



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 350 604**

51 Int. Cl.:
B23K 20/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07114287 .1**

96 Fecha de presentación : **27.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1849552**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.10.2007**

54 Título: **Dispositivo para la unión de al menos dos componentes de diferentes tipos de materiales con un pico que presenta al menos un elemento de forma configurado como corte.**

30 Prioridad: **28.04.2005 DE 10 2005 019 758**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.01.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.01.2011

73 Titular/es:
HYDRO ALUMINIUM DEUTSCHLAND GmbH
Friedrich-Woehler-Strasse 2
53117 Bonn, DE

72 Inventor/es: **Maier, Christof y**
Schroder, Dietmar

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 350 604 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

Dispositivo para la unión de al menos dos componentes de diferentes tipos de materiales con un pico que presenta al menos un elemento de forma configurado como corte.

La presente invención se refiere a un dispositivo para la unión de al menos dos componentes de diferentes tipos de materiales, en particular componentes metálicos de diferentes tipos de materiales, con distintos puntos de fusión mediante soldadura por fricción agitación según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase en particular WO 01/28732 A).

La soldadura por fricción agitación ofrece una serie de ventajas respecto a otros procedimientos de unión. Así debe emplearse, por ejemplo, en el remachado por estampado empleado frecuentemente, un elemento auxiliar de unión por lo que se generan un peso adicional así como costes adicionales. Otro procedimiento estándar es la unión mecánica, no obstante, no consiguiéndose frecuentemente una rigidez suficiente de la unión generada.

En la soldadura por fusión o soldadura blanda de diferentes tipos de materiales, en particular de materiales de aluminio o acero, se producen en la práctica en la zona de la mezcla de los materiales fases intermetálicas que conducen a una fragilidad no deseada del cordón de soldadura.

Otro procedimiento de unión conocido es la soldadura por fricción, en la que una de las piezas a unir se pone en rotación y bajo presión axial se presiona con su cara frontal sobre la superficie frontal de una segunda pareja de unión en reposo. En este caso en la zona de las superficies frontales se produce una unión de las piezas (Lexikon Produktionstechnik Verfahrenstechnik, redactor.: Heinz M. Hiersig, VDI-Verlag Düsseldorf, 1995). Una desventaja en la soldadura por fricción es que sólo pueden unirse entre sí piezas simétricas en rotación o al menos rotativas.

Por el Instituto de Investigación de Materiales del Centro Alemán Aeroespacial (DLR) se conoce además un procedimiento para la soldadura por fricción agitación de componentes dispuestos unos respecto a otros en una junta a tope (publicación de internet del DLR: <http://www.dlr.de/wf/forschung/fsw>). En el procedimiento conocido se presiona un pico rotativo que sobresale de un hombro cilíndrico con gran fuerza en la junta a tope de dos chapas y se mueve a lo largo de la línea de unión. El material se calienta por el rozamiento entre hombro y herramienta y se mezcla por la rotación del pico, de forma que las chapas se unen en un proceso de conformación en caliente. En este caso se conoce que las parejas de unión a conectar pueden ser componentes de aluminio y acero. En este caso el aluminio se ablanda a lo largo de la línea de unión por la herramienta de fricción agitación y se transpone en un estado pastoso. El borde de unión en el lado del acero permanece en este caso en un estado sólido y se trata mecánicamente por la herramienta.

Una desventaja del procedimiento conocido es que la herramienta de fricción agitación se rompe fácilmente en la práctica, ya que durante el avance a lo largo de la línea de unión actúa una elevada carga transversal en particular sobre el pico. Este peligro es especialmente elevado en el momento del inicio de la soldadura si la herramienta de unión todavía no ha alcanzado su temperatura de funcionamiento y por consiguiente presenta todavía una gran fragilidad. Otra

desventaja es que debido al procedimiento de unión y al tipo de cordón es necesaria una sujeción maciza de los componentes y soporte, en particular de la cara posterior del componente opuesta a la herramienta de unión, para que los componentes no puedan moverse de su posición prevista durante el proceso de unión debido a las elevadas fuerzas que actúan. Por este motivo el procedimiento sólo puede utilizarse de forma limitada para aplicaciones determinadas, en particular aplicación en el sector de la automoción, como construcción de carrocerías. Finalmente en el procedimiento conocido no es posible hasta ahora una detección completa de la raíz de la costura.

Además, de la práctica se conoce que se han realizado soldaduras de solape a lo largo de una línea de unión entre acero y aluminio. Sin embargo, en este caso no se han obtenido hasta ahora resultados de soldadura satisfactorios.

Finalmente de la práctica se conoce un procedimiento para la unión por puntos de componentes de aluminio dispuestos superpuestos mediante soldadura por fricción agitación, que se emplea en particular en la fabricación de las puertas de los automóviles. En el procedimiento conocido un hombro de herramienta, así como un pico de la herramienta de unión que sobresale del hombro se ponen en rotación alrededor del eje longitudinal del pico. Mediante un movimiento de la herramienta de unión en la dirección del eje longitudinal del pico se pone éste en la zona de superposición de los componentes esencialmente perpendicularmente sobre la superficie del primero de los componentes a unir y se introduce en parte en el segundo componente a través del primer componente a unir. En este caso se produce una fusión y mezcla de los materiales de los componentes en la zona del pico introducido. Al introducir el pico el hombro de herramienta rotativo entra en contacto con la superficie del primer componente, por lo que se consigue un calentamiento y ablandamiento posterior de los componentes. Para apoyar el proceso de llenado de la abertura generada por el pico en los componentes con material de los componentes, el hombro puede introducirse en este caso en parte en el primero de los componentes. A continuación el pico se retrae en el hombro. Después de la retracción completa del pico en el hombro, la herramienta de unión se aleja de los componentes y el material fundido se solidifica. En la zona en la que el pico se ha introducido en los componentes se origina por consiguiente una unión de soldadura por puntos entre los componentes. Este proceso puede repetirse para la fabricación de una unión de soldadura por puntos en otros puntos del componente. Con el procedimiento conocido es posible fabricar en serie uniones de soldadura por puntos de partes de aluminio del mismo tipo mediante soldadura por fricción agitación, apareciendo un menor desgaste de la herramienta ya que sobre la herramienta de unión no actúa una carga transversal elevada.

No obstante, en particular en la industria del automóvil es deseable fabricar uniones entre componentes de diferentes tipos, por ejemplo entre componentes de aluminio y de acero, y de esta manera adaptar los componentes de forma óptima a las cargas que aparecen durante el funcionamiento y al mismo tiempo conseguir los mayores ahorros posibles de peso.

Los documentos de patente US 5,893,507 A, US 5,697,544 A, US 6,676,008 B1 así como el documento JP 2002-079383 dan a conocer cada vez un dispo-

sitivo para la soldadura por fricción agitación con un hombro y un pico, pudiendo presentar el pico una rosca, surcos o muescas. Mediante estas configuraciones del pico puede conducirse el material ablandado en la soldadura de fricción agitación y puede mezclarse.

La invención tuvo el objetivo de proporcionar un dispositivo del tipo mencionado al inicio, con el que puedan fabricarse con productividad elevada uniones de soldadura de gran calidad entre componentes de diferentes tipos de materiales. El dispositivo debe ser apropiado en particular para la aplicación en el sector de la automoción.

