



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 14 432 T2 2004.03.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 019 930 B1

(51) Int Cl.⁷: H01H 11/04

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 14 432.5

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US98/19613

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 947 169.3

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 99/017321

(86) PCT-Anmeldetag: 21.09.1998

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 08.04.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 19.07.2000

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 07.05.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.03.2004

(30) Unionspriorität:

941337 30.09.1997 US

941334 30.09.1997 US

(74) Vertreter:

Berg, P., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 80339 München

(73) Patentinhaber:

Siemens Energy & Automation, Inc., Alpharetta,
Ga., US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

NEWLAND, A., Charles, DeGraff, US

(54) Bezeichnung: METHODE ZUM VERBINDEN ZWEIER ELEKTRISCH LEITENDER TEILE MITTELS ULTRASCHALL

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein das mittels Ultraschall durchgeführte Verbinden von elektrisch leitenden Werkstoffen. Spezieller betrifft es die Erkenntnis, dass bei Wahl bestimmter Hartlotlegierungen Ultraschallschweißen angewendet werden kann, um zwei verschiedene elektrisch leitende Werkstoffe zu verbinden, welche bisher als für ein Verbinden durch Ultraschallschweißen ungeeignet betrachtet wurden, so dass eine Verbindungsstelle erzeugt wird, welche elektrischen Stromfehlern standhalten kann, wie sie etwa in Leistungsschaltern auftreten.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Schutzvorrichtungen für Stromkreise, wie zum Beispiel Leistungsschalter, können verwendet werden, um bei Auftreten einer Überlast wie etwa eines Kurzschlusses relativ schnell einen Stromfluss zu einem Stromkreis zu unterbrechen, der durch die Schutzvorrichtung geschützt wird. Dies wird in der Branche als Auslösung des Leistungsschalters bezeichnet. Wenn die Bedingung, welche die Auslösung verursacht hat, korrigiert worden ist, kann der Leistungsschalter zurückgestellt werden, etwa durch entsprechende Betätigung eines Betätigungsgriffes im Falle eines manuell rückstellbaren Leistungsschalters.

[0003] Wenn ein Leistungsschalter infolge eines vollkommenen Kurzschlusses ausgelöst wird, kann angenommen werden, dass elektrischer Strom mit relativ hohen Stromstärken durch den unterbrechbaren Strompfad eines Leistungsschalters fließen kann, so dass die Auslösung bewirkt wird. Die Funktionsfähigkeit des Leistungsschalters muss jedoch aufrechterhalten werden, bis er die Auslösung vollständig beendet hat. Außerdem muss ein Leistungsschalter, da er rückstellbar ist, in der Lage sein, seine Funktionsfähigkeit im gesamten Verlauf seiner gesamten festgelegten Lebensdauer zu bewahren, während der der Leistungsschalter möglicherweise mehrere Zyklen der Auslösung und Rückstellung durchlaufen muss.

[0004] Der innere Aufbau eines Leistungsschalters umfasst verschiedene einzelne elektrische Teile. Manche dieser Teile sind durch Schweißen oder Hartlöten miteinander verbunden. Ein bekanntes Verfahren zum Verbinden bestimmter Teile besteht im Hochtemperaturschweißen. Ein Beispiel des Hochtemperaturschweißens ist das Widerstandsschweißen, bei dem auf die Teile an einer Stelle, an der sie verbunden werden sollen, Druck ausgeübt wird und man Schweißstrom durch diese Stelle fließen lässt, um Temperaturen zu erzeugen, die ausreichend hoch sind, um einen gewissen Grad eines lokal begrenzten Schmelzens des Werkstoffes und eine Strömungsmigration zwischen den Teilen zu verursachen, so dass bei Ausschalten des Schweißstromes die geschmolzene Masse erstarrt und die Verbindungsstelle (Naht) erzeugt. Es wird angenommen, dass die Thermoefekte des Widerstandsschweißens auf die Teile in einer Weise einwirken können, die einen nicht wünschenswerten Einfluss auf eine oder mehrere physikalische Eigenschaften wenigstens eines der zu verbindenden Teile hat. Ein Beispiel einer solchen Nebenwirkung besteht in einem gewissen Glühen eines Teils oder eines Teilbereiches desselben.

[0005] Ein anderes bekanntes Verfahren zum Verbinden bestimmter Teile besteht im Ultraschallschweißen, bei dem an einer Stelle, an der die Teile verbunden werden sollen, Druck auf sie ausgeübt wird, wie etwa durch Einspannen der Teile in einer geeigneten Spannvorrichtung in einer Ultraschall-Schweißmaschine. Dieser Stelle wird dann Ultraschallenergie zugeführt, um eine gewisse Druckverformung und ein Fließen von Material zwischen den Teilen zu erzeugen, welches aufhört, wenn die Zuführung der Ultraschallenergie beendet wird, wodurch die Verbindungsstelle erzeugt wird. Es wird angenommen, dass ein Vorteil des Ultraschallschweißens die Beseitigung oder zumindest Abschwächung des Glühens der zu verbindenden Teile ist.

