

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. Mai 2009 (14.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2009/060080 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:  
H01R 43/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/065162

(22) Internationales Anmeldedatum:  
7. November 2008 (07.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2007 053 913.6  
9. November 2007 (09.11.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): SCHUNK SONOSYSTEMS GMBH [DE/DE];  
Hauptstrasse 95, 35435 Wetzlar (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STEINER, Ernst  
[DE/DE]; Goldammerweg 26, 35452 Heuchelheim (DE).

(74) Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert; Friedrich-  
Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,  
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,  
MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,  
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,  
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,  
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts



WO 2009/060080 A2

(54) Title: PROCESS FOR REDUCING ALUMINIUM PICK-UP, AND ULTRASONIC WELDING DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM REDUZIEREN DES ANLEGIERENS VON ALUMINIUM SOWIE ULTRASCHALL-  
SCHWEISSVORRICHTUNG

(57) Abstract: The invention relates to a process for reducing aluminium pick-up and/or adherence during the ultrasonic welding  
of aluminium braids which are welded in a vertically and/or horizontally adjustable compression chamber of an ultrasonic welding  
device. The static tool parts which delimit the compression chamber have working surfaces made from polycrystalline diamond  
(PCD).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Reduzieren des Anlegierens und/oder Anhaftens von  
Aluminium beim Ultraschallverschweißen von aus Aluminium bestehenden Litzen, die in einem in Höhe und/oder Breite verstellbaren  
Verdichtungsraum einer Ultraschallschweißvorrichtung verschweißt werden. Die den Verdichtungsraum begrenzenden statischen  
Werkzeugteile weisen Arbeitsflächen aus polykristallinem Diamant (PKD) auf.

### Verfahren zum Reduzieren des Anlegierens von Aluminium sowie Ultraschallschweißvorrichtung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Reduzieren des Anlegierens und/oder Anhaftens von Aluminium oder Aluminiumlegierung beim Ultraschallverschweißen von aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern bzw. Einzeldrähten aufweisenden Litzen zu einem End- oder Durchgangsknoten untereinander oder mit einem aus Metall bestehenden Träger, wobei zumindest die Litzen in einen in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraum eingebracht werden, der in gegenüberliegenden ersten Begrenzungsflächen von Abschnitten einer Sonotrode und eines Ambosses oder dem auf dem Amboss angeordneten Träger und in verbleibenden gegenüberliegenden zweiten Begrenzungsflächen von statisch wirkenden Werkzeugteilen begrenzt wird. Auch nimmt die Erfindung Bezug auf die Verwendung einer aus polykristallinem Diamant bestehenden oder polykristallinen Diamant enthaltenden Arbeitsfläche einer Seitenbegrenzung eines in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraums einer Ultraschallschweißvorrichtung.

Ferner bezieht sich die Erfindung auf eine Ultraschallschweißvorrichtung, umfassend eine Ultraschallschwingungen übertragende Sonotrode mit einem eine Schweißfläche aufweisenden Sonotrodenkopf, eine der Schweißfläche gegenüberliegende Gegenelektrode sowie seitliche Begrenzungselemente, wobei die Schweißfläche, die Begrenzungselemente sowie mittelbar oder unmittelbar die Gegenelektrode einen in Höhe und/oder Breite veränderbaren Verdichtungsraum begrenzen.

Werden mittels Ultraschall Litzen, die aus Einzeldrähten bzw. Adern aus Aluminium oder Aluminiummaterial bestehen, untereinander oder mit einem massiven Träger verschweißt, so zeigt sich der Nachteil, dass die eingeleitete Schweißenergie dazu führt, dass das Aluminium zu fließen beginnt bzw. in eine so genannte teigige Phase übergeht, so dass ein Anlegieren bzw. ein Anhaften an den Seitenbegrenzungen des die Litzen aufnehmenden Verdichtungsraums erfolgt.

Um dieses Anlegieren bzw. Anhaften zu vermeiden, ist es bereits bekannt, zwischen den Werkzeugen des Verdichtungsraums der Ultraschallschweißvorrichtung und den aus Aluminium bestehenden Litzen Zwischenfolien anzuordnen, die verhindern, dass ein unmittelbarer Kontakt mit den Schweißwerkzeugen erfolgt. Diesbezügliche Maßnahmen sind aufwendig und ermöglichen dem Grunde nach keinen vollautomatischen Schweißablauf bzw. Schweißvorgänge schneller Taktfolge.

Um nach der US-A-3,717,842 Aluminiumdrähte mit einem U-förmigen Träger zu verschweißen, wird zunächst der Träger in bekannter Weise um den Aluminiumdraht gecrimpt, um sodann den Schweißvorgang einzuleiten. Hierbei befindet sich zwischen der Sonotrode und den Drähten der ungecristallisierte Abschnitt des Trägers, so dass gleichfalls kein unmittelbarer Kontakt zwischen den Werkzeugen und den Aluminiumdrähten erfolgt.

Sowohl das Einbringen einer Zwischenfolie als auch das zusätzliche Crimpen stellen verfahrenstechnische Nachteile dar, die insbesondere bei hochautomatisierten Schweißabläufen unerwünscht sind.

