

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 322**

51 Int. Cl.:

B23K 20/12

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2013** **E 13002881 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016** **EP 2810735**

54 Título: **Herramienta de soldadura por fricción con hombro no periférico y procedimiento de soldadura por fricción realizable con ella**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2017

73 Titular/es:

AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Strasse 1
85521 Ottobrunn, DE

72 Inventor/es:

JÜRGEN, SILVANUS y
BRUNZEL, TOMMY

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 602 322 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

Herramienta de soldadura por fricción con hombro no periférico y procedimiento de soldadura por fricción realizable con ella

La invención concierne a una herramienta de fricción-agitación para realizar una operación de fricción-agitación, que comprende un hombro para presionar sobre una superficie de pieza de trabajo y un vástago accionable de manera giratoria, que sobresale del hombro, para introducirse con efecto de plastificación en al menos una pieza de trabajo a mecanizar. Además, la invención concierne a un dispositivo de fricción-agitación provisto de una herramienta de fricción-agitación de este tipo. Asimismo, la invención concierne a un procedimiento de fricción-agitación realizable con una herramienta de fricción-agitación de este tipo o con un dispositivo de fricción-agitación de este tipo.

La invención se basa en el campo de la fricción-agitación (en inglés: "Friction Stir Processing") que se utiliza en la reparación, mecanizado y afinado y, en particular, en la unión de piezas de trabajo. Durante la fricción-agitación se introduce, con un movimiento giratorio, un saliente en forma de vástago en al menos una herramienta para modificar el material de la pieza de trabajo al menos en la zona de contacto del vástago de soldadura. Para fines de reparación, el vástago giratorio se introduce, por ejemplo, en una fisura de una pieza de trabajo.

Un caso excepcional de la fricción-agitación es la soldadura por fricción-agitación o "Friction Stir Welding" (FSW), que se utiliza cada vez más en la técnica de aeronavegación y en la técnica espacial, en la técnica de tráfico ferroviario, en la electrónica de entretenimiento y en la fabricación de automóviles. Se trata en este caso de un procedimiento de ensamble sencillo, limpio e innovador que se caracteriza por un elevado rendimiento y un alto potencial de automatización, con lo que se reducen los costes de fabricación y se rebaja el peso de las estructuras fabricadas con dicho procedimiento.

La soldadura por fricción-agitación se describe en particular en el documento WO 93/10935. En este caso, se ponen en contacto dos piezas de trabajo a soldar una con otra y se las mantiene en esta posición. En la zona de unión de las piezas de trabajo se introduce, con movimiento giratorio, un vástago de soldadura o saliente en forma de vástago de una herramienta correspondiente hasta que un hombro dispuesto en la herramienta por encima del vástago viene a descansar sobre la superficie de las piezas de trabajo. En este caso, por medio del movimiento relativo entre la herramienta y las piezas de trabajo se genera calor de fricción, de modo que las zonas contiguas de las piezas de material adoptan un estado plastificado en la zona de unión. La herramienta, mientras el vástago giratorio está en contacto con la zona de unión, se mueve hacia delante en la dirección de avance a lo largo de una línea de unión de las piezas de trabajo, de modo que el material que se encuentra alrededor del vástago se plastifica y a continuación se consolida. Antes de que el material se endurezca completamente, el vástago de soldadura se retira de la zona de unión o de las piezas de trabajo.

Por el documento WO2009/127981 se conoce una herramienta de fricción-agitación con un hombro que rodea un vástago en su periferia completa, presentando el hombro una abertura de paso axial para introducir una fibra de refuerzo. Puede producirse una costura de soldadura en piezas de trabajo de materiales reforzados con fibra, estando reforzada la propia costura de soldadura por una fibra de refuerzo.

Por el documento US 2009/0120995 A1 se conoce una herramienta de fricción-agitación con un vástago, un primer hombro radialmente interior que rodea completamente el vástago y un segundo hombro exterior dispuesto radialmente por fuera del primer hombro alrededor de éste. En una forma de realización, el segundo hombro no es continuo, sino que presenta dos aberturas de interrupción que, no obstante, se extienden solamente hasta el primer hombro, que a su vez rodea completamente el vástago. La configuración con un primer hombro interior y un segundo hombro exterior se elige para la soldadura de capas de chapa muy delgadas para minimizar un abollamiento de las capas de chapa delgadas.