[0006] Bei irgendeiner speziellen Anwendung wird angenommen, dass die Wahl zwischen Widerstandsschweißen und Ultraschallschweißen von der Zusammensetzung der zu verbindenden Teile abhängt. Zum Beispiel wird bei einer Anwendung in einem Leistungsschalter, bei der ein elektrischer Kontakt mit einem anderen elektrischen Teil wie etwa einer Anschlussklemme oder einem beweglichen Kontaktarm oder Kontaktmesser verbunden werden soll, wenn der Kontakt aus der Kombination eines feuerfesten Elements wie etwa Wolfram oder Molybdän und eines elektrischen Leiters wie etwa Silber oder Kupfer besteht und das andere Teil entweder überwiegend oder ausschließlich aus einem elektrischen Leiter, der ein Nichteisenmetall ist, wie etwa Kupfer, besteht, die Anbringung eines Befestigungsmittels auf einer Seite des Kontaktes, die in einen innigen Kontakt der Anlage auf der ganzen Fläche an den Nichteisenmetall-Leiter gebracht werden soll, im Allgemeinen als geeignet für ein Hochtemperaturschweißen angesehen. Das Befestigungsmittel sollte mit dem Leitermaterial des Kontakts verträglich sein; zum Beispiel könnte es sich um Feinsilber handeln, wenn der Leiter des Kontakts aus Silber besteht. Es wird jedoch angenommen, dass solche Werkstoffe für das Ultraschallschweißen ungeeignet oder zumindest nicht optimal geeignet sind. Es wird ferner angenommen, dass Werkstoffe auf der Basis von Feuerfestmaterialien wenigstens im Allgemeinen keine optimalen Kandidaten für den Legierungsvorgang sind, der erforderlich ist, um eine annehmbare Verbindungsstelle durch Ultraschallschwei-

ßen herzustellen.

[0007] In WO-A-93/11550 wird ein Kontakt mit einer Kontaktbasis aus Silber offenbart, welcher mittels einer Zwischenschicht aus Silber und eines Lötmittels an einen Kontaktträger gelötet wird. Das Lötmittel liegt in der Form eines Plättchens vor, das aus einer Kupfer-Silber-Legierung besteht und mittels Ultraschallschweißen vorläufig an der Silber-Zwischenschicht befestigt oder an diese geheftet wird, bevor der Kontakt an seinen Träger gelötet wird.

[0008] In US-A-4 019 876 wird ein elektrisches Kontaktelement offenbart, welches durch Ultraschallschweißen eines oder mehrerer Kontaktstücke an einen Träger hergestellt wird. Vor dem Schweißen wird eine Zwischenschicht zwischen dem Kontaktstück und dem Träger eingefügt, um das Schweißen an Kontaktstücke zu erleichtern, die aus einem Werkstoff bestehen, der sich andernfalls schwer schweißen lässt. Das Kontaktstück besteht aus Kadmiumoxid in einer Matrix aus Silber, der Träger besteht aus Messing und die Zwischenschicht besteht aus Aluminiumfolie.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren, welches Werkstoffe ermöglicht, von denen früher angenommen wurde, dass sie nicht geeignet sind, um Teile durch Ultraschallschweißen zufriedenstellend zu verbinden.

[0010] Obwohl die hier beschriebenen Prinzipien nicht notwendigerweise auf das Verbinden von Teilen einer Schutzvorrichtung für einen Stromkreis, wie etwa eines Leistungsschalters, beschränkt sind, wird angenommen, dass diese Prinzipien beträchtliche Vorteile bringen können, wenn sie in einem Leistungsschalter angewendet werden, insbesondere in einem solchen, bei dem eines der zu verbindenden Teile überwiegend aus einem Feuerfestmaterial besteht. Es kann angenommen werden, dass ein Vorteil darin besteht, dass eine verbesserte Funktionsfähigkeit und somit Nutzlebensdauer eines Leistungsschalters erreichbar ist, die es ermöglicht, einen ausgelösten Leistungsschalter mehrmals zurückzusetzen, nachdem er der Einwirkung von Fehlerströmen mit relativ hoher Stromstärke ausgesetzt war, welche mehrere Auslösungs-Ereignisse verursacht haben.

[0011] Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum mechanischen Verbinden von zwei elektrisch leitenden Teilen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: Versehen eines ersten und eines zweiten elektrisch leitenden Teils, welche verbunden werden sollen, mit einem Hartlot, um die elektrische Leitfähigkeit zwischen ihnen herzustellen, wobei ein Bestandteil des ersten Teils aus einem Nichtlegierungsmaterial besteht und das zweite Teil zu einem gewichtsmäßig überwiegenden Teil aus einem Nichteisenmaterial besteht.

[0012] Das Verfahren umfasst ferner die folgende Schritte: Verbinden des Hartlotes mit dem ersten Teil durch Erhitzen in einem Ofen mit einer Schutzgasatmosphäre; Abkühlenlassen des Hartlotes und des ersten Teils; Bringen der Seite des ersten Teils, die das Hartlot enthält, in eine Position der Anlage auf der ganzen Fläche an das zweite Teil; und Verbinden der zwei Teile durch die Zuführung von Ultraschallenergie. Das Hartlot besteht aus wenigstens zwei Werkstoffen, wobei der gewichtsmäßig größte Einzelbestandteil des Hartlotes elementares Kupfer ist.

