

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 657**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04 (2006.01)

C23C 28/00 (2006.01)

C23C 2/28 (2006.01)

C23C 2/26 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2016 PCT/EP2016/058226**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.12.2016 WO16198186**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016 E 16718628 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3303641**

54 Título: **Método para la conformación en caliente de un componente de acero**

30 Prioridad:

08.06.2015 DE 102015210459

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

30.03.2021

73 Titular/es:

**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Berliner Ring 2
38440 Wolfsburg, DE**

72 Inventor/es:

**GRAUL, MATTHIAS;
HARTMANN, HAUCKE-FREDERIK y
LASS, JAN**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 815 657 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 para la conformación en caliente de un componente de acero

5 La invención se refiere a un método de conformación en caliente de un componente de acero según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 En la construcción de carrocerías de vehículos, especialmente en el área del compartimento de pasajeros, se pueden utilizar componentes de acero conformados en caliente de alta o ultraalta resistencia, por ejemplo, para una columna B, un refuerzo de túnel o un larguero. En la conformación en caliente, una pletina de acero se calienta en un horno hasta el punto de austenización completa (a unos 920 °C). La pletina de acero se coloca en una herramienta de conformación (por ejemplo, una prensa de embutición profunda) en estado caliente y se endurece por temple durante el prensado. De esta manera, la estructura inicial ferrítico-perlítica relativamente blanda del componente de acero se convierte en una estructura de martensita dura con resistencias dependientes del material en el intervalo de más de 1000 MPa. Generalmente se utilizan aceros aleados al boro con, por ejemplo, un 0,24 % de carbono, donde el comportamiento de conversión puede ser controlado mediante la aleación (especialmente con boro), y la resistencia alcanzable mediante el contenido de carbono.

15 Por el documento EP 2 242 863 B1 se conoce un método para la conformación en caliente de un componente de acero de este tipo. Antes de llevar a cabo la etapa de tratamiento térmico en el horno, el componente de acero se somete a una etapa de pretratamiento previa desde el punto de vista de la técnica de procesos, en la que se forma una capa de protección contra la formación de cascarilla de una aleación de aluminio-silicio sobre la superficie metálica del componente de acero. Esta se aplica sobre el componente de acero con un método de inmersión en baño fundido.

20 Durante el tratamiento térmico, la temperatura del horno se sitúa en el intervalo de 900 a 940 °C, mientras que el tiempo de permanencia en el horno es de unos 4 a 10 minutos. Por esta razón, en el estado de la técnica no se puede utilizar un recubrimiento de zinc convencional en lugar del recubrimiento de aluminio-silicio mencionado anteriormente. Tal recubrimiento de zinc gotearía o se quemaría con las temperaturas de horno indicadas.

25 El recubrimiento de aluminio-silicio que actúa como capa de protección contra la formación de cascarilla presenta los siguientes inconvenientes: Por ejemplo, el recubrimiento de aluminio-silicio da como resultado una estructura superficial rugosa y dura del componente de acero, lo cual provoca un fuerte desgaste de la herramienta durante el endurecimiento en prensa. Además, se crea una estructura de capas laminares muy acentuada con propiedades de capa muy variables así como una adherencia de capa al material de base en general limitada, que es del orden de 20 N/mm². Además, el recubrimiento de aluminio-silicio provoca una elevada tendencia a la corrosión en los bordes del componente de acero, así como una reducción de la vida útil de las tapas en caso de soldadura por resistencia. El recubrimiento de aluminio-silicio también afecta a la calidad de la unión soldada: el aluminio y el silicio no se evaporan durante el proceso de soldadura, sino que se solidifican en el cordón de soldadura, lo que puede causar puntos débiles en ese punto. Además, el recubrimiento de AlSi tiene tendencia a desprenderse o a resultar dañado durante y después de la conformación en caliente. Debido a la ausencia de una protección a largo plazo en comparación con un recubrimiento de zinc, es más probable que se produzca corrosión.