El objetivo se resuelve por un dispositivo para la unión de al menos dos componentes de diferentes tipos de materiales, en particular componentes metálicos de diferentes tipos de materiales, con distintos puntos de fusión mediante soldadura por fricción agitación según la reivindicación 1.

El dispositivo es apropiado para un procedimiento de unión de al menos dos componentes de diferentes tipos de materiales, en particular componentes metálicos de diferentes tipos de materiales, mediante soldadura por fricción agitación, en el que los componentes se superponen unos con otros al menos parcialmente, en el que un hombro de un dispositivo de unión y un pico del dispositivo de unión, que puede desplazarse entre una posición que sobresale del hombro en la dirección de su eje longitudinal y una posición retraída en el hombro, se ponen en rotación alrededor del eje longitudinal de pico, en el que el pico rotativo se introduce en la zona de superposición de los componentes en la dirección de su eje longitudinal en el primero de los componentes que forman la superposición, al menos hasta alcanzar la superficie del segundo de los componentes que forma la superposición, en el que el pico se retrae a continuación de los componentes a unir y en el que se conduce por ejemplo, una corriente eléctrica a través de los componentes a unir.

La invención se basa en el conocimiento sorprendente de que materiales de diferentes tipos pueden unirse entre sí con el dispositivo según la invención para la soldadura por fricción agitación, de forma que se genera una unión por soldadura que cumple elevados requerimientos. En este caso debido a la carga transversal que no aparece en la práctica sobre el dispositivo de unión se consigue un pequeño desgaste de la herramienta y con ello una elevada productividad. En este caso en particular es posible sorprendentemente unir de forma satisfactoria materiales con, por ejemplo, puntos de fusión y/o resistencias considerablemente diferentes, según es el caso, por ejemplo, en materiales de aluminio por un lado y materiales de acero por otro lado.

En este caso se ha demostrado en particular que es suficiente para una unión suficientemente fija entre los componentes de diferentes tipos si el pico se introduce esencialmente sólo hasta la superficie del segundo componente. Una fusión del segundo componente, así como una introducción del pico en el segundo componente no son necesarias de forma obligatoria para la consecución de una unión satisfactoria.

El concepto “de diferentes tipos” significa en el contexto de la invención que los componentes se diferencian en al menos una de sus propiedades de forma considerable para el proceso de unión. Las diferencias de los componentes pueden encontrarse en este caso, por ejemplo, en sus propiedades mecánicas (por ejemplo, resistencia, etc.) propiedades físi-

co-químicas (por ejemplo, punto de fusión, densidad, etc.), propiedades magnéticas (por ejemplo, propiedades eléctrico/magnéticas, etc.) o propiedades técnicas en el tratamiento. Un ejemplo de diferentes tipos de materiales en el sentido de la invención son materiales de aluminio por un lado y materiales de acero por el otro lado. No obstante, también pueden concebirse naturalmente otras combinaciones de materiales, por ejemplo, empleando materiales de magnesio.

El pico se introduce habitualmente en la zona de superposición de los componentes esencialmente perpendicularmente a la superficie del primer componente. Tanto el pico como también el hombro pueden presentar de forma especialmente sencilla una forma esencialmente cilíndrica. En este caso el hombro puede estar configurado en forma de un cilindro hueco, correspondiéndose el diámetro de la cavidad esencialmente con el diámetro del pico, y la longitud de la cavidad se corresponde esencialmente a la longitud del pico, de forma que éste puede retraerse de forma sencilla en el hombro.

El primer componente que entra en contacto con el pico rotativo se calienta por la fricción que aparece entre el pico rotativo y el componente, de forma que localmente se produce un ablandamiento, es decir, para la transición del material a un estado pastoso, no obstante, se produce en particular una fusión. Con ello el pico puede introducirse en el primer componente mediante una fuerza axial que actúa en la dirección de su eje longitudinal. En este caso el material del primer componente se desplaza por el pico. Esto puede realizarse por un lado por una compactación del material en las zonas del primer componente que rodean al pico. Por otro lado una parte del material puede desplazarse a la superficie del componente.

El pico rotativo se introduce en el primer componente al menos hasta alcanzar la superficie del segundo componente. El pico penetra así completamente el primer componente en la zona de superposición. En este caso se produce una unión de los materiales de los componentes en la zona de contacto de los componentes. No es necesario de forma obligatoria un ablandamiento o fusión del segundo componente. Más bien, también por ablandamiento o fusión sólo del primer material del primer componente y la mezcla de este material que se realiza por el pico rotativo puede generarse una unión suficientemente fija de los componentes en la zona de superposición, de forma que el material del primer componente se adhiere al material del segundo componente. En el caso de una fusión adicional del segundo componente tiene lugar una mezcla de los materiales fundidos, y se consigue de esta manera una unión entre los componentes.

Básicamente puede concebirse naturalmente que el pico se introduzca hasta que penetra al menos parcialmente también el segundo componente.

Al retraer el pico de los componentes, gracias al material ablandado, en particular fundido al menos del primer componente se produce un amplio llenado de la abertura dejada por el pico con material ablandado o fundido.

A continuación se solidifica el material en la zona de introducción del pico y se produce una unión de soldadura por puntos de los componentes.

Las uniones por soldadura generadas de esta manera, en particular entre componentes metálicos de diferentes tipos de materiales, como por ejemplo, materiales de aluminio y de acero, se destacan por sus

zonas muy estrechas de fases intermetálicas entre los componentes. Las uniones por soldadura poseen por ello una pequeña fragilidad y así resisten las grandes cargas que aparecen en particular en el sector de la automoción.

Además, se consigue una elevada duración de la herramienta de los dispositivos de unión empleados, ya que no es necesario un avance del pico a través de los componentes a lo largo de una línea de unión, sino que se realiza una soldadura por puntos de los componentes. Por consiguiente no aparece una carga transversal del pico. Las cargas del pico son por ello considerablemente reducidas y se aumenta la duración de la herramienta y la productividad. Finalmente debido al avance no necesario del pico a través de los componentes se reducen considerablemente los requerimientos en la sujeción y apoyo de los componentes, de forma que el procedimiento puede emplearse sin problemas en el sector de la automoción, en particular en la construcción de carrocerías. Los componentes pueden ser, por ejemplo, chapas de metal para la construcción de carrocerías.

Conforme al dispositivo según la invención están previstos medios para el movimiento del pico entre una posición que sobresale del hombro en la dirección de su eje longitudinal y una posición retraída en el hombro. El pico puede adoptar así en particular posiciones intermedias cualesquiera entre las posiciones máximas mencionadas. En particular están previstos en este caso medios de fijación correspondientes, mediante los que el pico puede fijarse en cada una de sus posiciones posibles.

Con el dispositivo según la invención puede llevarse a cabo el procedimiento de unión, mientras que conforme al dispositivo según la invención en el pico, en particular en su lado de cabeza, está previsto al menos un elemento de forma configurado como corte, y se aumenta aun más la calidad de la unión por soldadura generada. En este caso adicionalmente o alternativamente a uno o varios elementos de forma en el lado de cabeza del pico también puede estar previsto un elemento de forma configurado como corte en su superficie lateral. En particular mediante el pico provisto de al menos un elemento de forma configurado como corte tiene lugar un ablandamiento o fusión mejorados y mezcla del material ablandado o fundido. Mediante la introducción de, por ejemplo, elevaciones en el pico, en particular en la cabeza del pico, debido a una concentración de la superficie de contacto en la zona de las elevaciones se aumenta la presión aplicada por el pico en estas posiciones durante el proceso de unión. Por consiguiente mediante la configuración controlada de una topografía en el pico pueden provocarse ablandamientos o fusiones locales de forma controlada. También la mezcla del material ablandado o fundido puede influirse por consiguiente de forma controlada. De esta manera puede influirse el proceso de unión de forma controlada y la calidad de la unión generada se mejora aun más.

