



(10) **DE 10 2019 126 027 A1** 2021.04.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 126 027.2**

(22) Anmeldetag: **26.09.2019**

(43) Offenlegungstag: **01.04.2021**

(51) Int Cl.: **H05B 3/03 (2006.01)**
B29C 65/44 (2006.01)

(71) Anmelder:
Emeis, Georg, Dr., 22397 Hamburg, DE

(74) Vertreter:
**Hansen und Heeschen Patentanwälte, 21680
Stade, DE**

(72) Erfinder:
gleich Anmelder

(56) Ermittelter Stand der Technik:

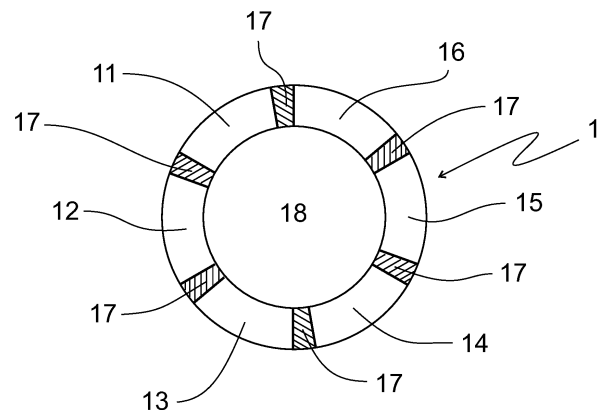
DE	30 25 875	A1
DE	10 2013 011 572	A1
DE	10 2016 102 846	A1
DE	10 2018 101 845	A1
DE	10 49 511	A
US	4 910 376	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur elektrischen Widerstandserwärmung eines elektrisch leitfähigen, flächigen Materials (3), insbesondere Blech, bei dem eine erste und eine zweite Elektrode (11, 12) mit einem Freiraum (18) voneinander beabstandet auf einer Oberfläche (31) des flächigen Materials (3) aufgesetzt werden und ein elektrischer Strom über die erste und zweite Elektrode (11, 12) zur Erwärmung des Materials (3) in das Material eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass mit weiteren Elektroden (13, 14, 15, 16), die alle in einer Elektrodenanordnung (1) um den Freiraum (18) verteilt und auf der einen Oberfläche (31) auf dem flächigen Material (3) aufgesetzt angeordnet sind, das flächige Material (3) erwärmt wird, wobei unterschiedliche Elektrodenkonstellationen der wenigstens drei Elektroden (11, 12, 13, 14, 15, 16) jeweils paarweise abwechselnd mit dem elektrischen Strom beaufschlagt werden. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung eines elektrisch leitfähigen, flächigen Materials (3), insbesondere Blech, bei dem eine erste und eine zweite Elektrode (11, 12) mit einem Freiraum (18) voneinander beabstandet zum Aufsetzen auf einer Oberfläche (31) des flächigen Materials (3) vorgesehen sind und ein elektrischer Strom von einer Steuer- und Versorgungseinheit (2) über die erste und zweite Elektrode (11, 12) zur Erwärmung des Materials in das Material (3) eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung, bei der wenigstens zwei Elektroden von einer Seite auf ein zu erwärmendes, elektrisch leitfähiges Material, insbesondere Blech auflegbar sind, um den dazwischen liegenden Bereich des Materials durch elektrische Widerstandserwärmung zu erwärmen. Derartige Verfahren und Vorrichtungen sind in unterschiedlicher Gestaltung im Stand der Technik bekannt.

[0002] Aus der DE 1 049 511 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auflöten von Hartmetallplättchen bzw. Aufschweißen von Schnellstahlplättchen auf Werkzeuge durch elektrische Widerstandserwärmung bekannt. Dabei wird das räumliche Werkzeug zwischen drei Elektroden eingespannt und unter dreiphasiger Belastung eines angelegten Drehstromes erwärmt. Zwischen allen drei Elektroden steht eine regelbare Spannung, sodass durch Schalten der zwischen je zwei Elektroden fließenden Ströme die Stromverteilung im Werkzeug reguliert werden kann.