Por el documento DE 10 2005 030 800 B4 se conocen una herramienta de fricción-agitación, un dispositivo de fricción-agitación provisto de ella y un procedimiento de fricción-agitación en forma de un procedimiento de soldadura por fricción-agitación para soldar al menos dos piezas de trabajo yuxtapuestas a lo largo de una línea de unión por medio de fricción-agitación. El procedimiento de soldadura por fricción-agitación conocido por el documento DE 10 2005 030 800 B4 se caracteriza por que, en contraposición a los procedimientos de soldadura por fricción-agitación conocidos previamente, únicamente el vástago es accionado de manera giratoria durante el proceso de soldadura, mientras que el hombro se mantiene con un número de revoluciones $n=0$. Por tanto, el hombro y el vástago están configurados de manera giratoria uno con relación a otro. Se puede materializar así un

gran número de tareas de soldadura difíciles.

Además, una unión de piezas de trabajo de diferentes grosores representa un desafío mayor. En particular, una soldadura por fricción-agitación a lo largo de un escalón o una desviación de los cantos entre las piezas de trabajo es cualquier cosa menos trivial.

En el documento DE 100 63 920 A1 se propone para ello colocar en la desviación de los cantos un zócalo que sustenta la pieza de trabajo más delgada, y, a continuación, desde el lado trasero en donde las dos piezas de trabajo vienen a quedar en un plano con sus lados exteriores superiores, realizar el procedimiento de soldadura por fricción-agitación. No obstante, un procedimiento de soldadura de este tipo no se puede realizar en todas las tareas de soldadura, deseándose con frecuencia precisamente una soldadura desde el lado con la desviación de los cantos. En particular, en lugar de la desviación de los cantos, se desea generar una transición correspondientemente aplanada o biselada. De todos modos, como se explica en el documento DE 100 63 920 A1, esto está ligado precisamente a dificultades.

En el documento DE 102 96 452 T5 (traducción alemana del documento WO 02/070186) y el documento DE 601 08 812 T2 (traducción alemana del documento EP 1 166 946 B1) se propone, para unir dos piezas de trabajo de diferente grosor con desviación de los cantos, aplicar la herramienta de fricción-agitación con el hombro y el vástago sobresaliente del hombro bajo un ángulo de incidencia con relación a las piezas de trabajo a unir y trasladarla con este ángulo de incidencia en la dirección de avance para formar la costura de soldadura.

Para ello, según el documento DE 102 96 452 T5, la herramienta de fricción-agitación giratoria en su totalidad, con el hombro y con el vástago sobresaliente configurado integralmente con el hombro, con un eje de rotación dispuesto oblicuamente con respecto a la superficie de las piezas de trabajo a unir se desplaza en la dirección de avance a través de la línea de unión. Esto se puede conseguir, por ejemplo, por medio de un brazo de robot con varias articulaciones. No obstante, la ejecución del proceso de un procedimiento de soldadura de este tipo es todo menos trivial. El robot debe estar provisto de al menos cinco articulaciones y ser guiado de manera correspondientemente precisa. Por tanto, hay que prever un dispositivo de fricción-agitación complicado con una sujeción complicada para la herramienta de fricción-agitación.

Por el contrario, en el documento DE 601 08 812 T2 se propone apoyar las piezas de trabajo a unir sobre un plano inclinado para prever así el ángulo de incidencia oblicuo para la herramienta igualmente giratoria en su totalidad. Esto tampoco es trivial, ya que las herramientas deben montarse de manera correspondientemente más difícil sobre el plano inclinado.

