



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 021 389 A1** 2005.11.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 021 389.5**

(22) Anmeldetag: **30.04.2004**

(43) Offenlegungstag: **24.11.2005**

(51) Int Cl.7: **B25J 9/00**

B23P 21/00, B23K 26/00

(71) Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Bernhardt, Ralf, Dipl.-Ing., 71229 Leonberg, DE;
Giessler, Ralf, Dipl.-Ing., 71034 Böblingen, DE;
Pälmer, Mike, Dipl.-Ing. (FH), 71263 Weil der Stadt, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 101 27 743 A1

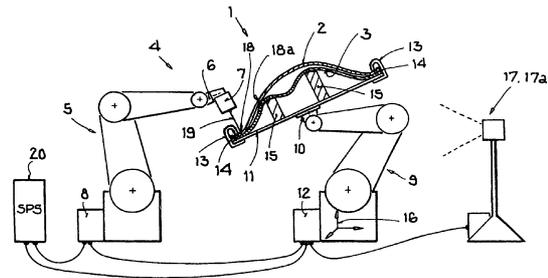
US 49 83 797

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (2, 3) mit Hilfe eines Fügewerkzeugs (7), das von einem ersten Roboter (5) im Raum bewegt wird. Die beiden Werkstücke (2, 3) werden dabei mit Hilfe eines Spannwerkzeugs (11), das von einem zweiten Roboter (9) getragen wird, bewegt bzw. gespannt. Zur Bewegungssteuerung des ersten Roboters (5) und zum Aktivieren des Fügewerkzeugs (7) ist eine erste Programmsteuerung vorgesehen, während die Bewegungssteuerung des zweiten Roboters (9) und die Betätigung des Spannwerkzeugs (11) mit Hilfe einer zweiten Programmsteuerung erfolgt. Die beiden Programmsteuerungen sind in einer solchen Weise miteinander gekoppelt, dass einer der beiden Roboter (5) als der "Master" fungiert, während der andere Roboter als "Slave" (9) an die Bewegungssteuerung des "Masters" angebunden ist (Kooperierende Roboter).



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und einer Vorrichtung zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken.

Stand der Technik

[0002] Im Rohbau von Fahrzeugkarosserien wurde zum Fügen von Werkstücken aus Metallblech herkömmlicherweise zumeist das Widerstands-Punktschweißen verwendet. In neuerer Zeit wird verstärkt das robotergestützte Laserschweißen eingesetzt, bei dem ein Laserschweißkopf mit Hilfe eines Roboters gegenüber den zu verschweißenden Werkstücken bewegt und ausgerichtet wird. Das Laserschweißen hat gegenüber herkömmlich verwendeten Schweißverfahren den Vorteil einer höheren Flexibilität, da durch gezieltes Aktivieren des Lasers sowohl punktuals auch linienförmige Verbindungsbereiche erzeugt werden können; weiterhin können mit Hilfe des Laserschweißens sehr hohe Fügegeschwindigkeiten erreicht werden, wenn der Laserschweißkopf mit einer Scanmimik versehen ist, die den Laserstrahl – unabhängig von der vergleichsweise trägen Bewegung des Roboters – in einem bestimmten Arbeitsbereich frei positioniert.

[0003] Allerdings stellt das Laserschweißen hohe Anforderungen an die Spanntechnik, da die zu verbindenden Metallbleche hochgenau zueinander positioniert und beabstandet sein müssen, um ein qualitativ hochwertiges Fügeergebnis sicherzustellen. Die eingesetzten stationären Spannvorrichtung umfassen daher oftmals eine Vielzahl von Spannelementen, was die Zugänglichkeit des Verbindungsbereichs für den Laserschweißkopf erheblich einschränkt und erschwert. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, kann – wie beispielsweise in der (unveröffentlichten 10 2004 002 590.8) vorgeschlagen wird – ein „mitlaufendes“ Spannsystem eingesetzt werden: Dieses umfasst ein Spannwerkzeug, das gemeinsam mit dem Laserschweißkopf am Roboterarm des Schweißroboters befestigt ist und gegenüber diesem Roboterarm bewegt werden kann. Dadurch sind Relativbewegungen des Spannwerkzeugs gegenüber dem Laserstrahl und gegenüber dem Roboterarm möglich, wobei diese Relativbewegungen gleichzeitig mit dem Laserschweißen erfolgen können.

