

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 645**

51 Int. Cl.:

B24B 33/02 (2006.01)

B24B 33/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2014 PCT/EP2014/054542**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14146919**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2014 E 14708570 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2976184**

54 Título: **Método de rectificado y herramienta rectificadora**

30 Prioridad:

18.03.2013 DE 102013204714

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

05.02.2018

73 Titular/es:

**ELGAN-DIAMANTWERKZEUGE GMBH & CO. KG
(100.0%)
Oberboihinger Strasse 60
72622 Nürtingen, DE**

72 Inventor/es:

**XAVIER, FABIO ANTONIO;
BACHMANN, OLIVER;
KRANICHSFELD, FLORIAN y
RAUSCHER, HERBERT**

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 652 645 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

Método de rectificado y herramienta rectificadora

5 Antecedentes

10 [0001] La invención se refiere a un método de rectificado para el tratamiento de la superficie interna de un agujero en una pieza de trabajo con ayuda de al menos una operación de rectificado de acuerdo con el preámbulo de reivindicación 1, así como a una herramienta rectificadora que se puede usar en la realización del procedimiento de rectificado de acuerdo con el preámbulo de reivindicación 6. Un ámbito de aplicación preferido es el rectificado de superficies de rodadura cilíndricas durante la fabricación de bloques cilíndricos o manguitos cilíndricos para máquinas de émbolos de levantamiento.

15 [0002] Las superficies de rodadura de cilindros en bloques cilíndricos (cárteres del cilindro) o barriles cilíndricos de motores de combustión interna u otras máquinas de émbolo de levantamiento están sometidos durante el servicio a una fuerte carga tribológica. Por lo tanto, durante la fabricación de bloques cilíndricos o barriles cilíndricos se trata de trabajar estas superficies de rodadura del cilindro de tal manera que más tarde, con todas las condiciones de uso, se garantice una lubricación suficiente por una película de lubricante y que la resistencia a la fricción entre las piezas que se mueven una respecto a la otra se mantenga reducida en la medida de lo posible.

20 [0003] El tratamiento final determinante de la calidad de tales superficies interiores que se cargan de forma tribológica, se realiza generalmente con método de rectificado idóneo, que comprende típicamente varias operaciones de rectificado consecutivas. El rectificado es un método de remoción de virutas con cortes indeterminados geoméricamente.

25 Durante una operación de rectificado una herramienta rectificadora ensanchable dentro de la perforación por trabajar se mueve para la producción de un movimiento alternativo en dirección axial de la perforación con una frecuencia de elevación y simultáneamente para la producción de un movimiento giratorio solapado sobre el movimiento de elevación, gira con una frecuencia de rotación. Los cuerpos del material de corte colocados sobre la herramienta rectificadora se aprietan contra la superficie interna por trabajar por un sistema de alimentación con una fuerza de alimentación que actúa radialmente al eje de la herramienta. Durante el rectificado surge en la superficie interna un modelo de afilado en cruz típico para el tratamiento de rectificación con huellas de tratamiento que se cruzan, que también se denominan "rayados de rectificado".

30 [0004] Al aumentar los requisitos en cuanto a ahorro y calidad ecológica, tiene particular importancia la optimización del sistema tribológico pistones/anillos de pistón/superficie de rodadura del cilindro, para alcanzar una fricción reducida, bajo desgaste y bajo consumo de aceite. La proporción de fricción del grupo de pistones puede ser de hasta el 35%, de modo que es deseable reducir la fricción en esta zona.

35 [0005] Se persiguen fórmulas diversas, para reducir las pérdidas mecánicas de un motor. De aquí forman parte entre otras cosas el uso de superficies de rodadura de cilindros térmicamente rociados, el uso de anillos de pistón revestidos, el desarrollo de superficies especialmente optimizadas etc.

40 [0006] Una tecnología, que cada vez tiene más importancia para la reducción del rozamiento y del desgaste, es la prevención o reducción de deformaciones o demoras de cilindros del bloque de motor (cárter del cilindro) durante el montaje y/o durante el funcionamiento. Después de un tratamiento de rectificado convencional una perforación cilíndrica debe tener típicamente una forma de perforación, que en la medida de lo posible varíe poco, por ejemplo, como máximo unos pocos micrómetros, de una forma cilíndrica circular ideal.

45 Durante el montaje o el funcionamiento del motor pueden surgir, sin embargo, claros defectos de forma, que pueden ser de varias centésimas de milímetro y pueden reducir el rendimiento del motor. Las causas de demoras o deformaciones son variadas.

50 Se puede tratar de cargas estáticas o casi estáticas, térmicas y/o cargas mecánicas o cargas dinámicas. También la construcción y el diseño de bloques cilíndricos influyen en la tendencia a deformaciones. La función hermetizante del paquete de anillo de pistón se empeora típicamente por tales deformaciones difícilmente controlables, con lo que también pueden aumentar el soplado, el consumo de aceite y también la fricción.

55 [0007] Para reducir problemas con ocasión de demoras durante el montaje o en estados de servicio determinados, por ejemplo, en el documento DE 28 10 322 C2 se propuso, deformar el bloque del motor para el tratamiento por rectificado con ayuda de un dispositivo de tensión de tal manera que la deformación posterior se simula por la cabeza de cilindro. En el estado tensado, que corresponde al estado presente después del montaje, tiene lugar el tratamiento de rectificado para la producción de una forma de perforación cilíndrica circular, que se pudiera ajustar también nuevamente después del montaje.

60 [0008] Otra tecnología, que garantiza o se aproxima con una inversión de las demoras de cilindros (producción de una forma negativa del fallo) durante el tratamiento del origen de una forma ideal después del montaje o en el

estado de funcionamiento del motor, es el llamado rectificado de forma. En este caso, en la pieza de trabajo no tensada se produce mediante el rectificado una forma de perforación que difiere de la forma cilíndrica recta circular definida, p.ej. una forma de hoja de trébol. Dichas formas de perforación son generalmente asimétricas, porque también las deformaciones del bloque cilíndrico generalmente no son simétricas. En el estado de funcionamiento debe resultar una forma cilíndrica circular, de modo que el paquete de anillo de pistón puede sellar sobre el perímetro total de la perforación. Variantes diferentes del rectificado de forma se describen por ejemplo en el documento EP 1 790 435 B1 y en el estado de la técnica citado en allí.

[0009] El documento EP 1 321 229 A1, que forma la base forma para los términos genéricos de las reivindicaciones 1 y 6, describe un método para la fabricación de una perforación, que en el estado sin carga presenta una forma inicial y en el estado de funcionamiento presenta una forma que debe ser y que difiere de la forma de salida.

Con el método se determina la deformación de una perforación hacia la forma deseada en el estado de funcionamiento determinado, mediante la forma deseada y la deformación se determina la forma inicial y la perforación se lleva con un método de tratamiento a la forma inicial. En el ejemplo de la forma de realización la forma inicial de la perforación en una zona superior es en gran parte cilíndrica y en una zona inferior elíptica. Ambas zonas pasan a una zona de transición intermedia la una sobre la otra. Para el tratamiento se usa una máquina de rectificado que tiene desde una hasta cuatro piedras de rectificado. Dado que la geometría de perforación varía continuamente en la zona intermedia entre la zona cilíndrica y la elíptica, se usan piedras de rectificado con una extensión axial muy pequeña.

[0010] La solicitud de patente internacional con número de publicación WO 01/76817 A1 divulga una herramienta rectificadora hidráulicamente ensanchable con unos grupos de corte con forma anular en el extremo de la herramienta rectificadora opuesto al husillo.

Las cubiertas de corte están fijadas sobre lenguas desplegadas hacia fuera, que forman una sola pieza con el cuerpo de herramienta. Las lenguas se despliegan hacia fuera durante la alimentación para el agrandamiento del diámetro externo eficaz.

[0011] El documento de divulgación alemán DE 16 52 074 A1 divulga una herramienta rectificadora con un grupo de corte, que consiste en dos segmentos de rectificado dispuestos diametralmente uno frente a otro con nervaduras externas, sobre las que está el revestimiento del corte.

[0012] Es una tarea de la presente invención proporcionar un método de rectificado conforme a su especie y una herramienta rectificadora utilizable durante su realización, que permitan fabricar máquinas de émbolo de levantamiento que tengan características mejoradas en cuanto a pérdidas por fricción, consumo de aceite y soplado.

[0013] Para la solución de esta tarea la invención proporciona un método de rectificado con las características de la reivindicación 1.

Además, se proporciona una herramienta rectificadora con las características de la reivindicación 6, que se pueda usar en el marco del método de rectificado.

[0014] Perfeccionamientos ventajosos se indican en las reivindicaciones dependientes.

El texto todas las reivindicaciones pasa a formar parte del contenido de la descripción por referencia.

[0015] Con el método de rectificado se fabrica una perforación en forma de botella, es decir, una perforación con una forma de botella. Una "perforación con forma de botella" tiene directamente a continuación de una entrada de la perforación una primera sección de perforación con un primer diámetro, lejos de la entrada de perforación una segunda sección de perforación con un segundo diámetro, que es mayor que el primer diámetro, y entre la primera sección de perforación y la segunda sección de perforación, tiene una sección de transición con una transición continua desde el primer diámetro al segundo diámetro. La primera sección de perforación y la segunda sección de perforación tienen generalmente una forma básica circular cilíndrica y están en posición coaxial entre sí.

La sección de transición se puede formar parcialmente de forma cónica y en sus extremos exteriores que dan la cara a los segmentos de perforación pasa respectivamente con radios adecuados a las secciones de perforación adyacentes.

[0016] Con un dimensionamiento apropiado de la macroforma en forma de botellas se pueden obtener ventajas esenciales con respecto a reducción de fricción, reducción de soplado así como consumo de aceite reducido.

Además, pueden resultar mejoras en la resistencia al desgaste del paquete de anillo de pistón e influencias positivas sobre el desarrollo de ruidos durante el funcionamiento. En la primera sección de perforación relativamente estrecha cerca de la entrada de la perforación, es decir, en el "cuello de botella", se realiza en una máquina de combustión interna una parte esencial de la combustión. Una oferta de aceite eventualmente alta podría conducir en esta sección a problemas de consumo de aceite y de emisión.

