

5

ULTRASCHALLSCHWEISSVORRICHTUNG
MIT EINEM SONOTRODENTRÄGER UND
EINER DARAN BEFESTIGTEN SONOTRODE

10 **Gebiet der Erfindung**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Ultraschallschweißvorrichtung. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen einer Sonotrode für eine solche Ultraschallschweißvorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen eines Sonotrodenträgers für eine solche Ultraschallschweißvorrichtung.

15 **Hintergrund der Erfindung**

Ultraschallschweißvorrichtungen umfassen in der Regel einen Sonotrodenträger, an dem eine Sonotrode austauschbar befestigt werden kann. Mittels des Sonotrodenträgers kann die Sonotrode in Ultraschallschwingungen versetzt werden, deren Energie dann über die Sonotrode auf ein zu schweißendes Werkstück übertragen werden kann. Je nach Anwendung
20 kann der Sonotrodenträger mit unterschiedlichen Typen von Sonotroden kombiniert werden, wie beispielsweise Sonotroden zum Punkt- oder Rollnahtschweißen oder Sonotroden in Form eines Biegeschwingers, der auch an schwer zugänglichen Stellen eingesetzt werden kann (um nur einige Beispiele zu nennen).

Die Sonotrode kann beispielsweise über eine oder mehrere Schrauben mit dem Sonotroden-
25 träger verschraubt sein. Abweichende Anzugsmomente der Schraube(n), etwa aufgrund der Verwendung falscher Werkzeuge oder aufgrund verschmutzter oder fehlerhafter Koppelflächen, können das Schwingungsverhalten der Sonotrode, und damit das Schweißverhalten der Ultraschallschweißvorrichtung, maßgeblich beeinflussen. Eine unzureichende Klemmkraft kann beispielsweise dazu führen, dass sich die Sonotrode im Schweißbetrieb
30 verdreht und/oder im Bereich der Koppelflächen übermäßig verformt, was sich negativ auf das Schweißergebnis auswirken kann. Schlimmstenfalls kann es zu Brüchen der Sonotrode und/oder der Schraube(n) kommen.

Zusammenfassung der Erfindung und vorteilhafter Ausführungsformen

Es kann daher Bedarf an einer Ultraschallschweißvorrichtung bestehen, die eine verbesserte Befestigung einer Sonotrode an einem Sonotrodenträger ermöglicht.

Des Weiteren kann Bedarf an einem Verfahren zur Herstellung einer entsprechend
5 verbesserten Sonotrode bestehen.

Nicht zuletzt kann Bedarf an einem Verfahren zur Herstellung eines entsprechend verbesserten Sonotrodenträgers bestehen.

Diesen Bedürfnissen kann mit den Gegenständen der unabhängigen Ansprüche entsprochen werden. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen, der
10 nachfolgenden Beschreibung und den beigefügten Figuren dargelegt.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Ultraschallschweißvorrichtung. Die Ultraschallschweißvorrichtung umfasst zumindest eine Sonotrode und einen Sonotrodenträger, der ausgebildet ist, um die Sonotrode in Ultraschallschwingungen zu versetzen. Die Sonotrode und der Sonotrodenträger weisen jeweils eine Berührungsfläche auf, vorstehend auch
15 Koppelfläche genannt. Mindestens eine der Berührungsflächen ist zumindest abschnittsweise aufgeraut. Die Sonotrode ist derart austauschbar am Sonotrodenträger befestigt, dass die Berührungsflächen gegeneinandergedrückt werden.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Sonotrode für eine Ultraschallschweißvorrichtung, wie sie vor- und nachstehend beschrieben wird. Das
20 Verfahren umfasst zumindest einen Schritt des Bereitstellens der Sonotrode in einem zu bearbeitenden Zustand und einen Schritt des Bearbeitens der Sonotrode, um die Berührungsfläche der Sonotrode zumindest abschnittsweise aufzurauen.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Sonotrodenträgers für eine Ultraschallschweißvorrichtung, wie sie vor- und nachstehend
25 beschrieben wird. Das Verfahren umfasst zumindest einen Schritt des Bereitstellens des Sonotrodenträgers in einem zu bearbeitenden Zustand und einen Schritt des Bearbeitens des Sonotrodenträgers, um die Berührungsfläche des Sonotrodenträgers zumindest abschnittsweise aufzurauen.

Es wird darauf hingewiesen, dass Merkmale der Ultraschallschweißvorrichtung auch als Merkmale der vor- und nachstehend beschriebenen Verfahren aufgefasst werden können und umgekehrt.

- Ohne den Umfang der Erfindung in irgendeiner Weise zu beschränken, können
- 5 Ausführungsformen der Erfindung als auf den nachstehend beschriebenen Gedanken und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.

- Wie eingangs erwähnt, ist die Verbindung zwischen der Sonotrode und dem Sonotroden-träger ausschlaggebend für die Qualität des Schweißergebnisses. Wie gut diese Verbindung ist, kann von verschiedenen Einflussfaktoren abhängen, etwa davon, ob das vorgegebene
- 10 Anzugsmoment der Schraube(n) beachtet wird, wie sauber die Berührungsflächen sind, oder von der fertigungsspezifischen Oberflächenbeschaffenheit der Berührungsflächen.

