

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50537/2021 (51) Int. Cl.: **B23K 20/12** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 29.06.2021 **B23K 37/04** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2023

(56) Entgegenhaltungen:  
CN 111531269 A  
CN 106825906 A  
CN 104722910 A

(71) Patentanmelder:  
Stirtec GmbH  
8141 Premstätten (AT)

(72) Erfinder:  
Jaritz Paul Alois  
8160 Mortantsch (AT)  
Leitner Mario  
8020 Graz (AT)  
Weinberger Thomas Dr.  
8047 Graz (AT)

(74) Vertreter:  
WIRNSBERGER & LERCHBAUM  
Patentanwälte OG  
8700 Leoben (AT)

(54) **Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile, Verbundbauteil sowie Vorrichtung zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile (1, 2) durch Rührreißschweißen, wobei die Bauteile (1, 2) durch eine eine Öffnung (3) aufweisende Klemmeinrichtung (5) geklemmt werden, wonach die Bauteile (1, 2) mittels eines durch die Öffnung (3) ragenden und um eine Achse (6) rotierenden Rührreißschweißwerkzeuges verbunden werden. Um ein Verbinden von Bauteilen (1, 2), von welchen zumindest eines mit kleinem Querschnitt ausgebildet ist, zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein auf einem unteren Bauteil (1) angeordnetes oberes Bauteil (2) durch eine Nut an einer Unterseite (16) der Klemmeinrichtung (5) entlang einer Einschubrichtung (8) in die Öffnung (3) ragt und während des Rührreißschweißens zumindest teilweise mittels der Nut fixiert wird.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verbundbauteil (4), aufweisend ein unteres Bauteil (1) und ein oberes Bauteil (2), welche durch Rührreißschweißen verbunden sind.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Verbinden zweier Bauteile (1, 2) durch Rührreißschweißen aufweisend ein um eine Achse (6) drehbares Rührreißschweißwerkzeug sowie eine Klemmeinrichtung (5) mit einer Öffnung (3).

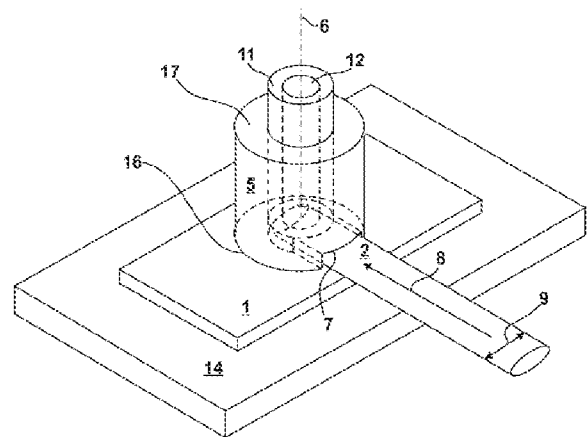


Fig. 2

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile (1, 2) durch Rührreibschweißen, wobei die Bauteile (1, 2) durch eine Öffnung (3) aufweisende Klemmeinrichtung (5) geklemmt werden, wonach die Bauteile (1, 2) mittels eines durch die Öffnung (3) ragenden und um eine Achse (6) rotierenden Rührreibschweißwerkzeuges verbunden werden. Um ein Verbinden von Bauteilen (1, 2), von welchen zumindest eines mit kleinem Querschnitt ausgebildet ist, zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein auf einem unteren Bauteil (1) angeordnetes oberes Bauteil (2) durch eine Nut an einer Unterseite (16) der Klemmeinrichtung (5) entlang einer Einschubrichtung (8) in die Öffnung (3) ragt und während des Rührreibschweißens zumindest teilweise mittels der Nut fixiert wird.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verbundbauteil (4), aufweisend ein unteres Bauteil (1) und ein oberes Bauteil (2), welche durch Rührreibschweißen verbunden sind.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Verbinden zweier Bauteile (1, 2) durch Rührreibschweißen aufweisend ein um eine Achse (6) drehbares Rührreibschweißwerkzeug sowie eine Klemmeinrichtung (5) mit einer Öffnung (3).

20

Fig. 2

## **Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile, Verbundbauteil sowie Vorrichtung zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile  
5 durch Rührreibschweißen, wobei die Bauteile durch eine eine Öffnung aufweisende  
Klemmeinrichtung geklemmt werden, wonach die Bauteile mittels eines durch die Öffnung  
ragenden und um eine Achse rotierenden Rührreibschweißwerkzeuges verbunden  
werden.

10 Weiter betrifft die Erfindung ein Verbundbauteil, aufweisend ein oberes Bauteil und ein  
unteres Bauteil, welche durch Rührreibschweißen verbunden sind.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Verbinden zweier Bauteile  
durch Rührreibschweißen, aufweisend ein um eine Achse drehbares  
15 Rührreibschweißwerkzeug sowie eine Klemmeinrichtung mit einer Öffnung.

Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, übereinander angeordnete Bauteile durch  
Rührreibschweißen miteinander zu verbinden, beispielsweise durch  
Rührreibpunktschweißen oder sogenanntes Refill-Friction-Stir-Spot-Welding (RFSSW).

20 Nachteilig bei aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und Vorrichtungen ist,  
dass ein oberes Bauteil stets größer als die Öffnung einer Klemmeinrichtung ausgebildet  
sein muss, durch welche Öffnung das Rührreibschweißwerkzeug zu den zu verbindenden  
Bauteilen geführt wird, da andernfalls kein stabiles Klemmen der zu verbindenden  
25 Bauteile mittels der Klemmeinrichtung ermöglicht ist.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs  
genannten Art anzugeben, mit welchem auch Bauteile durch Rührreibschweißen  
miteinander verschweißt werden können, welche übereinander angeordnet sind, wobei  
30 ein oberes Bauteil besonders klein ausgebildet ist bzw. in zumindest einer Richtung eine  
sehr geringe Erstreckung aufweist.

Weiter soll ein entsprechendes Verbundbauteil angegeben werden.

Darüber hinaus ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung eines entsprechenden Verfahrens anzugeben.

Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art  
5 gelöst, bei welchem ein auf einem unteren Bauteil angeordnetes oberes Bauteil durch  
eine Nut an einer Unterseite der Klemmeinrichtung entlang einer Einschubrichtung in die  
Öffnung ragt und während des Rührreißschweißens zumindest teilweise mittels der Nut  
fixiert wird.

10 Im Rahmen der Erfindung wurde erkannt, dass durch Einsatz einer Klemmeinrichtung mit  
einer Nut an einer Unterseite ein Fixieren des oberen Bauteils am unteren Bauteil auch  
dann auf zuverlässige Weise möglich ist, wenn das obere Bauteil besonders klein  
ausgebildet ist, sodass die Klemmeinrichtung einerseits flächig auf dem unteren Bauteil  
aufliegen kann, um ein seitliches Austreten von plastifiziertem Material zu verhindern, und  
15 andererseits durch die Nut ein kleines Bauteil in den Bereich der Öffnung eingeführt  
werden kann, um durch das Rührreißschweißwerkzeug, welches in die Öffnung ragt, mit  
dem unteren Bauteil verschweißt zu werden. Üblicherweise wird das  
Rührreißschweißwerkzeug während des Verfahrens translatorisch entlang der Achse  
bewegt, um die Bauteile aneinanderzupressen und eine günstige Verbindung zu  
20 erreichen.

Die Nut erstreckt sich üblicherweise von einer Unterseite der Klemmeinrichtung in die  
Klemmeinrichtung hinein, erreicht jedoch die Oberseite normalerweise nicht, wenngleich  
auch eine Ausbildung möglich ist, bei welcher die Nut von der Unterseite der  
25 Klemmeinrichtung bis zur Oberseite der Klemmeinrichtung ragt.

Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren können insbesondere auch Drähte mit  
plattenförmigen Bauteilen verschweißt werden, was beispielsweise für Anwendungen im  
Bereich der Elektromobilität vorteilhaft ist, zumal durch eine Rührreißschweißverbindung  
30 eine sehr günstige elektrische Konnektivität erreicht wird.

Im Unterschied zu herkömmlichen Rührreibpunktschweißverfahren ist es somit bei einem  
erfindungsgemäßen Verfahren auch möglich, dass das obere Bauteil in einer Draufsicht  
die Öffnung nicht vollständig ausfüllt und insbesondere eine bodenseitige Kante der

Klemmeinrichtung nicht vollständig am oberen Bauteil aufliegt. Durch einen entsprechenden Kontakt der bodenseitigen Kante der Klemmeinrichtung wird bei Verfahren des Standes der Technik eine seitliche Abdichtung einer Plastifizierungszone erreicht, wodurch verhindert wird, dass plastifiziertes Material seitlich aus der Öffnung austritt. Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist eine entsprechende Abdichtung auch bei kleineren oberen Bauteilen ermöglicht. So kann die bodenseitige Kante der Öffnung im Bereich der Nut in Kontakt mit dem oberen Bauteil und im Bereich außerhalb der Nut in Kontakt mit dem unteren Bauteil sein, um die Plastifizierungszone während des Schweißens seitlich abzudichten und die zu verbindenden Bauteile während des Rührreißschweißens zu fixieren.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass das obere Bauteil in einer Richtung normal zur Achse und normal zur Einschubrichtung eine Erstreckung aufweist, welche gleich groß wie oder geringer als ein Durchmesser der Öffnung ist. Die Nut ist diesem Fall üblicherweise mit entsprechenden Abmessungen normal zur Einschubrichtung und normal zur Achse ausgebildet, welche ebenfalls gleich groß wie oder kleiner als ein Durchmesser der Öffnung ist. Die Nut ist üblicherweise größer als das obere Bauteil ausgebildet, wenngleich grundsätzlich auch eine Nut mit einem Querschnitt möglich ist, der kleiner als ein Querschnitt des oberen Bauteils ist. In einem solchen Fall kann das obere Bauteil durch die Klemmeinrichtung in der Nut geklemmt und elastisch und/oder plastisch verformt werden.

Insbesondere dann, wenn eine Verbindung von Bauteilen erfolgen soll, wovon ein Bauteil eine gewisse Flexibilität aufweist, kann es vorteilhaft sein, wenn ein mehrere Einzelteile, insbesondere Litzen, aufweisendes oberes Bauteil eingesetzt wird. Auf diese Weise kann beispielsweise ein aus dünnen Einzeldrähten bestehender Leiter, ein Drahtseil oder dergleichen mit einem unteren Bauteil wie beispielsweise einer Metallplatte oder Ähnlichem verbunden werden. Eine entsprechende Verbindung kann beispielsweise als elektrische Verbindung in einem Elektrofahrzeug eingesetzt werden.

Nachdem beim Rührreißschweißen unterschiedliche Materialien und insbesondere Materialien mit unterschiedlichen Schmelzpunkten miteinander verbunden werden können, kann dadurch beispielsweise eine mechanisch und elektrisch tragfähige

Verbindung einer Litzenleitung aus Kupfer mit einer Aluminiumplatte oder dergleichen gebildet werden.

Es hat sich bewährt, dass das obere Bauteil und/oder das untere Bauteil eine  
5 Beschichtung aufweist, welche durch das Rührreibschweißen thermisch zersetzt und/oder  
in einen Bereich einer Verbindung von oberem Bauteil und unterem Bauteil eingerührt  
wird. Dadurch kann eine mechanische und elektrische Qualität der Verbindung auf  
einfache Weise beeinflusst und insbesondere erhöht werden. Beispielsweise können das  
untere Bauteil durch ein verzinktes Stahlblech und das obere Bauteil durch einen  
10 Magnesium-Formstahl gebildet sein, wobei die Verzinkung und der Magnesium-Formstahl  
in einer Fügezone bzw. Plastifizierungszone verrührt werden.

Zur Erreichung einer besonders guten Verbindung ist bevorzugt vorgesehen, dass das  
obere Bauteil vor Beginn des Rührreibschweißens einerseits aus der Nut und  
15 andererseits aus der Öffnung ragt, wonach es durch ein Verfahren des  
Rührreibschweißwerkzeuges in die Öffnung gestaucht wird, wonach das obere Bauteil  
durch Rührreibschweißen mit dem unteren Bauteil verbunden wird. Dies hat sich  
insbesondere bewährt, um nicht vorkompaktierte Litzenbündel, welche ein oberes Bauteil  
bilden können, mit einem plattenförmigen Bauteil, welches ein unteres Bauteil bilden  
20 kann, zu verbinden.

Um eine besonders gute Kontaktierung zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass auf die  
Bauteile zusätzlich hochfrequente mechanische Schwingungen aufgebracht werden.

25 Es hat sich bewährt, dass die Bauteile zusätzlich durch Ultraschallschweißen verbunden  
werden, wobei das Rührreibschweißwerkzeug, die Klemmeinrichtung und/oder ein  
separates Bauelement als Sonotrode wirkt. Die Bauteile können dann gleichermaßen  
durch Rührreibschweißen und durch Ultraschallschweißen verbunden werden.

30 Als Sonotrode wird ein Bauelement bezeichnet, durch welches hochfrequente  
mechanische Schwingungen auf Bauteile aufgebracht werden, mit welchen  
mechanischen Schwingungen die zu verbindenden Bauteile gegebenenfalls in  
Resonanzschwingungen versetzt werden, um eine Kontaktierung und Verbindung zu  
erreichen. Die Sonotrode stellt somit eine mechanische Verbindung von einem

Schwingungsgenerator, insbesondere einem Ultraschallgenerator, zu zu verbindenden Bauteilen her. Die Sonotrode kann durch ein gesondertes Bauteil, durch die Klemmeinrichtung und/oder das Rührreibschweißwerkzeug gebildet sein. Gegebenenfalls kann auch nur der Stift oder nur die Hülse des Rührreibschweißwerkzeuges als

5 Sonotrode wirken, um eine Verbindung der Bauteile parallel durch Rührreibschweißen und durch Ultraschallschweißen zu erreichen. Besonders bevorzugt weisen die mit der Sonotrode aufgebrachten Schwingungen eine Frequenz von mehr als 1 kHz, insbesondere mehr als 20 kHz, auf, wenngleich grundsätzlich auch geringere Frequenzen möglich sind.