[0003] In der DE 10 2013 011 572 A1 ist ein Verfahren zur lokalen und verzugsfreien Wärmebehandlung von Blech- oder blechartigen Bauteilen durch lokale Widerstandserwärmung beschrieben, bei dem beidseitig des zu erwärmenden Bleches zwei relativ zur Materialstärke des Bleches große Elektroden auf die beidseitig freien Oberflächen aufgepresst werden, sodass eine im Wesentlichen verzugsfreie und sehr gleichmäßige Erwärmung des Bleches im Bereich der Elektroden erreicht wird, wobei der Stromfluss senkrecht zur vom Blech aufgespannten Ebene verläuft.

[0004] Ferner ist aus der DE 10 2016 102 846 A1 ein Verfahren sowie System zum Verbinden von Komponenten durch Wärmekontaktmieten bekannt. Dabei wird eine Niet-artige Verbindung von zwei verschiedenen Materialien, bspw. einem Kunststoff und einem Blech beschrieben, wobei ein an dem Kunststoffmaterial vorgesehener Vorsprung beim Verbinden durch ein Loch geführt und anschließend von einer Stempelanordnung mit zwei jeweils einen Halbkreisring einer kreisringförmigen Anordnung ausgebildeten zwei Elektroden mittels Widerstandserwärmung plastisch erwärmt und mittels eines stempelartigen Schafes innerhalb der kreisringförmigen Elektrode zu einem Nietkopf verformt wird, um somit die dauerhafte Verbindung beider Materialien sicher zu stellen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, ausgehend von den bekannten elektrischen Widerstandserwärmungsverfahren und -vorrichtungen ein Verfahren und eine Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung anzugeben, bei dem bzw. der ein elektrisch leitfähiges,

flächiges Material in einem kleinen begrenzten Bereich sehr gleichmäßig erwärmt und gleichzeitig die Möglichkeit eines Zugriffes auf diesen erwärmten Bereich gegeben wird.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäß Anspruch 1 und einer Vorrichtung gemäß Anspruch 6.

[0007] Dadurch, dass mit weiteren Elektroden, die alle in einer Elektrodenanordnung um den Freiraum verteilt und auf der einen Seite auf dem flächigen Material aufgesetzt angeordnet sind, das flächige Material erwärmt wird, wobei unterschiedliche Elektrodenkonstellationen der wenigstens drei Elektroden jeweils paarweise abwechselnd mit dem elektrischen Strom beaufschlagt werden, wird das flächige Material im Bereich des Freiraums in der Elektrodenanordnung sehr gleichmäßig erwärmt. Dabei können bei beispielsweise drei Elektroden genau drei verschiedene Elektrodenkonstellationen, nämlich genau örtlich zugeordnete Elektrodenpaare mit dem elektrischen Strom beaufschlagt werden. Dies ist einmal der Bereich zwischen der ersten und zweiten Elektrode, ein weiteres Mal der Bereich zwischen der zweiten und dritten Elektrode und schließlich der Bereich zwischen der dritten und ersten Elektrode. Bei vier Elektroden können insgesamt sechs Elektrodenkonstellationen aus jeweils paarweise mit elektrischem Strom beaufschlagten Elektroden von einer entsprechenden Schaltung ausgewählt werden. Dabei können bei einer umlaufend nummerierten Elektrodenanordnung zunächst die gegenüber liegenden Elektroden, also die erste Elektrode mit der dritten Elektrode sowie danach die zweite Elektrode mit der vierten Elektrode und danach Randbereiche der flächigen Materials im Freiraum durch Strombeaufschlagung der ersten Elektrode mit der zweiten Elektrode, der dritten Elektrode mit der vierten Elektrode usw. durchgeführt werden. Bei gegenüberliegenden Elektroden wird dann der Zentralbereich des beispielsweise als Kreisfläche ausgebildeten Freiraums durch den hierdurch geleiteten Stromfluss erwärmt, wohingegen bei nebeneinanderliegenden, angesteuerten Elektroden insbesondere der Randbereich erwärmt wird.

