

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 020**

51 Int. Cl.:

B23K 26/242 (2014.01)

B23K 26/064 (2014.01)

B23K 26/073 (2006.01)

B23K 26/20 (2014.01)

B23K 103/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.10.2020** **PCT/EP2020/079269**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.04.2021** **WO21074419**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2020** **E 20803066 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023** **EP 4045223**

54 Título: **Método de soldadura por láser para conexiones en esquina de partes de piezas de trabajo**

30 Prioridad:
17.10.2019 DE 102019215968

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.06.2024

73 Titular/es:
TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECHNIK GMBH
(100.0%)
Johann-Maus-Strasse 2
71254 Ditzingen, DE

72 Inventor/es:
SCHEIBLE, PHILIPP;
SEEBACH, JOHANNES y
BOCKSROCKER, OLIVER

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 972 020 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de soldadura por láser para conexiones en esquina de partes de piezas de trabajo

La invención se refiere a un proceso de soldadura por láser para uniones en esquina de partes de piezas de trabajo.

5 Los métodos de soldadura por láser para unir partes de piezas de trabajo se conocen por el estado de la técnica, véase, p.ej. el documento EP1037290A1 (Base para el preámbulo de la reivindicación 1).

10 El documento US 2017/0334021 A1 describe un sistema de soldadura láser utilizado en la fabricación de dispositivos electrónicos tales como baterías, con una fuente láser para generar un rayo láser con un perfil de rayo. Para modificar el perfil de rayo, el sistema de soldadura por láser incluye medios de conformación del rayo, por ejemplo elementos ópticos para la difracción del rayo láser, y componentes de apantallado, mediante los cuales se puede apantallar al menos una parte del rayo láser. La conformación específica del haz tiene como objetivo reducir la potencia del rayo láser necesaria para la soldadura y reducir los efectos secundarios indeseables.

15 El documento DE 10 2010 003 750 A1 describe un método para cambiar el perfil de un rayo láser. El rayo láser se acopla en un extremo de fibra de una fibra multicapa y se desacopla del otro extremo de la fibra multicapa. Con esto el rayo láser incidente se acopla al menos en el núcleo de fibra interior de la fibra multicapa y/o en un núcleo anular exterior de la fibra multicapa. Esto provoca un cambio en el perfil del rayo láser después del desacoplamiento en comparación con el rayo láser antes del acoplamiento.

Al soldar uniones en esquina de piezas de trabajo con métodos utilizados hasta ahora para este fin, pueden aparecer inestabilidades en la pieza de trabajo, por ejemplo en forma de poros, y pueden salir salpicaduras del material fundido.

Misión de la invención

20 La invención tiene el objetivo de crear un proceso de soldadura por láser para la formación especialmente estable de uniones de esquinas de piezas de trabajo sin que se formen salpicaduras de metal fundido, como se aprecia especialmente en las carcasas de baterías.

Breve descripción de la invención.

25 Este objetivo se logra mediante un método para soldar con láser una pieza de trabajo, en el que se suelda un cordón en I en la unión de esquina de dos partes de la pieza de trabajo usando un rayo láser de soldadura, con lo que se produce una unión de aluminio entre las partes de la pieza de trabajo, en donde para generar el rayo láser de soldadura se aplica un rayo láser inicial a un primer extremo de una fibra multicapa, en particular una fibra 2 en 1, en donde la fibra multicapa presenta al menos una fibra central y una fibra anular que la rodea, en donde una primera parte LK de la potencia de láser del rayo láser inicial de salida se aplica a la fibra central y una segunda parte LR de la potencia de láser del rayo láser inicial se aplica a la fibra central, en donde un segundo extremo de la fibra multicapa se forma sobre la pieza de trabajo, y realizándose la soldadura láser de la pieza de trabajo mediante soldadura profunda.

30 El procedimiento de soldadura según la invención, en particular la combinación según la invención de la geometría de la pieza, el material de la pieza, la conformación del rayo láser y el control del proceso, permite obtener uniones soldadas especialmente estables y al mismo tiempo evitar salpicaduras. El cordón de soldadura en forma de I se caracteriza por un efecto de muesca reducido y un flujo de fuerza sin perturbaciones a través del cordón de soldadura. Esto conduce a una alta estabilidad del cordón en I. El aluminio como material tiene un peso comparativamente bajo y una alta resistencia y durabilidad, lo que también aumenta la estabilidad de la unión soldada. Con la soldadura profunda se consiguen profundidades de soldadura especialmente altas. El rayo láser que sale de la fibra multicapa presenta una sección transversal con un rayo central emitido por la fibra central y un rayo anular emitido por la fibra anular. Esto minimiza la formación de salpicaduras al soldar profundamente el cordón en I en el material de aluminio. Además se crea un cordón de soldadura con una superficie de cordón lisa y una alta estanqueidad al gas, que ha demostrado ser especialmente adecuada para la fabricación de carcasas de baterías.

35 En particular, en una unión de esquina dos partes de la pieza de trabajo se apoyan entre sí con sus extremos en ángulo, preferiblemente en ángulo recto o aproximadamente en un ángulo recto de 75° a 105°. En el caso del cordón en I en la junta de esquina, las partes de la pieza de trabajo están dispuestas en particular de tal manera que el eje longitudinal de una primera parte de la pieza de trabajo en su extensión perfora un extremo de una segunda parte de la pieza de trabajo, en donde el cordón en I se extiende transversalmente, en particular perpendicularmente al eje longitudinal, a lo largo de toda la anchura de la primera parte de la pieza de trabajo.

40 La superficie de contacto de las partes de la pieza de trabajo es especialmente paralela o casi paralela a la dirección del rayo (dirección de propagación del rayo) del rayo láser de soldadura. En particular, la superficie de apoyo de las partes de la pieza de trabajo está alineada con un ángulo máximo de 15° a -15°, preferiblemente de 5° a -5°, con respecto a la dirección del rayo láser. Normalmente, una de las partes de la pieza de trabajo se extiende perpendicularmente alejándose de la superficie de apoyo y una de las partes de la pieza de trabajo se extiende paralela a la superficie de apoyo. En el lado de entrada del rayo láser de soldadura sobre la pieza de trabajo, las partes de la pieza de trabajo normalmente están alineadas con respecto a la dirección del haz. Las partes de la pieza de trabajo

se componen esencialmente de aluminio y pueden tener un revestimiento de plástico, por ejemplo para aislamiento eléctrico.