En esta primera sección de perforación más estrecha el paquete anular de los anillos de pistón puede cumplir bien sus funciones convencionales (particularmente la impermeabilización contra los gases de combustión así

como la retirada del film de aceite en la marcha hacia atrás) debido a la tensión anular relativamente alta.

A través de las ondas de presión de la combustión se acelera el pistón en la primera sección de perforación y alcanza la sección de transición con un diámetro que aumenta gradualmente. En la sección de transición se reduce la tensión del anillo del pistón a través del agrandamiento del diámetro. Puesto que aquí, sin embargo, existe ya una velocidad del émbolo considerable y la presión interna en la cámara del cilindro disminuye, no se influye de forma desventajosa en el soplado, el valor de consumo de aceite y emisión de ruidos de motor. Por medio de radios adecuados entre la sección de transición y las primera y segunda secciones de perforación colindantes, se puede lograr una entrada y salida suave de los anillos de pistón en la sección de transición, de modo que se pueden evitar desgaste anular o gripado de motor. En el movimiento descendente, el paquete anular alcanza después de recorrer la sección de transición durante la entrada a la segunda sección de perforación su tensión más baja, de modo que allí, donde el pistón alcanza su velocidad máxima, se reduce automáticamente la pérdida de fricción.

[0017] En el marco del método de rectificado, que conduce a una perforación en forma de botella con estructura de superficie óptima en cuanto al uso, se usa en al menos una operación de rectificado una herramienta rectificadora especialmente adecuada para este objetivo, que aquí, debido a su construcción, también se designa como "herramienta anular".

Una "herramienta anular" en el sentido de esta solicitud tiene al menos un grupo de corte anular con tres o más cuerpos de material de corte, suministrables radialmente, repartidos por el perímetro del cuerpo de herramienta de la herramienta rectificadora, donde dichos cuerpos de material de corte están configurados como segmentos de rectificado relativamente anchos en la dirección perimetral de la herramienta rectificadora y como segmentos de rectificado relativamente estrechos en la dirección axial. La dirección axial de los segmentos de rectificado medida en longitud axial de la herramienta rectificadora es menor que la anchura medida en dirección perimetral y la longitud axial de la zona de corte equipada con cuerpos de material de corte es menor que el diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora.

[0018] Cuando están previstos al menos tres segmentos de rectificado, las fuerzas de tratamiento se pueden repartir bien y de forma relativamente uniforme sobre la totalidad del área exterior eficaz disponible de la herramienta rectificadora. Pueden estar previstos p.ej. en un grupo de corte exactamente tres, exactamente cuatro, exactamente cinco o exactamente seis segmentos de rectificado de la misma o de anchura perimetral diferente. Es cierto que son posibles más de seis segmentos de rectificado dentro de un grupo de corte, pero convierten a la construcción en más complicada y generalmente no son necesarios.

[0019] A través de la transportabilidad radial (desplazamiento de los segmentos de rectificado en dirección radial durante la alimentación) se puede lograr que las condiciones de engranaje entre cuerpo de material de corte y superficie interna de perforación permanezcan prácticamente constantes, independientemente del diámetro ajustado.

Mediante la prevención de inversión del cuerpo de material de corte durante la alimentación radial pueden evitarse desgastes irregulares.

[0020] Estas medidas pueden repercutir individualmente y en combinación sobre la calidad alcanzable en la zona de superficie, particularmente respecto a la uniformidad de la calidad de superficie sobre diversas secciones de perforación.

[0021] La longitud axial de los segmentos de rectificado puede estar p.ej. en menos del 30% del diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora, particularmente entre 10% y 20% de este diámetro externo. Con herramientas anulares para perforación el tratamiento de perforaciones cilíndricas típicas en bloques motor para automóvil o camión, la longitud axial puede estar p.ej. en el área de 5 mm hasta 20 mm. Referida a la longitud de perforación de una perforación por tratar, la longitud axial comprende típicamente menos del 10% de esta longitud de la perforación. En caso de que los límites superiores se superen de manera notable, lo padece así generalmente la posibilidad de un seguimiento del contorno axial o producción del contorno. Además, son ventajosas longitudes axiales pequeñas, para producir una presión superficial suficiente para el tratamiento. Por otra parte, una longitud mínima en dirección axial es ventajosa para permitir un rectificado en exceso para el tratamiento de los extremos de la perforación y para limitar una tendencia a la inclinación de la herramienta rectificadora.

[0022] Tal herramienta anular representa un apartamiento de los conceptos convencionales del dimensionamiento de la herramienta rectificadora, que parten del hecho de que para el logro de defectos de forma más pequeños de una perforación más pequeña, deben usarse herramientas de rectificado con franjas de rectificado relativamente largas en dirección axial, y por el contrario, franjas de rectificado relativamente estrechas en dirección perimetral.

Una herramienta anular se adapta especialmente bien al tratamiento de formas de perforaciones en forma de botellas o generalmente formas de perforaciones con un diámetro de perforación que varía significativamente en dirección axial. En un grupo de corte anular la sustancia de corte (granos de corte ligados de granulación, densidad y dureza adecuada) está concentrada en un anillo axialmente relativamente estrecho, donde típicamente más de la mitad del perímetro de un grupo de corte anular está ocupado con elementos de corte y

de esta manera contribuye de forma eficaz a la retirada del material.

5 [0023] La zona de corte, en la que están uno o varios grupos de corte anulares, en comparación con el diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora es en dirección axial corto o estrecho, con lo que es posible la producción y/o el seguimiento de un contorno que se extiende en dirección axial.

10 [0024] Un grupo de corte anular se distingue, en comparación con franjas de rectificado convencionales, en que en la sección axial cubierta por el grupo de corte anular existe esencialmente más superficie de contacto entre los cuerpos de material de corte y la superficie interna de perforación que en una sección axial comparablemente estrecha de una herramienta rectificadora convencional. Con algunas formas de realización en un grupo de corte anular más del 60% del perímetro está ocupado con elementos de corte, eventualmente incluso más del 70% o más del 80% del perímetro de la herramienta rectificadora.

15 [0025] Preferiblemente, un grupo de corte está dispuesto de tal manera próximo a un extremo del cuerpo de herramienta opuesto al husillo, que los grupos de corte se encuentran exclusivamente en la mitad del cuerpo de herramienta opuesta al husillo.
Cuando están previstos varios grupos de corte anulares, esta condición puede valer para todos grupos de corte. Una disposición cerca del extremo opuesto al husillo permite entre otras cosas trabajos con rectificado en exceso muy sencillo.

20 [0026] Con del tratamiento de rectificado se puede usar como tamaño guía la posición de levantamiento de la herramienta rectificadora dentro de la perforación, para fijar con resolución local alta la presión de apoyo o la fuerza de alimentación como función de la posición de levantamiento de los grupos de corte anulares.
Así, es posible, producir una perforación con contorno axialmente variable con ayuda de un grupo de corte anular suministrable o seguir un contorno axialmente variable producido previamente sin máximos de fuerza de presión no deseados. Utilizando una herramienta anular se puede trabajar en todos los campos axiales de la perforación con esencialmente el mismo recubrimiento, de modo que cuando sea necesario se pueden producir fotografías de rugosidad o estructuras de superficies muy uniformes. Utilizando una herramienta anular se puede trabajar en su caso también con un rectificado en exceso muy pequeño en los extremos axiales de una perforación, sin que
25 30 aparezcan problemas con un desgaste de cuerpos de corte no simétrico.

[0027] Preferiblemente se trabaja con un sistema de alimentación de grupos de corte electromecánicos. En contraposición a una expansión hidráulica, de esta manera es posible así una predeterminación temporal precisa del camino de alimentación (control del camino), con lo que se produce de manera intencionada un contorno axial y/o se puede seguir de forma precisa un contorno axial prefijado.

35 [0028] En la herramienta rectificadora pueden disponerse uno o varias sensores de un sistema de medición de diámetro, de modo que es posible una medición de diámetro de dentro del proceso. Por ejemplo, pueden disponerse entre segmentos de rectificado contiguos, en el cuerpo de la herramienta respectivamente boquillas de medición de un sistema neumático de medición del diámetro. De esta manera se puede mejorar la precisión de los contornos de perforación alcanzables.

40 [0029] Por el uso de una herramienta anular se garantizan un desgaste uniforme del cuerpo de material de corte y valores de forma muy buenos así como asperezas superficiales uniformes de la perforación durante toda la vida útil del grupo de corte anular.

[0030] Son posibles configuraciones diversas de herramientas anulares, entre las que pueda elegir un usuario dependiendo de la tarea de tratamiento por superar.

50 [0031] En algunas formas de realización la herramienta anular tiene un único grupo de corte anular, cuyos segmentos de rectificado se pueden alimentar o retirar radialmente por un único sistema de alimentación común. Los grupos de corte anular tienen típicamente tres o más segmentos de rectificado repartidos de forma uniforme o irregular sobre el perímetro de la herramienta rectificadora, generalmente no más de seis. Preferiblemente, el único grupo de corte anular está dispuesto próximo al extremo libre del cuerpo de herramienta opuesto al husillo, por ejemplo al ras con la parte frontal opuesta al husillo.
55 Las construcciones de este tipo son especialmente buenas para el tratamiento de perforación cilíndricas con rectificado en exceso reducido. Las restricciones de este tipo durante el tratamiento resultan por ejemplo con perforaciones de agujero ciego o perforaciones cilíndricas en bloques motor para motores en monobloque o motores en V.

60 [0032] También es posible, que un grupo de corte anular presente dos grupos de segmentos de rectificado alimentables de forma independiente, donde los segmentos de rectificado de los grupos están dispuestas de forma alternante en dirección perimetral.
De esta manera es posible, combinar las ventajas de un único grupo de corte anular (por ejemplo en cuanto al
65 tratamiento de perforaciones con poco rectificado en exceso) con las ventajas de una doble alimentación de dos grupos de segmentos de rectificado independientes el uno del otro.

Con una herramienta de este tipo se pueden realizar dos operaciones de rectificado consecutivas con sustancias de corte diferentes sin cambio de herramienta entremedias. Los segmentos de rectificado de un grupo de segmentos de rectificado tienen normalmente el mismo revestimiento de corte, mientras que los grupos tienen revestimientos de corte diferentes entre sí, por ejemplo, cubiertas de diamante de granulación diversa.

