



(10) **DE 10 2013 107 637 A1** 2015.01.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 107 637.8**

(22) Anmeldetag: **18.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **22.01.2015**

(51) Int Cl.: **B23K 20/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Schunk Sonosystems GmbH, 35435 Wetztenberg,
DE**

(74) Vertreter:

**Stoffregen, Hans-Herbert, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,
63450 Hanau, DE**

(72) Erfinder:

**Rühl, Sebastian, 35083 Wetter, DE; Strobel, Heiko,
35516 Münzenberg, DE; Tim, Hanika, 35428
Langgöns, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

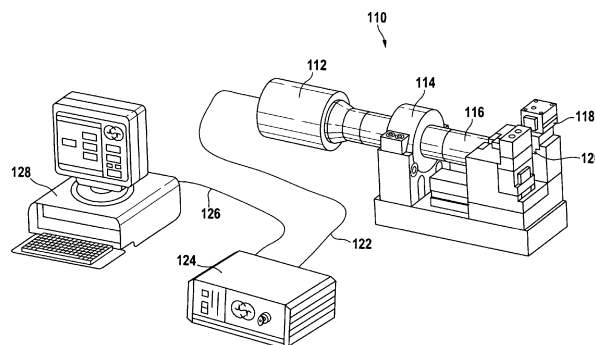
DE	102 29 565	B4
DE	10 2005 048 368	B3
DE	10 2007 026 707	B3
DE	10 2011 014 801	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Knotens durch Schweißen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Knotens durch Schweißen von zumindest einer Einzeldrähte umfassenden ersten Litze mit zumindest einer Einzeldrähte umfassenden zweiten Litze unterschiedlicher Materialien in einem in Höhe und Breite verstellbaren Verdichtungsraum einer Ultraschallschweißvorrichtung, dessen Breite über zumindest einen Seitenschieber und dessen Höhe durch Abstandsveränderung zwischen Sonotrode und Gegenelektrode der Ultraschallschweißvorrichtung eingestellt werden, wobei die zumindest eine erste Litze bei einer höheren spezifischen Energie, einem höheren Druck oder einer größeren Amplitude der Ultraschallschwingung als die zumindest eine zweite Litze geschweißt wird. Um reproduzierbare Schweißergebnisse zu erzielen, insbesondere reproduzierbar die Geometrie und Zug- und Schälffestigkeit des Knotens herstellen zu können, wird vorgeschlagen, dass die zumindest eine erste Litze in den Verdichtungsraum eingelegt und deren Einzeldrähte sodann zu einem Teilknoten verschweißt werden, wobei der Verdichtungsraum auf eine Breite B derart eingestellt wird, dass der Teilknoten den von der Sonotrode oder einen Abschnitt von dieser begrenzten Boden des Verdichtungsraums vollständig abdeckt, anschließend der Verdichtungsraum geöffnet wird, die zumindest eine zweite Litze in den Verdichtungsraum auf den Teilknoten gelegt und sodann nach Schließen des Verdichtungsraums die zumindest eine zweite Litze mit dem Teilknoten verschweißt wird, wobei die Breite des Verdichtungsraums gleich der Breite B ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines Knotens durch Schweißen von zumindest einer Einzeldrähte umfassenden ersten Litze mit zumindest einer Einzeldrähte umfassenden zweiten Litze unterschiedlicher Materialien in einem in Höhe und Breite verstellbaren Verdichtungsraum einer Ultraschallschweißvorrichtung, dessen Breite über zumindest einen Seitenschieber und dessen Höhe durch Abstandsveränderung zwischen Sonotrode und Gegenelektrode der Ultraschallschweißvorrichtung eingestellt werden, wobei die zumindest eine erste Litze bei einer höheren spezifischen Energie oder einem höheren Druck oder einer größeren Amplitude der Ultraschallschwingung als die zumindest eine zweite Litze geschweißt wird.

[0002] Zur Herstellung von Knoten, d. h. Durchgangs- und Endknoten, bestehen bei herkömmlichen Anwendungen die Litzen grundsätzlich aus gleichen Materialgruppen, da anderenfalls reproduzierbare Schweißergebnisse nicht erzielbar sind.

[0003] Werden Litzen, die aus Einzeldrähten bzw. aus Adern aus Aluminium oder Aluminiummaterial bestehen, miteinander oder mit einem massiven Träger verschweißt, so zeigt sich der Nachteil, dass die eingeleitete Schweißenergie dazu führt, dass das Aluminium im einem Umfang fließt, dass ein Anlegieren an der Sonotrodenfläche bzw. an den seitlichen Begrenzungen eines Verdichtungsraums erfolgt, in dem die Litzen verschweißt werden. Um ungeachtet dessen Aluminiumdrähte untereinander und mit einem aus Kupfer bestehendem Träger zu verschweißen, wird nach der DE 10 2007 026 707 B3 eine spezielle Form eines Verdichtungsraums gewählt, der von einer die Geometrie eines offenen Trapezes aufweisenden Schweißfläche einer Sonotrode begrenzt wird.

[0004] Um aus Aluminium und/oder Kupfer bestehende lackierte Drähte mittels Ultraschall zu verbinden, sieht die DE 102 29 565 B4 eine Umhüllende vor, die insbesondere aus einem Kupfermaterial besteht, in die die Drähte eingebracht und sodann mittels Ultraschalleinwirkung verschweißt werden.