30 Por el documento EP 1 439 240 A1 se conoce un método de tipo genérico para la conformación en caliente de un componente de acero. Por el documento EP 2 848 709 A1 se conoce un método para la fabricación de un componente de acero provisto de un recubrimiento metálico que protege contra la corrosión. Por la publicación "M. Windmann, A. Röttger, W. Theisen: Formation of intermetallic phases in Al-coated hot-stamped 22MnB5 sheets in terms of coating thickness and Si content; en: *Surface and Coating Technology*, 246, 2014, 17-25" se conocen capas de protección contra la formación de cascarilla de Al-Si de piezas de acero.

35 El objetivo de la invención consiste en proporcionar un método para la fabricación de un componente de acero conformado en caliente, en el que la conformación en caliente pueda llevarse a cabo de manera más sencilla, con mayor seguridad de proceso y de manera más eficiente que en el estado de la técnica.

40 Este objeto se consigue mediante las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se divulgan perfeccionamientos preferidos de la invención.

45 La invención se basa en el problema de que el proceso de conformación en caliente convencional lleva aparejado un gran desgaste de la herramienta de conformación debido a la superficie metálica dura y rugosa del componente de acero. En este contexto, después de la aplicación de la capa de protección contra la formación de cascarilla, según la invención se lleva a cabo una etapa de pretratamiento adicional, en la que tiene lugar una oxidación de la superficie. Como resultado, sobre la capa de protección contra la formación de cascarilla se forma una capa de oxidación inerte y resistente a la corrosión que permite reducir el desgaste abrasivo de la herramienta durante la etapa de conformación posterior.

50 La oxidación de la superficie tiene lugar de manera sencilla desde el punto de vista de la técnica de procesos mediante una pasivación por decapado. Para la pasivación por decapado, el componente de acero es tratado con una solución de decapado en un baño de decapado y, a continuación, se seca al aire a temperatura ambiente, por ejemplo. La solución de decapado es una solución acuosa de ácido fosfórico.

Mediante la capa de oxidación adicional se reduce la rugosidad de la superficie metálica del componente de acero, con lo cual se reduce el desgaste abrasivo de la herramienta en la etapa de conformación. Además, se puede evitar un desgaste prematuro de cualquier portacomponentes presente que transfiera el componente de acero a través del horno de tratamiento térmico: En el estado de la técnica, durante la transferencia en el horno tienen lugar procesos de difusión entre la capa de AISi del componente de acero y el portacomponentes (especialmente cuando se utilizan rodillos cerámicos), lo que provoca un fallo prematuro de los rodillos cerámicos. Tales procesos de difusión se reducen significativamente mediante la capa de oxidación adicional según la invención. Además, el tiempo de paso a través del horno puede reducirse ya que, según la invención, no es necesario que el proceso de aleación entre la capa de AISi y el material de base del componente de acero haya concluido completamente con el fin de proteger los rodillos portacomponentes. Gracias a una mejor protección del sustrato se pueden tolerar tiempos de paso a través del horno más largos.

Para reducir aún más la rugosidad de la superficie del componente de acero, antes de llevar a cabo la etapa de tratamiento térmico tiene lugar una tercera etapa de pretratamiento. En la tercera etapa de pretratamiento se aplica una capa superior de alta temperatura de fusión en un baño de inmersión. La capa superior es una capa de titanio-circonio o una capa de óxido de titanio que cubre la capa de oxidación resistente a la corrosión. En la etapa de tratamiento térmico posterior, mediante esta capa superior adicional se evita que se fundan las capas subyacentes, es decir, especialmente la capa de protección contra la formación de cascarilla. Las dificultades que plantea el comportamiento de flujo pueden superarse con una aleación adecuada de esta capa superior.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la capa de protección contra la formación de cascarilla puede ser, en la práctica, una capa de aluminio-silicio, que se aplica sobre el componente de acero en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido o en un proceso de prelacado (*coil coating*), por ejemplo. Alternativamente, la capa de protección contra la formación de cascarilla puede ser también un recubrimiento de zinc o de zinc-hierro, que puede aplicarse sobre el componente de acero preferentemente en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido. Este tiene una temperatura de fusión inferior a la temperatura de tratamiento térmico (aprox. 920 °C) en el horno de tratamiento térmico, por lo que el zinc puede fundirse y efluir del componente de acero. Para evitarlo, el recubrimiento de zinc o zinc-hierro se cubre con la capa superior antes mencionada de óxido de metal o de una aleación de titanio-circonio, cuya temperatura de fusión es superior a la temperatura de tratamiento térmico en el horno. Esto evita que la capa de zinc/zinc-hierro se funda durante el tratamiento térmico.

