(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2017 201 731 A1** 2018.08.09

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 201 731.7**
(22) Anmeldetag: **03.02.2017**
(43) Offenlegungstag: **09.08.2018**

(51) Int Cl.: ***B23K 11/31*** (2006.01)
B23K 11/11 (2006.01)

(71) Anmelder:
Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft, 80809 München, DE

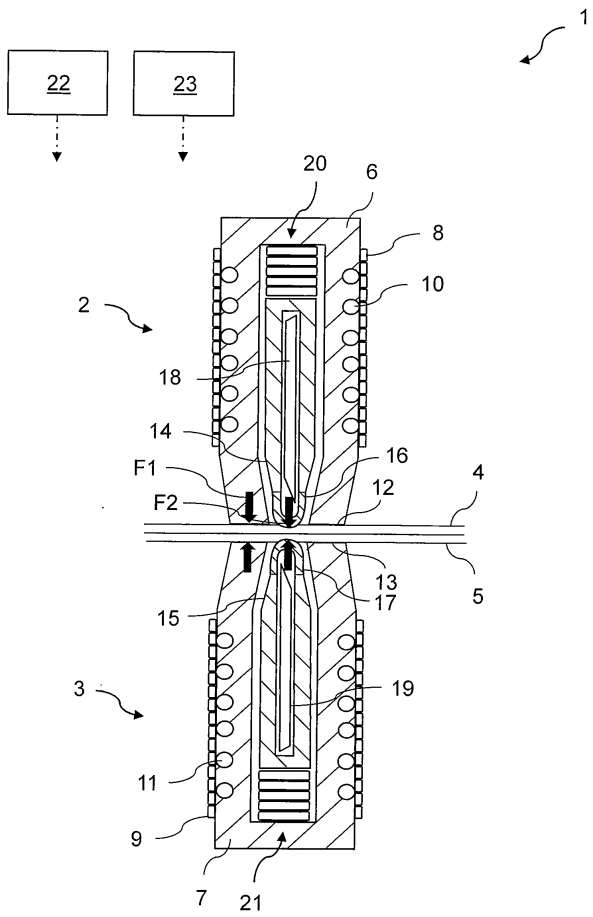
(72) Erfinder:
Wuerzinger, Simon, 93359 Wildenberg, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Schweißvorrichtung zum elektrischen Widerstandspunktschweißen und Verfahren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schweißvorrichtung und ein Verfahren zum elektrischen Widerstandspunktschweißen mit zwei Elektrodenhaltern (2, 3) für zwei Elektroden (14, 15), die mit einem Schweißstrom beaufschlagbar sind, wobei zumindest einer der beiden Elektrodenhalter (2, 3) über eine Zustellvorrichtung derart bewegbar ist, dass die Elektroden (14, 15) unter Zwischenlage der zu verschweißenden Bauteile (4, 5) in einer Schließbewegung zusammenführbar sind. Die Elektrodenhalter (2, 3) weisen Anpressflächen (12, 13), die durch die Schließbewegung in Anlage mit den Bauteilen (4, 5) bringbar sind, die Elektrodenhalter (2, 3) sind zumindest zeitweise derart magnetisierbar, dass die Schließkraft (F1) durch magnetische Anziehung zwischen den Anpressflächen (12, 13) auf die Bauteile (4, 5) aufbringbar ist und die Elektroden (14, 15) sind durch jeweils eine Zustelleinrichtung (20, 21) relativ zum entsprechenden Elektrodenhalter (2, 3) in Richtung auf die Bauteile zustellbar.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schweißvorrichtung zum Widerstandspunktschweißen nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1, mit zwei Elektrodenhaltern für zwei Elektroden, die mit einem Schweißstrom beaufschlagbar sind, wobei zumindest einer der beiden Elektrodenhalter über eine Zustellvorrichtung derart bewegbar ist, dass die Elektroden unter Zwischenlage der zu verschweißenden Bauteile in einer Schließbewegung zusammenführbar sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Widerstandspunktschweißen.