10

Ein erfindungsgemäßes Verfahren kann zum Verbinden unterschiedlichster Materialien eingesetzt werden. Bevorzugt ist vorgesehen, dass Bauteile mit unterschiedlichen Schmelztemperaturen eingesetzt werden bzw. dass das Verfahren dazu eingesetzt wird, um Bauteile unterschiedlicher Schmelztemperaturen miteinander zu verbinden. Natürlich

15 kann das Verfahren auch dazu eingesetzt werden, Bauteile aus ähnlichen oder gleichen Materialien zu verbinden, beispielsweise Materialien aus Cu-ETB.

20

Es hat sich bewährt, dass ein Rührreibschweißwerkzeug mit einem Schmelzpunkt eingesetzt wird, welcher höher ist als ein Schmelzpunkt der Bauteile. Dadurch wird ein

20 geringer Verschleiß am Rührreibschweißwerkzeug erreicht. Beispielsweise kann das Rührreibschweißwerkzeug aus einem oder mehreren der Materialien Stahl, Wolframcarbid, Keramik, Superlegierungen auf Nickel- oder Kobaltbasis oder einem Refraktär-Metall bestehen oder eines oder mehrere dieser Materialien aufweisen.

25

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass das Rührreibschweißwerkzeug oberflächlich beschichtet ist, insbesondere mit DLC, TiN, TiAlN, AlTiN und dergleichen.

30

Es hat sich bewährt, dass ein Rührreibschweißwerkzeug mit einem in axialer Richtung relativ zu einer Hülse bewegbaren Stift eingesetzt wird, wobei der Stift relativ zur Hülse

30 nach einem Plastifizieren des oberen Bauteils in axialer Richtung derart bewegt wird, dass Stift und Hülse endseitig etwa in einer Ebene normal zur Achse liegen, um eine endlochfreie Oberfläche zu bilden. Somit kann ein beim herkömmlichen Rührreibschweißen auftretendes Endloch auf einfache Weise vermieden werden, wodurch insbesondere ein elektrischer Widerstand einer entsprechenden Verbindung

verringert werden kann. Stift und Hülse werden somit beispielsweise mit einem Abstand zueinander in axialer Richtung, wobei der Stift gegenüber der Hülse vorstehen und einen Pin im Sinne eines herkömmlichen Rührreißschweißwerkzeuges bilden kann, gleichsinnig und mit gleicher Drehzahl rotierend axial auf das obere der übereinander angeordneten Bauteile bewegt und auf das obere Bauteil gepresst, wodurch zunächst das obere Bauteil und in weiterer Folge auch das untere Bauteil plastifiziert werden. Alternativ können Stift und Hülse auch ohne axialem Abstand oder mit einem Abstand, wobei die Hülse gegenüber dem Stift vorsteht, auf das obere Bauteil gepresst werden. Weiter kann grundsätzlich auch vorgesehen sein, dass Stift und Hülse mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten rotieren.

Unabhängig davon, ob Stift und Hülse bei einem Plastifizieren bzw. zu Beginn des Rührreißschweißens einen axialen Abstand zueinander aufweisen und gegebenenfalls auch unabhängig davon, ob Stift oder Hülse axial weiter vorstehen, wird bevorzugt nach dem Plastifizieren der zu verbindenden Bauteile und vor einem Abkühlen der Plastifizierungszone Stift und Hülse axial derart bewegt, dass diese an einem Ende des Rührreißschweißwerkzeuges, welches in Kontakt mit dem oberen Bauteil ist, keinen Abstand mehr aufweisen bzw. Enden von Stift und Hülse etwa in einer Ebene liegen. Anschließend werden Stift und Hülse rotierend und ohne Abstand relativ zueinander in axialer Richtung aus der Öffnung der Klemmeinrichtung gezogen, sodass das beim Rührreißschweißen aus oberem Bauteil und unterem Bauteil gebildete Verbundbauteil kein Endloch aufweist.

Um besonders günstige mechanische und/oder elektrische Eigenschaften zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass einer Plastifizierungszone während des Rührreißschweißens Material zugeführt wird, insbesondere über die Öffnung und/oder die Nut. In diesem Fall kann natürlich vorgesehen sein, dass ein Querschnitt der Nut zumindest geringfügig größer ist als ein Querschnitt des oberen Bauteils, sodass über einen freien Querschnitt der Nut Material zugeführt werden kann. Natürlich kann auch vorgesehen sein, dass das zusätzlich zugeführte Material durch eine zusätzliche Öffnung in der Klemmeinrichtung zugeführt wird.

Das der Plastifizierungszone, also einer Zone, in welcher die zu verbindenden Bauteile durch das Rührreißschweißwerkzeug plastifiziert sind, zugeführte Material kann

grundsätzlich jedes entsprechend geeignete Material in jeder Form sein. Beispielsweise kann das Material auch über eine Drahtzufuhr zugeführt oder in fester Form, vorzugsweise in Form eines dünnen Blättchens bzw. eines sogenannten Billetts, in einen Bereich, der während des Rührreibschweißens plastifiziert wird, eingelegt werden. So  
5 kann das Billett in die Öffnung oder zwischen die zu verbindenden Bauteile eingelegt werden, um ein Einrühren dieses Materials zu erreichen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass Material in Pulverform zugeführt wird, um durch eine Verteilung des Pulvers in der Plastifizierungszone besonders vorteilhafte  
10 Eigenschaften zu erreichen.

Das zugeführte Material kann in Bezug auf Eigenschaften wie Leitfähigkeit, Festigkeit, Elastizität und dergleichen den zu verbindenden Bauteilen entsprechen. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass von den zu verbindenden Bauteilen abweichendes Material  
15 mit stark abweichenden Eigenschaften, beispielsweise in Bezug auf elektrische Leitfähigkeit, Härte, Festigkeit, intermetallische Phasen und dergleichen, zugeführt wird, um gezielt Eigenschaften der Verbindung zu beeinflussen.

Die weitere Aufgabe wird durch ein Verbundbauteil der eingangs genannten Art gelöst,  
20 welches in einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist. Ein entsprechendes Verbundbauteil ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass zwei Bauteile verbunden sind, welche aus unterschiedlichsten Materialien bestehen können, wobei eines der Bauteile einen besonders kleinen Querschnitt aufweisen kann. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Verbundbauteil ein oberes Bauteil und ein unteres Bauteil  
25 aufweist, welche durch Rührreibschweißen verbunden sind, wobei das obere Bauteil durch ein Litzenkabel gebildet ist.

Die weitere Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, bei welcher die Klemmeinrichtung an einer Unterseite eine Nut  
30 aufweist, mit welcher Nut ein auf einem unteren Bauteil angeordnetes oberes Bauteil, welches bis zur Öffnung ragt, fixierbar ist, sodass das obere Bauteil mit dem unteren Bauteil mittels des in der Öffnung positionierten Rührreibschweißwerkzeuges verbindbar ist.

Aufgrund der bodenseitigen Nut in der Klemmeinrichtung ist somit ein Abdichten einer Plastifizierungszone bzw. einer Fügezone bodenseitig in der Öffnung auch dann möglich, wenn das obere Bauteil einen kleineren Querschnitt als die Öffnung aufweist bzw. die Öffnung nicht gänzlich ausfüllt.

5

Um ein Austreten von Material aus der Öffnung während des Rührreißschweißens auf einfache Weise zu verhindern, ist üblicherweise vorgesehen, dass ein Außendurchmesser des Rührreißschweißwerkzeuges mit einem Durchmesser der Öffnung korrespondiert, wobei insbesondere ein Durchmesser der Öffnung um 0,01 mm bis 5 mm größer ist als ein Außendurchmesser des Rührreißschweißwerkzeuges. Die Klemmeinrichtung kann beispielsweise als Platte oder als Ring ausgebildet sein, wobei die Öffnung üblicherweise einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, welcher mit einem Querschnitt bzw. einer Außenkontur des Rührreißschweißwerkzeuges korrespondiert.

10

Die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist grundsätzlich mit jedem beliebigen Rührreißschweißwerkzeug möglich, also auch mit einem einteiligen Rührreißschweißwerkzeug mit einem Pin und einer Schulter. Um eine endlochfreie Verbindung herzustellen, ist jedoch besonders bevorzugt vorgesehen, dass das Rührreißschweißwerkzeug einen relativ zu einer Hülse bewegbaren Stift aufweist. Stift und Hülse können dann in Richtung der Achse relativ zueinander translatorisch bewegbar sein, sodass durch ein Zurückziehen des Stiftes bzw. der Hülse während das obere Bauteil plastifiziert ist, eine glatte Oberfläche ohne Endloch erreicht werden kann. Eine derartige Oberfläche ist insbesondere zur Erreichung eines günstigen elektrischen Widerstandes vorteilhaft.

20

25

Üblicherweise ist bei einer derartigen Ausbildung des Rührreißschweißwerkzeuges vorgesehen, dass der Stift in einer Durchgangsbohrung in der Hülse positionierbar ist. Die Hülse kann dann beispielsweise als Hohlzylinder ausgebildet sein, wobei in einer Durchgangsbohrung des Hohlzylinders der Stift angeordnet ist. Es versteht sich, dass bei einer derartigen Ausbildung ein Außendurchmesser des Stiftes üblicherweise mit einem Innendurchmesser der hohlzylindrisch ausgebildeten Hülse korrespondiert, um ein Eindringen von plastifiziertem Material während des Rührreißschweißens in einem Bereich zwischen der Hülse und dem Stift möglichst zu verhindern.

30

Bevorzugt ist ein Schwingungsgenerator, mit welchem hochfrequente mechanische Schwingungen, insbesondere Schwingungen mit einer Frequenz von mehr als 1 kHz, vorzugsweise mehr als 20 kHz, besonders bevorzugt Ultraschallschwingungen, erzeugbar sind, vorgesehen, wobei eine Sonotrode vorgesehen ist, mit welcher die hochfrequenten  
5 mechanischen Schwingungen auf die zu verbindenden Bauteile übertragbar sind. Die Bauteile können dann sowohl durch Rührreibschweißen als auch durch Ultraschallschweißen verbunden werden, um sowohl eine günstige mechanische als auch eine vorteilhafte elektrische Verbindung zu erreichen.

10 Die Sonotrode kann grundsätzlich durch ein beliebiges Bauelement gebildet sein, welches mit dem Schwingungsgenerator einerseits und den zu verbindenden Bauteilen andererseits verbunden ist. Besonders günstig ist es, wenn die Sonotrode durch die Klemmeinrichtung und/oder das Rührreibschweißwerkzeug, insbesondere den Stift und/oder die Hülse, gebildet ist. Diese Bauelemente sind ohnedies in mechanischem  
15 Kontakt mit den zu verbindenden Bauteilen, weswegen hier eine besonders gute Übertragung der Schwingungen erreicht wird. Überdies hat sich gezeigt, dass durch die Übertragung von hochfrequenten Schwingungen, die von einem Schwingungsgenerator, insbesondere einem Ultraschallgenerator erzeugt werden, bei gleichzeitigem Rührreibschweißen eine überraschend günstige mechanische und gleichermaßen  
20 elektrische Verbindung zwischen den zu verbindenden Bauteilen erreichbar ist.

Bevorzugt ist ein Maschinentisch vorgesehen, gegen welchen die Bauteile während des Rührreibschweißens pressbar sind. Dadurch kann auf stabile und robuste Weise eine Axialkraft aufgebracht werden, welche für ein Plastifizieren der Bauteile vorteilhaft ist.

25

Üblicherweise ist eine Spindel vorgesehen, mit welcher zumindest ein Teil des Rührreibschweißwerkzeuges relativ zum Maschinentisch um die Achse rotierbar ist. In aller Regel werden auch bei einem Rührreibschweißwerkzeug, welches eine Hülse und einen relativ zur Hülse bewegbaren Stift aufweist, um eine endlochfreie Verbindung zu  
30 erreichen, Hülse und Stift mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Drehrichtung angetrieben, sodass grundsätzlich eine Spindel ausreichend sein kann, um Hülse und Stift in eine Rotationsbewegung um die Achse zu versetzen. Alternativ kann natürlich auch vorgesehen sein, dass Hülse und Stift unabhängig voneinander angetrieben werden.

Hierzu können beispielsweise zwei Spindeln vorgesehen sein, welche koaxial angeordnet sein können, um Hülse und Stift unabhängig voneinander anzutreiben.

Die Spindel kann sowohl mit dem Maschinenrahmen verbunden als auch durch eine  
5 gesonderte Einrichtung, insbesondere einen Roboter relativ zum Maschinentisch  
bewegbar ausgebildet sein, wobei der Roboter die Spindel beispielsweise in sämtlichen  
Raumrichtungen translatorisch und gegebenenfalls auch rotatorisch bewegen kann. Zur  
Umsetzung der Erfindung ist es natürlich auch möglich, einen Roboter vorzusehen, mit  
welchem die zu verbindenden Bauteile und gegebenenfalls die Klemmeinrichtung  
10 automatisiert positioniert werden, wonach mit diesem oder einem weiteren Roboter,  
insbesondere einer Schweißzange, das Rührreibschweißwerkzeug entsprechend relativ  
zu den zu verbindenden Bauteilen bewegt und an diese gepresst wird, um die Bauteile zu  
verbinden. Darüber hinaus sind natürlich auch weitere Varianten zur Umsetzung der  
Erfindung möglich, um einen gegebenenfalls automatisierten und effizienten Prozess zu  
15 erreichen.

Es versteht sich, dass Stift und Hülse bzw. das gesamte Rührreibschweißwerkzeug in  
aller Regel unabhängig von der Klemmeinrichtung relativ zu den zu verbindenden  
Bauteilen bewegbar sind.