En particular si se unen componentes con distintos puntos de fusión, mediante la previsión controlada de los elementos de forma puede incorporarse el componente ablandado o fundido con el punto de fusión menor de forma mecánica en la pareja de unión con el mayor punto de fusión o pueden emplacarse en éste.

Una posibilidad para la configuración de los elementos de forma consiste en prever éstos en forma de elevaciones, por ejemplo, protuberancias, jorobas,

bultos o nudos. Las elevaciones pueden estar configuradas en este caso, por ejemplo, de forma radial, en forma circular o en forma de espiral sobre la superficie del pico. Mediante configuraciones semejantes puede controlarse de forma todavía más dirigida el proceso de unión.

Según la invención (véase la reivindicación 1), al menos un elemento de forma configurado como corte está dispuesto en el pico o está incorporado en éste. Mediante cortes semejantes pueden mecanizarse por arranque de viruta los componentes a unir por el pico. En este caso puede mecanizarse por arranque de viruta el segundo componente en la zona de su superficie mediante el pico. El mecanizado por arranque de viruta puede ocurrir después la penetración del primer componente gracia al pico. Si deben unirse, por ejemplo, componentes con distintos puntos de fusión, con un corte mediante un mecanizado por arranque de viruta puede crearse en el componente con el mayor punto de fusión una superficie óptima, naciente, así originada nuevamente, para la unión que se realiza a continuación. En este caso el material con mayor punto de fusión no debe fundirse necesariamente. La superficie se mecaniza más bien de forma que el material ablandado o fundido del componente con menor punto de fusión puede adherirse de forma óptima en el componente con mayor punto de fusión.

Además, pueden estar previstos medios para la conducción de una corriente eléctrica a través de los componentes a unir. Por consiguiente puede conducirse una corriente eléctrica a través de los componentes a unir. La corriente puede conducirse en este caso en particular en la zona de superposición de los componentes a través de los componentes.

Puede concebirse básicamente tanto en el lado del que se introduce el pico en el componente, como también en el lado opuesto de los componentes a unir electrodos respectivos para la introducción y para la evacuación de la corriente. Alternativamente es posible de forma especialmente sencilla la introducción de la corriente eléctrica a través del mismo dispositivo de unión, por ejemplo, a través del pico en los componentes. En este caso en el lado de los componentes opuesto del dispositivo de unión debe estar previsto sólo un electrodo para la evacuación de la corriente de los componentes.

La corriente eléctrica puede introducirse en los componentes básicamente como corriente continua o como corriente alterna, en particular también de forma pulsante. Los medios para la conducción de la corriente a través de los componentes presentan un dispositivo correspondiente para la generación de corriente. La corriente puede introducirse en los componentes en este caso tanto antes, mientras como también después del proceso de unión.

La corriente conducida a través de los componentes puede utilizarse con diferentes finalidades. Así por la corriente pueden retirarse, por ejemplo, impurezas entre los componentes a unir como capas de aceite, cinc, óxido o adhesivo antes del proceso de unión, mientras que éstas se evaporan por el calentamiento de los componentes generado por la corriente eléctrica. Impurezas semejantes pueden influir en otro caso de forma negativa en el resultado de la unión. También mediante la corriente pueden calentarse de forma controlada los componentes a unir antes, durante y después del proceso de unión y así pueden influirse de forma ventajosa en el proceso de unión.

Además es posible emplear la corriente como corriente de medición para una medición de la resistencia o en el caso de una corriente alterna para una medición de la impedancia. Para ello pueden estar previstos medios para la medición de la resistencia eléctrica que experimenta la corriente eléctrica al conducirse a través de los componentes a unir. La medición de la impedancia puede realizarse respecto a la medición de la resistencia óhmica con una exactitud elevada. En este registro las mediciones de impedancia se designan básicamente también como mediciones de resistencia. La medición de la resistencia puede realizarse de una forma especialmente sencilla, por ejemplo, a través de una medición de la caída de la tensión que genera la corriente eléctrica.

La resistencia eléctrica de los componentes se ve influida por impurezas en las superficies de los componentes. Con la ayuda de una medición de la resistencia, por ejemplo, pueden sacarse conclusiones por ello de la presencia de impurezas en los componentes o puede supervisarse la retirada de tales impurezas mediante una corriente eléctrica por una medición de la resistencia realizada de forma repetida en particular durante la retirada. Ya que la resistencia de los componentes cambia con la eliminación continua de las impurezas.

Además, se produce un cambio de la resistencia si se fabrica una unión por soldadura entre los componentes a unir. Por consiguiente mediante una medición de la resistencia antes, durante y/o después de la unión puede supervisarse también el mismo proceso de unión.

También es posible en el caso de que la corriente se introduzca en los componentes a través del pico del dispositivo de unión, que mediante una medición de la resistencia se supervise la profundidad de hundimiento del pico en los componentes. Ya que la resistencia que experimenta la corriente eléctrica al fluir a través de los componentes cambia en este caso con profundidad de hundimiento creciente del pico en los componentes.

Puede estar prevista una regulación del proceso que, teniendo en cuenta la información obtenida de la medición de la resistencia, controla el proceso, por ejemplo, la introducción del pico en los componentes de forma óptima para la unión de los componentes. En este caso pueden controlarse, por ejemplo, la velocidad de rotación, la velocidad de avance o también el recorrido de hundimiento de hombro y pico en los componentes. No obstante, básicamente pueden regularse también todos los otros parámetros relevantes para el proceso de unión en el marco de un control semejante.

Para otras aplicaciones y ventajas que se deducen de la introducción de una corriente eléctrica en los componentes o de una medición de la resistencia se remite a las aplicaciones y ventajas de la introducción de una corriente eléctrica en componentes o de una medición de la resistencia, contenidas en el registro de patente alemana con el número de referencia 10 2004 054 856.0 que nos devuelve igualmente a la solicitante.

Según una configuración preferida, el hombro rotativo puede entrar en contacto con la superficie del primer componente opuesta al segundo componente en la zona de superposición al menos temporalmente durante la introducción y/o retirada del pico. De esta manera se consigue mediante la fricción entre el

hombro rotativo y la superficie del componente un calentamiento posterior y por consiguiente ablandamiento o fusión de al menos el primer componente. La unión por soldadura entre los componentes se mejora con ello y la unión puede realizarse de forma más rápida. Además, el hombro en contacto con el primer componente impide que una gran cantidad de material del primer componente se desplace mediante pico a la superficie del componente. Naturalmente puede existir un contacto entre el hombro y la superficie del primer componente también antes y después de la introducción o retracción del pico. Un contacto entre el hombro y la superficie del primer componente comprende en este caso, por ejemplo, una insignificante introducción del hombro en el componente.