El material de partida o el sustrato del componente de acero puede ser un acero bonificado aleado al manganeso-boro, por ejemplo, 20MnB5, 22MnB5, 27MnB5, 30MnB5. El espesor de capa total de la estructura de capas compuesta por la capa de protección contra la formación de cascarilla y la capa de oxidación resistente a la corrosión y, en su caso, la capa superior adicional, puede ser inferior a 20 µm o superior a 33 µm. La capa de oxidación o la capa superior pueden tener, preferentemente, una temperatura de fusión superior a 2000 °C, una resistencia a la flexión superior a 300 MPa, una resistencia a la compresión superior a 2000 MPa y una dureza Vickers superior a 1600 HV1.

Mediante un enmascaramiento del componente de acero durante al pasar por la pasivación por decapado (instalación de decapado) se puede ajustar una superficie metálica con propiedades superficiales localmente diferentes. También es posible lograr propiedades a medida mediante el recubrimiento selectivo de forma libre (es decir, la oxidación) de las bobinas o pletinas. La invención también mejora la soldabilidad y reduce el desgaste de las tapas en caso de usarse tapas para WPS. Además, la entrada de energía durante el corte y la soldadura por láser se mejora debido a un mayor grado de absorción del componente de acero. La capa de oxidación adicional resistente a la corrosión también forma una eficaz barrera de difusión de hidrógeno. Además, se produce una mejora de las posibilidades en cuanto a la garantía de calidad en línea mediante métodos termográficos al aumentar la emisividad (superficie más mate), así como una mejora de la resistencia al impacto de piedras en las zonas de corrosión.

En una forma de realización, la oxidación de la superficie según la invención en la segunda etapa de pretratamiento puede tener lugar en toda la superficie, así como en uno o ambos lados de la pieza de chapa de acero. Alternativamente, la oxidación de la superficie también puede ser parcial, formando al menos una sección de superficie sin capa de oxidación y una segunda sección de superficie con capa de oxidación. Estas secciones de superficie presentan, por lo tanto, diferentes rugosidades superficiales que, durante la etapa de conformación (es decir, en la prensa de embutición profunda), forman diferentes coeficientes de rozamiento estático con la superficie de la herramienta de conformación que se encuentra en contacto. De esta manera, el flujo de material puede ser controlado durante la conformación en caliente.

A continuación se describen otros aspectos y ventajas de la invención: En la etapa de tratamiento térmico, el componente de acero puede calentarse hasta una temperatura objetivo de al menos 945 °C, en particular utilizando un punto de detención del calentamiento en el intervalo de 600 °C. El tratamiento térmico puede tener lugar, preferentemente, en un intervalo de tiempo de entre aproximadamente 100 s y como máximo 4000 s. En caso de modos de calentamiento alternativos (inducción, conducción), estos valores pueden desviarse significativamente hacia abajo. Preferentemente, el componente de acero es una chapa de acero con un espesor de material en el intervalo de 0,4 a 4 mm, especialmente en el intervalo de 0,5 a 2,50 mm. A este respecto, la capa de oxidación según la invención está presente al menos antes, idealmente también durante así como después del paso por el horno. Después del tratamiento térmico, en la práctica común tiene lugar un traslado a una o más herramientas de conformación o herramientas de bonificación para la

conformación o la bonificación. En la herramienta de conformación tiene lugar el enfriamiento preferentemente hasta una temperatura final inferior a 600 °C, en particular hasta una temperatura final inferior a 400 °C.

5 Con tres etapas de pretratamiento en total, se obtiene un sistema de capas sobre el componente de acero de al menos cinco capas diferentes en total. A este respecto, la capa de oxidación impide de forma eficaz el contacto entre la superficie de la herramienta de conformación y las capas subyacentes (es decir, la capa de protección contra la formación de cascarilla, por ejemplo). A modo de ejemplo, bajo la capa de oxidación según la invención están formadas fases Al-Fe-Si, donde, en particular, se forma una fase Al-Fe entre estas fases y el material de base del componente.

