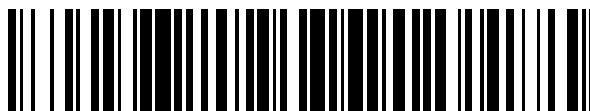


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 901**

51 Int. Cl.:

**C21D 9/40** (2006.01)

**C21D 1/10** (2006.01)

**C21D 1/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2013 PCT/EP2013/052346**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13120748**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2013 E 13703786 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2017 EP 2814990**

54 Título: **Procedimiento para el endurecimiento superficial por inducción de una superficie anular**

30 Prioridad:

**17.02.2012 DE 102012101309**

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

**15.02.2018**

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP ROTHE ERDE GMBH (100.0%)  
Tremoniastr. 5 - 11  
44137 Dortmund, DE**

72 Inventor/es:

**BURTCHEN, MARCO;  
LANGELS, MATHIEU y  
STAKEMEIER, BERND**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 654 901 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el endurecimiento superficial por inducción de una superficie anular

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el endurecimiento superficial por inducción de una superficie anular de una pieza de trabajo, en particular de una superficie de rodadura de un anillo de rodamiento, en el que la superficie anular y una unidad de endurecimiento con un inductor en un funcionamiento de avance se mueven en relación entre sí en un sentido de procesamiento, en el que aguas abajo del inductor, visto en el sentido de procesamiento, está dispuesto un rociador, para calentar la superficie anular partiendo de una zona inicial hasta una zona final por medio del inductor y entonces endurecerla mediante un enfriamiento por medio del rociador, en el que entre la zona inicial y la zona final está prevista una zona de deslizamiento no endurecida.

10 Durante el endurecimiento de un trazado curvado cerrado en forma de una superficie anular mediante un calentamiento local y un temple posterior existe el problema de que las regiones ya endurecidas no pueden volver a calentarse hasta una temperatura, a la que se pierden de nuevo las propiedades de dureza. Por tanto, en el caso de una superficie anular, entre una zona inicial, en la que se empieza con el endurecimiento, y una zona final, que se endurece en último lugar, se prevé una zona de deslizamiento no endurecida, que presenta por ejemplo una anchura de entre 10 mm y 20 mm. En los cojinetes de rodamiento se conoce el hecho de rectificar esta zona de deslizamiento, para que los cuerpos rodantes no se apoyen en la misma. Por lo demás debe tenerse en cuenta que la zona inicial y la final representan, en cuanto a la profundidad de penetración de endurecimiento y de la dureza existente en la superficie, una región de transición, porque ambos parámetros disminuyen en cada caso hacia la zona de deslizamiento. Por el contrario, en la región endurecida entre la zona inicial y la zona final se alcanzan, debido a un movimiento uniforme entre la unidad de endurecimiento y la pieza de trabajo así como debido a parámetros constantes, propiedades de dureza uniformes. Además de la velocidad entre la unidad de endurecimiento y la superficie anular, el resultado de dureza puede ajustarse mediante la potencia y frecuencia del inductor, la cantidad y temperatura del agente de enfriamiento esparcido por el rociador así como mediante el control de un precalentamiento dado el caso previsto.

25 En los procedimientos para el endurecimiento superficial por inducción con un inductor conocidos de la práctica se activa la unidad de endurecimiento en la zona inicial con los parámetros previstos para el endurecimiento continuo y se desactiva de nuevo en la zona final.

30 Por los documentos DE 10 2005 006 701 B3, DE 10 2006 003 014 B1 y DE 10 2008 033 735 A1 se conocen procedimientos para el endurecimiento superficial por inducción de una superficie anular de una pieza de trabajo. En este procedimiento se evita o se reduce una zona de deslizamiento porque se utilizan dos inductores, que se mueven en sentido contrario partiendo de una zona inicial. A este respecto, la zona inicial puede endurecerse completamente, porque mediante ambos inductores puede conseguirse un calentamiento uniforme o al menos en su mayor parte uniforme. Los dos inductores se mueven entonces de manera opuesta y se juntan finalmente en la zona final, que está opuesta a la superficie anular de la zona inicial. La zona final también se calienta solo una vez, cuando los dos inductores se aproximan desde ambos lados. Dado que los dos inductores no pueden acercarse tanto como se quiera, la zona final puede precalentarse en primer lugar con un inductor auxiliar. En los procedimientos descritos resulta desventajoso que, en particular en el caso de cojinetes de rodamiento grandes, es necesario un esfuerzo considerable en cuanto a la unidad de endurecimiento con inductores de marcha en sentido contrario. Por el documento DE 1 988 179 A2 se conoce un procedimiento para el endurecimiento superficial de la superficie de rodadura de un anillo de rodamiento, en el que se usan dos inductores sucesivos.