El pico puede introducirse en el primer componente de forma práctica y especialmente sencilla, en una posición que sobresale al menos en parte del hombro, mediante un movimiento del hombro que se realiza en la dirección del eje longitudinal de pico. En este caso el pico sobresale ya antes del contacto con el primer componente al menos en parte del hombro, así en particular posiblemente también completamente, y está fijado en esta posición saliente. Mediante un movimiento del hombro que se realiza en la dirección del eje longitudinal del pico se introduce el pico en el primer componente.

El pico también puede introducirse en el primer componente por desplazamiento en la dirección de su eje longitudinal desde una posición retraída al menos en parte en el hombro. En este caso puede conseguirse así, por ejemplo, en primer lugar mediante el hombro rotativo un calentamiento del primer componente, mientras que éste se pone en contacto con el primer componente. Luego el pico igualmente rotativo que sale del hombro se introduce en el primer componente. La introducción del pico es posible de forma simplificada debido al precalentamiento del componente por el hombro.

En este caso es posible que el pico se introduzca en la pieza en primer lugar en una posición fijada retraída en parte en el hombro por un movimiento axial del hombro y luego, por ejemplo, si el hombro ha alcanzado el primer componente se conduce posteriormente fuera del hombro y así se introduce más en los componentes. Alternativamente el pico puede estar completamente retraído en el hombro antes de la introducción en el componente.

También es posible una combinación de los dos tipos de la introducción del pico.

La retracción del pico de los componentes a unir puede realizarse de nuevo de forma especialmente sencilla en una posición que sobresale al menos en parte del hombro por un movimiento del hombro que se realiza en la dirección del eje longitudinal del pico. El pico se retrae en este caso así junto con el hombro del componente.

También es posible que el pico se retraiga en el hombro desde los componentes a unir mediante una retracción que se realiza desde la posición que sobresale al menos en parte del hombro. En este caso el hombro puede permanecer así, por ejemplo, en contacto con el primer componente mientras que el pico se extrae por un retraimiento en el hombro de los componentes. Mediante el contacto del hombro con el componente durante la retracción del pico puede mejorarse el llenado de la abertura dejada por el pico.

De nuevo es posible también una combinación de los dos tipos de la retracción del pico.

Básicamente es así posible que los movimientos del pico y del hombro se controlen de forma separada uno de otro. De esta manera se aumenta la flexibilidad.

El primero de los componentes que forma la superposición puede poseer en particular un punto de fusión menor que el segundo de los componentes que forma la superposición. El pico se introduce así en primer lugar en el componente con un punto de fusión menor. Este componente puede ablandarse y ser penetrado con menor rotación y menor fuerza axial aplicada que el segundo componente.

En este caso el primer componente puede ablandarse, en particular fundirse en la zona de efecto del dispositivo de unión, mientras que el segundo componente permanece esencialmente en estado sólido. También si al alcanzar el segundo componente éste no se ablanda esencialmente, mediante el ablandamiento del primer componente se consigue una unión por soldadura satisfactoria entre los componentes en la zona del pico introducido. En este caso el material ablandado o fundido del primer componente se adhiere al material del segundo componente. Para una unión semejante es suficiente correspondientemente una pequeña rotación y fuerza axial del pico. La zona de efecto del dispositivo de unión está en la primera línea de la zona del componente en la que se introduce el pico y la zona del componente adyacente a esta zona. No obstante, en el caso de contacto del hombro con la superficie del primer componente tiene lugar naturalmente también en esta zona un efecto.

No obstante, también es posible que el primer componente se ablande, en particular se funda, en la zona de efecto del dispositivo de unión, y que el segundo componente se ablande, en particular se funda, al menos localmente en la zona por debajo del pico introducido. El segundo componente se funde en este caso típicamente localmente en la zona en la que entra en contacto con el pico rotativo. Mediante un ablandamiento o fusión local semejante del segundo componente se mejora posteriormente la unión entre los dos componentes ya que se produce una mezcla de los materiales de los componentes ablandados o fundidos.

Según otra enseñanza el hombro puede retirarse del primer componente al menos temporalmente durante la introducción del pico contra la dirección de movimiento del pico. De esta manera existe entre el primer componente y el hombro un espacio libre al que puede llegar el material del componente desplazado por el pico que penetra en el componente.

Según otra configuración el hombro puede introducirse al menos temporalmente durante la retracción del pico al menos en parte en el primer componente. De esta manera por el hombro rotativo se calienta aun más el primer componente y por consiguiente se ablanda o funde aun más. Además, en la zona de introducción del hombro se desplaza el material del componente por el hombro que luego llega, por ejemplo, a la abertura causada por el pico en los componentes. Por ello se apoya el llenado de la abertura dejada por el pico al retraerse de los componentes, de forma que se mejora la unión entre los componentes y el aspecto de los componentes.

Para optimizar la unión entre los componentes puede preverse un apoyo de baño sobre el lado de los

componentes que se superponen opuesto al dispositivo de unión. Como apoyo de baño puede montarse, por ejemplo, una pieza metálica en la zona de la unión a fabricar en el lado del segundo componente opuesto al primer componente. Un apoyo de baño semejante impide una deformación indeseada del lado inferior de la unión de ensamblaje asignado al apoyo de baño y mejora por consiguiente la configuración de la unión de ensamblaje.

Para el caso de que una corriente eléctrica se conduzca a través de los componentes a unir, de forma especialmente sencilla es posible utilizar el apoyo de baño para la evacuación o introducción de la corriente de los componentes o a los componentes.

De forma práctica y especialmente apropiada el apoyo de baño puede conformarse por un componente mismo a unir. De esta manera no es necesario un apoyo de baño especial. Así es posible, por ejemplo, que el segundo componente presente en su lado opuesto al primer componente una forma que puede servir como apoyo de baño.

Para reducir posteriormente el desgaste de la herramienta, el pico y/o el hombro pueden calentarse previamente antes de la unión. De esta manera estos alcanzan ya antes del contacto con el componente una ductibilidad suficiente para impedir de forma segura la ruptura de la herramienta. El calentamiento previo puede realizarse, por ejemplo, por conducción de una corriente eléctrica a través del hombro y del pico. Pero también pueden concebirse otros procedimientos para el calentamiento previo del pico y del hombro.

Según una configuración preferida, la colocación del pico y/o del hombro sobre el primero de los componentes que forman la superposición puede determinarse mediante una medición de fuerza - recorrido y/o una medición del momento de giro. Al apoyar el pico o el hombro sobre un componente éste experimenta una resistencia mecánica que conduce a un aumento de las fuerzas necesarias para un avance. Este aumento puede determinarse en el marco de una medición de fuerza o de fuerza - recorrido y debe tomarse como indicio de haber alcanzado la superficie del componente. De esta manera puede determinarse con gran exactitud el punto de colocación. Naturalmente también es posible utilizar de forma complementaria o alternativa como criterio el aumento del momento de giro necesario para una conservación de la rotación al colocarse sobre una superficie del componente.

Según la invención es igualmente posible determinar la posición del pico durante la introducción, en particular la colocación del pico sobre el segundo de los componentes que forma la superposición, mediante una medición de la fuerza - recorrido y/o de una medición del momento de giro. Debido a los distintos tipos de materiales éstos tienen habitualmente diferentes propiedades mecánicas y físicas, por ejemplo, una resistencia diferente. Debido a estas diferencias al alcanzar el segundo componente cambia la fuerza necesaria para mantener el avance del pico. Igualmente cambia el momento de giro que es necesario para mantener la rotación de pico. Por consiguiente mediante una medición de la fuerza o de la fuerza - recorrido y/o una medición del momento de giro puede determinarse de forma especialmente precisa la posición del pico a determinar difícilmente de otro modo en los componentes, en particular el choque sobre el segundo componente. El proceso de unión puede optimizarse así aún más.