10 Además, en la capa más externa del material de base (es decir, el sustrato) puede formarse una fina capa ferrítica que, en particular, tiene un espesor de capa inferior a 100 µm. Además, el componente de acero puede contener estructuras macroscópicas diferentes.

15 Mediante el uso de tecnologías de proceso comunes se pueden lograr resistencias localmente diferentes en el componente de acero. A modo de ejemplo, el componente de acero puede estar realizado como una pieza bruta laminada a medida (*tailored rolled blank*), una pieza bruta soldada a medida (*tailored welded blank*) o una pieza bruta a modo de parche (*patch blank*). Además, la estructura puede presentar componentes austeníticos residuales.

20 Los componentes de acero fabricados según la invención pueden utilizarse en diversos ámbitos, por ejemplo, en un vehículo, en particular un vehículo terrestre, un automóvil de pasajeros o un camión. Según la invención, es posible utilizarlos como perfil de seguridad en vehículos blindados.

25 Las configuraciones y/o los perfeccionamientos ventajosos de la invención explicados anteriormente y/o reproducidos en las reivindicaciones dependientes pueden aplicarse individualmente o en cualquier combinación entre sí, excepto, por ejemplo, en casos de claras dependencias o de alternativas incompatibles.

La invención y sus configuraciones y perfeccionamientos ventajosos, así como sus ventajas, se explican más detalladamente a continuación mediante dibujos.

30 Muestran:

la Figura 1 la estructura de capas en un componente de acero acabado después de la conformación en caliente;

35 la Figura 2 en un diagrama de bloques simplificado, las etapas de proceso para fabricar el componente de acero que se muestra en la Figura 1;

las Figuras 3 a 6 la estructura de capas en la superficie del componente de acero en diferentes etapas de proceso;

40 la Figura 7 en una segunda realización ilustrativa, la estructura de capas en un componente de acero acabado en una vista correspondiente a la Figura 1; y

la Figura 8 otra realización ilustrativa en una vista correspondiente a la Figura 1.

45 La Figura 1 muestra, a modo de ejemplo, un sistema de recubrimiento, formado por procesos de difusión en el horno, de un componente de acero 1 acabado después de la conformación en caliente. El material de base 3 (sustrato) del componente de acero 1 es, por ejemplo, 22MnB5. Directamente sobre el material de base 3 hay formada una zona de difusión 5, seguida de otras capas de aleación en el exterior, a saber, una zona 7 de hierro-aluminio-silicio, una zona 9 de hierro-aluminio, una zona 11 de hierro-aluminio-silicio-manganeso, una zona 13 de hierro-aluminio así como una zona 15 de óxido de aluminio, una capa 17 de oxidación y, como capa superior 19, una capa de óxido de titanio.

50 La estructura laminar identificada con el número de referencia 2 en la Figura 1 corresponde a un sistema de recubrimiento tal como se conoce en el estado de la técnica. Además, la estructura laminar está cubierta por la capa de oxidación 17 y la capa superior 19. Estas reducen, entre otras cosas, la rugosidad de la superficie metálica del componente de acero 1, lo que reduce el desgaste abrasivo de la herramienta en la etapa de conformación, así como durante la transferencia en el horno.

55 A continuación, con ayuda de las figuras 2 a 6 se describe el método de fabricación del componente de acero 1 mostrado en la Figura 1: Así, en la Figura 2, el material de base 3 del componente de acero 1 se somete primero a un pretratamiento I en preparación para la conformación en caliente. El pretratamiento I incluye, entre otras, las etapas de proceso Ia, Ib e Ic, que se muestran en la Figura 2. En la etapa de proceso Ia tiene lugar un recubrimiento por inmersión en baño fundido, en el que se aplica la capa de aluminio-silicio 15 sobre el material de base 3 del componente de acero. Esta sirve como una capa de protección contra la formación de cascarilla durante el tratamiento térmico. En la siguiente etapa de proceso Ib, se lleva a cabo una pasivación por decapado, en la que el componente de acero 1 es tratado con una solución de decapado en un baño de decapado y, a continuación, se seca al aire a temperatura ambiente. La solución de decapado puede ser, por ejemplo, una

solución acuosa de un ácido, de una base o tener un valor de pH neutro, por ejemplo, ácido fosfórico, por medio de la cual se forma la capa de oxidación 17 inerte y resistente a la corrosión sobre la capa de aluminio-silicio 15.