20 Um das Rührreibschweißwerkzeug axial bewegen und gegen die zu verbindenden  
Bauteile pressen zu können, ist bevorzugt ein Linearantrieb vorgesehen, mit welchem das  
Rührreibschweißwerkzeug translatorisch entlang der Achse relativ zum Maschinentisch  
bewegbar ist. Natürlich kann auch vorgesehen sein, dass das Rührreibschweißwerkzeug  
25 mittels eines entsprechenden Antriebes in sämtlichen Raumrichtungen translatorisch  
verfahrbar ist, um an unterschiedlichen Positionen am Maschinentisch Bauteile  
miteinander verbinden zu können.

Um auch die Klemmeinrichtung automatisiert an die zu verbindenden Bauteile pressen zu  
30 können, kann vorgesehen sein, dass ein Linearantrieb vorgesehen ist, mit welchem die  
Klemmeinrichtung translatorisch entlang der Achse relativ zum Maschinentisch bewegbar  
ist, um die Bauteile gegenüber dem Maschinentisch zu fixieren.

Eine konstruktiv gleichermaßen einfache und robuste Vorrichtung ergibt sich, wenn ein Maschinenrahmen vorgesehen ist, über welchem das Rührreißschweißwerkzeug mit dem Maschinentisch verbunden ist, wobei der Maschinenrahmen relativ zum Maschinentisch bewegbar ist. Der Maschinenrahmen kann relativ zum Maschinentisch beispielsweise in drei Raumrichtungen translatorisch bewegbar sein. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Maschinenrahmen samt dem Rührreißschweißwerkzeug und der Klemmeinrichtung in axialer Richtung bzw. in Richtung der Achse translatorisch relativ zum Maschinentisch bewegbar ist, um insbesondere den Klemmring gegen die zu verbindenden Bauteile zu pressen. Das Rührreißschweißwerkzeug kann wiederum mit dem Maschinenrahmen um die Achse rotierbar und in axialer Richtung bewegbar verbunden sein, sodass die zu verbindenden Bauteile zunächst mittels der Klemmeinrichtung geklemmt und anschließend durch eine Bewegung des Rührreißschweißwerkzeuges in axialer Richtung relativ zur Klemmeinrichtung miteinander verbunden werden.

15

Zur Steuerung der einzelnen Antriebe, insbesondere zur Steuerung von Spindel, Linearantrieb und Maschinenrahmen, ist bevorzugt eine Steuervorrichtung mit einer Datenverarbeitungsvorrichtung, insbesondere einem Computer, vorgesehen.

20 Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiele. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

- Fig. 1 eine Vorrichtung zur Herstellung einer endlochfreien Rührreißschweißverbindung;
- 25 Fig. 2 eine Vorrichtung;
- Fig. 3a bis 3f verschiedene Verfahrensschritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 4a bis 4f Verfahrensschritte eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 5 eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung;
- Fig. 6 eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Schnittdarstellung;
- 30 Fig. 7a bis 7e Bauteile für ein erfindungsgemäßes Verfahren;
- Fig. 8a bis 8f Verfahrenszustände eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 9a bis 9f Verfahrenszustände eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 10a und 10b mit einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Verbundbauteile.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung des Standes der Technik zur Herstellung einer endlochfreien Rührreibschweißverbindung bzw. zur Durchführung eines sogenannten Refill-Friction-Stir-Spot-Welding-Verfahrens. Wie in Fig. 1 dargestellt weist eine entsprechende Vorrichtung einen Maschinentisch 14 auf, auf welchem die zu verbindenden Bauteile 1, 2 positioniert werden, welche gemäß dem Stand der Technik wie dargestellt üblicherweise als Platten ausgebildet sind. Die Vorrichtung weist weiter einen relativ zum Maschinentisch 14 bewegbaren Maschinenrahmen 15 auf, in welchem ein Rührreibschweißwerkzeug translatorisch entlang einer Achse 6 bewegbar und um die Achse 6 drehbar angeordnet ist. Das Rührreibschweißwerkzeug weist dabei einen etwa zylindrisch ausgebildeten mittigen Stift 12 und eine durch einen Hohlzylinder gebildete Hülse 11 auf, welche den Stift 12 umschließt. Stift 12 und Hülse 11 können somit Pin und Schulter des Rührreibschweißwerkzeuges bilden, wobei im Unterschied zu einem einteiligen herkömmlichen Rührreibschweißwerkzeug hier der Stift 12 relativ zur Hülse 11 bewegbar ist. Dadurch kann der Stift 12 soweit in die Hülse 11 zurückgezogen werden, dass Stift 12 und Hülse 11 wie in Fig. 1 dargestellt endseitig, also an einem unteren, den Bauteilen 1, 2 zugewandten Ende, etwa eben abschließen.

Um ein seitliches Austreten von plastifiziertem Material zu verhindern, ist eine hier durch einen mit dem Maschinenrahmen 15 bewegbar verbundenen Klemmring gebildete Klemmeinrichtung 5 vorgesehen, welche das Rührreibschweißwerkzeug umschließt und eine Plastifizierungszone an einem unteren Ende des Rührreibschweißwerkzeuges während des Verfahrens seitlich abdichtet. Die Klemmeinrichtung 5 ist hier somit ebenfalls als Hohlzylinder ausgebildet, wobei das Rührreibschweißwerkzeug in einer zentralen Öffnung 3 dieses Hohlzylinders angeordnet ist.

Bei einem herkömmlichen Verfahren wird somit zunächst der Klemmring auf ein oberes Bauteil 2 aufgesetzt, wonach das relativ zum Maschinenrahmen 15 translatorisch entlang der Achse 6 bewegbare und durch Stift 12 und Hülse 11 gebildete Rührreibschweißwerkzeug in die Öffnung 3 abgesenkt und dabei um die Achse 6 rotiert wird, um die Bauteile 1, 2 durch Rührreibschweißen miteinander zu verbinden.

Wie ersichtlich, ist eine derartige Vorrichtung nicht dazu geeignet, Bauteile 1, 2 miteinander zu verbinden, bei welchen ein oberes Bauteil 2 die Öffnung 3 der

Klemmeinrichtung 5 nicht vollständig ausfüllt, zumal andernfalls keine Abdichtung der Plastifizierungszone 13 gewährleistet wäre.

Um diesen Nachteil zu überwinden, ist bei einer in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung  
5 erfindungsgemäß an einer Unterseite 16 der Klemmeinrichtung 5 eine Nut 7 vorgesehen,  
durch welche ein oberes Bauteil 2 seitlich in die Öffnung 3 einführbar ist. Wie ersichtlich  
kann die Klemmeinrichtung 5 seitlich des oberen Bauteils 2 flächig am unteren Bauteil 1  
aufliegen und dadurch die Plastifizierungszone 13 gut abdichten, sodass auch dann eine  
stabile Verbindung erreichbar ist, wenn das obere Bauteil 2 einen kleineren Querschnitt  
10 als die Öffnung 3 aufweist. Das obere Bauteil 2 ist hier entlang einer Einschubrichtung 8  
in die Nut 7 einführbar und weist in einer Querrichtung, welche normal zur  
Einschubrichtung 8 und normal zur Achse 6 ist, eine Erstreckung 9 auf, welche kleiner als  
ein Durchmesser 10 der Öffnung 3 ist.

15 Fig. 3a bis 3f zeigen verschiedene Verfahrenszustände eines erfindungsgemäßen  
Verfahrens unter Einsatz der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung. Auch hier ist ein  
Maschinentisch 14 vorgesehen, an welchen die zu verbindenden Bauteile 1, 2 gepresst  
werden, wobei die Klemmeinrichtung 5 und das auch hier durch einen mittigen Stift 12  
und eine den Stift 12 umschließende Hülse 11 gebildete Rührreibschweißwerkzeug über  
20 einen nicht dargestellten und relativ zum Maschinentisch 14 verfahrbaren  
Maschinenrahmen 15 bewegbar sind.

Wie in Fig. 3a ersichtlich wird zunächst das obere Bauteil 2 auf dem unteren Bauteil 1  
positioniert, wonach durch eine translatorische Verschiebung der Klemmeinrichtung 5  
25 entlang der Achse 6 ein Klemmen des oberen Bauteils 2 in der Nut 7 erfolgt. Das obere  
Bauteil 2 kann dabei auch in der Nut 7 plastisch oder elastisch deformiert werden, sodass  
das obere Bauteil 2 die Nut 7 auch gänzlich ausfüllen kann. Ein Nutgrund liegt somit auf  
dem oberen Bauteil 2 auf und Nutseitenflächen liegen seitlich am oberen Bauteil 2 an.  
Eine Bodenfläche bzw. Unterseite 16 der Klemmeinrichtung 5 liegt in den in Fig. 3b bis 3d  
30 dargestellten Verfahrenszuständen flächig am unteren Bauteil 1 auf.

In dem in Fig. 3b dargestellten Verfahrenszustand werden Stift 12 und Hülse 11  
gemeinsam entlang der Achse 6 nach unten verschoben. Durch ein gleichzeitiges  
Rotieren von Stift 12 und Hülse 11, welche üblicherweise mit gleicher Geschwindigkeit

und in gleicher Drehrichtung um die Achse 6 rotieren, werden die zu verbindenden Bauteile 1, 2 erwärmt und plastisch verformt, sodass sich eine Plastifizierungszone 13 ausbildet. In einem weiteren, in Fig. 3c dargestellten Verfahrensschritt wird die Hülse 11 entlang der Richtung der Achse 6 weiter abgesenkt und der Stift 12 in entgegengesetzter  
5 Richtung leicht angehoben, sodass das obere Bauteil 2 durch Reibrührschweißen mit dem unteren Bauteil 1 verbunden wird. Wie ersichtlich bildet sich durch die Relativverschiebung von Stift 12 und Hülse 11 eine Kavität bzw. ein Hohlraum unterhalb des Stiftes 12 und in der Hülse 11, in welche Kavität das plastifizierte Material bewegt wird, sodass die Kavität durch das plastifizierte Material ausgefüllt wird.

10

In dem in Fig. 3d dargestellten Verfahrenszustand ist die Hülse 11 wieder angehoben und der Stift 12 wieder abgesenkt, sodass Stift 12 und Hülse 11 an einem unteren Ende eine etwa plane Ebene bilden, und zwar noch bevor das plastifizierte Material wieder erstarrt ist. Dadurch wird eine glatte Oberfläche des Verbundbauteils 4 in dem Bereich erreicht, in  
15 welchem das Rührreischweißwerkzeug auf das obere Bauteil 2 eingewirkt hat.

In einem weiteren in Fig. 3e dargestellten Verfahrensschritt werden die Klemmeinrichtung 5 samt dem durch Hülse 11 und Stift 12 gebildeten Rührreischweißwerkzeug angehoben, wodurch die Verbindung wie in Fig. 3f dargestellt,  
20 fertiggestellt ist. Wie hier ersichtlich ergibt sich ein Verbundbauteil 4, welches das mit dem unteren Bauteil 1 verbundene obere Bauteil 2 aufweist, wobei die Verbindung endlochfrei ist. Dadurch werden günstige mechanische wie elektrische Eigenschaften erreicht.

Fig. 4a bis 4e zeigen ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren, welches im  
25 Wesentlichen analog zu den in Fig. 3a bis 3f dargestellten Verfahrensschritten umgesetzt wird. Im Unterschied zu dem in Fig. 3a bis 3f dargestellten Verfahren wird jedoch zum Bilden der Rührreischweißverbindung nicht die Hülse 11 abgesenkt und der Stift 12 angehoben, sondern genau entgegengesetzt der Stift 12 abgesenkt und die Hülse 11 angehoben, wie in Fig. 4c ersichtlich. Die Kavität bildet sich hier somit seitlich des  
30 Stiftes 12 und unterhalb der Hülse 11 und nicht wie in Fig. 3c dargestellt innerhalb der Hülse 11.

In dem in Fig. 4c dargestellten Verfahrenszustand bilden Hülse 11 und Stift 12 somit ein einem herkömmlichen Rührreischweißwerkzeug mit Schulter und Pin entsprechendes

Werkzeug. Auch hier wird in einem daran anschließenden Verfahrensschritt eine glatte Oberfläche bzw. eine endlochfreie Oberfläche erreicht, indem Stift 12 und Hülse 11 in axialer Richtung derart verfahren werden, dass diese endseitig eine im Wesentlichen plane Ebene bilden, während das obere Bauteil 2 noch erwärmt bzw. verformbar ist, wie  
5 anhand der auch in Fig. 4d dargestellten Plastifizierungszone 13 ersichtlich ist. Nach Herstellung des Verbundbauteils 4 wird das Rührreibschweißwerkzeug samt der Klemmeinrichtung 5 mittels eines nicht dargestellten Maschinenrahmens 15 wieder angehoben, wie in Fig. 4e ersichtlich. Wie in Fig. 4f dargestellt wird auch hier ein Verbundbauteil 4 mit endlochfreier Oberfläche im Bereich der Rührreibschweißverbindung  
10 erreicht.

Fig. 5 zeigt eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung. Im Unterschied zu der in Fig. 2 bis Fig. 4e dargestellten Vorrichtung ist hier die Klemmeinrichtung 5 nicht durch einen Klemmring, sondern durch eine Klemmplatte gebildet, welche wiederum eine kopfseitige  
15 Öffnung 3 und eine bis in einen Bereich der Öffnung 3 ragende Nut 7 aufweist, durch welche Nut 7 ein oberes Bauteil 2 mit einem kleineren Querschnitt als die Öffnung 3 in den Bereich der Öffnung 3 einführbar ist.

Ein Durchmesser 10 der Öffnung 3, welche sich auch hier von einer Oberseite 17 bis zu  
20 einer Unterseite 16 der Klemmeinrichtung 5 erstreckt, entspricht im Wesentlichen einem Außendurchmesser des auch hier durch eine Hülse 11 und einen Stift 12 gebildeten Rührreibschweißwerkzeuges bzw. ist ein Durchmesser 10 der Öffnung 3 üblicherweise um 0,01 mm bis 5 mm größer als ein Außendurchmesser der Hülse 11 bzw. des Rührreibschweißwerkzeuges, um einerseits ein verschleißfreies Rotieren des  
25 Rührreibschweißwerkzeuges in der Öffnung 3 der Klemmeinrichtung 5 zu ermöglichen und andererseits ein Austreten von Material durch die Öffnung 3 während des Rührreibschweißens zu vermeiden.