La colocación del pico sobre el segundo componente puede determinarse en este caso de forma especialmente adecuada si el hombro de la herramienta se coloca en primer lugar sobre el primer componente, y el pico se conduce desde el hombro en el componente

luego de una posición retraída al menos en parte en el hombro. No obstante, la colocación del pico sobre el segundo componente puede detectarse también luego si a la salida del pico del hombro de herramienta en el componente se superpone un movimiento del hombro en el primer componente o fuera de este.

Puede concebirse que entre el primer componente y el segundo componente se disponga al menos un tercer componente al menos en la zona de superposición. En este caso puede estar prevista una pluralidad de componentes entre el primer y el segundo componente. Así es posible que se realicen uniones multicapas, en particular uniones multichapa, siendo al menos dos componentes de diferentes tipos. En este caso puede concebirse que el tercer componente sea de diferente tipo a los otros dos componentes. No obstante, también es posible que el tercer componente no sea de diferente tipo a uno de los otros dos componentes.

Así puede concebirse, por ejemplo, que el primer componente sea una chapa de un material de aluminio y el segundo componente una chapa de un material de acero, mientras que el tercer componente previsto entre la primera y segunda chapa sea una chapa de un material de aluminio. En este caso el pico penetra para la unión de las chapas la primera y la tercera chapa de aluminio al menos hasta la superficie de la segunda chapa de acero. No obstante, también puede concebirse, por ejemplo, que la tercera chapa esté hecha de un material de acero de forma que el pico para la unión de las chapas también debe penetrar la tercera chapa de acero hasta al menos la superficie de la segunda chapa.

Alternativamente o adicionalmente en el lado del segundo componente opuesto al primer componente puede disponerse al menos un tercer componente en al menos la zona de superposición. De nuevo pueden disponerse naturalmente una pluralidad de componentes adyacentes al segundo componente. Puede concebirse que el primer y tercer componente estén hechos de materiales de tipos no diferentes, mientras que el segundo componente dispuesto entre el primer y tercer componente esté hecho de un material de diferente tipo al primer y segundo componente. Así es posible, por ejemplo, que el primer y tercer componente sean chapas de un material de aluminio, mientras que el segundo componente dispuesto entre el primer y tercer componente sea una chapa de un material de acero.

En el caso de unión de más de dos componentes es posible que un pico rotativo de un segundo dispositivo de unión se introduzca en la zona de superposición de los componentes en la dirección de su eje longitudinal en el componente exterior opuesto al primer componente exterior al menos hasta alcanzar la superficie del al menos un componente situado entre los componentes exteriores. En este caso está previsto así un segundo dispositivo de unión, y el pico del segundo dispositivo de unión se introduce del lado opuesto al pico del primer dispositivo de unión en los componentes dispuestos en la zona de superposición de unos sobre otros. De esta manera la unión de los componentes puede realizarse al mismo tiempo de dos la-

dos. En este caso los pines pueden introducirse cada vez sólo hasta la superficie respectiva a ellos asignada del componente central. No obstante, también puede concebirse que uno o ambos pines se introduzcan también en el componente central. Los pines se introducen habitualmente en posiciones opuestas en los componentes. En este caso también es posible básicamente que los pines se introduzcan hasta que se encuentran. Mediante el uso de un segundo dispositivo de unión puede conseguirse de forma especialmente rápida una unión de soldadura por puntos satisfactoria entre más de dos componentes. Un apoyo de baño no es necesario en este caso ya que esta tarea se asume por el segundo dispositivo de unión.

Finalmente puede concebirse que al menos uno de los componentes presente un revestimiento. Un revestimiento semejante puede ser, por ejemplo, una galvanización o aluminización. El revestimiento puede ser también un plaquado. Mediante un revestimiento semejante puede facilitarse la unión entre los componentes. Si como segundo de los componentes que forma la superposición se utiliza, por ejemplo, una chapa de acero plaqueada con aluminio, así es posible que el pico se conduzca a través del primer componente sólo hasta la capa del plaquado de aluminio, no obstante, no en la chapa de acero misma.

Para reducir los costes de fabricación pueden emplearse también componentes no puros para la unión que presentan, por ejemplo, una capa de aceite.

Además, es posible utilizar el dispositivo en combinación con otros procedimientos o dispositivos, por ejemplo, procedimientos y dispositivos para el pegado o remachado o procedimientos térmicos.

También es posible que entre los componentes se sitúe un adhesivo endurecido o también un adhesivo todavía no endurecido, realizándose la unión por soldadura a través del adhesivo. Un adhesivo semejante puede mejorar aún más la unión de los componentes.

A continuación se explica en detalle un dispositivo de unión mediante un dibujo que representa un ejemplo de realización. Muestran esquemáticamente:

Fig. 1 a) - g) un dispositivo en diferentes posiciones de funcionamiento en una vista en sección,

Fig. 2 el pico de un dispositivo en una vista ampliada, y

Fig. 3 un diagrama elaborado con una medición de fuerza - recorrido según la invención.

En las figuras 1a) a 1g) el dispositivo de unión V según la invención está representado de forma esquemática en diferentes posiciones de funcionamiento. El dispositivo V presenta un accionamiento rotativo 1 en el que está sujeto un hombro 2 configurado esencialmente como cilindro hueco. En la figura 1a) está representado un pico 3 esencialmente cilíndrico en una posición que sobresale en parte del hombro 2. La cavidad cilíndrica del hombro 2 está configurada en este caso de forma que el pico 3 puede retraerse completamente en ésta o puede sacarse del hombro 3 en la dirección de su eje longitudinal. Para el movimiento del pico 3 están previstos en este caso medios de movimiento no representados en detalle. El pico 3 puede fijarse en este caso en posiciones cualesquiera entre completamente extraído y completamente retraído en el hombro 2. Tanto el hombro 2 como también el pico 3 pueden ponerse en rotación alrededor del eje de rotación 4 mediante el accionamiento de rotación 1, según se indica por la flecha giratoria en las figuras

1a) a 1g). El eje de rotación 4 es en este caso paralelo al eje longitudinal del pico 3 y del hombro 2. El pico 3 así como el hombro 2 pueden estar hechos, por ejemplo, de un acero para herramientas de alta resistencia.

En la cara superior del dispositivo de unión V opuesta al pico 3 está prevista de forma esquemática una conexión 5 a una corriente eléctrica alterna. La conexión 5 está unida con un dispositivo no representado para la generación de corriente alterna.

En el lado asignado al pico 3 se han superpuesto parcialmente unos con otros por debajo del dispositivo V un primer componente 6 y un segundo componente 7. Los componentes 6, 7 son en el presente ejemplo chapas metálicas para la construcción de carrocerías de automóviles. El primer componente 6 que forma la superposición está hecho en este caso de un material de aluminio, mientras que el segundo componente 7 que forma la superposición está hecho de un material de acero. El segundo componente 7 presenta un punto de fusión mayor y una resistencia mayor que el primer componente 6.