En general, el hombro de herramientas de fricción-agitación está previsto para evitar una salida de material plastificante. Por tanto, el hombro actúa de manera hermetizante para mantener el material plastificado en el lugar de soldadura. En todo el estado de la técnica el hombro está previsto en un cuerpo de forma cilíndrico circular alrededor del vástago para cumplir esta función de estanqueidad. La simetría de rotación y la extensión completa del hombro en dirección periférica alrededor del eje de rotación del vástago son, según el estado de la técnica, características absolutamente necesarias para cumplir la función del hombro. Esto se aplica particularmente a hombros de herramientas de fricción-agitación giratorias de una pieza que se utilizan para soldar en un escalón o en una desviación de los cantos de piezas de trabajo. No obstante, precisamente la soldadura en una desviación de los cantos sigue ofreciendo dificultades. Como se explica en el documento DE 100 63 920 A1, se tiene que, por ejemplo en la soldadura de piezas de trabajo con desviación de los cantos, se ablanda el canto libre superior de la pieza de trabajo más gruesa y se le presiona de plano por la superficie de fricción de la herramienta – que está prevista en el hombro – hasta la altura de la chapa más delgada o hasta formar una zona de transición. En este caso, no obstante, junto a la herramienta se forma un engrosamiento no deseado. Además, pueden compensarse solamente pequeños saltos de grosor. Con saltos de grosor mayores resulta, en la transición de grosores, una acción de entalladura que es crítica con respecto al procesamiento ulterior del componente ensamblado ya que puede llevar a fallos del componente.

Por tanto, en los actuales procedimientos de soldadura por fricción-agitación con desviación de los cantos debe seleccionarse un ángulo de incidencia oblicuo adecuado y debe mantenerse éste durante el proceso de soldadura. Esto es difícil de manejar desde el punto de vista de la técnica del proceso.

Por tanto, el problema de la invención es crear una herramienta de fricción-agitación y un dispositivo de fricción-agitación provisto de ella, con los que especialmente – aunque no en exclusiva – pueda realizarse una soldadura por

fricción-agitación de partes ensambladas con desviación de los cantos, garantizando una ejecución robusta del proceso incluso en condiciones marginales variables, pero de una manera más sencilla y con medios más sencillos que hasta ahora.

5 Este problema se resuelve por medio de una herramienta de fricción-agitación con las características de la reivindicación adjunta 1. Un dispositivo de fricción-agitación provisto de ella es objeto de la reivindicación paralela. Un procedimiento de fricción-agitación realizable con una herramienta de fricción-agitación de este tipo y un dispositivo de fricción-agitación de este tipo es objeto de la otra reivindicación paralela.

10 Ejecuciones ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

La invención, según un aspecto de ella, crea una herramienta de fricción-agitación para realizar una operación de fricción-agitación, que comprende un hombro para presionar sobre una superficie de pieza de trabajo y un vástago accionable de forma giratoria, sobresaliente del hombro, para introducirse con efecto de plastificación en al menos una pieza de trabajo a mecanizar, en donde el hombro presenta en una zona periférica, en una zona de captura configurada para el ataque por fricción de piezas de trabajo, una abertura de interrupción que se extiende continuamente en la zona de captura desde el exterior hasta el vástago, de modo que el hombro no es guiado completamente alrededor del perímetro del vástago.

20 En otras palabras, se crea una herramienta de fricción-agitación con un hombro no periférico.

La utilización de una herramienta de fricción-agitación de la clase mostrada en los documentos DE 102 96 452 T5 o DE 601 08 812 T2 utilizando un ángulo de incidencia oblicuo crea ciertamente robustez en la soldadura de partes ensambladas con desviación de los cantos, pero a condición de una técnica de manipulación complicada, en particular para la realización de costuras no lineales. En particular, cuando se modifica la dirección de avance, se debe reajustar el ángulo de incidencia. Además, es limitado el efecto positivo del ángulo de incidencia de la herramienta para aumentar de la tolerancia del proceso frente a la desviación de los cantos.

30 Frente a esto, en la invención se elige otro enfoque. Según la invención, no se utiliza un hombro que se extienda completamente en dirección periférica, sino que, por el contrario, el hombro presenta una abertura de interrupción en una zona periférica. Preferiblemente, el vástago no es rodeado completamente por el hombro.

Como han demostrado los ensayos, con una forma de realización preferida, utilizando preferiblemente un hombro no giratorio, puede lograrse, gracias a una abertura del hombro de la herramienta, una tolerancia extrema del proceso frente a la desviación de los cantos, sin que deba ajustarse un ángulo de incidencia y deban aceptarse sus complicaciones.