Wie ersichtlich ragt die Nut 7 hier von einer Unterseite 16 der Klemmeinrichtung 5 nach  
30 oben und erstreckt sich hier nicht von einer Unterseite 16 bis zu einer Oberseite 17 der Klemmeinrichtung 5, wenngleich auch eine derartige Ausbildung grundsätzlich möglich ist. Die Nut 7 kann dann auch als durchgängige Ausnehmung ausgebildet sein.

Fig. 6 zeigt eine Schnittdarstellung durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig. 5 während der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei das obere Bauteil 2 durch ein Litzenbündel gebildet ist. Fig. 6 zeigt einen Verfahrensschritt, in welchem das durch das Litzenbündel gebildete obere Bauteil 2 bereits am unteren Bauteil 1 durch die Klemmeinrichtung 5 fixiert ist, bevor das auch hier durch Stift 12 und Hülse 11 gebildete Rührreibschweißwerkzeug mittels eines nicht dargestellten Maschinenrahmens 15 auf die zu verbindenden Bauteile 1, 2 abgesenkt wurde. Wie ersichtlich ragt das das obere Bauteil 2 bildende Litzenbündel hier um einen Überstand über die Oberseite 17 der Klemmeinrichtung 5 aus der Öffnung 3 hervor. Durch ein Absenken des Rührreibschweißwerkzeuges ist somit auch ein Kompaktieren des Litzenbündels in der Öffnung 3 möglich, wodurch eine besonders gute mechanische und elektrische Verbindung erreicht werden kann.

Fig. 7a bis 7e zeigen beispielhaft Bauteile 1, 2, welche als obere Bauteile 2 in einem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden können. Wie in Fig. 7a bis 7c ersichtlich kann das obere Bauteil 2 durch ein einziges Bauteil mit unterschiedlichen eckigen und runden Querschnitten gebildet sein. Wie in Fig. 7d und 7e ersichtlich, kann das obere Bauteil 2 auch durch ein Litzenbündel gebildet sein, wobei das Litzenbündel ebenfalls sowohl einen runden als auch einen eckigen Querschnitt aufweisen kann.

Fig. 8a bis 8f zeigen verschiedene Verfahrenszustände eines mit der in Fig. 5 dargestellten Vorrichtung umgesetzten erfindungsgemäßen Verfahrens. Wie ersichtlich wird hier zunächst das obere Bauteil 2 am unteren Bauteil 1 durch die Klemmeinrichtung 5 fixiert, wobei das obere Bauteil 2 und das untere Bauteil 1 gegen den Maschinentisch 14 gepresst werden. In einem in Fig. 8b dargestellten weiteren Verfahrensschritt werden Hülse 11 und Stift 12 des Rührreibschweißwerkzeuges abgesenkt und gleichzeitig rotiert, um die Bauteile 1, 2 zu erwärmen und zu plastifizieren, wodurch sich zunächst am oberen Bauteil eine Plastifizierungszone ausbildet.

Analog zu den in Fig. 3a bis 3f dargestellten Verfahren wird hier zunächst die Hülse 11 abgesenkt und der Stift 12 angehoben, wobei plastifiziertes Material in einem Bereich einer Kavität zwischen Hülse 11 und Stift 12 gepresst wird, wonach der Stift 12 abgesenkt und die Hülse 11 angehoben werden, um eine plane Oberfläche zu erreichen. Es versteht sich, dass zwischen den einzelnen Verfahrensschritten auch eine Verweilzeit vorgesehen

sein kann, um ein gutes Verrühren der zu verbindenden Bauteile 1, 2 zu erreichen.

Insbesondere kann zwischen den in Fig. 8c und 8d dargestellten Verfahrensschritten eine Verweilzeit vorgesehen sein, in welcher Hülse 11 und Stift 12 des Rührreibwerkzeuges in entsprechender axialer Position rotiert werden, gegebenenfalls unter Aufbringung eines  
5 konstanten oder veränderlichen Drucks in axialer Richtung.

Zwischen den in Fig. 8a und 8d dargestellten Verfahrensschritten kann der Plastifizierungszone 13, in welcher die zu verbindenden Bauteile 1, 2 plastifiziert werden, Material zugeführt werden, beispielsweise über die Öffnung 3 oder über die Nut 7. Dies  
10 gilt analog natürlich auch für die anderen hier beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Fig. 9a bis 9f zeigen Verfahrensschritte eines weiteren erfindungsgemäßen Verfahrens, welches mit der in Fig. 5 dargestellten erfindungsgemäßen Vorrichtung umgesetzt wird. Analog zu dem in Fig. 4a bis 4e dargestellten Verfahren wird hier der Stift 12 abgesenkt  
15 und die Hülse 11 in Fig. 9c ersichtlich angehoben und bildet sich eine Kavität seitlich des Stiftes 12 zwischen dem Stift 12, der Hülse 11 und der Klemmeinrichtung 5, wonach wiederum Hülse 11 und Stift 12 auf gleiche Axialposition bewegt werden, um eine plane Oberfläche zu erreichen.

20 Fig. 10a und 10b zeigen Fotografien von in einem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbundbauteilen 4. Die Verbundbauteile 4 weisen jeweils ein durch eine Kupferplatte gebildetes unteres Bauteil 1 und ein durch ein Litzenkabel gebildetes oberes Bauteil 2 auf. Wie ersichtlich weist das Verbundbauteil 4 im Bereich der Rührreißschweißverbindung eine im Wesentlichen zylindrische Kontur auf, welche einem  
25 Durchmesser 10 der Öffnung 3 der Klemmeinrichtung 5 entspricht. Weiter ist ersichtlich, dass eine Stirnfläche im Bereich der Rührreißschweißverbindung endlochfrei ausgebildet ist, welche Ausbildung durch Einsatz des zweiteiligen, durch Stift 12 und Hülse 11 gebildeten Rührreißschweißwerkzeuges erreicht wird.

30 Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren ist die Verbindung von Bauteilen 1, 2 durch Rührreißschweißen auch dann möglich, wenn eines der Bauteile 1, 2 einen sehr kleinen Querschnitt aufweist. Ein derart hergestelltes Verbundbauteil 4 kann insbesondere für elektrische Verbindungen eingesetzt werden, wobei auch Bauteile 1, 2 aus unterschiedlichen Materialien bzw. mit unterschiedlichen Schmelzpunkten verbunden

werden können. Stift und Hülse des Rührreißschweißwerkzeuges weisen üblicherweise einen Schmelzpunkt auf, der höher ist als ein Schmelzpunkt der zu verbindenden Bauteile.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden übereinander angeordneter Bauteile (1, 2) durch Rührreibschweißen, wobei die Bauteile (1, 2) durch eine Öffnung (3) aufweisende Klemmeinrichtung (5) geklemmt werden, wonach die Bauteile (1, 2) mittels eines durch die Öffnung (3) ragenden und um eine Achse (6) rotierenden Rührreibschweißwerkzeuges verbunden werden, dadurch gekennzeichnet, dass ein auf einem unteren Bauteil (1) angeordnetes oberes Bauteil (2) durch eine Nut (7) an einer Unterseite (16) der Klemmeinrichtung (5) entlang einer Einschubrichtung (8) in die Öffnung (3) ragt und während des Rührreibschweißens zumindest teilweise mittels der Nut (7) fixiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Bauteil (2) in einer Richtung normal zur Achse (6) und normal zur Einschubrichtung (8) eine Erstreckung (9) aufweist, welche gleich groß wie oder geringer als ein Durchmesser (10) der Öffnung (3) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein mehrere Einzelteile, insbesondere Litzen, aufweisendes oberes Bauteil (2) eingesetzt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Bauteil (2) vor Beginn des Rührreibschweißens einerseits aus der Nut (7) und andererseits aus der Öffnung (3) ragt, wonach es durch ein Verfahren des Rührreibschweißwerkzeuges in die Öffnung (3) gestaucht wird, wonach das obere Bauteil (2) durch Rührreibschweißen mit dem unteren Bauteil (1) verbunden wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Bauteile zusätzlich hochfrequente mechanische Schwingungen aufgebracht werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile zusätzlich durch Ultraschallschweißen verbunden werden, wobei das Rührreibschweißwerkzeug, die Klemmeinrichtung und/oder ein separates Bauelement als Sonotrode wirkt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass Bauteile (1, 2) mit unterschiedlichen Schmelztemperaturen eingesetzt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das obere Bauteil (2) und/oder das untere Bauteil (1) eine Beschichtung aufweist, welche durch das Rührreibschweißen thermisch zersetzt und/oder in einen Bereich einer Verbindung von oberem Bauteil (2) und unterem Bauteil (1) eingerührt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rührreibschweißwerkzeug mit einem Schmelzpunkt eingesetzt wird, welcher höher ist als ein Schmelzpunkt der Bauteile (1, 2).
10. Verfahren nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Rührreibschweißwerkzeug mit einem in axialer Richtung relativ zu einer Hülse (11) bewegbaren Stift (12) eingesetzt wird, wobei der Stift (12) relativ zur Hülse (11) nach einem Plastifizieren des oberen Bauteils (2) in axialer Richtung derart bewegt wird, dass Stift (12) und Hülse (11) endseitig etwa in einer Ebene normal zur Achse (6) liegen, um eine endlochfreie Oberfläche zu bilden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass einer Plastifizierungszone (13) während des Rührreibschweißens Material zugeführt wird, insbesondere über die Öffnung (3) und/oder die Nut (7).
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass Material in Pulverform zugeführt wird.
13. Verbundbauteil (4), aufweisend ein unteres Bauteil (1) und ein oberes Bauteil (2), welche durch Rührreibschweißen verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbundelement in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 hergestellt ist.
14. Vorrichtung zum Verbinden zweier Bauteile (1, 2) durch Rührreibschweißen, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, aufweisend ein um eine Achse (6) drehbares Rührreibschweißwerkzeug sowie eine Klemmeinrichtung (5) mit einer Öffnung (3), dadurch gekennzeichnet, dass die

Klemmeinrichtung (5) an einer Unterseite (16) eine Nut (7) aufweist, mit welcher Nut (7) ein auf einem unteren Bauteil (1) angeordnetes oberes Bauteil (2), welches bis zur Öffnung (3) ragt, fixierbar ist, sodass das obere Bauteil (2) mit dem unteren Bauteil (1) mittels des in der Öffnung (3) positionierten Rührreißschweißwerkzeuges verbindbar ist.

5

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein Außendurchmesser des Rührreißschweißwerkzeuges mit einem Durchmesser (10) der Öffnung (3) korrespondiert, wobei insbesondere ein Durchmesser (10) der Öffnung (3) um 0,01 mm bis 5 mm größer ist als ein Außendurchmesser des

10 Rührreißschweißwerkzeuges.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Rührreißschweißwerkzeug einen relativ zu einer Hülse (11) bewegbaren Stift (12) aufweist.

15

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Stift (12) in einer Durchgangsbohrung in der Hülse (11) positionierbar ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schwingungsgenerator, mit welchem hochfrequente mechanische Schwingungen, insbesondere Ultraschallschwingungen, erzeugbar sind, vorgesehen ist, wobei eine Sonotrode vorgesehen ist, mit welcher die hochfrequenten mechanischen Schwingungen auf die zu verbindenden Bauteile (1, 2) übertragbar sind.

20

25 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrode durch die Klemmeinrichtung (5) und/oder das Rührreißschweißwerkzeug, insbesondere den Stift (12) und/oder die Hülse (11), gebildet ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 116 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Maschinentisch (14) vorgesehen ist, gegen welchen die Bauteile (1, 2) während des Rührreißschweißens pressbar sind.

30

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spindel vorgesehen ist, mit welcher zumindest ein Teil des Rührreißschweißwerkzeuges relativ zum Maschinentisch (14) um die Achse (6) rotierbar ist.

5 22. Vorrichtung nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein Linearantrieb vorgesehen ist, mit welchem das Rührreißschweißwerkzeug translatorisch entlang der Achse (6) relativ zum Maschinentisch (14) bewegbar ist.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass  
10 ein Linearantrieb vorgesehen ist, mit welchem die Klemmeinrichtung (5) translatorisch entlang der Achse (6) relativ zum Maschinentisch (14) bewegbar ist, um die Bauteile (1, 2) gegenüber dem Maschinentisch (14) zu fixieren.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass  
15 ein Maschinenrahmen (15) vorgesehen ist, über welchen das Rührreißschweißwerkzeug mit dem Maschinentisch (14) verbunden ist, wobei der Maschinenrahmen (15) relativ zum Maschinentisch (14) bewegbar ist.