[0005] Ein Verfahren zum Herstellen einer Schweißverbindung zwischen elektrischen Leitern nach der DE 10 2005 048 368 B3 zeichnet sich dadurch aus, dass ein erster eigensteifer elektrischer Leiter sukzessiv mit zweiten elektrischen Leitern wie Litzen verschweißt wird. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass der Gesamtquerschnitt der mit dem ersten elektrischen Leiter zu verbindenden zweiten Leiter größer sein kann als der Querschnitt von Litzen, die üblicherweise mit der zum Einsatz gelangenden Ultraschallschweißvorrichtung verschweißt werden können.

[0006] Der vorliegenden Aufgabe liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zuvor beschriebener Art so weiterzubilden, dass Litzen aus einem ersten Material mit Litzen eines zweiten Materials, das deutlich abweichende Schweißseigenschaften von dem des ersten Materials aufweist, derart zu einem Knoten verschweißt werden können, dass reproduzierbare Schweißergebnisse erzielbar sind, insbesondere reproduzierbar die Geometrie und Zug- und Schälfestigkeit des herzustellenden Knotens. Deutlich unterschiedliche Schweißseigenschaften bedeutet, dass die spezifische Energie, der optimale Schweißdruck und/oder die optimale Amplitude zur Erzielung einer ordnungsgemäßen Schweißung stark voneinander abweichen, wie sich aus den Fig. 6 und Fig. 7 ergibt.

[0007] Zur Lösung der Aufgabe sieht die Erfindung im Wesentlichen vor, dass die zumindest eine erste Litze in den Verdichtungsraum eingelegt und deren Einzeldrähte sodann zu einem Teilknoten verschweißt werden, wobei der Verdichtungsraum auf eine Breite B derart eingestellt wird, dass der Teilknoten den von der Sonotrode oder einen Abschnitt von dieser begrenzten Boden des Verdichtungsraums vollständig abdeckt, anschließend der Verdichtungsraum geöffnet wird, die zumindest eine zweite Litze in den Verdichtungsraum auf den Teilknoten gelegt und sodann nach Schließen des Verdichtungsraums die zumindest eine zweite Litze mit dem Teilknoten verschweißt wird, wobei die Breite des Verdichtungsraums gleich der Breite B ist.

[0008] Erfindungsgemäß erfolgt ein zweistufiges Schweißen der aus Einzeldrähten bestehenden Litzen unterschiedlicher Materialien derart, dass in den Verdichtungsraum zunächst aus der oder den ersten Litzen ein Teilknoten geschweißt wird, für den z. B. eine höhere Schweißenergie im Vergleich zu der bzw. den weiteren aus einem anderen Material bestehenden zweiten Litze bzw. Litzen benötigt wird. Zusätzlich ist der Verdichtungsraum derart eingestellt, dass die zur Herstellung des Knotens erforderliche erste Litze bzw. erforderlichen ersten Litzen den Boden des Verdichtungsraums vollständig abdecken, so dass nach dem Schweißen ein Teilknoten zur Verfügung steht, der den Boden bedeckt. Dabei wird der Boden von der Sonotrode bzw. einem Abschnitt von dieser gebildet.

[0009] Nach dem Schweißen des Teilknotens wird der Verdichtungsraum geöffnet, ohne dass dessen Breiteneinstellung verändert wird. Nicht veränderte Breiteneinstellung schließt jedoch nicht aus, dass der Seitenschieber nach Beendigung des ersten Schweißschrittes druckentlastet werden kann, so dass beim Einlegen der zumindest einen zweiten Litze breitenmäßig ein größerer Verdichtungsraum zur Verfügung steht. Dies ist jedoch kein zwingendes Merkmal. Vielmehr kann die Breite des Verdichtungs-

raums bei geöffnetem Verdichtungsraum unverändert bleiben. Mit anderen Worten kann ggfs. der Anpressdruck reduziert werden bzw. der Seitenscheiber drucklos sein, um insbesondere ein problemloses Anheben des Ambosses zum Öffnen des Verdichtungsraums zu ermöglichen.

[0010] Sodann wird bzw. werden die zweite Litze bzw. zweiten Litzen in den geöffneten Verdichtungsraum auf den Teilknoten gelegt, um sodann nach Schließen des Verdichtungsraums entsprechend der benötigten Schweißenergie für die zweite Litze bzw. zweiten Litzen Schweißenergie einzuleiten, um die Einzeldrähte der zweiten Litze bzw. Litzen im erforderlichen Umfang untereinander und mit den Teilknoten zu verschweißen. Bei diesem zweiten Schweißprozessschritt weist entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre der Verdichtungsraum die Breite B auf, auf den der Verdichtungsraum bei dem ersten Schweißprozessschritt eingestellt worden ist.

[0011] Insbesondere ist vorgesehen, dass die Breite des Verdichtungsraums auf die Breite des herzustellenden Knotens eingestellt wird und während der Schweißungen unverändert bleibt.

[0012] Bei Beachtung der diesbezüglichen Maßnahmen hat sich überraschenderweise gezeigt, dass konstante Schweißergebnisse in Bezug z. B. auf Festigkeit oder Geometrie des Knotens erzielbar sind. Auch treten im Vergleich zu Verfahren, bei denen das sukzessive Einlegen in vorbestimmter Reihenfolge der zu schweißenden Litzen nicht erfolgt, Aderdeformationen bzw. Aderbruch im merklichen Umfang nicht auf.