[0002] Solche Schweißvorrichtungen sind allgemein bekannt, sie sind üblicherweise als bewegliche Schweißzangen ausgeführt, z.B. in X-Form oder C-Form. Bei der X-Form sind die Elektrodenhalter an den Enden gelenkig verbundener Arme befestigt. Zur Schließbewegung schwenken die Arme oder ein Arm um das Gelenk, wodurch die Elektrodenhalter aufeinander zubewegt werden. Bei der C-Form sind die Elektrodenhalter an gegenüberliegenden Enden eines C-förmigen Rahmens angeordnet. Zur Realisierung der Schließbewegung wird bei dieser Bauform eine Elektrode linear auf die andere, festgelagerte Elektrode zubewegt. Die Umsetzung der Zangenbewegung erfolgt üblicherweise durch eine Zustellvorrichtung in Form eines Linearantriebs, der z.B. als servo-elektrischer, hydraulischer oder pneumatischer Antrieb gestaltet sein kann. Zum Stand der Technik wird beispielhaft auf die Druckschriften DE 20 2008 013 883 U1 verwiesen.

[0003] Die Elektroden bringen zunächst eine Schließkraft auf die Bauteile auf, die dazu dient, die Bauteile aneinander zu pressen, einen eventuell vorhandenen Spalt zu beseitigen und einen definierten Bauteilkontakt und Widerstand zu gewährleisten.

[0004] Zur Ausbildung des Schweißpunktes werden die Elektroden mit einem Schweißstrom beaufschlagt, der durch die Elektrodenkappen in das Werkstück fließt. Aufgrund der Widerstandserwärmung wird das Material im Bereich zwischen den Elektroden teigig verformbar bis schmelzflüssig, wodurch die Elektroden in das Bauteilmaterial eindringen können. Hierdurch verändert sich der Widerstand und die von den Elektroden auf die Bauteile wirkende Schweißkraft. Deshalb erfolgt während der Schweißung eine Nachsetzbewegung zur Kompensation des Effekts und zur Aufrechterhaltung der Schweißkraft.

[0005] Aufgrund der Vielzahl von Punktschweißungen soll die Schließbewegung der Zange möglichst schnell erfolgen. Gleichzeitig muss die Zangenkonstruktion jedoch auch die erforderlichen hohen Schließ- und Schweißkräfte aufbringen können, was sehr hohe Anforderungen an die Robotik zur Übertragung der Prozesskräfte stellt. Deshalb sind bekannte Lösungen häufig schwer, aufwendig und teuer und hinsichtlich der Nachsetzbewegung träge.

[0006] Zur Verbesserung der Erzeugung der Schweißkraft ist es z.B. aus der Druckschrift DE 10 2012 112 547 A1 bekannt, die erforderliche Nachsetzbewegung durch einen Elektromagneten zu realisieren, der ergänzend zu der Schließbewegung der Zange eine Zustellbewegung der Elektrode in Richtung auf die Bauteile vornimmt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schweißvorrichtung und ein Verfahren anzugeben, womit die Erzeugung der Schweißkraft weiter verbessert werden kann und die Flexibilität gesteigert werden kann.

[0008] Gelöst wird die Aufgabe durch eine Schweißvorrichtung nach Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren nach Patentanspruch 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Bei der erfindungsgemäßen Schweißvorrichtung ist vorgesehen, dass die Elektrodenhalter Anpressflächen aufweisen, die durch die Schließbewegung in Anlage mit den Bauteilen bringbar sind. Die Elektrodenhalter sind zumindest zeitweise derart magnetisierbar, dass sie sich anziehen und die Anpressflächen die erforderliche Schließkraft auf die Bauteile übertragen. Zur Regelung der Schweißkraft sind die Elektroden durch jeweils eine Zustelleinrichtung relativ zum entsprechenden Elektrodenhalter in Richtung auf die Bauteile zustellbar.

[0010] Weiterhin wird ein Verfahren zum elektrischen Widerstandspunktschweißen angegeben bei dem zwei Elektroden unter Zwischenlage von zu verschweißenden Bauteilen in einer Schließbewegung zusammengeführt werden und mit einem elektrischen Schweißstrom beaufschlagt werden. Erfindungsgemäß weisen die Elektrodenhalter Anpressflächen auf, welche durch die Schließbewegung in Anlage mit den Bauteilen gebracht werden. Die Elektrodenhalter werden derart magnetisiert, dass sie sich anziehen und die Anpressflächen die erforderliche Schließkraft auf die Bauteile übertragen. Die Schweißkraft wird durch eine Bewegung der Elektroden relativ zum entsprechenden Elektrodenhalter angepasst, z.B. in Richtung auf oder weg von den Bauteilen.