En total, con una herramienta de fricción-agitación según la invención o sus ejecuciones ventajosas se puede aumentar la robustez del proceso y simplificar sustancialmente la técnica de manipulación.

40 Se prefiere que la abertura de interrupción en dirección axial esté configurada en forma de segmento circular, visto con relación al eje de giro del vástago.

45 Se prefiere que la herramienta de fricción-agitación esté configurada como herramienta de soldadura por fricción-agitación para unir dos piezas de trabajo a lo largo de una costura de soldadura mediante soldadura por fricción-agitación.

Se prefiere que el vástago sea giratorio con relación al hombro y/o que el hombro esté configurado para presentar un número de revoluciones $n=0$ cuando el vástago gira en el curso de la fricción-agitación.

50 De acuerdo con un aspecto adicional, la invención crea un dispositivo de fricción-agitación con una herramienta de fricción-agitación de la clase mencionada previamente con un hombro no periférico y un dispositivo de guiado de herramienta para mover y guiar la herramienta de fricción-agitación en una dirección de avance, por ejemplo durante una soldadura de costura. El dispositivo de fricción-agitación está configurado de tal manera que la abertura de interrupción del hombro está orientada en la dirección de avance.

Según un aspecto adicional, la invención crea un procedimiento de fricción-agitación para mecanizar al menos una pieza de trabajo por medio de fricción-agitación, que comprende las etapas de:

introducir un vástago giratorio en la al menos una pieza de trabajo y plastificar el material de la pieza de trabajo por medio de fricción-agitación, e impedir una salida de material plastificado por presionado de un hombro que rodea al menos parcialmente el vástago, con una zona de captura del hombro, sobre la superficie de la al menos una pieza de trabajo, en donde se utiliza un hombro con una abertura de interrupción, en una zona periférica, que se extiende continuamente en la zona de captura desde el exterior hasta el vástago, de modo que el hombro no rodea completamente el vástago.

Se prefiere que el procedimiento de fricción-agitación sea un procedimiento de soldadura por fricción-agitación para unir unas piezas de trabajo primera y segunda mediante soldadura por fricción-agitación.

Una ejecución preferida de un procedimiento de soldadura por fricción-agitación de este tipo presenta las etapas de:

mover el vástago y el hombro en una dirección de avance para formar una costura de soldadura,

inmovilizar el hombro durante el proceso de soldadura mientras gira el vástago, con la abertura de interrupción orientada en la dirección de avance, de modo que el hombro se mueva de manera no giratoria a través de la costura de soldadura a formar, con la abertura de interrupción orientada hacia delante en la dirección de avance.

Se prevén además preferiblemente la siguiente etapa: soldar la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo a lo largo de un escalón o una desviación de los cantos entre las piezas de trabajo.

Los ensayos han demostrado que, abandonando el camino seguido hasta ahora, según el cual el hombro se ha guiado siempre de manera necesaria alrededor del vástago, y, por el contrario, previendo un hombro provisto parcialmente de una abertura de interrupción en la periferia, puede lograrse una soldadura mejor en la zona de desviaciones de los cantos de piezas de trabajo. La función de sellado del hombro se puede conseguir en la zona de la abertura de interrupción a través del canto sobresaliente hacia arriba.

Para ello, durante la realización de un procedimiento de soldadura por fricción-agitación se orienta la abertura de interrupción preferiblemente hacia delante en la dirección de avance, de modo que el canto sea guiado a través de la abertura de interrupción hacia el vástago giratorio y hacia dentro de la herramienta de fricción-agitación. Se plastifica allí el canto por el calor de fricción que se genera por el giro del vástago. El material aún no plastificado del canto cuida de que el material ya plastificado no se salga por la abertura de interrupción. El hombro está realizado preferiblemente de tal modo que el hombro rodee completamente el vástago en las zonas restantes. Por ejemplo, el hombro está abierto en un segmento de la periferia total con un intervalo angular de 0° a 90°, preferiblemente con un intervalo angular de aproximadamente 5° a 45°. En la zona restante de toda la periferia sigue estando presente el hombro.