[0004] Allerdings ist der Bewegungsraum des Spannwerkzeugs gegenüber dem Laserschweißkopf sehr begrenzt, so dass – insbesondere bei komplizierten Schweißaufgaben mit hohen Anforderungen an die Spanntechnik – nach wie vor räumliche Beeinträchtigungen des Verbindungsbereichs durch das Spannwerkzeug und/oder zeitliche Verzögerungen aufgrund langsameren Positionierung des Spannwerkzeugs auftreten können.

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren vorzuschlagen, das – auch und gerade im Falle komplexer Fügeprobleme – eine höhere Variabilität und bessere Zugänglichkeit der Verbindungsbereiche gestattet und das ein schnelles, prozesssicheres Verbinden zweier Werkstücke, insbesondere durch Laserschweißen, ermöglicht. Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens bereitzustellen.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1, 10 und 12 gelöst.

[0007] Danach wird ein Fügewerkzeug (z.B. ein Schweißkopf einer Laserschweißvorrichtung) mit Hilfe eines ersten Roboters bewegt, während die zu verbindenden Werkstücke mit Hilfe eines zweiten Roboters gegenüber diesem Fügewerkzeug bewegt und/oder gespannt werden. Die Bewegungsabläufe der beiden Roboter sind dabei in einer solchen Weise gekoppelt, dass einer der beiden Roboter als der „Master“ fungiert, während der andere Roboter als „Slave“ an die Bewegungssteuerung des „Masters“ angebunden ist.

[0008] Indem das Positionieren bzw. Spannen der Werkstücke einerseits und das Positionieren des Fügewerkzeugs andererseits mit Hilfe getrennter Roboter durchgeführt wird, können die Relativbewegungen der zugehörigen Spann- bzw. Fügewerkzeuge dem Anwendungsfall entsprechend optimiert werden. Die Kopplung der beiden Roboter stellt dabei sicher, dass die Bewegungen der Werkzeuge koordiniert ablaufen. Dadurch können Transport- bzw. Spannzeiten, während derer die Werkstücke mit Hilfe des robotergeführten Spannwerkzeugs innerhalb der Fügestation bewegt bzw. in Zusammenbaulage gespannt werden, für die Durchführung von Fügeoperationen genutzt werden; dies führt zu einer erheblichen Reduktion der nichtproduktiven Transport- bzw. Spannzeiten. Weiterhin können die Bewegungen der gekoppelten Roboter unter Berücksichtigung des jeweiligen Anwendungsfalls in einer solchen Weise aufeinander abgestimmt werden, dass eine bestmögliche Zugänglichkeit der Verbindungsbereiche für das Fügewerkzeug erreicht wird und auch Werkstücke komplizierter Geometrie prozesssicher miteinander verbunden werden können.

[0009] Aufgrund der „Master“-„Slave“-Kopplung der beiden Roboter kann die erfindungsgemäße Vorrichtung im Fabrikumfeld als Teil einer Fertigungsanlage betrieben werden, die von der speicherprogrammierten Steuerung (SPS) der Fertigungsanlage als autonome Einheit erkannt wird. Wenn die SPS einen Fügeprozess der Vorrichtung anstößt, werden die zur Durchführung des Fügeprozesses notwendigen Be-

wegungsabläufe der beiden Roboter und ihrer Werkzeuge vollkommen autonom durchlaufen, wobei die Programmsteuerung des „Master“-Roboters die Steuerung der Vorrichtung übernimmt. Dadurch kann ein Abgleich zwischen SPS und den einzelnen Robotern entfallen, wodurch eine Modularisierung und eine erhöhte Flexibilität der Fertigungsanlage als Ganzes erreicht wird.