[0008] Entsprechend zeichnet sich die Erfindung vorrichtungsgemäß dadurch aus, dass weitere, voneinander elektrisch getrennte Elektroden in einer ringförmigen Elektrodenanordnung um den Freiraum angeordnet sind. Dabei bedeutet ringförmige Elektrodenanordnung, dass die wenigstens drei Elektroden um ein Zentrum, nämlich einen Freiraum, herum angeordnet sind, dabei kann die Ringform dreieckig, viereckig, fünfeckig, sechseckig etc. sein oder insbesondere eine reguläre Polygonform oder kreisrunde oder annähernd kreisrunde, elliptische Form aufweisen. Bei einer bevorzugt kreisringförmigen oder regulär vieleckförmigen Elektrodenanordnung kann somit ein zum Mittelpunkt vollständig rotationssymmetrischer

trischer Aufbau der Elektrodenanordnung und aufgrund der verschiedenen ansteuerbaren Elektrodenpaare eine sehr gleichmäßige Erwärmung im Bereich des Freiraums im flächigen Material durch elektrische Widerstandserwärmung erzeugt werden. Dabei kann beispielsweise über den Freiraum auch eine Temperaturbeobachtung durch entsprechende Sensoren (beispielsweise Infrarot-Temperatursensoren) erfolgen, sodass die jeweilig ausgewählte Elektrodenkonstellation, deren Anschaltdauer sowie ggf. auch deren Stromversorgung anhand der gemessenen Temperaturen/Temperaturverteilung auf der Kreisfläche des Freiraums angesteuert und/oder geregelt werden können.

[0009] Wenn der Wechsel zwischen verschiedenen Elektrodenkonstellationen in Zeitintervallen von 10^{-7} s bis 1 s, insbesondere 10^{-5} s bis 10^{-2} s durchgeführt wird, wird jeweils die Stromflussverbindungsstrecke zwischen den beiden Elektroden der gerade angesteuerten Elektrodenkonstellation nur für einen relativ kurzen Zeitraum erwärmt, sodass eine Überbeanspruchung (zu große, ggf. partielle Erhitzung) vermieden wird. Durch Umschalten auf eine andere Elektrodenkonstellation wird nachfolgend der Stromfluss über einen anderen Materialbereich geführt, sodass insgesamt eine thermische Überlastung des flächigen Materials bei gleichzeitig sehr gleichmäßiger Erwärmung des betreffenden Flächenbereichs erreicht wird.

[0010] Bevorzugt wird über den Freiraum ein Kunststoffbauteil auf das erwärmte, flächige Material zum thermischen Direktfügen dieses Kunststoffbauteils darauf zugeführt. Durch die Ausbildung der Elektrodenanordnung mit dem innen liegenden Freiraum kann parallel zum elektrischen Widerstandserwärmen des flächigen Materials ein aufzufügendes Kunststoffbauteil, beispielsweise ein Kunststoffbolzen gezielt bei Erreichen der optimalen Füge­temperatur zugeführt und im thermischen Direktfügen auf dem flächigen elektrisch leitfähigen, metallischen Material, insbesondere Blech aufgefügt werden. Es ist dabei nicht erforderlich, die Elektrodenanordnung vom Blech zu entfernen. Vielmehr kann während des Fügevorgangs zeitlich parallel eine weitere elektrische Widerstandserwärmung erfolgen, um eine qualitativ hochwertige Fügeverbindung zu erzielen.

[0011] Wenn zum thermischen Direktfügen des Kunststoffbauteils ein elektrischer Strom von 200 A bis 5000 A bei einer niedrigen Spannung von unter 10 V für 0,5 s bis 10 s über die verschiedenen Elektrodenkonstellationen dem flächigen Material angelegt werden, wird eine schonende und gleichmäßige, aber auch intensive Erwärmung des Fügebereichs im Bereich des Freiraums im flächigen Material (Blech) erzielt, der genau auf die Verwendung beim thermischen Direktfügen von Kunststoffbauteilen ausgerichtet ist.

[0012] Selbstverständlich kann bei sehr kurzen Impulsen auch ein deutlich höherer Strom fließen, wie beispielsweise 10.000 A oder mehr. Ferner ist es auch möglich, dass die Ausgangsspannung an einer entsprechenden Versorgungseinheit auch Spannungen von 70 bis 80 V aufweisen kann. Dabei ist die an der zu erwärmenden Materialoberfläche anliegende effektive Spannung jedoch deutlich niedriger.

[0013] Um den elektrischen Kontakt der Elektroden auf dem flächigen Element (Blech) zu gewährleisten, wird die Elektrodenanordnung auf dem flächigen Material aufgedrückt.