El hombro se inmoviliza preferiblemente con relación a las piezas de trabajo a mecanizar de modo que no gire juntamente con el vástago. Para ello, pueden tomarse las medidas que se han descrito y mostrado en el documento DE 10 2005 030 800 B4. En una ejecución, el hombro puede estar colocado mediante un soporte sobre un cuerpo giratorio accionado de manera giratoria y dotado del vástago.

Un hombro de este tipo se inmoviliza por medio de su colocación sobre las piezas de trabajo, aun cuando el vástago sea accionado de manera giratoria. Si se desliza la herramienta de fricción-agitación aproximándola en la dirección de avance, la abertura de interrupción puede seguir el recorrido de los cantos.

En otra ejecución, el hombro se mantiene separado del vástago en una sujeción propia. Esta sujeción puede realizarse también de manera controladamente giratoria para adaptar así la orientación del hombro a una modificación de la dirección de avance.

Por otro lado, el hombro no debe estar configurado de manera absolutamente estacionaria, sino que podría mantenerse también oscilando en vaivén dentro de intervalos angulares para generar así, cuando sea necesario, calor de fricción adicional. Para ello, podría aprovecharse, por ejemplo, una disposición similar a la de la figura 3 del documento EP 1 021 270 B1, con la modificación de que el hombro presente una abertura de interrupción – que se extiende, por ejemplo, de manera correspondiente hasta el vástago - en una zona parcial de la periferia.

Campos de utilización ventajosos de la invención comprenden una unión de piezas de trabajo de diferentes

grosos, por ejemplo una unión de chapas de diferentes grosos – palabra clave: Tailored Blanks -.

Se explican seguidamente con más detalle ejemplos de realización de la invención con ayuda de los dibujos. Muestran en éstos:

- 5 La figura 1, una primera pieza de trabajo y una segunda pieza de trabajo que se aplican una a otra con una desviación de los cantos y pueden unirse una con otra en la zona de la desviación de los cantos mediante un procedimiento de fricción-agitación;
- 10 La figura 2, una vista lateral de una forma de realización de una herramienta de fricción-agitación para realizar el procedimiento de fricción-agitación;
- La figura 3, una vista en planta de la herramienta de la figura 2;
- La figura 4, una representación esquemática muy simplificada de una forma de realización de un dispositivo de fricción-agitación; y
- 15 La figura 5, un croquis esquemático que indica una realización de un procedimiento de soldadura por fricción-agitación para soldar las dos piezas de trabajo mostradas en la figura 1 por medio de la herramienta de fricción-agitación mostrada en las figuras 2 y 3.

20 En la figura 1 se muestran una primera pieza de trabajo 10 y una segunda pieza de trabajo 12 que están dispuestas una junto a otra formando una junta a tope y que pueden soldarse una con otra. La primera pieza de trabajo 10 es más gruesa que la segunda pieza de trabajo 12. Por tanto, en una superficie de pieza de trabajo 14, en la zona de la junta a tope 16, se origina una desviación de cantos 18 que, en piezas de trabajo 10, 12 aún no soldadas, se presenta en forma de un escalón 20.

25 Las dos piezas de trabajo 10, 12 deben unirse una con otra en la zona de la junta a tope 16 mediante un procedimiento de soldadura por fricción-agitación.

La figura 2 muestra para ello un ejemplo de realización de una herramienta de fricción-agitación 30 para realizar una operación de fricción-agitación, en donde la herramienta de fricción-agitación 30 presenta un vástago 32 (también llamado sonda, vástago de soldadura o sonda de soldadura) accionable giratoriamente que sobresale de un hombro 34, visto en dirección axial con respecto a un eje de giro 36 del vástago 32.

30

El hombro 34 está configurado en un cuerpo 38 de la herramienta de fricción-agitación 30. Preferiblemente, el cuerpo 38 está configurado de manera giratoria con respecto al vástago 32.

35 La figura 3 muestra una vista en la herramienta de fricción-agitación 30 en una configuración comparable a la de la figura 2, visto en dirección axial desde abajo en la figura 2.

Como se muestra en las figuras 2 y 3, el hombro 34 no es guiado de manera completa en dirección periférica alrededor del perímetro del vástago 32, sino que, por el contrario, el hombro 34 presenta una abertura de interrupción 42 en la zona de captura 40 que está configurada para el ataque por fricción de las piezas de trabajo 10, 12. La abertura de interrupción 42 se extiende continuamente desde la periferia exterior del hombro 34 en la zona de captura 40 hasta el vástago 32.

