase es más difícil el mantenimiento, reparación, nuevo equipado y ajuste de las plaquitas de corte reversibles, etc., pero una herramienta de esta clase ofrece la ventaja principal de un alojamiento bueno y estable en un portaherramientas, que rodea la herramienta en forma de anillo. Esto es necesario porque el soporte de la herramienta en forma de anillo durante el fresado interior, debido al cigüeñal que se encuentra en reposo, no sólo puede desplazarse de forma definida en la dirección X, sino también en la dirección Y. La velocidad de rotación de la fresa interior permanece en general constante, sin embargo, durante una revolución alrededor de la muñequilla a mecanizar, y es independiente de la posición relativa en aquel momento de la pieza de trabajo y de la herramienta entre sí.

Una posibilidad de desplazamiento del soporte, que gira la fresa interior, exclusivamente en la dirección X, pero no adicionalmente en la dirección Y, es sólo suficiente si, por una parte, la pieza de trabajo durante el mecanizado es adicionada de forma rotativa definida (eje C de la pieza de trabajo) y, por otra parte, el diámetro interior libre de la fresa interior es mayor que la carrera del cigüeñal a mecanizar mayor.

Precisamente en máquinas en las cuales existen varios soportes de herramienta para trabajar con varias herramientas, es decir, por ejemplo, fresado interior, al mismo tiempo en la misma pieza de trabajo, significa a fin de cuentas una simplificación y ahorro, si en cada uno de los varios soportes se puede renunciar a la realización del eje y, aunque para la rotación necesaria en los husillos deba existir adicionalmente el eje C sujeto a ambos lados y accionados.

En este caso, gira con el mecanizado simultáneo de varias muñequillas el cigüeñal con el número de revoluciones constante, y también las distintas fresas interiores giran con la misma velocidad y durante un mecanizado del muñón.

Una herramienta de fresado de esta clase está dispuesta con un gran número de cuchillas, la mayoría de ellas como plaquitas de corte reversibles en un cuerpo base anular (para el fresado interior) o en forma de disco (para el fresado exterior) en la zona periférica interior o en la zona periférica exterior. La reparación, nuevo equipamiento o reajuste de tales fresas, por una parte precisa mucho tiempo, y, por otra, es costosa, debido a los medios de corte empleados de coste considerable.

En los costes de mecanizado para cada cigüeñal, no sólo se deben considerar los costes de inversión para la máquina, cuya parte por cada cigüeñal bajo con el tiempo de mecanizado decreciente, sino también por un factor de coste influido por la duración de la herramienta, que se trata de minimizar.

III. **Descripción de la invención**

a) Problema técnico

Es por ello el objeto de la presente invención proponer un procedimiento de mecanizado con arranque de viruta para el mecanizado de cigüeñales, en las que mediante un mecanizado simultáneo, mediante varias unidades de herramientas, en un tiempo de mecanizado corto para cada cigüeñal, y manteniendo una precisión dimensional suficiente, sea posible una larga duración óptima de la herramienta.

b) *Solución del problema*

Este problema se resuelve mediante las propiedades de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas resultan de las subreivindicaciones.

Con esta solución, hay que considerar diferentes condiciones marginales negativas:

En principio, se prefiere una sujeción centrada del cigüeñal, es decir una sujeción en el eje del apoyo central con relación a una sujeción descentrada, esencialmente más complicada sobre el eje de la muñequilla, como es necesario, por ejemplo, para el mecanizado de la muñequilla mediante el brochado rotativo.

Es relativamente poco problemático el mecanizado simultáneo, por ejemplo, de muñequillas, que coinciden en su posición radial, con relación al eje del apoyo central del cigüeñal, y sólo están preparadas axialmente. En este caso es posible el mecanizado con dos unidades de herramientas guiadas y accionadas de forma análoga, por ejemplo, una herramienta tándem o un juego de herramientas.

No todos los cigüeñales ofrecen, sin embargo, estas condiciones previas geométricas, incluso no es posible el mecanizado de muñequillas que no coinciden radialmente mediante unidades de herramientas separadas. Para ello la aplicación de procedimientos en los que la velocidad de corte no se consigue en primer lugar por la rotación del cigüeñal, es problemático, pues con la rotación relativamente rápida del cigüeñal, es también problemático el seguimiento de las unidades de herramientas para el mecanizado de las muñequillas en la dirección X y eventualmente también en la dirección Y. Este aspecto es favorable para el fresado como el procedimiento de mecanizado. Para ello es especialmente de destacar el fresado exterior, debido a la herramienta simple de manejar y, sobre todo, la posibilidad de poder generar también superficies exteriores planas en la pieza de trabajo.

Para conseguir otra reducción del tiempo de mecanizado al emplear simultáneamente varias herramientas en la pieza de trabajo, se pueden incrementar el tiempo de duración de la herramienta y/o la capacidad de arranque de viruta por unidad de tiempo.

La capacidad de arranque de viruta por unidad de tiempo se puede aumentar con una velocidad de corte incrementada, que, sin embargo, permite reducir regularmente la duración de la herramienta (volumen total de fresado por herramienta).

Un incremento del espesor de viruta, que asimismo incrementa la capacidad de arranque de viruta por unidad de tiempo, no es posible, ya que, al contrario, se desea la reducción del espesor de viruta en consideración a la minimización de las fuerzas de corte, que actúan sobre la pieza de trabajo, y con ello mejora la exactitud dimensional.

Un incremento de la velocidad de corte es posible con el procedimiento conocido de fresado de alta velocidad (fresado HS) a 350-500 m/min e incluso en parte sería posible más, mediante geometría de corte positiva, determinados materiales de las plaquitas de corte (tanto material base como también recubrimiento).

Precisamente con fresado HS con 180-800, especialmente con 350-500 m/min, los ensayos han dado como resultado que concretamente, como es conocido hasta ahora, el volumen total de arranque de viruta de una herramienta decrece con la velocidad creciente, pero con un espesor de viruta 0,05-0,4 mm, especialmente con 0,1-0,2 mm, con materiales de corte diferentes y recubrimientos de materiales de corte, se tiene una duración elevada óptima, es decir, volumen de arranque de viruta durante la vida útil de la herramienta.

Otros ensayos han dado como resultado que el mantenimiento de estos valores, o la zona de valores, por ejemplo, en el fresado, en el que la viruta posee un espesor que se modifica en su transcurso, es suficiente mediante mantenimiento para el espesor de viruta medio, es decir, el valor medio aritmético o el valor medio integrado del espesor de la viruta o del espesor máximo de viruta. Manteniendo este parámetro se trata de mantener la velocidad de corte lo más elevada posible para reducir los tiempos de mecanizado.

En los espesores de viruta óptimos averiguados, ha resultado además ser conveniente el fresado siempre que sea posible en el mismo sentido de marcha. Esto depende, seguramente, de que con el espesor de viruta medio de, por ejemplo 0,1-0,2 mm con la marcha en el mismo sentido y, sobre todo, con la simetría de corte positiva empleada en el fresado HS, las fuerzas de corte que actúan sobre la pieza de trabajo, a pesar del corte interrumpido durante el fresado, sólo aportan cargas dinámicas relativamente reducidas a la pieza de trabajo y debido al enganche de la cuchilla formada positiva, también se puede evitar en su mayor parte una desviación de la pieza de trabajo hacia el lado, lo que repercute en una y inexactitud dimensional.

Si dos unidades de fresado, que traban y se controlan independientemente una de la otra, mecanizan superficies de mecanizado excéntricas diferentes en el mismo cigüeñal giratorio y accionable, y se debe mantener un valor o zona óptimos para el espesor de viruta, se puede conseguir en determinadas circunstancias sólo un punto de mecanizado, la velocidad de corte máxima deseada, por ejemplo, la dirección de corte del fresado HS.

Para mantener en los otros puntos de mecanizado el espesor de viruta o el espesor de viruta medio en la zona óptima, se debe reducir bajo determinadas circunstancias la velocidad de la fresa, y con ello, acompañado también de la velocidad de corte. Por esta razón, al inicio del mecanizado del muñón, no se desplaza la fresa directamente radialmente hasta la medida teórica, sino que mientras el cigüeñal gira, lentamente, durante una rotación del muñón a mecanizar de 30-90, preferentemente de 50-70º hasta la medida teórica radial. De este modo se mantiene durante el inicio del mecanizado de una muñequilla la especificación con relación al espesor de viruta, y no se aplica al inicio del mecanizado ninguna fuerza transversal elevada inadmisible en la pieza de trabajo. Después de alcanzar la medida teórica radial, se debe mecanizar una revolución completa de la superficie de la muñequilla, preferentemente unos 100º, para llegar a aun resultado de mecanizado óptimo.

Si no hay ningún valor óptimo para el espesor de viruta en consideración a la capacidad durante la vida útil de una herramienta, tiene lugar la optimización de las unidades de herramientas independientes en consideración a la velocidad de corte máxima. Estas regularidades, determinadas sobre todo para el mecanizado de fundición gris (GGG60-GGG80), se pueden emplear también para otros materiales de las piezas de trabajo, tales como acero, en las que también otros grupos de materiales de corte, pueden ser también válidos en determinadas circunstancias.

Mediante el empleo adicional de una simetría de corte positiva, en vez de la geometría de corte negativa empleada en el fresado, que sobre todo conduce a la unión con espesores de viruta medios bajos o máximos, sin embargo, lleva a una duración suficiente del medio de corte, a su vez da como resultado una reducción de las fuerzas de corte y en consecuencia también una reducción de las potencias de accionamiento necesarias para la herramienta, que con las relaciones de magnitudes indicadas se encuentran sólo en la mitad a un tercio de la potencia necesaria para el fresado interior o del brochado rotativo. También con ello se minimiza -junto a los costes de energía más bajos- los problemas térmicos del accionamiento, que tiene un efecto negativo sobre todo la máquina y minimiza el efecto de resultado de mecanizado.

El fresado de alta velocidad según la invención se puede realizar entonces especialmente no sólo en piezas de trabajo no templadas, sino también templadas (por ejemplo, 60 a 62º de dureza Rockwell HRS, especialmente completamente templado). En este caso se emplea preferentemente como material de corte cerámica mezclada o nitruro de boro policristalino, en este último se emplea especialmente nitruro de boro cúbico (CBN). Preferentemente se sinteriza como es usual primeramente una plaquita de corte de metal duro, que presenta cavidades abiertas en la zona de corte, por ejemplo, en la superficie de arranque de viruta y hacia el borde de corte. En estas cavidades del cuerpo base se llena con polvo CBN y a continuación se sinteriza.

No solamente se pueden reforzar los vértices de las plaquitas de corte reversibles, sino también mediante la disposición de varios pellets CBN, uno junto otro, a lo largo de un borde de corte o de un empleo de CBN en forma de barras, se puede reforzar todo un borde de corte. También se pueden utilizar con ello acero o fundición sin templar, incluso mediante fresado.

Los materiales de corte se pueden emplear también sin agente lubricante-refrigerante, es decir, en seco, lo que ahorra costes de eliminación de residuos y problemas medioambientales.

Con ello es posible en la deformación que se presenta en la fabricación convencional (mecanizado con arranque de viruta antes del templado) de la pieza de trabajo debido al proceso de templado, eliminarla ya durante el mecanizado con arranque de viruta. Puesto que con el fresado de alta velocidad y especialmente con el fresado de alta velocidad en piezas de trabajo templadas, se persiguen calidades de superficie que sean aceptables en estado final de la pieza de trabajo, es con ello posible eliminar el proceso de mecanizado de rectificado basto.

Como especialmente ventajoso ha resultado mantener los siguientes parámetros en el mecanizado de las superficies de muñón y de gualderas en los cigüeñales, que pueden ser de fundición o de acero, y se mecanizan en estado no templado mediante fresa circular exterior, especialmente mediante fresas en forma de disco, con cuchillas en la zona periférica:

- Velocidad de corte en el desbastado: mínimo 180, mejor 250-600 m/min.

- Velocidad de corte en el afinado: mínimo 200, mejor 300-800 m/min,

- Espesor de viruta: 0,05-0,5 mm, especialmente 0,1-0,3 mm.

Como herramienta se emplea, en general, un cuerpo base de herramienta en forma de disco, accionado giratorio con plaquitas de corte reversibles. Para ello las plaquitas de corte se han configurado distintas en cuanto a su aplicación (mecanizado de las superficies frontales en las gualderas, mecanizado de la superficie de recubrimiento en las muñequillas del punto de apoyo principal y puntos de apoyo de las muñequillas, producción de las pasadas inferiores en la transición entre superficies externas en superficies frontales) y también con relación al portaherramientas o a la herramienta:

	Plaquita gualdera		Plaquita entalla inferior		Plaquita muñequilla (plaquita refrentado)	
Material base	K20 - K25		K15		K10 - K15	
Recubrimiento	TiCN-Al_2O_3+TiN o TiN+TiCN+ Al_2O_3+TiN		TiN		TiCN-Al_2O_3+TiN o TiN+TiCN+ Al_2O_3+TiN o TiN-Al_2O_3+TiN	
	De/a	Espec.	De/a	Espec.	De/a	Espec.
Espesor total del recubrimiento	3-15µm	10-12µm	2-8 µm	3-5 µm	2-8 µm	3-5 µm
γ_p	+1°... +8°	+5°	+4°	+4°	+2°	+2°
γ_f	-4°... +4°	-1°	+1°	+1°	+2°	+2°

γ_n	+5°... +14°	+9°	+9°	+9°	+9°	+9°
λ_s	+2°... +7°	+5°	+5°	+5°	+3°	+3°
K	um +2°	5°		4°		-
Redondeado borde cuchilla (SKV)	0,01 - 0,05 mm	aprox. 0,02 mm	aprox. 0,02 mm	aprox. 0,02 mm	aprox. 0,02 mm	aprox. 0,02 mm
Radio del vértice (R)	1,2-2,0 mm	1,6 mm	1,6 mm	1,6 mm	-	-
Longitud	min. 10 mm	15,9 mm	15,9 mm	15,9 mm	12,7 mm	12,7 mm
Altura	min. 10 mm	12,7 mm	12,7 mm	12,7 mm	12,7 mm	12,7 mm
Espesor	min. 3 mm	6,35 mm	5,55 mm	5,55 mm	4,7 mm	4,7 mm
Indicaciones en relación a un cuerpo base de herramienta						
Anchura de corte	23 mm		-		13mm (dividido) a 22 mm (completa)	
Diámetro nominal	Por ejemplo, 800 mm		Por ejemplo, 800 mm		Por ejemplo, 800 mm	
Ángulo de división de corte a corte	3,6°		5,5° - 7,5°		5,5° - 7,5°	
Distancia de división de corte a corte	25 mm		35 -50 mm		35 - 50 mm	
Número de plaquitas de corte	z.B. 200		Por ejemplo 120 (dividido) a 200 (completo)		Por ejemplo 120 (dividido) a 200 (completo)	

Las indicaciones del material base se refieren a los grupos de aplicación ISO conocidos. Con ello se tiene:

K10: de 94,2% carburo de wolframio (WC), 5,5% cobalto, (Co) y 0,3%... (Ta/C)

K20: de 93,2% WC, 6% Co y 0;6% Ta/C y 0,2% carburo de titanio (Tic).

