



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 305 884**

51 Int. Cl.:
C21D 7/06 (2006.01)
C21D 7/04 (2006.01)
C21D 7/08 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)
C21D 10/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04803917 .6**
86 Fecha de presentación : **15.12.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1704260**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **27.09.2006**

54 Título: **Componente con tensiones internas de compresión, procedimiento para la elaboración y dispositivo para la elaboración de tensiones internas de compresión.**

30 Prioridad: **15.01.2004 EP 04000775**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es: **David, Walter**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 305 884 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).

ES 2 305 884 T3

DESCRIPCIÓN

Componente con tensiones internas de compresión, procedimiento para la elaboración y dispositivo para la elaboración de tensiones internas de compresión.

5

La presente invención hace referencia a un componente con tensiones internas de compresión conforme al término genérico de la Reivindicación 1 y un procedimiento para la elaboración de un componente con tensiones internas de compresión conforme a la Reivindicación 7.

10 En piezas altamente cargadas mecánicamente se producen a menudo tensiones internas de compresión, para que las piezas puedan soportar altas tensiones. Esto se efectúa parcialmente en los pies de álabes de turbinas (turbinas de vapor, turbinas de gas) en una configuración similar a la de un abeto.

15 Las tensiones internas de compresión se pueden producir mediante burilado. El chorreo con bolas representa otra posibilidad para la elaboración de tensiones internas de compresión. La US-PS 5,911,780 muestra un método de este tipo para la elaboración de tensiones internas de compresión.

La US-PS 5,492,447 muestra un procedimiento de generación de tensiones internas de compresión en componentes de rotor por medio de un láser.

20

En la EP 731 184 B1 se muestra un procedimiento similar.

La WO 01/15866 A1 muestra un procedimiento para el tratamiento superficial de un componente, en el que se ajusta al menos un parámetro del chorro en un procedimiento de chorreo abrasivo a la línea de contorno del componente.

25

La DE 197 42 137 A1 muestra un dispositivo de laminado para la elaboración de tensiones internas de compresión.

La US 4,428,213 muestra un componente, en el que una primera zona y, a continuación, todo el componente, se chorrean con bolas con una menor intensidad.

30

La EP 0 230 165 A1 y la EP 1 125 695 A2 revelan un robot, que conduce una herramienta contra un componente a procesar.

35 La US 4,937,421 muestra un método de irradiación por láser y un dispositivo correspondiente, dividiéndose el rayo láser de una fuente láser en dos haces, para generar así una mayor superficie de irradiación sobre el componente a procesar, para obtener un tiempo más rápido de procesamiento. Estos dos rayos láser se conducen juntos y presentan los mismos parámetros respecto al ángulo de incidencia e intensidad y se conducen juntos a un soporte de fijación.

40 Las piezas conformes al estado actual de la técnica no muestran una firmeza suficiente para los requisitos deseados respecto a las tensiones de operación localmente diferentes para condiciones inusuales de operación.

Es, por tanto, objetivo de la invención, superar este problema.

45 El objetivo se resuelve con un componente conforme a la Reivindicación 1 y con un procedimiento conforme a la Reivindicación 7.

En las subreivindicaciones se enumeran otras medidas favorables. Las medidas enumeradas en las subreivindicaciones pueden combinarse de manera favorable.

50

Muestran

Figuras 1, 2 un componente, que presenta una superficie curvada,

55 Figura 3 una ordenación esquemática de un dispositivo, con el que se lleva a cabo el procedimiento conforme a la invención,

Figura 4, 18, 19 la evolución lateral (esquemáticamente) de las tensiones internas de compresión,

60 Figuras 5 a 13, 20, 21 diferentes secuencias operacionales del procedimiento,

Figura 15 un álabe de turbina,

Figura 14 una evolución de la presión aplicada a lo largo de la profundidad de un componente

65

Figura 16 una turbina de gas,

Figura 17 una turbina de vapor.

ES 2 305 884 T3

El componente

La Figura 1 muestra un componente 1 con una superficie 5 conforme a la Reivindicación 1. El componente 1 puede ser un componente de una turbina de vapor (Fig. 17) o de una turbina de gas, como por ejemplo, una turbina de avión o una turbina para la generación de corriente 100 (Fig. 16). Estas piezas son, por ejemplo, álabes de turbinas 120, 130, 342, 354.

La superficie 5 del componente 1, 120, 130, 342, 354 está compuesta, por ejemplo, por varias, aquí dos, zonas superficiales 4, 6. Una zona superficial 6 (por ejemplo, la zona de la hoja del álabe 40, Fig. 15) se implementa, por ejemplo, plana o sólo simplemente curvada, mientras que la zona superficial 4 está curvada en múltiples ocasiones. En la superficie 5 y sus zonas superficiales 4 y/o 6 hay tensiones internas de compresión σ_E diferentes y diferentes de cero. El componente 1, 120, 130, 342, 354 presenta una zona curvada de manera cóncava 7 de la zona superficial 4, expuesta, por ejemplo, durante el empleo del componente 1, 120, 130, 342, 354 a mayores tensiones mecánicas que otra zona curvada de manera convexa 10 de la zona superficial 4.

La zona superficial 4 del componente 1, 120, 130, 342, 354 presenta zonas curvada al menos parcialmente de manera cóncava 7 (un valle 11) y de manera convexa 10 (cima 12), de forma que forme máximos locales 10' y mínimos locales 7'. Una zona curvada de manera convexa 10, 12 se une a la zona curvada de manera cóncava 7, 11.

En la zona curvada de manera cóncava 7, 11 se ajusta, por ejemplo, una tensión mecánica externa mayor que en la zona curvada de manera convexa 10, 12, si se inserta el componente 1, 120, 130, 342, 354.

En la zona superficial 4 se pueden introducir tensiones internas de compresión σ_E mediante procedimientos de tratamiento superficial. Esto se efectúa mediante chorreo de bolas.

La Figura 2 muestra, como componente 1 incorporado, una zona parcial de un álabe de turbina 13 (Fig. 15), o sea, un pie del álabe 43 (Fig. 15) en su zona de fijación 16 (Fig. 15) con su estructura similar a un abeto o en forma de cola de milano como zona superficial 4 curvada en múltiples ocasiones.

El pie del álabe 43 se dispone, por ejemplo, en un disco 22 configurado correspondientemente y allí se sujeta. El disco 22 se dispone, por otra parte, sobre un árbol 103 de una turbina de gas 100 (Fig. 16) o turbina de vapor (Fig. 17). Particularmente en la zona curvada de manera cóncava 7, 11 aparecen altas cargas mecánicas. Por tanto, existe la necesidad de influir localmente sobre el componente 1 en estas zonas, de forma que puedan soportar mayores tensiones de tracción a medida que las tensiones de tracción locales se compensen parcialmente. Esto tiene que realizarse, sin embargo, de manera controlada y, en función de la geometría, selectivamente con tensiones internas de compresión σ_E localmente diferentes. El álabe de turbina 13 puede fijarse también al árbol 103.

La Figura 3 muestra esquemáticamente cómo un generador de presión 25 y un componente 1, 120, 130, 342, 354 proceden uno contra otro. Conforme a la invención, se generan tensiones internas de compresión σ_E en el componente 1, 120, 130, 342, 354 partiendo de la zona superficial 4 hasta la profundidad del componente 1, 120, 130, 342, 354. Esto se lleva a cabo mediante chorreo de bolas.

Un inyector de chorro de bolas 25 como generador de presión despiden medio de chorreo 28 (bola) con una determinada velocidad, que forma un chorro de partículas 29, particularmente un chorro de bolas 29. Las bolas 28, particularmente bolas de acero, inciden sobre la zona superficial 4 del componente 1 y generan con su impulso mecánico una presión del chorro sobre la zona superficial 4, de forma que allí se generen tensiones internas de compresión σ_E . El inyector de chorro de bolas 25 puede controlarse a través de rayos láser 34 de un láser 31, de forma que pueda ajustarse exactamente en la zona definida anteriormente, también a lo largo de contornos curvados. Pueden ajustarse particularmente la distancia, el ángulo de incidencia α , es decir, el ángulo de los inyectores de chorro de bolas 25 respecto a la superficie 5 en la zona superficial 4, 6. El ángulo de incidencia α es, por ejemplo, menor que 90° y se encuentra particularmente entre 80° y 85° .

Puede ajustarse asimismo la presión del chorro del chorro de bolas 29 en los inyectores de chorro de bolas 25. Otros parámetros son el tamaño del agente de chorreo 28, el material del agente de chorreo 28 o la forma de la abertura del inyector.

El componente 1 está, por ejemplo, firmemente sujeto, detectando el láser 31 de manera controlada, por ejemplo, en un primer paso procedimental, con sus rayos láser 34 la zona superficial 4 del componente 1 CNC. Además, o bien se monta el componente 1 sobre una máquina CNC y procede contra el láser 31 o se invierte. Mediante la migración de determinadas zonas (por ejemplo, las zonas curvadas de manera cóncava 7) se especifican zonas tratadas con los inyectores de chorro de bolas 25. Tras la detección de la zona superficial 4 puede realizarse asimismo, por ejemplo, automáticamente un cálculo, que especifique, qué zonas están expuestas a cargas mecánicas especialmente altas y especifique entonces correspondientemente la expansión y nivel de las tensiones internas de compresión σ_E que deberían producir los chorros de bolas 29.

Mediante el nivel de las tensiones por presión σ_E , que deberían producirse, se fijan también los parámetros de los inyectores de chorro de bolas 25 respecto a las zonas cóncavas o convexas 7, 10 a chorrear. Se trata además, por

ES 2 305 884 T3

consiguiente, de un método, en el que toda la zona superficial 4 se trata localmente en un proceso selectivamente con diferentes parámetros, de forma que, tras la ejecución del procedimiento, sobre toda la superficie haya tensiones internas de compresión σ_E localmente predefinidas aunque diferentes. Toda la zona superficial 4, sobre la que se encuentran las tensiones internas de compresión σ_E , corresponde a la superficie de un pie de álabe 43 similar a un abeto del álabe de turbina 13, 120, 130, 342, 354. Localmente diferente significa en este caso, que se producen zonas, que presentan tensiones internas de compresión σ_E altas y menores y diferentes de cero, tras la ejecución del procedimiento.

Así se generan, en las zonas curvadas de manera cóncava 7, 11, altas tensiones internas de compresión σ_E , mientras que en las demás zonas curvadas de manera convexa 10, 12 se generan menores tensiones internas de compresión σ_E . No queda ninguna superficie curvada 7, 10 sin tratar, de forma que al menos una zona curvada de manera convexa 10 y una zona curvada de manera cóncava 7 presenten, en toda su zona superficial, tensiones internas de compresión σ_E . El control del chorro de bolas 29 se lleva a cabo mediante el láser 31 y, por ejemplo, mediante una máquina CNC, que desplaza el chorro de bolas 29 respecto al componente 1, para poder chorrear diferentes zonas 7, 10.