- Der hier vorgestellte Ansatz ermöglicht es nun, die Verbindung zwischen der Sonotrode und dem Sonotroden-träger deutlich unempfindlicher gegenüber Verschmutzungen, etwa durch Öl oder Fett, gegenüber Fehlern bei der Wartung und Montage der Sonotrode und gegenüber
- 15 Schwankungen bei der Herstellung der betreffenden Komponenten zu machen, und zwar ohne dass unerwünschte Kerben an der Sonotrode und/oder am Sonotroden-träger erzeugt werden. Solche Kerben können – selbst wenn sie relativ klein sind – angesichts der starken Beanspruchung, der die Sonotrode bzw. der Sonotroden-träger im Schweißbetrieb ausgesetzt ist, potenziell zu Beschädigungen führen.

- 20 Dies wird prinzipiell dadurch erreicht, dass die Reibung zwischen der Sonotrode und dem Sonotroden-träger durch gezieltes Aufrauen einer oder beider Berührungsflächen, oder zumindest eines Abschnitts davon, in geeigneter Weise erhöht wird. Anders ausgedrückt können durch entsprechendes Aufrauen der Sonotrode und/oder des Sonotroden-trägers in einem geeigneten Bearbeitungsverfahren ein oder mehrere aufgeraute Abschnitte innerhalb
- 25 einer oder beider Berührungsflächen geschaffen werden, die sich mit dem entsprechenden Gegenpart, beispielsweise einem oder mehreren nicht aufgerauten Abschnitten und/oder einem oder mehreren ebenfalls entsprechend aufgerauten Abschnitten des Gegenparts, im mikroskopischen Maßstab verhaken können. Eine solche Mikroverzahnung gewährleistet im Schweißbetrieb eine sichere Verbindung zwischen der Sonotrode und dem Sonotroden-träger,
- 30 und zwar ohne dass die Klemmkraft, mit der die Sonotrode und der Sonotroden-träger gegeneinandergedrückt werden, erhöht zu werden braucht.

Dieser vorteilhafte Effekt konnte in Versuchen demonstriert werden, in denen eine Verdrehkraft gemessen wurde, die zum Verdrehen einer Sonotrode in Form eines

sogenannten Biegeschwingers (siehe weiter unten) gegenüber dem Sonotroden­träger erforderlich ist.

Für die Versuche wurden folgende Parameter verwendet: Abstand des Kraftangriffspunktes für die Verdrehkraft von der Mitte der Sonotrode: 78 mm; Vorschub: 2 mm/min; Anzugs-
5 moment der Schrauben zur Befestigung der Sonotrode am Sonotroden­träger: 20 Nm. Die Krafteinleitung erfolgte senkrecht zur Längsachse der Sonotrode.

Dabei konnte die Verdrehkraft ausgehend von ca. 550 N für eine Sonotrode mit unbearbeiteter, d. h. nicht speziell aufgerauter Berührungsfläche auf ca. 800 N für eine Sonotrode mit einer durch Laserbearbeitung aufgerauten Berührungsfläche und sogar auf
10 1150 N für eine Sonotrode mit einer durch Bestrahlung mit Glasperlen aufgerauten Berührungsfläche gesteigert werden. Die Stabilität der Befestigung konnte also bei gleichbleibendem Anzugsmoment mehr als verdoppelt werden. Schwingungstechnisch waren alle getesteten Sonotroden unauffällig.

Die Steigerung der Verdrehkraft lässt sich dadurch erklären, dass durch eine definierte
15 Struktur innerhalb der Berührungsfläche an der Sonotrode und/oder am Sonotroden­träger eine Art Formschluss im mikroskopischen Maßstab, d. h. eine Mikroverzahnung, erzeugt wird. Die Struktur kann so ausgeführt sein, dass sie in den entsprechenden Gegenpart minimal eindringt, d. h., dass sich die Sonotrode und der Sonotroden­träger an der Berührungsfläche nicht punkt- oder linienförmig, sondern flächig berühren. Die für die
20 Mikroverzahnung eingesetzte Struktur und/oder eine mit der Struktur zusammengepresste Oberfläche des Gegenparts können sich dabei geringfügig elastisch und/oder plastisch verformen. Vorstehende Kanten oder Spitzen der durch das Aufrauen erzeugten Struktur können dabei geringfügig in oberflächennahes Material des Gegenparts eindringen und so die Mikroverzahnung bewirken. Die Verformungen können nur wenige Mikrometer groß
25 oder noch kleiner sein, insbesondere deutlich kleiner als die durch das Aufrauen erzeugte Struktur.

Im Folgenden werden einige der vor- und nachstehend verwendeten Begriffe näher erläutert.

Unter einer Berührungsfläche kann einerseits ein makroskopisch ebener Oberflächen-
abschnitt der Sonotrode verstanden werden, an dem die Sonotrode Kontakt mit der
30 Berührungsfläche des Sonotroden­trägers hat. Andererseits kann darunter ein makroskopisch ebener Oberflächenabschnitt des Sonotroden­trägers verstanden werden, an dem der Sonotroden­träger Kontakt mit der Berührungsfläche der Sonotrode hat. Die beiden Berührungsflächen können durch Befestigen der Sonotrode am Sonotroden­träger

miteinander in Deckung gebracht und mit einer definierten Klemmkraft gegeneinandergedrückt werden.