[0013] Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre kann die Verbindungsfläche zwischen dem Teilknoten und der bzw. den zweiten Litze bzw. Litzen eingestellt werden, so dass in gewünschtem Umfang eine Verbindungsfläche zur Verfügung gestellt wird, die den unterschiedlichen Materialien und deren Schweißparametern Rechnung trägt. Insbesondere kann hierdurch die Schweißbreite vergrößert werden.

[0014] Bevorzugterweise besteht die zumindest eine erste Litze aus Kupfer oder einer Kupferlegierung und/oder die zumindest eine zweite Litze aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung.

[0015] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen – für sich und/oder in Kombination –, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung eines der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispiels.

[0016] Es zeigen:

[0017] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Ultraschallschweißanordnung,

[0018] Fig. 2 bis Fig. 5 Prinzipdarstellungen des Verfahrensablaufs zum Schweißen von Knoten,

[0019] Fig. 6 grafische Darstellung des Energieeintrags in Litzen in Abhängigkeit von herzustellendem Knotenquerschnitt sowie Material der Litzen und

[0020] Fig. 7 grafische Darstellung des zum Schweißen benötigten Drucks in Abhängigkeit des herzustellenden Knotenquerschnitts und des Materials der Litze.

[0021] In Fig. 1 ist rein prinzipiell eine Ultraschallschweißanordnung dargestellt, mit der entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre Litzen zu Durchgangs- oder Endknoten verschweißt werden, die aus Materialien mit deutlich unterschiedlichen Schweißeigenschaften bestehen. Deutlich unterschiedliche Schweißeigenschaften bedeuten grundsätzlich, dass die zu schweißenden Materialien bezüglich spezifischer Energie, Druck oder Schweißamplitude der Ultraschallschwingungen sich um mehr als 25 % unterscheiden. Die spezifische Energie ist dabei die pro mm² zu schweißender Litze einzuleitende Energie, um ein ordnungsgemäßes Schweißergebnis zu erzielen. Druck ist dabei die Flächenpressung, die auf die zu schweißende Litze bzw. zu schweißenden Litzen in Richtung der Sonotrode, also deren den Verdichtungsraum begrenzender Fläche einwirkt.

[0022] Die Anordnung umfasst eine Ultraschallschweißvorrichtung **110**, die in gewohnter Weise einen Konverter **112**, ggfs. einen Booster **114** sowie eine Sonotrode **116** umfasst, die insgesamt als Schwinnger bezeichnet werden. Der Sonotrode **116** bzw. einem Abschnitt dieser ist eine mehrteilige Gegenelektrode **118** – auch Amboss genannt – sowie ein Schieber **120** zugeordnet. Eine diesbezügliche Konstruktion wird ausführlich in der DE 37 19 083 C1 beschrieben, auf deren Offenbarung ausdrücklich Bezug genommen wird.

[0023] Die Sonotrode **116** bzw. deren Fläche, die Gegenelektrode **118** sowie der Schieber **120** begrenzen einen Verdichtungsraum **122**, in den die zu verschweißenden aus Einzeldrähten oder Adern bestehenden ersten und zweiten Litzen eingelegt und verschweißt werden.

[0024] Der Konverter **112** ist über eine Leitung **122** mit einem Generator **124** verbunden, der seinerseits über eine Leitung **126** zu einem Rechner **128** führt, über den eine Steuerung der Schweißprozesse erfolgt und in den die Schweißparameter eingegeben bzw. abgespeicherte Werte abgerufen werden können. Insoweit wird auf hinlänglich bekannte Techniken verwiesen.

[0025] Mit einer entsprechenden Ultraschallschweißanordnung und der den Verdichtungsraum **122** umfassenden Ultraschallschweißvorrichtung werden erfindungsgemäß erste und zweite Litzen zu End- oder Durchgangsknoten verschweißt. Der Verfahrensablauf beim Schweißen wird anhand der **Fig. 2** bis **Fig. 5** erläutert, in denen für gleiche Elemente gleiche Bezugszeichen verwendet werden.

[0026] Den **Fig. 2** bis **Fig. 5** ist ein Ausschnitt des Verdichtungsraums **122** mit den diesen begrenzenden Elementen dargestellt. Der Verdichtungsraum **122** wird bodenseitig von einer Fläche **130** der Sonotrode **116** begrenzt, die als Schweißfläche wirkt. Seitlich wird der Verdichtungsraum **122** zum einen durch einen in Richtung des Doppelpfeils **132** verstellbaren Seitenschieber **134** und gegenüberliegend von einer sogenannten Tuschieplatte **136** begrenzt, die Teil der Gegenelektrode **118** bildet. Die Tuschieplatte **136** nimmt ein Querhaupt **138** auf, das entsprechend dem Doppelpfeil **140** verstellbar ist und beim Verdichten bzw. Verschweißen der in dem Verdichtungsraum **122** einbringbaren Litzen gegenüber dem Boden des Verdichtungsraums **122**, also der Fläche **130** der Sonotrode **116** verläuft. Die Tuschieplatte **136** ist entlang des Doppelpfeils **142** verstellbar, um das Querhaupt **138** in Richtung der Sonotrode **118** zu verstellen und somit den erforderlichen Druck auf die zu verschweißenden Litzen zum Kompaktieren und während des Schweißens ausüben zu können.