35 La presente invención se basa en el objetivo de indicar un procedimiento con las características descritas al principio, en el que el debilitamiento de la superficie anular por la dureza reducida en la zona inicial y la final sea menos pronunciado.

45 Partiendo de un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, el objetivo según la invención se alcanza porque sucesivamente un inductor auxiliar previsto como precalentador, que como componente de la unidad de endurecimiento está dispuesto aguas arriba del inductor en el sentido de procesamiento, se solicita con una corriente alterna, mientras el inductor y el rociador están inactivos; la unidad de endurecimiento en el caso de un inductor auxiliar activo y un inductor inactivo así como un rociador inactivo se mueve relativamente con una primera velocidad con respecto a la pieza de trabajo; el inductor además se activa en el caso de un inductor auxiliar activo pero un rociador inactivo mediante la solicitud con una corriente alterna y se ajusta una segunda velocidad, el rociador se activa en el caso de un inductor activo y un inductor auxiliar activo y se ajusta una tercera velocidad; el inductor auxiliar se desactiva en el caso de un inductor activo y un rociador activo y se ajusta una cuarta velocidad y finalmente se desactiva el inductor.

55 La presente invención se basa en el conocimiento de que en el endurecimiento superficial por inducción con un inductor no puede evitarse una zona de deslizamiento no endurecida, pudiendo conseguirse sin embargo, mediante un control variable de los parámetros de endurecimiento, tales como la velocidad, la potencia así como la cantidad de rociado partiendo de la zona de deslizamiento, un aumento lo más rápido posible de la dureza así como de la profundidad de penetración de endurecimiento. La zona inicial y la final, en las que se varían en cada caso las propiedades de dureza partiendo de la zona de deslizamiento no endurecida hasta parámetros esencialmente

constantes, pueden mantenerse así tan cortas como sea posible. Los parámetros de endurecimiento se varían en la zona inicial, es decir al principio del endurecimiento, en varias etapas, para conseguir un aumento lo más intenso posible de la dureza. A este respecto, debe tenerse en cuenta que la superficie anular que debe endurecerse presenta en primer lugar antes del inicio del endurecimiento una temperatura ambiente, por lo que debe aumentarse el aporte de calor mediante el inductor auxiliar como precalentador así como mediante el inductor principal o debe reducirse la velocidad. Convenientemente se ajusta un gradiente de temperatura lo más inclinado posible para, a través de un trayecto lo más corto posible, partiendo de la zona de deslizamiento, conseguir también un aumento lo más pronunciado posible de la dureza o de la profundidad de penetración de endurecimiento en la superficie anular. También al final de la operación de endurecimiento se varían los parámetros de endurecimiento en varias etapas, para mantener el aporte de calor resultante de los inductores en primer lugar lo más constante posible y alcanzar también, en cuanto a la zona de deslizamiento, un gradiente de temperatura lo más inclinado posible.

Según la invención, los parámetros de endurecimiento se varían a lo largo del tiempo, para conseguir al principio del endurecimiento así como al final del endurecimiento un resultado óptimo de la operación de endurecimiento. Para ellos se varían en particular las potencias suministradas, la velocidad de propulsión y/o la cantidad de rociado para el enfriamiento. La variación tiene lugar en varias etapas, pretendiendo estar comprendida con ello en el marco de la invención también una variación continua de los parámetros de endurecimiento a lo largo de un intervalo de tiempo o a lo largo de toda la operación de endurecimiento. Las velocidades definidas anteriormente, que se ajustan en cada caso al principio de un nuevo tramo, forman entonces en cierto modo posiciones de apoyo de una evolución que varía de manera continua en el tiempo.