[0011] Die Schließkraft wird erfindungsgemäß durch die magnetische Anziehung zwischen den Elektrodenhaltern erzeugt, wozu die Bauteile zwischen den Anpressflächen der sich gegenüberliegenden Elektrodenhalter eingespannt werden. Hierdurch können externe Einflüsse, welche während der Schweißung durch die Regelung kompensiert werden müssen, minimiert werden.

[0012] Während bei bekannten Schweißvorrichtungen die Höhe und Konstanz der Schweißkraft stets durch die Stabilität der Zangenkonstruktion und daraus resultierende Schwankungen in der Schließkraft mitbestimmt wird, ist erfindungsgemäß die Schweißkraft nun frei von solchen Einflüssen.

[0013] Zudem kann die Schweißvorrichtung besonders leicht gestaltet werden. Eine Zangenkonstruktion, die so stabil ausgelegt ist, dass sie den Schließkräften standhält, ist nicht länger erforderlich. Vielmehr kann eine Zangenkonstruktion hinsichtlich einer besonders schnellen Schließbewegung oder eines flexiblen Einsatzes optimiert werden. Sind die Elektrodenhalter an einer Zangenkonstruktion befestigt, so kann nur ein Zangenelement mit Elektrodenhalter bewegbar gestaltet sein oder beide Zangenelemente können bewegbar sein. Auch sind völlig neue, von bekannten Zangenkonstruktionen abweichende Gestaltungen möglich, wie z.B. die Anordnung der Elektrodenhalter an je einem Roboterarm, welcher dann die Funktion der Zustellvorrichtung zur Realisierung der Schließbewegung übernehmen kann. Somit ermöglicht die Erfindung auch deutlich schnellere Zykluszeiten und flexiblere Gestaltungskonzepte.

[0014] Zur Magnetisierung der Elektrodenhalter sind diese vorzugsweise als Elektromagneten ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass die Dauer und Stärke der Magnetisierung in einfacher Art und Weise durch die Dauer und Stärke des elektrischen Stromflusses im Elektromagneten beinflussbar ist. Zur Anregung der Elektromagnete kann beispielsweise ein Teil des Schweißstroms, z.B. eine Phase des Schweißtransformators, verwendet werden. Die Polung der Elektromagnete erfolgt so, dass sich die Elektrodenhalter anziehen.

[0015] Die als Elektromagnet ausgebildeten Elektrodenhalter weisen in einer Ausgestaltung einen ferromagnetischen Körper auf, der mit einer Kupferwicklung umwickelt ist. Der Strom wird durch die Kupferwicklung geleitet, wodurch ein magnetisches Feld erzeugt wird, das den ferromagnetischen Körper magnetisiert. Um eine übermäßige Erhitzung des Elektrodenhalters zu vermeiden, kann in dem Elektrodenhalter und insbesondere in dem ferromagnetischen Körper eine Fluidleitung vorgesehen sein, durch die ein Kühlfluid, wie z.B. Wasser hindurchleitbar ist.

[0016] Eine während der Schweißung erforderliche Nachsetzbewegung der Elektroden ist erfindungsgemäß durch die Zustelleinrichtungen realisierbar, welche jeweils eine Elektrode relativ zu dem zugehörigen Elektrodenhalter weiter in Richtung auf die Bauteile zustellen können. Diese Relativbewegung ermöglicht die Erzeugung bzw. Steuerung der eigentlichen Schweißkraft. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Zustelleinrichtung durch mindestens einen Piezoaktor gebildet. Bei dem Piezoaktor kann es sich z.B. um ein einzelnes piezoelektrisches Element, piezohydraulisch oder auch einen Stapel von piezoelektrischen Elementen handeln. Ferner kann auch durch geeignete Hebel und Untersetzungsverhältnisse die Wirklänge der Piezokristalle verlängert werden. Durch Anlegen einer Spannung erfahren die piezoelektrischen Elemente eine Dickenänderung, welche eine Bewegung der Elektrode relativ zum Elektrodenhalter bewirkt. Vorzugsweise ist der Piezoaktor so im Elektrodenhalter angeordnet, dass die erzeugte Dickenänderung (Longitudinaländerung) unmittelbar auf die Elektrode wirkt und diese bewegt. Sind besonders große Zustellbewegungen bzw. Schweißkräfte wünschenswert oder notwendig, so können auch zwei oder mehr Piezoaktoren in Reihe angeordnet werden.