[0027] In **Fig. 2** ist der Verdichtungsraum **122** geöffnet. In diesen werden zunächst ein oder mehrere erste Litzen **144** eingelegt, die jeweils aus Einzeldrähten zusammengesetzt sind. Dabei ist die Anzahl der Einzeldrähte bzw. deren Volumen derart, dass nach Positionieren des Seitenschiebers **134** auf eine gewünschte Breite **B** der Boden des Verdichtungsraums **122** vollständig von den Einzeldrähten bedeckt ist. Die Einstellung auf die Breite **B** kann vor Einlegen der ersten Litzen oder anschließend erfolgen.

[0028] Bei den ersten Litzen kann es sich um solche aus Kupfer oder Kupferlegierungen oder Materialien mit einem Kupfer-Anteil von zumindest 40 % handeln.

[0029] Nachdem die ersten Litzen in den Verdichtungsraum **122** eingelegt und der Verdichtungsraum **122** auf die Breite **B** eingestellt ist, wird das Querhaupt **138** in der zeichnerischen Darstellung nach links verschoben und abgesenkt, um die ersten Litzen **144** zu kompaktieren und zu einem Teilknoten **146** zu schweißen, wie dies aus der **Fig. 3** erkennbar ist. Dabei wird die Sonotrode **118** in Schwingung mit einer Frequenz vorzugsweise im Bereich von 20 kHz versetzt. Die Amplitude liegt zwischen 15 µm und 35 µm, je nach zu schweißendem Material.

[0030] Zum Schweißen der ersten Litzen wird aus dem Rechner **128** ein Parametersatz mit z. B. Kno-

tenbreite, Energie, Druck, Amplitude oder Differenzmaß oder Schweißmaß oder Zeit je nach gewähltem Schweißmodus abgerufen, der die Materialien der ersten Litzen und die Geometrie des herzustellenden Teilknotens berücksichtigt. Während des Kompaktierens und Schweißens werden Kompaktiermaß, Schweißmaß, Zeitdauer, Druck, Verstellweg (Änderung der Höhe Δh des Verdichtungsraums) überwacht, um nur einige wesentliche Parameter zu nennen.

[0031] Nach Schweißen des Teilknotens **146** wird entsprechend der **Fig. 4** der Verdichtungsraum **122** geöffnet, ohne dass jedoch die eingestellte Breite **B** des Verdichtungsraums **122** verändert wird. Dabei besteht die Möglichkeit, dass der Seitenschieber **134** in der vor dem Schweißen der ersten Litzen **144** vorgegebenen Position verbleibt, oder der Seitenschieber **134** wird durch Druckreduzierung entlastet, um die Vertikalbewegung (Doppelpfeil **142**), d. h. das Verstellen der Tuschieplatte **136** zusammen mit dem Querhaupt **138** zum Öffnen des Verdichtungsraums **122** zu erleichtern. Gleichzeitig wird das Querhaupt **138** in der zeichnerischen Darstellung nach rechts verstellt.

[0032] Sodann werden in den Verdichtungsraum **122** eine Litze oder mehrere zweite Litzen eingelegt, die aus einem Material bestehen, das im Vergleich zu dem Material der ersten Litzen **144** deutlich unterschiedliche Schweißereigenschaften aufweist, d. h., in Bezug auf spezifische Energie, Druck oder Amplitude unterschiedlich sind, wobei davon ausgegangen wird, dass die Abweichung zumindest 25 % beträgt.

[0033] Grundsätzlich wird als Kriterium die zum Schweißen erforderliche spezifische Schweißenergie ausgewählt, wobei zunächst die Litzen zu dem Teilknoten geschweißt werden, die eine höhere spezifische Schweißenergie benötigen. Die spezifische Schweißenergie kann jedoch als Synonym für andere Materialcharakteristika verstanden werden, die ausgewählt werden, um entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre einen Knoten herzustellen, wobei das entsprechende Materialcharakteristikum zwischen den ersten und zweiten Litzen stark voneinander abweicht, wie zuvor erläutert worden ist.

[0034] Nachdem die zweite Litze bzw. Litzen **148** in den Verdichtungsraum eingelegt worden sind und der Verdichtungsraum **122** erneut die Breite **B** aufweist, die beim ersten Schweißprozess, also beim Herstellen des Teilknotens **146** gewählt worden ist, werden entsprechend den Erläuterungen des Verfahrensablaufs nach **Fig. 2** und **Fig. 3** der Verdichtungsraum **122** durch Verstellen des Querhaupts **138** und Absenken der Tuschieplatte **136** verkleinert und die zweiten Litzen **148** werden kompaktiert und deren Einzeldrähte oder Adern untereinander bzw. mit dem Teilknoten **146** verschweißt. Es bildet sich ein

zweiter Teilknoten **158**, der mit dem ersten Teilknoten **146** zur Bildung des Gesamtknotens **160** verschweißt worden ist.

[0035] Erfolgte zum Öffnen des Verdichtungsraums **122** nach Beendigung des ersten Schweißvorganges eine Druckentlastung des Seitenschiebers **134**, so wird vor Durchführung des zweiten Schweißprozesses der Druck, der auf den Seitenschieber **134** einwirkt, zunächst wieder aufgebaut, damit beim zweiten Schweißprozess der Verdichtungsraum **122** erneut die Breite B aufweist.

[0036] Bei den zweiten Litzen **148** handelt es sich insbesondere um Litzen, deren Einzeldrähte aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen bestehen. Die erforderlichen Schweißparameter sind gleichfalls in dem Rechner **128** abgelegt und werden entsprechend abgerufen. Es erfolgt gleichfalls eine Prozessüberwachung beim Kompaktieren und Schweißen, wobei Kompaktiermaß, Schweißmaß, Zeitdauer, ggfs. Differenzmaß und Energie erfasst werden.