En el marco de la invención se genera un movimiento relativo entre la unidad de endurecimiento y la superficie anular, refiriéndose las velocidades a la velocidad relativa entre la unidad de endurecimiento y la superficie anular. Así, por ejemplo, es posible hacer pasar la superficie anular de la pieza de trabajo por la unidad de endurecimiento estacionaria o también, en el caso de una pieza de trabajo en reposo, mover la unidad de endurecimiento a lo largo de la superficie que debe endurecerse. En particular, en el caso de superficies de rodadura de un cojinete de rodamiento grande ha dado buen resultado la primera variante, pudiendo estar dispuesto el anillo de rodamiento tumbado, en vertical o en oblicuo y teniendo lugar el movimiento del anillo de rodamiento a través de rodillos de soporte. El sentido de avance del anillo de rodamiento es entonces opuesto al sentido de procesamiento, en el que prosigue la operación de endurecimiento durante el procesamiento.

Según la invención, en primer lugar se activa el precalentador, para precalentar en primer lugar la superficie anular en la zona inicial. Dado que la superficie anular está fría en primer lugar en cuanto a la temperatura prevista para el endurecimiento, la unidad de endurecimiento y la superficie anular pueden mantenerse en reposo en primer lugar tras la activación del inductor auxiliar, de modo que la velocidad sea igual a cero. Alternativamente también existe la posibilidad de ajustar en primer lugar una velocidad negativa directamente tras la activación del inductor auxiliar. Entonces tiene lugar un movimiento relativo entre la superficie anular y la unidad de endurecimiento, que es opuesto al movimiento durante la operación de endurecimiento continuo. Así, el inductor auxiliar así como el inductor pueden estar formados por un bucle conductor con dos conductores paralelos. Para generar entonces un gradiente de temperatura lo más inclinado posible, puede tener lugar un movimiento de retroceso entre la superficie anular y la unidad de endurecimiento, correspondiendo el trayecto de este movimiento de retroceso a la mitad de la distancia entre los dos conductores paralelos.

Tras un primer precalentamiento de la superficie anular en la zona inicial sigue haciéndose girar la superficie anular, hasta que el tramo precalentado al principio del todo se encuentra por debajo del inductor. A este respecto, las regiones de la superficie anular que siguen a este primer tramo se precalientan igualmente mediante el movimiento adicional con la primera velocidad. Luego se activa el inductor mediante la sollicitación con corriente alterna, para llevar la región precalentada previamente de la superficie anular hasta la temperatura prevista para el endurecimiento. El trayecto recorrido tras la activación del inductor auxiliar y antes de la activación del inductor corresponde convenientemente a la distancia entre estas dos unidades. La segunda velocidad ajustada durante la activación del inductor puede ser básicamente igual a la primera velocidad. Sin embargo, preferiblemente se ajusta una velocidad mayor, para tener en cuenta el calentamiento que ya ha tenido lugar y la potencia suministrada aumentada en total.

Para finalmente templar la superficie anular calentada con el inductor y de ese modo endurecerla, se activa con un retardo el rociador dispuesto aguas abajo del inductor en el sentido de movimiento. Básicamente, también está en el marco de la invención variar según se requiera la cantidad de rociado, es decir la cantidad de líquido de enfriamiento suministrada al rociador, entre el inicio del endurecimiento y el endurecimiento final.

Con la activación del rociador se ajusta una tercera velocidad, pero que preferiblemente es igual a la segunda velocidad.

Tras la activación del rociador, para el endurecimiento se ajustan condiciones esencialmente constantes, con las que se endurece la mayor parte de la superficie anular, por ejemplo al menos el 80% de la superficie anular. En el transcurso del ajuste de valores casi constantes también puede seleccionarse todavía una velocidad óptima adicional para el endurecimiento en condiciones constantes, siendo una quinta velocidad de este tipo preferiblemente mayor que la tercera velocidad.

Adicional o alternativamente a la variación de las velocidades también puede variarse la potencia del inductor o del inductor auxiliar, estando aumentada preferiblemente la potencia en un intervalo a continuación de su respectiva activación con respecto a un intervalo posterior. Un aumento temporal de este tipo de la potencia al principio tiene en cuenta la circunstancia de que, en cuanto a la distribución de temperatura, todavía no existen condiciones constantes.