[0017] Zur Steuerung und Regelung des Schweißprozesses kann eine entsprechende und dem Fachmann bekannte Steuer- und Regelvorrichtung vorgesehen sein. Die Regelung der Schweißkraft kann z.B. durch bekannte Regelsysteme, welche beispielsweise die Schweißkraft ermitteln und mit einem vorgegebenen Sollwert vergleichen, durch gezielte Ansteuerung der Zustelleinrichtungen bzw. der Piezoaktoren erfolgen. Vorteilhafter Weise ermöglichen die Piezoaktoren hierbei eine sehr schnelle Anpassung der Schweißkraft.

[0018] In einer Ausgestaltung ist die Steuer- und Regelvorrichtung eingerichtet, um den Piezoaktor während der Schweißung gepulst zu betreiben. Bei einem gepulsten Betrieb erfolgt eine mehrmalige, sehr schnelle Variation der Spannung, welche auf den Piezoaktor wirkt, wodurch die Schweißkraft während eines Schweißzyklus mehrere, z.B. mehrere Zehn oder Hundert Peaks aufweist. Eine derartige dynamische Variation der Schweißkraft kann z.B. in Kombination mit einer Widerstandsmessung und dem Schweißstrom zur Variation der Schweißlinse verwendet werden. Vorteilhafter Weise bleibt die Schließkraft, welche über die Anpressflächen der Elektrodenhalter auf die Bauteile wirkt, von dieser Variation der Schweißkraft unbeeinflusst, so dass der Bauteilkontakt trotz dynamischer Schweißkraft erhalten bleibt.

[0019] Weiterhin kann die Schweißvorrichtung zusätzlich eine Auswerteeinrichtung aufweisen, welche eingerichtet ist, um die Schweißparameter, wie z.B. die Schweißkraft, den Schweißstrom, den elektrischen Widerstand etc. zur Beurteilung der Schweißqualität auszuwerten. Dies kann z.B. durch den Vergleich mit Referenzwerten oder durch Simulation erfolgen.

[0020] Mit der Vorrichtung und dem Verfahren können sowohl Metallbauteile, insbesondere Stahl und Aluminiumbauteile, als auch Kunststoffbauteile aus schweißbaren Kunststoffen verschweißt werden.

[0021] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich anhand der Zeichnung und im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele. Sofern in dieser Anmeldung der Begriff „kann“ verwendet wird, handelt es sich sowohl um die technische Möglichkeit als auch um die tatsächliche technische Umsetzung.

[0022] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele an Hand einer einzigen Zeichnung erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Elektrodenhalter einer erfindungsgemäßen Schweißvorrichtung in einer Schnittansicht.

[0023] **Fig. 1** zeigt die Elektrodenhalter einer erfindungsgemäßen Schweißvorrichtung **1** zum elektrischen Widerstandspunktschweißen. Die Elektrodenhalter 2, 3 sind durch eine Schließbewegung unter Zwischenlage von zwei zu verschweißenden Bauteilen **4**, **5** auf gegenüberliegenden Seiten aufeinander zugeführt worden. Die Schließbewegung kann z.B. durch eine nicht dargestellte Zangenkonstruktion, wie sie von herkömmlichen Schweißvorrichtungen bekannt ist, durchgeführt worden sein. Ebenso kann die Schließbewegung z.B. auch durch einen Roboter realisiert werden, wozu wahlweise nur ein Elektrodenhalter oder beide Elektrodenhalter bewegt werden. Die Elektrodenhalter 2, 3 werden im Rahmen der Schließbewegung an die Bauteile **4**, **5** herangeführt und an der Fügestelle positioniert.

[0024] Jeder Elektrodenhalter **2**, **3** weist einen Grundkörper **6**, **7** aus einem ferromagnetischen Material auf und ist von einer Kupferwicklung **8**, **9** umwickelt. Zur Aufbringung der Schließkraft wird nun ein Strom durch die Kupferwicklungen **8**, **9** der Elektrodenhalter **2**, **3** geleitet, wodurch der Grundkörper **6**, **7** in der Art eines Elektromagneten magnetisiert wird. Für die Stromversorgung kann z.B. eine Phase des nicht dargestellten Schweißtransformators der Schweißvorrichtung **1** verwendet werden. Zur Abfuhr der entstehenden Wärme sind in den Grundkörpern Fluidleitungen **10**, **11**, vorgesehen, durch das ein Kühlmittel geleitet wird.