[0037] Aufgrund der erfindungsgemäßen Lehre sind im Vergleich zum Stand der Technik konstante Schweißergebnisse erzielbar, die reproduzierbar sind. Eine prozesssichere Herstellung von Knoten, die aus einem Materialmix bestehen, wird erreicht. Der Knotenaufbau ist in seiner Geometrie reproduzierbar.

[0038] Bei dem ersten und zweiten Schweißprozess, also beim Schweißen der zumindest einen ersten Litze und sodann dem Schweißen der zumindest einen zweiten Litze kann eine Prozessüberwachung derart erfolgen, dass der erste und der zweite Prozessschritt unterschiedlich in Bezug auf Toleranzen oder der Überwachung des Schweißablaufs und des Ergebnisses durchgeführt werden kann. Es ist eine individuelle Anpassung möglich, d. h. unterschiedliche Parameter und Toleranzen kommen zum Tragen. Beim Verschweißen der aus Kupfer oder Kupfer enthaltenden zumindest einen ersten Litze kann z. B. die Schweißzeit überwacht werden, nachdem der erforderliche Energieeintrag erfolgt ist. Liegt die Schweißzeit nicht innerhalb vorgegebener Werte, so wird der Schweißprozess als nicht ordnungsgemäß bewertet.

[0039] Beim Schweißen der zumindest einen zweiten Litze aus Aluminium oder Aluminium enthaltend kann das Differenzmaß zu Grunde gelegt werden, d. h. nach Ermittlung des Kompaktiermaßes wird während des Schweißens der Verstellweg, also die Änderung der Höhe des Verdichtungsraums überwacht. Wird der zuvor festgelegte Weg erreicht, wird überprüft, ob die erforderliche Energie eingetragen worden ist. Trifft dies nicht zu, so wird von einer fehlerhaften Schweißung ausgegangen.

[0040] Anhand der **Fig. 6** und **Fig. 7** soll rein prinzipiell verdeutlicht werden, was unter dem Merkmal „stark voneinander abweichender Schweißeigenschaften der zu schweißenden Materialien“ zu verstehen ist. In **Fig. 6** ist die in die zu schweißenden Materialien einzutragende Energie in Abhängigkeit vom Knotenquerschnitt aufgetragen. In der oberen mit dem Bezugszeichen **200** gekennzeichneten Kurve ist der Energieeintrag in aus Kupfer bestehende Litzen dargestellt. Der Energieeintrag in Abhängigkeit vom Knotenquerschnitt ist als spezifische Energie zu bezeichnen. In der Kurve **202** ist der Energieeintrag in aus Aluminium bestehenden Litzen in Abhängigkeit vom Knotenquerschnitt dargestellt. Man erkennt starke Abweichung zwischen der einzutragenden Energie als Funktion des Knotenquerschnitts in Abhängigkeit vom Material, um ordnungsgemäße Schweißergebnisse zu erzielen.

[0041] Knotenquerschnitt ist die Fläche, die senkrecht zur Litzenlängsachse und senkrecht zur Schweißfläche verläuft, die ein Abschnitt der Sonotrode ist, der den Verdichtungsraum bodenseitig begrenzt.

[0042] In **Fig. 7** ist als Materialcharakteristikum der Druck in Abhängigkeit vom herzustellenden Knotenquerschnitt dargestellt, und zwar ebenfalls für die Materialien Kupfer (Kurve **300**) und Aluminium (Kurve **302**). Wird als Materialcharakteristikum zur Auswahl der Reihenfolge des Schweißens entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre der Druck, also die in Richtung der Schweißfläche der Sonotrode beim Schweißen auf die Adern oder Drähtchen der Litzen einwirkende Flächenpressung, in Abhängigkeit vom Knotenquerschnitt ausgewählt, weicht der zum Schweißen erforderliche Druck für Kupfer stark von dem von Aluminium ab. Somit wird zunächst der Teilknoten aus Kupfer oder Kupfer enthaltend und anschließend werden die Litze bzw. die Litzen aus Aluminium oder Aluminium enthaltend geschweißt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007026707 B3 [0003]
- DE 10229565 B4 [0004]
- DE 102005048368 B3 [0005]
- DE 3719083 C1 [0022]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Knotens durch Schweißen von zumindest einer Einzeldrähte umfassenden ersten Litze mit zumindest einer Einzeldrähte umfassenden zweiten Litze unterschiedlicher Materialien in einem in Höhe und Breite verstellbaren Verdichtungsraum einer Ultraschallschweißvorrichtung, dessen Breite über zumindest einen Seitenschieber und dessen Höhe durch Abstandsveränderung zwischen Sonotrode und Gegenelektrode der Ultraschallschweißvorrichtung eingestellt werden, wobei die zumindest eine erste Litze bei einer höheren spezifischen Energie, einem höheren Druck oder einer größeren Amplitude der Ultraschallschwingung als die zumindest eine zweite Litze geschweißt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine erste Litze in den Verdichtungsraum eingelegt und deren Einzeldrähte sodann zu einem Teilknoten verschweißt werden, wobei der Verdichtungsraum auf eine Breite B derart eingestellt wird, dass der Teilknoten den von der Sonotrode oder einen Abschnitt von dieser begrenzten Boden des Verdichtungsraums vollständig abdeckt, anschließend der Verdichtungsraum geöffnet wird, die zumindest eine zweite Litze in den Verdichtungsraum auf den Teilknoten gelegt und sodann nach Schließen des Verdichtungsraums die zumindest eine zweite Litze mit dem Teilknoten verschweißt wird, wobei die Breite des Verdichtungsraums gleich der Breite B ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor oder nach dem Einlegen der zumindest einen ersten Litze in den Verdichtungsraum dessen Breite auf Breite B des herzustellenden Knotens eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Schweißen der zumindest einen ersten Litze zu dem Teilknoten der Seitenschieber druckentlastet wird und vor dem Schweißen der zumindest einen zweiten Litze der Seitenschieber derart druckbeaufschlagt wird, dass der Verdichtungsraum die Breite B aufweist.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Materialien für die zumindest eine erste und die zumindest eine zweite Litze solche ausgewählt werden, dass in Bezug auf das Material der zumindest einen ersten Litze zum Schweißen eines ordnungsgemäßen Teilknotens zumindest 25 % mehr spezifische Energie eingeleitet werden muss als zum ordnungsgemäßen Schweißen der zumindest einen zweiten Litze.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Bewerten eines ordnungsgemäßen Schweißens der zumindest einen ersten Litze ein anderer Prozesspa-