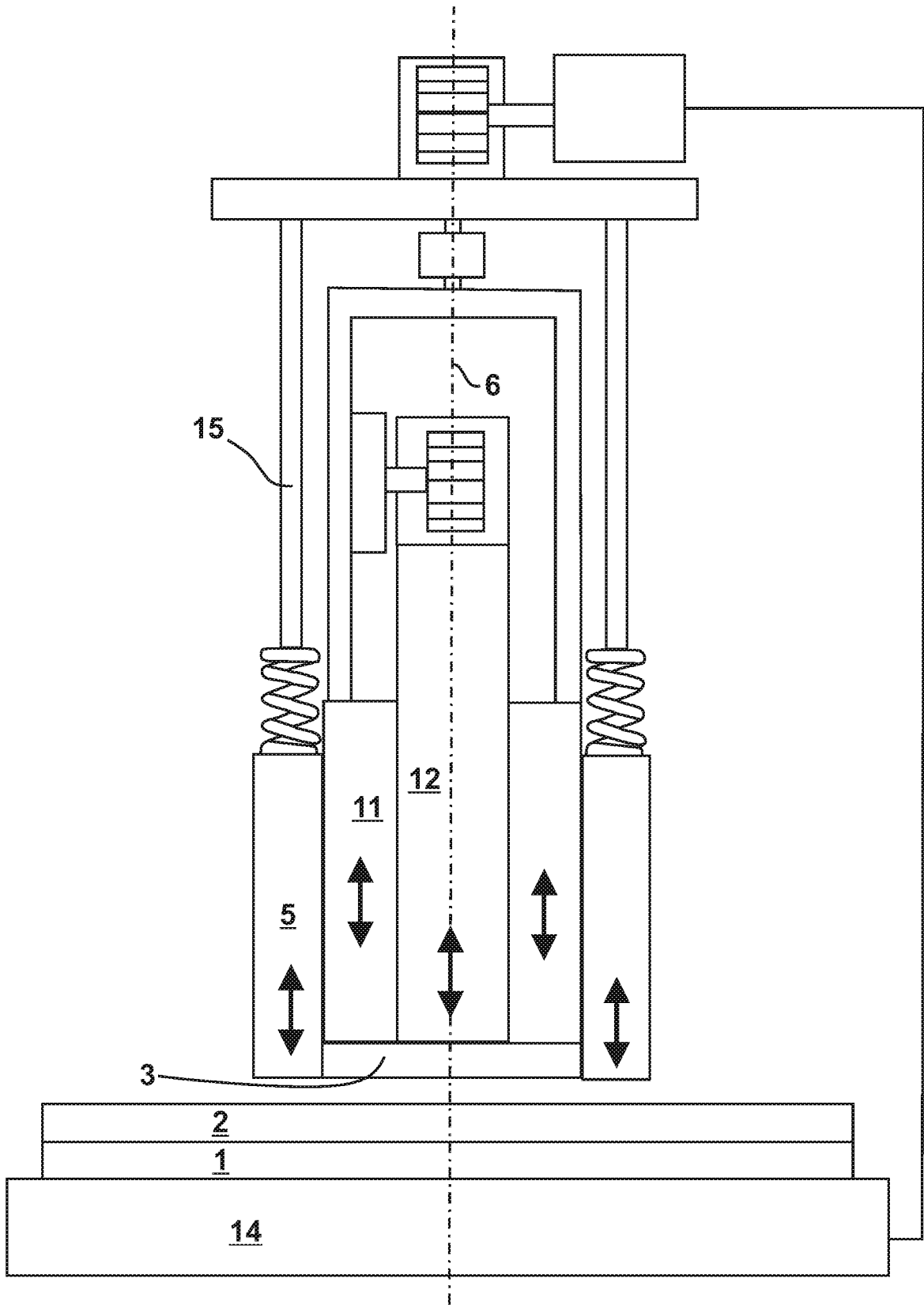


Fig. 1

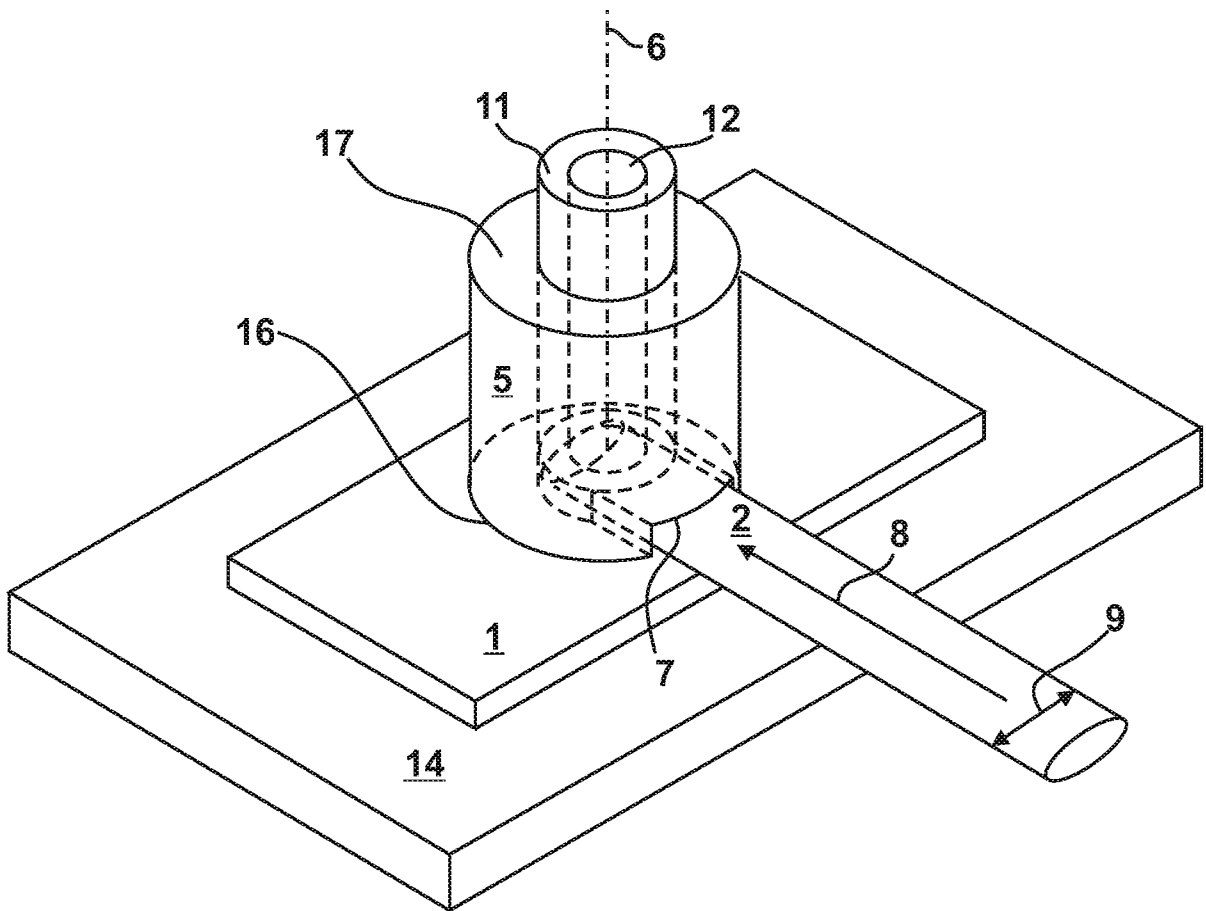


Fig. 2

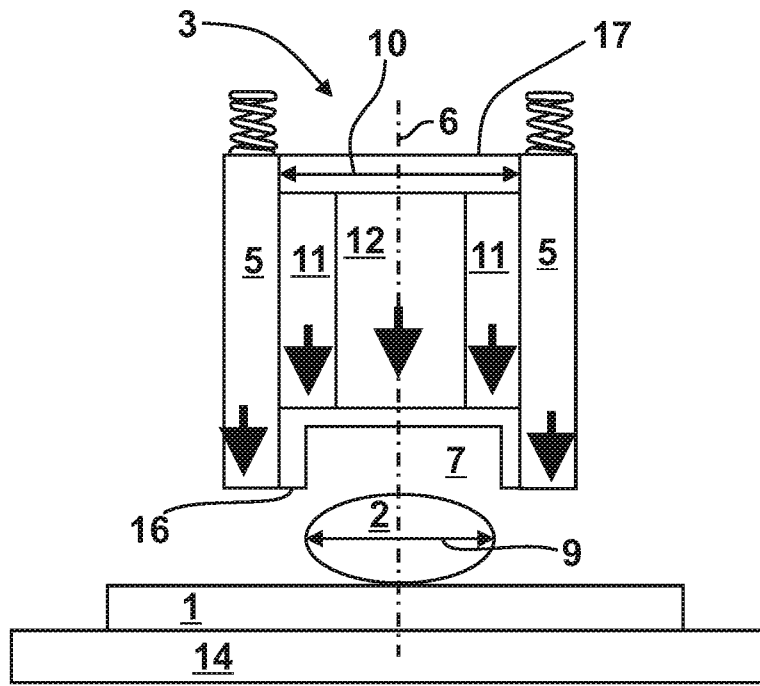


Fig. 3a

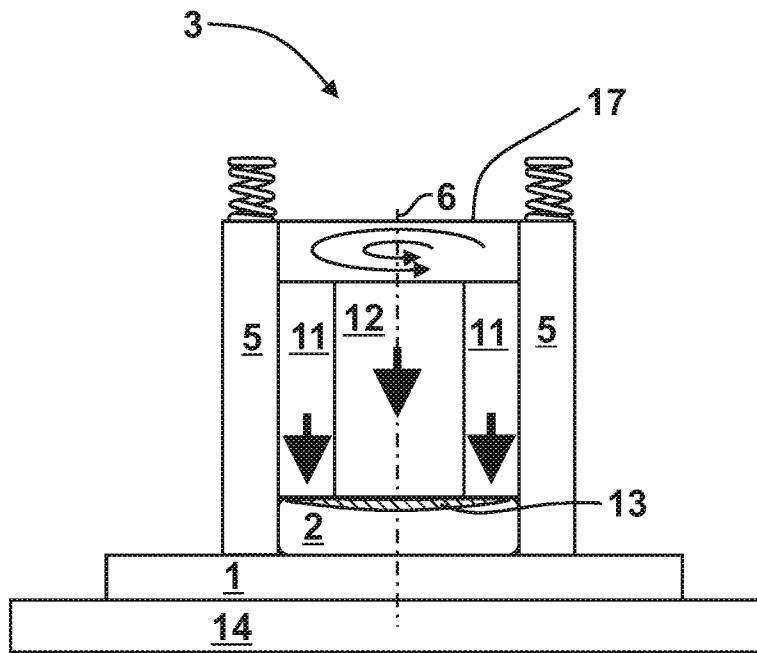


Fig. 3b

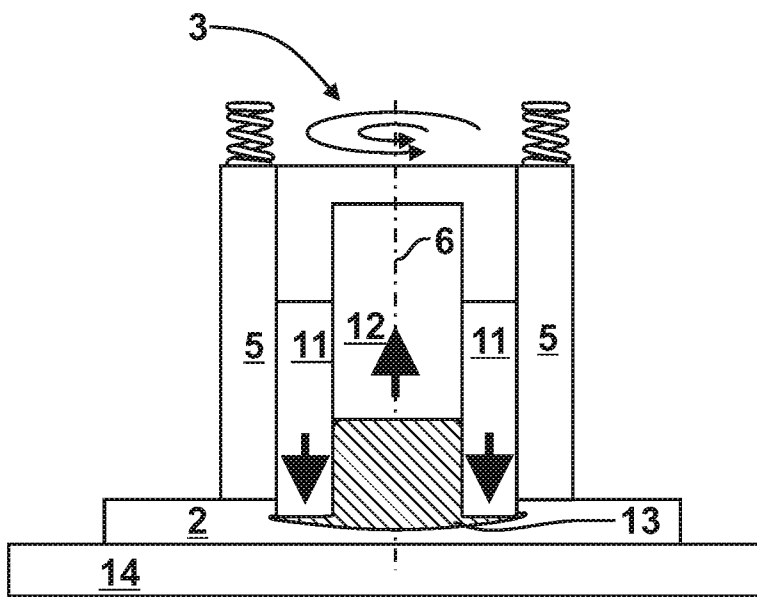


Fig. 3c

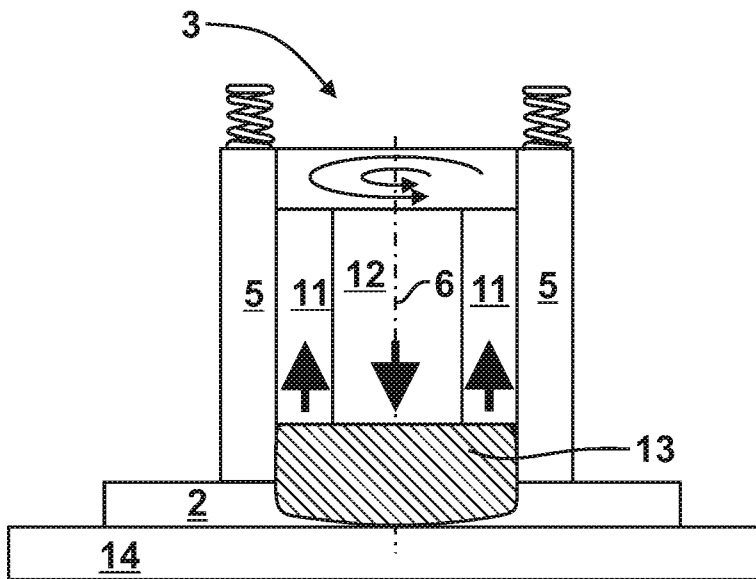


Fig. 3d

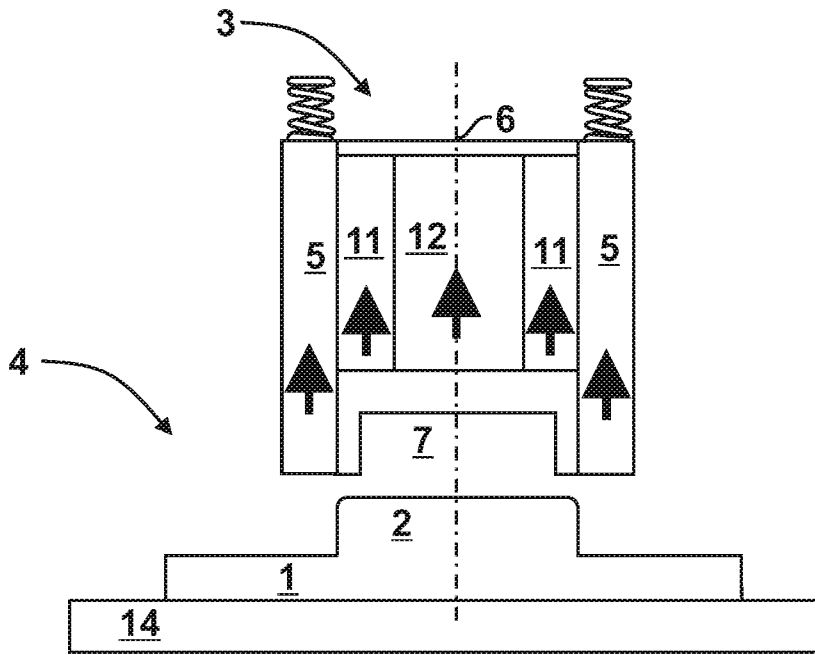


Fig. 3e

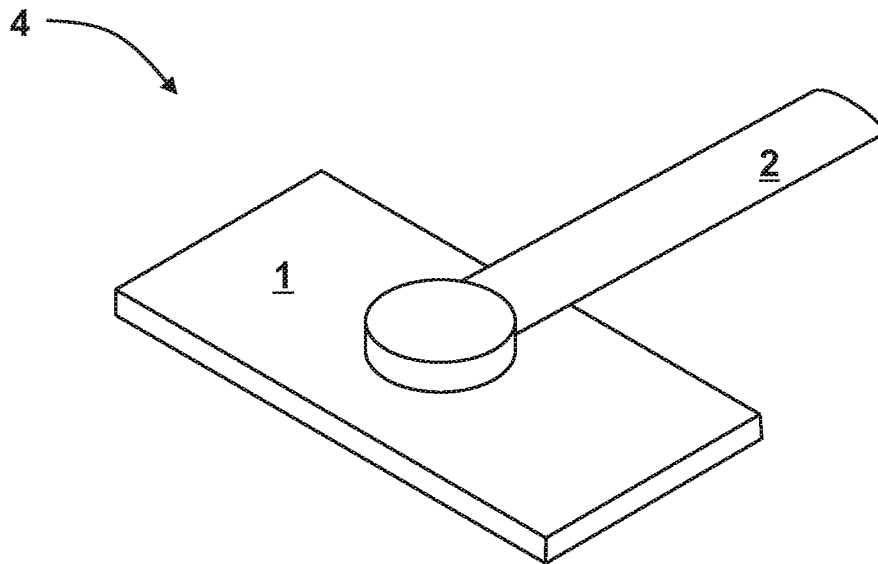


Fig. 3f

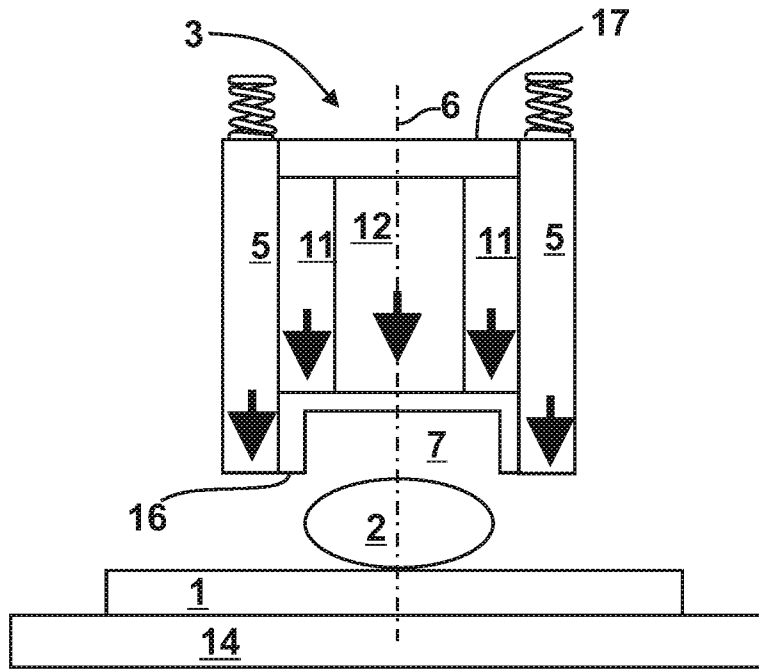


