

(19)



(11)

EP 1 640 108 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
23.05.2007 Patentblatt 2007/21

(51) Int Cl.:
B23K 26/32 (2006.01) **H01R 13/03** (2006.01)
H01H 11/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04022661.5**

(22) Anmeldetag: **23.09.2004**

(54) **Kontaktherstellungsverfahren**

Method of forming a contact

Procédé de fabrication d'un contact

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.2006 Patentblatt 2006/13

(73) Patentinhaber: **Hugo Kern und Liebers GmbH &
Co. KG Platinen-und
Federnfabrik
78713 Schramberg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Frietsch, Klaus
78713 Schramberg (DE)**
• **Dr. Müller, Matthias
78661 Dietingen (DE)**

- **Storz, Karlheinz
78739 Hardt (DE)**
- **Hettich, Richard
78713 Schramberg (DE)**
- **Wölflle, Tobias
78713 Schramberg (DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte
Westphal, Mussnug & Partner
Am Riettor 5
78048 Villingen-Schwenningen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 849 716 DE-A- 3 005 662
US-A- 4 348 263

EP 1 640 108 B1

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 eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Kontakten gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der DE 101 57 320 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Mikroschleifkontakten bekannt. Die mit dem Verfahren hergestellten Mikroschleifkontakte dienen zum Kontaktieren von Leiterbahnen oder -flächen, wobei häufig eine Relativbewegung zwischen den Mikroschleifkontakten und der Leiterbahn bzw. -fläche stattfindet. Um einen zuverlässigen Kontakt zu erzielen, bestehen die Mikroschleifkontakte aus mehreren Kontaktfedern, die möglichst dicht nebeneinander angeordnet sind. Die Kontaktfedern können beispielsweise als Federzungen ausgebildet sein, die aus Federblechbändern ausgestanzt werden. Eine dichtere Anordnung von Kontaktfedern, d. h. eine größere Anzahl von Kontaktfedern pro Fläche, kann durch die Verwendung von Runddrähten als Kontaktfedern erhalten werden.

[0003] Bei den bekannten Verfahren werden Kontaktfedern (Träger) des Mikroschleifkontaktes aus einem kostengünstigen Metall mit guten Federeigenschaften und guter elektrischer Leitfähigkeit hergestellt. Die hohe Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit, die nur für die Kontaktflächen notwendig sind, werden dadurch erreicht, dass die Träger im späteren Kontaktbereich durch Auftragsschweißen mit einer Edelmetall enthaltenden Legierung beschichtet werden.

[0004] Bei dem Auftragsschweißen wird ein Pulver der Edelmetall enthaltenden Legierung auf den Träger unter Verwendung eines gepulsten Laserstrahls aufgeschmolzen. Dabei ist die Energiezufuhr so groß, dass ein großes Schmelzvolumen erhalten wird, das aus verflüssigtem Trägermaterial sowie verflüssigtem Beschichtungsmaterial besteht. Das bekannte Verfahren führt dazu, dass in der Schmelze Vermischungsprozesse, insbesondere aufgrund der Marangoni-Strömung, stattfinden, was zu einer starken Durchmischung von Trägermaterial und Beschichtungsmaterial führt. Dies wiederum hat zur Folge, dass bei einer aus Kostengründen erwünschten geringen Schichtdicke der Reinheitsgrad des Beschichtungsmaterials an der Kontaktfläche nicht optimal ist, was negative Auswirkungen auf die Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit haben kann.

[0005] In der US-A-4 348 263 wird eine Behandlung eines Trägermaterial vor der elektrolytischen Beschichtung mit einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung durch einen gepulsten Laserstrahl beschrieben. In Beispiel 3 aus der US-A-4 348 263 wird beschrieben, dass das Trägermaterial bzw. das Substrat zwischen einzelnen Pulsen verschoben wird, so dass sich einzelne Laserbehandlungspunkte mit ca. 30% überlappen.

[0006] Die Dokumente DE 28 49 716 A und DE 30 05 662 A beschreiben Kontaktbeschichtungsverfahren unter Verwendung von gepulsten Laserlicht, wobei die erforderliche Energie zum Schmelzen bzw. Verflüssigen des Trägermaterials bzw. des Beschichtungsmaterials

durch einen Laserpuls in den Schweißbereich des Kontaktes eingebracht wird.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kontaktherstellungsverfahren vorzuschlagen, mit dem Kontakte hoher Qualität kostengünstig hergestellt werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0009] Vorteilhafte Ausführungen des Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Temperatur im Schweißbereich oszillierend um den Schmelzpunkt des Trägermaterials und des Beschichtungsmaterials gehalten. Die Schmelze erhält durch die Abstände zwischen den Laserpulsspitzen ausreichend Zeit, um die Temperatur durch Wärmeleitung in das Trägermaterial und/oder in das bereits aufgebrachte Beschichtungsmaterial unter die Schmelztemperatur abzusinken. Hierdurch bleibt das Schmelzvolumen sehr klein. Der Schichtaufbau erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kaskadenartig. Dies bedeutet, dass bei jedem Laserpuls lediglich eine geringe obere Schicht des bereits wieder erstarrten Materials und das seit dem letzten Verflüssigungsvorgang hinzu gekommene Beschichtungsmaterial geschmolzen werden. Hierdurch verringert sich die Durchmischung von vorhandenem und jeweils neu aufgeschmolzenem Material und damit der Anteil des Trägermaterials in der Beschichtung mit zunehmender Dicke der Beschichtung, wodurch eine Kontaktoberfläche mit einem äußerst hohem Anteil (Reinheitsgrad) an Beschichtungsmaterial erhalten wird. Die Durchmischung der beiden Werkstoffe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren gegenüber bekannten Verfahren reduziert. Die mittels des erfindungsgemäßen Kontaktherstellungsverfahrens hergestellte Beschichtung ist aufgrund des hohen Reinheitsgrades äußerst korrosionsbeständig und resistent gegen mechanische und abrasive Beanspruchung. Besonders hervorzuheben ist der dauerhaft gleichmäßige elektrische Übergangswiderstand der mittels des Verfahrens aufgetragenen Beschichtung. Die Beschichtung zeichnet sich weiterhin durch eine große Resistenz gegen Abbrand und Materialwanderung aus.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein Laserpulszug 10 bis etwa 20 zeitlich voneinander beabstandete Laserpulse beinhaltet. Dabei ist es von Vorteil, wenn diese Laserpulse eine in etwa gleich hohe Spitzenenergie und eine in etwa gleich hohe Energiedichte sowie eine in etwa gleich große Pulslänge aufweisen. Bei einem Beschichtungsvorgang werden in der Regel mehrere Laserpulsszüge hintereinander geschaltet. Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft herausgestellt, wenn die Laserpulsrepetitionsrate im Bereich von etwa 5kHz bis etwa 50kHz, bevorzugt zwischen etwa 10kHz bis 20kHz beträgt und die Laserpulszugrepetitionsrate innerhalb des Laserpulszuges etwa zwischen 50Hz und 500Hz, bevorzugt