Von der Universität Kaiserslautern wurden Untersuchungen zur Vermeidung bzw. Reduzierung des Anhaftens von Aluminium und Aluminiumlegierungen an Sonotroden beim Ultraschallschweißen durchgeführt (AIF-Vorhaben-Nr. 13.285 N/1). Dabei wurde ausschließlich die Sonotrodenkopffläche mittels Magnetron-Sputter-Verfahrens beschichtet. Als Materialien wurden TiN und TiAlN benutzt. Durch das Auftragsverfahren war die Schichtdicke einige  $\mu\text{m}$  dick. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, dass das Anlegieren von Aluminium beim Verschweißen dieses verringert wurde, allerdings nur

während der ersten Schweißungen. So haben Versuche gezeigt, dass bereits nach 100 Schweißungen das unerwünschte Anlegieren wieder auftrat. Ursächlich hierfür dürfte sein, dass aufgrund der geringen Dicke der Titan enthaltenden Nitridschichten Aluminium durch die Schicht hindurch diffundiert, so dass sodann das Anlegieren erfolgen konnte.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zuvor beschriebener Art so weiter zu bilden, dass aus Aluminium bestehende oder Aluminium enthaltende Litzen untereinander oder mit einem massiven Träger verschweißt werden können, ohne dass Zwischenfolien erforderlich sind oder dass ein Massivteil um die Litzen gecrimpt werden muss. Auch soll die Anzahl von Schweißungen der üblicher Schweißprozesse entsprechen, bei denen Aluminium-Materialien nicht verschweißt werden, ohne dass ein Anlegieren bzw. Anhaften an die Begrenzungen des Verdichtungsraums derart auftritt, dass weitere Schweißungen negativ beeinflusst werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe verfahrensgemäß im Wesentlichen dadurch gelöst, dass als statische Werkzeugteile solche verwendet werden, die auf ihrer litzenzugewandten Arbeitsfläche polykristallinen Diamant (PKD) aufweisen.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass dann, wenn die statischen Werkzeugteile, also die Seitenbegrenzung eines in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraums eine Ultraschallschweißvorrichtung mit polykristallinem Diamant belegt sind, ein Anlegieren bzw. Anhaften von Aluminium unterbleibt bzw. derart reduziert wird, dass Schweißprozesse nicht negativ beeinflusst werden, vielmehr Standzeiten der Werkzeuge erzielt werden, die beim Schweißen von Litzen üblicherweise erzielbar sind, die nicht aus Aluminium bestehen.

Ungeachtet der Tatsache, dass im Bereich der Seitenbegrenzung die größte Relativbewegung zwischen den Drähten und der angrenzenden Begrenzung herrscht, wird vermieden, dass das Aluminium, das beim Schweißen zu fließen beginnt und in eine teigige Phase übergeht, an den Seitenbegrenzungen anlegt wird bzw. anhaftet.

Zwar ist es bekannt, Arbeitsflächen von Ultraschallschweißwerkzeugen mit einem Material geringen Ausdehnungskoeffizientens zu versehen, um hohe Standzeiten zu erzielen (EP-B-0 375 704, WO-A-02/43915). Als Materialien für die verschleißmindernde Schicht werden Keramik wie Siliziumnitridkeramik, Siliziumkarbidkeramik, Zirkonoxidkeramik, Aluminiumoxidkeramik, Dispersionskeramik wie Aluminiumoxid/Titankarbid, Hartmetall oder polykristallines Diamantmaterial genannt. Dabei soll das verschleißmindernde Material grundsätzlich auf die stark belasteten Arbeitsflächen der Sonotrode und des Ambosses aufgebracht werden, gleichwenn auch der Hinweis erfolgt, dass auch die Seitenbegrenzungen mit einem entsprechenden Material beschichtet sein können.

Das polykristalline Diamantmaterial ist vorzugsweise als Außenschicht eines Trägers aus Hartmetall ausgebildet, wobei die Schichtdicke des polykristallinen Diamants derart zu wählen ist, dass ein Hindurchdiffundieren von Aluminium ungeachtet der Vielzahl von Schweißungen ausgeschlossen ist. Daher sollte die Schichtdicke insbesondere zumindest 0,1 mm, vorzugsweise zwischen 0,2 mm und 0,7 mm, insbesondere zwischen 0,4 mm und 0,5 mm betragen. Die Dicke des Hartmetallträgers, auf den das PKD aufgebracht bzw. befestigt ist, sollte im Bereich zwischen 0,8 mm und 2,0 mm, vorzugsweise zwischen 1,0 mm und 1,2 mm liegen.

Der polykristalline Diamant ist auf einem Träger aufgebracht, der seinerseits mit dem statischen Werkzeugteilen, d. h. Seitenschieber bzw. Touchierplatte verbunden wird, die den Verdichtungsraum begrenzen, in den die zu verschweißenden Leiter eingebracht werden.

Vorzugsweise sollte die Diamantschicht eine Dicke von zumindest 0,1 mm, insbesondere im Bereich zwischen 0,2 mm und 0,7 mm, und/oder Diamantkörner mit einer durchschnittlichen Diamantkorngröße zwischen 4  $\mu\text{m}$  und 25  $\mu\text{m}$  aufweisen, wobei das Volumen der Diamantkörner bevorzugterweise zwischen 90 Vol.-% und 95 Vol.-% der Schicht beträgt.