La resistencia a la flexión es de 1.900 N/m^2 con K10 y 2.000 N/m^2 con K2O

Con los recubrimientos indicados, se aplican las diferentes combinaciones por capas, una tras otra, en la secuencia indicada desde el interior hacia el exterior.

c) *Ejemplos de realización*

Una forma de realización según la presente invención se describe a continuación a título de ejemplo con mayor detalle mediante las figuras, que muestran:

La figura 1, una representación de principio del fresado concurrente en un muñón del cigüeñal.

La figura 2, una representación de principio con mecanizado simultáneo de dos muñequillas distintas,

La figura 3, representación de detalle de dos puntos de mecanizado distintos,

Las figura 4, una trayectoria con el mecanizado del muñón,

La figura 5, una representación de la trayectoria durante el fresado del muñón,

La figura 6, la cuchilla de la herramienta en una representación de principio,

Las figuras 7 y 8., planos definidos en el sistema de referencia de la herramienta,

Las figuras 9 y 10, el ángulo de posición de la herramienta en el sistema de referencia de la herramienta, en el ejemplo de una cuchilla de corte para el torneado longitudinal (figura 9) y el refrentado (figura 10).

La figura 11, una sección del cabezal de la cuchilla de fresado,

Las figuras 12a-12f, secciones de las herramienta del cabezal de fresado según la figura 11.

La figura 13a muestran el empleo de una plaquita de la gualdera, vista en la dirección Y.

La figura 13b, el empleo de una plaquita de muñón en la dirección visual, Y.

La figura 1 muestra en la dirección visual del eje Z, la situación básica del mecanizado de una superficie periférica, por ejemplo, del muñón de un cigüeñal, pero también de una superficie periférica no circular, mediante fresado exterior. Una ampliación del punto de mecanizado se ha representado en la parte derecha de la figura 1.

La pieza de trabajo debe mecanizarse desde la dimensión bruta mayor a la dimensión bruta menor.

Para ello se encuentran las cuchillas S, de las cuales sólo se ha dibujado una, sobresaliendo del cuerpo base de la herramienta, para poder originar esta remoción de material. El cuerpo base de la herramienta se puede desplazar de manera definida en la dirección X y rota en el sentido contrario a las agujas del reloj. Puesto que el fresado debe realizarse en el mismo sentido de marcha, la herramienta rota en 4el sentido de las agujas del reloj, de tal manera que en el punto de mecanizado la herramienta y la pieza de trabajo se mueven en el mismo sentido.

Como muestra la representación ampliada, la nueva cuchilla S generará una viruta 1, que está limitada por dos segmentos de arco convexos y uno cóncavo en la sección transversal, y posee la forma de un triángulo irregular plano.

Para ello, el lado cóncavo está generado por el corte anterior, y el lado convexo está generado por el nuevo corte S. El flanco convexo corto es la longitud Δl_u medida a lo largo del perímetro de la pieza derivada, es decir, la longitud periférica entre la incidencia de dos cuchillas de la herramienta dispuestas una tras otra en el perímetro de la pieza de trabajo.

En la práctica, la viruta 1 no mantiene, naturalmente, la forma vista en la figura 1, sino que, debido a la desviación en la superficie de arranque de viruta de la cuchilla, se enrolla en forma de espiral.

En la figura 1 se puede ver que el corte de la viruta 2 -vista en el sentido de marcha de corte- primeramente aumenta rápidamente en su espesor de viruta, por ejemplo, h_1 hasta el espesor de viruta máximo h_{max}. Desde allí decrece el espesor de viruta relativamente de forma lenta y de manera continua hasta el final (por ejemplo, h_x).

De esta representación se puede ver -si la diferencia entre la dimensión bruta y la dimensión final permanece y la velocidad de rotación de la pieza de trabajo asimismo permanece- que una reducción de la velocidad de rotación de la herramienta origina una ampliación de la separación de corte Δl_u y con ello también una ampliación de h_{max}.

La figura 2 representa -nuevamente visto en la dirección Z- por ejemplo, un cigüeñal para un motor en línea de 6 cilindros, con tres muñequillas H1-H3, posicionadas de distinta manera en su posición de rotación con relación al apoyo central ML.

En este cigüeñal se han dispuesto -en diferentes posiciones axiales- dos fresas exteriores en forma de disco separadas (WZ1, WZ2). Una de las herramientas podrían mecanizar, por ejemplo, la muñequilla H1, y la otra la muñequilla H2, como se representa en la figura 2, pero asimismo una de las herramientas podría mecanizar una muñequilla, y la otra herramienta las superficies frontales de una gualdera.

En el último caso podría tener teóricamente lugar el mecanizado de la gualdera parcialmente con el cigüeñal en reposo, de modo que en la herramienta afectada WZ1 o WZ2 mecanizase en la dirección de avance, es decir, en la dirección X, la superficie frontal de la gualdera. Puesto que con el reposo del cigüeñal, el mecanizado y tiene lugar en la otra posición axial de una superficie, sea de una muñequilla H o de un apoyo central ML, no se puede conseguir ningún progreso de mecanizado, tiene lugar también el mecanizado de la superficie de la gualdera preferentemente con el cigüeñal giratorio.

Con ello resultan -al inicio del mecanizado de la gualdera, en la posición del cigüeñal representado en la figura 4, y seguidamente continúa girando el cigüeñal- trayectorias de corte s_a, s_b, s_m, s_x de las cuales se han representado algunas en la figura 2.

Como se puede ver, tienen estas trayectorias de corte -debido a la marcha en el mismo sentido de la fresa- con la rotación de la pieza de trabajo, en su inicio una distancia mayor entre ellas que en su final, es decir, el punto de salida de la cuchilla de la superficie lateral de la gualdera.

La figura 3 muestra las relaciones cuando dos herramientas separadas WZ1, WZ2 mecanizan dos muñequillas distintas H1, H2 simultáneamente. Las herramientas WZ1 y WZ2 se pueden desplazar de manera definida independientemente entre ellas en la dirección X y controlar su velocidad de rotación. La magnitud asociativa es, sin embargo, la rotación del cigüeñal accionado giratorio asimismo controlado alrededor del apoyo central como pieza de trabajo, que en determinadas operaciones de trabajo también se puede detener.

En la situación representada figura 3 se encuentra la muñequilla H2 en una línea con el apoyo central ML1 y el punto central M_1 y M_2 de las herramientas WZ1 o WZ2. La muñequilla H1 está desplazada con relación al apoyo central unos 120º en el sentido de las agujas del reloj.

Si -como se ha indicado- las herramientas WZ1 y WZ2 rotan cada una de ellas en el sentido contrario a las agujas del reloj y el cigüeñal -como se ha dibujado en el apoyo central ML- en el sentido de las agujas del reloj se fresa en la muñequilla H1 en el procedimiento concurrente, lo que es deseable debido a los motivos anteriormente indicados.

En la muñequilla H2 se podría dar la impresión de que se trata de un fresado no concurrente, ya que la herramienta WZ2 en este punto se desplaza hacia abajo, pero la muñequilla H2 hacia arriba.

Del desplazamiento absoluto de la muñequilla no depende el juicio de si es fresado concurrente o no concurrente, sino de que la muñequilla H2 realiza con relación a su punto central una rotación, que su superficie, en el punto de mecanizado, se puede mover siempre en el mismo sentido que la fresa.

La muñequilla H2, que en la figura 3 se desplaza hacia arriba -considerado de manera absoluta- rueda aparentemente a lo largo de la herramienta WZ2 hacia arriba, de tal manera que con relación al centro de la muñequilla H2 tiene lugar una rotación de la muñequilla en el sentido de las agujas del reloj, y con ello en el punto de mecanizado existe de facto una marcha en el mismo sentido.

La figura 3 muestra la relación forzosa existente entre el mecanizado en las dos muñequillas H1 y H2, que se tiene que considerar sobre todo en la optimización de varios procesos de mecanizado que se desarrollan simultáneamente en consideración a, por ejemplo, un determinado grueso de viruta.

Si suponemos que la fresa WZ2 en relación al cigüeñal 1 -del cual en la figura 3sólo se ha representado el apoyo central ML y las dos muñequillas H1 y H2 mecanizados en aquel momento para una mayor claridad- giran tan rápidamente entre ellos, que entre el ataque de dos cuchillas de la herramienta WZ2 en la muñequilla H2, el cigüeñal continuaría girando en el ángulo $\Delta\alpha$. Puesto que en la figura 3 el centro de la muñequilla H2 y el centro del cigüeñal, es decir, del apoyo central ML, se encuentran en una línea con el centro M2 de la herramienta WZ2, origina el ángulo de giro $\Delta\alpha$ un desplazamiento a_2 del punto de referencia de las nuevas cuchillas con relación a la cuchilla antigua, que discurre casi exactamente en la dirección Y.

De este modo debe tener lugar sólo una componente X muy reducida x_2 por el correspondiente desplazamiento X de la herramienta WZ2, y de la distancia de corte resultante Δl_{u2} debido a una sección transversal de viruta, cuyo espesor debe corresponder al espesor óptimo de viruta.

En el punto de mecanizado de la muñequilla H1 debe ser asimismo posible conseguir el mismo espesor de viruta. También el centro de la muñequilla H_1 -supuesto el mismo número de revoluciones del mismo diámetro de la herramienta WZ1 y WZ2- ha girado un ángulo $\Delta\alpha$ con relación al centro de la muñequilla, hasta que la cuchilla de la herramienta WZ1 llega al ataque.

El desplazamiento a_1 originado en el punto de mecanizado con ello es mayor que a_2 de forma despreciable, ya que la distancia desde el centro del apoyo central ML al punto de mecanizado en la muñequilla H_1 es ligeramente mayor que al centro de la muñequilla H_1. Este desplazamiento a_1 posee en un componente x_1 marcado en la dirección X, que se debe compensar mediante el correspondiente desplazamiento de la herramienta WZ1 de la dirección X. De este modo permanece de a_1 sólo una parte relativamente pequeña como separación de corte Δ_{lu1} en la dirección Y. Esto proporcionaría la viruta más delgada representada a la derecha de la figura 3 con un espesor máximo de sólo h_{1max}, que es mucho menor que el espesor de viruta óptimo.

Para llegar en este punto de mecanizado al espesor de viruta óptimo, se debe reducir la velocidad de la herramienta WZ1 con relación a la velocidad de WZ2, de tal manera que la separación de corte Δl_{u1} aumente hasta tal punto que se alcanza el espesor de viruta deseado también en la muñequilla H1. Con ello es necesario una reducción de la velocidad de la herramienta WZ1 a aproximadamente un 30% de la velocidad de la herramienta WZ2.

Además del primer objetivo de optimización descrito, de un espesor de viruta determinado -medio o máximo- podría ser el objetivo de optimización secundario una relación de corte, que no debería superar un corredor objetivo predeterminado o un valor máximo.

En el primer caso esto llevaría en el caso de mecanizado representado en la figura 3 a que el mecanizado de la muñequilla H2, las velocidades de la pieza de trabajo y de la herramienta WZ2 permanezcan en una relación de tal manera que en la muñequilla H2 se mantenga el espesor de viruta deseado, simplemente de tal manera que la velocidad de la herramienta WZ2 se mueva en el extremo superior de la anchura de banda predeterminada para la velocidad de corte. Con ello resulta también un incremento de la velocidad de la herramienta WZ1, con lo cual la velocidad de corte en la muñequilla H1 se debe encontrar todavía dentro de la anchura de banda preindicada para la relación de corte.

Con la indicación de un límite superior para la velocidad de corte, en cambio, se entraría el límite superior en el mecanizado en la muñequilla H_2, que posee la velocidad de corte más elevada con relación al mecanizado en la muñequilla H_1, de tal manera que, de este modo, se mantendría un límite superior absoluto automáticamente de la velocidad de corte en los puntos de mecanizado existentes.

En el mecanizado simultáneo en más de dos puntos en un cigüeñal, se emplearán de forma análoga al criterio limitador con los valores absolutos máximos o mínimo, siempre en el punto de mecanizado con el valor relativo máximo o mínimo correspondiente.

Con el empleo de los anchos de banda predeterminados de determinados parámetros de corte, puede ser que no sea posible para todos los puntos de mecanizado el mantenimiento de esta anchura de banda. En este caso hay que ampliar la zona de anchura de banda predeterminada o se debe indicar un parámetro de optimización de tercer rango. Esta tercera magnitud de optimización podría ser, por ejemplo, la longitud de viruta (sobre todo en el mecanizado de superficies laterales de la gualdera).