50Hz bis 150Hz, beträgt. Die Obergrenze der Laserpulsrepetitionsrate liegt im Bereich von 50kHz. Wird diese Obergrenze überschritten, werden die Laserpulpasen zu klein, so dass die Schmelze nicht erstarren kann und das Schmelzvolumen im Verlauf des Beschichtungsgangs zunimmt, wodurch die Vermischungsvorgänge zunehmen. Die Laserpulsrepetitionsrate innerhalb eines Laserpulszuges ist für die Effizienz des Verfahrens maßgeblich. Die Durchführung des Verfahrens ist auch mit einer Laserpulsrepetitionsrate von weniger als 10KHz möglich - der Beschichtungsvorgang läuft dann jedoch entsprechend langsamer ab.

[0012] Um eine flächige Beschichtung des Trägers zu erreichen, wird der Träger relativ zum Laserstrahl bewegt. Die Vorschubgeschwindigkeit beträgt mit Vorteil etwa 5mm/s bis 10mm/s. Die Laserpulszugrepetitionsrate steht im Zusammenhang mit der Relativgeschwindigkeit. Je höher die Geschwindigkeit und/oder je niedriger die Laserpulszugrepetitionsrate gewählt wird, desto größer wird der Versatz der beschichteten Spuren auf dem Träger.

[0013] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, einen beliebigen Beschichtungskonturverlauf (geometrisch adaptive Beschichtung) auf dem Träger zu schaffen, indem beispielsweise die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserstrahl und Trägersoberfläche während des Schweißvorgangs verändert wird. Hierdurch können unterschiedliche Oberflächengeometrien geschaffen werden. Beispielsweise ist es möglich, durch eine geregelte oder gesteuerte Veränderung von Betriebsparametern während des Auftragsschweißvorgangs eine abgerundete oder gerade Oberflächenkontur zu schaffen.

[0014] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

- Fig. 1 in perspektivischer vergrößerter Darstellung einen Mikroschleifkontakt,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf den Mikroschleifkontakt,
- Fig. 3 eine Seitenansicht des Mikroschleifkontaktes,
- Fig. 4 vergrößert die Einzelheit A der Fig. 3 gemäß der Erfindung,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung der kaskadenförmigen Beschichtung,
- Fig. 6 eine Darstellung des Pulsenergieverlaufs und des Temperaturverlaufs über die Zeit während eines Pulszuges mit konstanten Energiespitzen,
- Fig. 7 eine Darstellung des Pulsenergieverlaufs und des Temperaturverlaufs über die Zeit während

eines Pulszuges mit abnehmenden Energiespitzen und

Fig. 8 vergrößert die Einzelheit A' der Fig. 3 gemäß der Erfindung.

[0016] In den Figuren 1 bis 3 ist ein Beispiel eines Mikroschleifkontaktes dargestellt, zu dessen Herstellung das erfindungsgemäße Herstellungs- bzw. Beschichtungsverfahren eingesetzt werden kann.

[0017] Ein U-förmiges Stanzteil 10 aus Blech, z. B. aus Stahl oder einer Kupfer-Legierung ist in einen Trägerblock 12 eingesetzt. Auf die freien Schenkel des U-förmigen Stanzteils 10 sind als Träger 14 ausgebildete Kontaktfedern aufgeschweißt, die in dem dargestellten Beispiel als Runddrähte ausgebildet sind. Die Träger 14 sind mit ihren hinteren Enden auf Prägerippen 16 des Stanzteils 10 aufgeschweißt. Die freien Enden 18 der Träger 14 sind rechtwinklig abgebogen. An den freien Enden 18 der Träger 14 ist eine Kontakt gebende Beschichtung 20 vorgesehen, die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens aufgebracht wurde.

[0018] Die Endstirnseite der Beschichtung 20 sitzt auf nicht dargestellten Leiterbahnen auf. Auf diese Weise kann der Mikroschleifkontakt über die Beschichtung 20, die Träger 14 und das U-förmige Stanzteil 10 zwei Leiterbahnen miteinander verbinden.

[0019] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind mehrere Träger 14, z. B. fünfzehn Runddrähte, mit jeweils einem Durchmesser von ca. 0,1mm nebeneinander liegend und einander berührend angeordnet. Auf diese Weise kann eine große Zahl von Kontaktpunkten auf einer relativ kleinen Breite von beispielsweise 2mm nebeneinander angeordnet werden. Es ist offensichtlich, dass an Stelle der Runddrähte auch aus dem Blech des Stanzteils 10 ausgestanzte Träger 14 als Kontaktfedern verwendet werden können. Durch das Stanzen der Träger 14 bleibt zwischen diesen jeweils ein Spalt frei, sodass die Anzahl der auf einer vorgegebenen Breite nebeneinander angeordneten Träger 14 in einer solchen Ausführung geringer ist.

[0020] Um den elektrischen Kontakt dauerhaft konstant zu gewährleisten, kommt es entscheidend auf den Reinheitsgrad der Beschichtung an. Je weniger Trägermaterial nahe der Oberfläche der Beschichtung 20 enthalten ist, umso genauer wird die gewünschte Legierungszusammensetzung erreicht bzw. eingehalten und umso geringer sind Korrosionserscheinungen an der Beschichtungsoberfläche und umso konstanter bleibt der Übergangswiderstand über die Zeit.