[0025] Die Stromrichtung bzw. die Wicklungsrichtung der Kupferwicklungen **8**, **9** ist dermaßen gewählt, dass die Elektrodenhalter **2**, **3** gegengleich gepolt werden und sich folglich anziehen. Infolgedessen werden die Bauteile **4**, **5** zwischen den Anpressflächen **12**, **13**, mit denen die Elektrodenhalter **2**, **3** auf den Bauteilen **4**, **5** aufsetzen, eingeklemmt. Die Anziehungskraft zwischen den Elektrodenhaltern wirkt als Schließkraft **F1** auf die Bauteile **4**, **5** und presst diese zusammen.

[0026] Weiterhin hält jeder Elektrodenhalter **2**, **3** jeweils eine Elektrode **14**, **15**. Die Elektrode **14**, **15** ist ringförmig von der zugehörigen Anpressfläche **12**, **13** umgeben, wobei die Anpressfläche nicht zwangsläufig ringförmig gestaltet sein muss, sondern auch in anderer Form, z.B. durch einzelne voneinander unterbrochene Anpressteilflächen gebildet sein kann. Am freien Ende weisen die Elektroden **12**, **13** jeweils eine Elektrodenkappe **14**, **15** auf, welche durch die Schließbewegung auf den Bauteilen **4**, **5** aufgesetzt wird. Weiterhin verfügen die Elektroden **14**, **15** über eine herkömmliche Elektrodenkühlung **18**, **19**.

[0027] Zum Ausbilden des Schweißpunktes wird ein Strom des nicht dargestellten Schweißtransformators durch die Elektroden **14**, **15** geleitet. Das Material der Bauteile **4**, **5** wird an der Fügestelle teigig verformbar, wodurch die Elektrodenkappen **16**, **17** in die Bauteile **14**, **15** einsinken und die Schweißkraft **F2** abfällt. Zur Realisierung der erforderlichen Nachstellbewegung ist an dem der Elektrodenkappe **16**, **17** gegenüberliegenden Ende der Elektrode **14**, **15** jeweils eine Zustelleinrichtung **20**, **21** angeordnet, in Form je eines Piezoaktors, der einen Stapel von Piezoelementen aufweist. Durch Aufbringen einer Spannung an dem jeweiligen Piezoaktor **20**, **21** kann die Dicke des Piezoaktors verändert werden, wodurch die Elektrode **14**, **15** gegenüber dem zugehörigen Elektrodenhalter **2**, **3** auf das Bauteil zu (oder von diesem weg) bewegbar ist.

[0028] Eine Steuer- und Regelvorrichtung **22**, z.B. in Form eines Computers, ist entsprechend eingerichtet, um die Piezoaktoren **20**, **21** zu steuern bzw. zu regeln und die Schweißkraft **F2** während der Schweißung auf dem gewünschten Wert zu halten. Die Steuer- und Regelvorrichtung **22** kann weiterhin eingerichtet sein, um die Schließkraft **F1** zwischen den Elektrodenhaltern **2**, **3**, den Schweißstrom und die Schließbewegung zu steuern und steht in entsprechenden Wirkverbindungen.

[0029] Vorteilhafter Weise ist die Steuer- und Regelvorrichtung **22** auch eingerichtet, um die Piezoaktoren **20**, **21** pulsiert zu betreiben. Bei dem gepulsten Betrieb erfolgt eine mehrmalige, sehr schnelle Variation der Spannung, welche auf den Piezoaktor wirkt, wodurch die Schweißkraft **F2** während eines Schweißzyklus mehrere, z.B. mehrere Zehn oder mehrere Hundert Peaks aufweist.

[0030] Eine derartige dynamische Variation der Schweißkraft **F2** ermöglicht eine bisher nicht mögliche Variation der Schweißlinse. Vorteilhafter Weise bleibt die Schließkraft **F1**, welche über die Anpressflächen **12**, **13** der Elektrodenhalter 2, 3 auf die Bauteile **4**, **5** wirkt, von dieser Variation der Schweißkraft **F2** unbeeinflusst, so dass der Bauteilkontakt trotz dynamischer Schweißkraft erhalten bleibt.