5 En el procedimiento de soldadura según la invención en el modo de soldadura profunda se utilizan láseres con una densidad de potencia comparativamente alta, por lo que el láser genera vapor durante la soldadura. El vapor desplaza la masa fundida creada durante la soldadura. Esto crea un hueco profundo lleno de vapor, el capilar de vapor. El metal fundido fluye alrededor del capilar de vapor y se solidifica en la parte posterior.

10 Al soldar con láser sin fibra multicapa para generar el rayo láser, a menudo se genera un exceso de presión en los capilares de vapor de la pieza de trabajo, lo que provoca que los capilares de vapor se abomben. Estos abombamientos se agrandan y se abren explosivamente, expulsando masa fundida en forma de salpicaduras. También las oscilaciones del metal fundido en el lado de los capilares de vapor, que está orientado hacia el rayo láser, provocan a menudo salpicaduras del metal fundido. En los capilares de vapor se pueden formar bordes afilados que dificultan el flujo del metal fundido y favorecen así la formación de salpicaduras. Los abombamientos también pueden provocar poros en la pieza de trabajo.

15 La fibra multicapa utilizada según la invención para la conformación del rayo presenta al menos una fibra central (fibra de perfil macizo) y una fibra anular (fibra de perfil hueco), que rodea a la fibra central. La fibra anular está configurada especialmente como fibra cerrada circunferencialmente con una escotadura. La fibra central y la fibra anular pueden presentar cualquier perfil de sección transversal, por ejemplo en forma de cuadrados. La fibra central y la fibra anular tienen preferiblemente una sección transversal circular o anular. La fibra multicapa está diseñada preferiblemente como una fibra 2 en 1 con la fibra central y una fibra anular. El rayo láser que sale de la fibra multicapa presenta una
20 sección transversal con un rayo central emitido por la fibra central y un rayo anular emitido por la fibra anular. Las intensidades del rayo central y del rayo anular están determinadas por la primera parte LK o la segunda parte LR de la potencia láser aplicada del rayo láser de salida.

25 El perfil de rayo del rayo láser de soldadura se modifica en comparación con el rayo láser inicial de tal manera que la interacción de una determinada intensidad anular con una determinada intensidad nuclear modifica la entrada de energía en la pieza de trabajo de tal manera que la forma del capilar de vapor y la dinámica del baño de fusión se ven afectados. Esto permite soldar con formación de rayo, en particular una soldadura profunda con pocas proyecciones y con avances muy altos con una buena calidad de ondulación en el cordón superior, como en la soldadura por conducción térmica.

30 En particular, el rayo anular puede hacer que se amplíe la abertura de los capilares de vapor en el lado de la pieza de trabajo irradiada por el rayo láser y se facilite la salida de gases de los capilares de vapor. Mediante la intensidad anular se abren aún más los capilares de vapor en la parte superior, de modo que el vapor metálico puede salir libremente o casi sin obstáculos. Esto evita en gran medida la formación de abombamientos en los capilares de vapor y la formación de salpicaduras. La formación de salpicaduras se minimiza porque se reduce la presión del gas en los capilares de vapor y el correspondiente efecto sobre el baño fundido. El rayo anular también transmite desde arriba
35 (en la dirección de propagación del rayo láser) al baño fundido un impulso cuya dirección es opuesta a la aceleración del material fundido en la parte posterior del capilar de vapor y, por lo tanto, también reduce la formación de salpicaduras. El rayo anular suprime las fluctuaciones que favorecen la formación de salpicaduras. La conducción de calor en el cordón de soldadura provoca un mayor ensanchamiento del cordón de soldadura. Se crea un cordón de soldadura que presenta una ondulación superior de cordón lisa (comparable a las soldaduras por conducción térmica)
40 y una alta estanqueidad al gas.

45 El inventor ha observado mediante registros de alta velocidad que en el marco de la invención se puede conseguir una reducción de la formación de salpicaduras de hasta un 90% en comparación con el estado de la técnica (sin la conformación de rayo según la invención). Los inventores también observaron esta reducción significativa en la formación de salpicaduras a velocidades de alimentación que eran mayores en un factor de 7,5 (aproximadamente 30 m/min) que en el estado de la técnica (aproximadamente 4 m/min). Los inventores también han descubierto que utilizando la tecnología según la invención se pueden ondular superiores del cordón de soldadura claramente más lisas que con cordones de soldadura soldados con otros métodos de soldadura.

50 El método según la invención es adecuado para producir uniones en esquina estables en carcasas de baterías con un bajo riesgo de cortocircuito y una alta estanqueidad al gas, mediante el uso del cordón en I en la junta de esquina, el uso de aluminio y de la soldadura profunda con una fibra múltiple.

Formas de realización preferidas de la invención.

En una forma de realización preferida del método según la invención, la primera parte LK de la potencia láser para la fibra central y la segunda parte LR de la potencia láser para la fibra anular se seleccionan de manera que sean $0,15 \leq LK/(LK+LR) \leq 0,50$, preferiblemente $0,25 \leq LK/(LK+LR) \leq 0,45$, de manera especialmente preferida $LK/(LK+LR) = 0,35$.

55 Estos porcentajes respectivos de la potencia láser para la fibra central y la fibra anular dan como resultado un proceso de soldadura con una gran profundidad de penetración evitando al mismo tiempo salpicaduras y han demostrado ser especialmente útiles en la producción de carcasas de baterías. En caso de un porcentaje menor de potencia láser para la fibra central predomina el porcentaje de potencia láser para la fibra anular, de modo que el proceso de

soldadura por láser vuelve a ser comparable al caso de la soldadura por láser con una fibra homogénea. Esto también se aplica a un porcentaje mayor de la potencia láser para la fibra central que el indicado anteriormente, siendo entonces el porcentaje de potencia láser para la fibra central mayor que el porcentaje para la fibra anular.

5 Es ventajosa una forma de realización en la que la soldadura por láser se realiza con una velocidad de avance v , con $v \geq 7$ m/min, en particular con $v \geq 10$ m/min, preferiblemente $v \geq 20$ m/min, de manera especialmente preferida $v \geq 30$ m/min. Estas velocidades de avance se pueden lograr fácilmente con pocas salpicaduras dentro del alcance de la invención con potencias láser típicas de 2 a 6 kW, longitud de onda de 1030 nm, con un espesor típico de la pieza de trabajo en la junta (de la parte de la pieza de trabajo que es más pequeña en la dirección del rayo) de 0,5 mm-2 mm.

10 Además se prefiere una forma de realización en la que el segundo extremo de la fibra multicapa se forma sobre la pieza de trabajo ampliado con un factor de aumento VF, con $VF > 1,0$, en particular con $VF \geq 1,5$, preferentemente $VF \geq 2,0$. Con un aumento de este tipo se puede conseguir un ángulo de divergencia del rayo láser comparativamente pequeño; se minimiza la reflexión del rayo láser sobre la pieza de trabajo. Con un pequeño ángulo de divergencia también se puede evitar mejor que se queme el material aislante. El proceso de soldadura se puede realizar con una mayor tolerancia en cuanto a la distancia del foco del rayo láser de soldadura desde la superficie de la pieza de trabajo.