La Figura 4a) muestra una distribución ejemplar de las tensiones internas de compresión σ_E en un plano x-y. En la zona curvada de manera cóncava 7, 11, que presenta las mayores tensiones internas de compresión σ_E , hay un máximo 70 en la tensión interna de compresión σ_E dentro del plano x-y. La zona curvada de manera convexa 10, 12 presenta una meseta 74 a menores tensiones internas de compresión σ_E . Sin embargo, el máximo 70 y todos los valores de la zona 7, 11 es mayor que el valor de la meseta 74. Tensiones internas de compresión localmente diferentes significa, por tanto, que las tensiones internas de compresión σ_E son mayores en la zona curvada de manera cóncava 7, 11 que en la meseta 74 en la zona curvada de manera convexa 10, 12 con las menores tensiones internas de compresión σ_E .

La Figura 4b) muestra otra distribución ejemplar de las tensiones internas de compresión σ_E en un plano x-y. En la zona curvada de manera cóncava 7, 11, que presenta las mayores tensiones internas de compresión σ_E , hay un máximo 70 en la tensión interna de compresión σ_E dentro del plano x-y. La zona curvada de manera convexa 10, 12 presenta un máximo 73 a menores tensiones internas de compresión σ_E . Sin embargo, el máximo 70 es mayor que el máximo 73. Tensiones internas de compresión localmente diferentes significa, por tanto, que el máximo 70 en la tensión interna de compresión σ_E en la zona 7, 11 es mayor que el máximo 73 en la zona curvada de manera convexa 10, 12 con las menores tensiones internas de compresión σ_E . La zona curvada de manera cóncava 7, 11 presenta, como puede verse también en la Figura 4b), en algunas partes menores tensiones internas de compresión σ_E que la zona curvada de manera convexa 10, 12, particularmente en la zona de transición entre la zona curvada de manera cóncava 7, 10, aunque esto significa que no se puede consultar una comparación puntual de las tensiones internas de compresión σ_E , para definir las zonas con mayores y menores tensiones internas de compresión σ_E , sino que se basa en el nivel de los máximos 70, 73. La Figura 18 muestra un componente 1 conforme a la invención.

La zona curvada de manera cóncava 7 presenta un mínimo $7'$, que presenta un determinado radio de curvatura R. El radio de curvatura R se determina de manera conocida en el punto del mínimo $7'$. Un ancho 81 de la zona curvada de manera cóncava 7, 11, en el que se encuentran las mayores tensiones internas de compresión σ_E , asciende al menos a 3 - 5 veces el radio de curvatura R y se dispone particularmente en el centro en torno al mínimo $7'$. A la zona curvada de manera cóncava 7, 11 con el ancho 81 se le une, en la dirección del eje longitudinal 37, al menos una zona curvada de manera convexa 10, 12 con las menores tensiones internas de compresión σ_E .

La tensión interna de compresión σ_E en la zona curvada de manera cóncava 7, 11 con las mayores tensiones internas de compresión σ_E se eleva al menos un 30%, o 50%, o 60% respecto a las tensiones internas de compresión σ_E en la zona curvada de manera convexa 10 con menores tensiones internas de compresión σ_E .

El nivel de las tensiones internas de compresión σ_E en la zona curvada de manera cóncava 7 puede correlacionarse también con un límite elástico R_p del material del componente 1, 120, 130, 342, 354.

Puede emplearse, por ejemplo, el límite elástico $R_{p\ 0,2}$, valiendo, por ejemplo, la tensión interna de compresión σ_E al menos al 30% del límite elástico $R_{p\ 0,2}$.

El componente 1 y/o el pie del álabe 43 del álabe de turbina 13, 120, 130, 342, 354 se extiende en una dirección 17, por ejemplo, de un extremo 91 al otro extremo 94 (Fig. 19), perpendicularmente al eje longitudinal 37. La zona curvada de manera cóncava 7, 11 es una superficie curvada con el ancho de de 3 a 5 veces R (=81), en torno a una línea 85, que interconecte los mínimos $7'$ en la dirección 17. La zona curvada de manera cóncava 7, 11 se extiende en la dirección 17 a lo largo del ancho del componente 1, 120, 130, o sea, desde el extremo 91 hasta el extremo 94. El ancho 81 es la longitud de la evolución del contorno curvado en torno al mínimo $7'$.

Procedimiento Acorde al Estado Actual de la Técnica

Si, conforme al estado actual de la técnica, se emplea sólo un único inyector de chorro de bolas 25, se pueden generar primero sólo altas tensiones internas de compresión σ_E y después bajas tensiones internas de compresión σ_E o al contrario.

La Figura 5 muestra una zona parcial de la superficie 5 de un componente 1, 13, 120, 130, 342, 354.

ES 2 305 884 T3

En un primer paso procedimental se lleva a cabo un chorreo de bolas de una zona curvada de manera cóncava 46 con alta presión del chorro. En un paso procedimental adicional se tratan otras zonas 49 adyacentes, en las que se efectúa un chorreo de bolas con menor presión del chorro (Fig. 6).

5 El procedimiento puede emplearse en el caso de piezas 1, 120, 130, 342, 354 nuevamente elaborados, así como en el caso de piezas 1, 120, 130, 342, 354 nuevamente recuperadas.

El reprocesamiento significa, que las piezas 1, si fuera necesario, se liberan de capas o se investigan en busca de fisuras tras su empleo, reparándose si fuera necesario. Entonces se producen nuevamente tensiones internas de compresión σ_E .

La Figura 7 muestra un dispositivo acorde al estado actual de la técnica, con el que se efectúa el procedimiento.

15 En este dispositivo se emplea sólo un inyector de chorro de bolas 25.

En un primer paso se introduce en la zona 46 (zona curvada de manera cóncava) una alta presión del chorro. Mediante el desplazamiento (véase flecha) de los inyectores de chorro de bolas 25 o del componente 1, por ejemplo, mediante la variación del ángulo de incidencia, se dirige entonces un chorro de bolas 29 sobre las zonas 49 (zona curvada de manera cóncava), en las que deberían generarse menores presiones de chorreo. Esto puede lograrse por el hecho de que las bolas 28, empleadas en la zona 46, experimentan menores velocidades y por tanto, menores impulsos mecánicos o porque los inyectores de chorro de bolas 25 chorrea bolas 28 de menor diámetro 58 en las zonas 49.

20 Si las bolas 28 tienen un diámetro pequeño, pueden producirse diferentes presiones de chorreo, teniendo, por ejemplo, los materiales de las bolas diferentes durezas. Así puede emplearse, por ejemplo, material cerámico como material duro y material metálico como material blando.

Las bolas 55 grandes producen, respecto a las bolas 58 menores, una mayor presión del chorro para una misma velocidad.

30 Resulta asimismo posible emplear pequeñas bolas cerámicas y grandes bolas metálicas. Pueden concebirse otras posibilidades de combinación de diferentes materiales, diámetros y forma de las bolas, por ejemplo, para obtener un efecto abrasivo o una reducción de la rugosidad y/o pulido.

Procedimiento Conforme a la Invención

35 Conforme a la invención se emplean varios inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'', 25''', 25'''' y estos seorean y operan simultáneamente.

40 Los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'', 25''', 25'''' están localmente a la misma altura (Fig. 9) o se desplazan unos contra otros, es decir, uno o varios inyectores de chorro de bolas son en avance y los demás u otros en retroceso (Fig. 10, 11).

45 La Figura 8 muestra un dispositivo 2 con el que se efectúa el procedimiento conforme a la invención. En este dispositivo 2 se emplean, por ejemplo, varios, al menos dos, aquí tres, inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25''.

Los tres inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' mostrados en la Figura 8 operan asimismo simultáneamente (para la generación de la tensión interna de compresión y pulido).

50 Además, uno o dos inyectores de chorro de bolas 25', 25'', que generen, por ejemplo, menores presiones de chorreo, pueden chorrear asimismo en la zona 46 (chorrean, por consiguiente, una zona 52, Fig. 6) (Fig. 10, 11).

Un inyector de chorro de bolas 25 produce además una alta presión del chorro y chorrea la zona curvada de manera cóncava 46 y el segundo o demás inyectores de chorro de bolas 25', 25'' producen una menor presión del chorro que el inyector de chorro de bolas 25 y chorrean al menos la zona curvada de manera convexa 49.

55 El inyector de chorro de bolas 25 puede tener asimismo bolas 28 de menor diámetro 58, para generar altas intensidades y altas tensiones internas de compresión, y los inyectores de chorro de bolas 25', 25'' chorrean con bolas 28 de mayor diámetro 55, que generan bajas intensidades y menores tensiones internas de compresión en las zonas 49 y al mismo tiempo en la zona 46, para pulirlas (Fig. 20). La selección de los parámetros puede ajustarse a los respectivos requisitos de nivel de las tensiones internas de compresión y pulido.

Para los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'', que operan simultáneamente, se pueden ajustar diferentes parámetros para cada inyector de chorro de bolas 25, 25', 25''.

65 La presión del chorro, el tamaño del agente de chorreo 28, el material del agente de chorreo 28 o el ángulo de incidencia α pueden seleccionarse como parámetros para los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25''.

El inyector de chorro de bolas 25 y los inyectores de chorro de bolas 25', 25'' presentan diferentes parámetros.

ES 2 305 884 T3

Los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' pueden encontrarse unos junto a otros, es decir, tal y como se sugiere en la Figura 9, a una altura o disponerse en serie (Fig. 10, 11).

Se predefinen los diferentes parámetros para los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' y las zonas 46, 49 se sobrepasan, por ejemplo, en una fase de trabajo. Da la impresión, por ejemplo, de que los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' tienen, por ejemplo, una posición firme y el componente 1 se monta sobre una base desplazable (máquina CNC) y se desplaza por debajo de los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25''. El componente 1 puede desplazarse también de un lado a otro, de forma que se chorreen las zonas 46, 49 en múltiples ocasiones. Con este procedimiento, las zonas 7, 10, en las que deberían producirse diferentes tensiones internas de compresión, no tienen que someterse sucesivamente a chorros de bolas. Esto conlleva una considerable ventaja temporal. La zona sobre la superficie 5 del componente 1, chorreada por un inyector de chorro de bolas 25, 25', 25'', puede ser redondeada u ovalada, limitando las zonas individuales unas con otras.