Dadurch, dass aufgrund des polykristallinen Diamants ein Anlegieren bzw. Anhaften an den Seitenbegrenzungen des Verdichtungsraums unterbleibt, ist der Energieeintrag zum Verschweißen der Litzen bzw. diese mit einem massiven Träger nur auf das Material Aluminium abzustellen. Insbesondere ist es nicht erforderlich, dass ein höherer Energieeintrag bzw. höhere Drucke beim Verschweißen notwendig werden, die zu beachten wären, wenn ein Anlegieren bzw. Anhaften erfolgen würde. Gleichzeitig ergibt sich durch die Wahl des Materials Aluminium der Vorteil einer Gewichtseinsparung sowie der Verwendung eines kostengünstigeren Materials im Vergleich zu Kupfer.

Die erfindungsgemäße Lehre gilt jedoch auch dann, wenn ein Mischverbund hergestellt werden soll, d. h. Aluminium und Aluminium enthaltende Litzen mit Litzen anderen Materials verschweißt werden.

Zwar besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die verbleibenden Begrenzungsflächen von Sonotrode und Amboss auch mit polykristallinem Diamant zu belegen. Hierdurch würde jedoch insgesamt eine Verteuerung der Werkzeuge erfolgen, ohne dass sich merkliche Vorteile zeigen; denn die Anlegier- bzw. Anhaftenneigung ist im Wesentlichen im Bereich der statischen Werkzeugteile gegeben.

Die Erfindung bezieht sich auch auf die Verwendung einer aus polykristallinem Diamant (PKD) bestehenden oder polykristallinen Diamant enthaltenden Arbeitsfläche einer Seitenbegrenzung eines in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraums einer Ultraschallschweißvorrichtung zur Vermeidung oder Reduzierung des Anlegierens oder Anhaftens von Aluminium oder Aluminiumlegierung beim Verschweißen von in den Verdichtungsraum eingebrachten und im Wesentlichen aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern oder Einzeldrähten bestehenden Litzen. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass die aus den aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern oder Einzeldrähten bestehenden Litzen mit weiteren Litzen verschweißt werden, die aus einem von Aluminium oder Aluminiumlegierung abweichenden Material bestehen. Auch können die Litzen mit einem aus Metall bestehenden Träger verschweißt werden, der in dem Verdichtungsraum angeordnet oder als Begrenzung des Verdichtungsraums verwendet wird.

Ferner nimmt die Erfindung Bezug auf eine Ultraschallschweißvorrichtung zur Durchführung des zuvor genannten Verfahrens, umfassend eine Ultraschallschwingungen übertragende Sonotrode mit einem eine Schweißfläche aufweisenden Sonotrodenkopf, eine der Schweißfläche gegenüberliegende Gegenelektrode sowie seitliche Begrenzungselemente, wobei die Schweißfläche, die Begrenzungselemente sowie mittelbar oder unmittelbar die Gegenelektrode einen in Höhe und/oder Breite veränderbaren Verdichtungsraum begrenzen, und die sich dadurch auszeichnet, dass die Schweißfläche der Sonotrode einen Verlauf eines gleichschenkligen offenen Trapezes mit Bodenfläche und von Seitenschenkeln ausgehenden Seitenflächen aufweist, dass die Bodenfläche und die jeweilige Seitenfläche einen Winkel  $\alpha$  mit  $100^\circ \leq \alpha \leq 145^\circ$  einschließt und dass die Begrenzungselemente in ihrer den Verdichtungsraum begrenzenden Fläche aus polykristallinem Diamant besteht oder diesen enthält.

Zwar ist es bekannt, Sonotroden mit Schweißflächen zu verwenden, die die Geometrie eines gleichschenkligen offenen Trapezes aufweisen (DE-U-20 2004 010 775). Allerdings wird die Geometrie dazu benutzt, um beim Verschweißen von Litzen mit Trägern U-förmiger Geometrie zu verhindern, dass Querkräfte in einem Umfang auftreten, dass die Seitenschenkel des Trägers auseinander gebogen werden. Gleichzeitig soll ein größeres Füllvolumen für die mit dem Träger zu verschweißenden Leitern zur Verfügung gestellt werden. Demgegenüber wird erfindungsgemäß eine entsprechende Schweißfläche einer Sonotrode dazu benutzt, damit zusätzlich neben der Belegung der Seitenbegrenzungsflächen des Verdichtungsraums mit PKD unterstützend erreicht wird, dass ein Anlegieren von Aluminium beim Verschweißen von Aluminium enthaltenen Materialien unterbleibt bzw. derart reduziert wird, dass Schweißungen nicht negativ beeinflusst werden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass die den Verdichtungsraum seitlich begrenzende Fläche des Begrenzungselements Außenfläche einer aus polykristallinem Diamant bestehenden Schicht einer Dicke  $d$  mit  $d \geq 0,1$  mm, insbesondere mit  $0,2$  mm  $\leq d \leq 0,7$  mm ist, die von einem Träger ausgeht, der mit dem Begrenzungselement insbesondere durch Hartlötten verbunden ist. Die Schicht ist auf dem Träger aufgebracht.