También en la región de la zona final está prevista una variación de los parámetros de endurecimiento en varias etapas. Así, en primer lugar se desactiva el inductor auxiliar dispuesto previamente en el sentido de procesamiento, para evitar un calentamiento no deseado en la región de la zona de deslizamiento. Tal como se explicó anteriormente, también se genera en la zona final un gradiente de temperatura lo más inclinado posible, para posibilitar una transición inclinada correspondientemente entre las regiones endurecidas y las no endurecidas. Durante la desactivación del inductor auxiliar se ajusta una cuarta velocidad, que está reducida preferiblemente con respecto a la quinta velocidad descrita anteriormente y por ejemplo puede corresponder a la tercera velocidad. Esta reducción de la velocidad en cuanto a la operación de endurecimiento esencialmente continua tiene en cuenta la circunstancia de que la zona de deslizamiento enfriada de nuevo representa una depresión de temperatura, debiendo compensarse en cierta medida también el aporte de calor suprimido mediante el inductor auxiliar. Para aumentar el calentamiento mediante el propio inductor, puede aumentarse adicional o alternativamente también la potencia del inductor. Tal como ya se explicó anteriormente, también pueden combinarse de manera adecuada ambas medidas, concretamente una adaptación de la potencia suministrada así como una variación de la velocidad, a lo largo de toda la operación de endurecimiento.

Finalmente también se desactiva el inductor, correspondiendo también en este caso el trayecto recorrido entre la desactivación del inductor auxiliar y del inductor aproximadamente a la distancia entre el inductor auxiliar y el inductor. El rociador sigue estando activo en primer lugar, para poder templar la región de la zona final calentada en último lugar mediante el inductor. Tras la desactivación del rociador, la pieza de trabajo con la superficie anular endurecida puede retirarse de la unidad de endurecimiento.

En el marco de la presente invención, la diferenciación entre el inductor y el inductor auxiliar se refiere a la diferente función de estas dos unidades, concretamente el precalentamiento y el calentamiento hasta la temperatura de endurecimiento. El inductor y el inductor auxiliar pueden ser similares o incluso iguales en su configuración. Es adecuado, por ejemplo, un bucle conductor con dos conductores paralelos entre sí, que están unidos a través de una pata. Un bucle conductor de este tipo se conecta a un generador de corriente alterna, que se hace funcionar, por ejemplo, con una frecuencia de entre 3 kHz y 8 kHz. Debido a las corrientes necesarias para el calentamiento, el bucle conductor también puede ser hueco y fluir a través del mismo un medio de enfriamiento.

Para posibilitar, en particular en piezas de trabajo grandes, por ejemplo un anillo de rodamiento de un cojinete de rodamiento grande, un control preciso, puede determinarse un punto de referencia para el control de la unidad de endurecimiento mediante una marca sobre la superficie anular y un sensor asociado a la unidad de endurecimiento. De este modo, posibles desviaciones de masa de las piezas de trabajo, imprecisiones durante el accionamiento de la pieza de trabajo o de la unidad de endurecimiento así como diferentes dilataciones térmicas no pueden tener una influencia negativa sobre el proceso de endurecimiento.

La invención se explicará a continuación mediante dibujos que representan únicamente un ejemplo de realización. Muestran:

- la Figura 1,** la región de una superficie de rodadura anular, en la que se inicia y se termina una operación de endurecimiento para el endurecimiento superficial por inducción, quedando entre una zona inicial y una zona final una zona de deslizamiento no endurecida,
- la Figura 2,** un dispositivo para el endurecimiento superficial por inducción,
- la Figura 3,** una representación a modo de ejemplo de la variación temporal de diferentes parámetros de endurecimiento,
- las Figuras 4a a 4c,** representaciones esquemáticas de las distribuciones de temperatura en diferentes instantes al inicio del endurecimiento.

La Figura 1 muestra a modo de ejemplo la región de una superficie anular 1 de una pieza de trabajo 2, por ejemplo de una superficie de rodadura de un anillo de rodamiento, quedando entre una zona inicial 3, en la que se empezó con el endurecimiento superficial por inducción, y una zona final 4, en la que se terminó el endurecimiento superficial por inducción, una zona de deslizamiento 5 que no está endurecida. Se indica que en la zona inicial 3 y la zona final 4 disminuyen la profundidad de penetración de endurecimiento y la dureza en cada caso hacia la zona de deslizamiento 5.