5 A continuación, en una tercera etapa de proceso Ic, se lleva a cabo otro recubrimiento por inmersión en baño fundido, en el que se aplica la capa 19 de óxido de titanio como capa superior.

10 La Figura 3 muestra el componente de acero 1 después de la etapa de proceso Ia, es decir, con la capa de AlSi 15. En la Figura 4, el componente de acero 1 se muestra después de la etapa de proceso Ib (es decir, después de la pasivación por decapado) con la capa de oxidación 17 adicional, mientras que la Figura 5 muestra el componente de acero 1 después de la etapa de proceso Ic, con la capa superior 19 adicional.

15 Después del pretratamiento I, el componente de acero 1 se transfiere a un horno de tratamiento térmico, en el que se realiza el tratamiento térmico II. Para ello, el componente de acero 1 se calienta a una temperatura objetivo de, por ejemplo, al menos 945 °C, de forma ilustrativa durante un periodo de proceso predefinido, que puede situarse en el intervalo de, por ejemplo, 100 hasta como máximo 4000 s. Debido a los procesos de difusión en el horno, el sistema de recubrimiento mostrado en la Figura 6 se forma sobre la superficie del componente de acero 1. El componente de acero 1, que todavía se encuentra en estado caliente, se somete a continuación a una conformación en caliente III, en la que el componente de acero 1 es a la vez conformado en caliente y endurecido por temple.

20 En la realización ilustrativa anterior, la capa de protección contra la formación de cascarilla 15 es una capa de Al-Si. En su lugar, la capa de protección contra la formación de cascarilla 15 también puede ser un recubrimiento de zinc o de zinc-hierro.

25 Esta puede aplicarse sobre el componente de acero 1 preferentemente en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido.

30 En la Figura 7 se muestra un componente de acero 1 según una segunda realización ilustrativa, cuyo sistema de recubrimiento es esencialmente idéntico al sistema de recubrimiento mostrado en la Figura 1. Como alternativa a la Figura 1, en la Figura 7 se omite la capa superior 19, de modo que la capa de oxidación 17 queda expuesta al exterior.

35 La Figura 8 muestra otro componente de acero 1, en el que la capa de oxidación 17 también está expuesta al exterior. La superficie del componente de acero 1 se divide en la Figura 8 en una sección de superficie 21 sin capa de oxidación 17 y una sección de superficie 23 con capa de oxidación 17. Las dos secciones de superficie 21, 23 presentan diferentes rugosidades superficiales, que forman diferentes coeficientes de rozamiento estático con respecto a la superficie de la herramienta de conformación en la siguiente etapa de conformación III, por lo que el flujo de material puede ser controlado durante la conformación en caliente. Estas diferentes secciones de superficie 21, 23 pueden ajustarse, por ejemplo, mediante un enmascaramiento del componente de acero 1 al pasar por la pasivación por decapado (instalación de decapado).