Es ist möglich, dass sich die Sonotrode und der Sonotroden Träger ausschließlich an ihren Berührungsflächen berühren.

- 5 Die Berührungsfläche kann abschnittsweise, d. h. in einem oder mehreren zusammenhängenden oder voneinander getrennten Abschnitten, aufgeraut sein. Alternativ kann die gesamte Berührungsfläche aufgeraut sein, d. h., der aufgeraute Abschnitt kann sich über die gesamte Berührungsfläche erstrecken.

- Unter einem aufgerauten Abschnitt kann in diesem Zusammenhang ein speziell bearbeiteter, beispielsweise ebener Abschnitt der Berührungsfläche verstanden werden, der durch die spezielle Bearbeitung eine deutlich größere Rauheit als ein nicht derart bearbeiteter Abschnitt der Berührungsfläche oder als eine sonstige Oberfläche der Sonotrode und/oder des Sonotroden Trägers aufweist. Hierzu kann die Berührungsfläche beispielsweise in einem mechanischen, optischen, elektrischen (z. B. Erodieren), elektrochemischen oder chemischen Verfahren zur Oberflächenbehandlung oder in mindestens zwei dieser Verfahren in Kombination bearbeitet worden sein. Anders ausgedrückt kann durch die Bearbeitung eine spezielle reibungserhöhende Struktur im Bereich der Berührungsfläche ausgebildet worden sein, wobei die reibungserhöhenden Eigenschaften der Struktur in allen Richtungen gleich, d. h. ungerichtet oder isotrop, oder in verschiedenen Richtungen verschieden, d. h. gerichtet oder anisotrop, sein können.

- Die Rauheit eines derart aufgerauten Abschnitts der Berührungsfläche kann sich von der Rauheit eines nicht derart aufgerauten Abschnitts der Berührungsfläche quantitativ und/oder qualitativ unterscheiden. Der nicht aufgeraute Abschnitt kann im Wesentlichen glatt sein, wobei etwaige mikroskopische Unebenheiten an der Oberfläche dieses Abschnitts durch ein Herstellungs- oder Bearbeitungsverfahren verursacht sein können. Beispielsweise kann der nicht aufgeraute Abschnitt eine Restrauheit aufweisen, die von einer spanenden Herstellung des betreffenden Bauteils und/oder von einem Schleifen, Schmirgeln oder Polieren des betreffenden Bauteils herrührt. Eine derartige Restrauheit ist in der Regel anisotrop, d. h., der betreffende Abschnitt weist in der Regel eine Oberflächenstruktur mit einer Vorzugsrichtung auf, die beispielsweise einer Bearbeitungsrichtung beim Spanen, Schleifen, Schmirgeln oder Polieren entsprechen kann. Die Rauheit des gezielt aufgerauten Abschnitts der Berührungsfläche kann im Vergleich zum nicht aufgerauten Abschnitt deutlich größer sein, beispielsweise um den Faktor 2, 5 oder sogar 10. Außerdem können zum gezielten Aufrauen

der Berührungsfläche Techniken eingesetzt werden, die eine isotrope raue Oberflächenstruktur erzeugen, d. h. ohne Vorzugsrichtung, wie beispielsweise Laserbestrahlung, Partikelstrahlen, insbesondere Glaskugelstrahlen oder Sandstrahlen.

- Der Sonotroden­träger kann beispielsweise einen Konverter und/oder einen Booster umfassen. Zusätzlich kann der Sonotroden­träger einen Generator umfassen. Die Sonotrode
- 5 kann an einem freien Ende des (länglichen) Sonotroden­trägers, beispielsweise des Boosters oder des Konverters, befestigt sein, insbesondere derart, dass eine Schwingungsachse, entlang derer der Sonotroden­träger mit Frequenzen im Ultraschallbereich hin- und herbewegbar ist, senkrecht auf den Berührungsflächen steht.
- 10 In bestimmten Ausführungen kann der Sonotroden­träger zusätzlich ein Zwischenstück umfassen, das einerseits am Booster oder Konverter befestigt sein kann und an dem andererseits die Sonotrode befestigt sein kann.

- Unter einem Konverter kann ein elektromechanisches Bauteil verstanden werden, das ausgebildet ist, um eine durch den Generator bereitgestellte hochfrequente elektrische
- 15 Spannung in mechanische Ultraschallschwingungen mit einer entsprechenden Frequenz im Ultraschallbereich, beispielsweise zwischen 20 kHz und 100 kHz, vorzugsweise zwischen 20 kHz und 35 kHz, umzuwandeln.

- Der Booster, auch Übersetzungs- oder Amplitudentransformationsstück genannt, kann ausgebildet sein, um die vom Konverter bereitgestellten Ultraschallschwingungen in ihrer
- 20 Amplitude zu ändern, d. h. die Amplitude zu verkleinern und/oder zu vergrößern, und die derart geänderten Ultraschallschwingungen auf die Sonotrode zu übertragen. Zusätzlich kann der Booster ausgebildet sein, um den Sonotroden­träger in der Ultraschallschweißvorrichtung zu lagern.