[0013] Das Hartlot kann wenigstens 50 Gewichts-% elementares Kupfer enthalten. Insbesondere kann das Hartlot aus im Wesentlichen **80** Gewichtsanteilen elementaren Kupfers, im Wesentlichen **15** Gewichtsanteilen elementaren Silbers und im Wesentlichen **5** Gewichtsanteilen elementaren Phosphors bestehen.

[0014] Vorzugsweise besteht das Nichtlegierungsmaterial aus einem Feuerfestmaterial, welches aus der Gruppe gewählt werden kann, die aus Silber-Wolfram, Silber-Wolframkarbid, Kupfer-Wolfram, Kupfer-Wolframkarbid und Silber-Molybdän besteht.

[0015] Das Feuerfestmaterial kann so gewählt werden, dass es wenigstens ungefähr 35 Gewichts-% des ersten Teils umfasst.

[0016] Das Nichteisenmaterial kann Kupfer sein.

[0017] Das Obenstehende wird zusammen mit zusätzlichen Merkmalen und weiteren Vorteilen der Erfindung aus der nachfolgenden Beschreibung und den Ansprüchen ersichtlich, denen Zeichnungen beigefügt sind und die gewisse Ausführungsformen der Erfindung offenbaren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] **Abb.** 1 ist eine Vorderansicht von schematischer Art, die einen Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

[0019] **Abb.** 2 ist eine Vorderansicht von schematischer Art, die einen weiteren Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt.

[0020] **Abb.** 3 ist eine Vorderansicht von schematischer Art von Teilen, die mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens verbunden wurden.

[0021] **Abb.** 4 ist eine Vorderansicht eines Teils eines Leistungsschalter-Mechanismus, der eine Kontaktarm-Baugruppe enthält, welche einen auf Feuerfestmaterial basierenden Kontakt umfasst, der gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem zweiteiligen Kontaktarm verbunden wurde.

[0022] **Abb.** 5 ist eine Ansicht in der Richtung der Pfeile 5-5 in **Abb.** 4.

[0023] **Abb.** 6 ist eine Ansicht in der Richtung der Pfeile 6-6 in **Abb.** 5 eines der beiden Kontaktarm-Teilstücke für sich betrachtet:

[0024] **Abb.** 7 ist eine Ansicht im Wesentlichen in der Richtung der Pfeile 7-7 in **Abb.** 4.

[0025] **Abb.** 8 ist eine Draufsicht von **Abb.** 4.

[0026] **Abb.** 9 ist eine vergrößerte mikrophotographische Aufnahme eines Querschnitts durch eine reale Verbindungsstelle zwischen einem Kontakt und einem Kontaktarm, die gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde.

[0027] **Abb.** 10 ist eine vergrößerte mikrophotographische Aufnahme eines Querschnitts durch eine andere reale Verbindungsstelle zwischen einem anderen Kontakt und einem anderen Kontaktarm, die gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde.

[0028] **Abb.** 11 ist eine vergrößerte Ansicht, im Allgemeinen innerhalb des Bereiches 11 von **Abb.** 10, bei der Helligkeit und Kontrast verstärkt wurden, um ein bestimmtes Merkmal zu zeigen.

Beschreibung der Erfindung

[0029] Eine Anwendung der Erfindung wird in dem folgenden speziellen Beispiel der Verbindung eines Teils einer Stromkreis-Schutzvorrichtung mit einem anderen vorgestellt, wobei das Beispiel die Verbindung eines Kontakts mit einem Kontaktahn eines Leistungsschalters zeigt, bei dem es sich um einen Leistungsschalter mit isoliertem Gehäuse oder um einen Kompakt-Leistungsschalter handeln kann, welche wohlbekannt sind. Die **Abb.** 1 bis 3 zeigen einen mit der Bezugszahl **10** bezeichneten Kontakt und einen mit der Bezugszahl **12** bezeichneten Kontaktarm. Ein Beispiel eines Kontakts **10** ist ein Teil, welches zum Beispiel aus einem mit Silber getränkten Feuerfestmaterial besteht, aus mit Silber getränktem Wolfram oder mit Silber getränktem Molybdän. Ein Beispiel eines Kontaktahns **12** ist ein Teil aus im Wesentlichen elementarem Kupfer.

[0030] Eine mit der Bezugszahl **14** bezeichnete Hartlotlegierung, die zur Verwendung beim Verbinden der zwei Teile **10**, **12** bestimmt ist, besteht aus wenigstens zwei Stoffen, wobei einer der zwei Stoffe elementares Kupfer ist, wobei das elementare Kupfer der den größten Anteil besitzende Bestandteil des Hartlots ist. Ein Beispiel eines geeigneten Hartlots ist eine Legierung, die aus **80** Teilen elementaren Kupfers, **15** Teilen elementaren Silbers und **5** Teilen elementaren Phosphors besteht, wobei es sich jeweils um Gewichtsanteile handelt.