[0014] Bevorzugt wird die vorrichtungsgemäße Ausgestaltung der Erfindung dadurch weitergebildet, dass der Freiraum normal zum flächigen Material in diesem Bereich erlaubt. Durch den freien Zugang über den Freiraum normal zum flächigen Material kann die elektrische Widerstandserwärmung beispielsweise durch Infrarot-Temperatursensoren quasi aus der Ferne überwacht werden. Darüber hinaus ist es möglich, dass auf das flächige Material aufzufügende Kunststoffbauteile, wie beispielsweise Kunststoffbolzen präzise dem gewünschten Fügeort zugeführt werden können. Dabei ist parallel durch die ringförmige Elektrodenanordnung weiterhin eine elektrische Widerstandserwärmung möglich. Der thermische Direktfügevorgang wird somit präziser und qualitativ überwachbar.

[0015] Wenn die Elektrodenanordnung kreisringförmig ausgebildet ist, wobei die einzelnen Elektroden segmentiert und voneinander elektrisch isoliert in dieser Elektrodenanordnung aufgenommen sind, wird eine zur Normalrichtung auf die Oberfläche des flächigen Materials vollständig rotationssymmetrische Elektrodenanordnung angegeben, womit eine ideal gleichförmige Erwärmung des flächigen Materials im Bereich des Freiraums durch die elektrische Widerstandserwärmung möglich ist.

[0016] Für die Stromversorgung der Elektrodenanordnung ist eine Steuer- und Versorgungseinheit vorgesehen, die beispielsweise aus einem Stromrichter/ Inverter und einem nachgeschalteten Transformator mit Gleichrichtereinheit am Ausgang besteht. Alternativ kann die Steuer- und Versorgungseinheit auch eine Phasenanschnittsteuerung mit nachgeschaltetem Trafo aufweisen. Dabei ist es möglich, dass der Trafo auch direkt an der Elektrodenanordnung verbaut ist und somit Bestandteil einer Handhabungsvorrichtung für die Elektrodenanordnung, beispielsweise in Pistolenform, ist. Alternativ kann der Trafo auch in einer gesonderten Einheit angeordnet sein, wobei dann eine entsprechend ausgelegte Versorgungsleitung zur Elektrodenanordnung führt.

[0017] Dadurch, dass die Elektrodenanordnung **4** bis 24 Elektroden, insbesondere 6 bis 12 Elektroden aufweist, können eine Vielzahl von Elektrodenkonstellationen durch die zur Stromversorgung der Elektrodenanordnung ausgelegte Steuer- und Versorgungseinheit gewählt werden, um auch bei komplizierten Bauteilen, ggf. mit asymmetrisch vorhandenen Temperatursenken, eine gleichmäßige Erwärmung im Bereich des Freiraums im flächigen Material sicherstellen zu können. In besonders bevorzugter Ausbildung wird während der elektrischen Widerstandserwärmung über den freien Zugang oberhalb des Freiraums die Oberflächentemperatur des flächigen Materials gemessen, um bei etwaigen Temperaturanomalien/-ungleichheiten durch Verändern der Elektrodenkonstellation eine gleichmäßige Erwärmung durch entsprechende Regelkreise ermöglichen zu können.

[0018] Wenn die Elektroden in der Elektrodenanordnung federnd gelagert sind, können Fehlstellungen der Elektroden oder etwaige Oberflächenformen des flächigen Materials, beispielsweise gewölbte Bleche etc. so ausgeglichen werden, dass jede Elektrode bei entsprechendem Anpressdruck der gesamten Elektrodenanordnung auf das flächige Material im Wesentlichen vollflächig auf dem flächigen Material (Blech) aufliegt und somit eine gute Ankopplung des elektrischen Stromes erlaubt, um insbesondere ein lokales Überhitzen an den Kontaktstellen durch zu schlechten elektrischen Kontakt vermeiden zu können.

[0019] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel anhand der beiliegenden Zeichnungen ausführlich erläutert.

[0020] Darin zeigt:

Fig. 1 eine Ansicht auf eine Elektrodenanordnung und

Fig. 2 eine Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung mit der in **Fig. 1** dargestellten Elektrodenanordnung in schematischer Seitenansicht.

[0021] In **Fig. 2** ist in schematischer Seitenansicht eine Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung eines elektrisch leitfähigen, flächigen Materials **3**, hier ein Blech in einem Ausschnitt, dargestellt. Das flächige Material (Blech) **3** weist wenigstens eine frei zugängliche Oberfläche **31** auf, die hier in **Fig. 2** nach oben zeigt. Das elektrisch leitfähige Material **3** kann auf der anderen Seite (gegenüberliegend der Oberfläche **31**) unzugänglich sein, beispielsweise mit Verstrebungen oder sonstigen angesetzten Bauteilen belegt sein. Wichtig ist, dass an der freien Oberfläche **31** ein Bereich für eine Elektrodenanordnung **1** zugänglich ist, die unmittelbar auf die Oberfläche **31**

des Bleches **3** unter einem Anpressdruck **A** aufgelastet werden kann.