En el lado del segundo componente 7 opuesto al dispositivo V está previsto un apoyo de baño 8, que puede estar conformado, por ejemplo, por una pieza de acero para herramientas. En el apoyo de baño 8 está prevista igualmente de forma esquemática una conexión 9 para una corriente eléctrica alterna. La conexión 9 está unida igualmente con el dispositivo no representado para la generación de corriente alterna.

Además, el dispositivo V presenta medios no representados en detalle para el movimiento del hombro 2 en la dirección del eje longitudinal del pico 3. Mediante estos medios de movimiento el hombro 2 puede moverse aquí y allá junto con el pico 3 en la dirección del eje longitudinal del pico 3. Independientemente de este movimiento el pico 3 puede moverse fuera del hombro 2 y dentro de éste y puede fijarse cada vez o puede fijarse en cada posición intermedia.

A continuación se explica el modo de funcionamiento del dispositivo V mediante las posiciones de funciones representadas en las figuras 1a) a 1g).

En la figura 1a) el dispositivo V se sitúa según el ejemplo representado en su posición de salida antes del proceso de unión. El pico 3 sobresale en parte del hombro 2 y está fijado en esta posición. Hombro 2 y pico 3 se ponen en rotación mediante el accionamiento de rotación 1 alrededor del eje de rotación 4. Hombro 2 y pico 3 se han calentado previamente en este caso mediante un dispositivo calefactor no representado a la temperatura de funcionamiento. Los movimientos del dispositivo V en la dirección del eje longitudinal del pico se ilustran en la figura 1 mediante la flecha 10 representada respectivamente en el dispositivo de rotación 1.

En la figura 1b) está representado el dispositivo V en una posición bajada en la dirección del eje longitudinal del pico 2 en la dirección de los componentes 6, 7, en la que el pico 3 entra en contacto con la superficie del primer componente 6. La velocidad de rotación del pico 3 y la fuerza axial aplicada por el dispositivo V sobre el primer componente 6 son suficientemente elevadas para provocar una fusión del primer componente 6 en la zona de contacto con el pico 3.

En el caso de contacto existente del pico 2 con el componente 6 es posible, por ejemplo, conducir una corriente eléctrica a través de las conexiones 5, 9 a través del pico 3 y el apoyo de baño 8 y así, por

ejemplo, vaporizar impurezas en las superficies de los componentes. No obstante, mediante la corriente puede realizarse también un calentamiento controlado de los componentes 6, 7. Además, mediante un dispositivo de medición de la resistencia no representado en detalle puede determinarse la resistencia eléctrica o la impedancia que experimenta la corriente eléctrica al fluir a través de los componentes 6, 7. De esta manera pueden sacarse conclusiones del proceso y dado el caso puede realizarse una regulación del proceso.

En la figura 1c) el dispositivo V se muestra en otra posición bajada posteriormente en la dirección de los componentes 6, 7. En este caso el pico 3 está introducido en parte en el primer componente 6. La penetración se consigue mediante la rotación del pico así como la fuerza axial aplicada por el dispositivo V en la dirección de los componentes 6, 7. El material del primer componente 6 se funde por el pico 3 y se desplaza al penetrar en el componente 6. Al mismo tiempo el hombro 2 está en contacto con la superficie del componente 6 y caliente éste adicionalmente. En este caso se reduce la fuerza axial aplicada por el hombro 2 sobre el componente 6 y por consiguiente el movimiento axial del dispositivo en la posición representada en la figura 1c), según se indica por la flecha 10 acertada respecto a las figuras 1a) y 1b). Mediante el calentamiento del componente 6 mediante el hombro 2 se facilita la penetración del pico 3 en el componente 6 así como la fusión parcial del componente 6. El pico 3 mezcla en este caso el material fundido del componente 6.

En la posición de funcionamiento representada en la figura 1d) el pico 3 se ha sacado aun más del hombro 2. En este caso el hombro 2 permanece en contacto con la superficie del componente 6 y además aplica una fuerza axial insignificante. Los movimientos del pico 3 están ilustrados por una flecha 11 representada respectivamente en el pico 3. En este caso es posible básicamente que el hombro 3 se retraiga al menos temporalmente del componente 6 durante la introducción del pico 2 en el componente 6, para formar un espacio libre para la recepción del material del componente 6 desplazado por el pico 3 dado el caso en la dirección de la superficie del componente 6.

Al sacar el pico 3 del hombro 2 éste choca sobre la superficie del segundo componente 7. El pico 3 se introduce en este caso sólo de forma insignificante en el segundo componente 7. El segundo componente 7 posee un punto de fusión mayor y una resistencia mayor que el primer componente 6 y no se funde en la misma medida que el primer componente 6 debido al pico 3 rotativo. Sólo en la zona localmente por debajo de la cabeza del pico se produce una fusión local del segundo componente 7. Debido a la resistencia mayor la introducción del pico 3 en el segundo material 7 está unida con un mayor coste de fuera que la introducción en el primer componente 6. Mediante el movimiento rotativo del pico 3 se mezcla el material fundido del primer componente 6 con el material fundido del segundo componente 7. En este caso en la zona de efecto del pico 3 se produce una mezcla de los materiales de los componentes 6, 7.

En las figuras 1e) y 1f) está representada la retracción del pico en el hombro 2. En este caso el pico 2 deja una abertura 12 que se corresponde esencialmente a su diámetro y que se extiende completamente a través del primer componente 6 y de forma insignificante en el segundo componente 7. Al retraer el pico

3 se llena la abertura 12 con material fundido principalmente del primer componente 6. Mediante la flecha 10 se indica en la figura 1f) que el hombro 2 se introduce durante la retracción del pico 3 de forma insignificante en la superficie del primer componente 6. De esta manera se ayuda el proceso de llenado de la abertura 12 con material del componente 6.

En la figura 1g) el pico 3 está retraído completamente en el hombro 2 y el dispositivo V se aleja de los componentes 6, 7 en la dirección del eje longitudinal del pico 3, según se indica de nuevo de forma esquemática por la flecha 10. En la figura 1g) está representado de forma esquemática una depresión 13 en el componente 6 que se ha provocado por la introducción insignificante del hombro 2 en el componente 6.

En la zona de la abertura 12 se produce a continuación una solidificación de los materiales mezclados de los componentes 6, 7 y por consiguiente una unión de soldadura por puntos entre los componentes 6, 7.

El proceso de unión puede repetirse de forma correspondiente en otros puntos en los que se superponen los componentes 6, 7.

En la figura 2 está representada de forma esquemática una vista parcial ampliada del pico 3. En este caso en el lado de cabeza 14 del pico 3 pueden reconocerse elementos de forma 15 configurados como jorobas dispuestas radialmente. Además, en las superficies laterales del pico 3 están representados otros elementos de forma 16. Los elementos de forma 16 representados sólo de forma esquemática con una sección transversal en forma de triángulo discurren en este caso según el tipo de una rosca sobre el contorno del pico 3. Con la ayuda de los elementos de forma 15, 16 se consigue una fusión o ablandamiento mejores y controlados de los componentes 6, 7 y por consiguiente se dirige el proceso de unión y se influye de forma ventajosa. También se memora de forma controlada la mezcla de los materiales ablandados o fundidos. Naturalmente pueden concebirse también otras configuraciones de los elementos de forma 15, 16. Así según la invención están revistos cortes (no representados) mediante los que se provoca un mecanizado con arranque de viruta del segundo componente 7 al introducir el pico 3 en los componentes 6, 7.