15 También se prefiere una forma de realización en la que el rayo láser inicial se genere con un láser de estado sólido, en particular un láser de disco. Los láseres de estado sólido son económicos y en la práctica han demostrado su utilidad para la invención. Los láseres de disco se caracterizan por tener buenas posibilidades de refrigeración del cristal láser durante el funcionamiento, lo que influye positivamente en la capacidad de enfoque del rayo láser.

20 También se prefiere una forma de realización en la que la fibra multicapa se selecciona de manera que para un diámetro DK de la fibra central y un diámetro DR de la fibra anular es válido: $2,5 \leq DR/DK \leq 6$, preferiblemente $3 \leq DR/DK \leq 5$. Normalmente, para la fibra central vale, $50 \mu\text{m} \leq DK \leq 250 \mu\text{m}$ o $100 \mu\text{m} \leq DK \leq 200 \mu\text{m}$. Normalmente, $100 \mu\text{m} \leq DR \leq 1000 \mu\text{m}$ o $150 \mu\text{m} \leq DR \leq 900 \mu\text{m}$ o $150 \mu\text{m} \leq DR \leq 500 \mu\text{m}$ también se aplica a la fibra anular. Con estas relaciones de los diámetros se puede realizar el proceso de soldadura en tiempos de proceso comparativamente cortos.

25 También es ventajosa una forma de realización en la que el rayo láser de soldadura, enfocado en la dirección de propagación del rayo, presenta una altura máxima desplazada MHO con respecto a la superficie de la pieza de trabajo, siendo $|MHO| \leq 1,5$ mm, preferentemente $|MHO| \leq 1,0$ mm, particularmente preferido $|MHO| \leq 0,5$ mm. En esta zona del desplazamiento de altura se forma un mínimo anular local de la distribución de intensidad entre el rayo central y el rayo anular. Esto tiene un efecto especialmente positivo en la disminución de salpicaduras durante el proceso de soldadura.

30 También es ventajosa una forma de realización en la que el rayo láser de soldadura presenta en la pieza de trabajo un desplazamiento lateral máximo MLO con respecto a una superficie de apoyo de las piezas de la pieza de trabajo, siendo $|MLO| \leq 0,2$ mm, preferiblemente $|MLO| \leq 0,1$ mm. En este rango del MLO desplazado lateralmente se consigue durante el proceso de soldadura un perlado del cordón de soldadura superior relativamente liso especialmente redondeado sobre la esquina resultante.

Es ventajosa una forma de realización en la que las partes de la pieza de trabajo se sujetan de forma plana durante la soldadura por láser, en donde con $MS \leq 0,1$ mm se obtiene una anchura de ranura máxima MS entre las partes de la pieza de trabajo. Con estas anchuras de ranura se consigue durante la soldadura una distribución homogénea y poco porosa del material en el cordón de soldadura.

40 También se prefiere una variante en la que las partes de la pieza de trabajo están situadas en la junta de esquina alineadas entre sí en la dirección de propagación del rayo láser de soldadura o en un escalón con una altura de escalón SH,

con $SH \leq 0,3$ mm,

preferiblemente $SH \leq 0,2$ mm,

45 de manera especialmente preferida $SH \leq 0,1$ mm. Con una altura de escalón máxima de este tipo se podrían producir cordones de soldadura de buena calidad.

La invención también incluye un uso del método según una de las formas de realización anteriores para fabricar una carcasa de batería, en donde las partes de la pieza de trabajo son piezas de la carcasa de batería, en donde, en particular una de las partes de la pieza de trabajo es una tapa que cierra la carcasa de batería. El proceso permite unir las piezas de la carcasa de la batería de forma especialmente estable, rápida y sin salpicaduras. Las carcasas fabricadas son fiablemente estancas, especialmente estancas a los gases.

55 Otras ventajas de la invención se desprenden de la descripción y del dibujo. Asimismo, las características según la invención mencionadas anteriormente y las que se detallan con más detalle se pueden utilizar individualmente o en grupos en cualquier combinación. Las formas de realización mostradas y descritas no deben entenderse como una lista exhaustiva, sino que tienen un carácter ejemplar para describir la invención.

Descripción detallada de la invención y dibujo.

La invención está representada en el dibujo y será explicada con más detalle mediante ejemplos de realización. Se muestra:

- 5 Figura 1a una vista esquemática de una situación de soldadura de una primera junta de esquina y un rayo láser para soldar la junta de esquina según la invención;
- Figura 1b una vista esquemática de una situación de soldadura de una segunda junta de esquina y un rayo láser para soldar la junta de esquina según la invención;
- Figura 1c una vista esquemática de una primera y una segunda parte de la pieza de trabajo en una disposición en forma de esquina con una ranura en una situación de soldadura según la invención;
- 10 Figura 1d una vista esquemática de una situación de soldadura según la invención con una primera y una segunda parte de la pieza de trabajo dispuestas en forma de esquina, estando el rayo láser desplazado a lo largo de la superficie de las partes de la pieza de trabajo hacia la superficie de apoyo de las partes de la pieza de trabajo;
- 15 Figura 1e una vista esquemática de una situación de soldadura según la invención con una primera y una segunda parte de la pieza de trabajo dispuestas en forma de esquina, estando el foco del rayo láser distanciado de la superficie de las partes de la pieza de trabajo;
- Figura 1f una vista esquemática de una situación de soldadura según la invención con una primera y una segunda parte de la pieza de trabajo dispuestas en forma de esquina, formando las partes de la pieza de trabajo un escalón;
- 20 Figura 2 una disposición para generar un rayo láser con una fibra multicapa para la invención;
- Figura 3a el perfil de intensidad esquemático de un rayo láser desacoplado a partir de una fibra multicapa como se muestra en la Figura 2 en una dirección transversal a la dirección de propagación del rayo láser para la invención;
- 25 Figura 3b esquemáticamente, una sección transversal plana del rayo láser desacoplado de la fibra multicapa de la figura 3a, transversalmente a la dirección de propagación del rayo láser;
- Figura 4 una representación esquemática de un baño de soldadura y un capilar de vapor durante el proceso de soldadura según la invención y con el rayo láser desacoplado de la fibra multicapa;
- Figura 5a una vista en sección de una pieza soldada en una junta de esquina en la zona del cordón de soldadura, generada con un rayo láser desacoplado de una fibra unipolar;
- 30 Figura 5b una vista en sección de una pieza de trabajo soldada en una junta de esquina en la zona del cordón de soldadura, generada según la invención con un rayo láser desacoplado de una fibra multicapa.