[0022] Diese Elektrodenanordnung **1** ist in **Fig. 1** in einer Ansicht dargestellt, die unmittelbar auf die Oberfläche **31** des Bleches **3** aufsetzbar ist. Die Elektrodenanordnung **1** gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel weist sechs gleichartig ausgebildete, segmentierte Elektroden, nämlich eine erste Elektrode **11**, eine zweite Elektrode **12**, eine dritte Elektrode **13**, eine vierte Elektrode **14**, eine fünfte Elektrode **15** und eine sechste Elektrode **16** auf, die gleich beabstandet voneinander in Kreisringform um einen Freiraum **18** angeordnet sind. Zwischen den Elektroden **11** bis **16** ist jeweils ein Isolator **17** zur elektrischen Isolierung zwischen den Elektroden vorgesehen. Die Elektroden **11** bis **16** sind bevorzugt federnd gelagert, um etwaige Fehlstellungen der Elektroden bzw. Unebenheiten oder Wölbungen der Oberfläche **31** des Bleches **3** ausgleichen und dabei eine großflächige Kontaktierung jeder einzelnen Elektrode **11** bis **16** auf der Oberfläche **31** des Bleches **3** sicherstellen zu können.

[0023] Die Elektrodenanordnung **1** wird dabei entweder von einem Bediener oder von einer Maschine, beispielsweise einem Roboter oder Kraftzylinder, auf die Oberfläche **31** des Bleches **3** entsprechend Anpressdruck **A** angepresst, um an den Kontaktstellen der Elektroden **11** bis **16** mit der Oberfläche **31** unerwünscht hohe Übergangswiderstände und somit punktuelle Überhitzungen und etwaige Verzunderungen zu vermeiden.

[0024] Die Elektrodenanordnung **1** ist dabei von einer Steuer- und Versorgungseinheit **2** über eine Steuer- und Versorgungsleitung **22** versorgt und angesteuert. Dabei ist jede der Elektroden **11** bis **16** einzeln von der Steuer- und Versorgungseinheit **2** auswählbar, um für die jeweils durchzuführende elektrische Widerstandserwärmung eine optimale Wärmeverteilung im Bereich des Freiraums **18** der Elektrodenanordnung **1** im elektrisch leitfähigen Material (Blech) **3** zu ermöglichen. Ferner ist es bevorzugt, dass die Steuer- und Versorgungseinheit **2** mit einem Temperatursensor **21** wirkverbunden ist, der die Temperatur der im Freiraum **18** freiliegenden Kreisfläche der Oberfläche **31** des Bleches **3** erlaubt. Dieser Temperatursensor **21** ist beispielsweise ein Infrarotsensor, der die Temperatur an der Oberfläche **31** in diesem Bereich berührungslos messen kann.

[0025] In weiterer Ausbildung der Erfindung wird die Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung zum Direktfügen von Kunststoffbauteilen **4** auf dem elektrisch leitfähigen Material (Blech) **3** verwendet. Mit diesem thermischen Direktfügen kann beispielsweise, ein als Kunststoffbolzen ausgebildetes Kunststoffbauteil **4** in Zufuhrrichtung **Z** in den Freiraum **18** und somit auf die durch die elektrische Widerstand-

serwärmung erwärmte Oberfläche **31** des Bleches **3** mit dem Blech **3** verbunden werden.

[0026] Für dieses thermische Direktfügen von Kunststoffbauteilen **4** auf metallischen Blechen **3** werden von der Steuer- und Versorgungseinheit **2** bevorzugt Strombereiche zwischen 200 A und 5000 A bei einer relativ niedrigen Spannung von wenigen Volt (Leerlaufspannung meist bei 8 V, die im Prozess noch geringer ist) über einen Zeitraum von 0,5 bis 10 s verwendet. Dabei wird jedoch der Stromfluss in kurzen Zeitintervallen jeweils über eine Elektrodenkonstellation, beispielsweise von der ersten Elektrode **11** zur vierten Elektrode **14**, dann von der zweiten Elektrode **12** zur fünften Elektrode **15** usw. angelegt, wobei auch bei Bedarf nur benachbarte Elektroden oder die erste Elektrode **11** mit der dritten Elektrode **13** oder die fünfte Elektrode **15** mit der sechsten Elektrode **16** ausgewählt, um die jeweiligen Elektrodenkonstellationen (Elektrodenpaare) zur Einleitung des elektrischen Stromes in das elektrisch leitfähige Material **3** zu verwenden. Dabei kann der eingeleitete elektrische Strom sowohl Wechselstrom, wie auch Gleichstrom sein.