REIVINDICACIONES

1. Método de conformación en caliente de un componente de acero (1), que se calienta en una etapa de tratamiento térmico (II) a un intervalo de austenización completa o parcial, y el componente de acero (1) calentado se conforma en caliente y se endurece por temple en una etapa de conformación (III), donde, previamente a la etapa de tratamiento térmico (II), desde el punto de vista de la técnica de procesos, tiene lugar una primera etapa de pretratamiento (Ia), en la que el componente de acero (1) se dota de una capa de protección contra la formación de cascarilla (15), resistente a la corrosión, para protegerlo de la formación de cascarilla en la etapa de tratamiento térmico (II), donde, antes de llevar a cabo la etapa de tratamiento térmico (II), en una segunda etapa de pretratamiento (Ib) tiene lugar una oxidación de la superficie, en la que se forma una capa de oxidación (17) inerte y resistente a la corrosión sobre la capa de protección contra la formación de cascarilla (15), mediante la cual se reduce un desgaste abrasivo de la herramienta en la etapa de conformación (III), donde la oxidación de la superficie en la segunda etapa de pretratamiento (Ib) tiene lugar mediante pasivación por decapado y, para la pasivación por decapado, el componente de acero (1) es tratado con una solución de decapado en un baño de decapado y, a continuación, se seca, **caracterizado por que** la solución de decapado es una solución acuosa de ácido fosfórico, por que antes de llevar a cabo la etapa de tratamiento térmico (II) tiene lugar una tercera etapa de pretratamiento (Ic), en la que se forma una capa superior (19) de alta temperatura de fusión sobre la capa de oxidación (17) resistente a la corrosión en un baño de inmersión en fundido, y por que mediante la capa superior (19) se evita, en la etapa de tratamiento térmico (II) siguiente, una fusión de las capas (15, 17) subyacentes, donde la capa superior (19) es una capa de óxido de metal, a saber, una capa de óxido de titanio o una capa de titanio-circonio.
2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la capa de protección contra la formación de cascarilla (15) es una capa de aluminio-silicio que se aplica sobre el componente de acero (1) preferentemente en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido o en un proceso de prelacado (*coil coating*).
3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la capa de protección contra la formación de cascarilla (15) es una capa que contiene aluminio, que se aplica sobre el componente de acero (1) preferentemente en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido o en un proceso de prelacado.
4. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la capa de protección contra la formación de cascarilla (15) es un recubrimiento de zinc o de zinc-hierro que se aplica sobre el componente de acero (1) preferentemente en un proceso de recubrimiento por inmersión en baño fundido.
5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la oxidación de la superficie en la segunda etapa de pretratamiento (Ib) es parcial, formando al menos una sección de superficie (21) sin capa de oxidación (17) y una sección de superficie (23) con capa de oxidación (17), y por que las secciones de superficie (21, 23) presentan diferentes rugosidades superficiales que forman diferentes coeficientes de rozamiento estático con respecto a la superficie de la herramienta de conformación en la etapa de conformación (III), con lo cual se puede controlar el flujo de material durante la conformación en caliente, y por que la oxidación de la superficie parcial se ajusta mediante un enmascaramiento del componente de acero (1) al pasar por la pasivación por decapado en la segunda etapa de pretratamiento (Ib).
6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de partida o sustrato (3) del componente de acero (1) es un acero bonificado aleado al manganeso-boro, en particular 20MnB5, 22MnB5, 27MnB5, 30MnB5.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el espesor de capa total (s) antes de la etapa de tratamiento térmico es inferior a 20 μm o superior a 33 μm .
8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa de oxidación (17) y/o la capa superior (19) tiene(n) una temperatura de fusión superior a 2000 °C, una resistencia a la flexión superior a 300 MPa, una resistencia a la compresión superior a 2000 MPa y una dureza Vickers superior a 1600 HV1.
9. Método según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa de protección contra la formación de cascarilla (15), la capa de oxidación (17) y la capa superior (19) se aplican sobre el sustrato (3) del componente de acero (1) antes de la etapa de tratamiento térmico (II), y por que, durante la etapa de tratamiento térmico (II), mediante procesos de difusión se forman bajo la capa de oxidación (17) fases o capas (5 a 15) adicionales, en particular una fase Al-Fe-Si (7), una zona Al-Fe (9), una zona Al-Fe-Si-Mn (11), una zona Fe-Al (13) y una zona de óxido de aluminio.