La Figura 9 muestra una supervisión de las zonas 46 y 49 y la ordenación de los inyectores de chorro de bolas 25, 25' y 25'' empleada ejemplarmente a tal efecto. Los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' se disponen aquí a la misma altura.

Los inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'' se desplazan en una dirección del proceso 26 a lo largo de las zonas 46 y 49. Esto se lleva a cabo en un paso operacional, en el que todos los tres inyectores 25, 25' y 25'' operan simultáneamente, produciendo el inyector de chorro de bolas 25 una mayor tensión interna de compresión σ_E en la zona 46 y bajas tensiones internas de compresión σ_E en las zonas 49 adyacentes.

La Figura 10 muestra otra posibilidad para generar tensiones internas de compresión σ_E en las zonas 46 y 49.

Las aberturas de los inyectores de chorro de bolas 25' y 25'' se diseñan aquí, por ejemplo, alargadas o dan por resultado una superficie de incidencia alargada sobre el componente 1, 120, 130, 342, 354 y cubren por ejemplo, tanto la zona 49 como la zona 46 adyacente. Esto se desea, por ejemplo, cuando deba verificarse de este modo un pulido de la zona 46. Los inyectores de chorro de bolas 25' y 25'' se desplazan, por tanto, en la dirección del proceso, vista localmente, hacia los inyectores de chorro de bolas 25. El inyector de chorro de bolas 25 es, por ejemplo, en avance y los inyectores de chorro de bolas 25' y 25'' en retroceso. Los inyectores de chorro de bolas 25, 25' y 25'' pueden operar también aquí, temporalmente visto, simultánea o sucesivamente.

Así puede emplearse el difusor 25 para la elaboración de tensiones internas de compresión σ_E y los inyectores 25', 25'' para el pulido.

Los inyectores de chorro de bolas se montan además, por ejemplo, juntos sobre un soporte y operan juntos.

La Figura 11 muestra otra ordenación de los inyectores de chorro de bolas. Aquí se emplean cinco inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'', 25''' y 25'''. Los parámetros para los inyectores de chorro de bolas 25 y 25', 25'', así como 25''' y 25'''' individuales pueden ser, en cada caso, diferentes y ajustarse a los requisitos deseados.

Así pueden emplearse, por ejemplo, los inyectores 25, 25', 25'' para la generación de tensiones internas de compresión σ_E y, por ejemplo, los inyectores 25''', 25'''' para el pulido.

El inyector de chorro de bolas 25 cubre la zona 46, mientras que los inyectores de chorro de bolas 25', 25'' sólo cubren las zonas 49 adyacentes en cada caso.

Los siguientes inyectores de chorro de bolas 25''', 25''''', visto localmente, sirven para el pulido y cubren aquí, por ejemplo, tanto la zona 46 como también la zona 49. Además, los inyectores de chorro de bolas se montan juntos sobre un soporte y se desplazan en conjunto.

La Figura 12 muestra como componente 1 un álabe de turbina 13 con su pie de álabe 43 configurado similar a un abeto en la zona de fijación 16. El pie de álabe 43 presenta zonas curvadas de manera cóncava 7, en las que debería haber altas tensiones internas de compresión σ_E y presenta zonas curvadas de manera convexa 10, en las que debería haber menores tensiones internas de compresión σ_E que en la zona curvada de manera convexa 7.

El pie del álabe 43 presenta, por ejemplo, tres valles de onda y/o ranuras 11', 11'', 11''', ajustándose los tres inyectores de chorro de bolas 25, 25', 25'', por ejemplo, respecto a sus parámetros, firmemente respecto a la primera ranura 11'. El álabe de turbina 13 o el componente 1 se desplaza a lo largo de una dirección 17 respecto a los inyectores de chorro de bolas 25, 25' y 25'', de forma que se chorree toda la ranura 11'. Este procedimiento puede repetirse para las demás ranuras 11'' y 11''', o hay otros inyectores de chorro de bolas correspondientemente a las ranuras 11'' y 11''', que posibiliten un tratamiento simultáneo de todas las ranuras.

La Figura 13 muestra esquemáticamente, que se chorreen asimismo los bordes de las ranuras 11', 11'', 11''', para generar tensiones internas de compresión σ_E . Adicionalmente ha de reconocerse, que el componente 1 está curvado.

La Figura 14 muestra la evolución principal de la tensión interna de compresión σ_E en un componente 1, tal y como resulta de un procedimiento de chorreo. En el diagrama se proyecta la tensión interna de compresión σ_E a lo

ES 2 305 884 T3

largo de la profundidad d de un componente 1. El máximo 67 de la tensión interna de compresión σ_E no se encuentra en la superficie 4 del componente 1, es decir, en $d = 0$, sino en el interior del componente 1 ($d > 0$). La curva 61 dibujada en discontinuo muestra la evolución de la tensión interna de compresión σ_E .

- 5 Se desea, sin embargo, que haya un valor máximo de la tensión interna de compresión σ_E en la superficie 5 del componente 1. La línea cruzada de la curva 64 muestra esta evolución deseada de la tensión interna de compresión σ_E .

La evolución 64 deseada puede obtenerse, por ejemplo, como sigue.

- 10 En una primera fase de trabajo se chorrea una zona curvada de manera cóncava 7, 10 con alta presión del chorro. En una segunda fase de trabajo se chorrea la misma zona 7, 10 con menor intensidad, de forma que el máximo se desplace a la superficie 5 del componente 1. Esto se efectúa, sin embargo, tal y como se ha descrito anteriormente, en una fase de trabajo.

- 15 Así se logra que el máximo de la tensión interna de compresión σ_E se encuentre en la superficie 5 o cerca de la superficie 5 y, aún así, haya una alta profundidad de penetración de la tensión interna de compresión σ_E en el componente 1.

La Figura 15 muestra un componente 13, que puede tratarse por medio el procedimiento conforme a la invención.

- 20 La Figura 15 muestra, en una vista en perspectiva, un álabe de turbina 13, por ejemplo, para una turbina de vapor, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal 37. En los álabes de turbina 13 habituales se emplean materiales metálicos macizos en todas las zonas 40, 19, 43 del álabe móvil 1. El álabe de turbina 13 puede fabricarse, en esta ocasión, mediante un procedimiento de fundición, mediante un procedimiento de forja, mediante un procedimiento de fresado o combinaciones de estos. El álabe de turbina 13 presenta a lo largo del eje longitudinal, consecutivamente, una zona de fijación 16, una plataforma del álabe 19 adyacente a ella, así como una zona de la hoja del álabe 40. En la zona de fijación 16 se diseña un pie de álabe 43, que sirve para la fijación del álabe de turbina 13 al disco 22 de una máquina de flujo no representada. El pie del álabe 43 se diseña como cabeza de martillo. Son posibles otras ordenaciones, por ejemplo, como pie en forma de abeto (Fig. 2) o de cola de milano. El pie de abeto 43 presenta, al menos en una zona curvada de manera cóncava 7 y en la siguiente zona curvada de manera convexa 10, tensiones internas de compresión diferentes de cero, de forma que haya tensiones internas de compresión de gran superficie sobre la superficie del pie de álabe, particularmente por todas partes.

- La Figura 16 muestra ejemplarmente una turbina de gas 100 en una sección parcial longitudinal. La turbina de gas 100 presenta en su interior un rotor 103 alojado de manera rotatoria en torno a un eje de rotación 102, designado también rueda móvil. A lo largo del rotor 103 se suceden mutuamente una carcasa de aspiración 104, un compresor 105, una cámara de combustión 110, por ejemplo, toroidal, particularmente una cámara de combustión anular 106, con varios quemadores 107 dispuestos coaxialmente, una turbina 108 y la carcasa de gases de escape 109. La cámara de combustión anular 106 se comunica con un canal de gas recalentado 111, por ejemplo, anular. Allí, por ejemplo, cuatro etapas de turbina 112 conectadas en serie forman la turbina 108. Cada etapa de la turbina 112 está constituida por dos anillos de álabes. Visto en la dirección de flujo de un medio de trabajo 113, en el canal de gas recalentado 111, a una serie de álabes propulsores 115 le sigue una serie 125 formada por álabes móviles 120.

- Los álabes propulsores 130 están además fijos al estátor 143, mientras que los álabes móviles 120 de una serie 125 se fijan al rotor 103, por ejemplo, por medio de un disco de turbina 133. Hay un generador o una máquina de trabajo (no representada) acoplados al rotor 103.

- Durante el funcionamiento de la turbina de gas 100, el compresor 105 succiona aire 135 a través de la carcasa de aspiración 104 y lo comprime. El aire comprimido suministrado por el extremo del compresor 105 del lado de la turbina se conduce a los quemadores 107 y se mezcla allí con un agente combustible. La mezcla se quema entonces con formación del medio de trabajo 113 en la cámara de combustión 110.

- El medio de trabajo 113 circula desde allí a lo largo del canal de gas recalentado 111 a los álabes propulsores 130 y los álabes móviles 120. El medio de trabajo 113 se expande en los álabes móviles 120 transmitiendo impulso, de forma que los álabes móviles 120 accionen el rotor 103 y éste accione la máquina de trabajo acoplada a él.

- 55 Las piezas expuestas al medio caliente de trabajo 113 están sometidas a cargas térmicas durante la operación de la turbina de gas 100. Los álabes directrices 130 y álabes móviles 120 de la primera etapa de la turbina 112 vista en la dirección del flujo del medio de trabajo 113 están, además de las piedras calorífugas que revisten la cámara anular de combustión 106, cargados térmicamente al máximo. Para resistir las temperaturas allí imperantes, estas se enfrían con un medio refrigerante. Los sustratos pueden presentar una estructura orientada, es decir, ser monocristalinos (estructura SX) o presentar sólo granos orientados longitudinalmente (estructura DS). Como material se utilizan particularmente superaleaciones base hierro, base níquel o base cobalto. Los álabes 120, 130 pueden presentar asimismo revestimientos contra la corrosión (MCrAlX; siendo M al menos un elemento del grupo hierro (Fe), cobalto (Co), níquel (Ni); representando X ítrio (Y) y/o al menos un elemento de las tierras raras) y calor mediante una capa aislante térmica. La capa aislante térmica consiste, por ejemplo, en ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, es decir, no está parcial o completamente estabilizada con óxido de ítrio y/o óxido de calcio y/o óxido de magnesio. Mediante los apropiados procedimientos de revestimiento como por ejemplo, evaporación por haz de electrones (EB-PVD) se producen granos en forma de tallo en la capa aislante térmica.