5

[0033] También es posible, que una herramienta anular presente un primer grupo de corte anular y al menos un segundo grupo de corte anular, que está dispuesto de forma desplazada respecto al primer grupo de corte anular y se puede alimentar independientemente del primer grupo de corte anular. También de esta manera son posibles dos operaciones de rectificado consecutivas con sustancias de corte diferentes sin cambio de herramienta entremedias.

10

Puesto que las diferentes sustancias de corte están repartidas sobre al menos dos grupos de corte anulares que están dispuestos de forma axialmente desplazada entre sí, que pueden cubrir respectivamente una gran parte del perímetro de la herramienta rectificadora, aquí son posibles en ambas operaciones de rectificado rendimientos de abrasión especialmente altos o tiempos de abrasión relativamente cortos. Dichas herramientas anulares se pueden usar para todas las perforaciones, que permiten suficiente rectificado en exceso.

15

Con dos o más grupos de corte anulares también es posible de forma relativamente sencilla un salto de ventanas de pulsación o perforaciones transversales o interrupciones de perforación de cualquier tipo de forma particularmente sencilla. Una tal herramienta anular tiene exactamente preferiblemente dos grupos de corte anulares, donde a pesar de estructura sencilla es posible un uso flexible.

20

[0034] En formas de realización preferidas está prevista en el cuerpo de herramienta una articulación móvil de varios eje, p.ej. una rótula o una articulación cardánica. De esta manera se pueden compensar error de posicionamiento y/o un decalaje nuclear de la perforación, sin cambiar la posición de la perforación. También son posibles ejemplos de realización sin articulación. Dichas herramientas anulares se pueden acoplar rígidamente a un husillo de rectificado o una barra de tracción acoplada rígidamente con el husillo de rectificado.

25

[0035] La forma de botella de la perforación se puede producir por cada método de tratamiento con arranque de virutas adecuado, por ejemplo a través del giro de precisión (husillo de precisión), es decir, con ayuda de un procedimiento de tratamiento con cuchilla determinada geométricamente, o a través del rectificado.

30

A esto pueden seguir unas o varias operaciones de rectificado, para llegar a las geometrías de perforación deseadas definitivas con estructura de superficie adecuada.

[0036] Preferiblemente se produce en primer lugar una perforación con forma de perforación circular cilíndrica por el giro de precisión o rectificado y después se produce una forma de perforación con forma de botella en una operación de rectificado de botellas por el rectificado con desgaste de rectificado axialmente variable. En comparación con el giro de precisión se pueden producir por el rectificado superficies con calidad de superficie especialmente uniforme sin huellas periféricas. A la uniformidad de la calidad de superficie también contribuye el efecto de autoaguzamiento del cuerpo de material de corte. Durante el rectificado es posible un control continuo del proceso.

35

[0037] En una variante del método se usa durante la operación de rectificado de botellas una herramienta rectificadora ensanchable con al menos un grupo de corte anular, es decir, una herramienta anular. En este caso los segmentos de rectificado de los grupos de corte en un impulso hacia abajo en correspondencia con la forma de botella dependiendo de la posición de recorrido, controlados para ser retirados y/o por fuerza, se alimentan hacia afuera y en un movimiento hacia arriba se retiran radialmente en correspondencia con la forma de botellas dependiendo de la posición de elevación. Por esta variante de tratamiento resulta en la sección de transición especialmente difícil de tratar, desde el principio, un transcurso de contorno relativamente liso.

45

[0038] Alternativamente también es posible que con la operación de rectificado de botellas se use una herramienta rectificadora ensanchable con franjas de rectificado, cuya longitud comprenda más del 50% de la longitud de la perforación. La longitud de las franjas de rectificado puede comprender por ejemplo entre 50% y 80% de la longitud de la perforación. Durante la operación de rectificado de botellas en una primera fase la herramienta rectificadora se mueve en una primera posición de elevación hacia arriba y abajo o hacia un lado y otro, entre un punto de desvío superior e inferior, para llevar a la perforación en primer lugar sobre su longitud total a una forma circular cilíndrica.

50

Después, en una segunda fase, el punto de desvío superior varía de forma incremental, es decir, sobre varios recorridos, en la dirección del punto de desvío inferior, de modo que se reduce gradualmente la longitud del recorrido.

55

Así resulta un desplazamiento de la posición de elevamiento en dirección de una segunda posición de recorrido, que se encuentra en el área de la segunda sección de perforación. Después, en una tercera fase, la herramienta rectificadora se mueve en la segunda posición de elevación hacia un lado y otro.

60

Con esta variante del método surge la forma básica de la sección de transición esencialmente durante la segunda fase del desplazamiento gradual de la capa de elevación y reducción de altura de elevación, donde simultáneamente y también en la tercera fase, aún se provoca el aumento del diámetro en la segunda sección de la perforación.

65

[0039] Cuando la operación de rectificado de botellas se realiza mediante una herramienta rectificadora con franjas de rectificado relativamente largas, en la sección de transición puede surgir una estructura de superficie relativamente rugosa con un perfil similar a un perfil de sierra. Para conseguir la estructura de superficie uniforme deseada también en la sección de transición se realiza por lo tanto preferiblemente después de la operación de rectificado de botellas una operación de rectificado para alisar para el alisado del perfil de perforación en la zona de transición, donde durante la operación de rectificado de alisado se usa una herramienta anular, es decir, una herramienta rectificadora ensanchable que comprende al menos un grupo de corte anular.

Con ayuda de la herramienta anular se pueden eliminar surcos o rebabas en la sección de transición y se redondean los radios de la sección de transición.

[0040] Se ha demostrado como ventajoso, cuando durante la operación de rectificado de alisado el cuerpo de material de corte del grupo de corte anular se presiona con fuerza de alimentación constante contra la superficie interna de la perforación. Esto se consigue en algunas variantes del método usando una máquina de rectificado con un sistema de alimentación hidráulico para la herramienta anular. El seguimiento del contorno de la perforación en forma de botellas a través de los segmentos de rectificado de la herramienta anular puede resultar ya de la elasticidad condicionado por el modo de construcción de la expansión hidráulica.

[0041] La invención se refiere también a una herramienta rectificadora, que es particularmente adecuada para la realización del procedimiento de rectificado, pero también se puede usar en otros métodos de rectificado no conformes con la invención.

[0042] La invención se refiere también a una pieza de trabajo con al menos una perforación, que presenta una superficie interna rectificadora, donde la perforación es una perforación en forma de botella, que a continuación de una entrada de perforación presenta una primera sección de perforación con un primer diámetro, lejos de la entrada de perforación una segunda sección de perforación con un segundo diámetro, que es mayor que el primer diámetro, y entre la primera y segunda sección de perforación presenta una sección de transición con una transición continua desde el primero al segundo diámetro, donde la pieza de trabajo se trabajó usando una herramienta rectificadora según la invención.

[0043] Particularmente, la pieza de trabajo puede ser un bloque cilíndrico o un barril cilíndrico para una máquina de émbolo de levantamiento. La máquina de émbolo de levantamiento puede ser p.ej. una máquina de combustión interna (motor por combustión interna) o un compresor.

Breve descripción de los dibujos

[0044]

Fig. 1 muestra un corte longitudinal esquemático a través de una perforación cilíndrica en forma de botella en un bloque motor;

Fig. 2 muestra en 2A un corte longitudinal de una forma de realización de una herramienta anular con expansión sencilla de un único grupo de corte anular así como en 2B un corte transversal a través del grupo de corte;

Fig. 3 muestra en 3A un corte longitudinal de una forma de realización de una herramienta anular con expansión doble de un único grupo de corte anular así como en 3B un corte transversal a través del grupo de corte;

Fig. 4 muestra en 4A un corte longitudinal de una forma de realización de una herramienta anular con expansión doble con dos grupos de corte anulares dispuestos uno encima de otro así como en 4B un corte transversal a través de uno de los grupos de corte;

Fig. 5 muestra esquemáticamente un corte longitudinal a través de una perforación, que se trabaja mediante una herramienta rectificadora con franjas de rectificado relativamente largas;

Fig. 6 muestra esquemáticamente la posición de recorrido de una herramienta rectificadora con franjas de rectificado como función del tiempo de rectificado T durante la operación de rectificado de botellas.

Fig. 7 muestra un diagrama de medición de un perfil redondeado de un cilindro en forma de botella después del uso de una herramienta anular.

Fig. 8 muestra un diagrama esquemático, que muestra la dependencia de la posición de recorrido HP (línea continua) y la posición de ensanchamiento amplia AP (línea punteada) como función del tiempo de rectificado T en un segundo ejemplo de realización.

Descripción detallada de ejemplos de realización preferidos

[0045] A continuación se describen ejemplos de realización de métodos de rectificado y herramientas rectificadoras, que se pueden usar en el marco de formas de realización de la invención del tratamiento con retirada de material de ambos, que presentan una o varias perforaciones, que en el estado finalizado deben tener la macroforma de una botella.

[0046] Fig. 1 muestra un corte longitudinal esquemático a través de una perforación 110 de este tipo en forma de botella en una pieza de trabajo 100 en forma de un bloque de motor (cárter de cilindro) para una máquina de combustión interna. La perforación es rotacionalmente simétrica en relación a su eje de perforación 112 y se extiende sobre una longitud de perforación L desde una entrada de perforación que da la cara a la cabeza del

cilindro 114 en el estado de montaje hasta la salida de la perforación 116 en el extremo de enfrente. La perforación se puede dividir en tres secciones colindantes entre sí de funciones diversas, que de forma deslizante, es decir, sin formación de escalones o cantos, se superponen una sobre la otra.

5 [0047] Una primera sección de perforación 120 en el extremo del lado de la entrada tiene un primer diámetro D1 y una primera longitud L1. En el extremo de enfrente en el lado de la salida se extiende sobre una segunda longitud L2 una segunda sección de perforación 130, cuyo diámetro interior (segundo diámetro) D2 es mayor que el primer diámetro D1. Entre la primera sección de perforación 120 y la segunda sección de perforación 130 se encuentra una sección de transición 140 parcialmente cónica, en la que tiene lugar una transición continua desde el primer diámetro al segundo diámetro.

10 Entre la parte intermedia, esencialmente cónica de la sección de transición y la primera sección de perforación se forma un primer radio R1, mientras que entre la sección de transición y la segunda sección de perforación se forma un segundo radio R2. Los radios R1 y R2 pueden ser esencialmente iguales, sin embargo es también posible que el primer radio sea más pequeño o mayor que el segundo radio.