35 La invención se refiere a la creación de un cordón en I en la junta de esquina en uniones de aluminio, una situación de unión que ocurre típicamente en carcasas de baterías (las llamadas "tapas de latas"). Al soldar con láser carcasas de celdas de batería, a menudo pueden producirse salpicaduras de soldadura y ondulaciones desiguales en el cordón de soldadura debido a las altas velocidades de avance requeridas durante el proceso de soldadura. Con la presente invención, que prevé un perfil de rayo generado usando una fibra multicapa, el cordón de soldadura se suaviza y se minimiza la formación de salpicaduras, lo que resulta en un menor riesgo de cortocircuito y un mayor sellado. Esto permite aumentar significativamente las velocidades de avance de forma segura para la producción en comparación con el estado de la técnica.

40 La Figura 1a muestra una pieza de trabajo 1 con una primera junta de esquina 2a, que presenta una primera parte 3a de la pieza de trabajo y una segunda parte 3b de la pieza de trabajo. La primera parte 3a de la pieza de trabajo presenta aquí un ancho B1 mayor que un ancho B2 de la segunda parte 3b de la pieza de trabajo. Las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo se encuentran una junto a otra con una esquina interior 4 en ángulo recto. Un extremo truncado 5a de la primera parte 3a de la pieza de trabajo está situado en un extremo 6a de la segunda parte 3b de la pieza de trabajo. El eje longitudinal 7a de la primera parte 3a de la pieza de trabajo penetra en su prolongación en el extremo 6a de la segunda parte 3b de la pieza de trabajo. Para crear un cordón de soldadura 8 en forma de costura en I la superficie 9 de la pieza de trabajo 1 es irradiada con un rayo láser de soldadura 11 en la superficie de junta 10, en la que las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo se apoyan una en otra. El rayo láser de soldadura 11 está desacoplado de una fibra multicapa (ver figura 2). La superficie de junta 10 de las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo se encuentra paralela a la dirección de propagación de rayo 12 del rayo láser de soldadura 11. La primera parte 3a (más ancha) de la pieza de trabajo se extiende verticalmente alejándose de la superficie de junta 10, y la segunda parte 3b (menos ancha) de la pieza de trabajo se extiende paralela a la superficie de junta 10. En el lado de entrada del rayo láser de soldadura 11 a la pieza de trabajo 1 las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo están alineadas con respecto a la dirección de propagación de rayo 12. El rayo láser de soldadura 11 se irradia desde el lado de la pieza de trabajo 1, que

comprende las dos partes 3a, 3b de la pieza de trabajo, que es opuesta a la esquina interior 4 en ángulo recto de la pieza de trabajo 1. Las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo están hechas cada una de un material que contiene aluminio, en particular aluminio 3003, y normalmente presentan una anchura B_1 , B_2 de 0,5 mm a 2,0 mm. La disposición de las piezas 3a, 3b de la pieza de trabajo representa en particular una representación esquemática de una unión en esquina de una carcasa de batería. La situación de soldadura que se muestra en la Figura 1b es similar a la situación de soldadura que se muestra en la Figura 1a. En contraste con la disposición de la Figura 1a, la segunda parte 3b (menos ancha) de la pieza de trabajo se extiende verticalmente alejándose de la superficie de junta 10, y la primera parte 3a (más ancha) de la pieza de trabajo se extiende paralela a la superficie de junta 10. La segunda parte 3b más delgada de la pieza de trabajo se extiende en particular perpendicular a la primera parte 3a de la pieza de trabajo, más gruesa. La segunda parte 3b de la pieza de trabajo, más delgada, está soldada especialmente al lado de la primera parte 3a de la pieza de trabajo, más gruesa. El eje longitudinal **7b** de la segunda parte 3b de la pieza de trabajo perfora en su prolongación el extremo 5b de la primera parte 3a de la pieza de trabajo.

Figura 1c muestra un ejemplo de una vista esquemática de una primera y una segunda parte 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo formando una esquina en una situación de soldadura según la invención, que con una anchura de ranura máxima MS de 0,1 mm están dispuestas entre las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo y con un rayo láser de soldadura 11. Se observa que la anchura de ranura MS y la divergencia de rayo del rayo láser de soldadura 11 se muestran muy exageradas (lo mismo es válido también para las otras figuras).

Figura 1d muestra un ejemplo de una vista esquemática de una situación de soldadura con una primera y una segunda parte 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo en una disposición en forma de esquina, en donde el rayo láser de soldadura 11 está desplazado a lo largo de la superficie de las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo hacia la superficie de apoyo 10 de las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo. En particular, el rayo láser de soldadura 11 presenta un desplazamiento lateral máximo **MLO** de 0,2 mm en comparación con la superficie de apoyo 10 de las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo.

Figura 1e muestra un ejemplo de una vista esquemática de una situación de soldadura con una primera y una segunda parte 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo en una disposición formando una esquina, en donde el foco F del rayo láser de soldadura 11 está desplazado hacia arriba respecto de la superficie de las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo. El foco F del rayo láser de soldadura 11 para soldar las partes 3a^(l), 3b^(l) de la pieza de trabajo en particular presenta un desplazamiento de altura máximo **OMS** de 1,5 mm respecto de la superficie de la pieza de trabajo. Se observa que también se puede configurar un desplazamiento de altura MHO de modo que el foco F quede debajo de la superficie de las piezas de trabajo (no se muestra con más detalle).

La Figura 1f muestra un ejemplo de una vista esquemática de una situación de soldadura según la invención, como suele ocurrir con frecuencia al soldar una carcasa de batería, debido a tolerancias de unión. La primera parte 3a de la pieza de trabajo está aquí orientada verticalmente y se asienta sobre un suelo 39; está formada por el cuerpo de lata ("can") de la carcasa de batería o una parte del cuerpo de lata. Este cuerpo de lata debe ser cerrado con una tapa ("cap"). La segunda parte 3b de la pieza de trabajo forma esta tapa o una parte de ella. Las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo deben soldarse entre sí en su superficie de apoyo 10 de forma estanca al gas.

En la dirección (aquí) vertical de propagación del rayo 12 en la que se propaga el rayo láser de soldadura 11, las partes 3a, 3b de la pieza de trabajo están dispuestas aquí ligeramente desplazadas; por consiguiente se forma un escalón 40 junto a la superficie de apoyo 10. La altura de escalón **SH** del escalón 40 en la dirección R es típicamente de un máximo de 0,3 mm, preferiblemente de un máximo de 0,1 mm.