[0010] Die Erfindung eignet sich insbesondere zum Fügen von Bauteilen mit Hilfe eines Schweißverfahrens, vorzugsweise mit Hilfe des Laserschweißens. Eine bevorzugte Anwendung betrifft das Fügen von Bauteilen aus Metallblech, insbesondere von Strukturbauteilen im Fahrzeugbau, mit Hilfe des Laserschweißens. Eine weitere Anwendung betrifft das Fügen von Metallblechteilen für den Fahrzeug-Aggregatebau mit Hilfe des Lichtbogenschweißens und/oder mit Hilfe von Hybridschweißverfahren.

[0011] In einer ersten Ausgestaltung der Erfindung ist das Fügewerkzeug an einem ersten Roboter montiert. Die zu verbindenden Werkstücke werden in einem Spannwerkzeug gehalten, welches mit Hilfe eines zweiten Roboters bewegt wird. Das Spannwerkzeug umfasst eine geeignete Anzahl von Spannelementen, welche an ausgewählten Bereichen der zu verbindenden Werkstücke angreifen und diese in Zusammenbauform relativ zueinander fixieren. In Abhängigkeit von der Komplexität der Werkstücke bzw. der Fügeaufgabe kann hierfür eine große Zahl von Spannelementen notwendig sein, welche die Zugänglichkeit der Verbindungsbereiche für das Fügewerkzeug erheblich beschränken. Der zweite Roboter bewegt die in dem Spannwerkzeug fixierten Werkstücke gegenüber dem Fügewerkzeug zu, das seinerseits mit Hilfe des ersten Roboters bewegt wird. Durch die „Master“-„Slave“-Kopplung der beiden Robotersteuerungen können dabei das Spannwerkzeug und das Fügewerkzeug autonom kooperieren und durch geeignete Relativbewegungen erreichen, dass die gespannten Werkstücke dem Fügewerkzeug in einer solchen Weise dargeboten werden, dass eine optimale Zugänglichkeit der Verbindungsbereiche für das Fügewerkzeug gewährleistet ist. Weiterhin können die Bewegungen des Fügewerkzeugs und des Spannwerkzeugs zeitlich überlappen, so dass Fügeoperationen während der Bewegung der Werkstücke durchgeführt und somit die (ansonsten nicht produktiven) Transport- und Positionierzeiten produktiv genutzt werden können.

[0012] Die Spannelemente des robotergeführten Spannwerkzeugs können gemeinsam oder getrennt aktivierbar sein. Vorteilhafterweise werden die zu verbindenden Werkstücke in reproduzierbarer Weise in das Spannwerkzeug eingelegt, woraufhin die Spannelemente gleichzeitig betätigt werden, um die Werkstücke in diese Relativlage (d.h. der gewünschten Zusammenbauform) zueinander zu klemmen; der

für das Spannen der Werkstücke erforderliche Steuerungsaufwand ist dann minimal. Um eine reproduzierbare Ausrichtung der Werkstücke in dem Spannwerkzeug zu erreichen, ist das Spannwerkzeug vorzugsweise mit Anschlägen, konturangepassten Aufnahmeelementen etc. versehen, die die Werkstücke in eindeutiger Weise aufnehmen; alternativ bzw. zusätzlich kann die genaue Lage der Werkstücke im Spannwerkzeug mit Hilfe zusätzlicher Messmittel (z.B. optischer, induktiver oder taktiler Sensoren) ermittelt werden, die am Spannwerkzeug befestigt oder raumfest angeordnet sein können.

[0013] Für ein hochgenaues Fixieren der Werkstücke im Verbindungsbereich – wie es beispielsweise beim Laserschweißen notwendig ist – ist eine große Anzahl von Spannelementen notwendig, was bei großen Werkstücken zu einem hohen Gewicht des Spannwerkzeugs führen kann. Um die Gewichtsbelastung des zweiten Roboters in einem vertretbaren Rahmen zu halten, können mehrere Roboter zum Einsatz kommen, die gemeinsam das Spannwerkzeug tragen. Es kann vorteilhaft sein, das Spannwerkzeug aufzuteilen in mehrere Unter-Spannwerkzeuge, die die zu verbindenden Werkstücke in unterschiedlichen Bereichen fixieren und die mit Hilfe getrennter Roboter bewegt werden. Diese Unter-Spannwerkzeuge können fest miteinander verbunden sein und können ein einziges starres Spannwerkzeug bilden (das dann von mehreren Robotern getragen wird). Die Roboter, die die Unter-Spannwerkzeuge tragen, und der Roboter, der das Fügewerkzeug bewegt, kooperieren dabei im Sinne einer „Master“-„Slave“-Kopplung, bei der ein Roboter als „Master“ die Bewegungsabläufe der anderen („Slave“-) Roboter koordiniert.