[0027] Die jeweilig erforderlichen Elektrodenkonstellationen (Elektrodenbeschaltung) sowie die Strom-/Zeitparameter können in der Steuerung der Steuer- und Versorgungseinheit **2** als vorgegebenes Rezept (Schweißprogramm) hinterlegt sein. Ferner kann auch abhängig von der gemessenen Temperatur über den Temperatursensor **21** eine Regelung der entsprechenden Parameter bzw. der Elektrodenbeschaltung durch die Steuer- und Versorgungseinheit **2** erreicht werden.

[0028] Im Zusammenhang mit der Temperaturmessung durch den Temperatursensor **21** kann somit die Steuer- und Versorgungseinheit **2** über die Steuer- und Versorgungsleitung **22** die jeweiligen Elektroden **11** bis **16** in einer jeweilig schnell wechselnden Elektrodenkonstellation paarweise ansteuern. Durch die Temperaturüberwachung kann in die Steuer- und Versorgungseinheit **2** auch eine Regelung des Erwärmungsvorganges während der elektrischen Widerstandserwärmung durchgeführt werden, in dem der Stromfluss durch eine geeignete Auswahl der jeweils angesprochenen Elektrodenkonstellation (Elektrodenpaare), die mit dem elektrischen Strom beaufschlagt sind, ausgeführt werden. Somit kann über die Steuer- und Versorgungseinheit **2** die Steuerung der Bestromung der Elektrodenpaare über eine geregelte bzw. gesteuerte Stromquelle sowie die Reihenfolge und die Zuordnung der Elektrodenpaarung (unterschiedlicher Elektrodenkonstellationen) gesteuert bzw. geregelt werden. Bevorzugt kann die Steuer- und Versorgungseinheit **2** eine Hard- und Software basiertes Steuerungs- und Regelungssystem mit temperaturgeführter Regelung enthalten.

[0029] Um eine qualitative Aussage über den Prozess des thermischen Direktfügens eines Kunststoffbauteils **4**, beispielsweise Kunststoffbolzens, auf einem metallischen Blechbauteil treffen zu können, kann der jeweils aufgewendete Stromfluss, die Anpresskraft und die erreichten Temperaturen aufgezeichnet und für eine spätere Dokumentation des Fügeprozesses zur Verfügung stehen.

Bezugszeichenliste

1	Elektrodenanordnung
11	erste Elektrode
12	zweite Elektrode
13	dritte Elektrode
14	vierte Elektrode
15	fünfte Elektrode
16	sechste Elektrode
17	Isolator
18	Freiraum
2	Steuer- und Versorgungseinheit
21	Temperatursensor
22	Steuer- und Versorgungsleitung
3	elektrisch leitfähiges Material, Blech
31	Oberfläche
4	Kunststoffbauteil
A	Anpressdruck
Z	Zufuhrrichtung

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 1049511 [0002]
- DE 102013011572 A1 [0003]
- DE 102016102846 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrischen Widerstandserwärmung eines elektrisch leitfähigen, flächigen Materials (3), insbesondere Blech, bei dem eine erste und eine zweite Elektrode (11, 12) mit einem Freiraum (18) voneinander beabstandet auf einer Oberfläche (31) des flächigen Materials (3) aufgesetzt werden und ein elektrischer Strom über die erste und zweite Elektrode (11, 12) zur Erwärmung des Materials (3) in das Material eingeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit weiteren Elektroden (13, 14, 15, 16), die alle in einer Elektrodenanordnung (1) um den Freiraum (18) verteilt und auf der einen Oberfläche (31) auf dem flächigen Material (3) aufgesetzt angeordnet sind, das flächige Material (3) erwärmt wird, wobei unterschiedliche Elektrodenkonstellationen der wenigstens drei Elektroden (11, 12, 13, 14, 15, 16) jeweils paarweise abwechselnd mit dem elektrischen Strom beaufschlagt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wechsel zwischen verschiedenen Elektrodenkonstellationen in Zeitintervallen von 10^{-7} s bis 1 s, insbesondere 10^{-5} s bis 10^{-2} s durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass über den Freiraum (18) ein Kunststoffbauteil (4) auf das erwärmte, flächige Material (3) zum thermischen Direktfügen dieses Kunststoffbauteils (4) darauf zugeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum thermischen Direktfügen des Kunststoffbauteils (4) ein elektrischer Strom von 200 A bis 5000 A bei einer niedrigen Spannung von unter 10 V für 0,5 s bis 10 s über die verschiedenen Elektrodenkonstellationen dem flächigen Material (3) angelegt werden.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrodenanordnung (1) auf dem flächigen Material (3) aufgepresst wird.