40

La abertura de interrupción 42 está configurada en forma de segmento circular, visto especialmente en vista en planta en dirección axial (véase la figura 3), y se abre con un ángulo W que está configurado preferiblemente como un ángulo agudo en el intervalo de 0° a 90°. De manera especialmente preferida, el ángulo W es menor de aproximadamente 45° y más preferiblemente menor de 20°. El ángulo de abertura W y la extensión de la abertura de interrupción 42 en dirección axial pueden configurarse de forma diferente según la tarea de soldadura.

45

El cuerpo 38 que presenta el hombro 34 puede girar con relación al vástago 32. En particular, el cuerpo 38 con el hombro 34 está configurado de tal manera que no gire durante la fricción-agitación, sino que presente un número de revoluciones $n=0$. Por ejemplo, la herramienta de fricción-agitación 30 está configurado con respecto a la movilidad relativa del vástago 32 y del cuerpo 38 como se revela en el documento DE 10 2005 030 800 B4.

50

La figura 4 muestra un ejemplo de un dispositivo de fricción-agitación 50 para realizar una operación de fricción-agitación, que presenta la herramienta de fricción-agitación 30 con la abertura de interrupción 42 en el hombro 34 y un dispositivo 52 de movimiento de la herramienta para mover y guiar la herramienta de fricción-agitación 30.

55

El dispositivo 52 de movimiento de la herramienta está configurado para guiar y mover la herramienta de fricción-agitación 30 en diferentes direcciones. Para ello, en el ejemplo representado en la figura 4, que indica una forma de realización sencilla del dispositivo 52 de movimiento de la herramienta, está previsto un primer dispositivo de guiado 54 para mover la herramienta de fricción-agitación 30 en una primera dirección R1 (por ejemplo la dirección X) y un segundo dispositivo de guiado 56 para mover la herramienta de fricción-agitación 30 en una segunda dirección R2 (por ejemplo la dirección Y). Por supuesto, puede preverse también aun un tercer dispositivo de guiado (no representado) para mover la herramienta de fricción-agitación 30 en una tercera dirección (por ejemplo, la dirección de la altura, la dirección Z).

El dispositivo de fricción-agitación 50 presenta además un bastidor 58 o una carcasa que pueden moverse por medio del dispositivo 52 de movimiento de la herramienta bajo el control de un controlador 60, en la respectiva dirección adecuada para realizar el proceso de fricción-agitación deseado.

En el bastidor 58 (o en la carcasa) está previsto un primer accionamiento de giro 61 para girar el vástago 32.

En el ejemplo de realización aquí representado del dispositivo de fricción-agitación 50 está previsto además en el bastidor 58 (o en la carcasa) un accionamiento de pivotamiento 62 controlado por el controlador 60, por medio del cual el cuerpo 38 con el hombro 34 puede moverse en una orientación angular cualquiera, en la que se inmoviliza el cuerpo 38 seguidamente. El accionamiento de pivotamiento 62 se une con el cuerpo 38, por ejemplo, a través de una rueda dentada 64 y una corona dentada 66. Por ejemplo, el accionamiento de pivotamiento 62 presenta un motor de pasos.

El controlador 60 está configurado preferiblemente de tal manera que pueda realizarse con el dispositivo de fricción-agitación 50 una soldadura por fricción-agitación para unir la primera pieza de trabajo 10 y la segunda pieza de trabajo 12. Para ello, se acciona el vástago 32 de manera giratoria con el accionamiento de giro 61 y se le introduce en la zona de la junta a tope 16 (u otra zona de unión) de las piezas de trabajo 10, 12. Gracias al calor de fricción entre el vástago 32 y las piezas de trabajo 10, 12 se plastifican los materiales de las piezas de trabajo 10, 12. Para la operación de fricción-agitación se mueve la herramienta de fricción-agitación 30 de manera controlada por el controlador 60 en una dirección de avance V. El hombro 34 se orienta entonces por medio del accionamiento de pivotamiento 62 de tal modo que la abertura de interrupción 42 se mire siempre en la dirección de avance V.