15 [0048] En geometrías de perforación típicas, la primera longitud L1 puede ser de por ejemplo entre 15% y 40% de la longitud de la perforación L. La segunda longitud L2 es típicamente mayor que la primera longitud y se encuentra frecuentemente entre 40% y 60% de la longitud de la perforación L. La sección de transición es normalmente relativamente corta con respecto a las secciones de perforación que colindan con aquella. Terceras longitudes típicas L3 pueden estar en el área de 5% a 20% de la longitud de la perforación L. También son posibles desviaciones de estas proporciones geométricas.

20 [0049] La diferencia de diámetro entre el primer diámetro D1 y el segundo diámetro D2 se encuentra claramente fuera de las tolerancias típicas para el tratamiento de rectificado, que para una forma cilíndrica están en el orden de tamaño de como máximo 10 μm (con respecto al diámetro). Con un valor absoluto del diámetro interior en el orden de tamaño de entre 70 mm y 150 mm la diferencia de diámetro puede ser por ejemplo entre 20 μm y 90 μm .

25 [0050] Los radios R1, R2, las longitudes de las secciones exteriores de perforación y de la sección de transición y del ángulo de tangente T entre el eje de perforación y una tangente en la sección de transición se pueden optimizar de forma, que en estados de servicio típicos del motor resultan poco soplado, poco consumo de aceite y poco desgaste de los anillos de pistón.

30 [0051] La forma de botella de la perforación conduce a que la perforación en zona próxima a la entrada es estrecha comparativamente, de modo que los anillos de pistón del pistón que funciona en la perforación se se presionan con gran tensión anular contra la superficie interna de la perforación 118. De esta manera allí, donde principalmente se realiza la combustión y aparecen altas presiones, se consigue un sellado fiable y la película de aceite se retira hacia abajo. El pistón acelerado con la combustión se mueve entonces en dirección hacia la salida de la perforación, donde los anillos de pistón primero atraviesan la sección de transición con el diámetro interior ampliado continuamente y a continuación recorren (parcialmente) la segunda sección de perforación. En la sección de transición se pueden relajar los anillos de pistón gradualmente, donde el sellado sigue siendo suficiente, porque desciende la diferencia de presión en los anillos de pistón.

35 Al principio de la segunda sección de perforación el paquete anular alcanza su tensión más baja, de modo que justo en el área de velocidad del émbolo máxima se reducen pérdidas de desgaste por tensión anular reducida. En la carrera ascendente la tensión anular vuelve a aumentar, tan pronto como los anillos de pistón alcanzan el radio del lado de salida de la sección de transición y recorren este en dirección de la primera sección de perforación.

40 [0052] Un proceso de elaboración minucioso, que puede producir económicamente con buena calidad una perforación de este tipo tanto en cuanto a la macroforma (forma de botella) como también en cuanto a la estructura de superficie de la superficie interna de perforación tribológica, comprende en formas de realización de la invención al menos una operación de rectificado, en la que se usa una herramienta rectificadora de construcción particular, que en esta solicitud se designa también "herramienta anular". Una herramienta anular tiene al menos un grupo de corte llevado de forma anular al cuerpo de herramienta con cuerpos de material de corte distribuidos alrededor del perímetro del cuerpo de herramienta, donde los cuerpos se pueden retirar o alimentar mediante un sistema de alimentación asociado en dirección radial. Los cuerpos de material de corte están configurados como segmentos de rectificado, cuya anchura en dirección perimetral es mucho mayor que su longitud en dirección axial.

45 Los cuerpos de material de corte competentes para el desgaste de material en la pieza de trabajo están concentrados en una zona axialmente relativamente estrecha (un anillo del grupo de corte) y ocupan una proporción relativamente grande del perímetro de la herramienta rectificadora. De esta manera se pueden producir formas de perforación con potencia de retirada de material relativamente alta, en las que colindan entre sí en dirección axial secciones de perforación de diámetros diferentes.

50 [0053] Fig. 2 muestra en 2A un corte longitudinal a través de una forma de realización de una herramienta anular 200 con un único grupo de corte anular 220 y expansión sencilla. Fig. 2B muestra un corte transversal a través

del grupo de corte. La herramienta anular 200 tiene un cuerpo de herramienta 210, que define un eje de herramienta 212, que es simultáneamente el eje de rotación de la herramienta anular durante el tratamiento de rectificado. En el extremo de la herramienta anular del lado del husillo (en Fig. 2A arriba) se encuentra una estructura de acoplamiento no representada más en detalle para el enganche de la herramienta anular a una barra de tracción de una máquina de rectificado u otra máquina de elaboración, que tiene un husillo de trabajo, que se puede mover tanto de forma giratoria alrededor del eje del husillo como también en paralelo al eje del husillo de forma oscilante hacia un lado y otro.

[0054] En el extremo del cuerpo de herramienta (en Fig. 2A por debajo) opuesto al husillo se encuentra el grupo de corte anular 220, que presenta varios (en el caso del ejemplo tres) cuerpos de material de corte 220-1, 220-2, 220-3 repartidos uniformemente sobre el perímetro del cuerpo de herramienta, que se pueden suministrar hacia fuera radialmente al eje de herramienta 212 con ayuda de un sistema de suministro del cuerpo de material de corte, para presionar los lados externos del cuerpo de material de corte que actúan de forma abrasiva con una fuerza de presión o fuerza de apriete definida contra la superficie interna de una perforación por trabajar. Cada uno de los tres cuerpos de material de corte curvados en forma arqueada está configurado como un segmento de rectificado muy ancho en dirección perimetral, por el contrario, estrecho en dirección axial, que cubre un campo angular perimetral de entre 115° y 120°.

Los segmentos de rectificado se desacoplan del cuerpo de herramienta y se pueden desplazar con relación a este radialmente al eje de herramienta 212. El anillo formado por los segmentos de rectificado termina en el lado opuesto al husillo a ras con el cuerpo de herramienta, de modo que el anillo está sentado completamente dentro de la mitad del cuerpo de herramienta opuesta al husillo en el extremo de la herramienta anular opuesta al husillo.

[0055] La longitud axial LHS de los segmentos de rectificado es de menos de 15%, particularmente menos del 10% de la longitud de la perforación L. Los segmentos de rectificado tienen una altura de aprox. 4 mm hasta 35 mm, particularmente aprox. 10 mm (en dirección axial), lo que en el caso del ejemplo corresponde a entre 5% y 30%, particularmente entre 10% y 20% del diámetro externo eficaz del grupo de corte.

La longitud axial LHS corresponde aquí simultáneamente a la longitud axial de la zona de corte total de la herramienta rectificadora.

[0056] Cada cuerpo de material de corte está en un lado externo de un listón de soporte asociado 224-1, 224-2 de acero a través del soldadura. Alternativamente, el cuerpo de material de corte se puede fijar también por encolado o mediante tornillos, con lo que es posible un cambio más fácil. Cada listón de soporte tiene en su lado interior una superficie inclinada, que actúa junto con una superficie externa cónica de un cono de alimentación 232 desplazable axialmente de tal manera que los listones de soporte son transportados radialmente hacia el exterior, cuando el cono de transporte se presiona mediante un dispositivo de transporte del lado de la máquina contra la fuerza del muelle recuperador 234, 226, 228 en dirección del extremo de la herramienta anular opuesto al husillo. Con movimiento de transporte opuesto los listones de transporte con los segmentos de rectificado se recuperan radialmente hacia al interior con ayuda de resortes de retorno 226, 228. La posición radial del cuerpo de material de corte se controla así sin holgura sobre la posición axial del cono de transporte 232.

[0057] Este concepto de herramienta es especialmente adecuado para el tratamiento de perforaciones cilíndricas con rectificado en exceso reducido, por ejemplo con un rectificado en exceso de como máximo 5 mm.

Las geometrías de este tipo se presentan típicamente en perforaciones de agujero ciego o en motores en monobloque - o motores en V.

[0058] En la Fig. 3 se muestra un ejemplo de realización de una herramienta anular 300, que presenta también un único grupo de corte anular 320, que está dispuesto en el extremo frontal del cuerpo de herramienta 310, opuesto al husillo. Fig. 3A muestra un corte longitudinal de la herramienta anular, Fig. 3B un corte transversal a través del grupo de corte. Al contrario que en el ejemplo de realización de la Fig. 2, se trata sin embargo de una herramienta rectificadora con doble expansión. Los grupos de corte anulares 320 tienen dos grupos de segmentos de rectificado transportables independientemente, donde los segmentos de rectificado de los grupos están dispuestos respectivamente en dirección perimetral alternativamente uno respecto a otro. Un primer grupo de segmentos de rectificado tiene tres primeros segmentos de rectificado 320-1 dispuestos respectivamente de forma desplazada circunferencialmente en 120° uno respecto a otro. Entre estos están dispuestos respectivamente tres segundos segmentos de rectificado 320-2 de un segundo grupo de segmentos de rectificado. El primer grupo tiene cuerpos de material de corte con un forro de corte relativamente bruto, mientras que el segundo grupo presenta cuerpos de material de corte con un forro de corte más fino en relación a este. Entre segmentos de rectificado inmediatamente adyacentes hay listones guía 326 dispuestos respectivamente de forma axial. Entre el cuerpo de herramienta 310 y la estructura de acoplamiento 340 o similar está prevista para el acoplamiento a un husillo de trabajo una rótula 350, de modo que la herramienta rectificadora es móvil de forma limitada en varios ejes frente al husillo de rectificado.

[0059] Los primeros segmentos de rectificado se pueden suministrar radialmente con ayuda de un primer sistema de suministro.

De este forma parte una primera barra de suministro 332 que se extiende de forma céntrica respecto al cuerpo

de herramienta, que en el extremo opuesto al husillo presenta una sección cónica, que actúa conjuntamente con las superficies inclinadas de listones de soporte del primer grupo de segmentos de rectificado. Un segundo sistema de suministro sirve para el suministro del segundo grupo de segmentos de rectificado y presenta un elemento de suministro tubular 332-A, que rodea la barra de suministro 332-1 y en su extremo opuesto al husillo tiene una superficie externa cónica, que actúa conjuntamente con superficies inclinadas en los listones de soporte de los segundos segmentos de rectificado.