Las dependencias recíprocas, representadas en la figura 3, para el mantenimiento de un espesor de viruta determinado se presentan intensamente si uno de varios puntos de mecanizado simultáneos del cigüeñal es el mecanizado de una superficie frontal de una gualdera, como se representa en la figura 4. La representación de la figura 4 muestra un cigüeñal, por ejemplo, para un motor en línea de cuatro cilindros, en el que se encuentran en dirección radial opuestas las muñequillas H1 y H2 con relación al apoyo central ML.

Si en la posición representada en la figura 4, con el mecanizado de la superficie de la gualdera 3 se empezase mediante la herramienta WZ, continuaría girando el cigüeñal alrededor del centro del apoyo central ML en el sentido indicado (en el sentido de las agujas del reloj), mientras que la herramienta WZ giraría en el sentido contrario a las agujas del reloj, para conseguir el fresado concurrente.

En la superficie de la gualdera 3 se han dibujado algunas de las trayectorias de corte resultante con ello s_a, s_b, s_m, s_x.

Debido a la rotación simultánea del cigüeñal, resultan con ello secciones transversales de viruta, que en el inicio de la viruta es claramente mayor que en el final de la viruta, y además, las virutas se diferencian fuertemente en la longitud, en función de la posición correspondiente de la trayectoria de corte de la superficie de la gualdera 3.

A una rotación del cigüeñal, en general, no se puede renunciar completamente, ya que, de lo contrario, un mecanizado que tiene lugar precisamente en otro punto del cigüeñal de una muñequilla no podría producir un progreso de mecanizado.

Si de este modo tiene lugar en un cigüeñal al mismo tiempo varias superficies laterales de gualdera o una superficie lateral de gualdera al mismo tiempo con el mecanizado de una muñequilla, se presentan las discrepancias representadas en el ejemplo de la figura 3 de los espesores de viruta entre los diferentes puntos de mecanizado con igual número de revoluciones y diámetros de todas las herramientas, de tal manera que se tiene que variar intensamente la velocidad y/o el mecanizado de la gualdera también el desplazamiento en la dirección transversal, es decir, en la dirección X por la fresa para cada fase del mecanizado simultáneamente y en todos los puntos de mecanizado mantener el espesor de viruta óptimo deseado.

La figura 5 muestra como se procede al inicio del mecanizado de la superficie exterior, por ejemplo, de una muñequilla cuidando la pieza de trabajo como sigue:

La fresa se aproxima a pesar de la rotación de la pieza de trabajo relativamente lenta hasta la dimensión teórica radial. Una aproximación radial demasiado rápida, no sólo incrementaría de forma inadmisible el espesor de la viruta, sino que, sobre todo -debido a la longitud de viruta grande, por el arco de abrazado entre una fresa exterior en forma de disco, que rota alrededor del eje paralelo al eje de la muñequilla, y el punto de mecanizado momentáneo- actúan también las fuerzas transversales correlativas, que se introducen en la pieza de trabajo, serían relativamente elevadas.

Como muestra la figura 5, se desplaza la fresa tan lentamente hacia delante con relación al centro de la muñequilla a mecanizar que la medida existente sólo se capta después de un ángulo de entrada de aproximadamente 50-70, preferentemente unos 60º del perímetro de muñequilla, mediante la fresa. Desde este punto se debe desbastar una rotación completa de la muñequilla a mecanizar, preferentemente algo más, unos 370º, para conseguir una rotación óptima del contorno real al contorno teórico del muñón. La salida de la fresa puede realizarse directamente de forma radial.

Adicionalmente, en la figura 5, a lo largo de la trayectoria de mecanizado, se han dispuesto puntos de corrección, con un ángulo intermedio comprendido entre 10-15º hasta el centro de la muñequilla.

Después de la producción de las primeras piezas de una serie a mecanizar, se puede medir la aproximación del contorno periférico real en el contorno periférico teórico y por la variación de cada uno de los puntos de corrección -mediante la entrada correspondiente de valores de corrección para los diversos puntos de corrección en el mando de la máquina- se corrigen implícitamente posteriormente el contorno real conseguido.

En la figura 4 se ha aplanado el contorno periférico de la gualdera en un punto liso. Parcialmente se ha mecanizado también el contorno periférico de la superficie de la gualdera mediante fresado exterior. Con el fresado exterior según la invención, no sólo se puede conseguir -mediante el mando correspondiente de la posición de giro, es decir, la velocidad de rotación del cigüeñal en relación al desplazamiento X de la fresa- cada entrada de contorno deseado (por consiguiente curvado hacia el exterior), sino también planos, por ejemplo, aplanados que se encuentran tangenciales al apoyo central ML del cigüeñal. Tales fresados planos se necesitan para una sujeción posterior, por ejemplo, de contrapesos o también para el equilibrado de cigüeñales, directamente en la sujeción del mecanizado con arranque de viruta.

Incluso los contornos periféricos cóncavos, es decir, profundos, se pueden también producir siempre que el radio de curvatura de los mismos sea mayor que el radio de la fresa exterior en forma de disco.

Para ello muestra la figura 6 un corte por una herramienta WZ de arranque de viruta, por ejemplo, una cuchilla de corte, siendo válidas una mayor parte de las designaciones y ángulos, tanto para el torneado como también para el fresado. Con ello la cuchilla, se forma, por ejemplo, por el filo principal S, mediante el cual se forman mediante la superficie de arranque de viruta A_γ, así como el borde formado por el flanco principal A_α y el filo secundario S' por la superficie de arranque de viruta A_γ y la superficie libre secundario A'_α. El filo S, dibujado puntiagudo en la figura 6 no es en la práctica completamente puntiagudo, sino que posee un cierto redondeo, el redondeo del borde de corte SKV, para evitar una ruptura del borde de corte.

En las figuras 7 y 8 se definen diferentes direcciones y planos con relación a la herramienta.

Para ello, el plano de referencia de la herramienta P_R es un plano a través del punto de corte seleccionado, y concretamente perpendicular a la dirección de corte supuesta. El plano de referencia de la herramienta P_r se ha elegido de tal manera que ésta tiene lugar paralela o perpendicularmente a un eje de la herramienta. Una determinación debe realizarse para cada tipo de herramienta individualmente. Con las cuchillas de corte, el plano de referencia de la herramienta P_r es un plano paralelo a la superficie de apoyo del muñón con herramientas de corte convencionales, con herramientas de fresado convencionales un plano, que contiene el eje de la herramienta de fresado.

El plano de trabajo supuesto P_f es un plano a través del cual el punto de corte seleccionado se encuentra perpendicular al nivel de referencia de la herramienta P_r y paralelo a la dirección de desplazamiento aceptado.

El plano de retorno de la herramienta P_p es un plano a través del punto de corte seleccionado, perpendicular al nivel de referencia de la herramienta P_r y perpendicular al plano de trabajo supuesto P_f, P_r, P_p y P_f representan con ello un sistema de coordenadas a través del punto de corte supuesto.

El plano de corte de la herramienta P_s (véase figura 8) es un plano a través del punto de corte, tangencial al filo S y perpendicular al plano de referencia de la herramienta P_r. Si la cuchilla de la herramienta S se encuentra perpendicular a la dirección de avance, coinciden los planos de corte de la herramienta P_s y el plano de empuje P_p.

El plano ortogonal la herramienta P_o es un plano a través del punto de corte, perpendicular al plano de referencia de la herramienta P_r y perpendicular al plano de corte de la herramienta P_s. Si de este modo, el filo de la herramienta S se encuentra perpendicular a la dirección de avance, coinciden los planos ortogonales de la herramienta P_o y el plano de trabajo P_f.

De las figuras 9 y 10, se puede ver separado para el torneado longitudinal y el refrentado -la orientación de los diferentes cortes de herramienta con relación a la pieza de trabajo. En esta vista, la herramienta tiene en su punto de corte un ángulo de herramientas ε_r, entre el plano de corte de herramienta P_s del filo principal y el plano de corte de la herramienta P'_s del filo secundario, medido en el plano de referencia de la herramienta P_r.

Para ello se encuentra el filo principal en un ángulo de ajuste de herramienta K_r entre el lado de corte herramienta P_s y el plano de trabajo supuesto P_f medido en el plano de referencia herramienta P_r.

En las figuras 12a-12f se puede ver directamente la posición de las diferentes secciones y vistas con relación a la pieza de las figuras 9.

Los ángulos relevantes son:

- Ángulo de arranque de viruta lateral de la herramienta γ_f: ángulo entre la superficie arranque de viruta A_γ y el plano de referencia de la herramienta P_r, medido en el plano de trabajo P_f;

- Ángulo de arranque de viruta posterior γ_p: ángulo entre la superficie arranque de viruta A_γ y el plano de referencia de la herramienta P_r, medido en el plano posterior de la herramienta P_p;

- Ángulo de arranque de viruta normal de la herramienta γ_n: ángulo entre la superficie de arranque de viruta A_γ y el plano de referencia de la herramienta P_r medido en el plano normal de corte de la herramienta P_n; el valor de este ángulo γ_n (positivo o negativo) se denomina generalmente como “geometría de corte positiva/negativa”.

- Ángulo de inclinación de la herramienta λ_s (figura 12e): ángulo entre el filo S y el plano de referencia de la herramienta P_r, medido en el plano de corte de la herramienta P_s.

Este ángulo de inclinación de la herramienta λ_s es un ángulo agudo, cuya punta se dirige al vértice de corte. Es positivo si el filo, visto desde el vértice de corte, se encuentra en el lado apartado de la dirección de corte tomada del plano de referencia de la herramienta P_r.

Con α se designa en general el ángulo de incidencia de un filo.

La figura 13 muestra una plaquita de gualdera, que está atornillada en el cuerpo base en forma de disco de la fresa -preferentemente a ambos lados- y con ello sobresale, tanto radial como también frontalmente, por encima del cuerpo base. Para extraer materiales de la superficie frontal de la gualdera, con la fresa rotativa se desplaza ésta en el sentido X, es decir radial a la pieza de trabajo, como sentido de desplazamiento. Para ello se encuentran la plaquita de gualdera en forma de plaquita con su plano, el plano de corte de la herramienta P_s en un pequeño ángulo K con relación al plano de trabajo P_f, que se compone de la dirección de avance (dirección X) y del plano X-Y que se encuentra en la dirección de corte. Con ello sobresale del cuerpo base hacia el exterior el borde de la plaquita de corte del cuerpo base con el corte redondeado con un radio en el vértice R de aproximadamente 1,6 mm y forma el punto más adelantado con relación a cuerpo base de la fresa.

Cuanto mayor sea el ángulo K tendrá más ondulada será la superficie frontal de la gualdera mecanizada, como se puede ver en la parte ya mecanizada de la figura 13.

Para poder mecanizar toda la superficie frontal de una gualdera, es necesario, además del avance en la dirección X de la fresa representado en la figura 13a, una rotación adicional del cigüeñal, si, por ejemplo, la superficie de la gualdera se debe mecanizar hasta la muñequilla H_2 y alrededor de ésta.

Con una plaquita de gualdera como se representa en la figura 13a, se designe como longitud de la plaquita de corte la extensión de la plaquita en dirección tangencial del cuerpo base de la herramienta en forma de disco y como espesor la extensión en la dirección axial de la dirección más próxima de la plaquita de corte.

La figura 13b muestra en la misma dirección visual que la figura 13a el mecanizado de la superficie exterior de un muñón del cigüeñal mediante una plaquita de muñón. Con una plaquita de esta clase, se entiende como longitud y anchura los lados vistos en la figura 13b, entendiéndose como plaquita del muñón, en general, plaquitas de corte cuadradas, que de este modo se pueden colocar cuatro veces, una tras otra.

Las plaquitas de muñón se pueden colocar en el cuerpo base de la fresa de disco, con su borde de corte exterior con un ángulo que difiera de la dirección Z dentro del plano Z-X, si al mismo tiempo se proporciona una desviación de la dirección Z dentro del plano Z-Y.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el mecanizado con arranque de viruta de superficies frontales excéntricas y céntricas y también superficies periféricas o laterales de una pieza de trabajo en forma de cigüeñal (WST) sujeta en un eje giratorio (eje C) definido el eje centrado (eje Z), en el que

a) el mecanizado con arranque de viruta se realiza mediante fresado externo,

b) la pieza de trabajo (WST) se mecaniza simultáneamente en múltiples muñones de biela como superficie de mecanizado en su posición de rotación con relación al eje centrado (Z1) no coincidente y

c) cada superficie de mecanizado se mecaniza mediante una fresa separada externa (WZ1, WZ2, ...) que se puede desplazar sólo en una trayectoria transversal a la pieza de trabajo (WST),

d) la rotación de la pieza de trabajo (WST) respecto a la posición de rotación, velocidad de rotación (n_{WST}) y sentido de rotación se regula teniendo en cuenta los movimientos instantáneos y la velocidad de rotación de todas las distintas fresas (WZ1, WZ2, ...) y

e) el movimiento transversal y la velocidad de rotación (n1, n2, ...) de cada una de las fresas (WZ1, WZ2) se controlan separada e independientemente de las otras fresas de trabajo (WZ1, WZ2) debido al desplazamiento de la pieza de trabajo (WST).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la trayectoria de la fresa (WZ1, WZ2) es una trayectoria lineal en la dirección X.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la trayectoria de la fresa (WZ1, WZ2) transversal a la pieza de trabajo es un desplazamiento de giro en forma de arco alrededor de un eje Z.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el movimiento transversal y la velocidad (n1, n2) de la fresa (WZ1, WZ2) transversal a la pieza de trabajo controla un movimiento de giro en forma de arco alrededor del eje Z.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque el movimiento transversal y la velocidad de rotación (n1, n2) de la fresa (WZ1, WZ2) se controla debido al movimiento real actual de la pieza de trabajo.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la rotación de la pieza de trabajo, así como también el desplazamiento transversal y de rotación de cada fresa (WZ1, WZ2), se calcula previamente para cada fase del proceso de fresado, y el mecanizado se realiza según el programa de mecanizado resultante de ello.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la optimización y los parámetros de desplazamiento de la pieza de trabajo, y el fresado, que trabaja simultáneamente, se realiza considerando el mantenimiento de un espesor de viruta medio máximo (h_{mitt}).