6. Vorrichtung zur elektrischen Widerstandserwärmung eines elektrisch leitfähigen, flächigen Materials (3), insbesondere Blech, bei dem eine erste und eine zweite Elektrode (11, 12) mit einem Freiraum (18) voneinander beabstandet zum Aufsetzen auf einer Oberfläche (31) des flächigen Materials (3) vorgesehen sind und ein elektrischer Strom von einer Steuer- und Versorgungseinheit (2) über die erste und zweite Elektrode (11, 12) zur Erwärmung des Materials in das Material (3) eingeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass weitere, voneinander elektrisch getrennte Elektroden (13, 14, 15, 16) in einer ringförmigen Elektrodenanordnung (1) um den Freiraum (18) angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Freiraum (18) normal zum flächigen Material (3) einen freien Zugang zur Oberfläche (31) des flächigen Materials (3) in diesem Bereich erlaubt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrodenanordnung (1) kreisringförmig ausgebildet ist, wobei die einzelnen Elektroden (11, 12, 13, 14, 15, 16) segmentiert und voneinander elektrisch isoliert mit Isolatoren (17) in dieser Elektrodenanordnung (1) aufgenommen sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektrodenanordnung (1) 4 bis 24 Elektroden (11, 12, 13, 14, 15, 16), insbesondere 6 bis 12 Elektroden aufweist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Elektroden (11, 12, 13, 14, 15, 16) in der Elektrodenanordnung (1) federnd gelagert sind.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