[0031] Das Hartlot wird in einem Ofen mit Schutzgasatmosphäre (wobei der Ofen in der Zeichnung nicht dargestellt ist) auf eine Seite des Kontaktes aus mit Silber getränkten Feuerfestmaterial aufgetragen. Nach diesem Verbinden der Teile **10** und **14** (**Abb.** 1) lässt man sie abkühlen. Die Seite des Kontaktes **10**, auf der sich das Hartlot befindet, wird dann in eine Position gebracht, in der ihre Fläche und eine Fläche des Kupfer-Kontaktarmes **12** in einer Ultraschall-Schweißmaschine **16** aneinander anliegen. In **Abb.** 2 werden die Teile in der Schweißmaschine eingespannt gehalten, auf den eingespannten Bereich wird ein geeigneter Druck ausgeübt, und ihm wird Ultraschallenergie zugeführt, um eine gewisse Druckverformung und eine Querströmung von Stoffen zwischen den in innigem Kontakt befindlichen Flächen hervorzurufen. Die Zuführung von Ultraschallenergie wird dann beendet oder abgebrochen, um die Querströmung zu stoppen. Die verbundenen Teile werden schließlich aus der Schweißmaschine entnommen, womit sich die in **Abb.** 3 dargestellte fertige Baugruppe ergibt.

[0032] Von der Verbindungsstelle, die hergestellt wurde, kann angenommen werden, dass sie in der Lage ist, relativ hohen elektrischen Stromdichten standzuhalten, die in einem Leistungsschalter bei Auftreten eines Schaltungsfehlers, der ein Auslösen des Leistungsschalters verursacht, auftreten. Außerdem kann angenommen werden, dass die Verbindungsstelle mit einer geringen oder im Wesentlichen ohne Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften wie etwa der Härte der verbundenen Werkstoffe hergestellt wurde. Außerdem wurde die günstige Verwendung eines Kontaktes auf Feuerfestmaterial-Basis auf vorteilhafte Weise beibehalten.

[0033] Obwohl die Hartlotlegierung in dem soeben beschriebenen Beispiel eine spezifische Zusammensetzung hatte, kann angenommen werden, dass auch mit etwas anderen Zusammensetzungen zufriedenstellende Ergebnisse erreicht werden können. Es kann angenommen werden, dass eine Überlegung betreffs der Hartlotlegierung darin besteht, dass diese aus wenigstens zwei elementaren Stoffen bestehen muss, und dass der Hauptbestandteil elementares Kupfer sein muss, welches gegenüber jedem anderen Bestandteil überwiegen muss.

[0034] Ultraschall-Schweißmaschinen für die Herstellung der Verbindung, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, sind im Handel erhältlich. Sie können so gewählt und eingestellt werden, dass vorgegebene Leistungskriterien erfüllt sind, um das Verbinden der Teile mit den jeweiligen Spezifikationen durchzuführen, wie

etwa Strombelastbarkeit, Auslösezeit usw. Beispiele von geeigneten Ultraschall-Schweißmaschinen sind: Sonobond Modell Nr. MH-1545, zu beziehen von der Sonobond Ultrasonics Company, 200 East Rosedale Ave., Westchester, Pennsylvania 19380; und ATE Ultraweld 20 System, zu beziehen von der American Technology Equipment, Inc., 25 Controls Drive, Shelton, Connecticut 06484.

[0035] Die Abb. 4 bis 8 zeigen einen Teil eines Leistungsschalter-Mechanismus, der einen realen Kontakt **10** umfasst, welcher mit einem Kontaktarm **12** verbunden ist. Der Kontaktarm **12** bildet einen Träger für den Kontakt mittels einer als Beispiel dienenden zweiteiligen Konstruktion, die aus einem ersten Kontaktarm-Teilstück **12A** und einem zweiten Kontaktarm-Teilstück **12B** besteht. Der Kontakt **10** ist mit dem entfernten Ende des Kontaktarms **12** verbunden, wodurch eine Kontaktarm-Baugruppe **13** gebildet wird. Die zwei Teilstücke **12A**, **12B** sind im Wesentlichen spiegelbildlich zueinander gestaltet. Wie aus Abb. 6 ersichtlich ist, umfassen einander gegenüberliegende Abschnitte der Teilstücke **12A**, **12B** in der Nähe des entfernten Endes des Kontaktarms **12** jeweils Bereiche **16**, wo sie unmittelbar miteinander verbunden sind. Diese Verbindung kann durch Ultraschallschweißen oder Hartlöten hergestellt werden.

[0036] In der Nähe der Bereiche **16** bilden die verbundenen Teilstücke **12A**, **12B** eine Gabelung. In der Nähe des entfernten Endes dieser Gabelung, das heißt in der Nähe der Bereiche **16**, weist jedes Teilstück **12A**, **12B** ein Widerlager **18** auf, dessen freies Ende so beschaffen ist, dass es an das freie Ende des gegenüberliegenden Widerlagers **18** stößt oder diesem zumindest nahe gegenüberliegt. Am nahen Ende des Kontaktarmes **12** weist jedes Teilstück **12A**, **12B** einen Lappen **20** auf, der in dem kompletten Leistungsschalter eine Achse **22** definiert, um welche die Kontaktarm-Baugruppe **13** eine Schwenkbewegung ausführt.

[0037] Zu den weiteren Teilen des Mechanismus, die in den Abb. 4, 7 und 8 dargestellt sind, gehören eine Lastklemme **24**, ein flexibler Verbinder oder eine Litze **26** und ein Bimetallstreifen **28**. Die Lastklemme **24** ist so beschaffen, dass sie an einem Gehäuse (nicht dargestellt) eines Leistungsschalters angebracht werden kann, zum Beispiel mit Hilfe eines Befestigungselementes wie etwa einer Kopfschraube, deren Schaft durch ein Loch im Gehäuse hindurchgeführt und in eine extrudiertes Loch **30** in der Lastklemme eingeschraubt wird. Das mit **24A** bezeichnete Ende der Klemme **24** führt zu einem Laststromkreis (nicht dargestellt). Das mit **24B** bezeichnete Ende stellt einen freitragenden Träger für den Bimetallstreifen **28** dar.