Fig. 4a

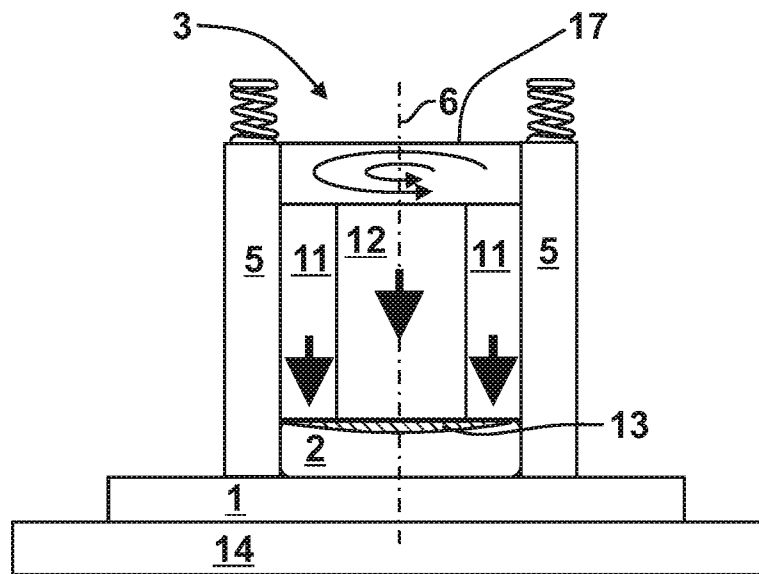


Fig. 4b

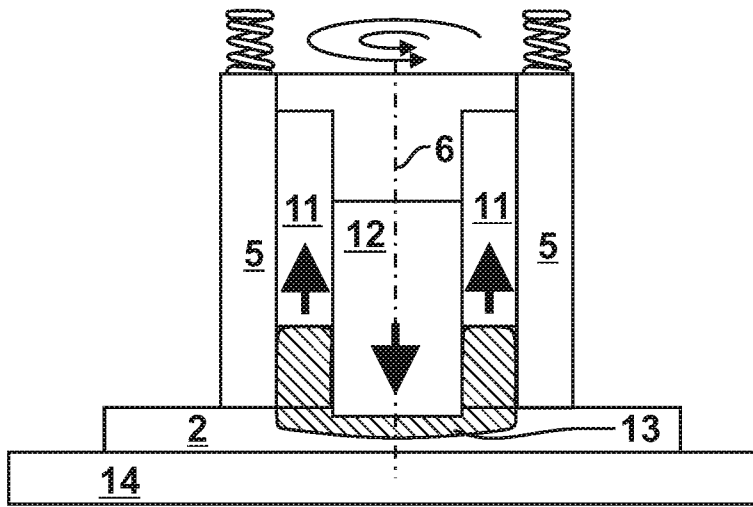


Fig. 4c

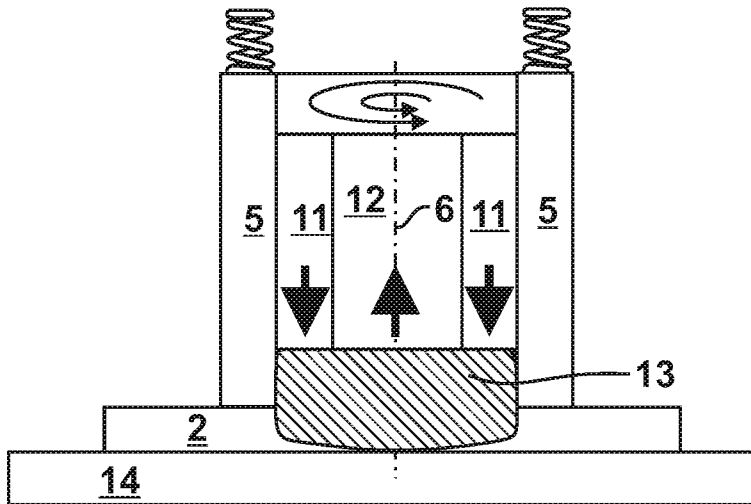


Fig. 4d

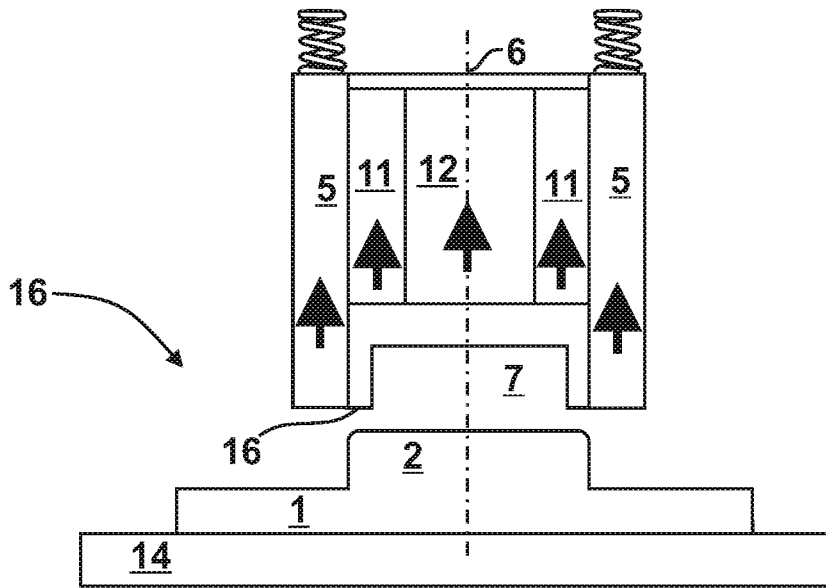


Fig. 4e

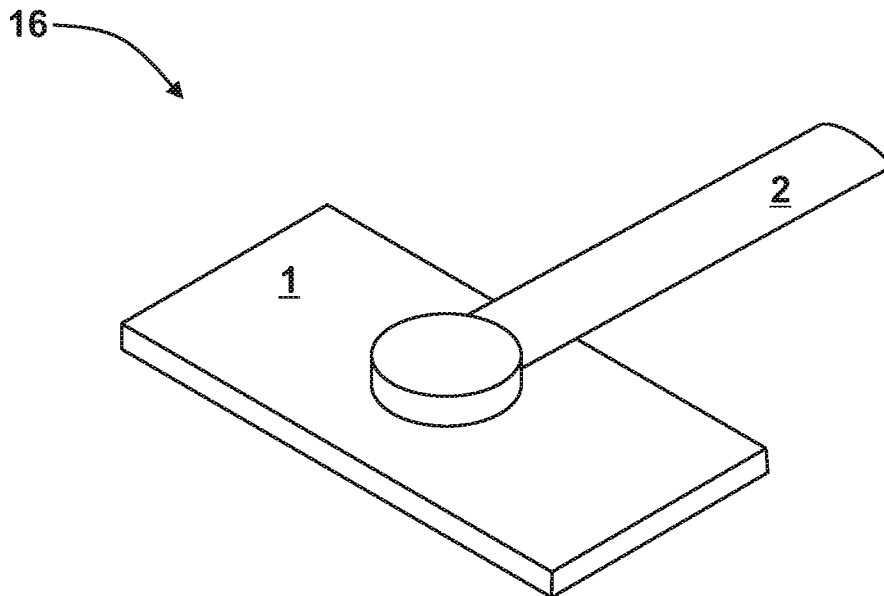


Fig. 4f

9/18

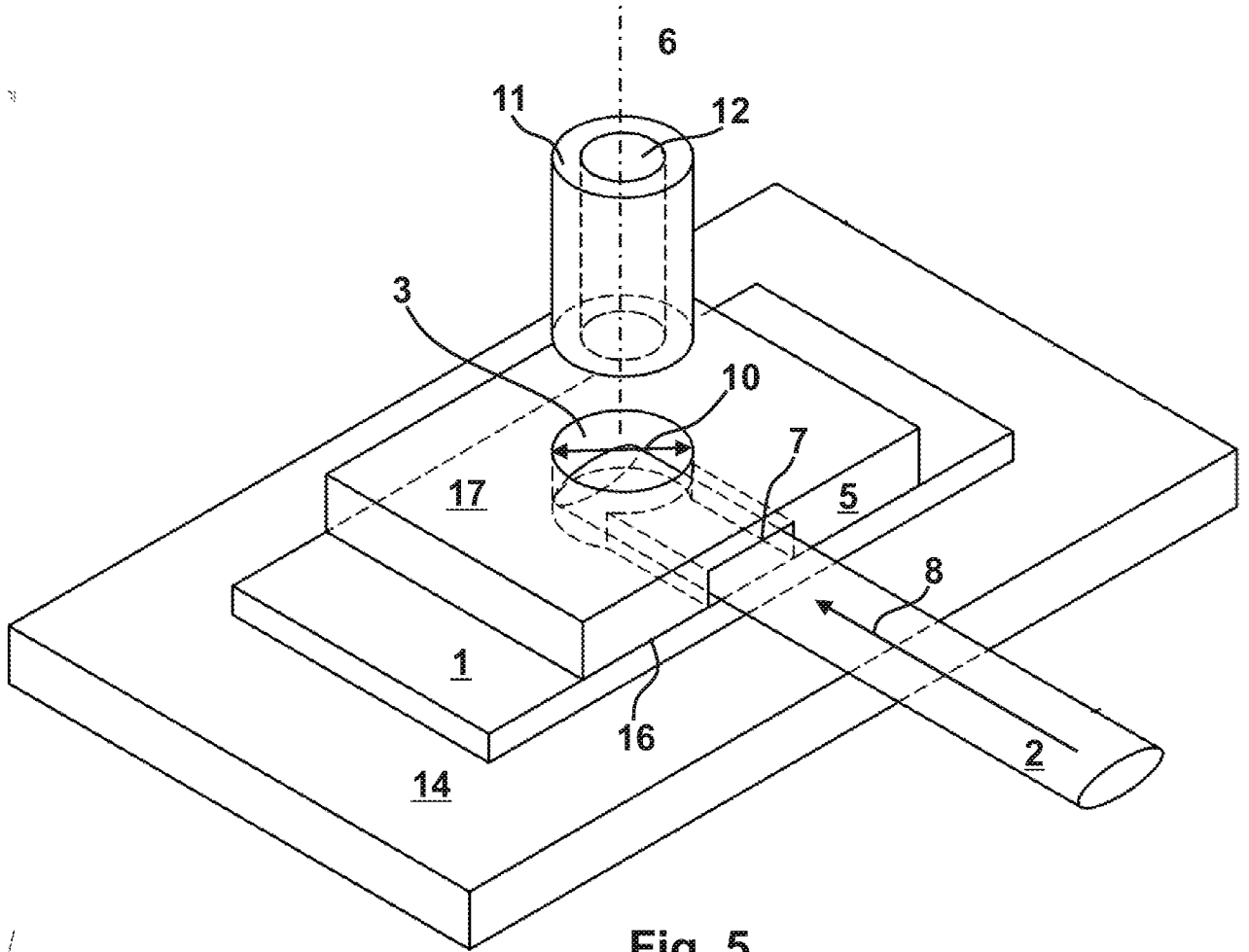


Fig. 5

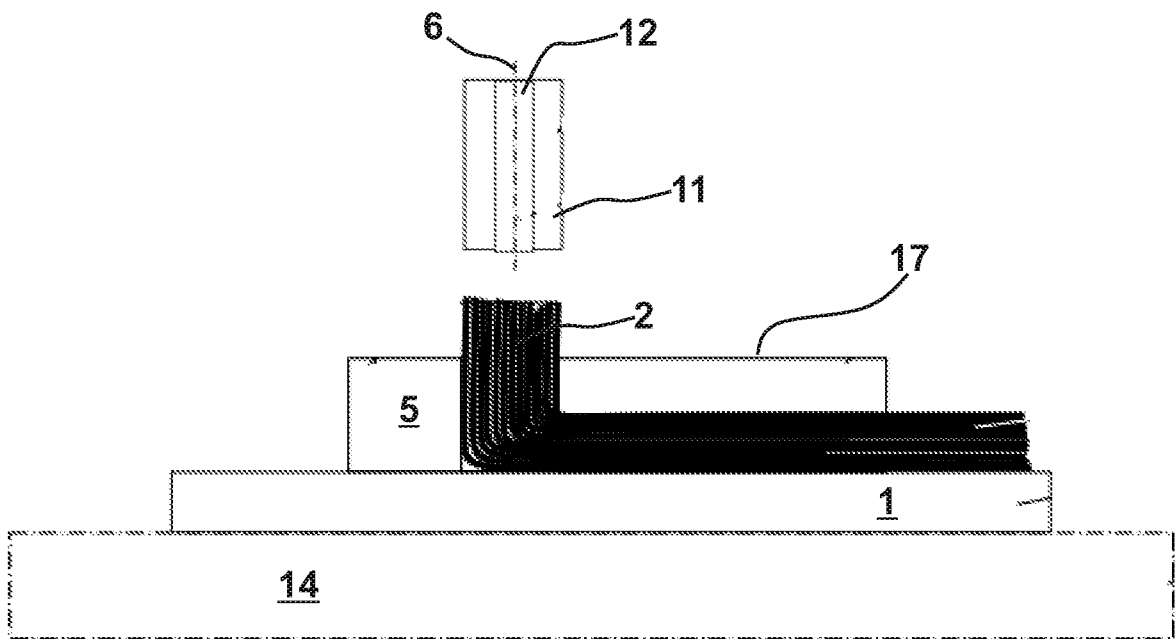
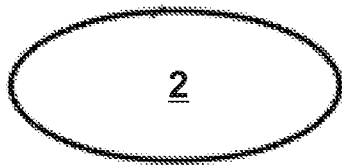
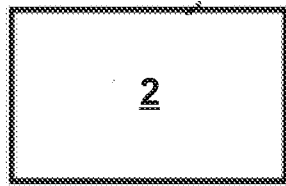