[0031] Die Schweißvorrichtung weist weiterhin eine Auswerteeinrichtung **23** auf, die eingerichtet ist, um die Schweißparameter, wie z.B. die Schweißkraft, den Schweißstrom, den elektrischen Widerstand etc. zur Beurteilung der Schweißqualität auszuwerten. Dies kann z.B. durch den Vergleich mit Referenzwerten oder durch Simulation erfolgen. Die Auswerteeinrichtung kann z.B. ein Computer sein.

[0032] Die Ausführungsbeispiele sind nicht maßstabsgetreu und nicht beschränkend. Abwandlungen im Rahmen des fachmännischen Handelns sind möglich.

Bezugszeichenliste

1	Schweißvorrichtung
2, 3	Elektrodenhalter
4,5	Bauteile
6, 7	Grundkörper
8, 9	Kupferwicklung
10, 11	Fluidleitungen
12, 13	Anpressflächen
14, 15	Elektrode
16, 17	Elektrodenkappe
18, 19	Elektrodenkühlung
20, 21	Zustelleinrichtung
22	Steuer- und Regeleinrichtung
23	Auswerteeinrichtung
F1	Schließkraft
F2	Schweißkraft .

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 202008013883 U1 [0002]
- DE 102012112547 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Schweißvorrichtung zum elektrischen Widerstandspunktschweißen mit zwei Elektrodenhaltern (2, 3) für zwei Elektroden (14, 15), die mit einem Schweißstrom beaufschlagbar sind, wobei zumindest einer der beiden Elektrodenhalter (2, 3) über eine Zustellvorrichtung derart bewegbar ist, dass die Elektroden (14, 15) unter Zwischenlage der zu verschweißenden Bauteile (4, 5) in einer Schließbewegung zusammenführbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Elektrodenhalter (2, 3) Anpressflächen (12, 13) aufweisen, die durch die Schließbewegung in Anlage mit den Bauteilen (4, 5) bringbar sind,
die Elektrodenhalter (2, 3) zumindest zeitweise derart magnetisierbar sind, dass die Schließkraft (F1) durch magnetische Anziehung zwischen den Anpressflächen (12, 13) auf die Bauteile (4, 5) aufbringbar ist und
die Elektroden (14, 15) durch jeweils eine Zustelleinrichtung (20, 21) relativ zum entsprechenden Elektrodenhalter (2, 3) in Richtung auf die Bauteile zustellbar sind.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, bei der die Elektrodenhalter (2, 3) als Elektromagneten ausgebildet sind.

3. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Patentansprüche, bei der die Elektrodenhalter (2, 3) einen ferromagnetischen Körper (6, 7) aufweisen, der mit einer Kupferwicklung (8, 9) umwickelt ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Patentansprüche, bei der die Zustelleinrichtung (20, 21) durch wenigstens einen Piezoaktor gebildet ist.

5. Vorrichtung nach Patentanspruch 4, bei der wenigstens eine Piezoaktor (20, 21) über eine Steuereinrichtung (22) ansteuerbar ist, die eingerichtet ist, um den Piezoaktor während der Schweißung gepulst zu betreiben.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Patentansprüche, weiterhin mit einer Auswerteeinrichtung (23), welche eingerichtet ist, um die Schweißparameter zur Beurteilung der Schweißqualität auszuwerten.

7. Verfahren zum elektrischen Widerstandspunktschweißen mit einer Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, bei dem
zwei Elektroden (14, 15) unter Zwischenlage von zu verschweißenden Bauteilen (4, 5) in einer Schließbewegung zusammengeführt werden und mit einem elektrischen Schweißstrom beaufschlagt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass
die Elektrodenhalter (2, 3) Anpressflächen (12, 13) aufweisen, die durch die Schließbewegung in Anlage mit den Bauteilen (4, 5) gebracht werden,
die Elektrodenhalter (2, 3) zumindest zeitweise derart magnetisiert werden, dass die Schließkraft (F1) durch magnetische Anziehung zwischen den Anpressflächen (12, 13) auf die Bauteile (4, 5) aufgebracht wird und
die Schweißkraft (F2) durch eine Bewegung der Elektroden (14, 15) relativ zum entsprechenden Elektrodenhalter (2, 3) angepasst wird.