[0038] Der Bimetallstreifen **28** besteht aus einem im normalen Zustand flachen Streifen, der eine Seite mit einer relativ höheren Ausdehnung **28A** und eine Seite mit einer relativ geringeren Ausdehnung **28B** aufweist. Das entfernte Ende des Bimetallstreifens **28** und ein Ende der Litze **26** sind miteinander verbunden, etwa durch Hartlöten. Das andere Ende der Litze **26** ist, zum Beispiel durch Hartlöten, mit dem Kontaktarm **12** verbunden, in der Nähe eines Lappens **20** eines der zwei Teilstücke **12A**, **12B**, wobei in dem abgebildeten Beispiel dieses eine Teilstück **12A** ist.

[0039] Wenn sich ein fertiger Leistungsschalter, der den gerade beschriebenen Mechanismus enthält, in seiner Position "Ein" befindet, hat der Kontakt **10** unmittelbaren Kontakt mit einem anderen Kontakt, der an eine Netzanschlussklemme (nicht dargestellt) angeschlossen ist. Folglich existiert ein vollständiger Stromkreis von dieser Netzanschlussklemme und ihrem zugehörigen Kontakt über den Kontakt **10**, den Kontaktarm **12**, die Litze **26** und den Bimetallstreifen **28** zur Lastklemme **24**. Ein Typ einer Fehlerbedingung, die eine Auslösung des Leistungsschalters verursachen sollte, hängt mit einer Zufuhr von Wärmeenergie zum Bimetallstreifen **28** zusammen, welche ausreichend dafür ist, dass sich der Bimetallstreifen so stark verbiegt, dass die Betätigung eines Auslösemechanismus (nicht dargestellt) bewirkt wird. Infolgedessen schwenkt die Kontaktarm-Baugruppe **13** in der Richtung des Pfeils **29** in Abb. 4, so dass der Kontakt **10** von dem Netzanschlussklemmen-Kontakt getrennt wird, mit dem er verbunden war. Dadurch wird der Stromdurchgang durch den Leistungsschalter zwischen der Netzanschlussklemme und der Lastklemme **24** unterbrochen, was zur Folge hat, dass der Leistungsschalter in den "ausgelösten" Zustand übergeht.

[0040] Die Abb. 4 und 6 zeigen aneinander angrenzende flache rechteckige Oberflächenbereiche **32** der Kontaktarm-Teilstücke **12A** und **12B**. Der Kontakt **10** weist einen rechteckigen Oberflächenbereich **34** auf, der eine etwas größere Gesamtfläche besitzt als die kombinierten Oberflächenbereiche **32**. Das Verbinden des Oberflächenbereiches **34** mit den Oberflächenbereichen **32** wird vorteilhafterweise mittels der hier beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt. Das Auftreten eines Fehlers, der eine Auslösung des Leistungsschalters bewirken sollte, kann relativ hohe Stromdichten durch die Verbindungsstelle zwischen dem Kontakt **10** und dem Kontaktarm **12** erzeugen. Es kann angenommen werden, dass die hier beschriebene Vorgehensweise hilft, die Unverehrtheit der Verbindungsstelle unter solchen Bedingungen hoher Beanspruchung besser zu erhalten. Dies ist wichtig, wenn es um kleine Flächen geht. Obwohl nicht beabsichtigt ist, die allgemeinen Prinzipien der Erfindung unbedingt auf bestimmte Grenzflächengrößen zu begrenzen, kann angenommen werden, dass Grenzflächen, die kleiner sind als ungefähr $1/4" \times 5/16"$ (6,35 mm \times 7,9375 mm), für ein erfolgreiches Verbinden besonders gut geeignet sind, zumindest im Falle des Verbindens eines Kontakts mit einem Kontaktarm in einer Schutzvorrichtung für Stromkreise wie einem Leistungsschalter. "Grenzfläche" ist als diejenige Fläche zu verstehen, wo die tatsächliche Verbindung erfolgt. Spezielle Beispiele von Grenzflächengrößen, die bei der praktischen Anwendung der erfindungsgemäßen Prinzipien verwendet wurden, sind $9/16" \times 5/32"$ (14,2875 mm \times 3,96875 mm) und $1/8" \times 9/32"$ (3,175 mm \times 7,14375 mm). Wenn ein Kontakt in einer Ultra-

schall-Schweißmaschine zusammengebaut wird, kann angenommen werden, dass die Dicke des Kontakts eine beliebigen Wert aus einer Anzahl von Werten von Dicken haben kann, die für Kontakte typischerweise verwendet werden. Beispiele von typischen Dicken können bis zu ungefähr 3/16" (4,76 mm) reichen.