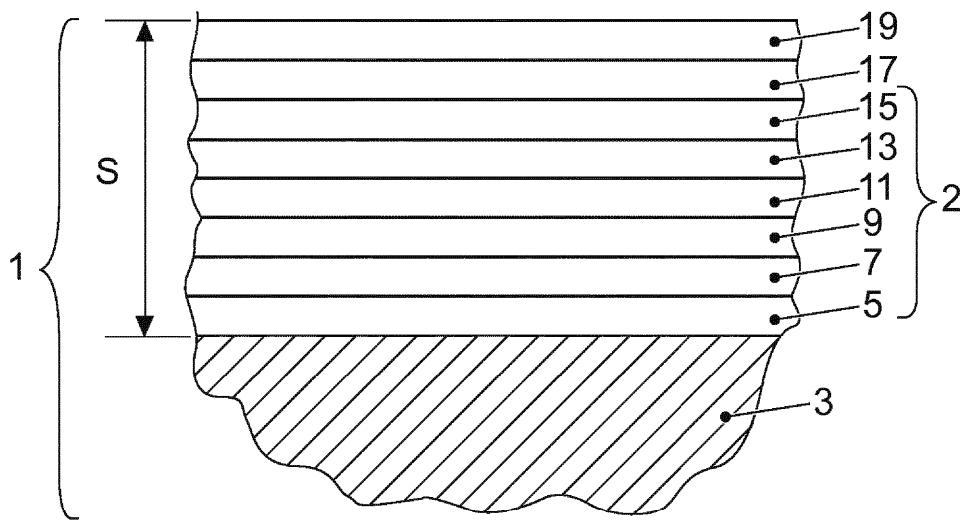


FIG. 1

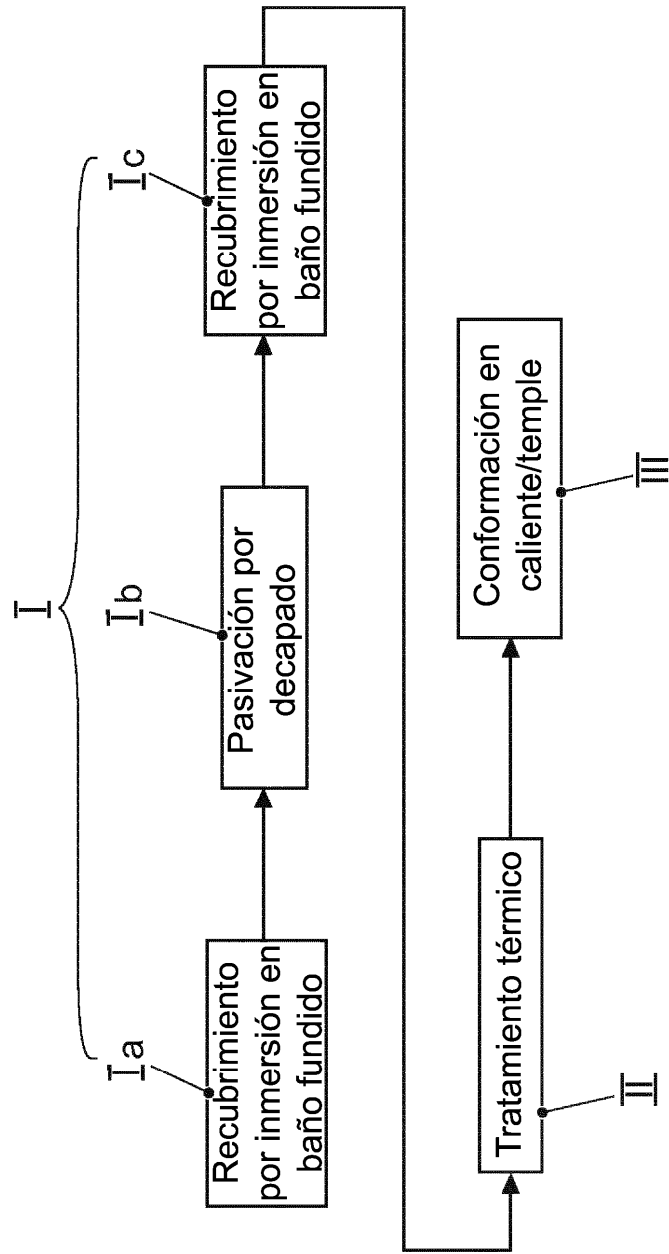


FIG. 2

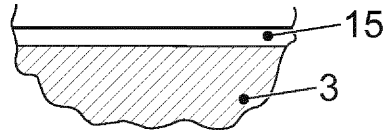


FIG. 3

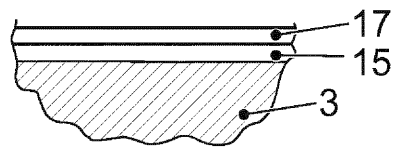


FIG. 4