- Unter einer Sonotrode kann ein Werkzeug verstanden werden, das durch Einleiten von
- 25 Ultraschallschwingungen in entsprechend hochfrequente Resonanzschwingungen versetzbar ist und ausgebildet ist, um diese Schwingungen auf ein oder mehrere zu schweißende Werkstücke zu übertragen. Beispielsweise kann die Sonotrode, insbesondere wenn sie als zweiarmiger Biegeschwinger ausgeführt ist (siehe weiter unten), bezogen auf ihre Längs- und/oder Querachse symmetrisch ausgeformt sein. Somit kann eine ungleichmäßige
- 30 Beanspruchung der Sonotrode vermieden werden.

- Gemäß einer Ausführungsform kann die Sonotrode über mindestens eine Schraube austauschbar am Sonotrodenträger befestigt sein. Dabei kann die Schraube die Berührungsflächen gegeneinanderdrücken. Dies ermöglicht ein kontrolliertes Zusammenpressen der Berührungsflächen. Zudem kann somit der Austausch der Sonotrode vereinfacht werden. Die
- 5 Sonotrode kann auch über zwei oder mehr als zwei Schrauben austauschbar am Sonotrodenträger befestigt sein.

- Gemäß einer Ausführungsform kann die Schraube in eine Sonotrodenöffnung in der Sonotrode eingeführt sein und die Sonotrodenöffnung kann zumindest teilweise von der Berührungsfläche der Sonotrode umgeben sein. Zusätzlich oder alternativ dazu kann die
- 10 Schraube in eine Sonotrodenöffnungsöffnung im Sonotrodenträger eingeführt sein und die Sonotrodenöffnungsöffnung kann zumindest teilweise von der Berührungsfläche des Sonotrodenträgers umgeben sein. Anders ausgedrückt kann die Schraube quer, insbesondere senkrecht, durch eine oder beide Berührungsflächen gehen. Somit kann der Kraftschluss zwischen den beiden Berührungsflächen verbessert werden.

- 15 Gemäß einer Ausführungsform kann die Sonotrodenöffnung ringförmig und/oder ringsegmentförmig von der Berührungsfläche der Sonotrode umgeben sein. Zusätzlich oder alternativ dazu kann die Sonotrodenöffnungsöffnung ringförmig und/oder ringsegmentförmig von der Berührungsfläche des Sonotrodenträgers umgeben sein. Dies kann die Ausrichtung der Sonotrode gegenüber dem Sonotrodenträger vereinfachen, insbesondere falls die
- 20 Sonotrode über nur eine Schraube am Sonotrodenträger befestigt ist.

- Gemäß einer Ausführungsform kann die Sonotrodenöffnung von mindestens einem ringförmigen und/oder ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitt der Berührungsfläche der Sonotrode umgeben sein. Zusätzlich oder alternativ dazu kann die Sonotrodenöffnungsöffnung von mindestens einem ringförmigen und/oder ringsegmentförmigen aufgerauten
- 25 Abschnitt der Berührungsfläche des Sonotrodenträgers umgeben sein. Somit kann eine ungewollte Verdrehung der Sonotrode relativ zum Sonotrodenträger im Schweißbetrieb effektiv vermieden werden, insbesondere dann, wenn die Sonotrode über nur eine Schraube am Sonotrodenträger befestigt ist.

- Gemäß einer Ausführungsform kann mindestens eine der Berührungsflächen ein
- 30 Streifenmuster aus mehreren streifenförmigen aufgerauten Abschnitten umfassen. Die streifenförmigen Abschnitte können in der gleichen Richtung oder in verschiedenen Richtungen orientiert sein. Es ist zweckmäßig, wenn die streifenförmigen Abschnitte über die gesamte Berührungsfläche verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt sind. Das Streifenmuster kann beispielsweise durch eine Laserbearbeitung der Sonotrode bzw. des

Sonotroden-trägers erzeugt werden. Mit dieser Ausführungsform konnten in Versuchen besonders gute Ergebnisse erzielt werden.

- Gemäß einer Ausführungsform können die aufgerauten Abschnitte des Streifenmusters parallel zueinander angeordnet sein. Dabei können die aufgerauten Abschnitte der gleichen
- 5 Berührungsfläche oder verschiedener Berührungsflächen parallel zueinander angeordnet sein. Zusätzlich kann jeder aufgeraute Abschnitt des Streifenmusters parallel zur Längsrichtung der Sonotrode verlaufen. Auch mit dieser Ausführungsform konnten in Versuchen besonders gute Ergebnisse erzielt werden.

- Gemäß einer Ausführungsform kann ein aufgerauter Abschnitt der zumindest
- 10 abschnittsweise aufgerauten Berührungsfläche eine Rauheit aufweisen, die dadurch charakterisiert ist, dass eine gemittelte Rautiefe R_z des aufgerauten Abschnitts größer als $2,0\text{ }\mu\text{m}$ und/oder ein Mittenrauwert R_a des aufgerauten Abschnitts größer als $0,3\text{ }\mu\text{m}$ ist. Solche Untergrenzen haben sich in Versuchen als besonders praxistauglich erwiesen.

- Gemäß einer Ausführungsform kann die gemittelte Rautiefe R_z kleiner als $14\text{ }\mu\text{m}$ sein.
- 15 Zusätzlich oder alternativ dazu kann der Mittenrauwert R_a kleiner als $3,0\text{ }\mu\text{m}$ sein. Solche Obergrenzen haben sich in Versuchen als besonders praxistauglich erwiesen.