El foco F del rayo láser de soldadura 11 está típicamente dirigido al borde del lado superior 41 que mira hacia el rayo láser de soldadura incidente 10, de la primera parte 3a de la pieza de trabajo que se apoya en el suelo 39, aquí sin desplazamiento de altura. El foco F puede ser reconocido aquí por el estrechamiento de las líneas delimitadoras laterales del rayo láser de soldadura 11.

La Figura 2 muestra un sistema láser 17 para generar un rayo láser de soldadura 11, con una fibra multicapa 18 para el invento. Un rayo láser 19 de salida se acopla en un primer extremo 20a de fibra de la fibra multicapa 18, que en dirección radial presenta capas 21a, 21b, 21c, 21d de diferentes índices de refracción n_1 , n_2 , n_3 , n_4 . Además, el rayo láser de soldadura 11 proviene de un segundo extremo 20b de la fibra multicapa 18. El perfil de rayo del rayo láser de soldadura 11 emergente se modifica porque el rayo láser 19 de salida está acoplado a través de una óptica de desvío 24, aquí en forma de cuña óptica 24a, con diferentes porcentajes de potencia LK, LR al menos en una fibra central 25 interior con diámetro DK de la fibra multicapa 18 y en una fibra anular 26 exterior con diámetro DR de la fibra multicapa 18. En la posición media de la cuña óptica 24a prevista para la invención, un porcentaje de rayo **StrA₁** del rayo láser 19 de salida es desviado por la cuña óptica 24a y aplicado en la capa 21c, mientras que un segundo porcentaje de rayo **StrA₂** del rayo láser 19 de salida continúa sin perturbación extendiéndose delante de la cuña óptica 24a en línea recta con respecto a la dirección de rayo del rayo láser 19 de salida y se aplica a la capa 21a. En la forma de realización mostrada, la fibra multicapa 18 está diseñada como una fibra 2 en 1 con la fibra central 25 interior y la fibra anular 26 exterior. La fibra central 25 interior está formada en particular por la capa 21a y la fibra anular 26 en particular por la capa 21c. Las otras capas 21b, 21d sirven como revestimientos para evitar que los porcentajes de rayo **StrA₁**, **StrA₂** pasen entre la fibra central 25 interior y la fibra anular 26 exterior. En particular, los índices de refracción n_1 de la capa 21a y el índice de refracción n_3 de la capa 21c son mayores que el índice de refracción n_2 de la capa 21b y el índice

de refracción n_4 de la capa 21d. El segundo extremo 20b de la fibra multicapa 18 se forma sobre la pieza de trabajo (ver figura 1a), en particular aumentado con un factor de aumento **VF** de más de 2,0 (no se muestra en detalle).

La Figura **3a** muestra el perfil de intensidad **27** de un rayo láser de soldadura 11 desacoplado de una fibra multicapa 18 (ver, por ejemplo, la figura 2) en una dirección **X** transversal a la dirección de propagación del rayo láser de soldadura 11 cerca de la superficie 9 de la pieza de trabajo (ver Figura 1a) con el foco dentro de la altura máxima preferida desplazada MHO de 1,5 mm respecto de la superficie 9 de la pieza de trabajo (ver Figura 1c). La intensidad **27a** del rayo anular **28**, es decir, el rayo láser de la fibra anular 26 (ver figura 2), decrece aquí en la dirección del rayo central **29**, del rayo láser de la fibra central 25 (ver Figura 2), y hacia afuera, en dirección radial alejándose del rayo central 29. Entremedias, la intensidad 27a del rayo anular 28 es aproximadamente constante. La intensidad **27b** del rayo central 29 es más alta que la del rayo anular 28. Por lo tanto, entre el rayo anular 28 y el rayo central 29 existe un mínimo local **27c** de la intensidad 27.

La Figura **3b** muestra esquemáticamente una sección transversal plana del rayo láser de soldadura 11 de la Figura 3a desacoplado de la fibra multicapa 18 de la Figura 3a transversalmente a la dirección de propagación del rayo láser de soldadura 11 cerca de la superficie de la pieza de trabajo dentro de la altura máxima preferida desplazada MHO de 1,5 mm con respecto a la superficie de la pieza de trabajo, con el rayo anular 28, el rayo central 29 así como el mínimo local de la intensidad 27c entre el rayo anular 28 y el rayo central 29. El perfil del rayo anular 28 y del rayo central 29 también pueden tener una forma diferente, por ejemplo ser cuadrangular. La integración de la intensidad sobre el rayo central 29 da como resultado la potencia de radiación del rayo central 29, que asciende en particular a entre el 25% y el 50% de la potencia total del rayo láser de soldadura 11.

La Figura **4** muestra una representación esquemática del baño de fusión y del capilar de vapor 30 que se encuentra en él, durante el proceso de soldadura según la invención, con un rayo láser desacoplado de la fibra multicapa (ver figura 3). El rayo central 29 determina esencialmente la profundidad **31** del capilar de vapor 30. La masa fundida fluye por delante del capilar de vapor 30 en relación con la dirección de avance **33b** del rayo láser de soldadura 11 hacia abajo, en dirección del fondo del capilar de vapor 30. En la parte trasera del capilar de vapor 30, la masa fundida fluye hacia arriba y luego hacia atrás alejándose del rayo láser de soldadura 11. La abertura 32 del capilar de vapor 30 se agranda mediante el rayo anular 28 y se facilita el escape de gases del capilar de vapor 30. Se reduce la presión dinámica del gas generada durante el proceso de soldadura y, por tanto, el impulso respectivo que las partículas de gas transmiten a la masa fundida. Esto reduce la velocidad del flujo en la masa fundida. Durante el proceso de soldadura se expulsan menos salpicaduras de masa fundida. Además, el rayo anular 28 actúa sobre la masa fundida con un impulso dirigido en dirección opuesta a la dirección de flujo de la masa fundida hacia la superficie del capilar de vapor 30 y contrarresta también la expulsión de salpicaduras. La dirección del flujo **33a** del material fundido se indica esquemáticamente mediante flechas sin rellenar. El flujo de gas en el capilar de vapor 30 está identificado mediante flechas **33c**.