ES 2 305 884 T3

El álabe propulsor 130 presenta un pie de álabe propulsor (aquí no representado) orientado a la carcasa interna 138 de la turbina 108 y un cabezal de álabes propulsores opuesto al pie de álabe propulsor. El cabezal de álabes propulsores está orientado al rotor 103 y fijo a un anillo de fijación 140 del estátor 143.

5 En la Figura 17 se representa ejemplarmente una turbina de vapor 300, 303 con un árbol de turbina 309 extendiéndose a lo largo de un eje de rotación 306.

10 La turbina de vapor presenta una turbina parcial de alta presión 300 y una turbina parcial de presión media 303 con, en cada caso, una carcasa interna 312 y una carcasa externa que la encierra 315. La turbina parcial de alta presión 300 se ejecuta, por ejemplo, en diseño cerrado. La turbina parcial de presión media 303 se diseña con dos flujos. Resulta asimismo posible, que la turbina parcial de presión media 303 se diseñe de un solo flujo. A lo largo del eje de rotación 306 se dispone un cojinete 318 entre la turbina parcial de alta presión 300 y la turbina parcial de presión media 303, presentando el árbol de la turbina 309 una zona de almacenamiento 321 en el cojinete 318. El árbol de la turbina 309 se aloja sobre un cojinete 324 adicional junto a la turbina parcial de alta presión 300. La turbina parcial de alta presión 300 presenta una junta para árboles 345 en la zona de este cojinete 324. El árbol de la turbina 309 se sella contra la carcasa externa 315 de la turbina parcial de presión media 303 mediante otras dos juntas para árboles 345. El árbol de la turbina 309 presenta el sistema de álabes móviles de alta presión 354, 357 en la turbina parcial de alta presión 300 entre una zona de entrada de vapor a alta presión 348 y una zona de salida del vapor 351. Este sistema de álabes móviles de alta presión 354, 357 representa, con los álabes móviles correspondientes (no representados a fondo) una primera zona de alabeado 360. La turbina parcial de presión media 303 presenta una zona central de entrada de vapor 333. El árbol de la turbina 309 presenta, asignados a la zona de entrada de vapor 333, un blindaje radialmente simétrico del árbol 363, una lámina de cubierta, por un lado, para la división de la corriente de vapor en los dos flujos de la turbina parcial de presión media 303, así como para impedir un contacto directo del vapor caliente con el árbol de la turbina 309. El árbol de la turbina 309 presenta, en la turbina parcial de presión media 303, una segunda zona de alabeado 366 con los álabes móviles de presión media 354, 342. El vapor caliente que circula a través de la segunda zona de alabeado 366 fluye de la turbina parcial de presión media 303, desde una boquilla de escape 369 hasta una turbina parcial de baja presión conectada corriente abajo, no representada.

20 El árbol de la turbina 309 está compuesto, por ejemplo, por dos árboles parciales de turbina 309a y 309b, unidos firmemente en la zona del cojinete 318.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Álabe de turbina (120, 130, 342, 354), que presenta una zona superficial curvada (4) en forma de abeto en una zona de fijación (16) o pie del álabe (43), consistiendo la zona superficial (4) en al menos una zona curvada de manera cóncava (7, 11) y al menos una zona curvada de manera convexa (10, 12), mutuamente colindantes, **caracterizado** porque la zona curvada de manera cóncava (7, 11) presenta tensiones internas de compresión (σ_E) diferentes de cero mediante el chorreo de bolas, porque la zona curvada de manera convexa (10, 12) presenta tensiones internas de compresión (σ_E) diferentes de cero mediante chorreo de bolas, porque la zona curvada de manera cóncava (7, 11) presenta mayores tensiones internas de compresión (σ_E) que la zona curvada de manera convexa (10, 12), porque la zona curvada de manera cóncava (7, 11) presenta un radio de curvatura (R) en el mínimo (7') y porque la zona curvada de manera cóncava (7, 11) presenta al menos un ancho (81) de tres a cinco veces el radio de curvatura (R), y porque toda la zona superficial (4) presenta tensiones internas de compresión (σ_E).
2. Componente acorde a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque el nivel de la tensión interna de compresión (σ_E) en la zona curvada de manera cóncava (7, 11) asciende a al menos el 30%, particularmente al 50% del límite elástico (R_p), particularmente del límite elástico ($R_{p\ 0,2}$), del material del componente (1, 13, 120, 130, 342, 354).
3. Componente acorde a la Reivindicación 2, **caracterizado** porque la tensión interna de compresión (σ_E) vale al menos el 60% del límite elástico (R_p), particularmente del límite elástico ($R_{p\ 0,2}$), del material del componente (1, 13, 120, 130, 342, 354).
4. Componente acorde a la Reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la tensión interna de compresión (σ_E) en la zona curvada de manera cóncava (7, 11) es al menos un 50%, particularmente un 75% mayor que en la zona curvada de manera convexa (10, 12) con la menor tensión interna de compresión (σ_E).
5. Componente acorde a las Reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque al menos una zona (7, 10) presenta una distribución lateral del nivel de las tensiones internas de compresión (σ_E) con al menos un máximo (70, 73) y/o una meseta (74), y porque el máximo (70) de la zona curvada de manera cóncava (7) es mayor que el máximo (73) o la meseta (74) de la zona curvada de manera convexa (10).
6. Componente acorde a las Reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el componente (1) es un componente de una turbina de vapor (300, 303) o de gas (100), particularmente un álabe de turbina (120, 130, 342, 354).
7. Procedimiento para la elaboración de un álabe de turbina (120, 130, 342, 354), que en una zona de fijación (16) o pie del álabe (43) presenta una zona superficial curvada (4) en forma de un abeto, consistiendo la zona superficial (4) en al menos una zona curvada de manera cóncava (7, 11) y al menos una zona curvada de manera convexa (10, 12), mutuamente colindantes, empleándose al menos dos inyectores de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''''), y operando al menos dos inyectores de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''''), simultáneamente, para generar tensiones internas de compresión (σ_E) en el componente (1, 13, 120, 130, 342, 354), **caracterizado** porque en la zona curvada de manera cóncava (7, 11) se generan tensiones internas de compresión (σ_E) diferentes de cero, porque en la zona curvada de manera convexa (10, 12) se generan tensiones internas de compresión (σ_E) diferentes de cero, de forma que se generen tensiones internas de compresión (σ_E) localmente diferentes y diferentes de cero, porque la zona curvada de manera cóncava (7, 11) presenta mayores tensiones internas de compresión (σ_E) que la zona curvada de manera convexa (10, 12), porque para los inyectores de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''''), se emplean diferentes presiones de chorreo y diámetros de bolas (55, 58), generando al menos un inyector de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''''), tensiones internas de compresión (σ_E) y los otros inyectores de chorro de bolas (25', 25'', 25''', 25''''), un pulido, porque una zona curvada de manera cóncava (7, 11) y una zona curvada de manera convexa (10, 12) del componente (1, 120, 130, 342, 354) se chorrean juntas mediante paso único o múltiple por encima de las zonas (7, 10) por medio de los inyectores de chorro de bolas (25, 25', ...), y porque toda la zona superficial (4) presenta tensiones internas de compresión.
8. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7, **caracterizado** porque la presión del chorro, el tamaño (55, 58) del agente de chorreo (28), el material del agente de chorreo (28), el ángulo de incidencia (α) o la forma del chorro se seleccionan como parámetros para los inyectores de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25'''').
9. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7, **caracterizado** porque al menos un inyector de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''''), produce una alta presión del chorro, y porque al menos un segundo o ulteriores inyectores de chorro de bolas (25', 25'', 25''', 25''''), genera una menor presión del chorro que el al menos un inyector de chorro de bolas (25).
10. Procedimiento acorde a las Reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado** porque los generadores de presión (25 a 25''') o el componente (1, 120, 130, 342, 354) se guían de manera controlada durante el chorreo de bolas.
11. Procedimiento acorde a la Reivindicación 10, **caracterizado** porque la guía controlada se lleva a cabo con un láser (31, 34).

ES 2 305 884 T3

12. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7 u 11, **caracterizado** porque las zonas (46), chorreadas anteriormente con alta presión del chorro, se pulen mediante el chorreo de bolas con menor presión del chorro y/o bolas (28) de mayor diámetro (58).

5 13. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7, **caracterizado** porque un chorro de bolas (29) de un inyector de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''') contiene bolas (28) de diversos diámetros (55, 58).

14. Procedimiento acorde a la Reivindicación 7, **caracterizado** porque los chorros de bolas (29) de los inyectores de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''') contienen bolas (28) de materiales de diferente dureza.

10 15. Procedimiento acorde a la Reivindicación 1, 13 o 14, **caracterizado** porque las bolas (28) son de cerámica y/o metal.

16. Procedimiento acorde a la Reivindicación 8, **caracterizado** porque se ajusta un ángulo de incidencia (α) entre la dirección del chorro de al menos un inyector de chorro de bolas (25, 25', 25'', 25''', 25''') y la superficie curvada (4) de la pieza (1, 120, 130, 342, 354), siendo (α) menor que 90° .

17. Procedimiento acorde a la Reivindicación 10 u 11, **caracterizado** porque la guía y control del componente (1, 120, 130, 342, 354) o de los generadores de presión (25, 25', 25'', 25''', 25''') se lleva a cabo mediante una máquina CNC.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