La zona de deslizamiento 5 representa, en cuanto a la superficie anular 1, un debilitamiento y puede por ejemplo rectificarse, para que los cuerpos rodantes no se apoyen localmente en la misma. Sin embargo, además también puede reconocerse que la dureza superficial y la profundidad de penetración de endurecimiento también están reducidas en la región de la zona inicial 3 y de la zona final 4 y partiendo de la zona de deslizamiento no endurecida

5 aumentar en cada caso de manera continua. En general se consiguen propiedades mejoradas de la superficie anular, cuando no sólo la zona de deslizamiento 5 es lo más corta posible, sino también la profundidad de penetración de endurecimiento y la dureza superficial partiendo de la zona de deslizamiento 5 dentro de la zona inicial 3 y la zona final 4 aumentan lo más rápido posible hasta un valor por lo demás casi constante alrededor del perímetro.

Para conseguir esto, la presente invención prevé un ajuste dirigido de los parámetros de endurecimiento en varias etapas al inicio y al final del endurecimiento.

La Figura 2 muestra un dispositivo para el endurecimiento superficial por inducción, estando la pieza de trabajo 2 orientada verticalmente y estando apoyada sobre rodillos 6. Por medio de los rodillos accionados 6 puede moverse la superficie anular exterior 1 de la pieza de trabajo 2 con respecto a una unidad de endurecimiento estacionaria 7, siendo opuesto el sentido de procesamiento B, en el que prosigue el endurecimiento, al sentido de avance S de la pieza de trabajo 2.

La unidad de endurecimiento 7 comprende, visto en el sentido de avance S, unos detrás de otros un inductor auxiliar 8 como precalentador, un inductor 9 y un rociador 10. En el ejemplo de realización representado, la unidad de endurecimiento 7 comprende también un sensor opcional 11, para reconocer una marca 12 realizada en la pieza de trabajo 2 y controlar así la operación de endurecimiento.

La Figura 3 muestra a modo de ejemplo la variación temporal de diferentes parámetros de endurecimiento durante la operación de endurecimiento. Se representan la velocidad  $v$  entre la unidad de endurecimiento 7 y la superficie anular 1, la potencia  $P_H$  suministrada en forma de corriente alterna al inductor auxiliar 8, la potencia  $P_I$  suministrada en forma de corriente alterna al inductor así como el caudal  $D$  del agente de enfriamiento suministrado al rociador 10.

En primer lugar se hace girar la pieza de trabajo 2 con una alta velocidad  $v_0$ , hasta que el sensor 11 detecta la marca 12. La pieza de trabajo 2 se sigue haciendo girar entonces adicionalmente con una velocidad reducida  $v_0'$ , hasta que al inicio de un primer tramo I se activa el inductor auxiliar 8 previsto como precalentador y se solicita con la potencia  $P_H$ . En este primer tramo I, la pieza de trabajo 2 está en reposo.

En el segundo tramo II a continuación está activo además únicamente el inductor auxiliar 8, moviéndose la superficie anular 1 en el segundo tramo II de manera correspondiente a la distancia entre el inductor auxiliar 8 y el inductor 9 con una primera velocidad  $v_1$ .

Al inicio de un tercer tramo III se activa entonces el inductor 9 y se solicita con una potencia  $P_I$ , ajustándose al mismo tiempo una segunda velocidad de avance aumentada  $v_2$ .

En un tramo adicional IV se solicita entonces el rociador 10 previamente inactivo con un caudal  $D$  predeterminado de agente de enfriamiento. Solo mediante el enfriamiento de la superficie anular 1 calentada previamente con el inductor auxiliar 8 y el inductor 9 tiene lugar una transformación de material y con ello un endurecimiento superficial. Con la activación del rociador se ajusta una tercera velocidad  $v_3$ , que sin embargo es igual a la segunda velocidad  $v_2$ . Tras la activación escalonada del inductor auxiliar 8, del inductor 9 y del rociador 10 se ajustan condiciones aproximadamente constantes, ajustándose sin embargo en un quinto tramo adicional una quinta velocidad de avance  $v_5$  aumentada. Durante este quinto tramo V se endurece la mayor parte de la superficie anular 1 en condiciones prácticamente constantes.

También durante la finalización de la operación de endurecimiento están previstas varias etapas. Así, en primer lugar al inicio de un sexto tramo VI se desactiva el inductor auxiliar 8. Al mismo tiempo se ajusta una cuarta velocidad  $v_4$ , que en el ejemplo de realización corresponde a la primera velocidad  $v_1$ . Mediante la reducción de la velocidad se tiene en cuenta la circunstancia de que ahora ya solo puede tener lugar un calentamiento de la superficie anular 1 mediante el inductor 9 y ya no más mediante el inductor auxiliar 8, por lo que el menor aporte de energía se compensa mediante un avance reducido correspondientemente.