Durch die spezielle Ausbildung der Arbeitsfläche, das heißt Schweißfläche der Sonotrode, wird der Vorteil erzielt, dass die beim Verdichten und Verschweißen der Litzen auftretende Gesamtquerkräfte in erheblichem Umfang von den die Schweißfläche der Sonotrode begrenzenden Seitenflächen aufgenommen werden, so dass zusätzlich ein Anlegieren bzw. Anhaften von Aluminium an den Seitenbegrenzungsflächen des Verdichtungsraums unterbunden wird.

Dabei sind als bevorzugte Dimensionierungen anzugeben, dass der Sonotrodenkopf eine Breite B aufweist und die Seitenschenkel über der Bodenfläche mit einer Höhe T vorstehen mit  $0,1 B \leq T \leq 0,3 B$ .

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 von der Zeichnung zu entnehmenden bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Ultraschallschweißanlage,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung eines Verdichtungsraums und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform eines Verdichtungsraums.

In Fig. 1 ist rein prinzipiell eine Ultraschallschweißanlage dargestellt, in der aus Aluminium bestehende oder Aluminium enthaltende Litzen, das heißt deren feine Drähte oder Adern, untereinander zu einem End- oder Durchgangsknoten oder mit einem massiven Träger wie Stanz- oder Biegeteil, z. B. einer U-Form, verschweißt werden.

In bekannter Weise umfasst die Anlage eine Ultraschallschweißvorrichtung oder -maschine 10, die einen Konverter 12, gegebenenfalls einen Booster 14 sowie eine Sonotrode 16 aufweist. Der Sonotrode 16, das heißt deren Kopf und damit dessen Schweißfläche sind eine Gegenelektrode 20 – auch Amboss genannt – sowie Seitenschieber 21, 23 zugeordnet, um einen Verdichtungsraum zu umgeben, der in Fig. 2 rein prinzipiell in vergrößerter Darstellung wiedergegeben ist.

Sollen nach der Fig. 2 in dem Verdichtungsraum 30 aus Aluminium bestehende oder Aluminium enthaltende Litzen, die aus einzelnen dünnen Drähten oder Äderchen 32, 34 bestehen, mittels Ultraschall verschweißt werden, so werden diese in den Verdichtungsraum 30 gelegt, der von einer Arbeitsfläche 38 der Sonotrode 36, einer Arbeitsfläche 40 der gegenüberliegenden und entlang des Doppelpfeils 42 verschiebbaren Gegenelektrode (Amboss 44) sowie Arbeitsflächen 46, 48 begrenzt wird, die von einem den Amboss 44 aufnehmenden Träger 50 – auch Säule genannt – bzw. eine auf diesem angeordnete Touchierplatte 51 sowie einem Seitenschieber 52 ausgehen. Dabei zeigt die Praxis, dass ein Anlegieren der Litzen, das heißt deren dünnen Drähte und Äderchen 32, 34 an den Arbeitsflächen 46, 48 der Seitenbegrenzungen des Verdichtungsraums 30 erfolgt, also den statischen Werkzeugteilen, die den Verdichtungsraum 30 begrenzen. Ursächlich hierfür dürfte sein, dass im Bereich der Seitenbegrenzungen die größte Relativbewegung zwischen den Litzen und den Werkzeugteilen erfolgt, so dass das zu fließen beginnende bzw. in eine teigige Phase übergehende Aluminium an der Arbeitsfläche anlegiert bzw. anhaftet, so dass ordnungsgemäße Schweißungen nicht durchführbar sind.

Nach dem Stand der Technik werden daher die Litzen von einer Folie umgeben, um einen unmittelbaren Kontakt zwischen den Äderchen 32, 34 und den Arbeitsflächen 38, 40, 46, 48 auszuschließen.

Erfindungsgemäß ist demgegenüber vorgesehen, dass die Arbeitsflächen 46, 48 litzenseitig mit polykristallinem Diamant (PKD) belegt sind, wobei das PKD jeweils eine Schicht 54, 56 bildet, die äußere Schicht eines Trägers 58, 60 insbesondere aus Hartmetall ist, der vorzugsweise durch Hartlöten auf das eigentliche Werkzeugteil, das heißt

den Seitenschieber 52 bzw. die Touchierplatte 51 hart aufgelötet ist. Die Schicht 54, 56 und der Träger 58, 60 bilden eine Einheit, die sodann auf die statischen Werkzeugeile 21, 23, 51, 52, 68, 70 aufgelötet wird.

Die Schicht 54, 56 sollte eine Mindestdicke von 0,1 mm, bevorzugterweise eine Dicke zwischen 0,2 mm und 0,7 mm aufweisen. Der Volumenanteil der Diamantkörner sollte zwischen 90 Vol.-% und 95 Vol.-% und/oder die Korngröße der Diamantkörner im Bereich zwischen 4  $\mu\text{m}$  und 25  $\mu\text{m}$  liegen, wobei ein bevorzugter Bereich zwischen 4  $\mu\text{m}$  und 7  $\mu\text{m}$  zu nennen ist.

Dadurch, dass die aus Aluminium bestehenden oder Aluminium enthaltenden Drähte bzw. Äderchen 32, 34 beim Schweißen im Bereich der statischen Werkzeugeile ausschließlich mit polykristallinem Diamant in Kontakt gelangen, wird überraschenderweise ein Anlegieren bzw. Anhaften des beim Schweißen teigigen bzw. fließenden Aluminiums vermieden, so dass reproduzierbare Schweißungen hoher Güte erzielbar sind, wie dies beim Verschweißen von Kupferlitzen bekannt ist.