[0060] Con ayuda del primer sistema de suministro se pueden ampliar los tres segmentos de rectificado del primer grupo de segmentos de rectificado, para realizar una operación de rectificado determinada, por ejemplo una operación de rectificado para alisar o una operación de rectificado de estructura. Si en lugar de esto se transporta el otro grupo de segmentos de rectificado, que presenta otra clase de forro de corte, se puede realizar otra operación de rectificado, por ejemplo una operación de rectificado de desbarbado u otra operación de rectificado de meseta.

Con ayuda de la herramienta anular con doble expansión se pueden realizar dos operaciones de rectificado diversas de forma sucesiva, sin realizar entremedias un cambio de herramienta u otro husillo de rectificado para usar para el tratamiento.

[0061] Fig. 4 muestra en 4A una sección longitudinal esquemática a través de una forma de realización de una herramienta anular 400 con doble expansión, que a diferencia del ejemplo de realización de la Fig. 3 presenta dos grupos de corte anulares 420-1 y 420-2, que se fijan de forma desplazada axialmente uno respecto a otro en la parte del cuerpo de herramienta 410 opuesta al husillo. Cada uno de los grupos de corte anulares (sección transversal en Fig. 4B) tiene tres segmentos de rectificado suministrables comunes, que cubren respectivamente entre aprox. 110° y 115° del perímetro. La longitud axial de los segmentos de rectificado es por otro lado pequeño y es típicamente de menos de 10% de la longitud de la perforación y/o entre 10% y 20% del diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora en el área del cuerpo de material de corte. Entre los segmentos de rectificado adyacentes se fijan al cuerpo de herramienta respectivamente boquillas de medición 440 de un sistema de medición de diámetro neumático. Los grupos de corte están cerca axialmente entre sí, de modo que la zona de corte de la herramienta rectificadora, en la que están ambos grupos de corte anulares, en dirección axial es esencialmente más corta que el diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora.

[0062] En algunas formas de realización los cuerpos de material de corte están alojados de forma elásticamente flexible respecto al cuerpo de herramienta. Así se puede mejorar en su caso la facultad para el seguimiento del contorno en el movimiento axial. Por ejemplo, se pueden interconectar elementos de resorte entre los elementos de soporte y los cuerpos de material de corte (p.ej. laminillas, muelles de compresión en espiral de los similares). También es posible configurar los elementos de soporte de forma elásticamente flexible, p.ej. proporcionando en piezas idóneas debilitaciones del corte transversal del material portador constructivamente en forma de ranuras o similar.

[0063] Hay diversas posibilidades de fabricar perforaciones en forma de botellas con una estructura de superficie deseada de la superficie interna de perforación bajo aplicación de una o varias herramientas anulares del tipo descrito en esta solicitud. Un primer ejemplo de realización se describe en relación con las Fig. 5 y 6.

[0064] Con esta variante del método se usó primero una herramienta rectificadora convencional con listones de rectificado relativamente largos axialmente, para fabricar una perforación rectificadora con forma de cilindro recto circular partiendo de p.ej. una perforación preadaptada por perforación fina. La longitud axial del listón comprendía aprox. 1/2 a 2/3 de la longitud total de la perforación L. Durante una primera operación de rectificado (prerectificado) se trabajó con listones de diamante del tipo D107, se realizó una operación de rectificado sucesiva con granulación fina (granulación D54). De esta manera se fabricó una forma de perforación esencialmente circular cilíndrica con pequeña desviación respecto a la forma ideal y con una superficie relativamente lisa ($R_z < 8 \mu\text{m}$).

El rectificado en exceso S del lado de la entrada y del lado de salida era, de manera similar al método convencional, aproximadamente 1/3 de la longitud del listón. El rectificado en exceso se puede recortar con el tratamiento de motores en monobloque y motores en V.

[0065] Una tercera operación sucesiva de rectificado fue concebida como operación de rectificado de botellas. Con ayuda de una operación de rectificado de botellas se produce una forma de perforación en forma de botellas por retirada de material que varía axialmente con cuchillas geométricamente indeterminadas.

En este caso en la tercera operación de rectificado (operación de rectificado de botellas) también se trabajó con listones de rectificado relativamente largos con longitud de listón $l = 2/3 L$ y un control de recorrido especial, que se explica mediante la Fig. 6. Fig. 6 muestra esquemáticamente la posición de recorrido HP de la herramienta rectificadora como función del tiempo ah T con la operación de rectificado de botellas. Después de la inserción de la herramienta rectificadora se realiza el tratamiento de la superficie de rodadura del cilindro primero desde un primer momento t_1 a un segundo momento t_2 con la misma longitud de recorrido en una primera posición de recorrido exactamente igual que con el tratamiento de una perforación cilíndrica circular. El concepto "posición del recorrido" muestra a este respecto la zona entre el punto de inversión superior UO y el punto de inversión inferior UU de un movimiento de elevación.

Cada traslado de un punto de inversión modifica por consiguiente también la posición del recorrido.

[0066] A partir de un segundo momento t_2 definido la máquina de rectificado conmuta automáticamente a un cambio incremental de la posición del recorrido con y después de cada recorrido, el punto de inversión superior UO se cambia incrementalmente en dirección del punto de inversión inferior UU. La posición temporal del segundo momento t_2 se puede definir por ejemplo por medio de un número de recorridos determinado o sobre un tiempo de rectificado prefijado o a través de una retirada de material prefijada u otros parámetros. La dimensión del incremento, con el que varía el punto de inversión superior entre dos recorridos consecutivos, se puede ajustar también según necesidad. Después de terminar la fase de desplazamiento del recorrido a un tercer momento t_3 , la perforación se rectifica con la nueva tercera posición de recorrido durante tanto tiempo hasta que la segunda sección de la perforación alcanza el diámetro y la forma de botellas deseada (véase. Fig. 1).

[0067] Según como se prefijan la variación incremental del desplazamiento del recorrido y el transcurso temporal del desplazamiento del recorrido, resultan diversos radios y ángulos de tangentes en la sección de transición. Estos parámetros se pueden prefijar por lo tanto por los parámetros del desplazamiento del recorrido. La operación de rectificado de botellas se realiza convenientemente con listones de rectificado, cuyos granos de sustancia de corte son más finos que aquellos del prerectificado o rectificado intermedio. Por ejemplo, se puede trabajar con granos de diamante en el área D35, para conseguir una forma de botellas que tenga una estructura de superficie relativamente fina.

[0068] Durante la producción de la forma de botellas con ayuda de listones de rectificado relativamente largos y desplazamiento incremental del recorrido, puede resultar en la zona de transición una estructura de superficie relativamente rugosa con escalonado pequeño de forma similar a un perfil de sierra. Las estructuras de este tipo no se desean generalmente. Para conseguir la estructura de superficie deseada uniformemente sobre la superficie interna total de perforación, incluyendo la sección de transición y los radios contiguos, por lo tanto se realiza en el método descrito aquí después de la operación de rectificado de botellas un redondeo de los radios y un alisado de la superficie con ayuda de una herramienta anular. Aquí se puede trabajar de nuevo con elementos de corte más finos, por ejemplo en el área D10 a D15, particularmente D12. La selección de una herramienta anular idónea (p.ej. expansión simple, doble expansión con dos grupos de corte, dispuesta en un anillo común, o doble expansión con dos grupos de corte, dispuesta en dos grupos de corte anulares axialmente desplazados) depende entre otras del diseño del bloque del cilindro. La selección de herramienta se puede orientar por ejemplo según la dimensión de los excesos posibles de rectificado y/o la posición y tamaño de perforaciones transversales.

Cuando por ejemplo un cárter del cigüeñal cilíndrico tiene una gran perforación transversal, tiene sentido generalmente trabajar con una herramienta anular con expansión simple (compárese p.ej. Fig. 2).

En un método a título de ejemplo se usó una herramienta anular de este tipo con un grupo de corte anular, para alisar rebabas o acanaladuras que habían surgido durante el tratamiento de la operación de rectificado de botellas en la sección de transición.

Con ayuda de la herramienta anular también se pueden redondear los radios de la zona de transición y los valores superficiales de tal manera que son esencialmente idénticos a los valores superficiales de la primera y segunda secciones de perforación adyacentes.

[0069] Fig. 7 muestra a tal objeto un diagrama de medición de un perfil redondeado de un cilindro en forma de botellas después del uso de una herramienta anular con expansión simple en el proceso representado aquí.

La escala en el eje de las abscisas del diagrama (paralelo al eje de perforación) es de 5 mm por unidad de medida mostrada, en el eje y (en dirección radial de la perforación) es una unidad de medida 10 μm .

[0070] La utilización de una herramienta anular aquí no aporta sólo ventajas en vista del transcurso liso, sin cantos del contorno de la perforación en dirección axial. Dado que en las herramientas anulares del tipo descrito aquí los cuerpos de material de corte de un grupo de corte anular ocupan una gran parte del perímetro de la herramienta rectificadora (por ejemplo entre 70% y 80%), resulta además durante el rectificado un recubrimiento muy uniforme de la superficie interna de la perforación en todas las posiciones axiales. El concepto "recubrimiento" designa cualitativamente a este respecto la uniformidad de la distribución de estrías de rectificado sobre la longitud total de la perforación y el perímetro. En el caso de que se usen herramientas de rectificado convencionales con listones de rectificado relativamente largos axialmente, se puede generar eventualmente una rugosidad u ondulación irregular en la perforación. Este problema puede aparecer según el diseño de bloque de forma aún más pronunciada, cuando se deben trabajar por ejemplo bloques motor con salidas de bloque de rectificado más cortas. En el caso de un acabado de rectificado de sólo unos pocos milímetros de longitud, puede resultar un desgaste desigual de los largos listones de rectificado, de modo que la perforación puede obtener en el punto de inversión inferior un diámetro inferior que en el punto de inversión superior.

Dichos problemas se pueden evitar en gran parte utilizando herramientas de rectificado convencionales (con listones de apoyo largos) a través de la elección de parámetros de rectificado adecuados, pero la elección de los métodos correspondientes de rectificado exige mucho tiempo y coste, en términos relativos.

A menudo se tienen que realizar varios ensayos hasta que un dimensionamiento del proceso de rectificado se optimice de tal manera que se evita un tratamiento irregular con listones largos. Utilizando una herramienta anular se pueden evitar mucho de los problemas que aparecen convencionalmente.