[0014] In einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung werden die zu fügenden Werkstücke während des Fügens raumfest gelagert. Der erste Roboter trägt – ebenso wie in der ersten Ausgestaltung der Erfindung – das Fügewerkzeug; der zweite Roboter trägt ein Spannwerkzeug, mit dem die zu verbindenden Werkstücke lokal (insbesondere in dem momentan vom Fügewerkzeug bearbeiteten Verbindungsbereich) gespannt werden. Das robotergeführte Spannwerkzeug fixiert die beiden Werkstücke in einem räumlich eng begrenzten Bereich in einer solchen Weise relativ zueinander, dass ein optimales Fügeergebnis in diesem Bereich erreicht wird. Sollen beispielsweise zwei beschichtete Metallbleche durch Laserschweißen verbunden werden, so werden diese Metallbleche lokal in einer solchen Weise gespannt, dass in den Verbindungsbereichen zwischen ihnen ein Fügespalt vorgegebener Größe vorliegt, durch den die beim Schweißen austretenden Dämpfe und Gase entweichen können. Durch die Kopplung der beiden Roboter wird – ebenso wie im ersten Ausführungsbeispiel – eine Kooperation des Fügewerkzeugs mit dem Spannwerkzeug erreicht, wodurch

eine optimale Koordination und ggf. eine zeitliche Überlagerung der Bewegungsabläufe der Werkzeuge gewährleistet wird.

[0015] In einer dritten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Fügen der Werkstücke in zwei Stufen. Zunächst werden die zu verbindenden Werkstücke in Zusammenbaulage geheftet. Anschließend wird der auf diese Weise geschaffene Zusammenbau der beiden Werkstücke mit Hilfe eines robotergeführten Spannwerkzeugs gegenüber einem robotergeführten Fügwerkzeug bewegt bzw. positioniert, und die beiden Werkstücke werden mit Hilfe des Fügwerkzeugs verbunden. Die beiden Roboter, die das Spannwerkzeug und das Fügwerkzeug tragen, kooperieren dabei im Sinne einer „Master“-„Slave“-Kopplung. Vorzugsweise werden in dieser Ausgestaltung die Bleche zunächst durch Punktschweißen geheftet und anschließend durch Laserschweißen verbunden. Während des Heftens werden die Werkstücke zweckmäßigerweise in einer (stationären) Anlage fixiert und mit Hilfe einer robotergeführten Punktschweißzange an ausgewählten Stellen gepunktet. Der geheftete Zusammenbau wird dann lasersgeschweißt, indem er von dem robotergeführten Spannwerkzeug aufgenommen und gegenüber dem robotergeführten Laserschweißkopf bewegt wird.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere auch zum Hybridschweißen zweier Werkstücke. Dabei werden die Werkstücke mit Hilfe eines robotergeführten Spannwerkzeugs gespannt bzw. fixiert (und ggf. bewegt), während die beiden zum Hybridschweißen verwendeten Schweißköpfe – beispielsweise ein Laserschweißkopf und ein Lichtbogenschweißkopf – mit Hilfe zweier getrennter Roboter gegenüber den Werkstücken bewegt werden. Alle drei Roboter kooperieren dabei im Sinne einer „Master“-„Slave“-Kopplung.