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la optimización del parámetro de desplazamiento y el fresado que trabaja simultáneamente tiene lugar en consideración al mantenimiento de un espesor de viruta máxima (h_{max}).

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la optimización del parámetro de desplazamiento de la pieza de trabajo y el fresado, que trabaja simultáneamente, tiene lugar en consideración a una maximización de las relaciones de corte (v_{s1} y v_{s2}).

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la optimización de la pieza de trabajo y las fresas que trabajan simultáneamente en consideración al mantenimiento de una gama de valor determinada para el espesor medio máximo (h_{mitt}), tiene lugar especialmente el mantenimiento de un espesor de viruta medio exacto (h_{mitt} 0), especialmente en todas las fresas que trabajan simultáneamente (WZ1, WZ2).

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la optimización de los parámetros de desplazamiento de la pieza de trabajo y del fresado simultáneo, en consideración al mantenimiento de una zona de valor determinada para el espesor de viruta media (h_{mitt}), especialmente el mantenimiento de un espesor exacto de viruta (h_{mitt} 0), especialmente en todas las unidades de fresado que trabajan simultáneamente (U1, U2) como objetivo de optimización primario, y la consecución de una velocidad máxima posible en cada fresa (WZ1, WZ2) como objetivo de optimización secundario.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se trata del fresado con fresado de alta velocidad, con velocidades de 180-800, especialmente 350-500 m/min.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la fresa presenta una geometría de corte positiva.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se trata de fresas para el fresado en pieza de trabajo ya templado.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque durante el fresado de una muñequilla, la fresa avanza en el transcurso de una fase de avance de 20º-100º, especialmente de 40º-60º de rotación relativa de la muñequilla a mecanizar en la dirección transversal de la medida teórica.

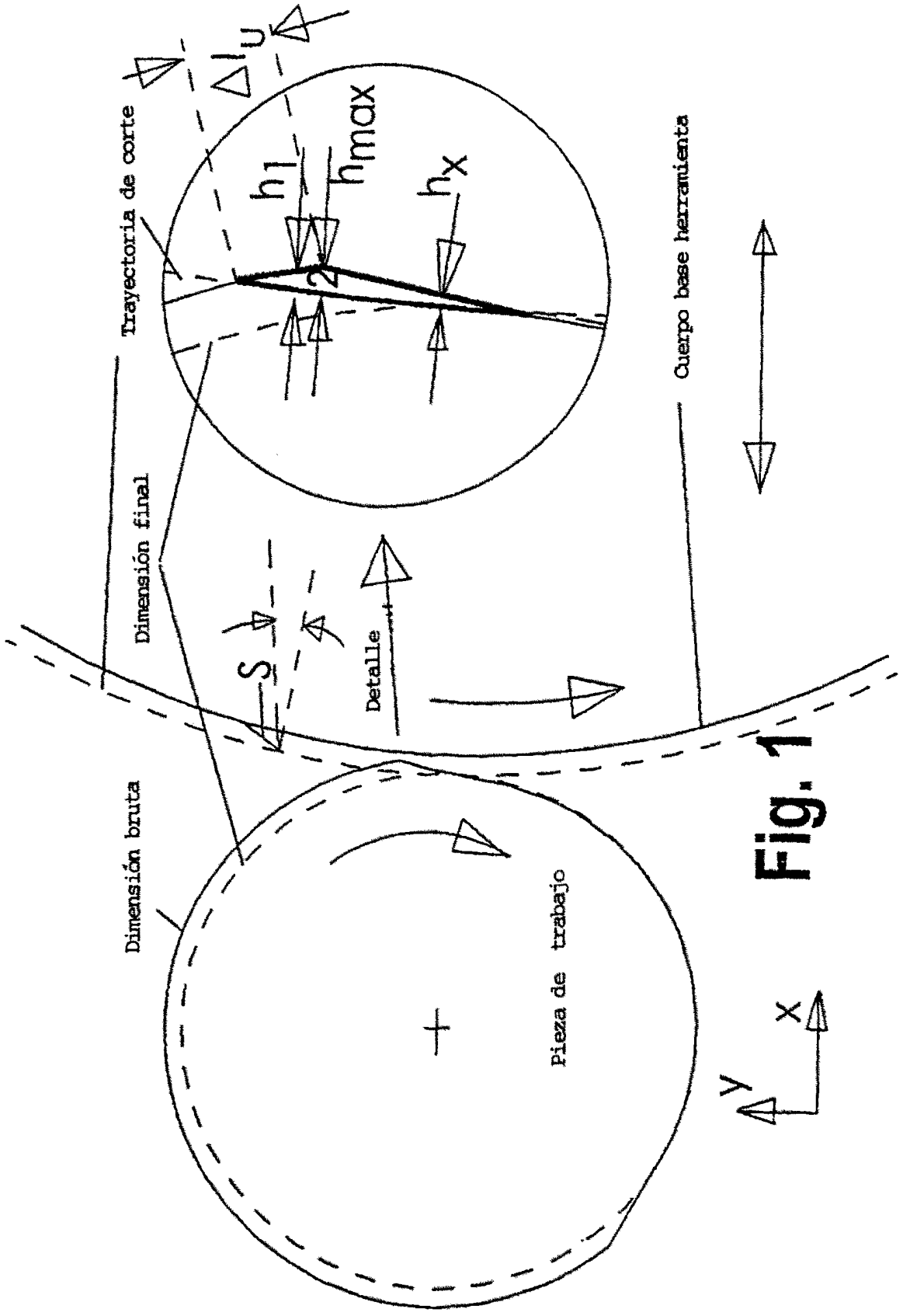

Trayectoria de corte
Dimensión final
Dimensión bruta
Cuerpo base herramienta
Detalle
Pieza de trabajo
Δl_u
h_1
h_{max}
h_x
S
2
x
y