Forman parte de las ventajas de las herramientas anulares entre otras:

5 1. Porque una gran proporción del perímetro de la herramienta rectificadora está ocupada en el área de un grupo de corte anular con cuerpos de material de corte, una superficie interna de perforación se puede estructurar con ayuda de una herramienta anular más rápidamente que con ayuda de una herramienta de listón. De esta manera se pueden acortar en su caso los tiempos de ciclo.

10 2. En el caso de que se gradúe la longitud del recorrido, para corregir por ejemplo la forma, utilizando herramientas anulares, no resulta ninguna desigualdad molesta de la distribución de rugosidad, puesto que el recubrimiento también se mantiene al cambiar la longitud del recorrido.

15 3. Los grupos de corte anulares se desgastan esencialmente uniformemente, de modo que se pueden evitar conicidades no deseadas de la herramienta anular, sobre todo en el área del punto de inversión inferior utilizando herramientas anulares.

20 4. La disposición de una máquina de rectificado para un nuevo método de rectificado puede discurrir utilizando herramientas anulares de modo mucho más sencillo y más rápido que utilizando herramientas de rectificado de listón convencionales. El recubrimiento será uniforme dentro del marco de exigencias, condicionado por la construcción de la herramienta.

25 [0071] En caso de que en vez de una herramienta anular con expansión sencilla se use una herramienta anular con un único anillo de grupos de corte y doble expansión (compárese p.ej. Fig. 3) para la estructuración, será generalmente necesario aumentar el número de recorridos frente al uso de una herramienta anular fácilmente extensible, para garantizar un recubrimiento uniforme.

30 Sin embargo, las ventajas de las herramientas anulares se mantienen y el número de recorridos necesario para una estructuración uniforme de la superficie interna de perforación seguirá siendo más pequeño que el correspondiente número de recorridos con el uso de una herramienta rectificadora convencional con largos listones de rectificado.

[0072] Utilizando una herramienta anular se puede ejercitar la fuerza de regulación oportunamente mediante una expansión hidráulica, de modo que la superficie se puede trabajar esencialmente con fuerza constante.

35 La persecución del contorno variable en la dirección axial se puede ajustar entonces condicionado por el modo de construcción ya solo a través de la elasticidad de la expansión hidráulica.

[0073] Después del alisado de la superficie interna de perforación y redondeo de los radios con ayuda de una herramienta anular se pueden suceder otras operaciones de rectificado, para producir la estructura de superficie deseada finalmente en la perforación en forma de botellas.

40 [0074] Al proceso descrito aquí a modo de ejemplo le sigue una quinta operación de rectificado, que aquí se designa como "Rectificado de estructura en espiral con herramienta anular". Con esta operación de rectificado las velocidades axiales y el número de revoluciones de la herramienta rectificadora se sintonizan entre sí de tal manera que se producen ángulos relativamente grandes, por ejemplo, en la magnitud de tamaño de 140°. Naturalmente se pueden producir con otras variantes de método también otros ángulos de rectificado y/o otros perfiles de rugosidad. El rectificado de estructura en espiral se dimensiona en el caso del ejemplo de tal manera que prácticamente no se consigue más retirada de material, sino únicamente se producen en la superficie muy lisa tras el redondeo, estrías con una profundidad y distribución adecuadas con ayuda de un cuerpo de material de corte de grano relativamente grueso, donde el cuerpo tiene poco espesor de granos de corte. Se pueden usar p.ej. cuerpos de material de corte con densidad de grano de elemento de corte 1,25 hasta 15 Vol. % y/o tamaño del grano 35 hasta 200 µm (compárese p.ej. DE 10 2005 018 277 A1).

55 [0075] A continuación, en una sexta y última operación de rectificado se desbarba todavía la superficie previamente estructurada (rectificado desbarbado). A tal objeto se usa también preferiblemente una herramienta anular con elementos de corte finos, por ejemplo, la misma herramienta anular que se usó también para la cuarta operación de rectificado (redondeo de los radios y rectificado liso). Aquí se puede trabajar con diferentes tipos de expansión.

60 El tipo de expansión se puede dimensionar hidráulicamente/hidráulicamente, hidráulicamente/mecánicamente o mecánicamente/mecánicamente. Durante una expansión mecánica se puede proceder de forma controlada por la fuerza por medio de una expansión servomecánica (tipo hidráulico) o controlada por la posición y la fuerza.

65 [0076] En una variante alternativa del método durante la operación de rectificado de botellas, es decir, durante la fabricación de una forma de perforación en forma de botella, se puede usar a partir de una forma de perforación todavía previamente cilíndrica circular, una herramienta anular ensanchable. A este objeto hay que prever que el control del sistema de expansión para el suministro radial de los segmentos de rectificado se acopla con el control para la posición del recorrido, para que la herramienta anular pueda generar la sección de transición exactamente con el diámetro en modificación y también pueda trabajar en la primera y segunda sección de

perforación con fuerza de presión apropiada (véase Fig. 8). La operación de rectificado de botellas se puede prever como segunda operación de rectificado inmediatamente después del prerectificado y hasta este punto puede sustituir la segunda hasta cuarta operación de rectificado del primer ejemplo de realización. El control de la expansión dependiendo del recorrido se realiza entonces de tal forma que los segmentos de rectificado de los

5

grupos de corte con un recorrido hacia abajo correspondientemente con la forma de botella dependiendo de la posición del recorrido, se suministran radialmente hacia afuera controlados por la fuerza y por desplazamiento y con un recorrido ascendente correspondientemente con la forma de botella, se retiran de nuevo radialmente dependiendo de la posición del recorrido en el área de la sección de transición.

10

Así se puede lograr desde el principio en la sección de transición un transcurso liso del contorno.

[0077] En la máquina de rectificado esto se puede conseguir introduciendo determinadas zonas del recorrido en el programa de control en correspondencia con las primeras y segundas secciones de perforación, de modo que el grupo de corte a través de expansión controlada por desplazamiento y fuerza se ensancha con el recorrido hacia abajo a partir del extremo de la primera sección de perforación. En el recorrido ascendente la expansión del grupo de corte retrocede entonces a partir del extremo de la tercera sección de perforación, de modo que se genera el cilindro deseado programado en forma de botella. Fig. 8 muestra a tal objeto a modo de ejemplo un diagrama esquemático, que muestra la dependencia de la posición de recorrido axial HP (línea continua) y posición de ensanchamiento radial AP (línea discontinua) como función del tiempo de rectificado T durante el rectificado de botellas con herramienta anular.

15

20

[0078] Herramientas anulares del tipo descrito aquí se pueden usar no sólo para la producción o tratamiento de perforaciones en forma de botellas, sino que pueden aportar también ventajas considerables sin modificación durante el tratamiento de perforaciones con otra geometría. Por ejemplo es posible usar una herramienta anular con doble expansión y un único anillo de grupos de corte idéntico o similar al ejemplo de realización de la Fig. 3 para generar en una perforación una forma libre con una sección transversal de perforación no circular. Esto se designa habitualmente como rectificado de forma. Por ejemplo, se puede producir con ayuda de la herramienta anular una sección de perforación con forma de hoja de trébol o forma de elipse del corte transversal.

25

A tal objeto, la máquina de rectificado debe poseer la posibilidad de controlar el primer sistema de alimentación y el segundo sistema de alimentación simultáneamente, donde según la posición del recorrido y posición del ángulo del grupo de corte respecto a la perforación, las expansiones tienen que controlarse con fuerza/posición diferente, de modo que puede surgir la forma libre.

30

[0079] También es posible producir y/o trabajar con una herramienta anular una forma de perforación, que presenta una sección de perforación en forma troncocónica (sección del cono), que pasa de forma relativamente abrupta o con radio de transición a una sección de perforación cilíndrica colindante, sin que se conecte otra sección de perforación.

35

Así se puede producir p.ej. una perforación con forma de embudo, que tiene una primera sección de perforación cilíndrica del lado de la entrada con un primer diámetro, que en una segunda sección de perforación colindante se agranda hacia el fondo de la perforación de forma cónica hasta un diámetro máximo. La diferencia de diámetro entre la primera sección de perforación cilíndrica y el diámetro máximo en la segunda sección de perforación puede estar p.ej. entre aprox. 20 µm y aprox. 90 µm.

40

La longitud axial de la primera sección de perforación cilíndrica puede estar p.ej. entre 20% y 80% de la longitud global de la perforación.

45

[0080] Además es posible, producir con ayuda de una herramienta anular en una perforación una sección de perforación en forma de barril, es decir, una protuberancia en una perforación por lo demás en gran parte cilíndrica.

La protuberancia puede estar aproximadamente en el centro o bien en la proximidad de uno de los extremos de la perforación.

50

[0081] Utilizando una herramienta anular también es posible trabajar de forma relativamente económica una superficie de rodadura de tal manera que en el área del punto muerto superior y/o en el área del punto muerto inferior existan franjas estrechas con otras estructuras de superficies que en el área intermedia de máxima velocidad del émbolo. Esta variante se designa aquí "rectificado de franjas".

55

Un método convencional adecuado a tal objeto y una herramienta rectificadora correspondientemente adaptada se describen p.ej. en el documento DE 195 42 892 C2. Allí, además de un tratamiento de rectificado, que trabaja la longitud axial total de la herramienta rectificadora con listones largos de rectificado, se realiza un tratamiento de rectificado de recorrido corto con ayuda de franjas de rectificado cortas, donde este tratamiento de rectificado sólo cubre la zona del punto muerto superior o del punto muerto inferior.

60

[0082] Utilizando una herramienta anular con doble expansión y dos grupos de corte axialmente desplazados (compárese p.ej. Fig. 4) son también posibles tratamientos correspondientes de superficie.

Por ejemplo, se puede realizar con el primer grupo de corte anular un tratamiento de recorrido largo de la longitud total de la perforación, antes de que se realice por ejemplo con el segundo grupo de corte en el área del punto muerto superior un tratamiento de recorrido corto para la producción de una estructura especial en el área del punto muerto superior.

65

[0083] Con un control correspondientemente variable de la proporción entre frecuencia de recorrido y frecuencia de rotación del husillo de trabajo se puede lograr de una manera sencilla también un rectificado de franja de este tipo con diferentes ángulos de rectificado en diferentes secciones de perforación axiales (compárese p.ej. Fig. 4 de 10 2007 032 370 A1).