Ausführungsbeispiel

[0017] Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert. Dabei zeigen:

[0018] **Fig. 1** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer ersten Ausführungsform;

[0019] **Fig. 2** eine Detailansicht eines Verbindungsbereichs beim Verbinden zweier Werkstücke mit Hilfe des Laserschweißens;

[0020] **Fig. 2a:** Beginn des Laserschweißens in einem ersten Verbindungsbereich;

[0021] **Fig. 2b:** Ende des Laserschweißens im ersten Verbindungsbereich;

[0022] **Fig. 2c:** Beginn des Laserschweißens in einem weiteren Verbindungsbereich;

[0023] **Fig. 3** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer zweiten Ausführungsform;

[0024] **Fig. 4** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer dritten Ausführungsform;

[0025] **Fig. 5** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit mehreren kooperierenden Füge- und Spannwerkzeugen.

[0026] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zum Fügen zweier Werkstücke **2,3** aus Metallblech, wobei die Vorrichtung **1** Teil einer Fertigungsanlage **4** ist. Die Vorrichtung **1** umfasst einen ersten Roboter **5** mit einer Roboterhand **6**, an der ein Laserschweißkopf **7** mit einer (in **Fig. 1** nicht dargestellten) Scanmimik befestigt ist. Zu diesem Roboter **5** gehört ein erstes Steuersystem **8**, welches eine Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des ersten Roboters **5** und zum Aktivieren des Laserschweißkopfs **7** und der Scanmimik enthält. – Weiterhin umfasst die Vorrichtung **1** einen zweiten Roboter **9** mit einer Roboterhand **10**, an der ein Spannwerkzeug **11** befestigt ist. Zu diesem zweiten Roboter **9** gehört ein zweites Steuersystem **12**, welches eine Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des zweiten Roboters **9** und zum Betätigen des Spannwerkzeugs **11** enthält. – Mit dem Begriff „Roboter“ soll hierbei ein mehrachsiger (in der Regel sechsachsiger) Industrieroboter bezeichnet werden. Unter einer „Programmsteuerung“ soll ein Steuerprogramm verstanden werden, das – je nach Anwendungsfall – sowohl Steuer- als auch Regelaufgaben des Roboters und/oder des mit Hilfe des Roboters bewegten Werkzeugs übernehmen kann.

[0027] In dem Spannwerkzeug **11** sind die zu verbindenden Werkstücke **2,3** mit Hilfe von Spannelementen **13** in der gewünschten Zusammenbaulage fixiert. Um eine reproduzierbare Lage der Werkstücke **2,3** im Spannwerkzeug **11** zu gewährleisten, sind Anschläge **14** bzw. Aufnahmeelemente **15** vorgesehen, die die Werkstücke **2,3** in eindeutiger Weise zueinander und gegenüber dem Spannwerkzeug **11** ausrichten. Dies ist notwendig, um die genaue Lage der Werkstücke **2,3** in einem Koordinatensystem **16** des zweiten Roboters **9** bestimmen zu können. Anstatt (bzw. zusätzlich zu) den Anschlägen **14** und Aufnahmeelementen **15** kann ein raumfester Sensor **17** (im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** ein optischer Sensor **17a**) vorgesehen sein, mit dessen Hilfe die Lage der Werkstücke **2,3** im Koordinatensystem **16** des zweiten Roboters **9** ermittelt wird, indem der Roboter **9** das Spannwerkzeug **11** mit den darauf fixierten

Werkstücken **2,3** in vorbestimmte Ausrichtungen gegenüber dem Sensor **17a** bringt und aus den Messwerten des Sensors **17a** die Lage der Werkstücke **2,3** gegenüber einer Referenzposition auf dem Spannwerkzeug **11** berechnet wird.

[0028] Die Programmsteuerungen der beiden Roboter **5,9** sind in einer solchen Weise gekoppelt, dass die Bewegungsabläufe der Roboter **5,9** und der von ihnen getragenen Werkzeuge **7,11** koordiniert erfolgen. Einer der Roboter – beispielsweise der erste Roboter **5** – dient dabei als „Master“-Roboter, dessen Bewegungen der andere, sogenannte „Slave“-Roboter – in diesem Falle der zweite Roboter **9** – folgt. Während der „Master“-Roboter **5** den Laserschweißkopf **7** in eine vorgegebene Raumlage bringt und aktiviert, richtet er die Bewegungen des „Slave“-Roboters **9** nach seiner Sollbahn aus, so dass der „Slave“-Roboter **9** das Spannwerkzeug **11** und die darin gehaltenen Werkstücke **2,3** in eine entsprechende Lage und Ausrichtung bewegt, in der ein Verbindungsbereich **18** auf den Werkstücken **2,3** im Fokus eines Laserstrahls **19** des Laserschweißkopfs **7** liegt. Dabei bleibt der räumliche Bezug des durch den „Master“-Roboter **5** geführten Laserschweißkopfs **7** zu den vom „Slave“-Roboter **9** bewegten Werkstücken **2,3** zu jeder Zeit erhalten. Ein Steuerungsprinzip, mit dessen Hilfe eine solche „Master“-„Slave“-Kopplung erreicht werden kann, ist beispielsweise in der EP 752 633 A1 beschrieben, deren Inhalt hiermit in die vorliegende Anmeldung übernommen wird.