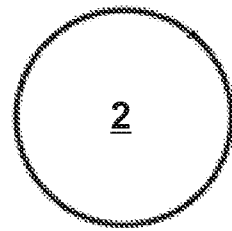
Fig. 6



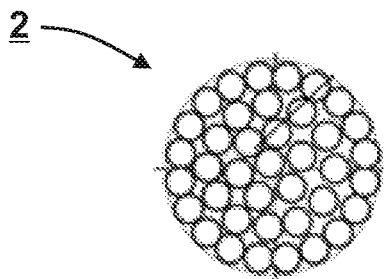
**Fig. 7a**



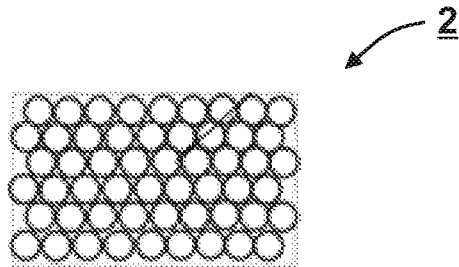
**Fig. 7b**



**Fig. 7c**



**Fig. 7d**



**Fig. 7e**

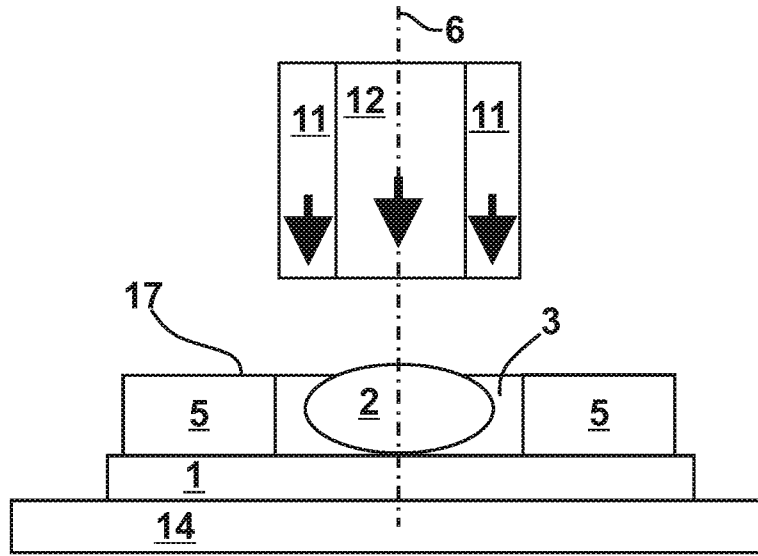


Fig. 8a

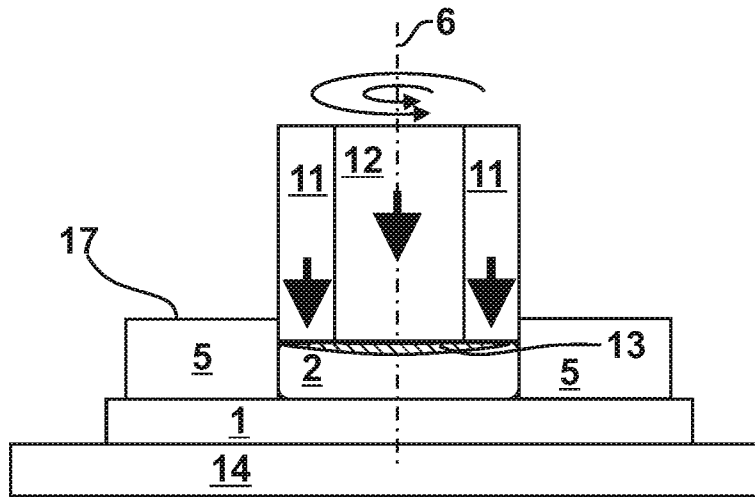


Fig. 8b

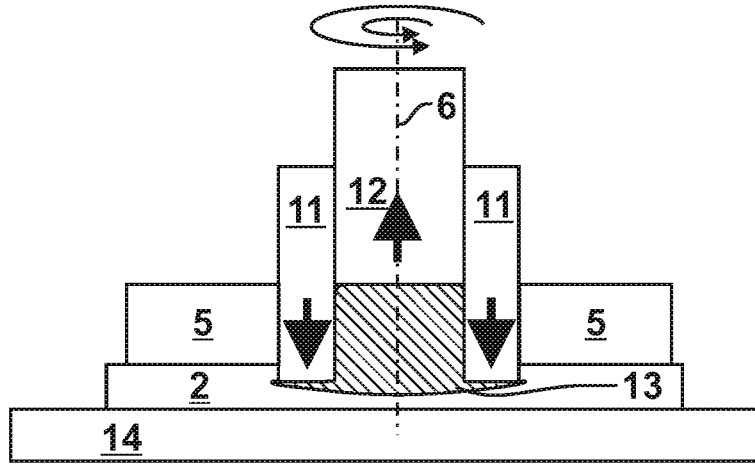


Fig. 8c

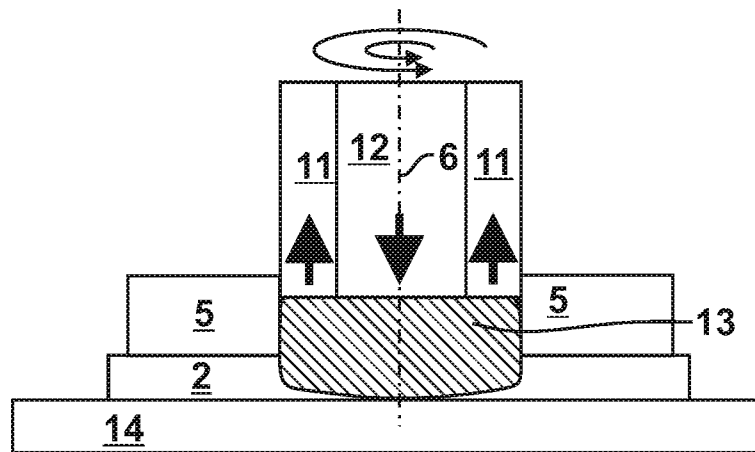


Fig. 8d

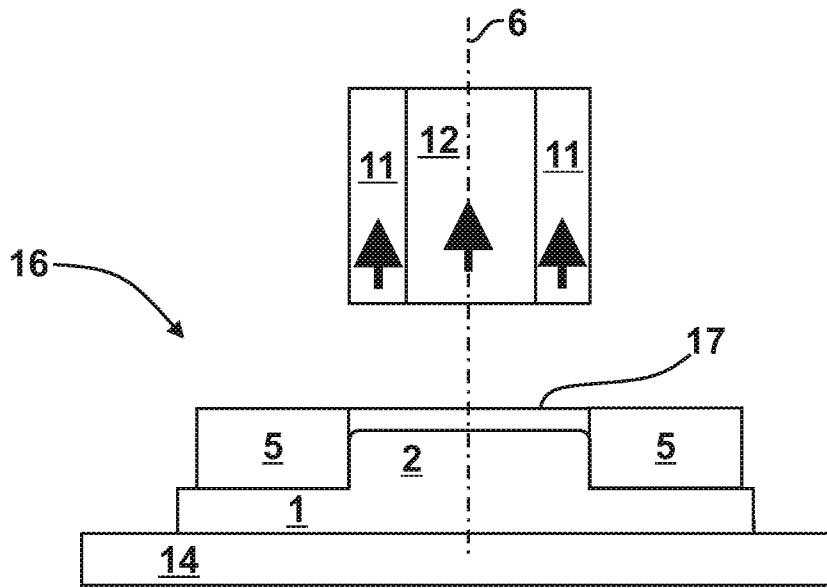


Fig. 8e

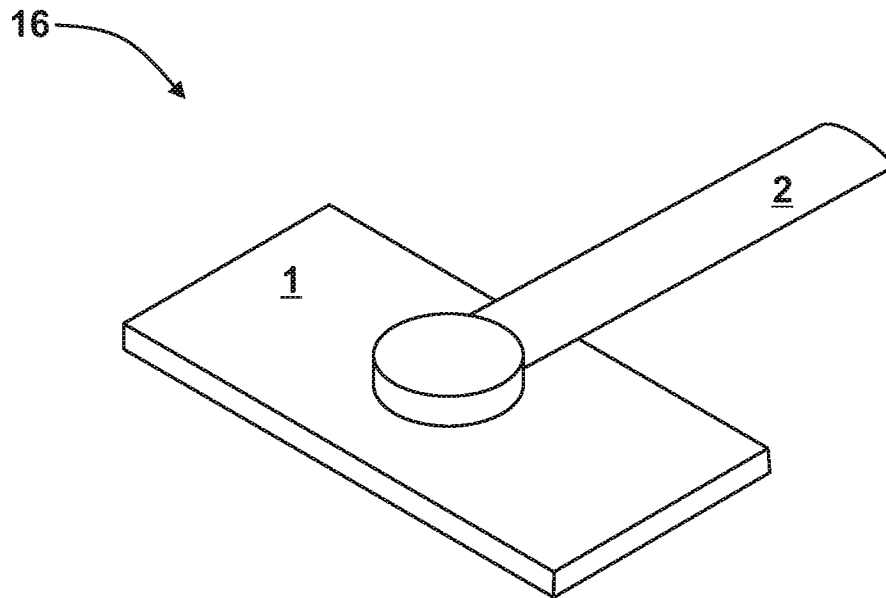


Fig. 8f

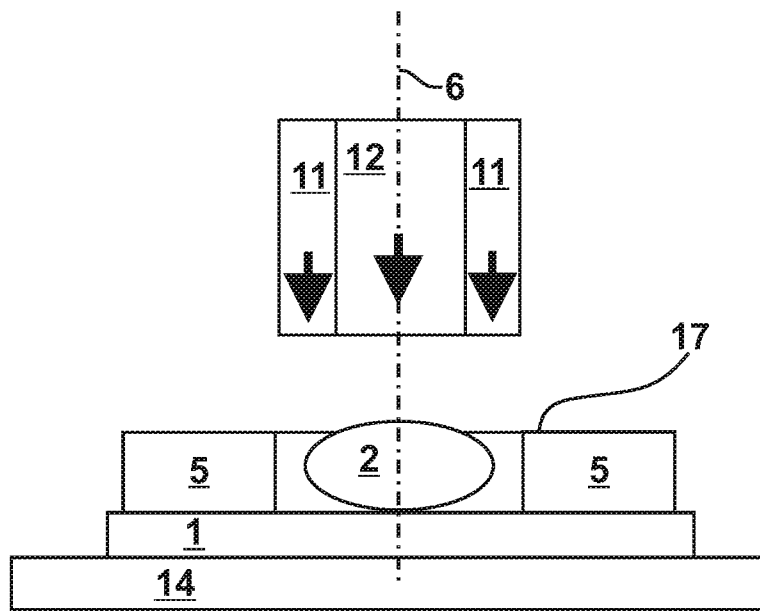


Fig. 9a

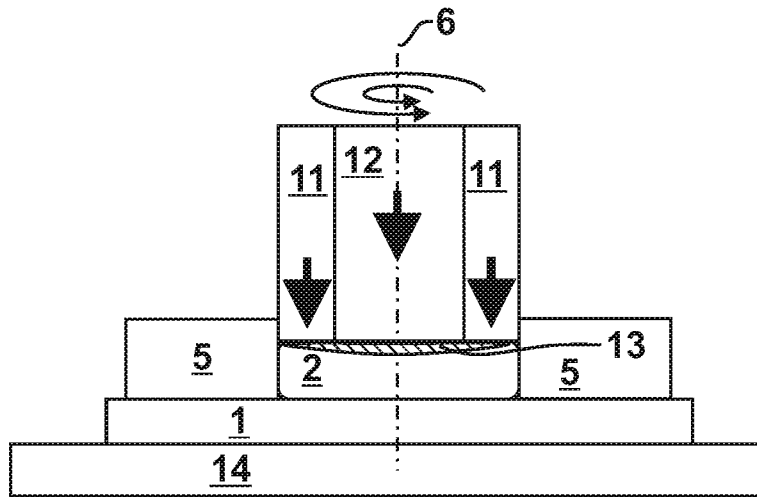


Fig. 9b

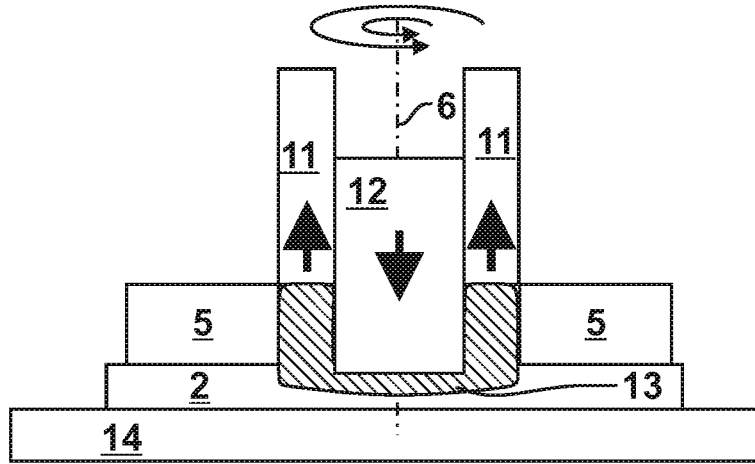


Fig. 9c

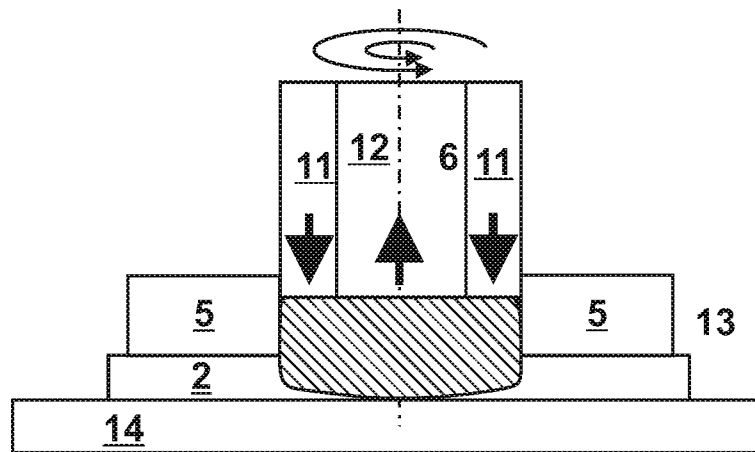


Fig. 9d

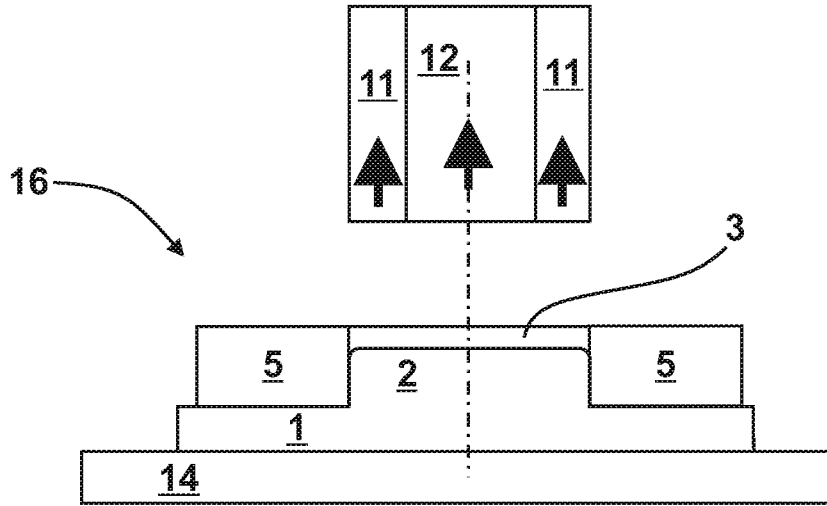


Fig. 9e

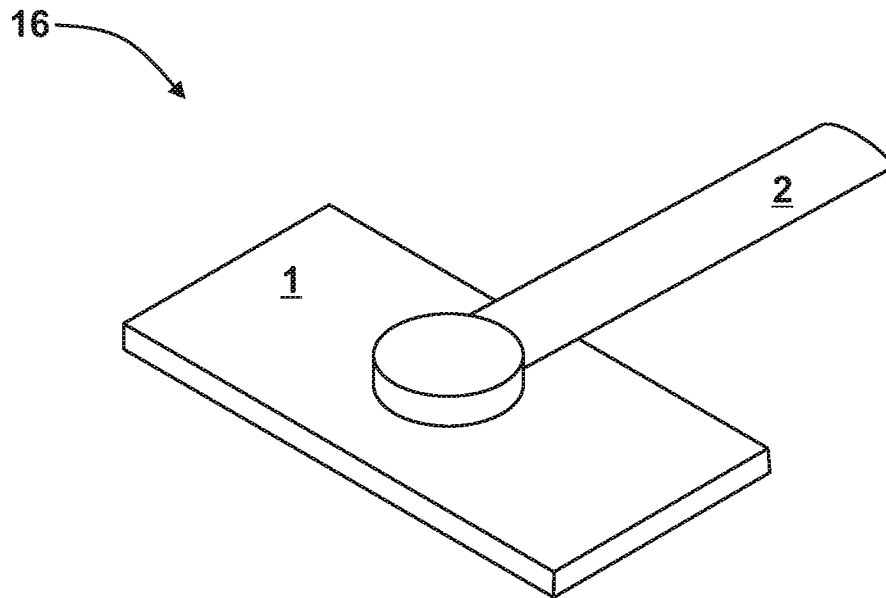


Fig. 9f

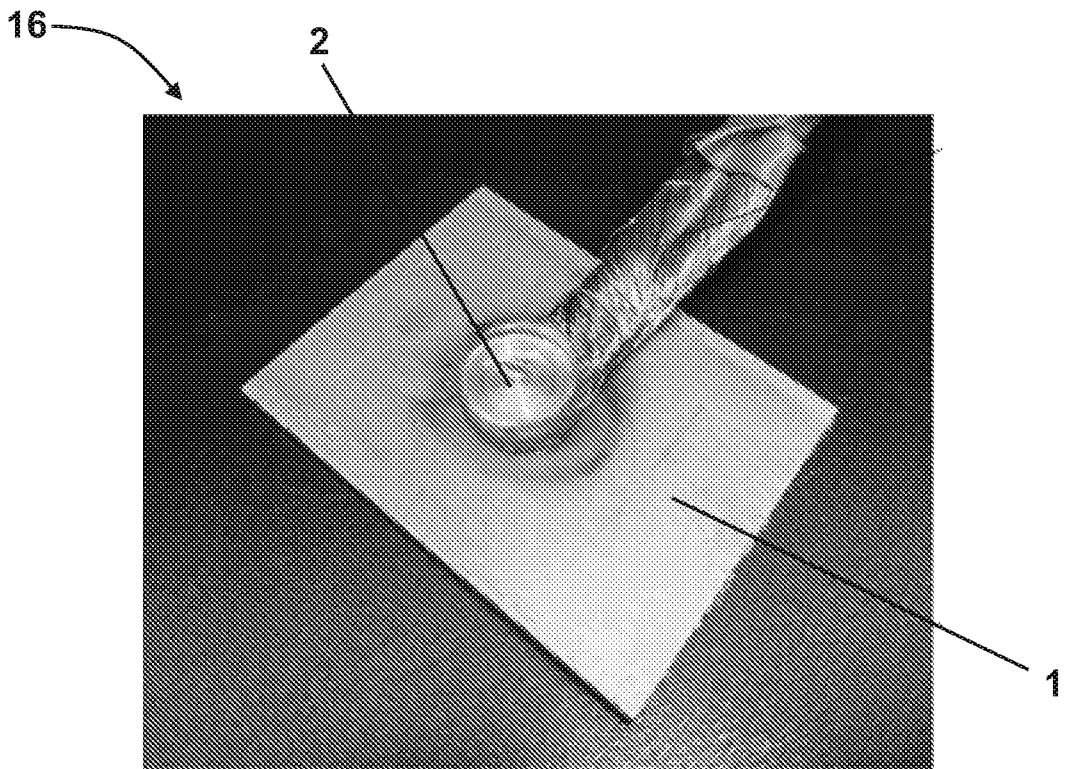


Fig. 10a

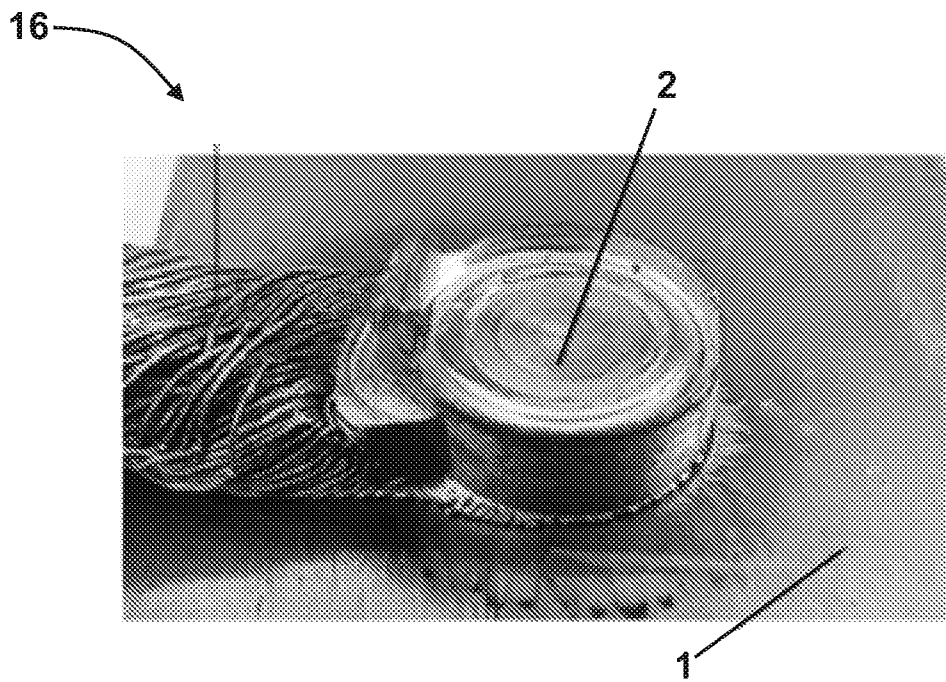


Fig. 10b

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: <b>B23K 20/12</b> (2006.01); <b>B23K 37/04</b> (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC: <b>B23K 20/1245</b> (2017.05); <b>B23K 37/04</b> (2013.01)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): B23K		
Konsultierte Online-Datenbank: wpi, epodoc, Volltext-Datenbanken		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 29.06.2021 eingereichten Ansprüchen 1 - 24 erstellt.		