Die erfindungsgemäße Lehre ist selbstverständlich nicht auf das Verschweißen von aus Aluminium bestehenden oder Aluminium enthaltenden Litzen untereinander beschränkt. Vielmehr ist die erfindungsgemäße Ausbildung der Arbeitsflächen 46, 48 der Seitenbegrenzungen in Form eines PKD-Belags auch dann anzuwenden, wenn Mischverbindungen hergestellt werden sollen, also z. B. aus Aluminium bestehende Litzen mit solchen z. B. aus Kupfer verschweißt werden oder eine Schweißverbindung zwischen einem massiven Träger z. B. aus Kupfer oder Aluminium oder einer Legierung von diesem mit insbesondere aus Aluminium bestehenden Litzen hergestellt werden soll.

Die Dicke der PKD-Schicht 54 bzw. 56 sollte im Bereich zwischen 0,2 mm und 0,7 mm, insbesondere im Bereich zwischen 0,4 mm und 0,5 mm liegen. Um ein Verschweißen des Trägers 58, 60 mit dem Schieber 52 bzw. der Säule 50 durchführen zu können, ohne dass Verwerfungen auftreten, sollte die Dicke des Trägers 58, 60 im Bereich zwischen 0,8 mm und 2,0 mm, insbesondere etwa 1,2 mm bis 1,0 mm liegen. Dabei wird die Verbindung zwischen dem die Schicht 54, 56 aufweisenden Träger 58,

60 und der Touchierplatte 51 bzw. den Seitenschieber 52 insbesondere mittels Hartlötungen durchgeführt.

Der Fig. 3 ist eine Prinzipdarstellung eines Ausschnitts einer Ultraschallschweißvorrichtung zu entnehmen, mit der ein massiver Träger 61, der z. B. aus Kupfer bestehen kann, mit Litzen verschweißt wird, die aus Aluminium bzw. einer Aluminiumlegierung bestehen. Dargestellt sind einzelne Adern bzw. Drähte 62, 64. Der Träger 61 bildet im Ausführungsbeispiel untere Begrenzungsfläche eines Verdichtungsraums 66, der seitlich von Schiebern 68, 70 und einer Arbeits- oder Schweißfläche 72 einer Sonotrode 74 in bekannter Weise begrenzt wird. Der Träger 61 selbst ist auf einem Amboss 76 positioniert.

Entsprechend der erfindungsgemäßen Lehre weisen die Seitenschieber 68, 70 in ihrer dem Verdichtungsraum 66 zugewandten Begrenzungsfläche einen Belag 78, 80 oder Schicht aus polykristallinem Diamant (PKD) auf, der von einem Träger 82, 84 ausgeht, der seinerseits mit dem Seitenschieber 68 bzw. 70 insbesondere durch Hartlötungen verbunden ist.

Um eine eindeutige Positionierung des Trägers 61 zu ermöglichen, können die Seitenschieber 68, 70 ambossseitig Ausklinkungen bzw. Ausschnitte 86, 88 aufweisen, innerhalb der die Längsränder des Trägers 61 verlaufen.

Aus der zeichnerischen Darstellung ergibt sich des Weiteren, dass die Arbeitsfläche 72 der Sonotrode 74 die Geometrie eines offenen Trapezes hat. Dabei bildet der kurze Basisschenkel die Bodenfläche 88. Die Bodenfläche 88 wird von Seitenschenkeln 90, 92 begrenzt, wobei die Innenflächen 94, 96 der Schenkel 88, 90 zur Bodenfläche 88 jeweils einen Winkel zwischen  $100^\circ$  und  $145^\circ$  beschreiben sollte. Durch die Geometrie der Schweißfläche 72, also die eines offenen Trapezes ergibt sich der Vorteil, dass die beim Schweißen auftretenden Gesamtquerkräfte von den Schenkeln 90, 92 der Arbeitsfläche 72 aufgenommen werden, wodurch zusätzlich die Neigung eines Anlegierens bzw. Anhaftens von Aluminium an den Seitenbegrenzungen des Verdichtungsraums 66 reduziert wird.

Des Weiteren sollte die Dimensionierung der Seitenschenkel 88, 90 zu dem Sonotrodenkopf derart aufeinander abgestimmt sein, dass die Höhe T der Schenkel 88, 90 beträgt  $0,1 B \leq T \leq 0,3 B$  mit  $B =$  Breite des Sonotrodenkopfes, der zwischen 1,0 mm und 25,0 mm liegen kann, ohne dass hierdurch die erfindungsgemäße Lehre eingeschränkt wird. T bedeutet die Höhe über der Bodenfläche 88.