[0041] Die **Abb.** 9 und 10 zeigen zwei Beispiele von realen Verbindungsstellen, die unter Verwendung des Verbindungsverfahrens hergestellt wurden. Der Kontaktarm besteht überwiegend aus Kupfer, mit kleinen Mengen von Eisen und Silizium. Ein Beispiel ist: Cu wenigstens ungefähr 97–99%, Si 1% oder weniger und Fe 2% oder weniger. Die Hartlotlegierung besteht aus im Wesentlichen **80** Gewichtsanteilen elementaren Kupfers, im Wesentlichen **15** Gewichtsanteilen elementaren Silbers und im Wesentlichen **5** Gewichtsanteilen elementaren Phosphors. Der Kontakt besteht aus 50 Gewichts-% Ag und 50 Gewichts-% Wolframkarbid. Die beigefügten Patentzeichnungen der **Abb.** 9 und 10 zeigen 50X mikrophotographische Aufnahmen. In jeder der **Abb.** 9 und 10 ist zu erkennen, dass vor dem Ultraschallschweißen des Kontakts **10** an den Kontaktarm **12** Hartlotlegierung **14** mit dem Kontakt **10** verbunden wurde. Überschüssiges Silber füllt die Täler zwischen den sägezahnförmigen Zacken im Kontakt aus. Die Hartlotlegierung erscheint als eine Schicht, welche die sägezahnförmigen Zacken überlagert, und der Bereich der Ultraschallbindung ist entsprechend gekennzeichnet. Es ist anzunehmen, dass im gesamten Bereich der Verbindungsstelle eine im Wesentlichen vollständige Verklebung vorhanden ist. **Abb.** 10 zeigt Anzeichen einer "Verwirbelung" an der Grenzfläche, von der angenommen werden kann, dass sie auf eine relativ gute Qualität hinweisen. **Abb.** 11 zeigt die Verwirbelung noch deutlicher.

[0042] Die Erfindungen dürften geeignet sein, um einen elektrischen Leiter, der überwiegend aus Kupfer besteht, mit den folgenden Werkstoffen auf Feuerfestmaterial-Basis zu verbinden: Silber-Wolfram; Silber-Wolframkarbid; Kupfer-Wolfram; Kupfer-Wolframkarbid; und Silber-Molybdän. Natürlich können die relativen Anteile der Bestandteile des Kontakts variieren. Spezielle Beispiele sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben, in der für Härte, Dichte und elektrische Leitfähigkeit repräsentative Werte angegeben sind. In der Tabelle ist IACS die Abkürzung für International Annealed Copper Standard (Internationale Norm für geglühtes Kupfer).

<u>Klasse</u>	<u>Zusammensetzung</u>	<u>Härte</u>	<u>Dichte</u>	<u>Leitfähigkeit</u>
	<u>Gewichts-%</u>	<u>(Rockwell)</u>	<u>g/cm³</u>	<u>%IACS</u>
Silber-Wolfram	50Ag50W	B65	13,2	62
	40Ag60W	B75	14,0	55
	35Ag65W	B85	14,5	51
	25Ag75W	B90	15,5	45
	45Ag50W5C	B50	10,6	40
Silber-Wolframkarbid	65AG35WC	B55	11,5	55
	60Ag40WC	B65	11,7	50
	50Ag50WC	B80	12,2	47
	40Ag60WC	B95	12,7	43
	35Ag65WC	B100	12,9	34
Kupfer-Wolfram	50Cu50W	B65	11,9	50
	40Cu60W	B80	12,8	47
	30Cu70W	B90	13,9	46
	25Cu75W	B95	14,5	44
	20Cu80W	B100	15,2	40
Kupfer-Wolframkarbid	50Cu50WC	B55	11,0	45
Silber-Molybdän	50Ag50Mo	B75	10,1	52
	45Ag55Mo	B80	10,1	48
	40Ag60Mo	B85	10,1	45
	35Ag65Mo	B87	10,0	42
	30Ag70Mo	B90	10,0	39

[0043] Obwohl die vorliegenden Erfindungen unter Bezugnahme auf die derzeit in Erwägung gezogenen Ausführungsformen beschrieben wurden, soll die Erfindung selbstverständlich nicht auf die beschriebenen und bevorzugten Ausführungsformen beschränkt werden. Dementsprechend sollen die beanspruchten Erfindungen verschiedene Modifikationen und Anordnungen beinhalten, die in den Geltungsbereich der Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum mechanischen Verbinden von zwei elektrisch leitenden Teilen (10, 12), wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

Versehen eines ersten und eines zweiten elektrisch leitenden Teils (10, 12), welche verbunden werden sollen, mit einem Hartlot, um die elektrische Leitfähigkeit zwischen ihnen herzustellen, wobei ein Bestandteil des ersten Teils aus einem Nichtlegierungsmaterial besteht und das zweite Teil zu einem gewichtsmäßig überwiegenden Teil aus einem Nichteisenmaterial besteht;

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner die folgenden Schritte umfasst:

Verbinden des Hartlotes (14) mit dem ersten Teil (10) durch Erhitzen in einem Ofen mit einer Schutzgasatmosphäre;

Abkühlenlassen des Hartlotes und des ersten Teils;

Bringen der Seite des ersten Teils, die das Hartlot (14) enthält, in eine Position der Anlage auf der ganzen Fläche an das zweite Teil; und