La orientación de la abertura de interrupción 42 puede modificarse por medio del accionamiento de pivotamiento 62 de manera correspondiente al recorrido de la junta a tope 16 y en función de una modificación correspondiente de la dirección de avance V. Esto está indicado en la figura 4 por un recorrido curvo de la junta a tope 16 y la desviación 18 de los cantos por medio de líneas de puntos; a lo largo de este recorrido curvo puede formarse así también una costura de soldadura curvada 70.

La figura 5 muestra una representación fuertemente esquematizada de la herramienta de fricción-agitación 30 en el transcurso de la soldadura por fricción-agitación con ataque en la primera pieza de trabajo 10 y en la segunda pieza de trabajo 12.

Hasta ahora, se ha partido de que los hombros de las herramientas de fricción-agitación deben guiarse completamente alrededor del perímetro del vástago 32, para que éstos puedan cumplir su función de retención del material plastificado en el lugar de soldadura. Como se muestra en la figura 5, en el hombro no completamente periférico 34 está prevista la abertura de interrupción 42; no obstante, la desviación de cantos 18 de las piezas de trabajo aún no soldadas 10, 12 aquí cumple la función de retención del material plastificado.

Los ensayos han demostrado que con una herramienta de fricción-agitación 30 de este tipo con un hombro no completamente periférico 34 puede realizarse una fricción-agitación de piezas de trabajo 10, 12 con una desviación de cantos 18 con gran seguridad del proceso, sin que deba ajustarse un ángulo de incidencia oblicuo de la herramienta de fricción-agitación 30. Un ángulo de incidencia oblicuo de este tipo es difícil de manejar, en particular en el caso de un recorrido curvado de la costura de soldadura 70, como se indica con líneas de puntos en la figura 4.

Son posibles diferentes ejecuciones de la herramienta de fricción-agitación 30 y del dispositivo de fricción-agitación 50. Así, la forma de la abertura de interrupción 42 puede diferenciarse de la forma representada.

En lugar de la versión sencilla, indicada en la figura 4, del dispositivo 52 de movimiento de la herramienta puede preverse también – como es bien conocido – un brazo de robot como dispositivo 52 de movimiento de la

herramienta, en cuyo extremo esté previsto el bastidor 58 o la carcasa con el accionamiento de giro 61. El accionamiento de pivotamiento 62 puede configurarse, por ejemplo, por medio de una posibilidad de pivotamiento correspondiente de la conexión de herramienta del brazo de robot.

- 5 Aun cuando la herramienta de fricción-agitación 30 y el dispositivo de fricción-agitación 50 se han mostrado y descrito para utilizarse como herramienta de soldadura por fricción-agitación para unir piezas de trabajo 10, 12 a lo largo de una costura de soldadura o como dispositivo de soldadura por fricción-agitación para unir las piezas de trabajo 10, 12 a lo largo de la costura de soldadura, las posibilidades de utilización de la herramienta de fricción-agitación 30 y el dispositivo de fricción-agitación 50 no están limitadas a este caso de aplicación. Pueden realizarse también otras funciones de fricción-agitación, como, por ejemplo, un alisado de una desviación de cantos 18 en una pieza de trabajo entera (no representada) o una reparación de una pieza de trabajo en la zona de una desviación de los cantos o similares.

Lista de símbolos de referencia

- | | | |
|----|----|--|
| 15 | 10 | Primera pieza de trabajo |
| | 12 | Segunda pieza de trabajo |
| | 14 | Superficie de pieza de trabajo |
| | 16 | Junta a tope |
| | 18 | Desviación de cantos |
| 20 | 20 | Escalón |
| | 30 | Herramienta de fricción-agitación |
| | 32 | Vástago |
| | 34 | Hombro |
| | 36 | Eje de giro |
| 25 | 38 | Cuerpo |
| | 40 | Zona de captura |
| | 42 | Abertura de interrupción |
| | 50 | Dispositivo de fricción-agitación |
| | 52 | Dispositivo de movimiento de herramienta |
| 30 | 54 | Primer dispositivo de guiado |
| | 56 | Segundo dispositivo de guiado |
| | 58 | Bastidor |
| | 60 | Controlador |
| | 61 | Accionamiento de giro |
| 35 | 62 | Accionamiento de pivotamiento |
| | 64 | Rueda dentada |
| | 66 | Corona dentada |
| | 70 | Costura de soldadura |
| | W | Ángulo de abertura |
| 40 | R1 | Primera dirección |
| | R2 | Tercera dirección |
| | V | Dispositivo de avance |