## Patentansprüche

### Verfahren zum Reduzieren des Anlegierens von Aluminium sowie Ultraschallschweißvorrichtung

1. Verfahren zum Reduzieren des Anlegierens und/oder Anhaftens von Aluminium oder Aluminiumlegierung beim Ultraschallverscheißen von aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern bzw. Einzeldrähten (32, 34) aufweisenden Litzen zu einem End- oder Durchgangsknoten untereinander oder mit einem aus Metall bestehenden Träger, wobei zumindest die Litzen in einen in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraum (30) eingebracht werden, der in gegenüberliegenden ersten Begrenzungsflächen von Abschnitten einer Sonotrode (16, 36, 74) und eines Ambosses (20, 44, 76) oder dem auf dem Amboss angeordneten Träger (61) und in verbleibenden gegenüberliegenden zweiten Begrenzungsflächen (46, 48) von statisch wirkenden Werkzeugteilen (21, 23, 51, 52, 68, 70) begrenzt wird,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als statische Werkzeugteile (21, 23, 51, 52, 68, 70) solche verwendet werden, die auf ihrer litzenzugewandten Arbeitsfläche polykristallinen Diamant (PKD) aufweisen.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass neben den im Wesentlichen aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern bzw. Einzeldrähten aufweisenden ersten Litzen (32, 34) zweite Litzen aus einem anderen Material verschweißt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der polykristalline Diamant obere Schicht eines Metallträgers (58, 60) ist,  
der auf das statische Werkzeugteil (51, 52) befestigt wie hart aufgelötet wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der polykristalline Diamant eine Schicht einer Dicke  $d$  mit  $d \geq 0,1$  mm, insbesondere  $0,2 \text{ mm} \leq d \leq 0,7 \text{ mm}$  auf dem Träger bildet, der seinerseits vorzugsweise eine Dicke  $D$  mit  $0,8 \text{ mm} \leq D \leq 2,0 \text{ mm}$  aufweist.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aus polykristallinem Diamant bestehende Schicht mit einer Dicke  $d$  mit  $d \geq 0,1$  mm, insbesondere  $0,2 \text{ mm} \leq d \leq 0,7 \text{ mm}$  verwendet wird.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als die Schicht eine mit einer Dicke  $d$  verwendet wird, die ein Hindurchdiffundieren von Aluminium verhindert.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als die Schicht aus polykristallinem Diamant eine solche mit Diamantkörnern mit einer durchschnittlichen Diamantkorngröße zwischen  $4 \mu\text{m}$  und  $25 \mu\text{m}$ , insbesondere zwischen  $4 \mu\text{m}$  und  $7 \mu\text{m}$  verwendet wird.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Schicht aus polykristallinem Diamant eine solche mit Diamantkörnern zwischen 90 Vol.-% und 95 Vol.-% verwendet wird.

9. Verwendung einer aus polykristallinem Diamant (PKD) bestehenden oder polykristallinen Diamant enthaltenden Arbeitsfläche einer Seitenbegrenzung (51, 52) eines in Höhe und/oder Breite verstellbaren Verdichtungsraums (30) einer Ultraschallschweißvorrichtung (10) zur Vermeidung oder Reduzierung des Anlegierens oder Anhaftens von Aluminium oder Aluminiumlegierung beim Verschweißen von in den Verdichtungsraum eingebrachten und im Wesentlichen aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern oder Einzeldrähten bestehenden Litzen (32, 34).
10. Verwendung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aus den aus Aluminium oder Aluminiumlegierung bestehenden Adern oder Einzeldrähten bestehenden Litzen (32, 34) mit weiteren Litzen verschweißt werden, die aus einem von Aluminium oder Aluminiumlegierung abweichenden Material bestehen.
11. Verwendung nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aus Aluminium bestehenden oder Aluminium enthaltenden Litzen (32, 34) mit einem aus Metall bestehenden Träger (61) verschweißt werden, der in dem Verdichtungsraum angeordnet oder als Begrenzung des Verdichtungsraums verwendet wird.
12. Ultraschallschweißvorrichtung (10) zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend eine Ultraschallschwingungen übertragende Sonotrode (16, 36, 74) mit einem eine Schweißfläche (72) aufweisenden Sonotrodenkopf, eine der Schweißfläche gegenüberliegende Gegenelektrode (76) sowie seitliche Begrenzungselemente (68, 70), wobei die Schweißfläche, die Begrenzungselemente sowie mittelbar oder unmittelbar die Gegenelektrode einen in Höhe und/oder Breite veränderbaren Verdichtungsraum (66) begrenzen,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die Schweißfläche (72) der Sonotrode (74) einen Verlauf eines gleichschenkligen offenen Trapezes mit Bodenfläche (88) und von Seitenschenkeln (90, 92) ausgehenden Seitenflächen aufweist, dass die Bodenfläche und die jeweilige Seitenfläche einen Winkel  $\alpha$  mit  $100^\circ \leq \alpha \leq 145^\circ$  einschließt und dass die Begrenzungselemente (68, 70) in ihrer den Verdichtungsraum (66) begrenzenden Fläche aus polykristallinem Diamant besteht oder diesen enthält.