La Figura **5a** muestra una vista en sección a través de una pieza de trabajo **1a** soldada con costura en **l 8a**, que se generó con un rayo láser desacoplado de una fibra de un solo núcleo. La anchura **34a** y profundidad **31a** del cordón de soldadura 8a está representadas por barras. El cordón de soldadura 8a tiene una anchura 34a comparativamente pequeña (ver figura 5b) de 1,41 mm con una profundidad 31a del cordón de soldadura 8a de 1,22 mm. El capilar de vapor a través del cual se creó el cordón de soldadura tenía correspondientemente una anchura relativamente pequeña, de modo que los gases generados durante la soldadura por láser sólo podían escapar del capilar de vapor de manera comparativamente lenta. Un borde 35 formado por el perfil de rayo dificulta aún más que el flujo de material fundido se aleje del rayo láser hacia afuera. La sobrepresión creada durante la soldadura provoca abombamientos del capilar de vapor asociado con el cordón de soldadura 8a y se expulsan salpicaduras. El cordón de soldadura 8a presenta también una ondulación comparativamente alta.

La Figura **5b** muestra una vista en sección a través de una pieza de trabajo 1b soldada con un cordón en **l 8b**, que se generó con un rayo láser desacoplado de una fibra multicapa (ver Figura 2). El cordón de soldadura 8b presenta una anchura 34b de 1,56 mm mayor que el cordón de soldadura 8a representado en la figura 5a para una profundidad 31b del cordón de soldadura 8b de 1,34 mm. El capilar de vapor a través del cual se creó el cordón de soldadura presentaba una anchura correspondientemente mayor, de modo que los gases generados durante la soldadura por láser podían escapar del capilar de vapor con relativa facilidad. Esto evita una sobrepresión en el capilar de vapor asociado con el cordón de soldadura 8b y disminuyen las salpicaduras. El cordón de soldadura 8b presenta también una ondulación comparativamente pequeña.

REIVINDICACIONES

1. Método para soldar con láser una pieza de trabajo (1, 1b),

5 en el que en la unión de esquina (2a, 2b) de dos partes (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo (1, 1b), que están compuestas esencialmente de aluminio, se suelda un cordón de soldadura (8, 8b) en l con un rayo láser de soldadura (11), con lo que se genera una unión de aluminio entre las partes (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo,

caracterizado por que

para generar el rayo láser de soldadura (11), se aplica un rayo láser (19) de salida a un primer extremo (20a) de una fibra multicapa (18), en particular una fibra 2 en 1,

10 en el que la fibra multicapa (18) presenta al menos una fibra central (25) y una fibra anular (26) que la rodea,

en el que una primera parte LK de la potencia láser del rayo láser (19) de salida se aplica a la fibra central (25) y una segunda parte LR de la potencia láser del rayo láser (19) de salida se aplica a la fibra anular (26),

en el que un segundo extremo (20b) de la fibra multicapa (18) se forma sobre la pieza de trabajo (1, 1b),

15 y en el que la soldadura por láser de la pieza de trabajo (1, 1b) se lleva a cabo mediante soldadura de penetración profunda.

2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera parte LK de la potencia láser para la fibra central (25) y la segunda parte LR de la potencia láser para la fibra anular (26) se seleccionan con

$$0,15 \leq LK/(LK + LR) \leq 0,50,$$

$$\text{preferiblemente } 0,25 \leq LK/(LK + LR) \leq 0,45,$$

20 de manera especialmente preferida $LK/(LK + LR) = 0,35$.

3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la soldadura por láser se realiza con una velocidad de avance v con

$$v \geq 7 \text{ m/min, en particular}$$

$$v \geq 10 \text{ m/min,}$$

25 preferiblemente $v \geq 20 \text{ m/min,}$

$$\text{de manera especialmente preferida } v \geq 30 \text{ m/min.}$$

4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el segundo extremo (20b) de la fibra multicapa (18) se forma sobre la pieza de trabajo (1, 1b) ampliada por un factor de aumento VF,

$$\text{con } VF > 1,0,$$

30 en particular $VF \geq 1,5,$

$$\text{preferiblemente } VF \geq 2,0.$$

5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el rayo láser (19) de salida se genera con un láser de estado sólido, en particular un láser de disco.

35 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la fibra multicapa (18) es seleccionada de modo que para un diámetro DK de la fibra central (25) y un diámetro DR de la fibra anular (26) es válido lo siguiente:

$$2,5 \leq DR/DK \leq 6,$$

$$\text{preferiblemente } 3 \leq DR/DK \leq 5.$$

40 7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el rayo láser de soldadura (11) con su foco en la dirección de propagación del rayo (12) presenta un desplazamiento de altura máximo MHO con respecto a la superficie de la pieza de trabajo (1, 1b), con

$$|MHO| \leq 1,5 \text{ mm,}$$

$$\text{preferiblemente } |MHO| \leq 1,0 \text{ mm,}$$

de forma especialmente preferente $|MHO| \leq 0,5$ mm.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el rayo láser de soldadura (11) presenta un desplazamiento lateral máximo MLO sobre la pieza de trabajo (1, 1b) con respecto a una superficie de apoyo (10) de las partes (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo con

5 $|MLO| \leq 0,2$ mm,

preferiblemente $|MLO| \leq 0,1$ mm.

9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las piezas (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo se sujetan planas durante la soldadura por láser, donde un ancho de ranura máximo MS entre las partes (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo se obtiene con $MS \leq 0,1$ mm.

10 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en la junta de esquina (2a, 2b) las piezas (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo en la dirección de propagación del rayo (12) del rayo láser de soldadura (11) están dispuestas alineadas o con un escalón (40), con una altura de escalón SH de una con respecto a la otra,

con $SH \leq 0,3$ mm,

15 preferiblemente $SH \leq 0,2$ mm,

de manera especialmente preferida $SH \leq 0,1$ mm.

11. Uso del método según una de las reivindicaciones anteriores para la producción de una carcasa de batería, en el que las piezas de trabajo (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) son partes de la carcasa de la batería,

20 en particular en donde una de las partes (3a, 3b, 3a^(l), 3b^(l)) de la pieza de trabajo es una tapa que cierra la carcasa de la batería.