rameter als der zum Überwachen eines ordnungsgemäßen Schweißens der zumindest zweiten Litze überwacht wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Überwachen eines ordnungsgemäßen Schweißens der zumindest einen Litze der erforderliche Energieeintrag nach vorgegebener Schweißzeit überwacht wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Ermittlung eines ordnungsgemäßen Schweißens der zumindest einen zweiten Litze der Energieeintrag in Abhängigkeit von der Höhenänderung des Verdichtungsraums der Gegenelektrode überwacht wird.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material der zumindest einen ersten Litze Kupfer oder ein Kupferlegierung verwendet wird.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Material der zumindest einen zweiten Litze Aluminium oder eine Aluminiumlegierung verwendet wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

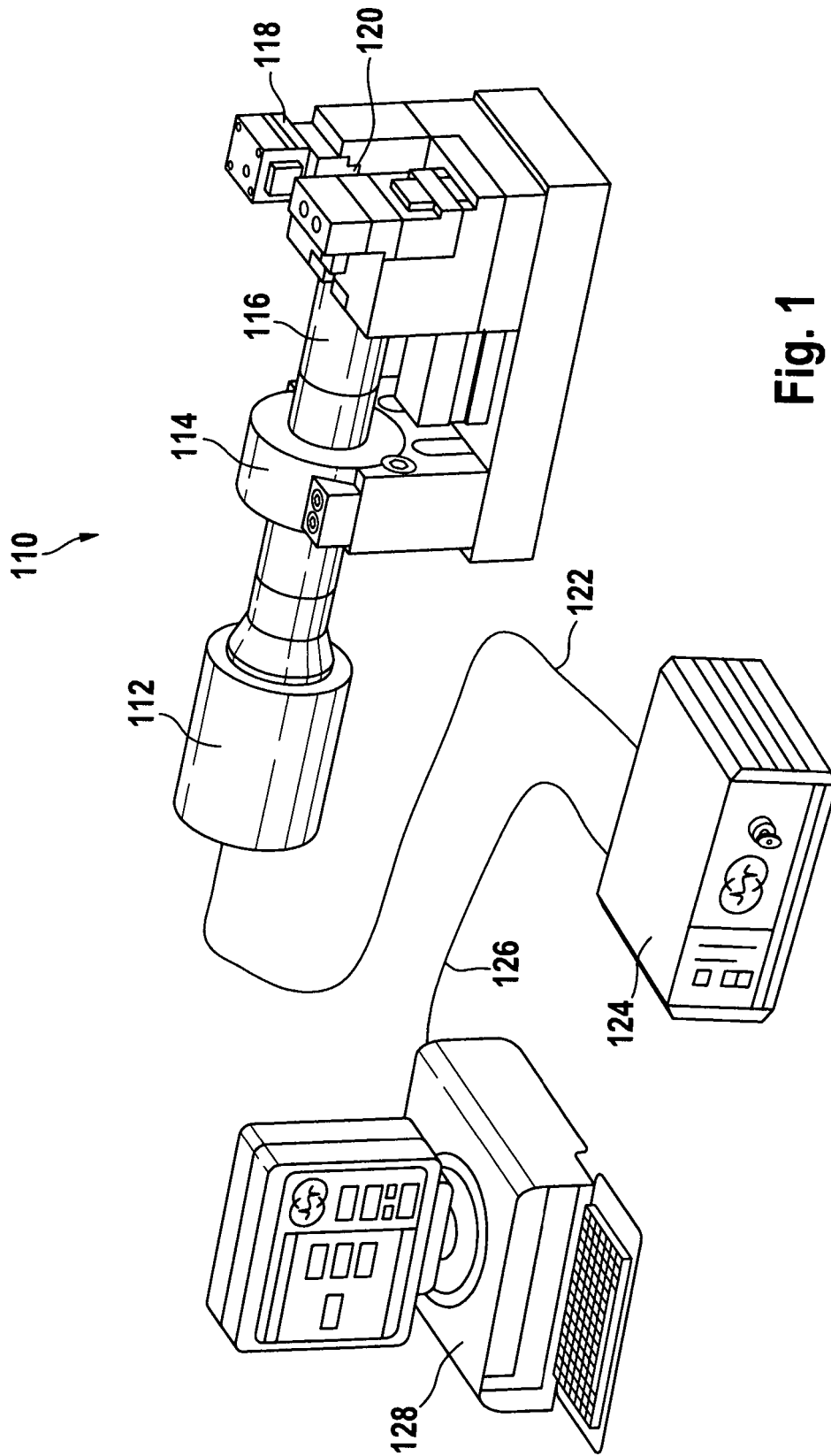


Fig. 1

Fig. 2

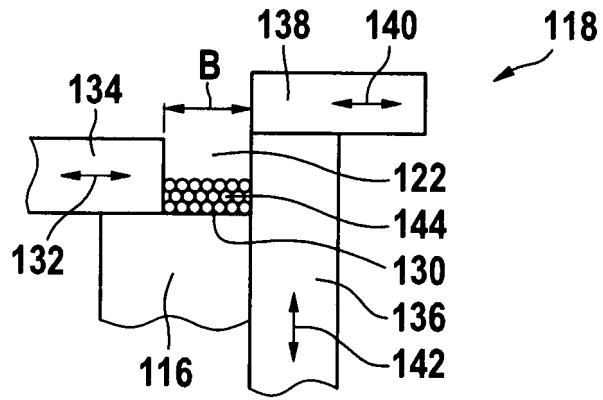


Fig. 3

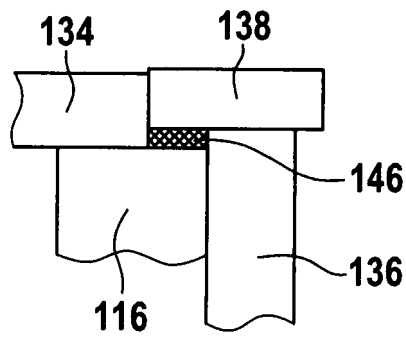


Fig. 4

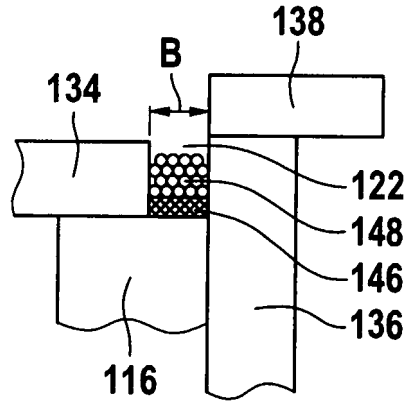
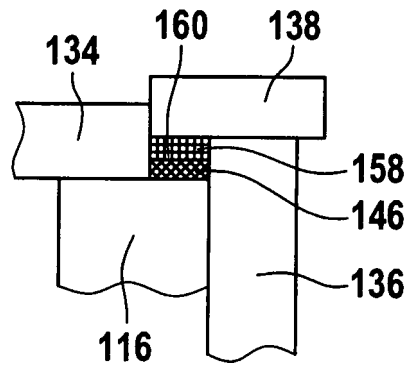