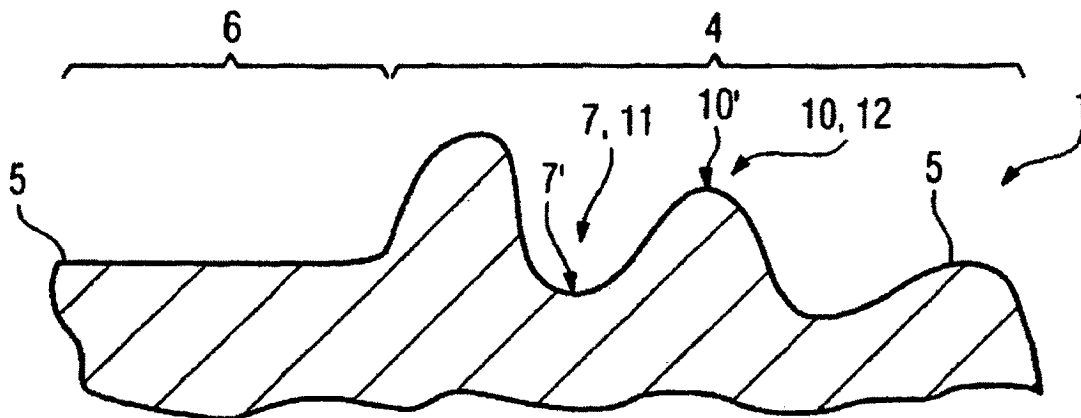


FIG 2

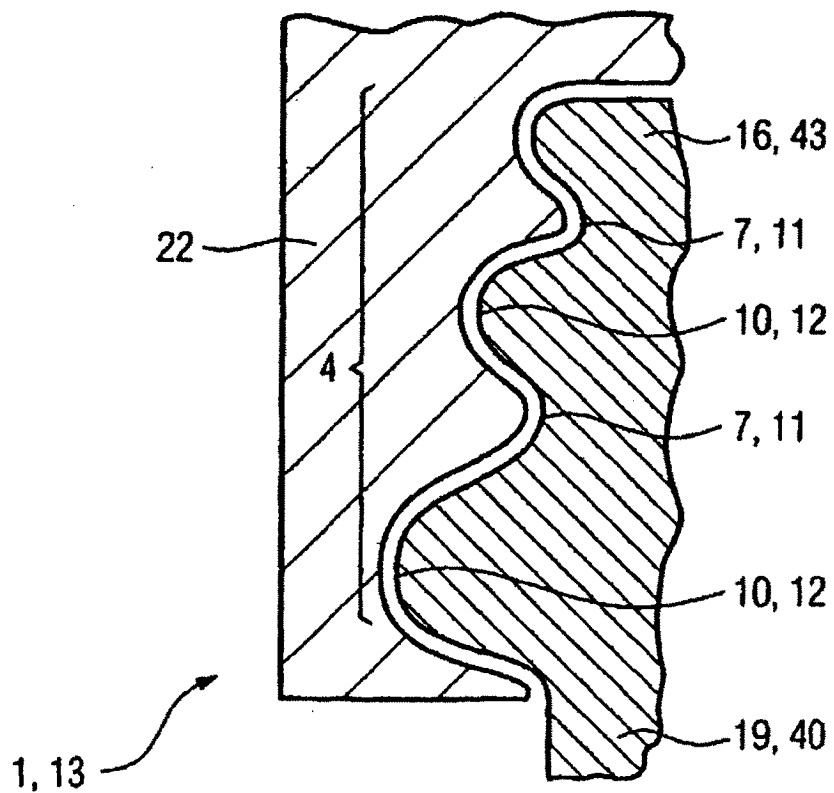


FIG 3

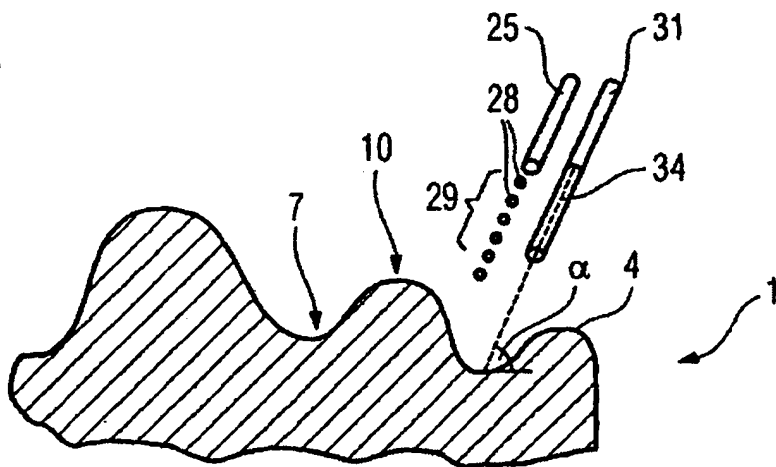


FIG 4

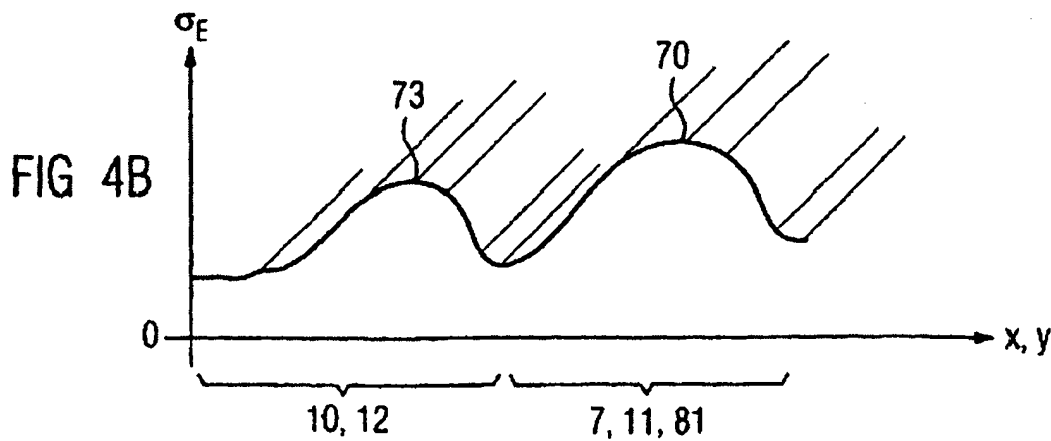
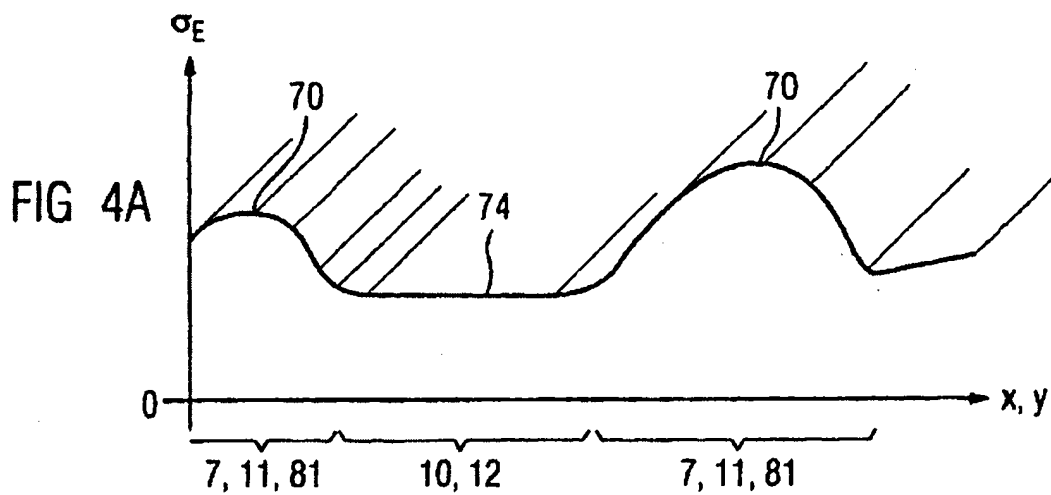