13. Ultraschallschweißvorrichtung nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die den Verdichtungsraum (66) seitlich begrenzende Fläche des Begrenzungselements (68, 70) Außenfläche einer aus polykristallinem Diamant bestehenden Schicht einer Dicke  $d$  mit  $d \geq 0,1$  mm, insbesondere  $0,2 \text{ mm} \leq d \leq 0,7$  mm ist, die von einem Träger (86, 88) ausgeht, der mit dem Begrenzungselement (68, 70) insbesondere durch Hartlötten verbunden ist.
14. Ultraschallschweißvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Sonotrode (74) in ihrem die Schweißfläche (72) aufweisendem Bereich eine Breite  $B$  aufweist und dass die die Bodenfläche (88) der Schweißfläche begrenzenden Seitenschenkel (90, 92) mit einer Höhe  $T$  über der Bodenfläche vorstehen, wobei  $0,1 B \leq T \leq 0,30 B$  ist.
15. Ultraschallschweißvorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 12 bis 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die aus polykristallinem Diamant bestehende Schicht (54, 56, 78, 80) Diamantkörner mit einer durchschnittlichen Diamantkorngröße zwischen  $4 \mu\text{m}$  und  $25 \mu\text{m}$ , insbesondere zwischen  $4 \mu\text{m}$  und  $7 \mu\text{m}$  aufweist.

16. Ultraschallschweißvorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen der Diamantkörner in der aus polykristallinem Diamant bestehenden Schicht (54, 56, 78, 80) zwischen 90 Vol.-% und 95 Vol.-% beträgt.