Fig. 1

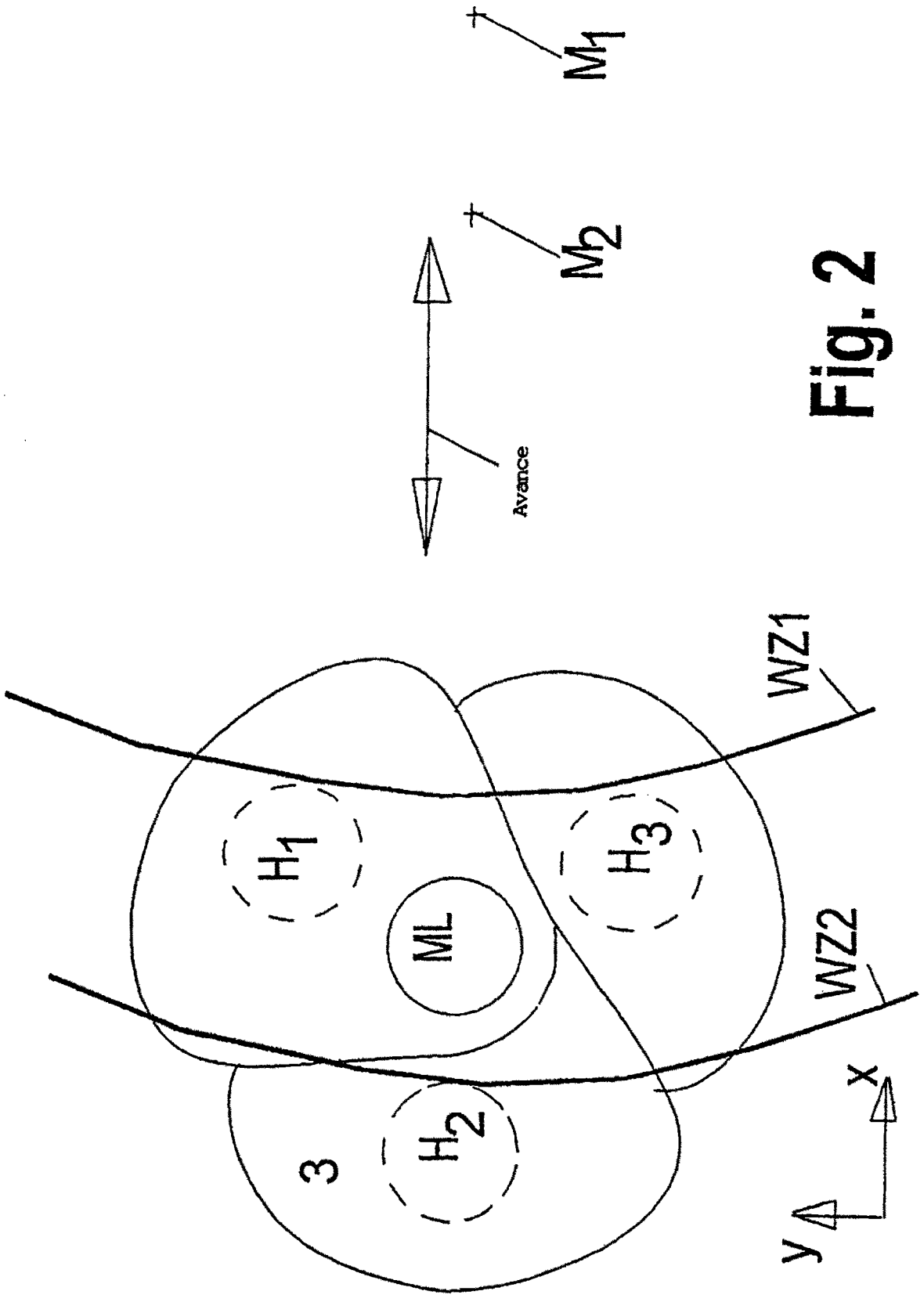


Fig. 2

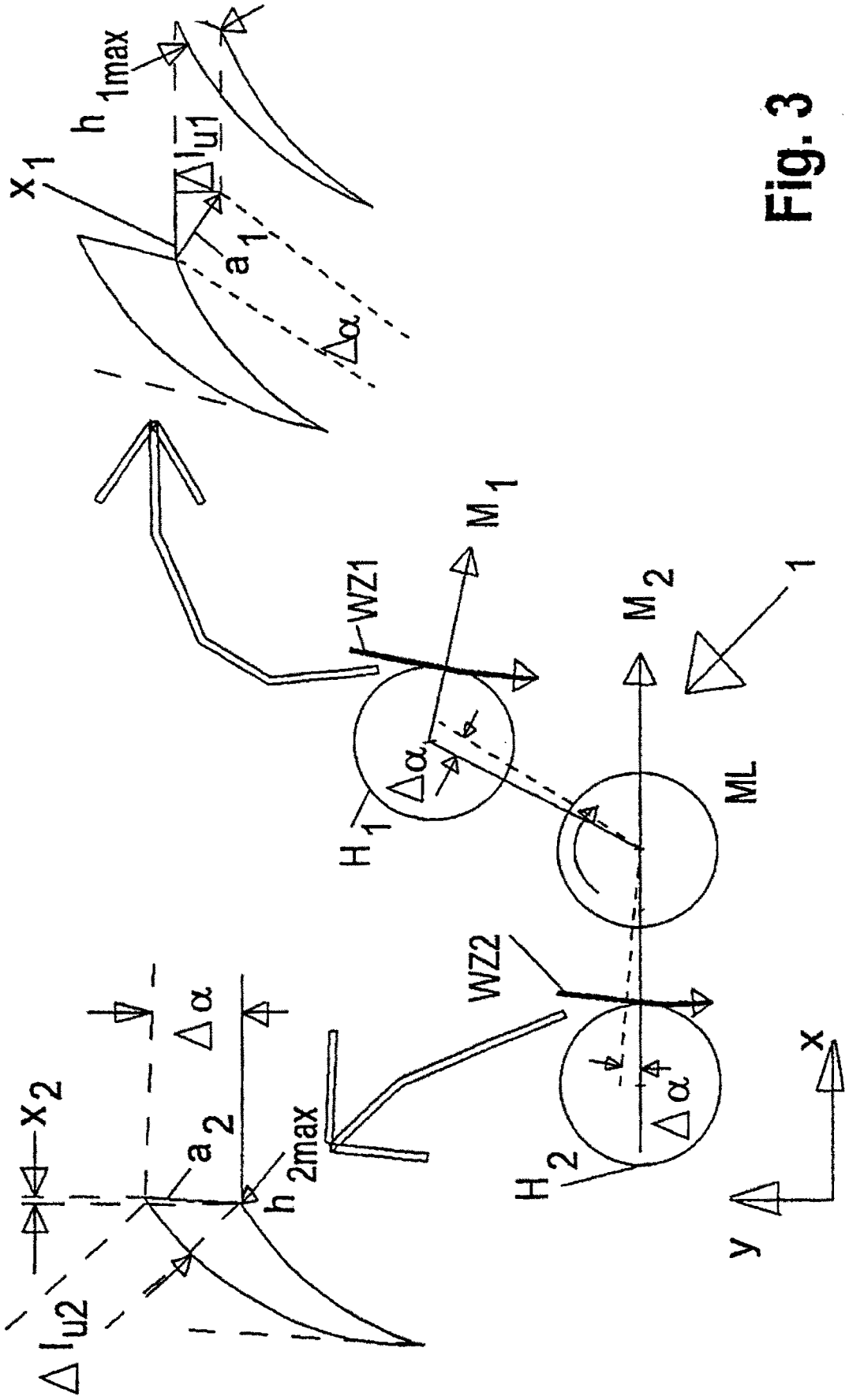

x1
h1max
lu1
a1
Δα
M1
WZ1
M2
1
H1
Δα
ML
WZ2
x2
Δα
a2
h2max
H2
Δα
x
y
Δlu2

Fig. 3

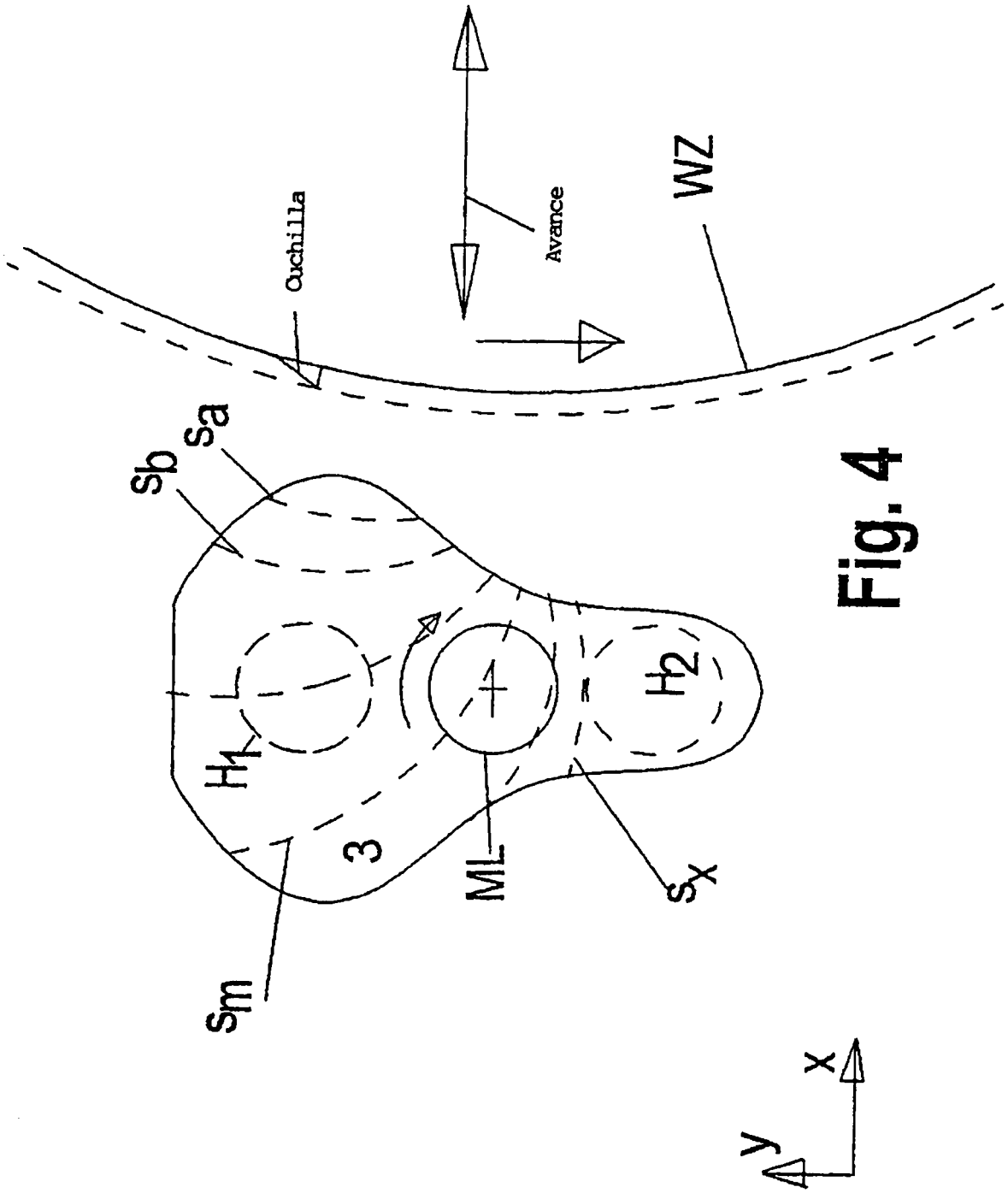


Fig. 4

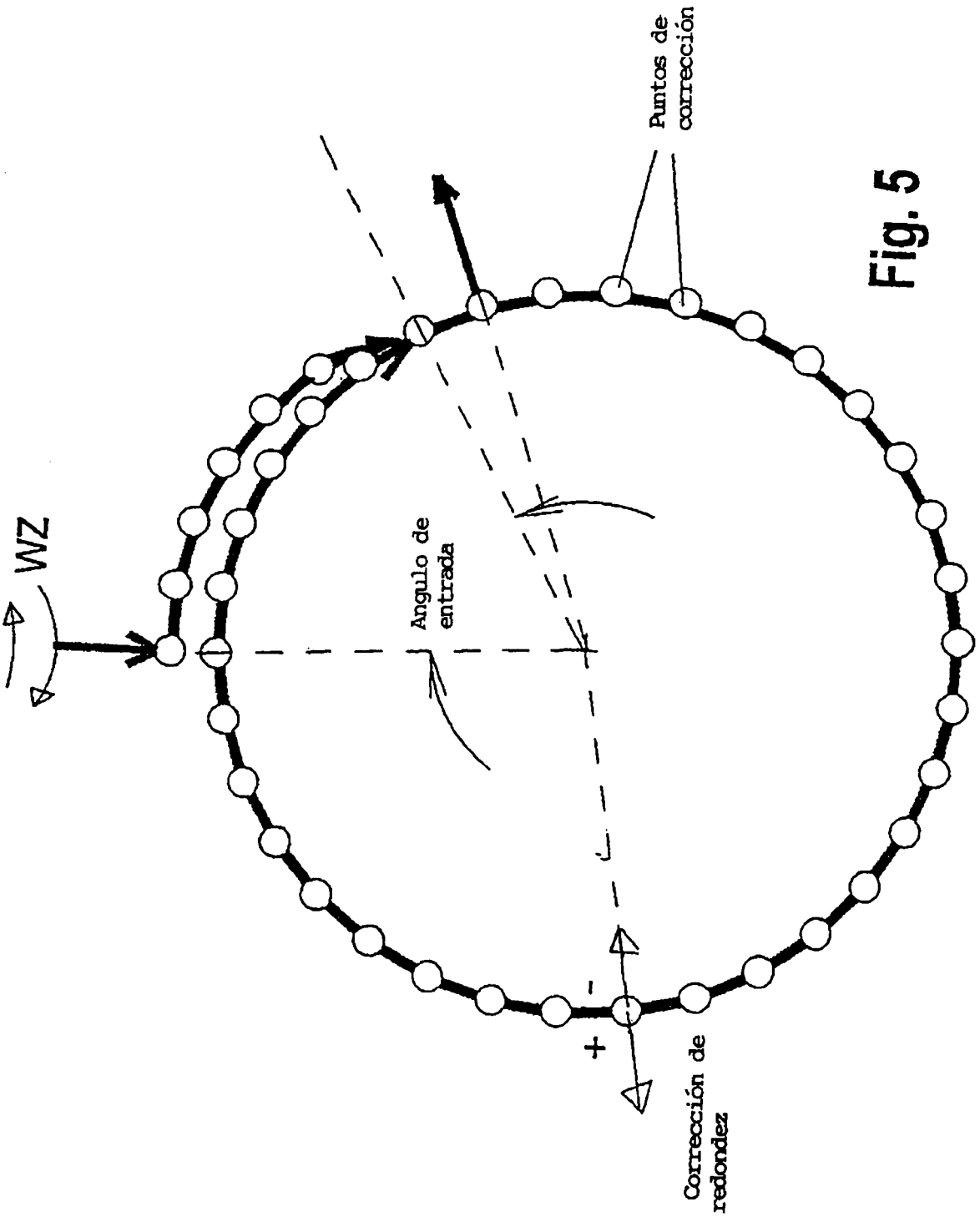

Puntos de corrección
WZ
Angulo de entrada
-
+
Corrección de redondez

Fig. 5

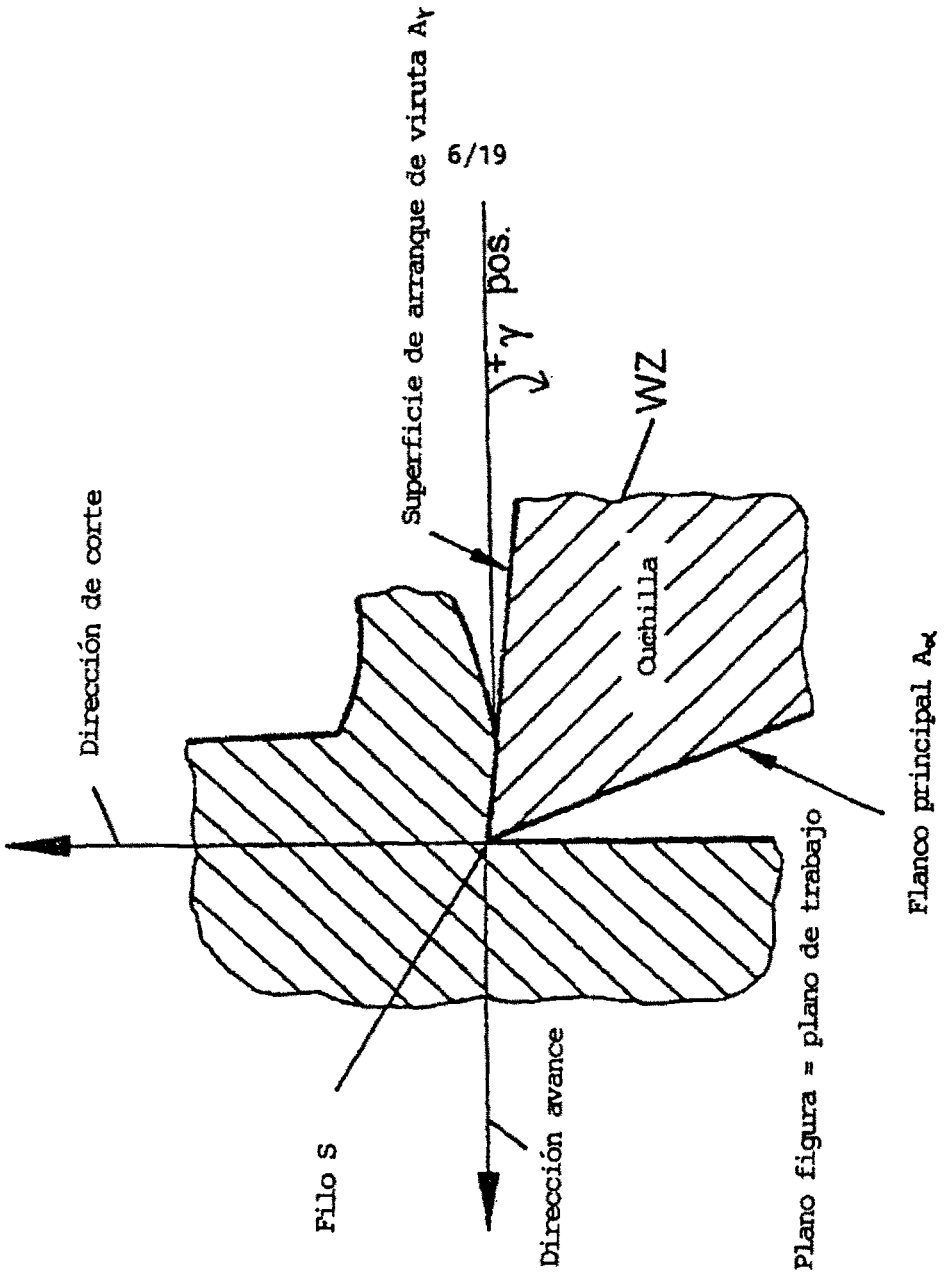

6/19
Superficie de arranque de viruta A_γ
$+\gamma$ pos.
WZ
Cuchilla
Dirección de corte
Flanco principal A_α
Plano figura = plano de trabajo
Dirección avance
Filo S