Verbinden der zwei Teile durch die Zuführung von Ultraschallenergie, ferner dadurch gekennzeichnet, dass das Hartlot aus wenigstens zwei Werkstoffen besteht, wobei der gewichtsmäßig größte Einzelbestandteil des Hartlotes elementares Kupfer ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Hartlot wenigstens 50 Gewichts-% elementares Kupfer enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Hartlot (**14**) aus im Wesentlichen **80** Gewichtsanteilen elementaren Kupfers, im Wesentlichen **15** Gewichtsanteilen elementaren Silbers und im Wesentlichen **5** Gewichtsanteilen elementaren Phosphors besteht.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Nichtlegierungsmaterial aus einem Feuerfestmaterial besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Feuerfestmaterial aus der Gruppe gewählt ist, die aus Silber-Wolfram, Silber-Wolframkarbid, Kupfer-Wolfram, Kupfer-Wolframkarbid und Silber-Molybdän besteht.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das Feuerfestmaterial so gewählt ist, dass es wenigstens ungefähr 35 Gewichts-% des ersten Teils umfasst.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zweite Teil (**12**) Kupfer als das Nicht-eisenmaterial umfasst.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

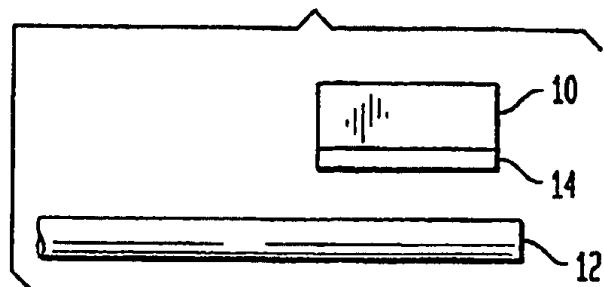


FIG. 2

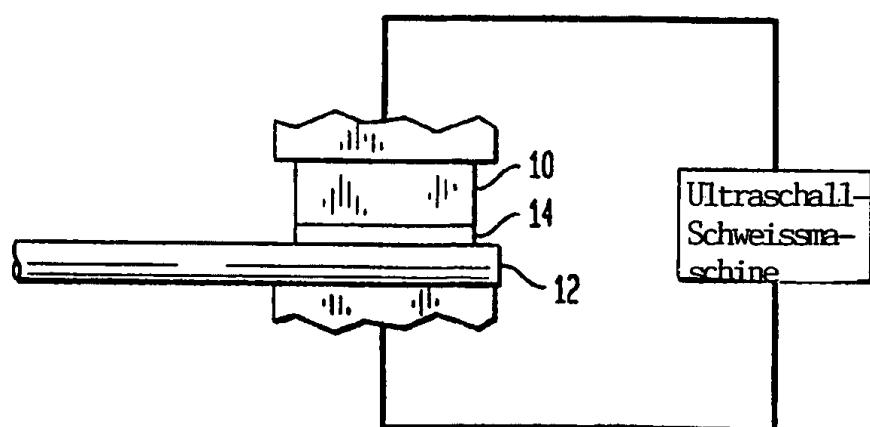
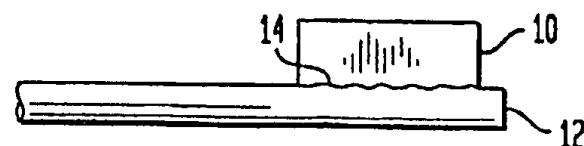