Finalmente, al inicio de un séptimo tramo VII se desactiva también el inductor 9. A este respecto, el rociador 10 sigue estando activo en primer lugar con un caudal reducido  $D'$ , para enfriar la región calentada en último lugar de la superficie anular 1 en la zona final 4. Al inicio de un octavo tramo VIII se desactiva finalmente de manera completa también el rociador 10, de modo que la operación de endurecimiento está completamente terminada.

Las Figuras 4a a 4c muestran a modo de ejemplo la distribución de temperatura en la unidad de endurecimiento durante el primer tramo I, al inicio del tercer tramo II así como durante el quinto tramo V. A este respecto, la evolución de la temperatura está indicada mediante líneas equipotenciales (líneas de la misma temperatura).

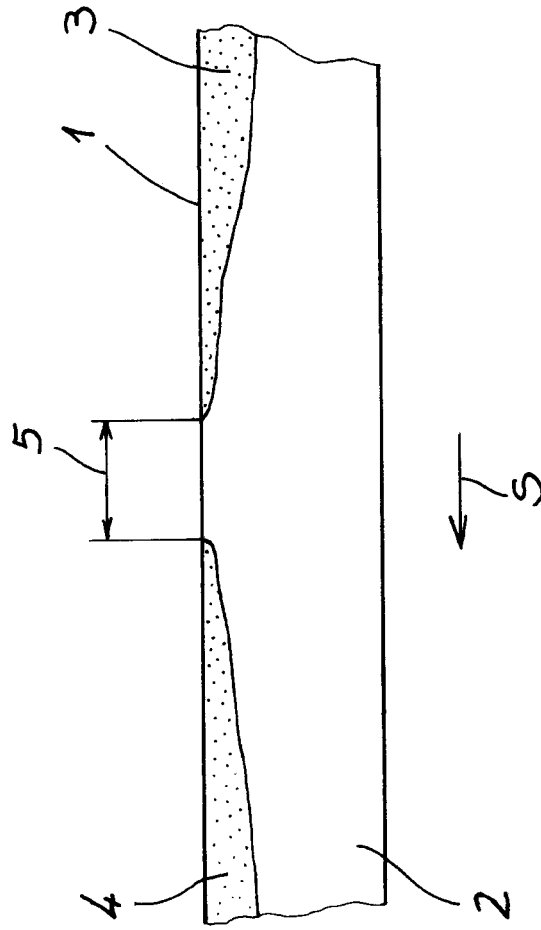
Según la Figura 4a, el inductor auxiliar 8 como precalentador provoca un calentamiento local, estando todavía en reposo la pieza de trabajo 2 durante el primer tramo I. Durante el segundo tramo II se mueve entonces la pieza de trabajo 2 en el sentido de avance S, con lo que la región precalentada previamente bajo el inductor auxiliar 8 se encuentra por debajo del inductor 9. Solo entonces se activa el inductor 9 al inicio del tercer tramo III, para alcanzar una temperatura suficiente para el endurecimiento superficial (Figura 4b).