In Versuchen wurden beispielsweise folgende Rauheitswerte gemessen:

- für einen durch Bestrahlen mit Glasperlen aufgerauten Abschnitt der Berührungsfläche: $0,53\text{ }\mu\text{m}$ für R_a ; $3,29\text{ }\mu\text{m}$ für R_z ;
- 20 – für einen durch eine Laserbehandlung aufgerauten Abschnitt der Berührungsfläche: $2,43\text{ }\mu\text{m}$ für R_a ; $13,27\text{ }\mu\text{m}$ für R_z ;
- für einen nicht aufgerauten, d. h. unbehandelten oder lediglich geschliffenen Abschnitt der Berührungsfläche: $0,16\text{ }\mu\text{m}$ für R_a ; $0,90\text{ }\mu\text{m}$ für R_z .

- Gemäß einer Ausführungsform kann die Sonotrode als ein Biegeschwinger, der einen
- 25 Grundkörper und mindestens einen vom Grundkörper abstehenden Biegearm umfasst, ausgeführt sein. Die Sonotrode kann über den Grundkörper austauschbar am Sonotroden-träger befestigt sein und der Grundkörper kann die Berührungsfläche der Sonotrode umfassen. Dies hat die Wirkung, dass die Sonotrode zu Transversalschwingungen angeregt wird, d. h. im schwingenden Zustand schlangelinienförmig elastisch verformt wird. Dabei
- 30 kann die Sonotrode mehrere Stellen aufweisen, auch Nulldurchgänge genannt, an denen ihre Auslenkung bezogen auf eine gedachte Nulllinie null oder vernachlässigbar gering ist. Diese Ausführungsform ermöglicht es, auch schwer zugängliche Werkstücke zu schweißen.

Es ist möglich, dass der Grundkörper den breitesten Teil der Sonotrode darstellt, während der Biegearm zumindest abschnittsweise deutlich schmaler und/oder dünner als der Grundkörper ausgeführt sein kann. Möglich ist auch eine Sonotrode in Form eines stabförmigen Biegeschwingers. Beispielsweise kann sich der Querschnitt des Biegearms mit

5 zunehmendem Abstand vom Grundkörper verjüngen. Somit kann ein freies Ende des Biegearms auch an schwer zugängliche Werkstücke herangefahren werden, ohne dass die Festigkeit des Biegearms maßgeblich beeinträchtigt wird. Damit der Biegearm frei schwingen kann, sollte er den Sonotroden Träger nicht berühren. Anders ausgedrückt ist es möglich, dass die Sonotrode den Sonotroden Träger im schwingenden Zustand, d. h. im

10 Schweißbetrieb, ausschließlich mit ihrem Grundkörper berührt. Im Schweißbetrieb kann der Biegearm mit seinem freien Ende ein zu schweißendes Werkstück berühren.

Beispielsweise kann der Biegeschwinger zwei Biegearme umfassen, die in zueinander entgegengesetzten Richtungen vom Grundkörper abstehen.

Gemäß einer Ausführungsform kann das Bearbeiten der Berührungsfläche der Sonotrode

15 und/oder des Sonotroden Trägers eine Laserbehandlung, eine mechanische Bearbeitung durch Bestrahlen mit einem Strahlmittel oder eine Kombination aus beidem umfassen. Damit kann die Bearbeitung der Sonotrode bzw. des Sonotroden Trägers besonders präzise erfolgen. Durch eine Laserbehandlung kann die betreffende Berührungsfläche beispielsweise an mehreren Stellen mit Laserpulsen punktwise aufgeschmolzen werden. Dabei können sich an

20 den betreffenden Stellen abhängig von den gewählten Laserparametern mikroskopisch kleine Erhebungen bilden, die die Wirkung einer Mikroverzahnung haben können. Beispielsweise kann durch eine Laserbehandlung ein präzises Streifenmuster aus mehreren streifenförmigen aufgerauten Abschnitten erzeugt werden (siehe weiter oben). Denkbar sind aber auch ringförmige und/oder ringsegmentförmige Muster, beispielsweise Muster aus mehreren

25 konzentrischen Ringen und/oder konzentrischen Ringsegmenten. Als Strahlmittel eignen sich beispielsweise Glasperlen oder Sand. Andere Strahlmittel sind ebenfalls möglich.

Es wird darauf hingewiesen, dass mögliche Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung vor- und nachstehend teils mit Bezug auf eine Ultraschallschweißvorrichtung, teils mit Bezug auf ein Verfahren zum Herstellen einer entsprechend angepassten Sonotrode

30 der Ultraschallschweißvorrichtung und teils mit Bezug auf ein Verfahren zum Herstellen eines entsprechend angepassten Sonotroden Trägers der Ultraschallschweißvorrichtung beschrieben werden. Ein Fachmann wird erkennen, dass die für einzelne Ausführungsformen beschriebenen Merkmale in analoger und geeigneter Weise auf andere Ausführungsformen übertragen, angepasst und/oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungs-

35 formen der Erfindung und möglicherweise zu Synergieeffekten zu gelangen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend werden vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen weiter erläutert, wobei weder die Zeichnungen noch die Erläuterungen als die Erfindung in irgendeiner Weise einschränkend auszulegen sind.