FIG. 3



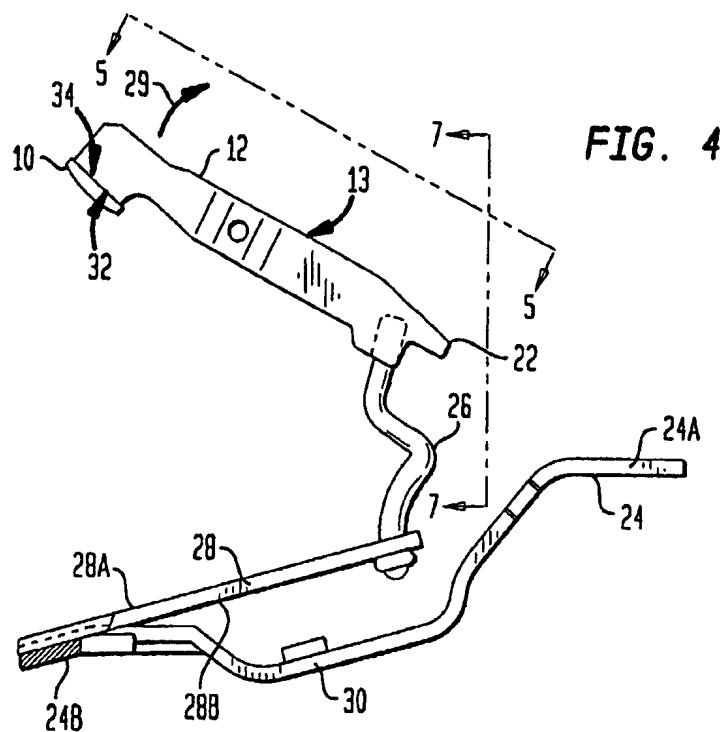


FIG. 5

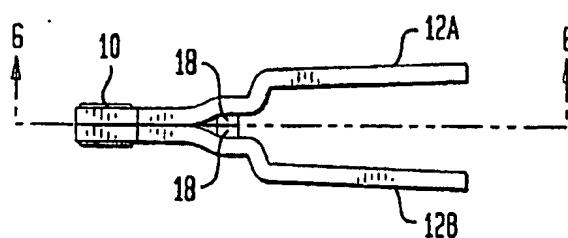


FIG. 7

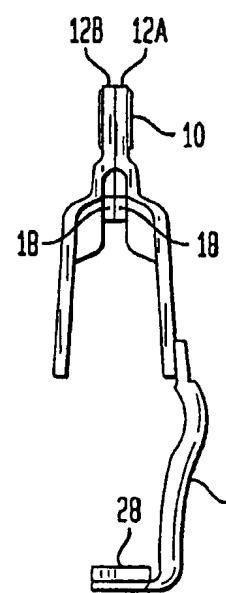


FIG. 6

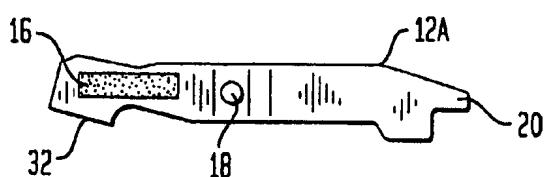


FIG. 8

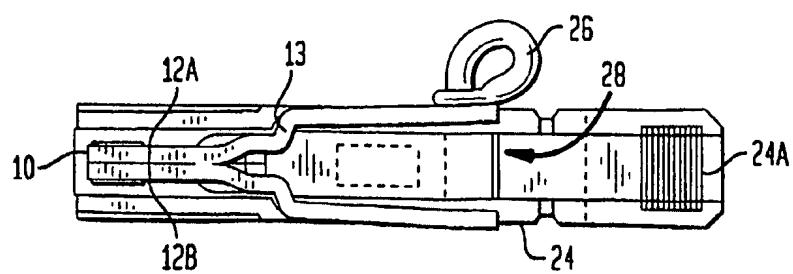


FIG. 9



FIG. 10

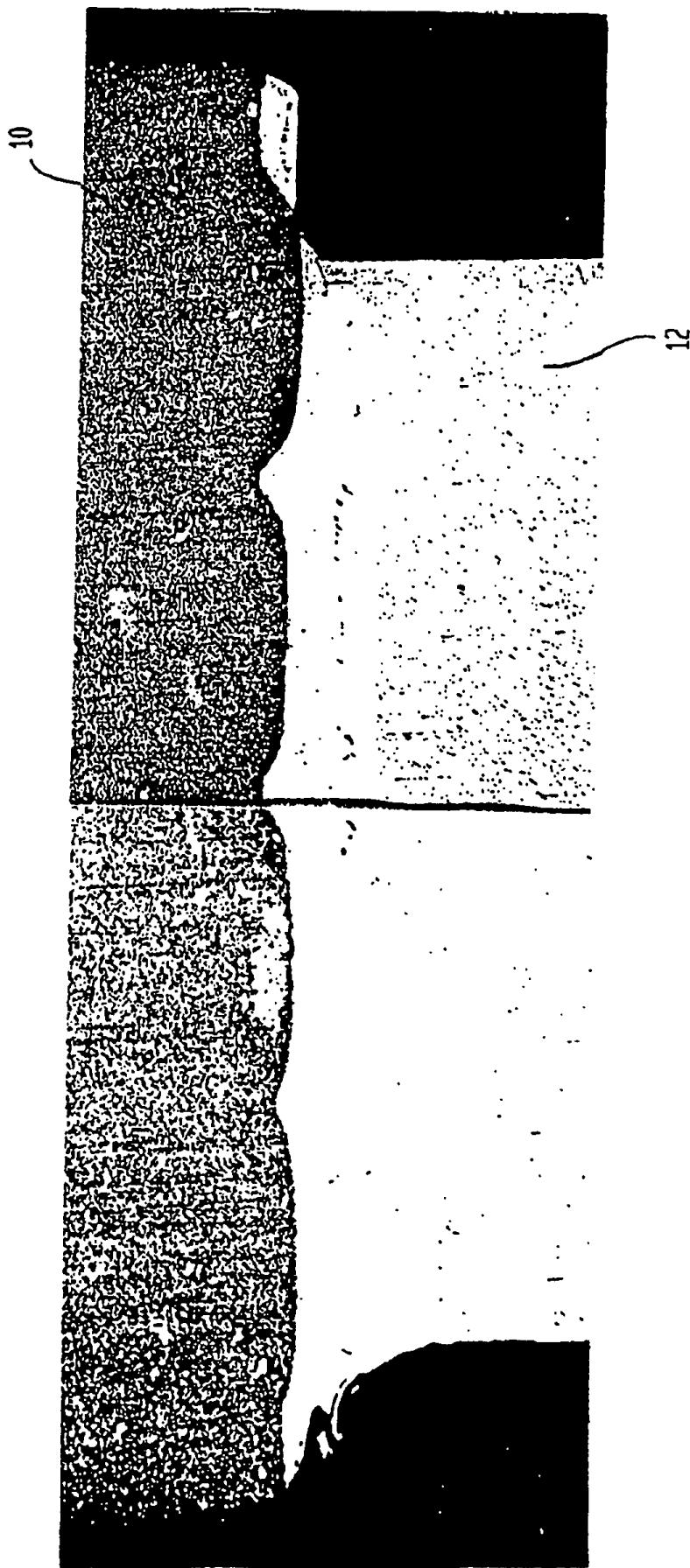


FIG. 11