[0021] Zur Herstellung der Beschichtung 20 wird auf die Oberflächen der Träger 14 kontinuierlich Beschichtungsmaterial, vorzugsweise Metallpulver aus einer ein Edelmetall enthaltenen Legierung, aufgebracht. Das Auftragsschweißen, welches vorzugsweise unter Schutzgas stattfindet, erfolgt mittels eines gepulsten Laserstrahls. Dabei kommt es entscheidend darauf an, dass die Betriebsparameter derart dimensioniert sind,

dass die Temperatur im Schweißbereich 22 um die Schmelztemperatur oszilliert und zwar dergestalt, dass die Schmelze abwechselnd verflüssigt wird und wieder erstarrt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt die Pulsenergie eines Laserpulses zwischen etwa 0,5mJ und 5mJ, insbesondere zwischen 1mJ und 2mJ. Die wirksame Laserstrahlquerschnittsfläche beläuft sich bei einem bevorzugten Laserstrahldurchmesser von 250µm auf etwa 0,05mm². Bei einer Pulsenergie von beispielsweise 2mJ ergibt sich somit eine Pulsenergiedichte von etwa 40mJ/mm² pro Laserpuls. Die Pulslänge beläuft sich auf etwa 0,01ms bis 0,1ms, vorzugsweise auf 0,025ms bis 0,075ms. Die Laserpulsrepetitionsrate innerhalb eines Laserpulszugs mit etwa 10 bis 20 Laserpulsen beträgt etwa 10.000Hz. Die mittlere Leistung eines Laserpulses beträgt etwa zwischen 1000mW und 10000mW, bevorzugt zwischen 1500mW und 2500mW, wobei die Puls-spitzenleistung etwa 50W bis 200W, vorzugsweise 100W bis 150W beträgt. Die Leistungsdichte eines Pulses liegt im Bereich von etwa 1·10⁴W/cm² bis 1·10⁵W/cm². Die Dicke der mit einer Laserüberfahrt aufgetragenen Beschichtung beträgt je nach Erfordernis ca. 10µm bis 50µm, mit Vorteil etwa 30µm. Um eine flächige Beschichtung zu erreichen, ist mit Vorteil vorgesehen, dass die Beschichtung in mehreren Laserpulszügen erfolgt, wobei zur Beschichtung der Oberfläche eines Runddrahtes eines Mikrokontaktes etwa ein Laserpulszug notwendig ist und zur Beschichtung einer Federzunge etwa drei Laserpulszüge notwendig sind. Die Beschichtungslänge eines Laserpulszuges beträgt etwa 0,1 mm. Die Laserpulszugrepetitionsrate beträgt zwischen 50Hz und 500Hz, bevorzugt zwischen 50Hz und 150Hz. In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der Laserstrahldurchmesser von etwa 250µm groß gegenüber dem Durchmesser eines einzelnen Trägers (Runddraht) von 0,1 mm. In dem beschriebenen Ausführungsbeispiel beträgt die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserstrahl und Träger 5mm/s. Bei Trägern, die breiter sind, als der Durchmesser des Laserstrahls, wird dieser nach einem Pulszug benachbart zu einer bereits beschichteten Spur positioniert. Auf diese Weise kann eine flächige Beschichtung streifenförmig aufgebaut werden. Es können auch mehrere Laserstrahlen seriell und/oder parallel eingesetzt werden, um die Prozessgeschwindigkeit zu steigern.

[0022] In Figur 6 sind die relative Laserpulsenergie und die Temperatur in der Schmelzzone während eines Laserpulszuges, hier mit beispielhaft lediglich sechs periodischen Einzellaserpulsen, als Funktion der Zeit dargestellt. Die absoluten Dimensionsangaben ergeben sich aus den in der Beschreibung und den Ansprüchen angegebenen Wertebereichen. In dem Diagramm ist zu erkennen, dass während Laserpulse gleicher Energie aufeinander folgen, die Temperatur im Schweißbereich um die Schmelztemperatur des Trägermaterials und des Beschichtungsmaterials oszilliert. In dem Diagramm ist beispielhaft dargestellt, dass die Energie des Laserstrahls

zwischen zwei benachbarten Energiespitzen auf den Wert null absinkt. Dies ist nicht zwingend notwendig - es reicht aus, wenn zwischen zwei Spitzen eine Phase geringerer Laserenergie vorgesehen ist. Die Parameter müssen so gewählt sein, dass die Schmelze ausreichend Zeit hat, die Wärme an das Trägermaterial zumindest teilweise abzugeben und dadurch zu erstarren. Es sind daher auch Laserpulszüge denkbar, bei denen zwischen den einzelnen Laserpulsen längere Pausen ohne Laserbeaufschlagung eingehalten werden, die als Abkühlphasen dienen. Die dargestellte Kurvenform des Energieverlaufs der Laserpulse ist nur beispielhaft gewählt. Andere Kurvenformen sind ebenso denkbar, z.B. ein stärker rechteckförmiger, trapezförmiger, sinusförmiger oder dreieckförmiger Energieverlauf. Am Ende des Laserpulszuges kühlt die Schmelze in dem Zeitintervall 3 wieder ab und die Beschichtung erstarrt vollständig.

[0023] In Figur 7 ist ein alternativer Verlauf der relativen Laserpulsenergie als Funktion der Zeit dargestellt. Die absoluten Dimensionsangaben ergeben sich aus den in der Beschreibung und den Ansprüchen angegebenen Wertebereichen. In dem Diagramm ist zu erkennen, dass die Energiespitzen der aufeinanderfolgenden Laserpulse eines Laserpulszuges logarithmisch abnehmen. Hierdurch wird die während eines Laserpulszuges auftretende Erwärmung des Trägermaterials kompensiert bzw. berücksichtigt. Die Temperatur im Schweißbereich oszilliert erfindungsgemäß ebenfalls um die Schmelztemperatur des Trägermaterials und des Beschichtungsmaterials.

[0024] In Figur 5 ist der kaskadische Aufbau der Beschichtung 20 schematisch dargestellt. Der Pfeil 24 symbolisiert die Relativgeschwindigkeit zwischen Laserstrahl 26 und Träger 14, wobei sich der Laserstrahl relativ zum Träger nach rechts bewegt in Pfeilrichtung. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt diese Relativgeschwindigkeit 5mm/s, wobei der Laser fixiert ist und der Träger 14 unterhalb des Lasers hindurch nach links bewegt wird. Beschichtungsmaterial 28 wird dem Schweißbereich 22 kontinuierlich zugeführt. In diesem Ausführungsbeispiel wird das Beschichtungsmaterial 28 als Metallpulver mittels eines nicht dargestellten Pulverförderers aufgeblasen. Es ist auch denkbar, das Beschichtungsmaterial von einem Vorratskörper, beispielsweise einem Draht aus Beschichtungsmaterial, durch Laserbeschuss abzutragen und dadurch dem Schweißbereich zuzuführen (sogenanntes Laser-Droplet-Welding).