Fig. 6

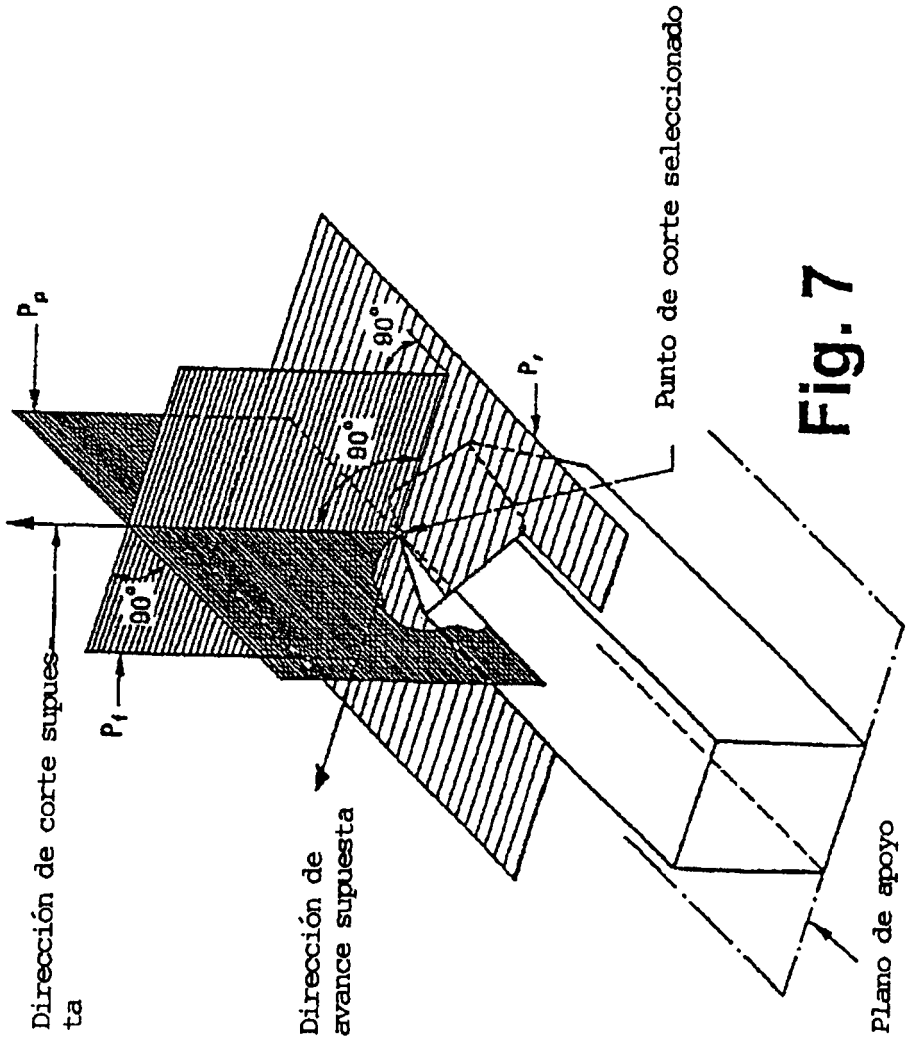

Punto de corte seleccionado
Dirección de corte supuesta
Dirección de avance supuesta
Plano de apoyo
90°
90°
90°

Fig. 7

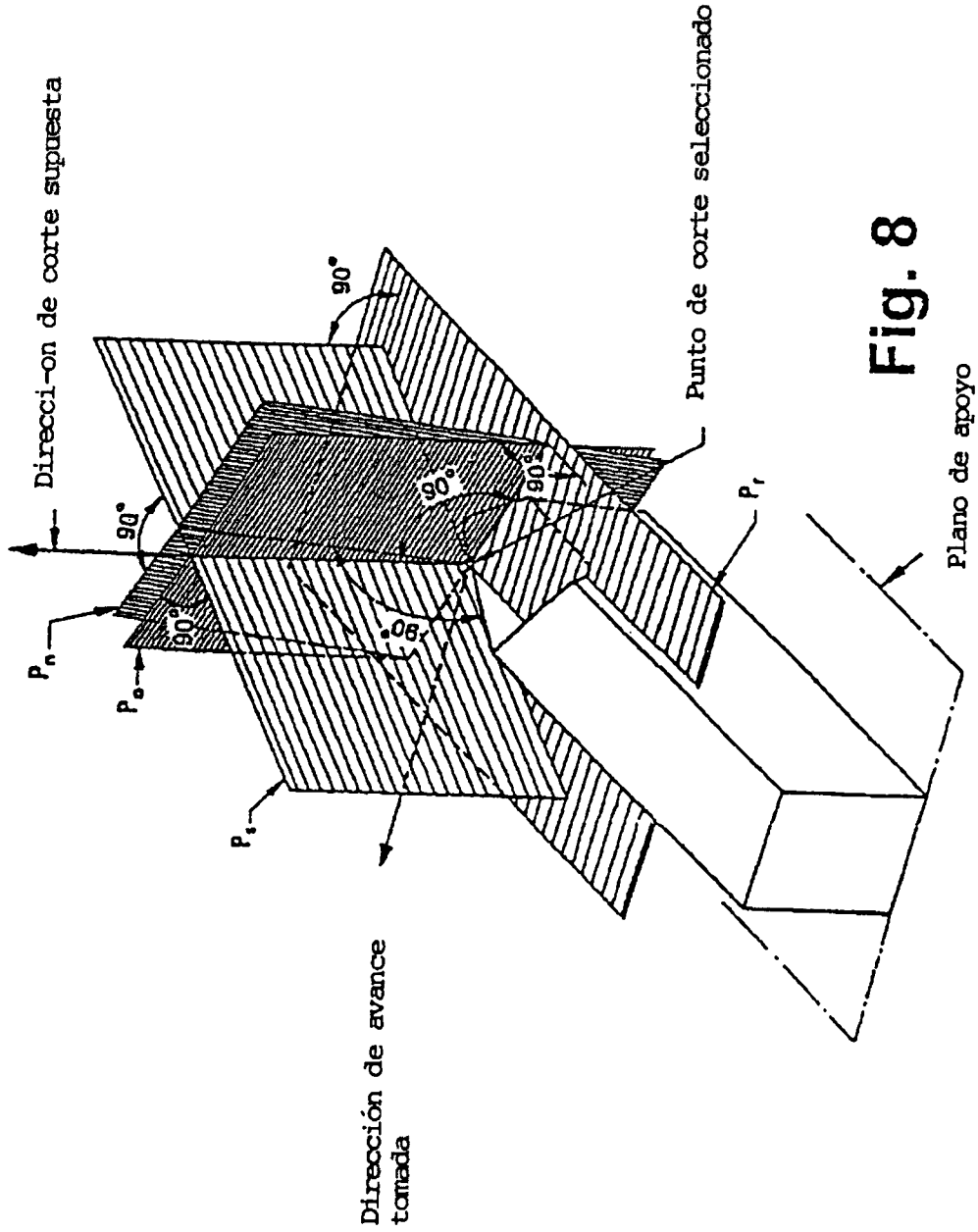

Direcci-on de corte supuesta
Punto de corte seleccionado
Plano de apoyo
Dirección de avance tomada
P_n
P_o
P_s
P_r
90°
90°
90°
90°
90°
90°

Fig. 8

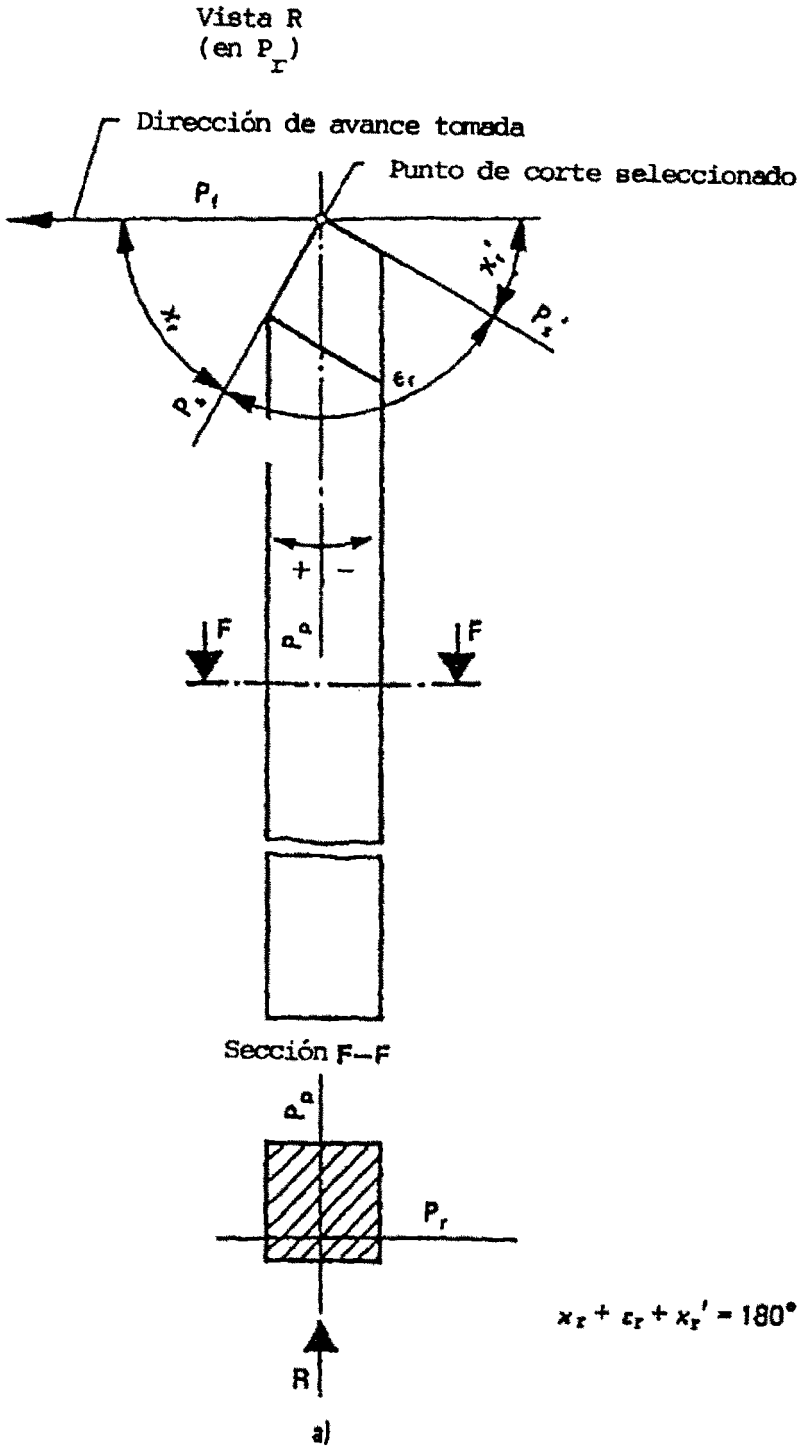

Vista R
(en P_r)
Dirección de avance tomada
Punto de corte seleccionado
P_f
χ_r
ε_r
χ_r'
P_s
P_r
F
F
a^a
+
−
Sección F–F
a^a
P_r
R
a)
$\chi_r + \varepsilon_r + \chi_r' = 180°$

Fig. 9

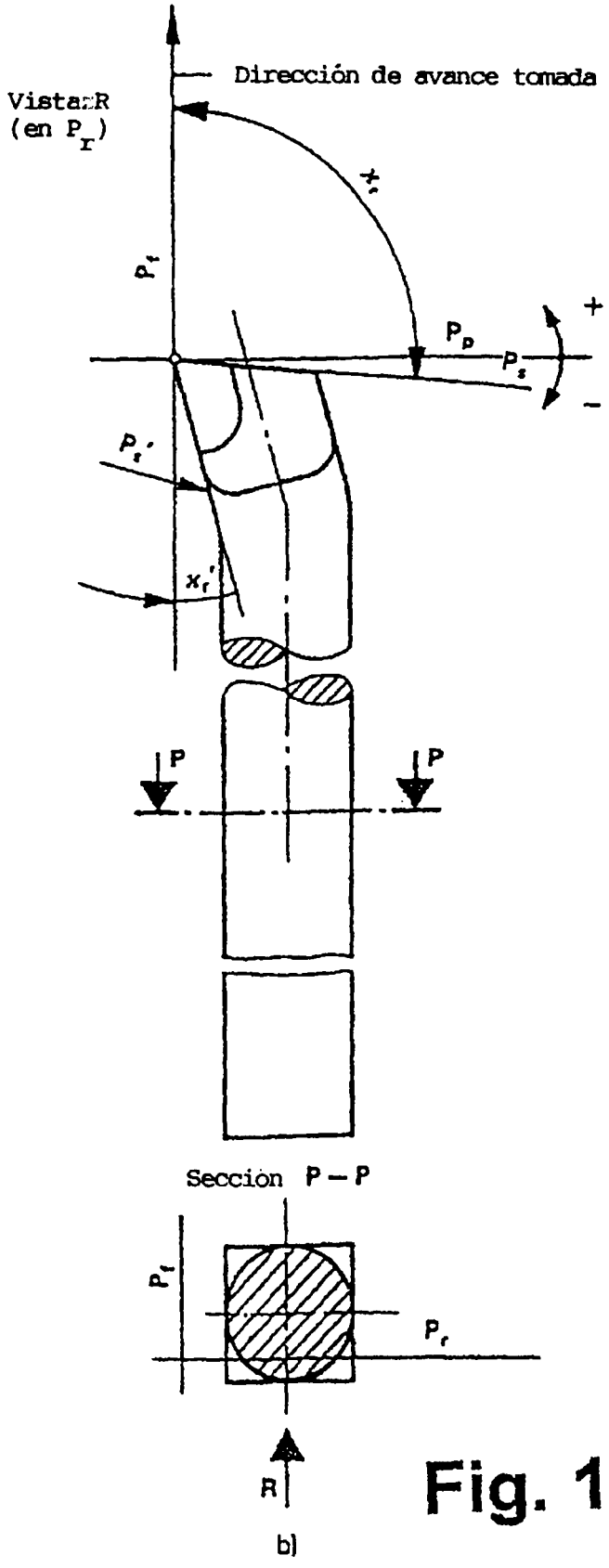

Dirección de avance tomada
Vista R
(en P_r)
γ_f
P_f
P_p
P_s
+
−
P_s'
χ_r'
P
P
Sección P — P
P_f
P_r
R
b)