FIG 5

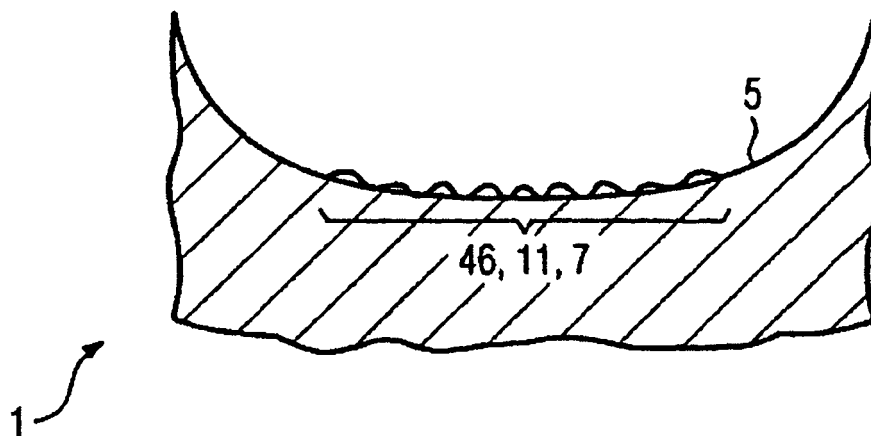


FIG 6

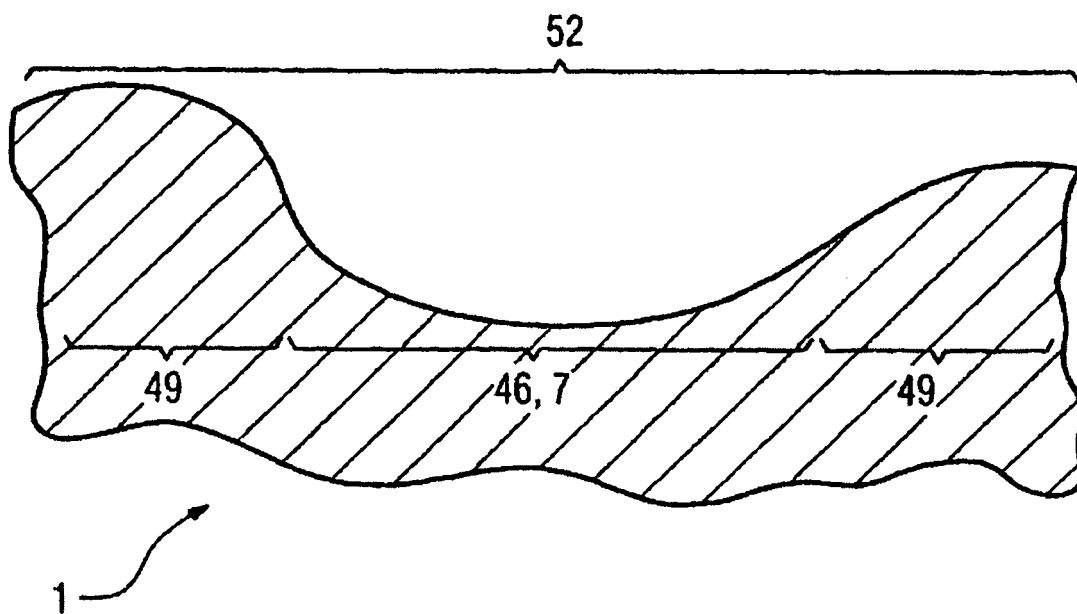


FIG 7

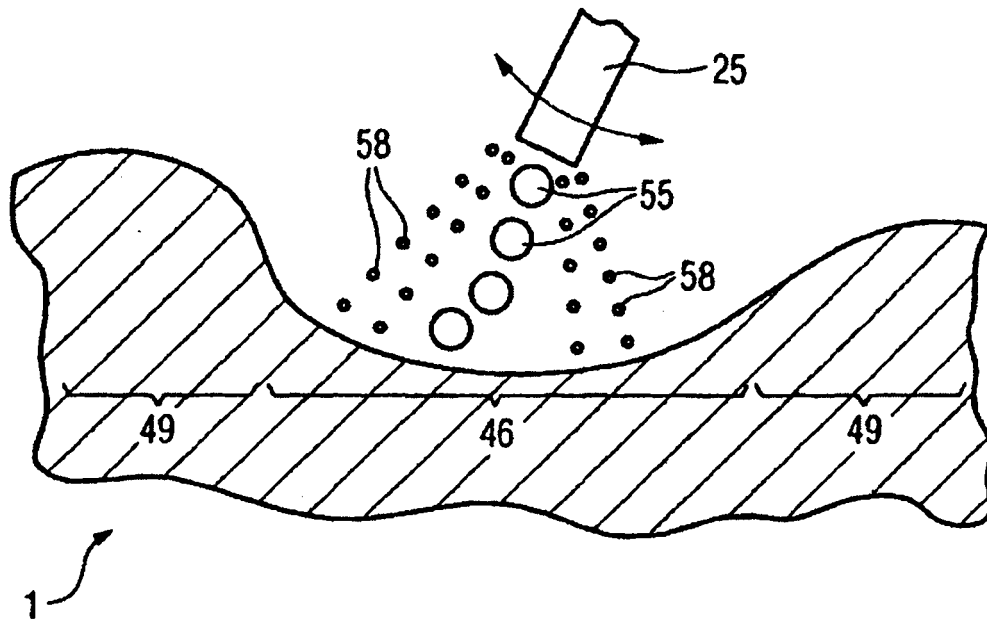


FIG 8

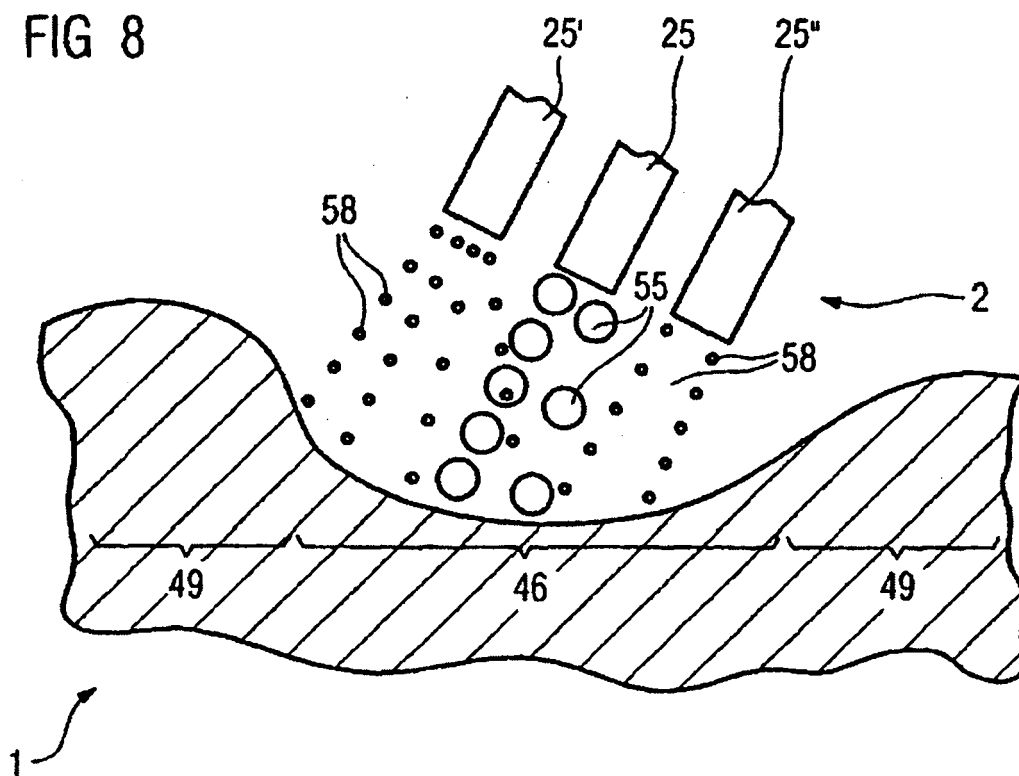


FIG 9

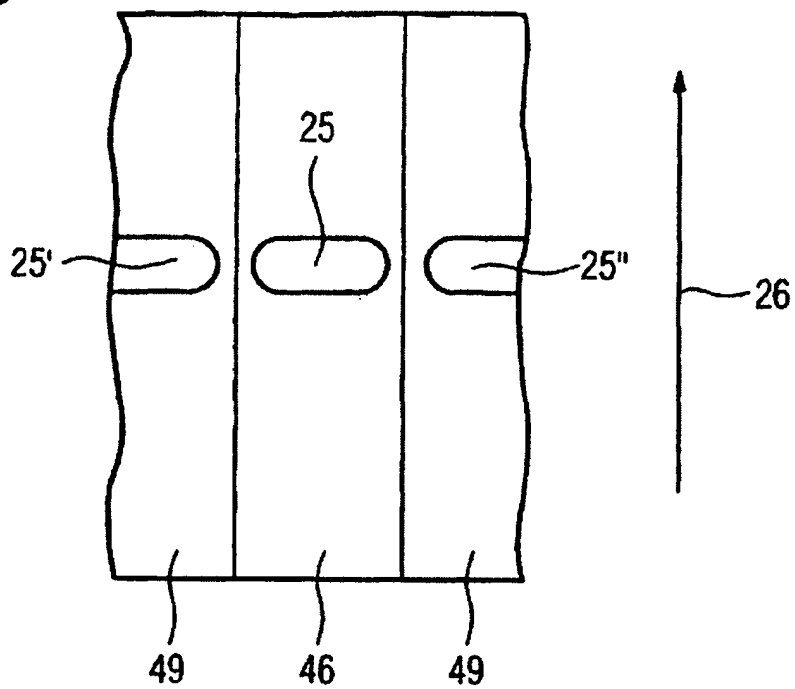


FIG 10