Fig. 5



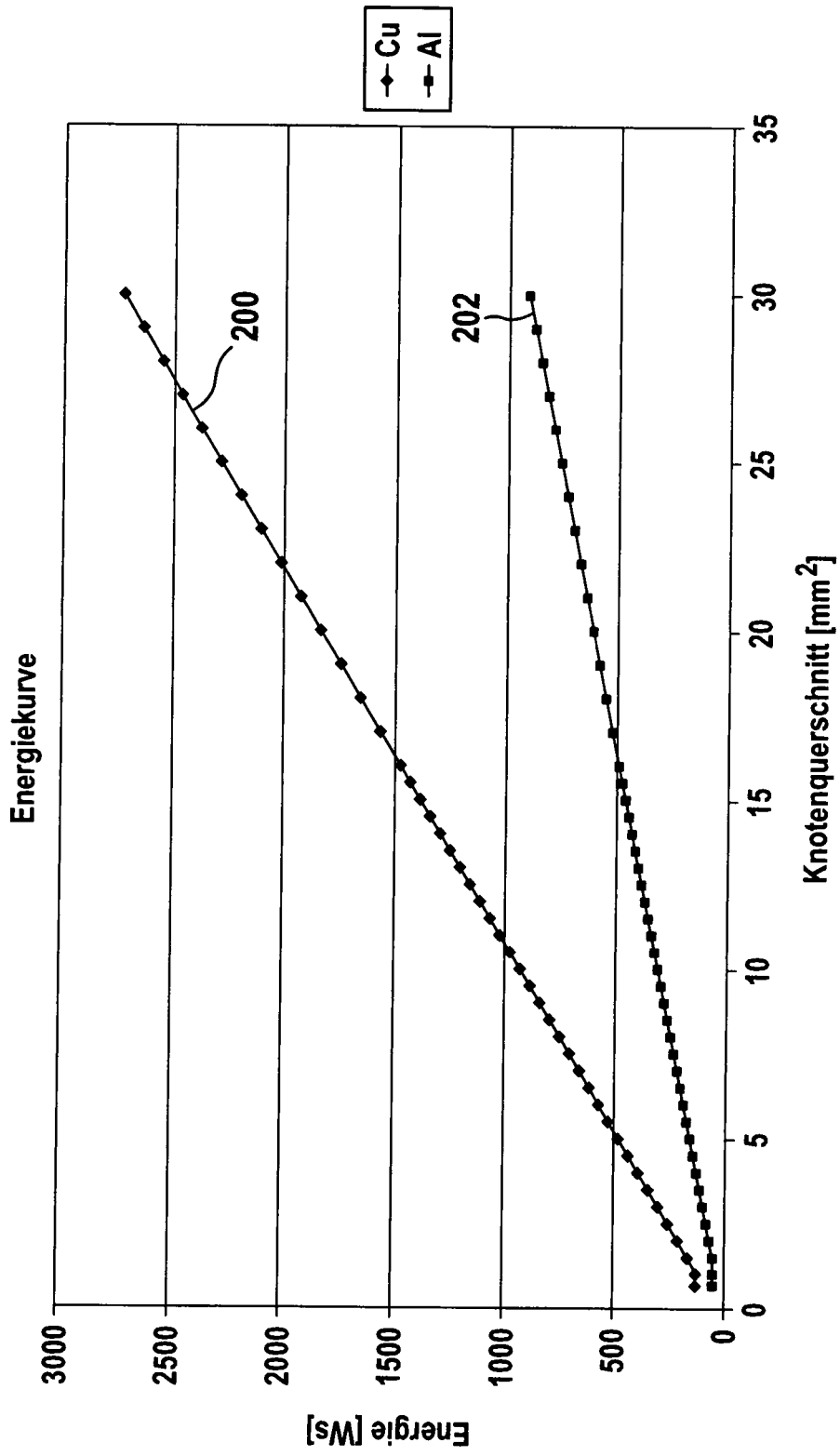