[0025] Dadurch, dass die Schmelze im Schweißbereich abwechselnd verflüssigt wird und wieder erstarrt, bleibt das gesamte Schmelzvolumen sehr klein. In Figur 5 wird der Laserstrahl 26 und die Pulverzuführung in der Zeichenebene nach rechts bzw. der Träger 14 nach links bewegt. Im rechten Bereich des Schweißbereichs 22 wird das Trägermaterial 14 sowie das in diesem Bereich befindliche Beschichtungsmaterial 28 aufgeschmolzen, wodurch sich die beiden Materialien durchmischen und danach wieder erstarren. Bei diesem Vorgang wandert

der Laserstrahl 26 in der Zeichenebene minimal weiter nach rechts. Durch den nachfolgenden Laserpuls wird nur die obere Schicht des soeben beschriebenen Bereichs des Schmelzbereichs 22 und das zwischenzeitlich neu hinzu gekommene Beschichtungsmaterial wieder verflüssigt. Hierdurch steigt der prozentuale Anteil des Beschichtungsmaterials 28 in diesem Bereich der Schmelze und die Vermischung mit aufgeschmolzenem Trägermaterial nimmt sehr schnell ab. Je dicker die Beschichtung 20 wird, umso höher wird der Reinheitsgrad (Anteil an Beschichtungsmaterial) im oberen Bereich der Beschichtung 20. Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielten Reinheitsgrade können nur dadurch erzielt werden, dass die Schmelze abwechselnd verflüssigt wird und wieder erstarrt. Hierdurch wird immer nur die jeweils obere Schicht der aufgetragenen Beschichtung angeschmolzen, was dazu führt, dass der prozentuale Anteil des neu hinzu kommenden, kontinuierlich zugeführten Beschichtungsmaterials sich mit steigender Beschichtungsdicke erhöht. Bereits bei geringen Dicken der Beschichtung ergibt sich eine hohe Reinheit des Beschichtungsmaterials im Oberflächenbereich. Das Metallpulver hat auf Grund des sehr großen Oberflächen-/Volumenverhältnisses eine hohe spezifische Absorption der Laserenergie und wird dadurch bevorzugt aufgeheizt und aufgeschmolzen. Das "spiegelnde" Grundmaterial des Trägers absorbiert die Laserenergie nur in einer Tiefe bis etwa der Größe der Wellenlänge des Lasers und wird dadurch nur an der Oberfläche erhitzt. Durch einen Wärmeleitprozess wird die Wärme in den Träger abgeführt. Hierdurch erhält man ein vorteilhaftes Verhältnis von Beschichtungsmaterial zu Trägermaterial in der Beschichtung.

[0026] Beispielsweise kann aufgrund der Variation der Relativgeschwindigkeit der Beschichtungsdickenverlauf und der Beschichtungskonturverlauf variiert werden. Soll die Beschichtung an einigen Stellen des Trägers dicker ausgeführt werden als an anderen Stellen, so kann dieser spezielle Bereich entweder mehrmals mit dem Laser überfahren werden oder die Relativgeschwindigkeit kann in dem Bereich reduziert werden. Ebenso ist es denkbar, beispielsweise über die Laserpulsenergie, die Laserpulslänge sowie die Repetitionsrate Einfluss auf den Beschichtungsvorgang zu nehmen.

[0027] In Figur 8 ist eine alternative Ausgestaltung eines Mikroschleifkontaktes dargestellt. Im Gegensatz zu der in Figur 4 dargestellten Ausführungsvariante ist die Kontakt gebende Beschichtung 20 nicht an den freien Enden 18 der Träger 14 vorgesehen. Die Kontakt gebende Beschichtung 20 ist vielmehr am Außenradius des abgebogenen Trägers 14 vorgesehen. Der Träger 14 sitzt mit der am Außenradius vorgesehenen Beschichtung 20 auf nicht dargestellten Leiterbahnen auf. Auf diese Weise kann der Mikroschleifkontakt über die Beschichtung 20, die Träger 14 und das U-förmige Stanzteil 10 zwei Leiterbahnen miteinander verbinden.

Bezugszeichenliste

[0028]

- | | | |
|----|----|--------------------------------|
| 5 | 10 | Stanzteil |
| | 12 | Trägerblock |
| | 14 | Träger |
| | 16 | Prägerippen |
| | 18 | freies Ende |
| 10 | 20 | Beschichtung |
| | 22 | Schweißbereich |
| | 24 | Pfeil (Relativgeschwindigkeit) |
| | 26 | Laserstrahl |
| | 28 | Beschichtungsmaterial |

Patentansprüche

1. Kontaktherstellungsverfahren, wobei eine Kontakt gebende Beschichtung auf einen Träger durch Laserschweißen unter Verwendung eines gepulsten Lasers, unter Zuführung von Beschichtungsmaterial, in mindestens einem Laserpulszug aufgebracht wird,
dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsparameter des gepulsten Lasers derart dimensioniert sind, dass die Temperatur im Schweißbereich während des Schweißvorgangs um die Schmelztemperatur oszilliert und zwar dergestalt, dass die Schmelze abwechselnd verflüssigt wird und wieder erstarrt, und dass maßgebliche Betriebsparameter die Laserpulsenergie und die Abstände zwischen Laserpulsspitzen sind, und dass die Laserpulsenergie ausreichend sein muss, um sowohl das Trägermaterial als auch das Beschichtungsmaterial zu schmelzen, und dass die Abstände zwischen Laserpulsspitzen derart gewählt sein müssen, dass die Schmelze ausreichend Zeit erhält, um die Temperatur durch Wärmeleitung in das Trägermaterial und/oder in das bereits aufgebrachte Beschichtungsmaterial unter die Schmelztemperatur abzusenken.
2. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Laserpulszug, vorzugsweise etwa 10 bis etwa 20, zeitlich voneinander beabstandete Laserpulse beinhaltet, vorzugsweise mit in etwa gleicher Spitzenenergie und/oder mit in etwa gleicher Energiedichte und/oder mit in etwa gleicher Pulslänge.
3. Kontaktherstellungsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Energiedichte eines Laserpulses etwa $0,05 \text{ mJ/cm}^2$ bis etwa $0,5 \text{ mJ/cm}^2$, vorzugsweise etwa $0,1 \text{ mJ/cm}^2$ bis etwa $0,2 \text{ mJ/cm}^2$ beträgt.
4. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vor-

hergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Laserpulslänge etwa 0,01ms bis etwa 0,1ms, vorzugsweise etwa 0,025ms bis etwa 0,075ms beträgt.

5. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Laserpulsrepetitionsrate etwa 5kHz bis etwa 50kHz, vorzugsweise etwa 10kHz bis 20kHz, beträgt. 5
6. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Laserpulsspitzenleistungsichte etwa $1 \cdot 10^4 \text{W/cm}^2$ bis etwa $1 \cdot 10^5 \text{W/cm}^2$ beträgt. 10
7. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der wirksame Laserstrahldurchmesser etwa 0,1mm bis etwa 1mm, vorzugsweise etwa 0,2mm bis etwa 0,5mm beträgt. 15
8. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlquerschnittsfläche etwa $0,03 \text{mm}^2$ bis etwa $3,15 \text{mm}^2$, vorzugsweise etwa $0,28 \text{mm}^2$ bis etwa $0,79 \text{mm}^2$ beträgt. 20
9. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine Relativbewegung zwischen Laser und Träger vorgesehen ist, wobei die Relativgeschwindigkeit zwischen Laser und Träger etwa 1mm/s bis 20mm/s, vorzugsweise etwa 5mm/s bis 10mm/s beträgt. 25
10. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Beschichtung eines Trägers mehrere Laserpulszüge ausgeführt werden, vorzugsweise mit einer Laserpulszugrepetitionsrate von etwa 50Hz bis etwa 500Hz, vorzugsweise von etwa 50Hz bis etwa 150Hz. 30
11. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die mit einem Laserpulszug aufgetragene Beschichtungsdicke etwa $5 \mu\text{m}$ bis etwa $100 \mu\text{m}$, vorzugsweise etwa $30 \mu\text{m}$, beträgt. 35
12. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl nach einem Pulszug neu positioniert wird, vorzugsweise benachbart zu einer bereits beschichteten 40

Spur zur Herstellung einer flächigen Beschichtung.

13. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Energiespitze des ersten Laserpulses eines Laserpulszuges höher ist, oder die Energiespitzen der ersten Laserpulse eines Laserpulszuges höher sind, als die übrigen Energiespitzen der Laserpulse des Laserpulszuges. 45
14. Kontaktherstellungsverfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass die Energiespitzen der aufeinanderfolgenden Laserpulse eines Laserpulszuges, vorzugsweise linear oder logarithmisch, abnehmen. 50
15. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur der Schmelze, insbesondere mit einer Infrarotkamera, überwacht wird und dass in Abhängigkeit der Temperatur der Schmelze die Laserstrahlbeaufschlagung der Schmelze gesteuert wird, vorzugsweise in der Art, dass wenn die Temperatur der Schmelze unter die Schmelztemperatur sinkt, die Schmelze mit mindestens einem Laserpuls beaufschlagt wird. 55
16. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass eine geometrisch adaptive Beschichtung des Trägers (14) mit dem Beschichtungsmaterial (28) erfolgt, indem zumindest ein Betriebsparameter während des Schweißvorgangs, vorzugsweise in Abhängigkeit der Temperatur des Trägers (14) und/oder in Abhängigkeit der Temperatur der Beschichtung (20) und/oder in Abhängigkeit der Temperatur der Schmelze und/oder in Abhängigkeit der Beschichtungsdicke, verändert wird.
17. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungsdicke **dadurch** variiert wird, dass mit dem Laserstrahl mehrere Überfahrten über dieselbe Stelle durchgeführt werden, vorzugsweise indem eine bereits beschichtete Spur mehrmals überfahren wird.
18. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die hergestellten Kontakte Mikroschleifkontakte mit mehreren mit einer Beschichtung versehenen Kontaktfedern sind.
19. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Beschich-

tungsmaterial (28) aus einer Legierung besteht, die mindestens ein Edelmetall enthält.

20. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung für die Beschichtung eines oder mehrere der Metalle Platin, Palladium, Gold und Silber enthält. 5
21. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung mit mindestens einem Edelmetall Kupfer enthält. 10
22. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge des Laserlichtes für kupferhaltiges Trägermaterial etwa 532nm beträgt. 15
23. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenlänge des Laserlichtes für eisenhaltiges Trägermaterial etwa 1064nm beträgt 20
24. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführung von Beschichtungsmaterial kontinuierlich erfolgt. 25
25. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial als Pulver zugeführt, vorzugsweise mittels eines Pulverförderers mit Schutzgas (z. B. Ar, N₂, He) aufgeblasen, wird. 30
26. Kontaktherstellungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Beschichtungsmaterial von einem Vorratskörper, insbesondere einen Draht aus Beschichtungsmaterial, durch Laserbeschuss abgeschmolzen und **dadurch** dem Schweißbereich zugeführt wird. 35

Claims

1. A process for producing a contact, whereby a coating that provides a contact is applied in at least one laser pulse train to a substrate by means of laser welding using a pulsed laser as the coating material is introduced,
characterised in that the operating parameters of the pulsed laser are dimensioned in such a manner that during the welding process the temperature in the welding area oscillates around the melting point, 40

specifically in such a manner that the melt alternately liquefies and again solidifies,
and in that significant operating parameters are the laser pulse energy and the distances between the laser pulse peaks,
and in that the laser pulse energy has to be sufficient to melt the substrate material as well as the coating material,
and in that the distances between laser pulse peaks have to be selected in such a manner that the melt has sufficient time to reduce the temperature by heat conduction into the substrate material and/or into the already applied coating material.

2. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that a laser pulse train contains preferably about 10 to 20 laser pulses that are separated from each other in time, preferably with an approximately equal peak energy and/or with an approximately equal energy density and/or with an approximately equal pulse duration. 45
3. A process for producing a contact according to Claim 1,
characterised in that the energy density of a laser pulse is from about 0.05 mJ/cm² to about 0.5 mJ/cm², preferably about 0.1 mJ/cm² to about 0.2 mJ/cm². 50
4. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the laser pulse duration is from about 0.01 ms to about 0.1 ms, preferably about 0.025 ms to about 0.075 ms. 55
5. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the laser pulse repetition rate is from about 5 kHz to about 50 kHz, preferably about 10 kHz to 20 kHz.
6. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the laser pulse peak power density is from about 1*10⁴ W/cm² to about 1*10⁵ W/cm².
7. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the effective laser beam diameter is from about 0.1 mm to about 1 mm, preferably about 0.2 mm to about 0.5 mm.
8. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the laser beam cross-sectional area is from about 0.03 mm² to about 3.15 mm²,

preferably about 0.28 mm² to about 0.79 mm².

9. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that a relative movement between the laser and the substrate is provided, the relative speed between the laser and the substrate being from about 1 mm/s to 20 mm/s, preferably about 5 mm/s to 10 mm/s.
10. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that several laser pulse trains are performed in order to coat a substrate, preferably with a laser pulse train repetition rate of from about 50 Hz to about 500 Hz, preferably from about 50 Hz to about 150 Hz.
11. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the coating thickness applied with one laser pulse train is from about 5 µm to about 100 µm, preferably about 30 µm.
12. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the laser beam is newly positioned after each pulse train, preferably adjacent to an already coated track, in order to produce a flat coating.
13. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the energy peak of the first laser pulse of a laser pulse train is higher or the energy peaks of the first laser pulses of a laser pulse train are higher than the remaining energy peaks of the laser pulse train.
14. A process for producing a contact according to Claim 13,
characterised in that the energy peaks of the successive laser pulses of a laser pulse train decrease, preferably in linear or logarithmic manner.
15. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the temperature of the melt is monitored, particularly with an infrared camera,
and in that the action of the laser beam upon the melt is controlled as a function of the temperature of the melt, preferably in such a manner that when the temperature of the melt drops below the melting temperature, the melt is acted upon by at least one laser pulse.
16. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,

characterised in that a geometrically adaptive coating of the substrate (14) with the coating material (28) is carried out by modifying at least one operating parameter during the welding operation, preferably as a function of the temperature of the substrate (14), and/or as a function of the temperature of the coating (20), and/or as a function of the temperature of the melt, and/or as a function of the coating thickness.

17. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the coating thickness is varied by the laser beam making several passes over the same point, preferably by making several passes over an already coated track.
18. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the contacts produced are micro sliding contacts with several contact springs provided with a coating.
19. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the coating material (28) is made of an alloy that contains at least one precious metal.
20. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the alloy for the coating contains one or more of the metals platinum, palladium, gold, and silver.
21. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the alloy with at least one precious metal contains copper.
22. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the wave length of the laser light for the substrate material containing copper is about 532 nm.
23. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the wavelength of the laser light for substrate material containing iron is about 1064 nm.
24. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the coating material is supplied continuously.
25. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,

characterised in that the coating material is supplied as a powder, preferably blown by means of a powder conveyor using protective gas (e.g. Ar, N₂, He).

26. A process for producing a contact according to one of the preceding Claims,
characterised in that the coating material is supplied from a supply body, in particular a wire made from coating material, is melted by laser bombardment and thereby fed into the welding area.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un contact, selon lequel on dépose un revêtement donnant contact sur un support par soudage au laser en utilisant un laser pulsé, avec apport de matière de revêtement, dans au moins un train d'impulsions laser,
caractérisé en ce que
les paramètres de fonctionnement du laser pulsé sont dimensionnés de telle façon que la température dans la zone de soudage pendant l'opération de soudage oscille autour du point de fusion, notamment de telle façon que le bain soit alternativement liquéfié et de nouveau solidifié, les paramètres de fonctionnement déterminants étant l'énergie des impulsions laser et les écarts entre pointes d'impulsions laser, l'énergie des impulsions laser doit être suffisante pour fondre aussi bien la matière du support que la matière de revêtement, et on choisit les écarts entre les pointes d'impulsion laser pour que le bain ait suffisamment de temps pour que la température baisse en dessous du point de fusion par conduction thermique dans la matière du support et/ou dans la matière de revêtement déjà déposée.
2. Procédé de fabrication d'un contact selon la revendication précédente,
caractérisé en ce qu'
un train d'impulsions laser contient de préférence environ 10 à environ 20 impulsions laser espacées l'une de l'autre dans le temps, de préférence avec une énergie de pointe sensiblement égale et/ou avec une densité d'énergie sensiblement égale et/ou avec une longueur d'impulsion sensiblement égale.
3. Procédé de fabrication d'un contact selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
la densité d'énergie d'une impulsion laser atteint environ 0,05 mJ/cm² à environ 0,5 mJ/cm², de préférence environ 0,1 mJ/cm² à environ 0,2 mJ/cm².
4. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que

la longueur d'impulsion laser atteint environ 0,01 ms à environ 0,1 ms, de préférence environ 0,025 ms à environ 0,075 ms.

5. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la fréquence de répétition des impulsions laser atteint environ 5 kHz à environ 50 kHz, de préférence environ 10 kHz à environ 20 kHz.
6. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la densité de puissance des pointes d'impulsions laser atteint environ 1*10⁴ W/cm² à environ 1*10⁵ W/cm².
7. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le diamètre utile du faisceau laser atteint environ 0,1 mm à environ 1 mm, de préférence environ 0,2 mm à environ 0,5 mm.
8. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la surface de la section transversale du faisceau laser atteint environ 0,03 mm² à environ 3,15 mm², de préférence environ 0,28 mm² à environ 0,79 mm².
9. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on prévoit un mouvement relatif entre le laser et le support, dans lequel la vitesse relative entre le laser et le support atteint environ 1 mm/s à 20 mm/s, de préférence environ 5 mm/s à 10 mm/s.
10. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on émet plusieurs trains d'impulsions laser pour le revêtement d'un support, de préférence avec une fréquence de répétition des impulsions laser d'environ 50 Hz à environ 500 Hz, de préférence d'environ 50 Hz à environ 150 Hz.
11. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'épaisseur du revêtement déposé avec un train d'impulsions laser atteint environ 5 µm à environ 100 µm, de préférence environ 30 µm.
12. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

le faisceau laser est de nouveau positionné après un train d'impulsions, de préférence à proximité d'une trace déjà revêtue pour la réalisation d'un revêtement étendu.

13. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la pointe d'énergie d'une première impulsion laser d'un train d'impulsions laser est plus élevée, ou les pointes d'énergie des premières impulsions laser d'un train d'impulsions laser sont plus élevées que les autres pointes d'énergie des impulsions laser du train d'impulsions laser.

14. Procédé de fabrication d'un contact selon la revendication 13,

caractérisé en ce que

les pointes d'énergie des impulsions laser successives d'un train d'impulsions laser diminuent de préférence de façon linéaire ou logarithmique.

15. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'

on surveille la température du bain, en particulier avec une caméra infrarouge, et on commande l'exposition du bain au faisceau laser en fonction de la température du bain, de préférence de telle façon que, lorsque la température du bain descend en dessous du point de fusion, le bain reçoive au moins une impulsion laser.

16. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'

on produit un revêtement s'adaptant géométriquement du support (14) avec la matière de revêtement (28), en modifiant au moins un paramètre de fonctionnement pendant l'opération de soudage, de préférence en fonction de la température du support (14) et/ou en fonction de la température du revêtement (20) et/ou en fonction de la température du bain et/ou en fonction de l'épaisseur du revêtement.

17. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce qu'

on fait varier l'épaisseur du revêtement en effectuant plusieurs passages au même endroit avec le faisceau laser, de préférence en passant plusieurs fois sur une trace déjà revêtue.

18. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

les contacts fabriqués sont des microcontacts frot-

tants avec plusieurs ressorts de contact pourvus d'un revêtement.

19. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la matière de revêtement (28) se compose d'un alliage qui contient au moins un métal noble.

20. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

l'alliage pour le revêtement contient un ou plusieurs des métaux platine, palladium, or et argent.

21. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

l'alliage contient du cuivre avec au moins un métal noble.

22. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la longueur d'onde de la lumière laser pour une matière de support contenant du cuivre atteint environ 532 nm.

23. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la longueur d'onde de la lumière laser pour une matière de support contenant du fer atteint environ 1064 nm.

24. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

l'apport de matière de revêtement est effectué en continu.

25. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la matière de revêtement est apportée sous forme de poudre, de préférence est soufflée au moyen d'un transporteur de poudre sous gaz protecteur (par exemple Ar, N₂, He).

26. Procédé de fabrication d'un contact selon l'une quelconque des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

la matière de revêtement est fondue à partir d'un corps d'appoint, en particulier un fil en matière de revêtement, par exposition au laser et de cette façon apportée à la zone de soudage.

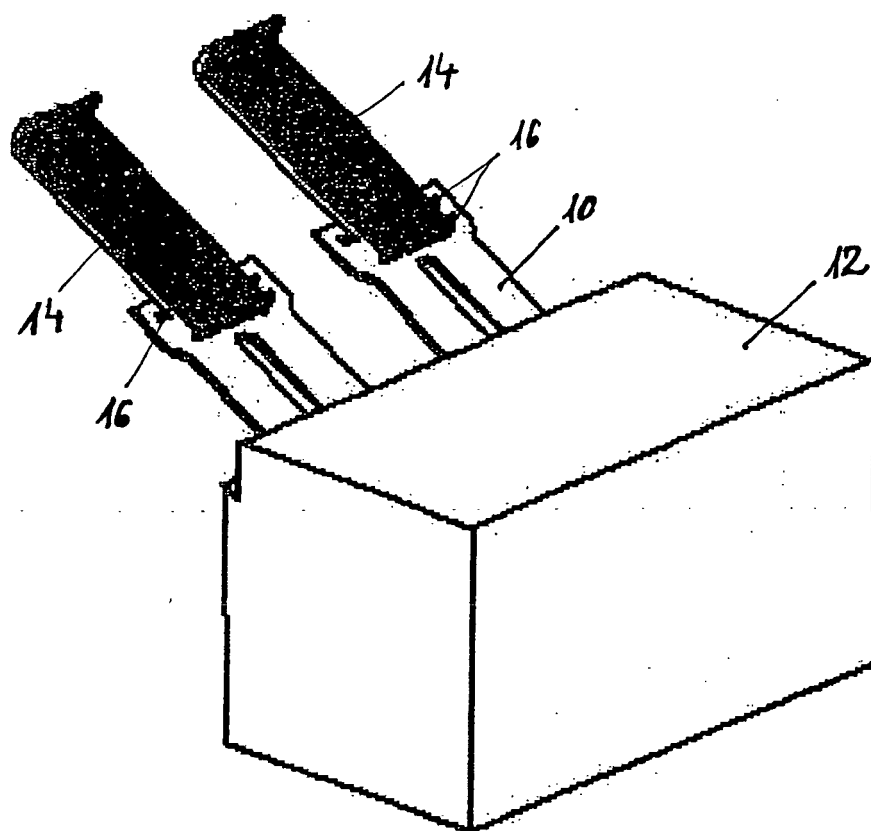


Fig. 1

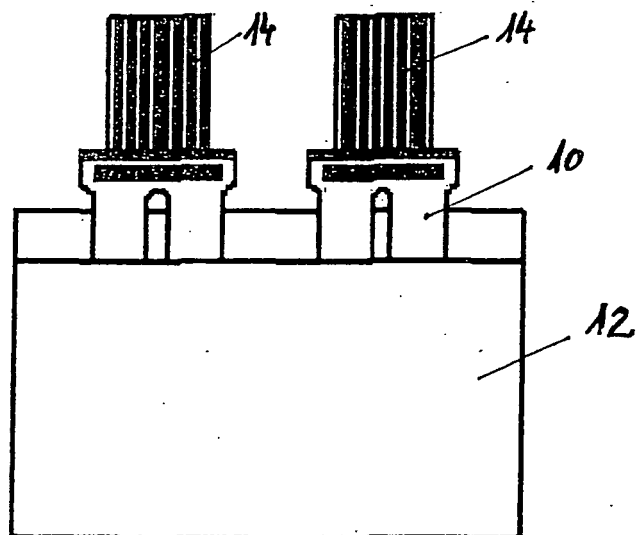


Fig. 2

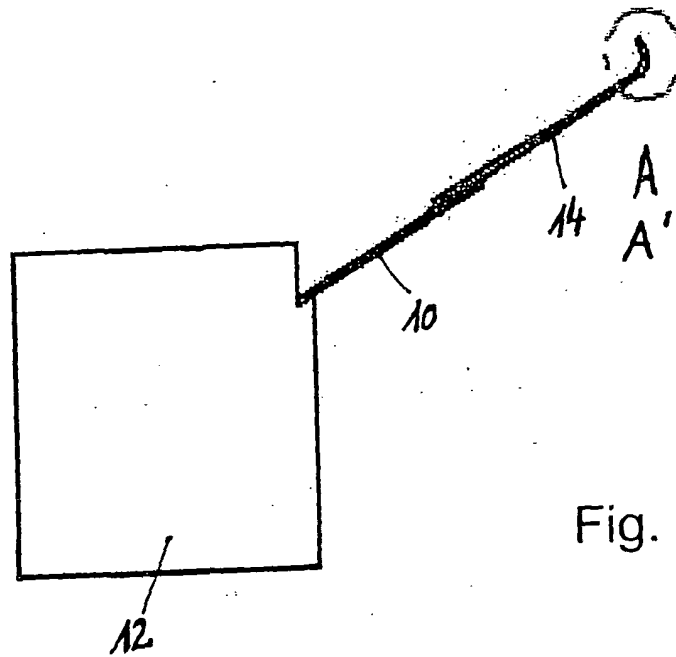
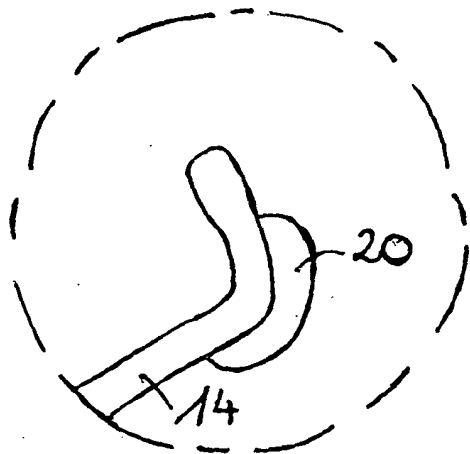
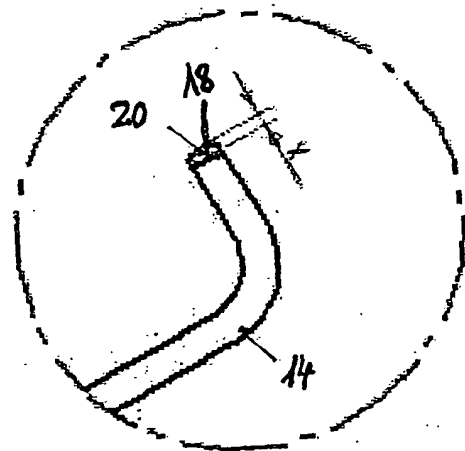