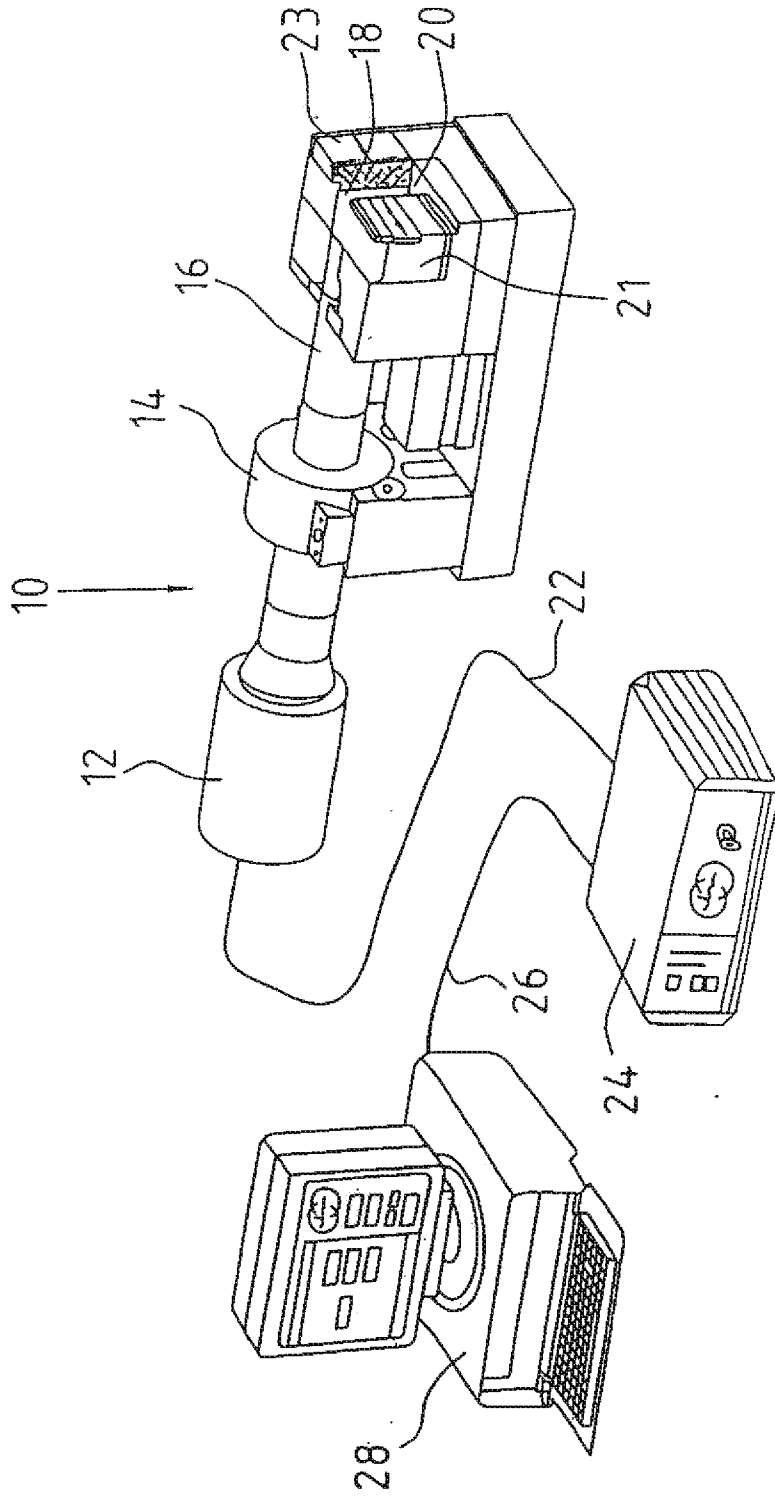


Fig.1

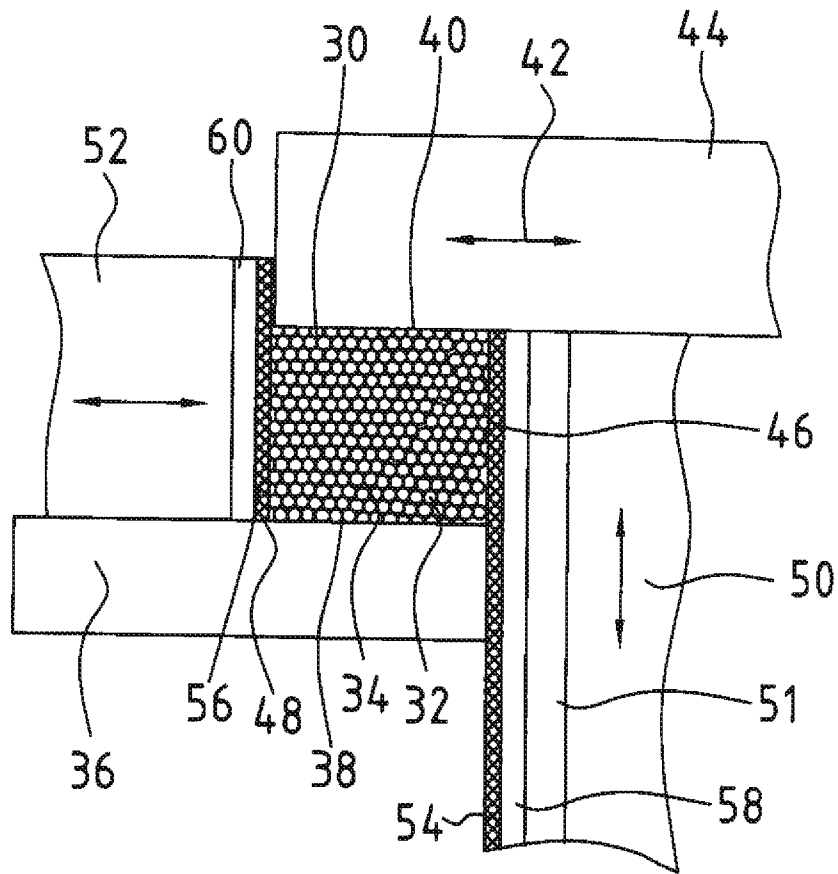


Fig.2

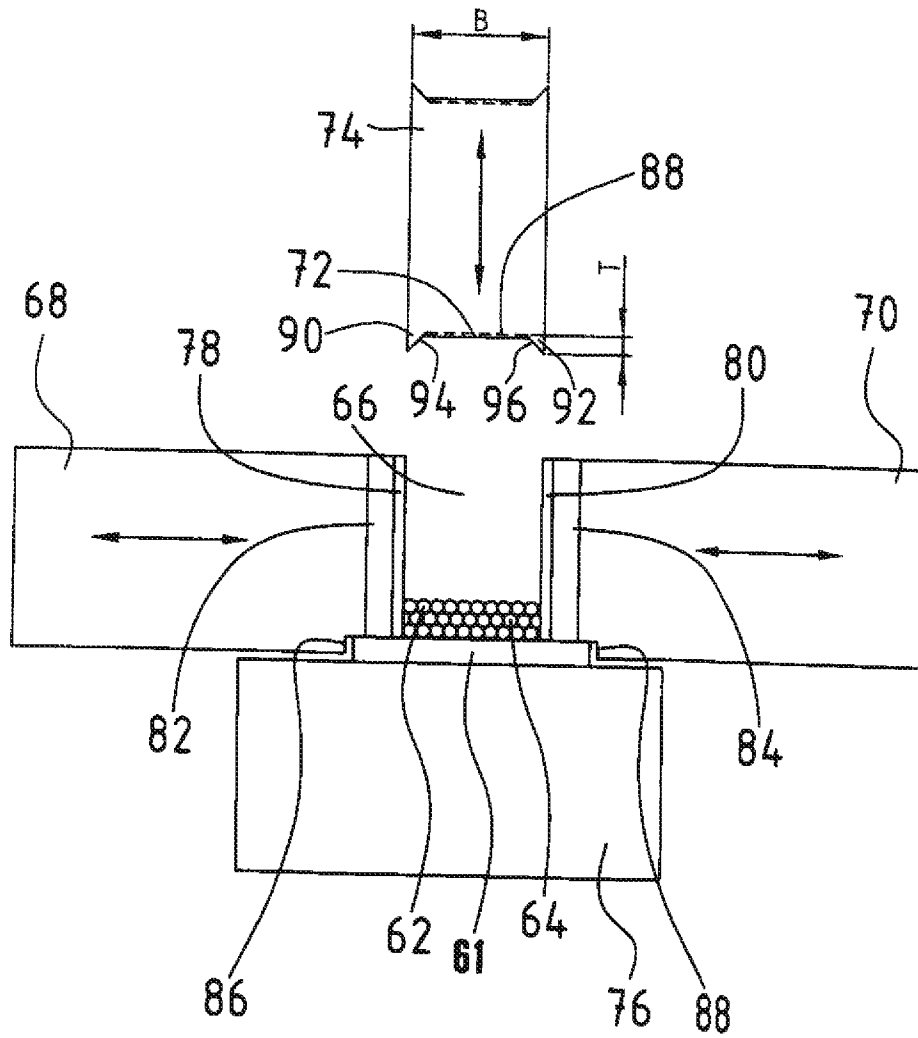


Fig.3