- 5 Fig. 1 zeigt eine Ultraschallschweißvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 zeigt einen Sonotroden Träger einer Ultraschallschweißvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in der Draufsicht.

Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht des Sonotroden Trägers.

- 10 Fig. 4 zeigt einen Abschnitt einer einfach verschraubbaren Sonotrode einer Ultraschallschweißvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 5 zeigt einen Abschnitt einer zweifach verschraubbaren Sonotrode einer Ultraschallschweißvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

- 15 Fig. 6 zeigt einen Abschnitt einer zweifach verschraubbaren Sonotrode einer Ultraschallschweißvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den verschiedenen Zeichnungen gleiche bzw. gleichwirkende Merkmale.

Beschreibung vorteilhafter Ausführungsformen

- 20 Fig. 1 zeigt eine Ultraschallschweißvorrichtung 1 umfassend einen Sonotroden Träger 2 und eine Sonotrode 3, die mittels des Sonotroden Trägers 2 in Ultraschallschwingungen versetzbar ist (eine Schwingungsrichtung des Sonotroden Trägers 2 ist mit einem Doppelpfeil markiert). Die Sonotrode 3 ist austauschbar am Sonotroden Träger 2 befestigt, hier über eine Schraube 4 an einem freien Ende des Sonotroden Trägers 2. Die Sonotrode 3 und der Sonotroden Träger 2 weisen jeweils eine Berührungsfläche 5 auf, an der sie sich gegenseitig berühren.
- 25 Über die Schraube 4 können die beiden Berührungsflächen 5 mit einer definierten Klemmkraft gegeneinandergedrückt werden.

Mindestens eine der beiden Berührungsflächen 5 ist zumindest abschnittsweise aufgeraut.
Somit kann der Kraftschluss zwischen den beiden Berührungsflächen 5 verbessert werden.

Der Sonotroden Träger 2 kann einen Konverter 6 zum Umwandeln einer hochfrequenten elektrischen Spannung in mechanische Ultraschallschwingungen und einen Booster 7 zum
5 Übertragen der Ultraschallschwingungen auf die Sonotrode 3 umfassen. Der Booster 7 kann ausgebildet sein, um die Amplitude der Ultraschallschwingungen in geeigneter Weise zu ändern. Die Sonotrode 3 kann dementsprechend an einem freien Ende des Boosters 7 befestigt sein. Möglich ist auch eine Befestigung der Sonotrode 3 am Konverter 6. In diesem Fall kann der Booster 7 entfallen. Zusätzlich kann der Sonotroden Träger 2 einen Generator
10 zum Bereitstellen der elektrischen Spannung umfassen.

In diesem Beispiel ist die Sonotrode 3 als ein Biegeschwinger ausgeführt, der einen Grundkörper 8 und zwei in zueinander entgegengesetzten Richtungen vom Grundkörper 8 abstehende Biegearme 9 umfasst. Möglich ist aber auch eine Sonotrode 3 mit nur einem Biegearm 9. Die Sonotrode 3 ist über den Grundkörper 8 am Sonotroden Träger 2 befestigt
15 und berührt diesen ausschließlich am Grundkörper 8. Die Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 ist somit durch den Grundkörper 8 bereitgestellt.

Zwischen einem freien Ende eines der Biegearme 9 und einem Amboss 10 sind beispielhaft zwei plattenförmige Werkstücke 11 angeordnet, die sich teilweise überlappen. Durch die schwingende Sonotrode 3 können die beiden Werkstücke 11 miteinander verschweißt werden.

20 Entgegen der in Fig. 1 gezeigten Darstellung kann der Amboss 10 alternativ zumindest teilweise durch mindestens eines der Werkstücke 11 selbst gebildet sein.

Wie in Fig. 2 zu sehen, ist es möglich, dass die Berührungsfläche 5 des Sonotroden Trägers 2 eine mittige Sonotroden Trägeröffnung 12 aufweist, in die die Schraube 4 einschraubbar ist. Die Berührungsfläche 5 des Sonotroden Trägers 2 kann die Sonotroden Trägeröffnung 12
25 beispielsweise ringförmig umgeben.

Entsprechend kann die Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 eine Sonotrodenöffnung 13 aufweisen, durch die die Schraube 4 hindurchführbar ist. Die Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 kann die Sonotrodenöffnung 13 ebenfalls ringförmig umgeben (siehe Fig. 4).

Die Berührungsfläche 5 des Sonotroden Trägers 2 kann einen aufgerauten Abschnitt 14
30 umfassen, dessen Rauheit deutlich größer als in der restlichen Berührungsfläche 5 ist.

Beispielsweise kann der aufgeraute Abschnitt 14 eine gemittelte Rautiefe R_z zwischen $2,0\text{ }\mu\text{m}$ und $14\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen.

Zusätzlich oder alternativ dazu kann der aufgeraute Abschnitt 14 beispielsweise einen Mittenrauwert R_a zwischen $0,3\text{ }\mu\text{m}$ und $3,0\text{ }\mu\text{m}$ aufweisen.