8. Verfahren nach Patentanspruch 7, bei dem die Elektrodenhalter (2, 3) als Elektromagneten ausgebildet sind und eine Phase des Schweißstromtransformators zum Betrieb der Elektromagneten verwendet wird.

9. Verfahren nach Patentanspruch 7 oder 8, bei dem die Piezoaktoren (20, 21) während der Schweißung gepulst betrieben werden, wodurch eine dynamische Schweißkraft (F2) erzeugt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

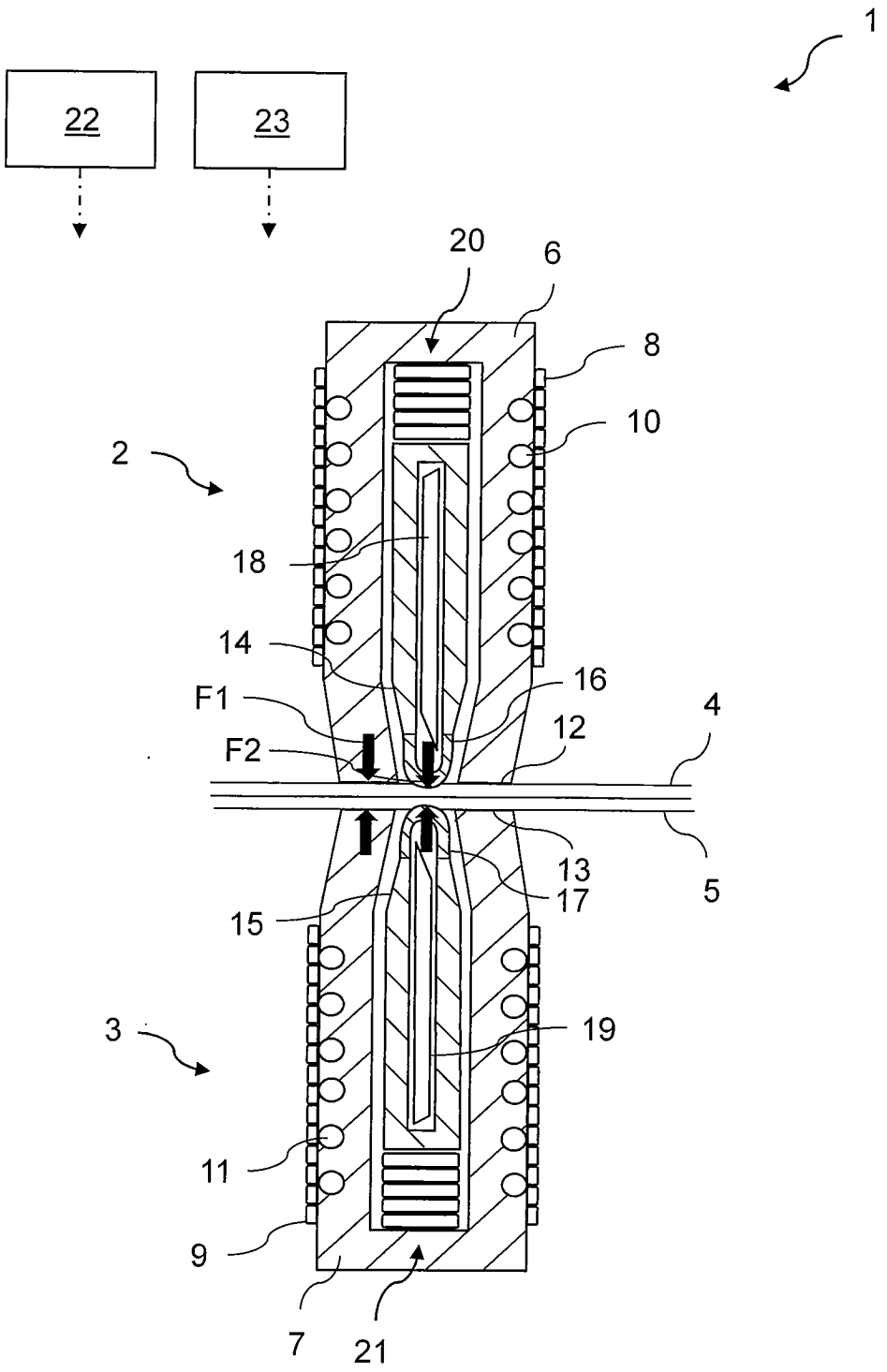


Fig. 1