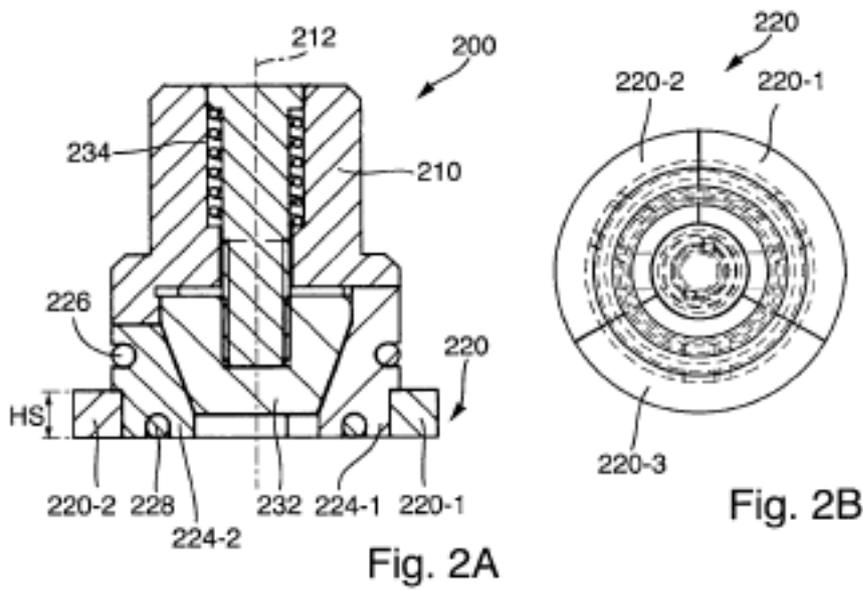
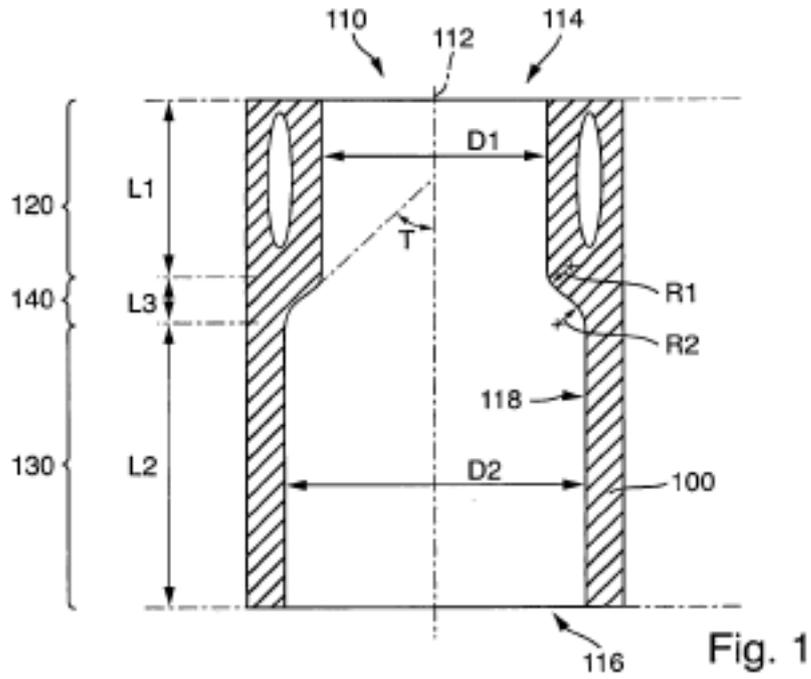
5

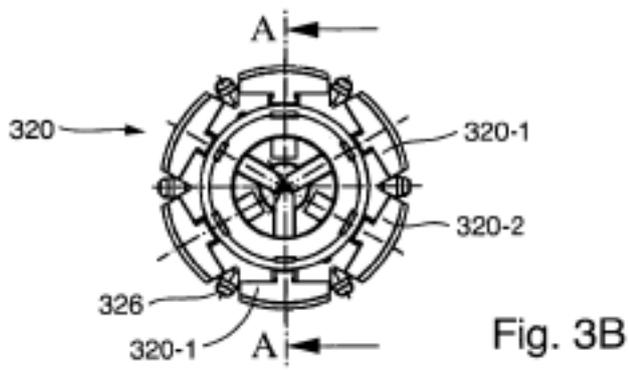
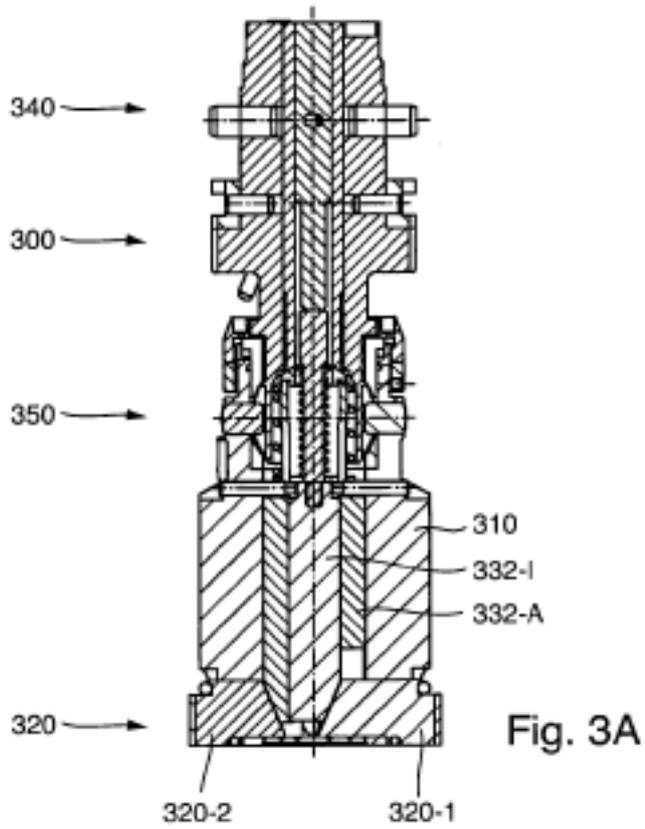
REIVINDICACIONES

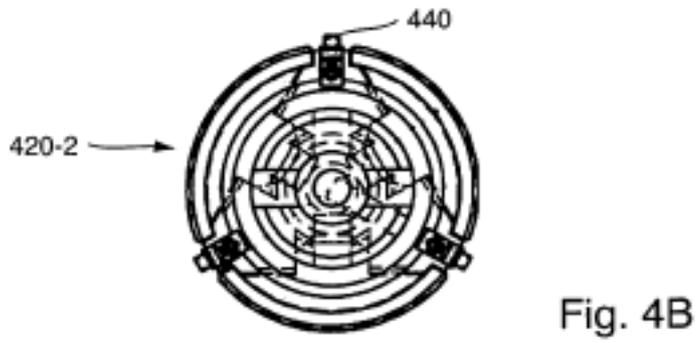
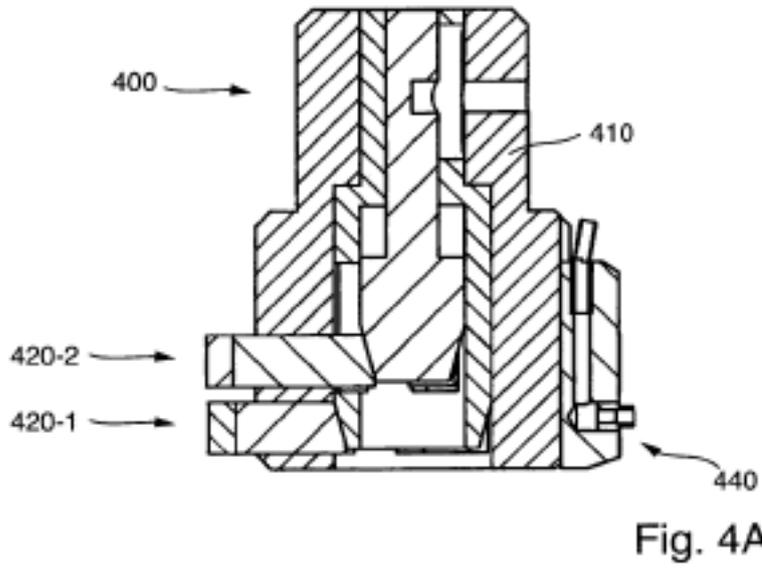
1. Método para el tratamiento de la superficie interna de una perforación en una pieza de trabajo con ayuda de al menos una operación de rectificado, particularmente para el rectificado de superficies de rodadura cilíndricas durante la fabricación de bloques cilíndricos o manguitos cilíndricos para máquinas de pistón alternativo, donde durante una operación de rectificado una herramienta rectificadora ensanchable se mueve dentro de la perforación para la producción de un movimiento alternativo en dirección axial de la perforación hacia arriba y abajo y simultáneamente se gira para la producción un movimiento rotatorio solapado sobre el movimiento alternativo,
- 5 donde se produce una forma de perforación diferente de la forma de cilindro circular, **caracterizado por el hecho de que** se produce una perforación en forma de botella, que a continuación de una entrada de perforación presenta una primera sección de perforación con un primer diámetro, lejos de la entrada de perforación una segunda sección de perforación con un segundo diámetro, que es mayor que el primer diámetro, y entre la primera y segunda sección de perforación presenta una sección de transición con una transición continua desde el primero al segundo diámetro
- 10 donde durante al menos una operación de rectificado se usa una herramienta anular (200, 300, 400), que presenta al menos un grupo de corte anular (220, 320, 420) con tres o más cuerpos de material de corte repartidos por el perímetro de un cuerpo de herramienta y transportables radialmente durante el transporte por el desplazamiento en dirección radial, donde los cuerpos de material de corte están configurados como segmentos de rectificado estrechos en dirección axial y anchos en dirección perimetral, donde una longitud axial medida en dirección axial de los segmentos de rectificado es menor que la anchura medida en dirección perimetral y la longitud axial de la zona de corte equipada con cuerpos de material de corte es menor que el diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora.
- 15
2. Método de rectificado según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** en primer lugar se produce una perforación con forma de perforación cilíndrica circular y después se produce una forma de perforación en forma de botella en una operación de rectificado de botellas por el rectificado con retirada de material variable axialmente.
- 20
3. Método de rectificado según la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** durante la operación de rectificado de botellas se usa una herramienta rectificadora ensanchable que tiene al menos un grupo de corte de forma anular, donde los segmentos de rectificado del grupo de corte se transportan radialmente en correspondencia con la forma de botella dependiendo de la posición del recorrido y con un recorrido hacia arriba se retiran radialmente en correspondencia con la forma de botella dependiendo de la posición del recorrido.
- 25
- 30
4. Método de rectificado según la reivindicación 2, **caracterizado por el hecho de que** durante la operación de rectificado de botellas se usa una herramienta rectificadora ensanchable con listones de rectificado, cuya longitud es más del 50% de la longitud de la perforación, donde en una primera fase la herramienta rectificadora en una primera posición del recorrido se mueve hacia arriba y hacia abajo entre un punto de inversión superior y un punto de inversión inferior, a continuación, en una segunda fase, el punto de inversión superior se modifica incrementalmente en dirección del punto de inversión inferior, de modo que se realiza un traslado de la posición del recorrido en dirección de una segunda posición del recorrido en el área de la segunda sección de perforación, y a continuación, en una tercera fase la herramienta rectificadora se mueve hacia arriba y hacia abajo en la segunda posición del recorrido.
- 35
- 40
- 45
5. Método de rectificado según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** después de la operación de rectificado se realiza una operación de rectificado para alisar para el alisado del perfil de la perforación en la zona de transición, donde en la operación de rectificado para alisar se usa una herramienta rectificadora ensanchable que tiene al menos un grupo de corte anular, donde preferiblemente durante la operación de rectificado para alisar los cuerpos de material de corte se presionan con fuerza de transporte constante contra la superficie interna de la perforación.
- 50
- 55
6. Herramienta rectificadora, especialmente para la realización del procedimiento de rectificado según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con un cuerpo de herramienta (210, 310, 410), que define un eje de herramienta, al menos un grupo de corte (220, 320, 420) aplicado al cuerpo de herramienta con cuerpos de material de corte para el tratamiento con retirada de material de la superficie interna de una perforación, y un sistema de transporte del grupo de corte asociado al grupo de corte para la ejecución de una fuerza de transporte que actúa radialmente respecto al eje de herramienta sobre el cuerpo de material de corte del grupo de corte,
- 60 **caracterizada por el hecho de que** la herramienta rectificadora (200, 300, 400) está formada como herramienta anular y presenta al menos un grupo de corte anular (220, 320, 420) con tres o más cuerpos de material de corte (220-1,220-2,220-3) repartidos por el perímetro del cuerpo de herramienta y transportables radialmente durante el transporte por el desplazamiento en dirección radial, que están configurados como segmentos de rectificado estrechos en dirección axial y anchos en dirección perimetral, donde una longitud axial (LHS) de los segmentos de rectificado medida en dirección axial es menor que la anchura medida en dirección perimetral y la longitud axial de la zona de corte equipada con cuerpos de material de corte es menor que es el diámetro externo eficaz
- 65