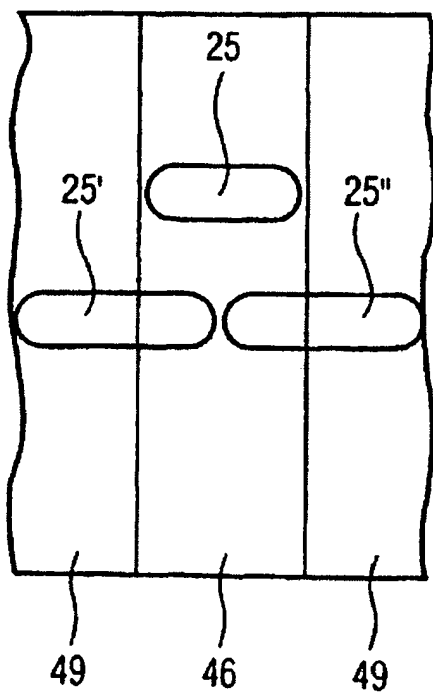


FIG 11

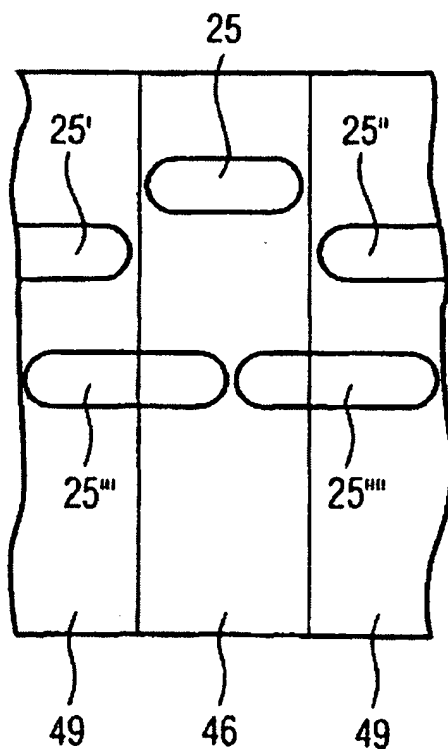


FIG 12

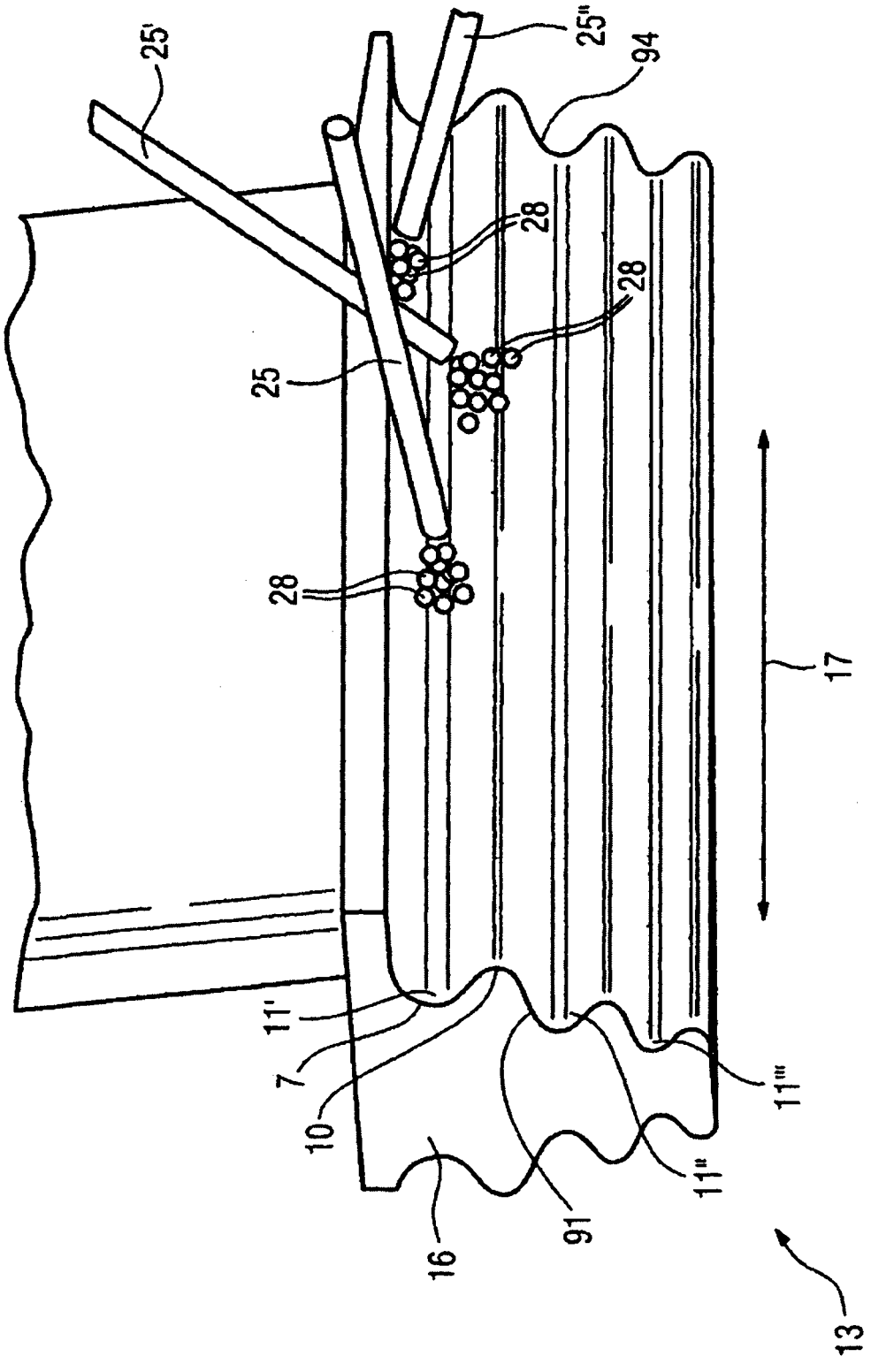


FIG 13

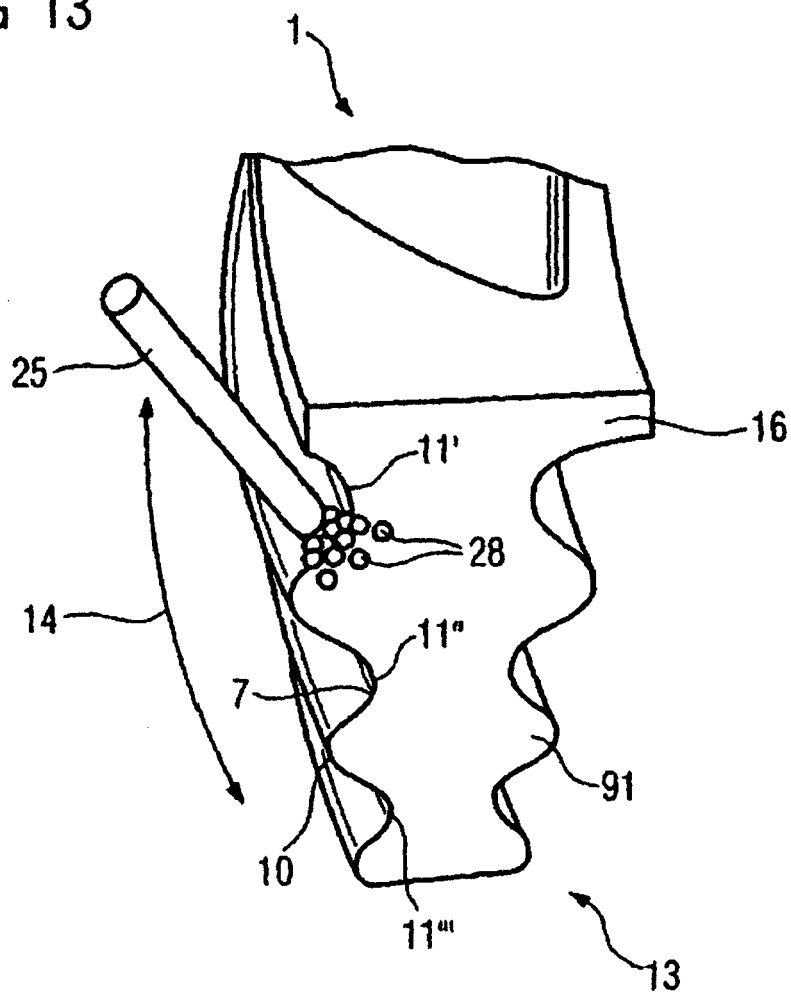


FIG 14

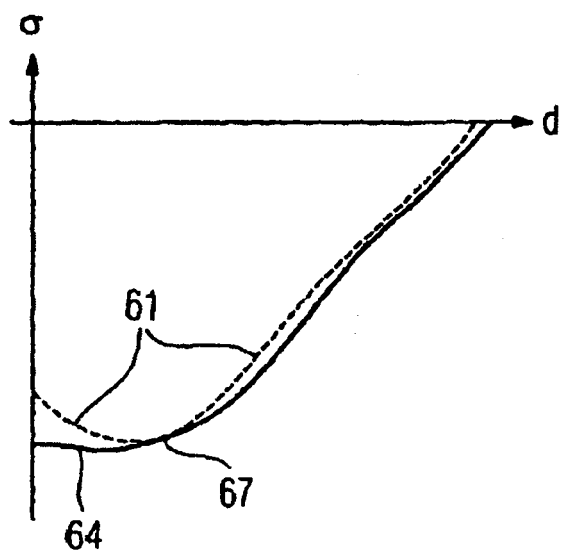
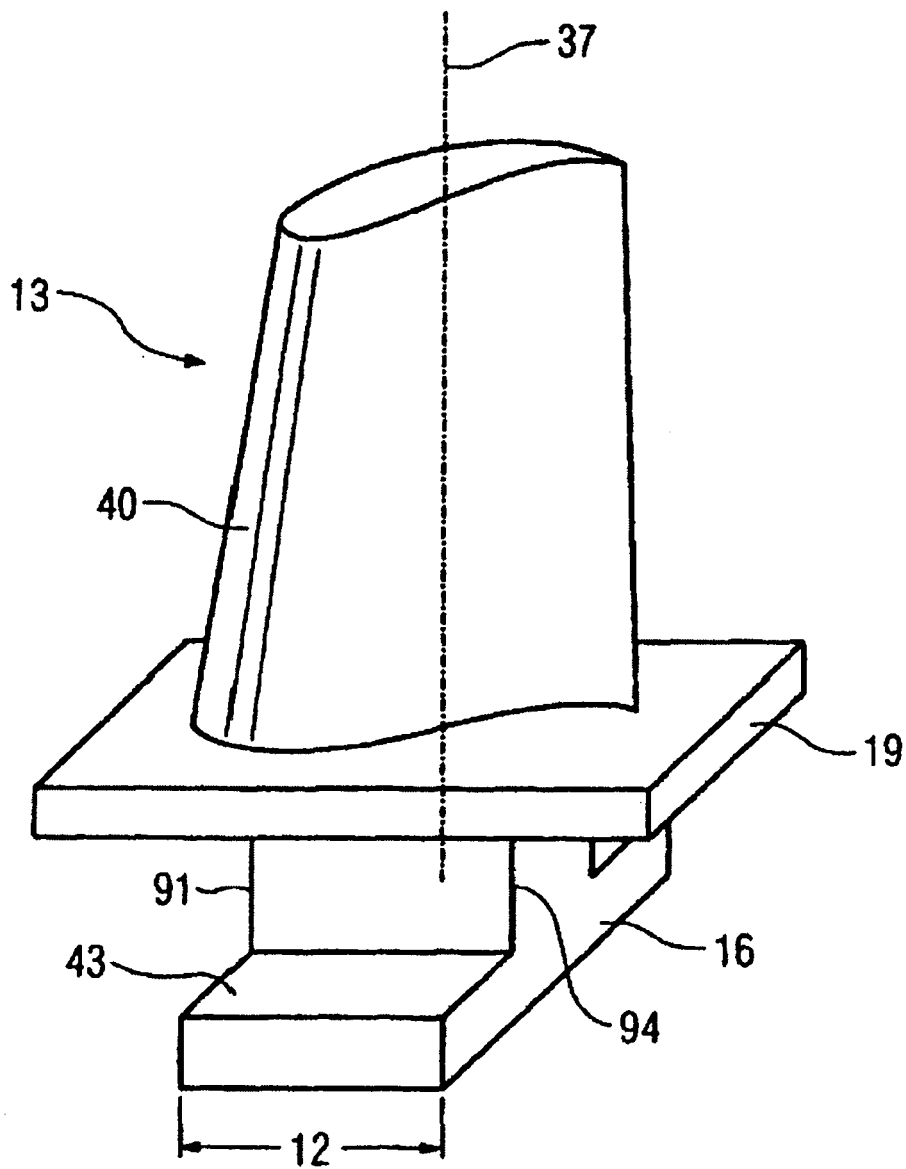