REIVINDICACIONES

1. Herramienta de fricción-agitación (30) para realizar una operación de fricción-agitación, que comprende un hombro (34) para presionar sobre una superficie de pieza de trabajo (14) y un vástago (32) accionable giratoriamente, sobresaliente del hombro (34), para su introducción con efecto de plastificación en al menos una pieza de trabajo a mecanizar (10, 12), **caracterizada por que** el hombro (34) presenta en una zona periférica, en una zona de captura (40) configurada para el ataque de fricción de piezas de trabajo (10, 12), una abertura de interrupción (42) que se extiende continuamente en la zona de captura (40) desde el exterior hasta el vástago (32), de modo que el hombro (34) no es guiado alrededor del perímetro completo del vástago (32).
2. Herramienta de fricción-agitación (30) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la abertura de interrupción (42) está configurada a modo de segmento de círculo, visto en dirección axial con respecto al eje de giro (36) del vástago (32).
3. Herramienta de fricción-agitación (30) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la herramienta de fricción-agitación (30) está configurada como una herramienta de soldadura por fricción-agitación para unir dos piezas de trabajo (10, 12) a lo largo de una costura de soldadura (70) mediante soldadura por fricción-agitación.
4. Herramienta de fricción-agitación (30) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el vástago (32) puede girar con relación al hombro (34) y/o por que el hombro (34) está configurado para presentar un número de revoluciones $n=0$ mientras gira el vástago (32) en el transcurso de la operación de fricción-agitación.
5. Dispositivo de fricción-agitación (50) que comprende una herramienta de fricción-agitación (30) según una de las reivindicaciones anteriores y un dispositivo de guiado de herramienta (54, 56) para mover y guiar la herramienta de fricción-agitación (30) en una dirección de avance (V) durante una operación de soldadura de costura, estando orientada la abertura de interrupción (42) en la dirección de avance (V).
6. Procedimiento de fricción-agitación para mecanizar al menos una pieza de trabajo (10, 12) por medio de una operación de fricción-agitación, que comprende las etapas de:
 - introducir un vástago giratorio (32) en la al menos una pieza de trabajo (10, 12) y plastificar el material de pieza de trabajo mediante fricción-agitación,
 - impedir una salida de material plastificado presionando un hombro (34) que rodea el vástago (32), con una zona de captura (40) configurada para el ataque de fricción de piezas de trabajo (10, 12), sobre la superficie (14) de la al menos una pieza de trabajo (10, 12), **caracterizado por que** se utiliza un hombro (34) con una abertura de interrupción (42) en una zona periférica, extendiéndose continuamente la abertura de interrupción (42) en la zona de captura (40) desde el exterior hasta el vástago (32), de modo que el hombro (34) no rodea completamente el vástago (32).
7. Procedimiento de fricción-agitación según la reivindicación 6, **caracterizado por que** éste es un procedimiento de soldadura por fricción-agitación para unir unas piezas de trabajo primera y segunda (10, 12) mediante una operación de soldadura por fricción-agitación.
8. Procedimiento de fricción-agitación según la reivindicación 7, **caracterizado por** mover el vástago (32) y el hombro (34) en una dirección de avance (V) para formar una costura de soldadura (70), e inmovilizar el hombro (34) durante el proceso de soldadura mientras gira el vástago (32), con la abertura de interrupción (42) orientada en la dirección de avance (V), de modo que el hombro (34) no se mueva de forma giratoria, con la abertura de interrupción (42) orientada hacia delante en la dirección de avance (V), a través de la costura de soldadura (70) a formar.
9. Procedimiento de agitación-fricción según una de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado por** soldar la primera pieza de trabajo (10) y la segunda pieza de trabajo (12) a lo largo de un escalón (20) o de una desviación de cantos (18) entre las piezas de trabajo (10, 12).