de la herramienta rectificadora.

- 5 7. Herramienta rectificadora según la reivindicación 6, **caracterizada por el hecho de que** la longitud axial de los segmentos de rectificado es menor al 30% del diámetro externo eficaz de la herramienta rectificadora, comprende particularmente entre 10% y 20% de este diámetro externo y/o que la longitud axial de los segmentos de rectificado está en el área de 5 mm hasta 20 mm y/o que la longitud axial de los segmentos de rectificado es menor al 10% de la longitud de la perforación de la perforación por rectificar.
- 10 8. Herramienta rectificadora según la reivindicación 6 o 7, **caracterizada por el hecho de que** más de la mitad del perímetro de un grupo de corte anular (220, 320, 420), particularmente más del 70% de este perímetro está ocupado con cuerpos de material de corte.
- 15 9. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 8, **caracterizada por el hecho de que** un grupo de corte consiste en tres, cuatro, cinco o seis segmentos de rectificado.
- 20 10. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 9, **caracterizada por el hecho de que** el grupo de corte (220, 320, 420) está dispuesto de tal manera en la proximidad de un extremo del cuerpo de herramienta opuesto al husillo, que el grupo de corte se encuentra exclusivamente en la mitad del cuerpo de herramienta opuesta al husillo.
- 25 11. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 10, **caracterizada por el hecho de que** la herramienta anular (200, 300) presenta un único grupo de corte anular (220,320), que preferiblemente está dispuesto en un extremo libre del cuerpo de herramienta (210, 310).
- 30 12. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 11, **caracterizada por el hecho de que** un grupo de corte anular (320) presenta dos grupos de segmentos de rectificado (320-1,320-2) transportables independientemente, donde los segmentos de rectificado de los grupos están dispuestos alternativamente en dirección perimetral.
- 35 13. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 10, **caracterizada por el hecho de que** la herramienta anular (400) presenta un primer grupo de corte anular (420-1) y al menos un segundo grupo de corte anular (420-2), que está dispuesto de forma desplazada axialmente respecto al primer grupo de corte anular y se puede transportar independientemente del primer grupo de corte anular, donde la herramienta anular presenta exactamente preferiblemente dos grupos de corte anulares.
- 40 14. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 13, **caracterizada por el hecho de que** en la herramienta rectificadora están dispuestos uno o varios sensores de un sistema de medida de diámetro, donde preferiblemente entre segmentos de rectificado adyacentes se fijan al cuerpo de herramienta respectivamente boquillas de medición (440) de un sistema de medida de diámetro neumático.
- 45 15. Herramienta rectificadora según una de las reivindicaciones 6 hasta 14, **caracterizada por el hecho de que** en el cuerpo de la herramienta está prevista una articulación móvil, integrada, de varios ejes, particularmente una rótula (350).







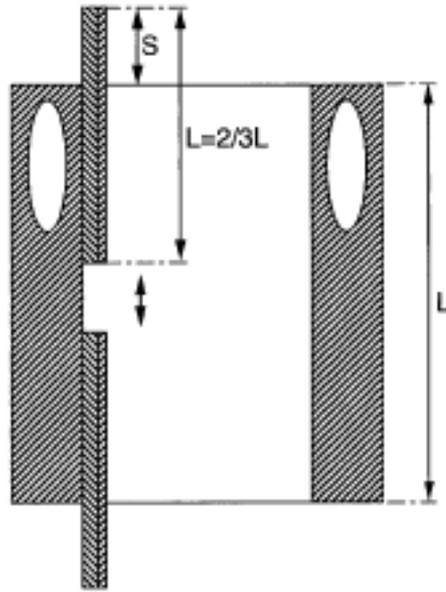


Fig. 5

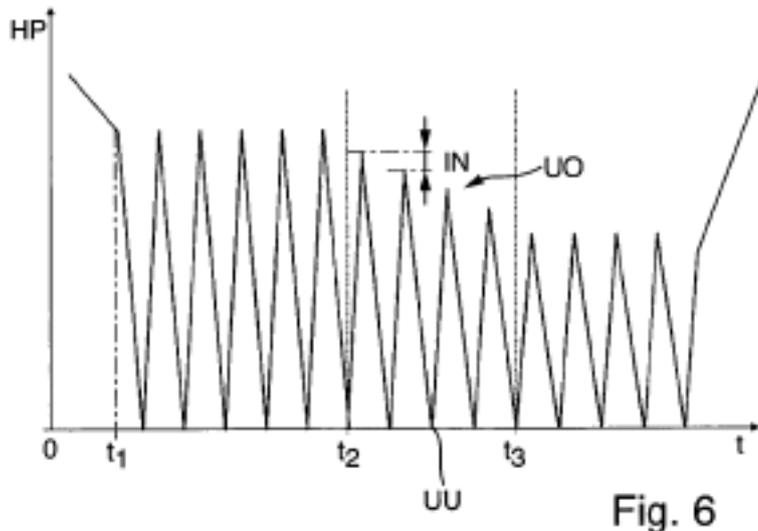


Fig. 6

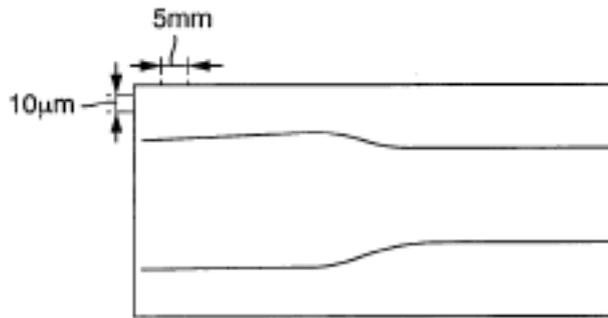


Fig. 7

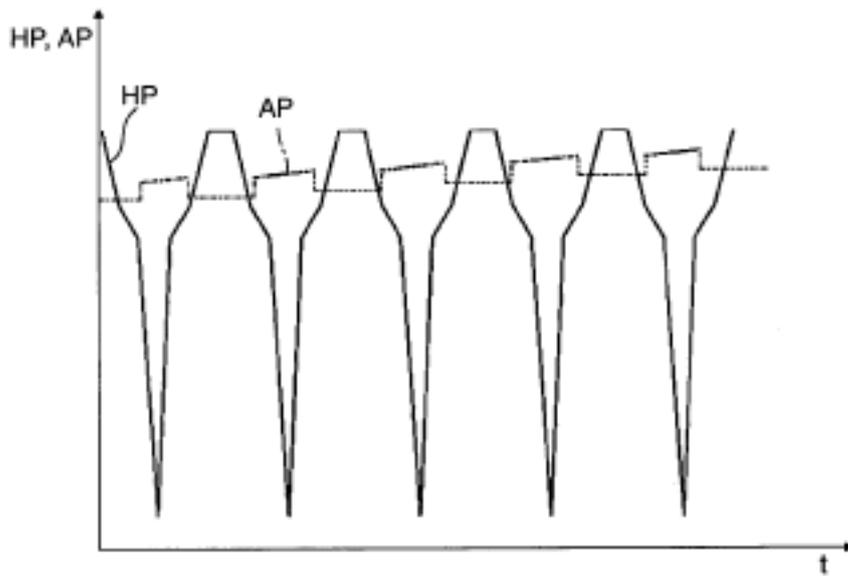


Fig. 8