Kategorie <sup>*)</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	CN 111531269 A (UNIV NORTHEASTERN) 14. August 2020 (14.08.2020) Zusammenfassung und Fig. 1-3 [online], [ermittelt am 14. März 2021], ermittelt in EPOQUE EPODOC Datenbank	1 - 24
A	CN 106825906 A (GUANGDONG RES INST OF WELDING TECH) 13. Juni 2017 (13.06.2017) Zusammenfassung und Fig. 1-2 [online], [ermittelt am 14. März 2021], ermittelt in EPOQUE EPODOC Datenbank	1 - 24
A	CN 104722910 A (UNIV LINYI) 24. Juni 2015 (24.06.2015) Zusammenfassung und Fig. 1, 3-4 [online], [ermittelt am 14. März 2021], ermittelt in EPOQUE EPODOC Datenbank	1 - 24
Datum der Beendigung der Recherche: 14.03.2022		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): PAVDI Christian
<sup>*)</sup> <b>Kategorien</b> der angeführten Dokumente: <b>X</b> Veröffentlichung <b>von besonderer Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. <b>Y</b> Veröffentlichung <b>von Bedeutung</b> : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese <b>Verbindung für einen Fachmann naheliegend</b> ist.		<b>A</b> Veröffentlichung, die den allgemeinen <b>Stand der Technik</b> definiert. <b>P</b> Dokument, das von <b>Bedeutung</b> ist (Kategorien X oder Y), jedoch <b>nach dem Prioritätstag</b> der Anmeldung veröffentlicht wurde. <b>E</b> Dokument, das <b>von besonderer Bedeutung</b> ist (Kategorie X), aus dem ein „ <b>älteres Recht</b> “ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). <b>&amp;</b> Veröffentlichung, die Mitglied der selben <b>Patentfamilie</b> ist.