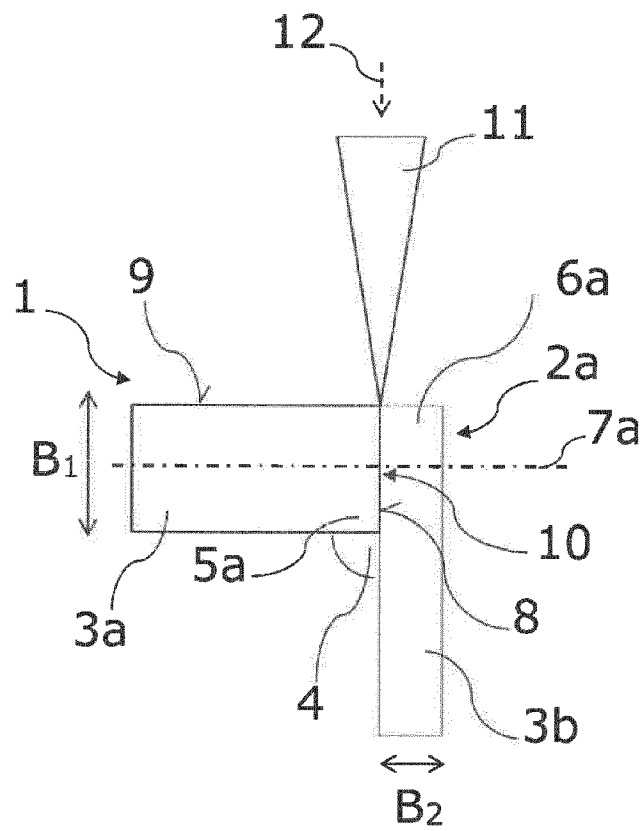


Fig. 1a

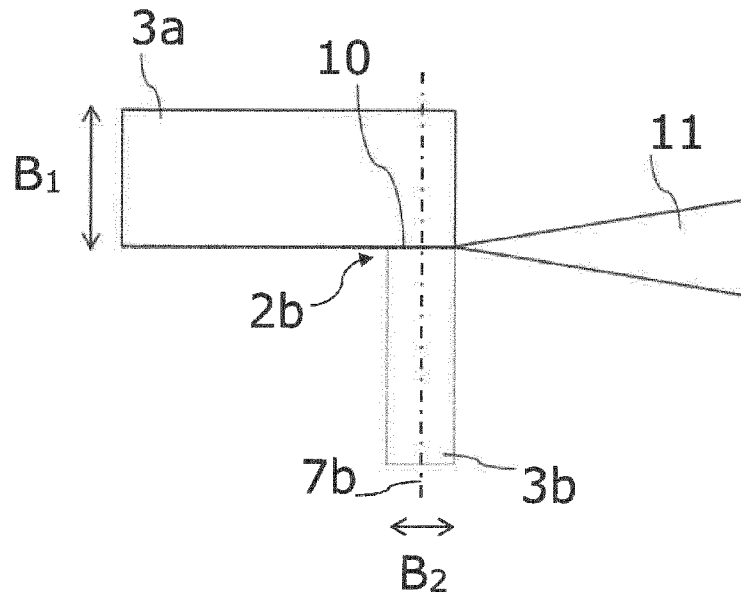


Fig. 1b

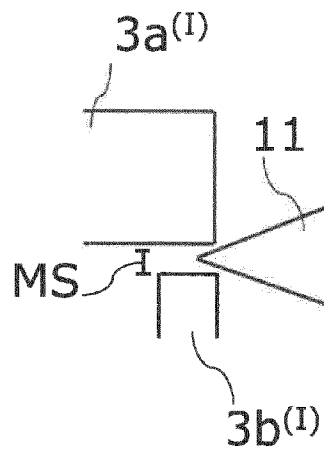


Fig. 1c

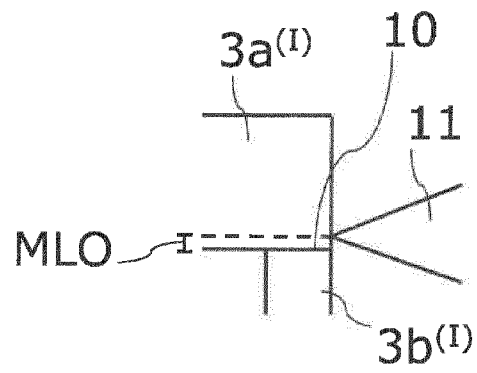


Fig. 1d

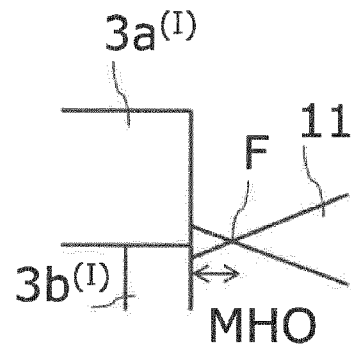


Fig. 1e

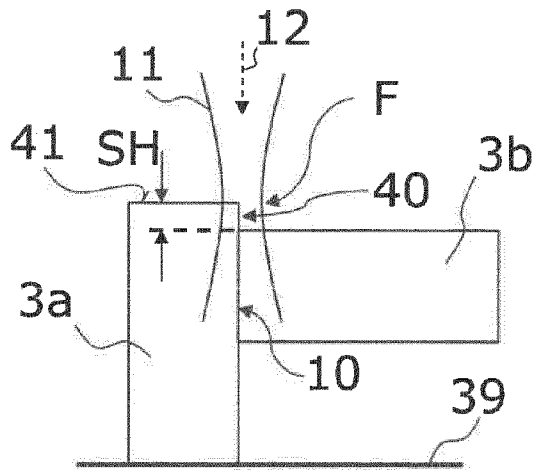