Fig. 6

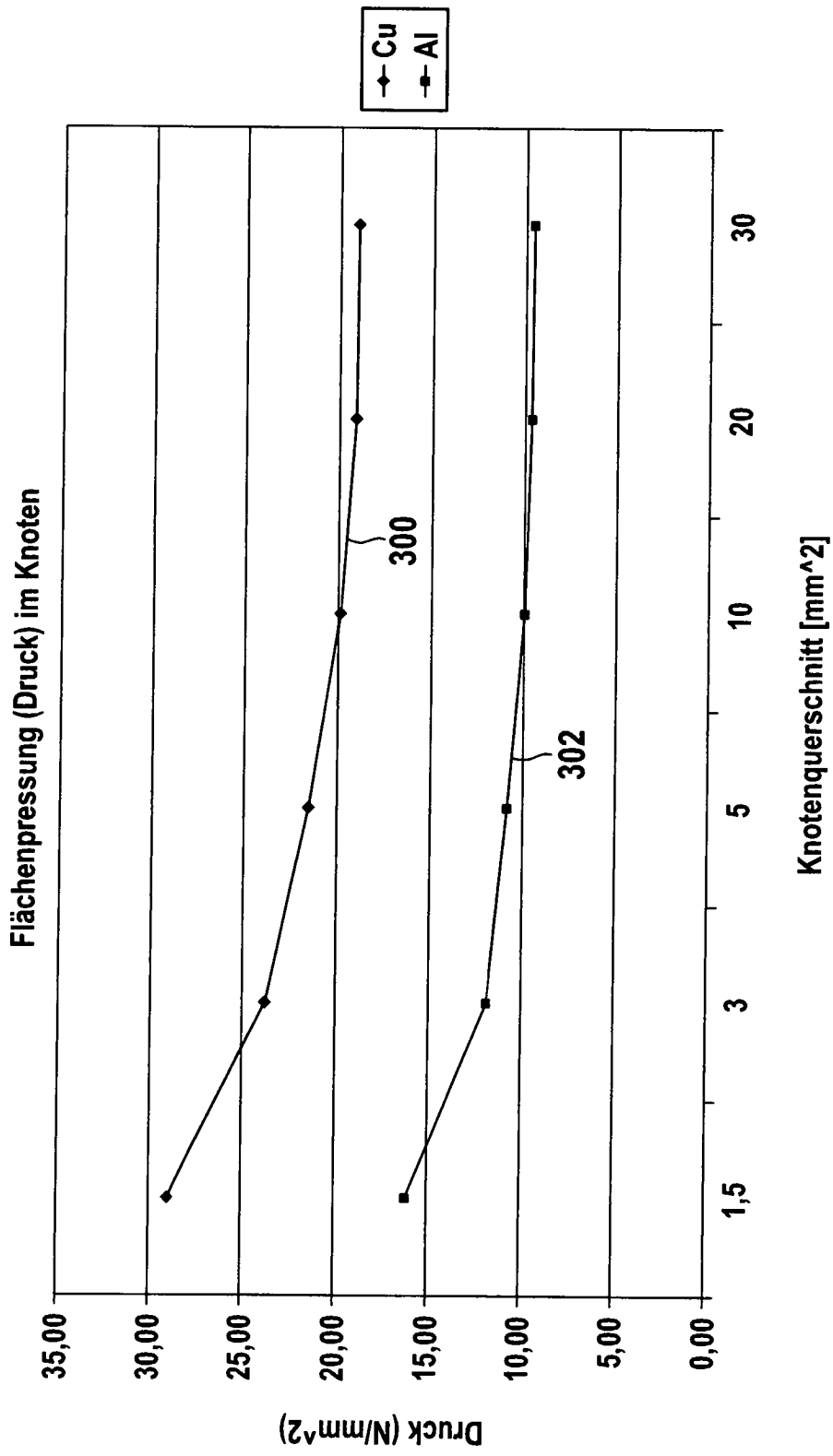


Fig. 7