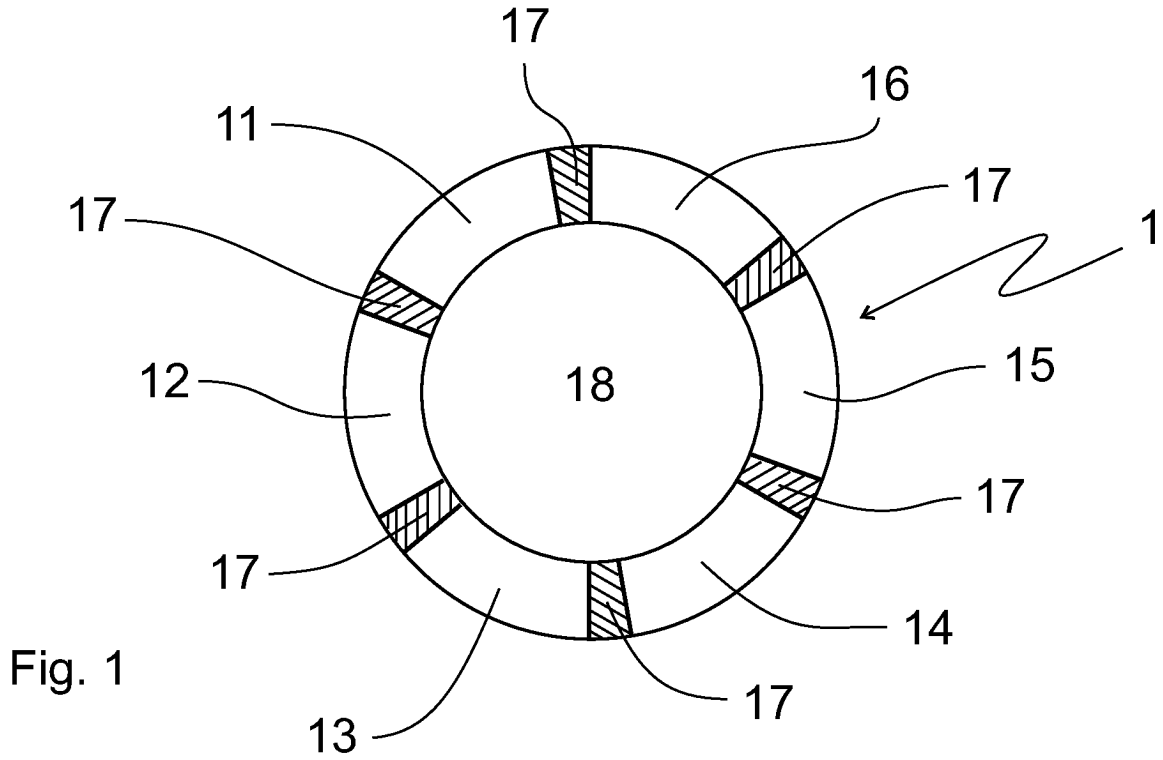


Fig. 1

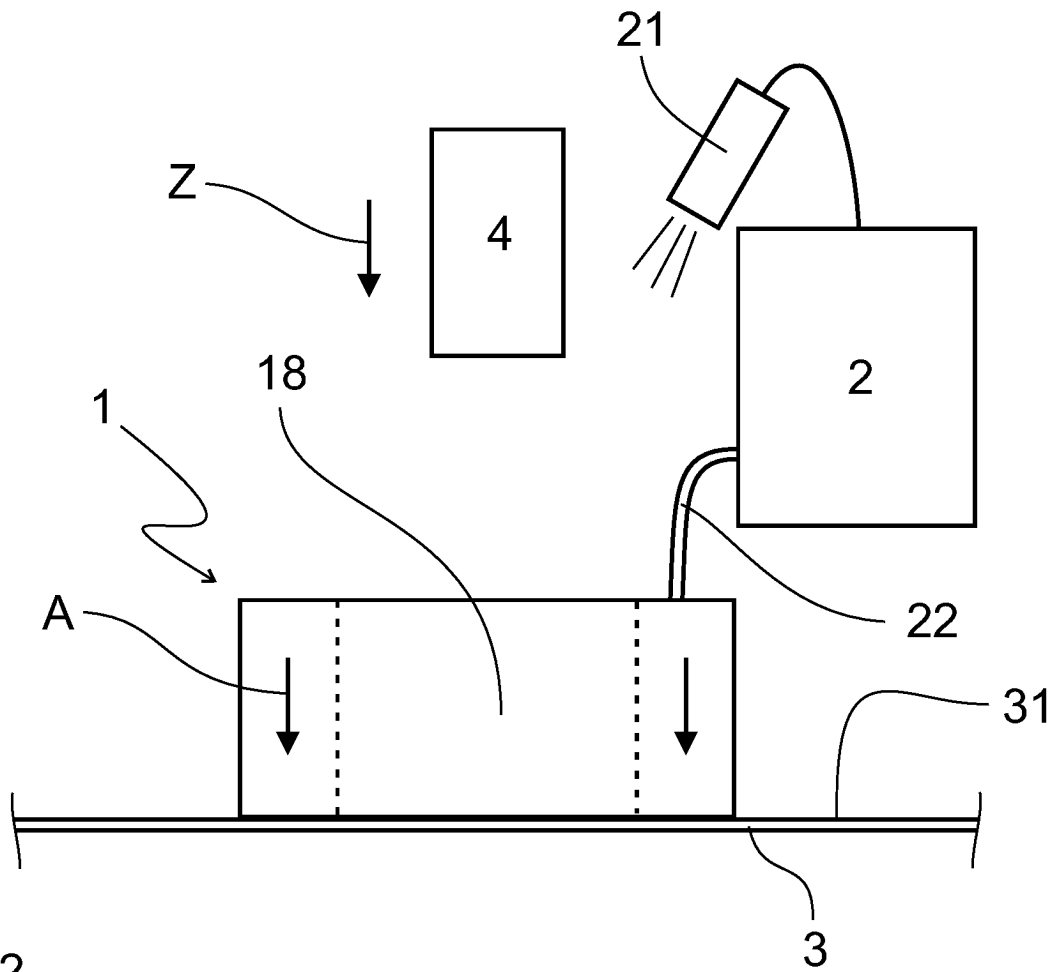


Fig. 2