Fig. 1f

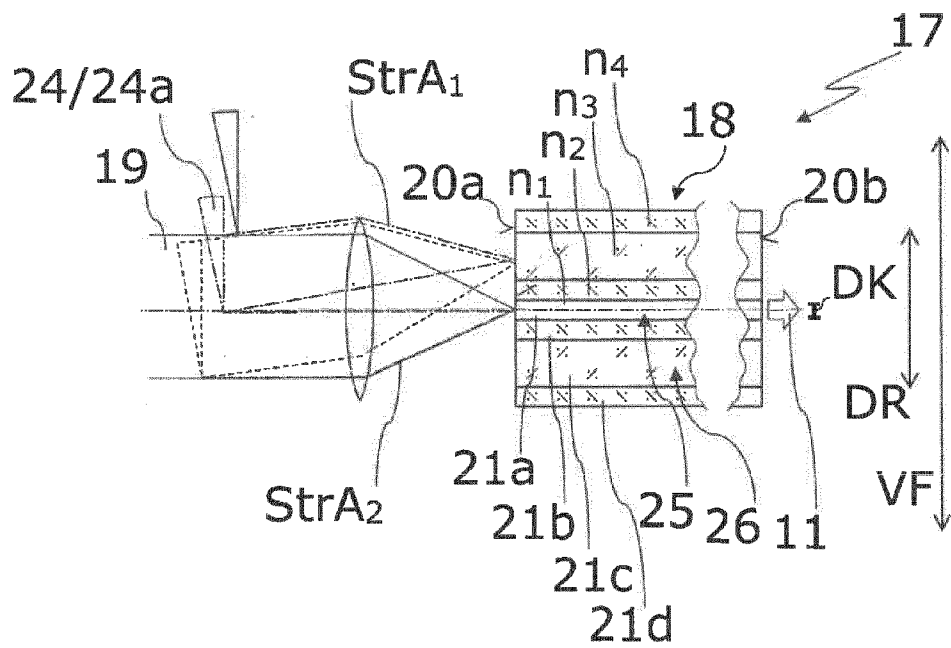


Fig. 2

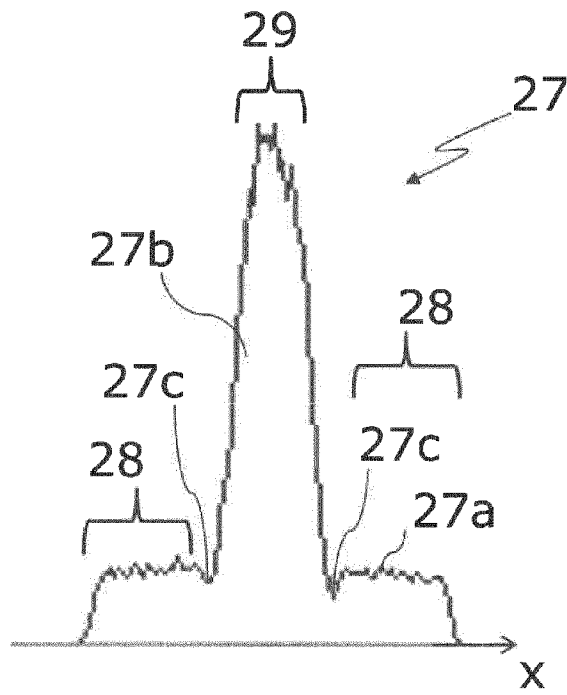


Fig. 3a

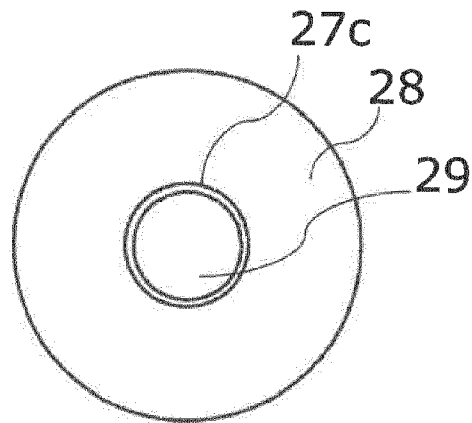


Fig. 3b

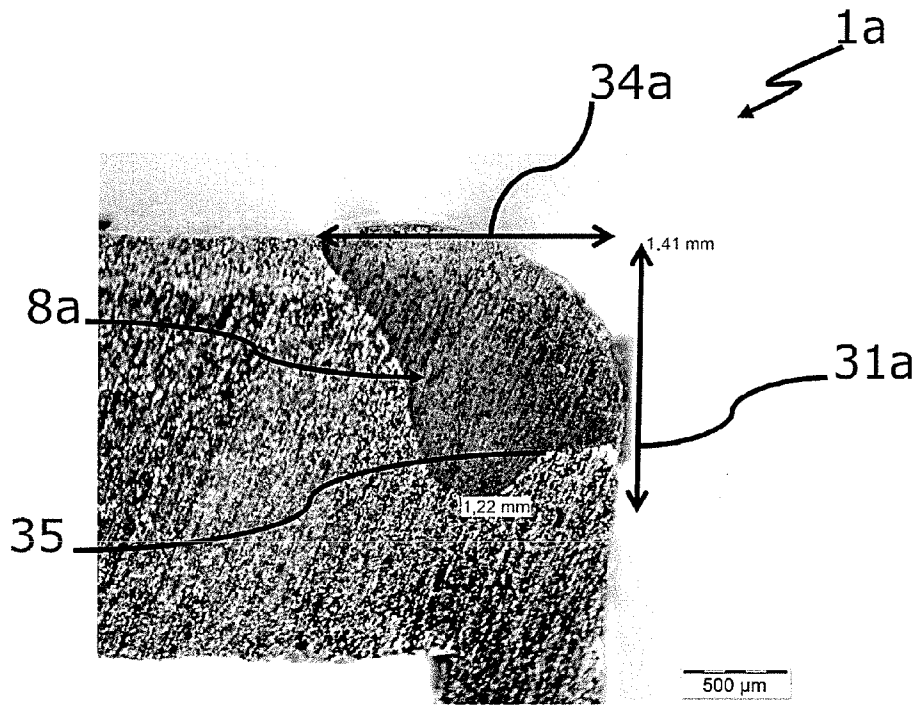


Fig. 5a

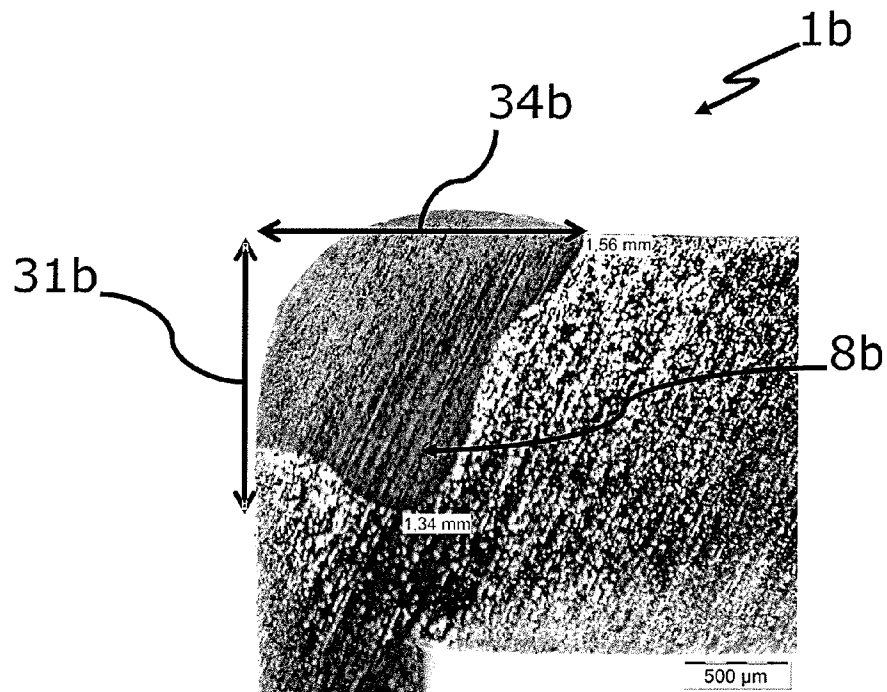


Fig. 5b