En la figura 3 está representado sólo de forma esquemática un diagrama de una medición de fuerza - recorrido según la invención que se ha realizado, por ejemplo, para un proceso conforme al proceso de unión representado en la figura 1. En este caso están representados en el tiempo, de forma esquemática por las curvas St y Sc hasta un momento t_3 , por un lado, los recorridos del pico 3 y del hombro 2 realizados durante el proceso de unión en la dirección del eje longitudinal de pico 3 en la dirección de los componentes 6, 7. La representación del recorrido comienza en este caso en un momento poco antes del choque del pico 3 sobre el primer componente 6. Además, está representada en el tiempo la fuerza axial en la dirección del eje longitudinal del pico que se aplica durante el proceso de unión por el dispositivo de unión V. La fuerza aplicada por el dispositivo de unión V para la avance durante el proceso de unión comprende en este caso tanto la fuerza para el movimiento axial del hombro 2 con el pico 3, como también la fuerza axial necesaria por el pico 3 para la salida del hombro 2.

En el eje de tiempo se designan los siguientes puntos características que están representados esencial-

mente también en las figuras 1a) a 1g):

t_0 : el peno 3 alcanza el primer componente 6 (fig. 1b),

t_1 : el hombro 2 alcanza el primer componente 6 (fig. 1c),

t_2 : comienza la salida del pico 3 del hombro 2 (fig. 1c),

t_3 : el pico 3 alcanza el segundo componente 7 (fig. 1d).

En los diagramas de recorrido del pico 3 y del hombro 2 están representados mediante las curvas St y Sc los recorridos del pico 3 y del hombro 2 durante el proceso de unión desde antes del choque del pico sobre el primer componente 6 hasta la salida completa del pico 3 en los componentes 6, 7. En este caso las curvas discurren de forma similar hasta el punto t_2 representado en la figura 1c). Hasta el momento t_2 el hombro 2 y el pico 3 se mueven de forma conjunta en la dirección de los componentes 6, 7. Desde el momento t_2 en el que comienza la salida del pico 3 del hombro 2, el pico 3 realiza un mayor recorrido ya que el pico 3 lleva a cabo un movimiento por la salida del hombro 2 adicionalmente a un movimiento axial insignificante junto con el hombro 2. Desde el momento t_3 en el que el pico 3 choca sobre el segundo componente 7 más sólido el hombro 3 y el pico 3 apenas se mueven en la dirección de los componentes 6, 7.

En el diagrama superior en la figura 3 está representada en el tiempo la fuerza aplicada por el dispositivo de unión durante la introducción del pico en la dirección del eje longitudinal del pico. Hasta el momento t_0 la fuerza posee un valor inicial K_a constante que es necesario para mover el hombro 2 junto con el pico 3 en la dirección del componente 6. En los momentos t_0 y t_1 aparecen máximos K_0 , K_1 de la fuerza, reduciéndose la fuerza directamente después de los máximos K_0 , K_1 respectivamente en un valor constante K_{0c} , K_{1c} . El valor K_{0c} se sitúa en este caso sobre el valor de fuerza K_a necesario al inicio y el valor K_{1c} se sitúa sobre el valor K_{0c} .

El máximo K_0 y el valor de fuerza K_{0c} constante subsiguiente se originan por el choque del pico 3 sobre el primer componente 6. Para la introducción del pico 3 en el primer componente 6 es necesario un coste de fuerza aumentado respecto al avance sin contacto con el componente 6. El máximo K_1 y el valor de fuerza K_{1c} constante siguiente se ocasionan por el coste de fuerza posterior aumentado que se origina si el hombro 2 choca adicionalmente sobre el primer componente 6.

Además, en el diagrama de fuerza puede reconocerse un aumento de la fuerza en el momento t_2 al valor K_{2c} constante. En el momento t_3 nuevamente aumenta fuertemente la fuerza. Este aumento de la fuerza encuentra su origen por un lado en que para la salida del pico 3 del hombro 2 en el componente 6 que comienza en el momento t_2 se necesita un elevado coste de fuerza (K_{2c}). Por otro lado la fuerza necesaria para el avance del pico 3 aumenta fuertemente si el pico alcanza en el momento t_3 el segundo componente 7 más sólido.

Mediante la medición de la fuerza - recorrido representada en la figura 3 según la invención pueden determinarse con mayor exactitud los puntos temporales t_0 a t_3 característicos mediante el desarrollo temporal de la fuerza necesaria para el avance del dispositivo V durante el proceso de unión. Los datos así

obtenidos pueden utilizarse para una regulación del proceso de forma que puede optimizarse aun más el

proceso de unión y correspondientemente la unión generada entre los componentes 6, 7.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la unión de al menos dos componentes (6, 7) de diferentes tipos de materiales, en particular componentes metálicos de diferentes tipos de materiales, con distintos puntos de fusión mediante soldadura por fricción agitación,

- con un hombro (2) y un pico (3),
- con medios para el desplazamiento del pico (3) entre una posición que sobresale del hombro (2) en la dirección de su eje longitudinal y una posición retraída en el hombro (2),
- con medios para la rotación del hombro (2) y el pico (3) alrededor del eje longitudinal del pico

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

(3),

- con medios para el movimiento del hombro (2) en la dirección del eje longitudinal del pico (3),

- en el que al menos un elemento de forma (15, 16) está previsto en el lado de cabeza (14) del pico (3),

caracterizado porque al menos un elemento de forma (15, 16) configurado como corte está montado en el pico (3) o está incorporado en éste, siendo el corte apropiado para un mecanizado con arranque de viruta de los componentes a unir, y porque están previstos medios para la determinación de la posición del pico mediante una medición de fuerza - recorrido y/o del momento de giro.