- 5 Der aufgeraute Abschnitt 14 kann die Sonotroden­träger­öffnung 12 ähnlich wie die Berührungsfläche 5 ringförmig umgeben. Möglich ist aber auch eine Anordnung aus einem oder mehreren ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitten 14, wie in Fig. 4 am Beispiel der Sonotrode 3 gezeigt. Eine Anordnung aus mehreren konzentrischen ringförmigen und/oder ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitten 14 ist ebenfalls denkbar.
- 10 Der aufgeraute Abschnitt 14 kann oder die aufgerauten Abschnitte 14 können flächenmäßig insgesamt kleiner als die jeweilige Berührungsfläche 5 oder genauso groß wie die jeweilige Berührungsfläche 5 sein, d. h., es kann auch die gesamte Berührungsfläche 5 aufgeraut sein.

Es ist möglich, dass die Berührungsfläche 5 des Sonotroden­trägers 2 durch eine flächige Erhebung 15 an der Stirnseite des Sonotroden­trägers 2 gebildet ist, wie in Fig. 3 gezeigt.

- 15 Somit kann beispielsweise verhindert werden, dass die Biegearme 9 im schwingenden Zustand vom Sonotrodenr  ger 2 berührt werden.

Entgegen den in Fig. 4, Fig. 5 und Fig. 6 gezeigten Ausführungsformen kann alternativ oder zusätzlich die Sonotrode 3, beispielsweise deren Grundkörper 8, mit einer solchen flächigen Erhebung ausgeführt sein.

- 20 Alternativ oder zusätzlich zum Sonotroden­träger 2 kann die Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 zumindest abschnittsweise in entsprechender Weise aufgeraut sein. Fig. 4 zeigt ein Beispiel einer Sonotrode 3 mit vier ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitten 14 innerhalb der Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3.

- Möglich ist auch ein Streifenmuster 16 mit mehreren streifenförmigen aufgerauten Abschnitten 14, wie in Fig. 5 zu sehen. Die Abschnitte 14 des Streifenmusters 16 sind hier beispielhaft parallel zueinander ausgerichtet und über die Breite einer rechteckförmigen Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 verteilt angeordnet. Möglich sind aber auch Streifenmuster 16, deren Abschnitte 14 in verschiedenen Richtungen orientiert sind, beispielsweise in zueinander orthogonalen Richtungen.

Darüber hinaus weist die Berührungsfläche 5 in diesem Beispiel zwei Sonotrodenöffnungen 13 zum Aufnehmen je einer Schraube 4 auf (entsprechend kann auch der Sonotrodenträger 2 zwei Sonotrodenträgeröffnungen 12 aufweisen). Dabei kann mindestens einer der Abschnitte 14 des Streifenmusters 16 zwischen den Sonotrodenöffnungen 13 liegen und/oder es kann mindestens eine der Sonotrodenöffnungen 13 zwischen zwei Abschnitten 14 des Streifenmusters 16 liegen.

Alternativ kann die gesamte Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 aufgeraut sein (siehe Fig. 6).

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorstehend mit Bezug auf die Sonotrode 3 beschriebenen Beispiele für eine aufgeraute Berührungsfläche 5 in entsprechender Weise auf den Sonotrodenträger 2 zutreffen können und umgekehrt.

Bei der Montage kann die Sonotrode 3 mit einem definierten Anzugsmoment am Sonotrodenträger 2 festgeschraubt werden, sodass sich die Berührungsflächen 5 vollständig berühren und im Schweißbetrieb in Berührung bleiben.

Die Berührungsfläche 5 der Sonotrode 3 und/oder des Sonotrodenträgers 2 kann beispielsweise spanabhebend, vorzugsweise durch Schleifen oder Fräsen, hergestellt sein.

Falls die Sonotrode 3, wie es häufig der Fall ist, aus einem härteren Material als der Sonotrodenträger 2 ist, sollte eine reibungserhöhende Struktur, die einen oder mehrere aufgeraute Abschnitte 14 umfasst, an der Sonotrode 3 erzeugt werden. Somit wird das Eindringen der Struktur in den (weiche) Sonotrodenträger 2 vereinfacht. Denkbar ist aber auch der umgekehrte Fall. Durch Austausch der Sonotrode 3, bei der es sich für gewöhnlich um ein Verschleißteil handelt, kann praktischerweise gleichzeitig die Struktur erneuert werden.

Ist der Sonotrodenträger 2 ähnlich hart wie die Sonotrode 3, so kann die Struktur beispielsweise durch eine Laserbehandlung an der Sonotrode 3 erzeugt werden, wodurch die Härte der Sonotrode 3 lokal erhöht wird.

Die Struktur sollte so ausgeführt werden, dass sich ein gleichmäßiges Druckbild an den Berührungsflächen 5 ergibt. Des Weiteren sollte die Struktur so ausgeführt werden, dass die Sonotrode 3 im schwingenden Zustand ausreichend mit der Berührungsfläche 5 des Sonotrodenträgers 2 verbunden bleibt. Eine in diesem Sinn geeignete Struktur kann

beispielsweise durch Strahlen, Lasern und/oder Erodieren einer oder beider Berührungsflächen 5 erzeugt werden.