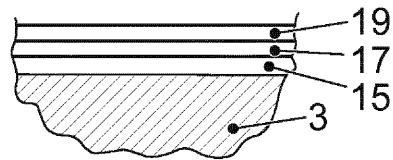


FIG. 5

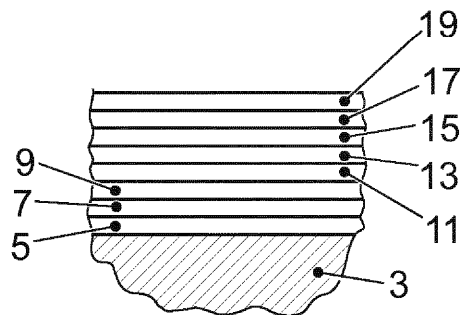


FIG. 6

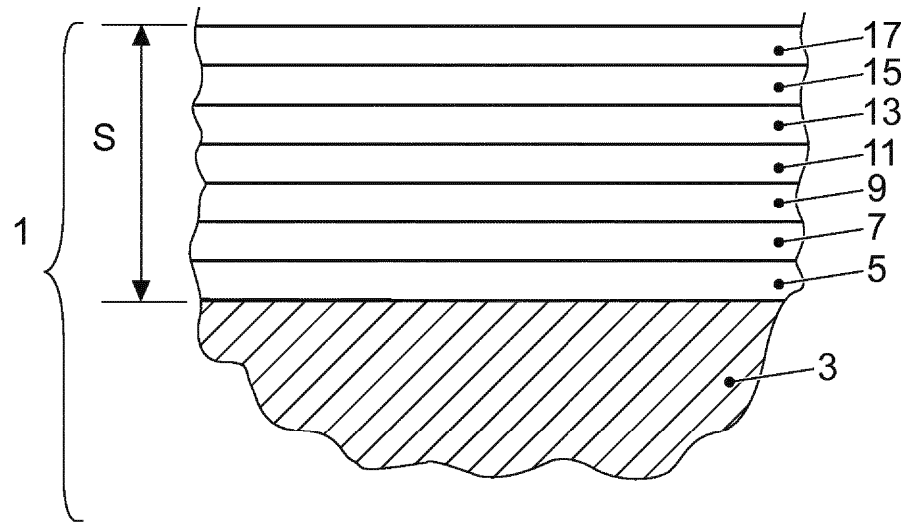


FIG. 7

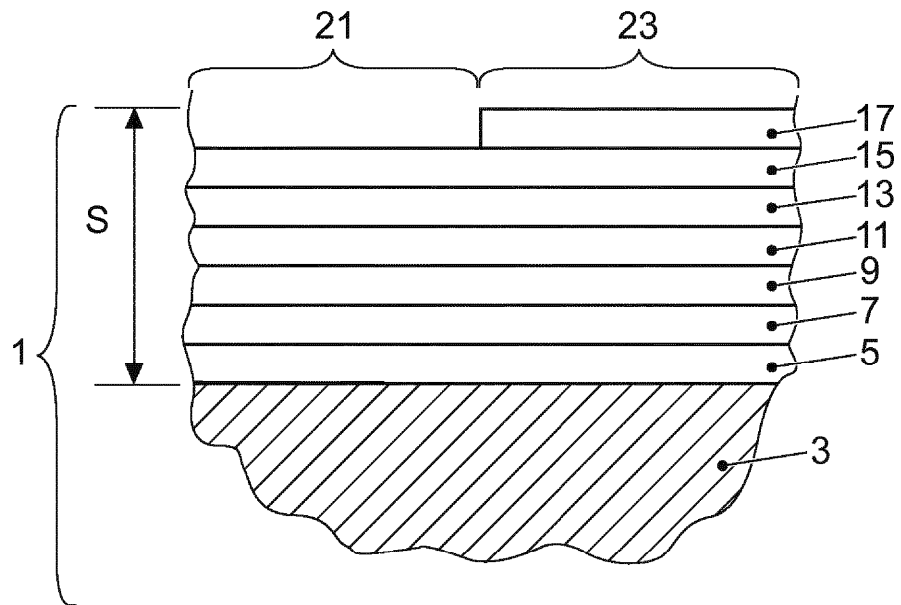


FIG. 8