La Figura 4c muestra finalmente el endurecimiento progresivo en el quinto tramo V en condiciones prácticamente constantes, precalentándose de manera continua la superficie anular 1 que se hace pasar por la unidad de endurecimiento 7 mediante el inductor auxiliar 8, llevándose mediante el inductor 9 hasta la temperatura necesaria para el endurecimiento superficial y finalmente templándose mediante el rociador 10.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el endurecimiento superficial por inducción de una superficie anular (1) de una pieza de trabajo (2), en particular de una superficie de rodadura de un anillo de rodamiento, en el que la superficie anular (1) y una unidad de endurecimiento (7) con un inductor (9) en un funcionamiento de avance se mueven en relación entre sí en un sentido de procesamiento (B), en donde aguas abajo del inductor (9), visto en el sentido de procesamiento (B), está dispuesto un rociador (10) para calentar la superficie anular (1) partiendo de una zona inicial (3) hasta una zona final (4) por medio del inductor (9) y endurecerla después mediante un enfriamiento por medio del rociador (10), estando prevista entre la zona inicial (3) y la zona final (4) una zona de deslizamiento no endurecida (5), y en el que sucesivamente
- 5 a) un inductor auxiliar (8) previsto como precalentador, que como componente de la unidad de endurecimiento (7) está dispuesto aguas arriba del inductor (9) en el sentido de procesamiento (B), se solicita con una corriente alterna, mientras el inductor (9) y el rociador (10) están inactivos;
- 10 b) la unidad de endurecimiento (7) en el caso de un inductor auxiliar activo (8) y un inductor inactivo (9) así como un rociador inactivo (10) se mueve con una primera velocidad ( $v_1$ ) en el sentido de procesamiento (B) con respecto a la pieza de trabajo (2),
- 15 **caracterizado porque:**
- c) en el caso del inductor auxiliar (8) todavía activo pero el rociador (10) inactivo, se activa el inductor (9) mediante la solicitud con una corriente alterna y se ajusta una segunda velocidad ( $v_2$ ),
- 20 d) en el caso del inductor (9) activo y el inductor auxiliar (8) activo, se activa el rociador (10) y se ajusta una tercera velocidad ( $v_3$ );
- e) en el caso del inductor (9) activo y el rociador activo (10), se desactiva el inductor auxiliar (8) y se ajusta una cuarta velocidad ( $v_4$ );
- f) se desactiva el inductor (9).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la unidad de endurecimiento (7) y la superficie anular (1) permanecen en reposo directamente tras la activación del inductor auxiliar (8).
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** directamente tras la activación del inductor auxiliar (8) se ajusta una velocidad negativa.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación de una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la segunda velocidad ( $v_2$ ) es mayor que la primera velocidad ( $v_1$ ).
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la segunda velocidad ( $v_2$ ) y la tercera velocidad ( $v_3$ ) son iguales.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** tras la activación del rociador (10) y antes de la desactivación del inductor auxiliar (8) se ajusta una quinta velocidad ( $v_5$ ), que es mayor que la tercera velocidad ( $v_3$ ) y la cuarta velocidad ( $v_4$ ).
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** se varía la potencia del inductor (9), estando aumentada la potencia en un intervalo a continuación de su activación con respecto a un intervalo posterior.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** se varía la potencia del inductor auxiliar (8), estando aumentada la potencia en un intervalo a continuación de su activación con respecto a un intervalo posterior.
- 40 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** se determina un punto de referencia para el control de la unidad de endurecimiento (7) mediante una marca (12) sobre la superficie anular (1) y un sensor (11) asociado a la unidad de endurecimiento (7).