- Abschließend wird darauf hingewiesen, dass Begriffe wie „aufweisend“, „umfassend“ usw. keine anderen Elemente oder Schritte ausschließen und unbestimmte Artikel wie „ein“ oder „eine“ keine Vielzahl ausschließen. Ferner wird darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Bezug auf eine der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, auch in Kombination mit Merkmalen oder Schritten, die mit Bezug auf andere der vorstehenden Ausführungsformen beschrieben worden sind, verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.
- 5

Liste der Bezugszeichen

	1	Ultraschallschweißvorrichtung
	2	Sonotrodenträger
	3	Sonotrode
5	4	Schraube
	5	Berührungsfläche
	6	Konverter
	7	Booster
	8	Grundkörper
10	9	Biegearm
	10	Amboss
	11	Werkstück
	12	Sonotrodenträgeröffnung
	13	Sonotrodenöffnung
15	14	aufgerauter Abschnitt
	15	flächige Erhebung
	16	Streifenmuster

Ansprüche

1. Ultraschallschweißvorrichtung (1), umfassend:
eine Sonotrode (3); und
einen Sonotrodenträger (2), der ausgebildet ist, um die Sonotrode (3) in
5 Ultraschallschwingungen zu versetzen;
wobei die Sonotrode (3) und der Sonotrodenträger (2) jeweils eine
Berührungsfläche (5) aufweisen und mindestens eine der Berührungsflächen (5)
zumindest abschnittsweise aufgeraut ist;
wobei die Sonotrode (3) derart austauschbar am Sonotrodenträger (2) befestigt ist,
10 dass die Berührungsflächen (5) gegeneinandergedrückt werden.
2. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 1,
wobei die Sonotrode (3) über mindestens eine Schraube (4) austauschbar am
Sonotrodenträger (2) befestigt ist.
3. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 2,
15 wobei die Schraube (4) in eine Sonotrodenöffnung (13) in der Sonotrode (3)
eingeführt ist und die Sonotrodenöffnung (13) zumindest teilweise von der
Berührungsfläche (5) der Sonotrode (3) umgeben ist; und/oder
wobei die Schraube (4) in eine Sonotrodenträgeröffnung (12) im
Sonotrodenträger (2) eingeführt ist und die Sonotrodenträgeröffnung (12) zumindest
20 teilweise von der Berührungsfläche (5) des Sonotrodenträgers (2) umgeben ist.
4. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 3,
wobei die Sonotrodenöffnung (13) ringförmig und/oder ringsegmentförmig von der
Berührungsfläche (5) der Sonotrode (3) umgeben ist; und/oder
wobei die Sonotrodenträgeröffnung (12) ringförmig und/oder ringsegmentförmig von
25 der Berührungsfläche (5) des Sonotrodenträgers (2) umgeben ist.
5. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 3 oder 4,
wobei die Sonotrodenöffnung (13) von mindestens einem ringförmigen und/oder
ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitt (14) der Berührungsfläche (5) der
Sonotrode (3) umgeben ist; und/oder
30 wobei die Sonotrodenträgeröffnung (12) von mindestens einem ringförmigen
und/oder ringsegmentförmigen aufgerauten Abschnitt (14) der Berührungsfläche (5) des
Sonotrodenträgers (2) umgeben ist.

6. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei mindestens eine der Berührungsflächen (5) ein Streifenmuster (16) aus
mehreren streifenförmigen aufgerauten Abschnitten (14) umfasst.
7. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 6,
5 wobei die aufgerauten Abschnitte (14) des Streifenmusters (16) parallel zueinander
angeordnet sind.
8. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei ein aufgerauter Abschnitt (14) der zumindest abschnittsweise aufgerauten
Berührungsfläche (5) eine gemittelte Rautiefe R_z von mindestens 2,0 μm und/oder einen
10 Mittenrauwert R_a von mindestens 0,3 μm aufweist.
9. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach Anspruch 8,
wobei die gemittelte Rautiefe R_z höchstens 14 μm beträgt; und/oder
wobei der Mittenrauwert R_a höchstens 3,0 μm beträgt.
10. Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 wobei die Sonotrode (3) als ein Biegeschwinger, der einen Grundkörper (8) und
mindestens einen vom Grundkörper (8) abstehenden Biegearm (9) umfasst, ausgeführt
ist;
wobei die Sonotrode (3) über den Grundkörper (8) austauschbar am Sonotroden-
träger (2) befestigt ist und der Grundkörper (8) die Berührungsfläche (5) der
20 Sonotrode (3) umfasst.
11. Verfahren zum Herstellen einer Sonotrode (3) für eine Ultraschallschweißvorrichtung (1)
nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren umfasst:
Bereitstellen der Sonotrode (3) in einem zu bearbeitenden Zustand; und
Bearbeiten der Sonotrode (3), um die Berührungsfläche (5) der Sonotrode (3)
25 zumindest abschnittsweise aufzurauen.
12. Verfahren zum Herstellen eines Sonotrodenträgers (2) für eine
Ultraschallschweißvorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei das
Verfahren umfasst:
Bereitstellen des Sonotrodenträgers (2) in einem zu bearbeitenden Zustand; und
30 Bearbeiten des Sonotrodenträgers (2), um die Berührungsfläche (5) des
Sonotrodenträgers (2) zumindest abschnittsweise aufzurauen.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12,
wobei das Bearbeiten eine Laserbehandlung und/oder eine mechanische Bearbeitung
durch Bestrahlen mit einem Strahlmittel umfasst.