Fig. 10

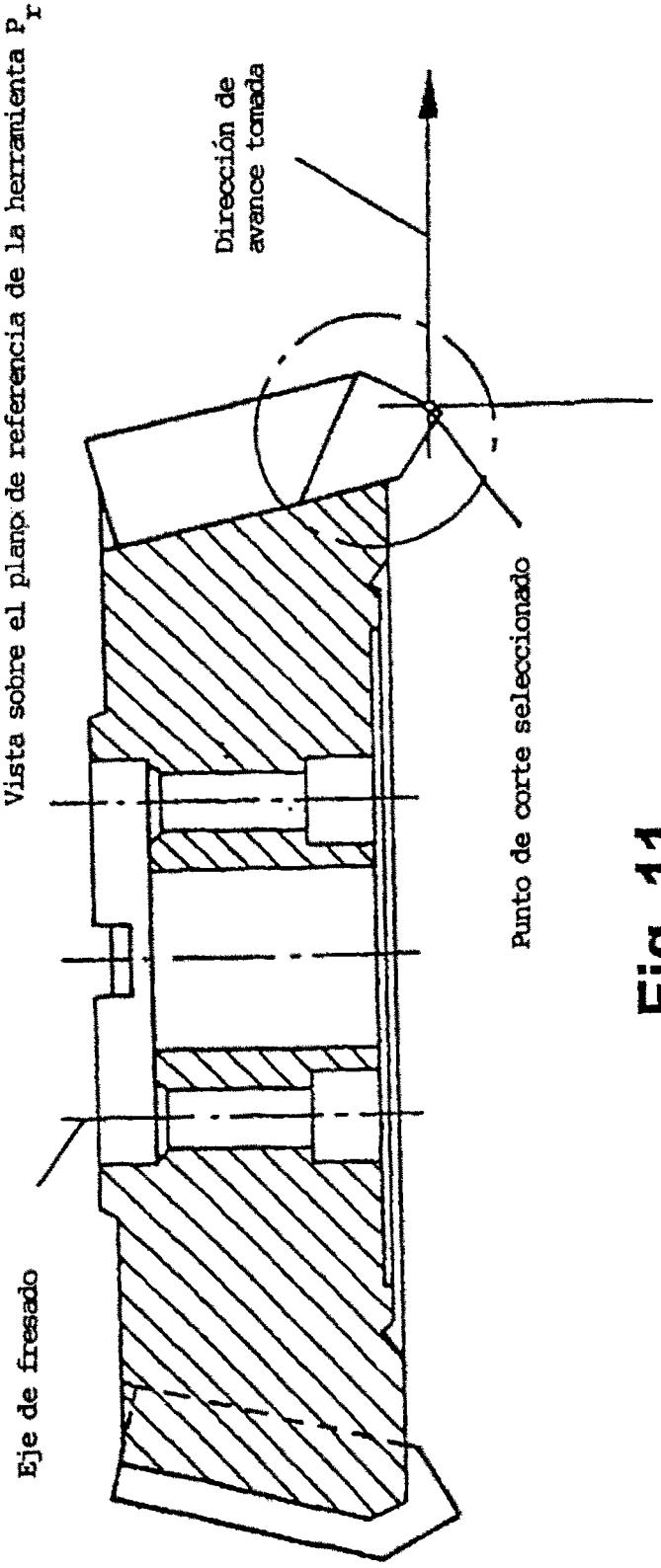
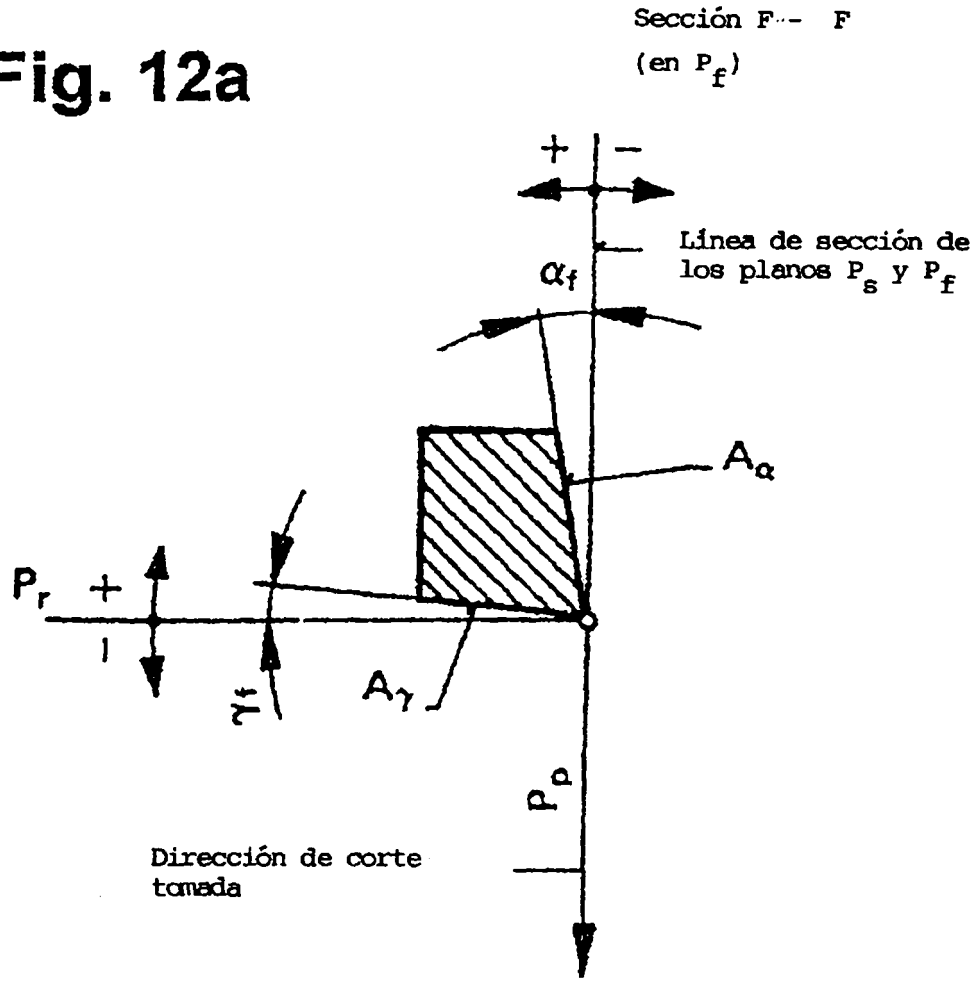

Vista sobre el plano de referencia de la herramienta P_r
Dirección de avance tomada
Punto de corte seleccionado
Eje de fresado

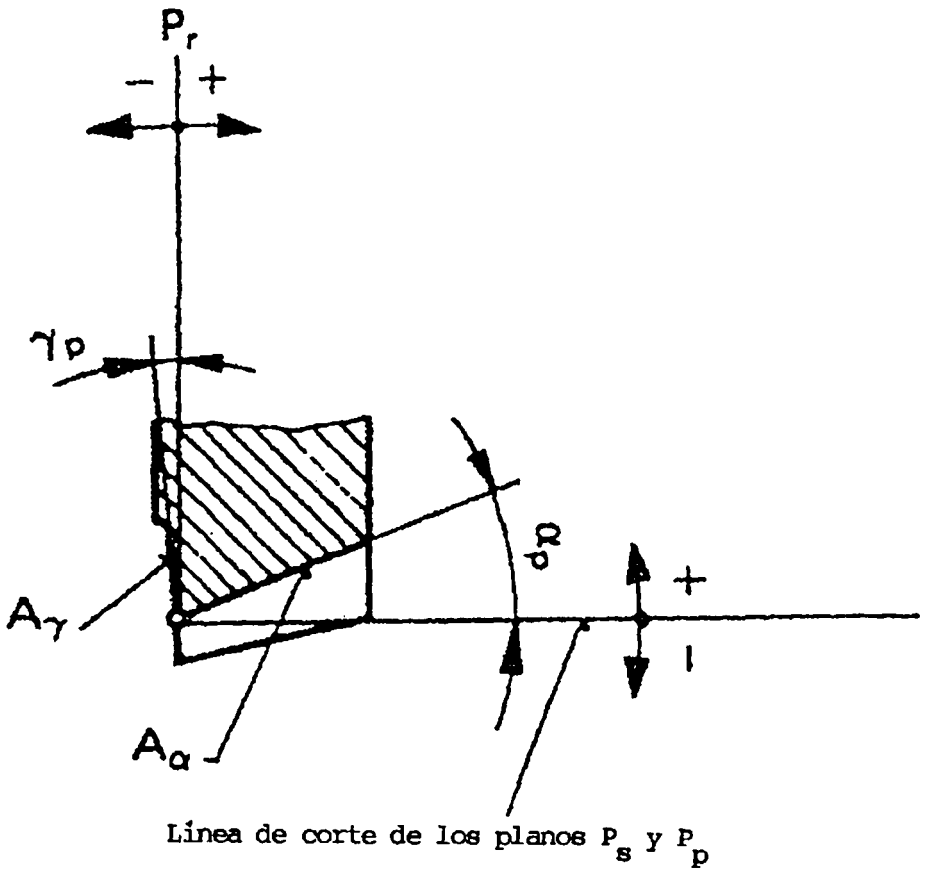
Fig. 11

Fig. 12a


Sección F - F
(en P_f)
+
−
Línea de sección de los planos P_s y P_f
α_f
A_α
P_r
+
−
γ_f
A_γ
P_o
Dirección de corte tomada

Sección P - P
(en P_p)

Fig. 12b



Línea de corte de los planos P_s y P_p

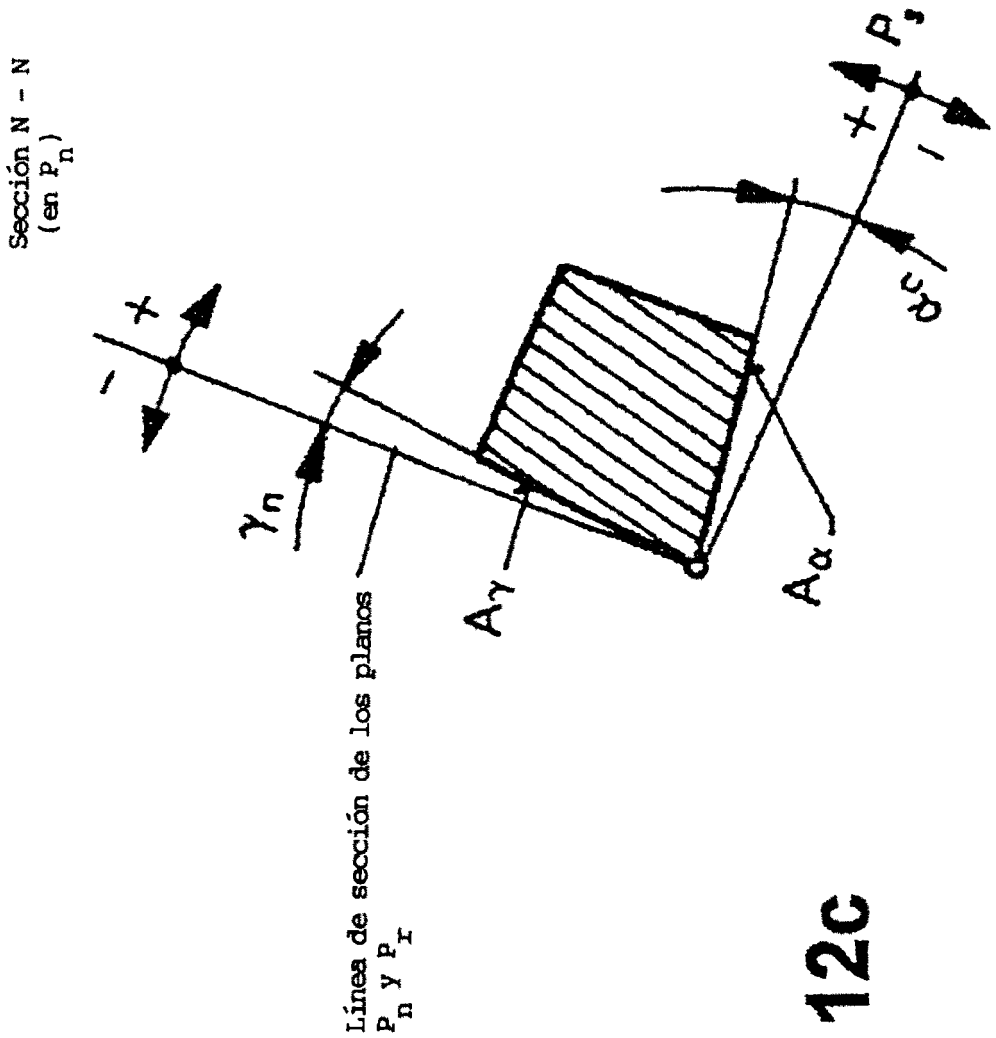

Sección N - N
(en P_n)
+
-
γ_n
Línea de sección de los planos
P_n y P_r
A_γ
A_α
P_s
+
-
α^c

Fig. 12c

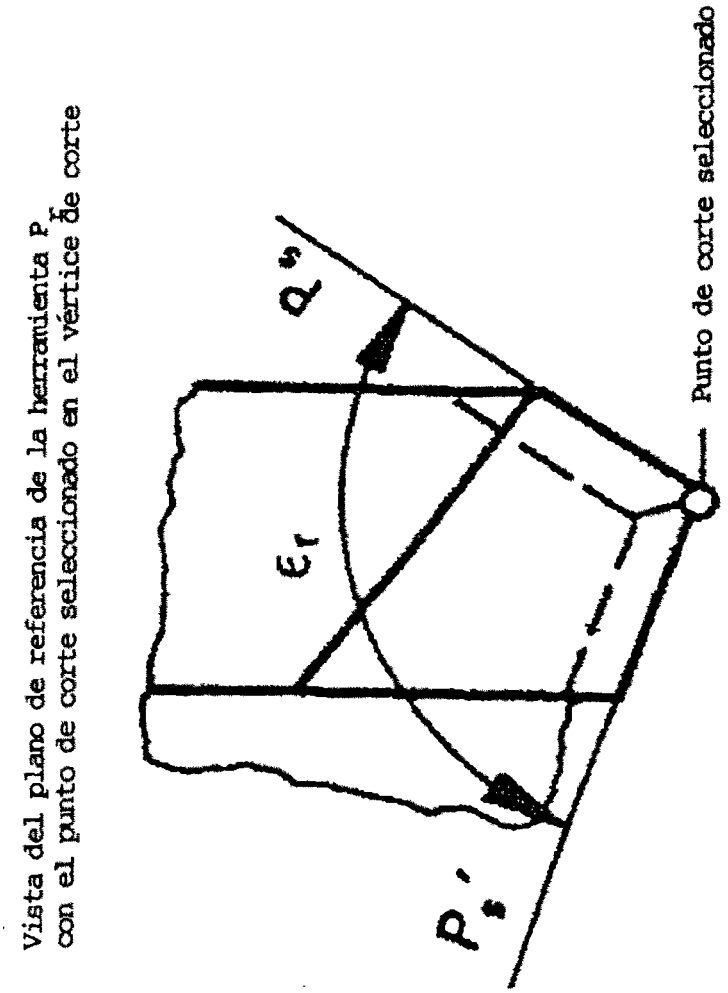

Vista del plano de referencia de la herramienta P
con el punto de corte seleccionado en el vértice de corte
Punto de corte seleccionado
ϵ_r