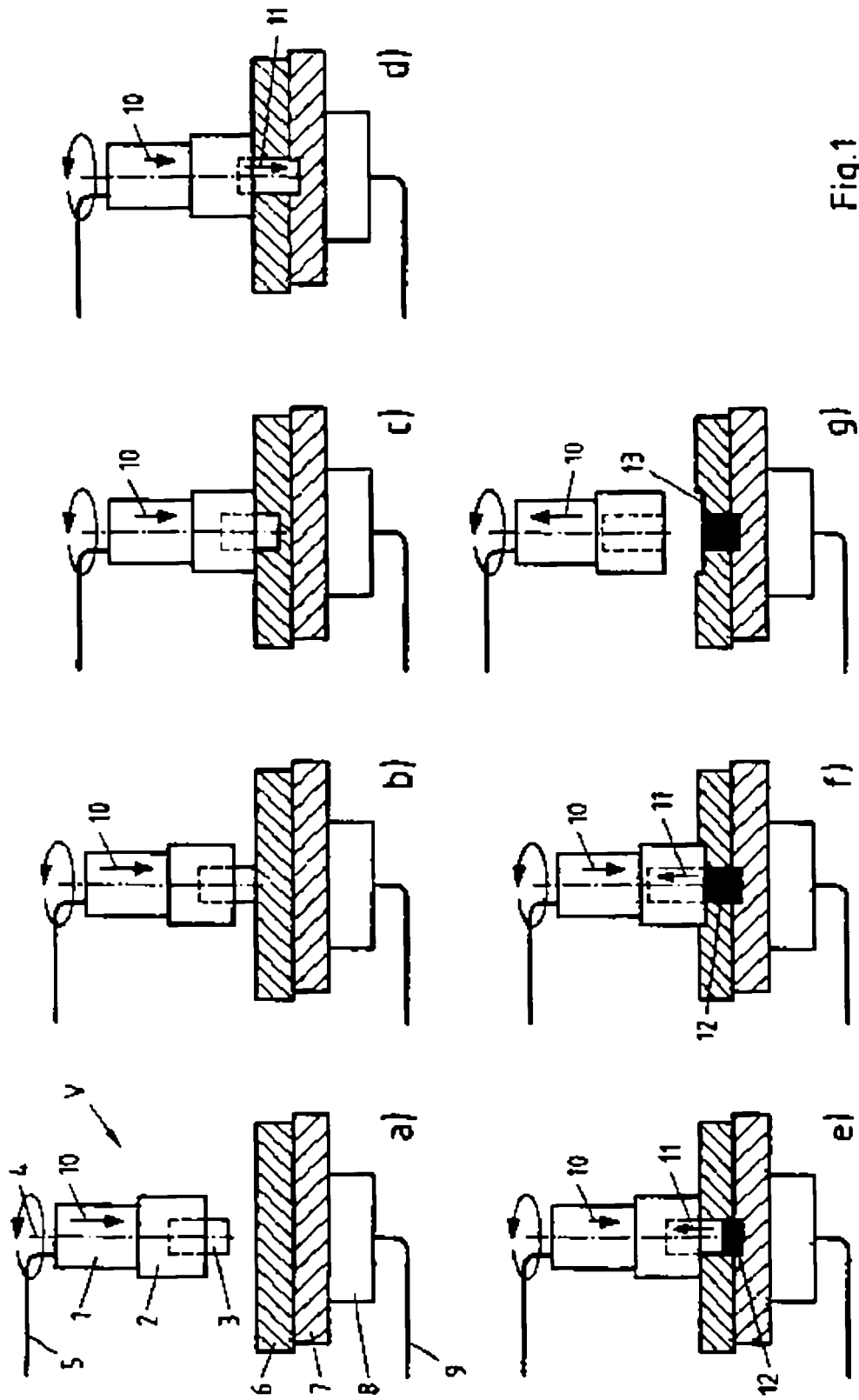


Fig.1

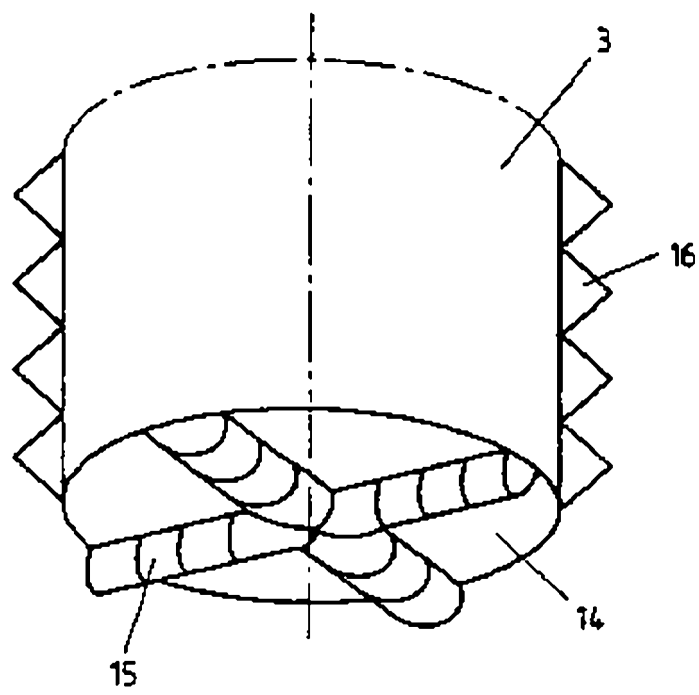


Fig.2

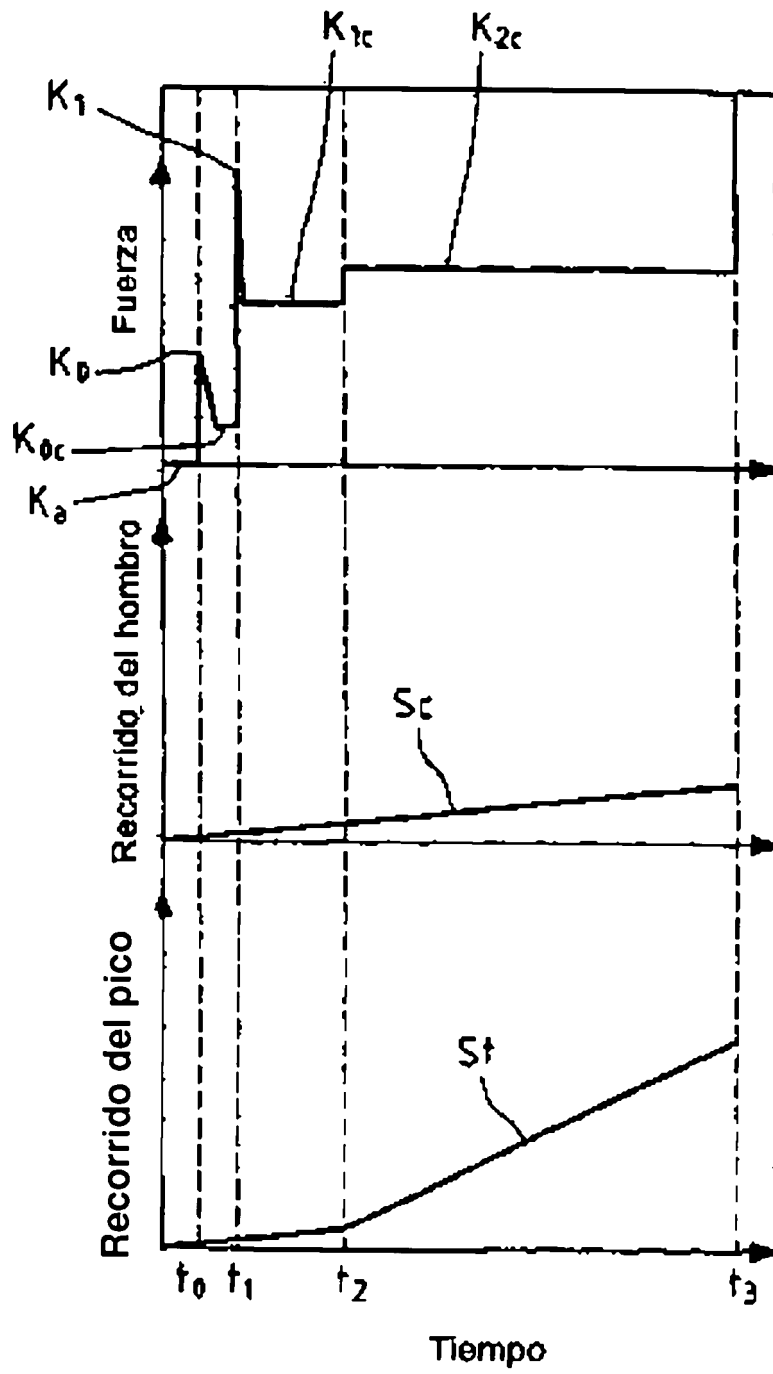


Fig.3