FIG 15



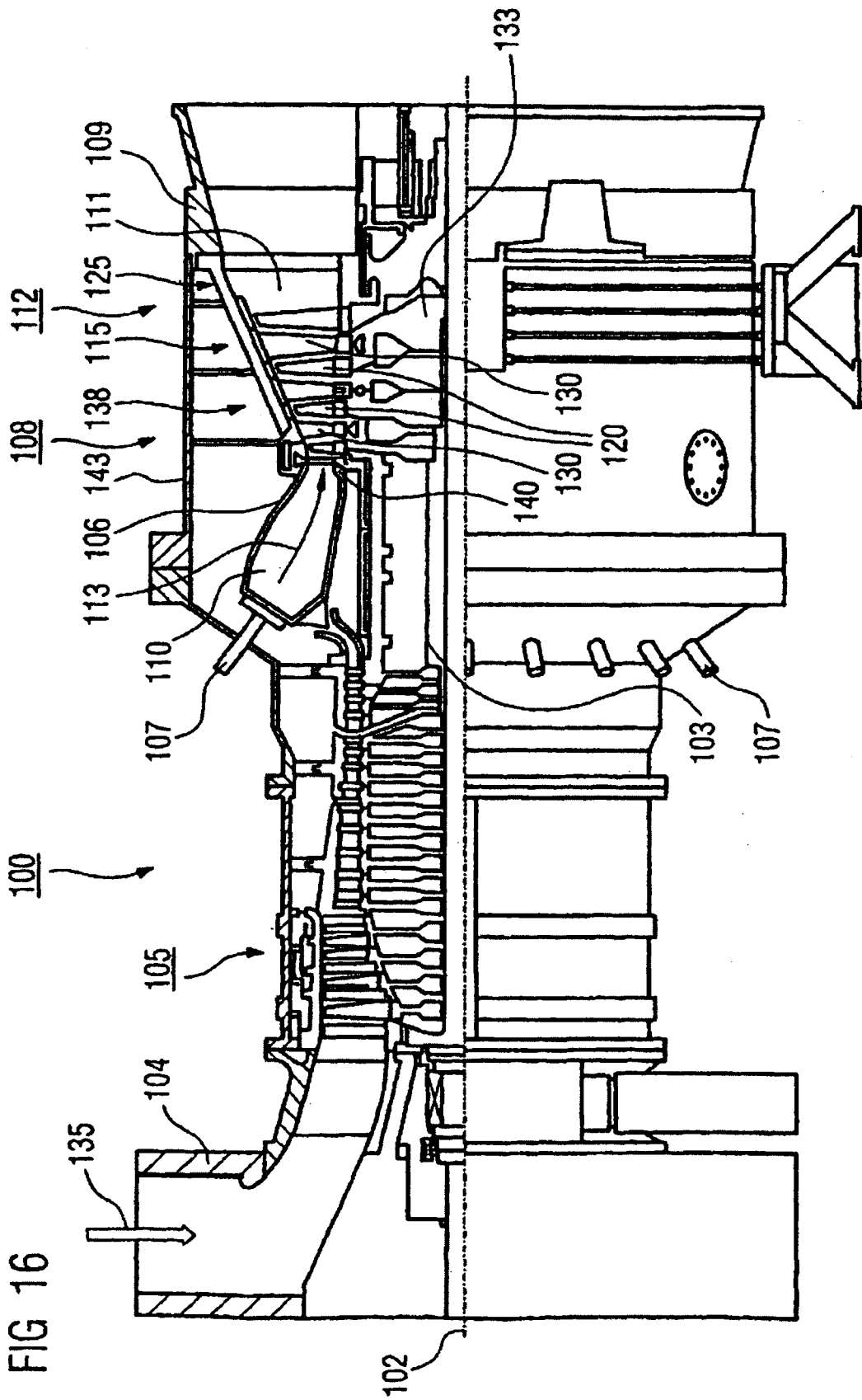


FIG 17

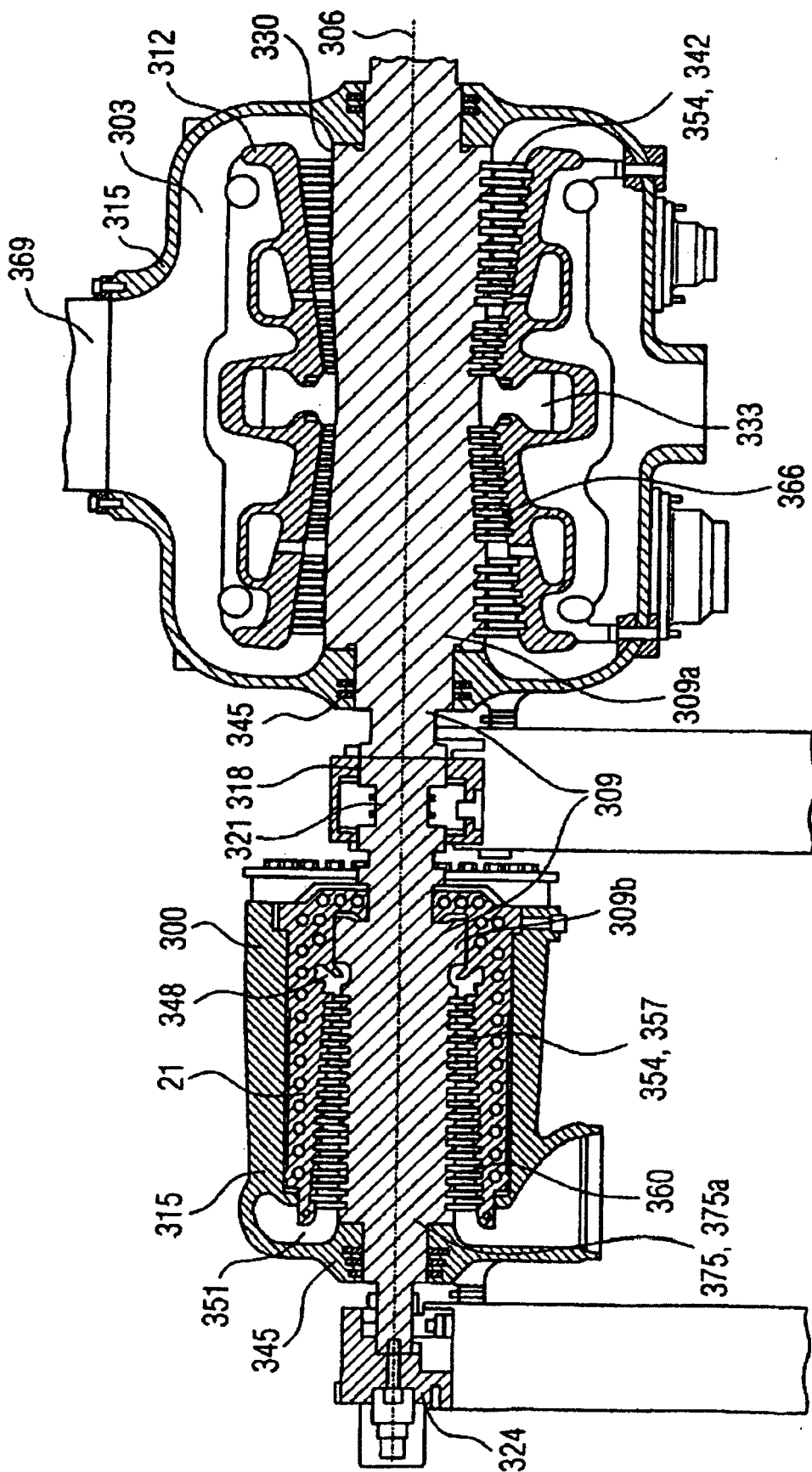


FIG 18

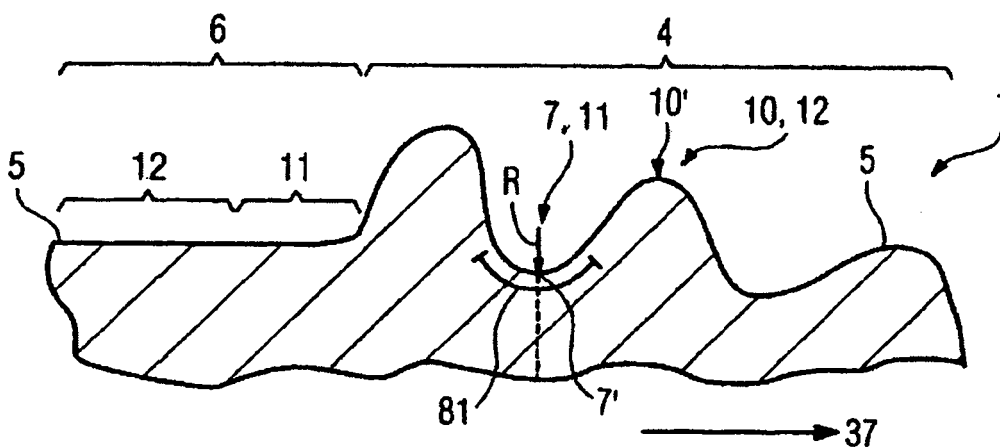


FIG 19

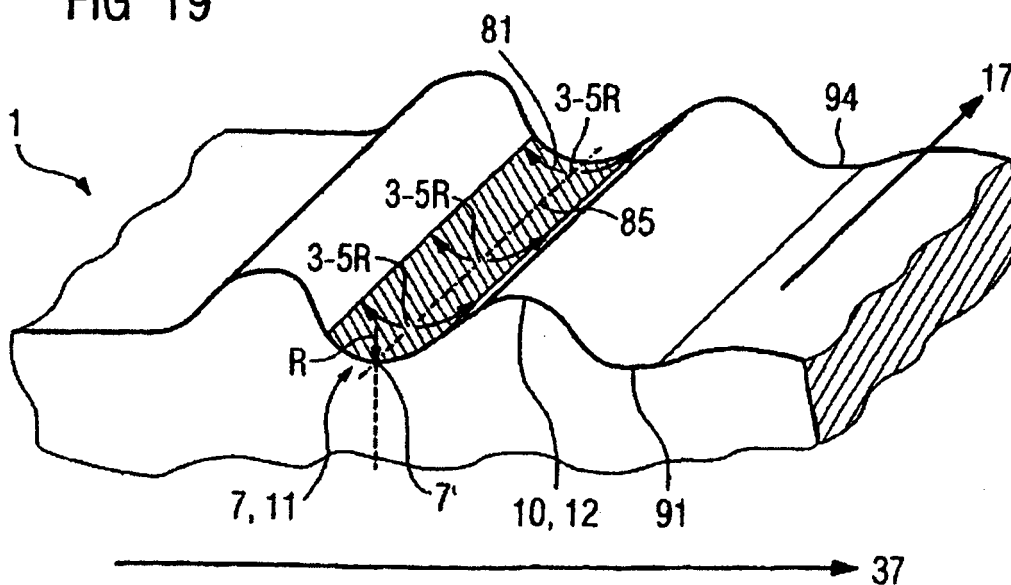


FIG 21

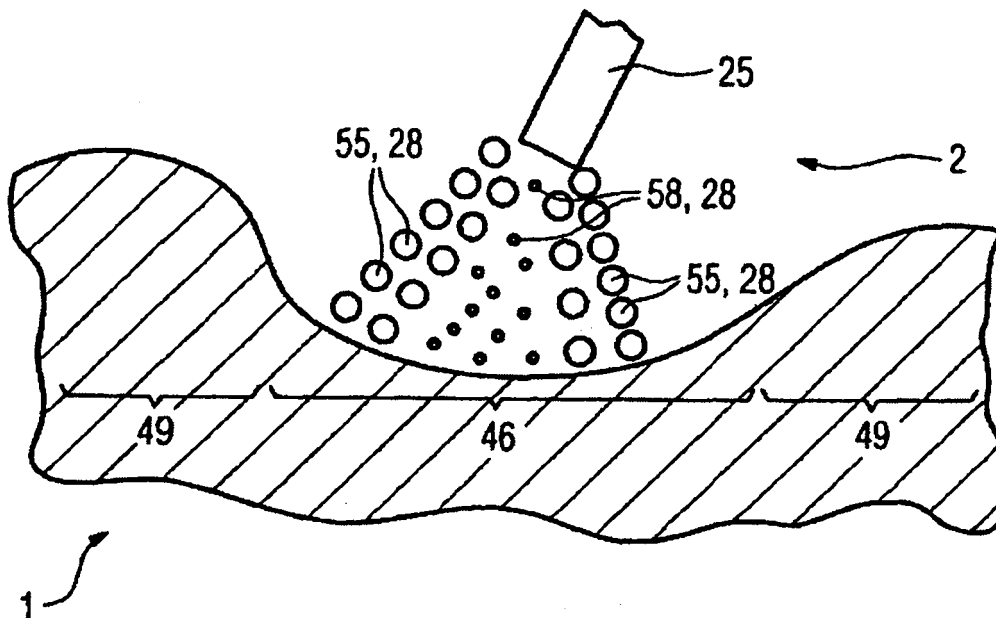


FIG 20