Fig. 3



ALTERNATIVE EINZELHEIT A'

Fig. 8



EINZELHEIT A
50:1

Fig. 4

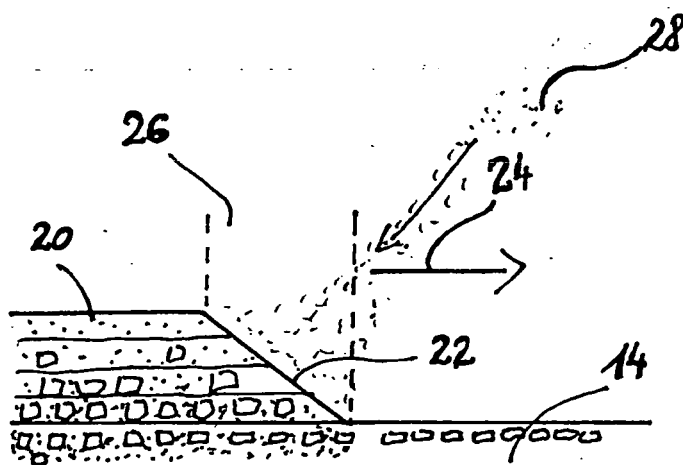


Fig. 5

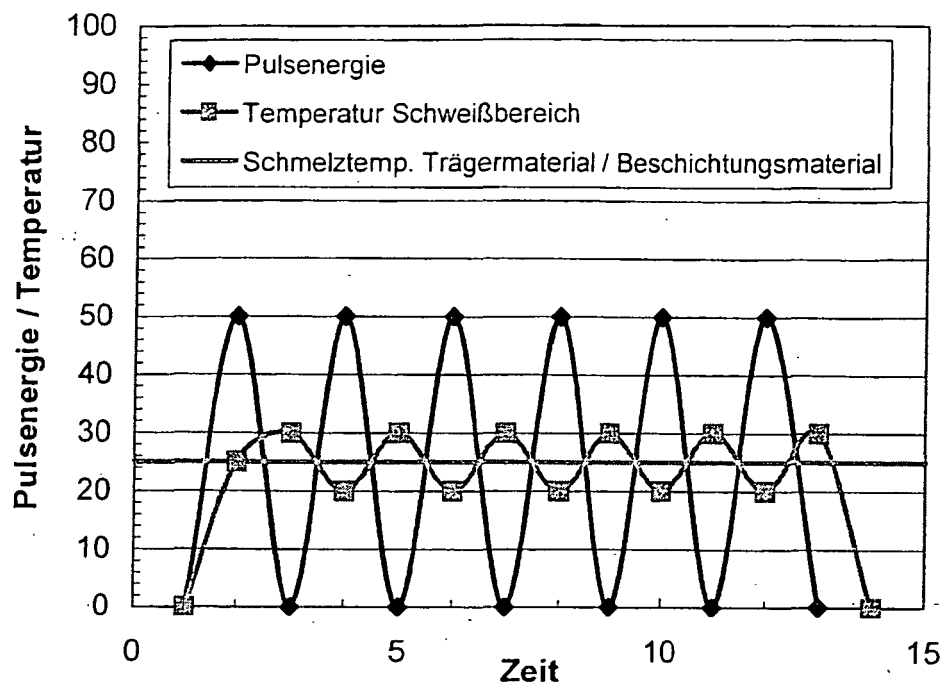


Fig. 6

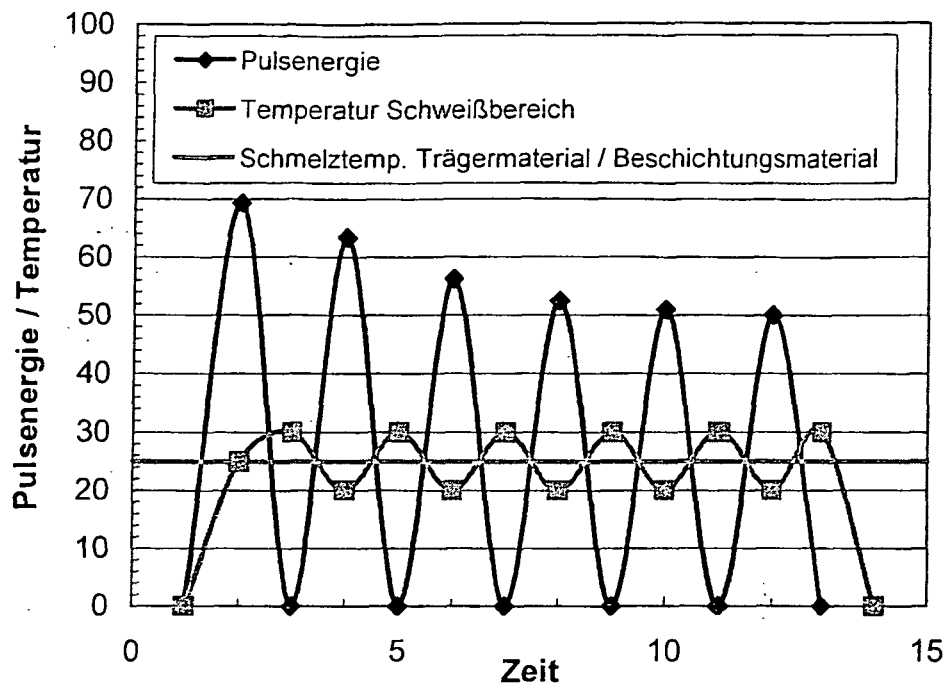


Fig. 7