Fig. 12d

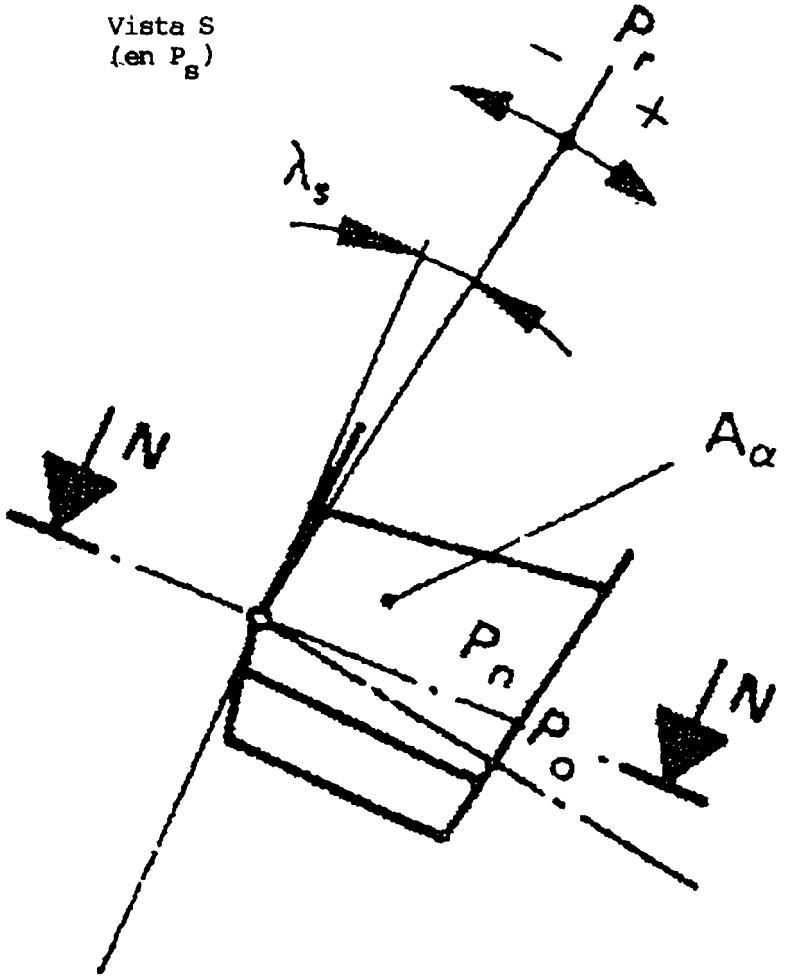


Fig. 12e

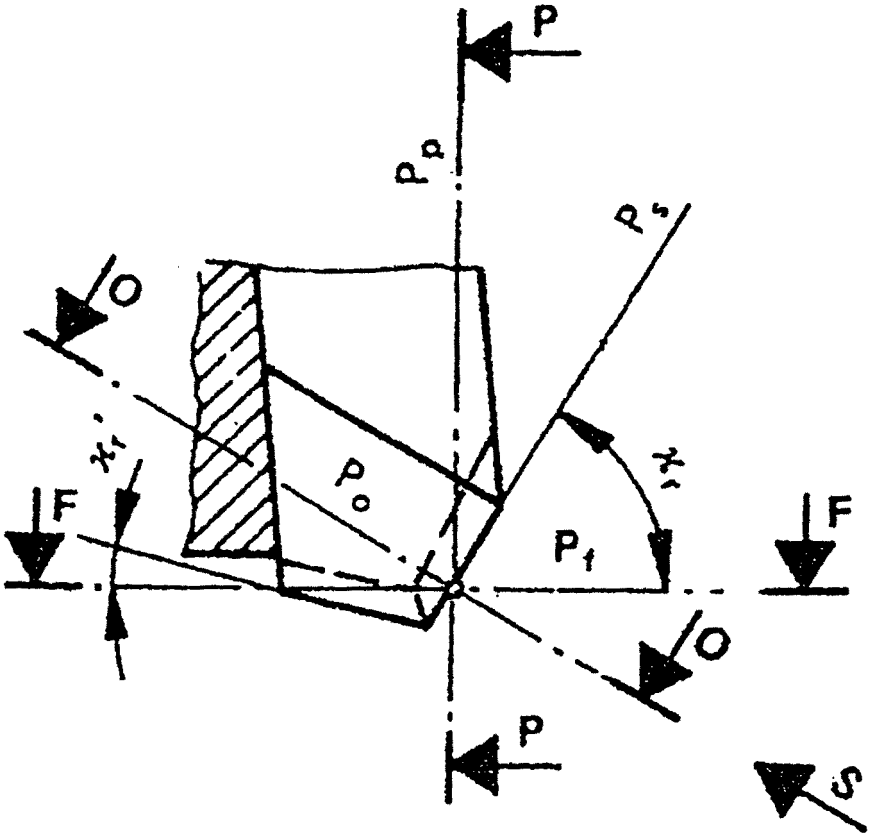


Fig. 12f

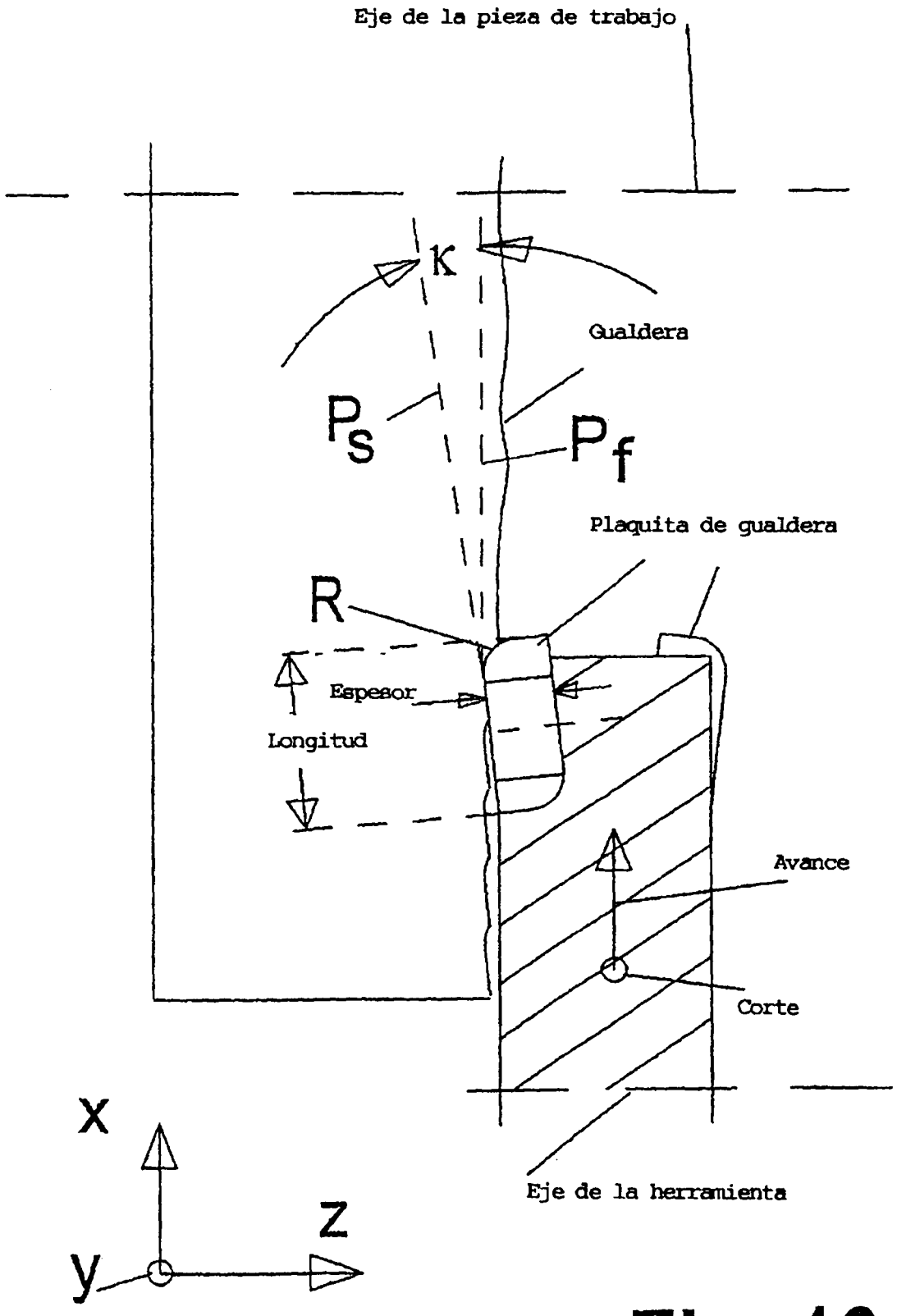

Eje de la pieza de trabajo
κ
Gualdera
Ps
Pf
Plaquita de gualdera
R
Espesor
Longitud
Avance
Corte
Eje de la herramienta
x
z
y

Fig. 13a

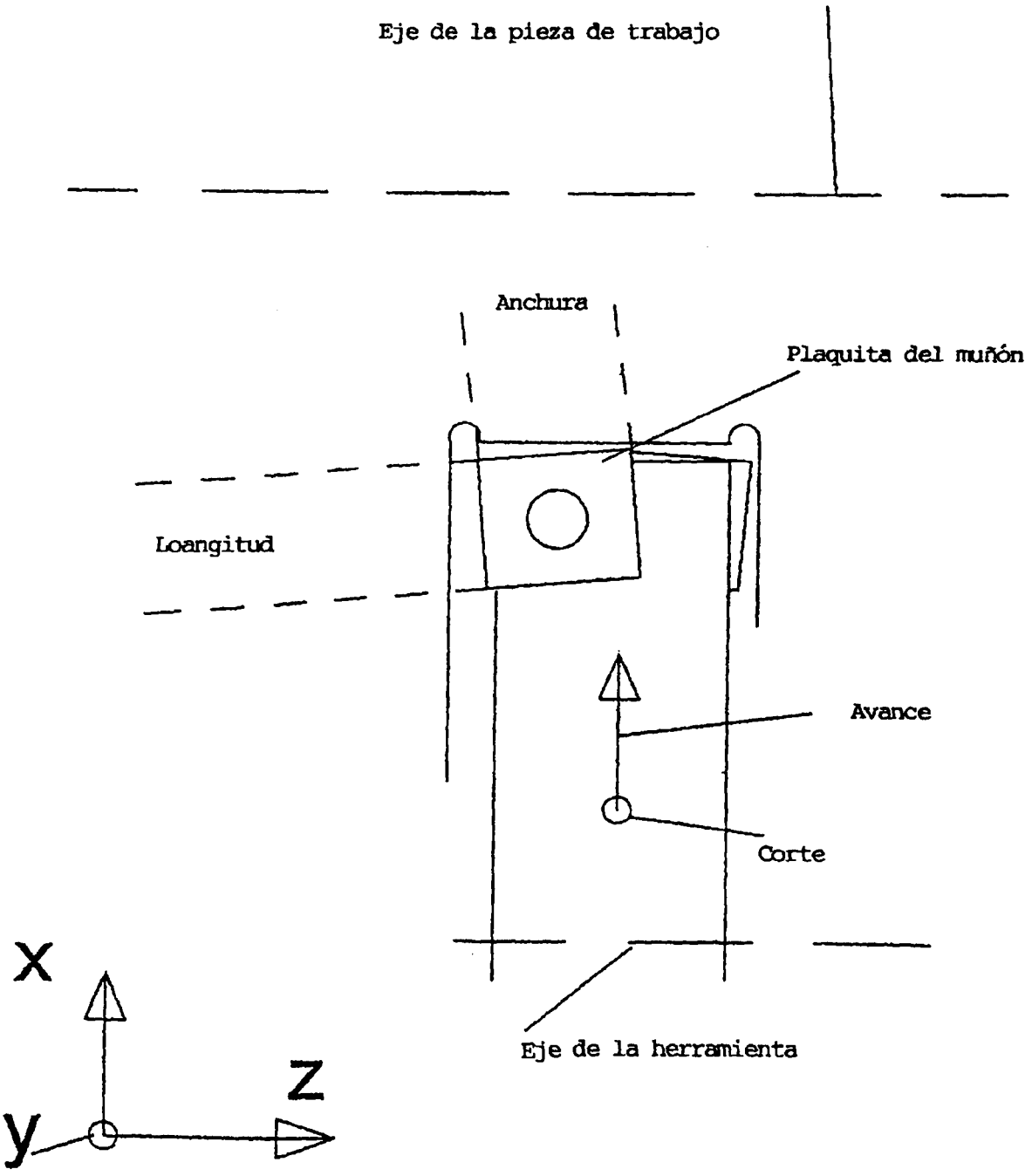

Eje de la pieza de trabajo
Anchura
Plaquita del muñón
Loangitud
Avance
Corte
Eje de la herramienta
x
z
y

Fig. 13b