**Fig.1**





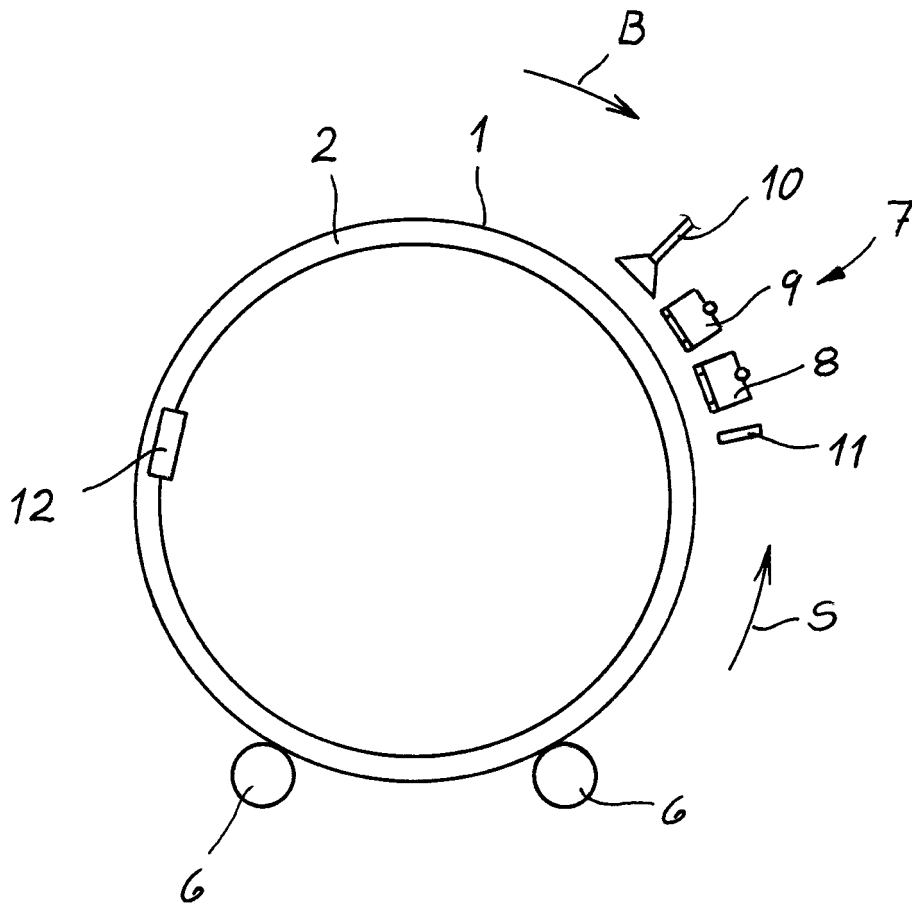


Fig.2

Fig. 3

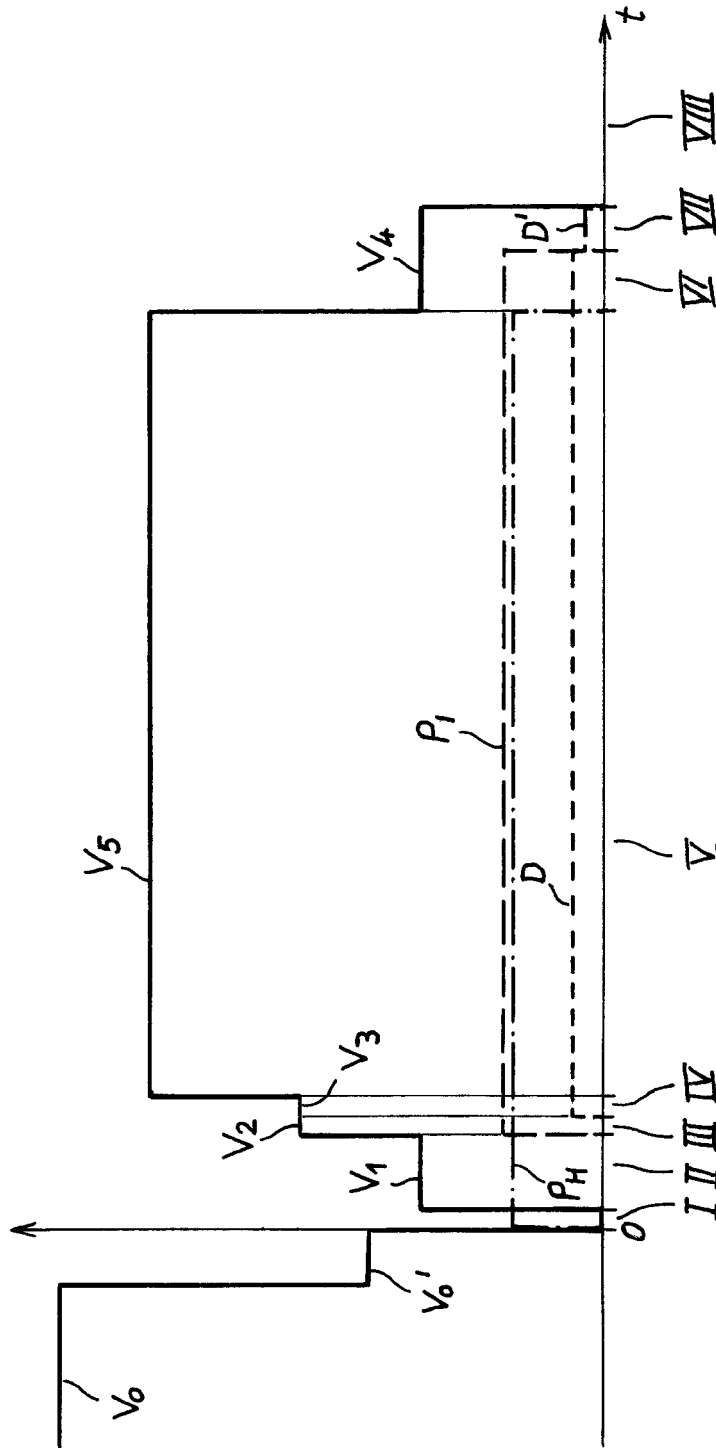


Fig.4