[0029] Aufgrund der „Master“-„Slave“-Kooperation der Roboter **5,9** stellt die Vorrichtung **1** eine autonome Einheit dar, die im Fabrikumfeld **4** an eine speicherprogrammierte Fertigungssteuerung (SPS **20**) angebunden sein kann; die SPS **20** aktiviert dann Prozesse im „Master“-Roboter **5**, welcher seinerseits dann vorgegebene Programmschritte durchführt und dabei den an ihn gekoppelten „Slave“-Roboter **9** mitführt und befehligt.

[0030] Die Roboter **5,9** brauchen hierzu nicht permanent aneinander gekoppelt sein. Insbesondere können die Roboter **5,9** lediglich für bestimmte Arbeitsschritte miteinander kooperieren; andere Arbeitsschritte können die Roboter **5,9** völlig unabhängig voneinander durchführen, wobei dann die Aktionen jedes Roboters **5,9** getrennt von der SPS **20** der Fertigungsanlage **4** angestoßen werden.

[0031] Im folgenden werden die Einzelschritte beschrieben, die beim Fügen der beiden Werkstücke **2,3** der [Fig. 1](#) durchlaufen werden. Zunächst werden die beiden zu verbindenden Werkstücke **2,3** in einer (in [Fig. 1](#) nicht gezeigten) Bestückungsstation in das Spannwerkzeug **11** eingelegt; die Anschläge **14** bzw. Aufnahmeelemente **15** gewährleisten dabei, dass die Werkstücke **2,3** reproduzierbar in Zusammenbaura-

ge im Spannwerkzeug **11** aufgenommen werden. Anschließend werden die Werkstücke **2,3** durch simultanes Spannen der Spannelemente **13** in dieser Zusammenbauanlage fixiert. Das Aufnehmen und Fixieren der Werkstücke **2,3** im Spannwerkzeug **11** des zweiten Roboters **9** kann unabhängig von den Bewegungen des ersten Roboters **5** erfolgen, so dass der erste Roboter **5** während dieser Schritte beispielsweise eine andere Schweißaufgabe ausführen kann; in diesem Modus wirkt die SPS **20** der Fertigungsanlage **4** separat auf beide Roboter **5,9** ein.

[0032] Spätestens mit Abschluss des Spannens der Werkstücke **2,3** im Spannwerkzeug **11** wird die Programmsteuerung des zweiten Roboters **9** (als „Slave“) an die Programmsteuerung des ersten Roboters **5** (als „Master“) angekoppelt. Ab diesem Zeitpunkt greift die SPS **20** nicht mehr direkt auf den „Slave“-Roboter **9** zu, sondern alle Bewegungen des „Slave“-Roboters **9** und des darauf fixierten Spannr Rahmens **11** werden durch den „Master“-Roboter **5** koordiniert. Die beiden Roboter **5,9** kooperieren dabei derart, dass der „Slave“-Roboter **9** die von ihm getragenen Werkstücke **2,3** in bestimmte vorgegebene Raumlagen bewegt, die so gewählt sind, dass ein vorgegebener Verbindungsbereich **18** auf den Werkstücken **2,3** für den mit Hilfe des „Master“-Roboters **5** bewegten Laserschweißkopf **7** gut zugänglich wird; dann wird der Laserschweißkopf **7** aktiviert und mit Hilfe des Laserstrahls **19** eine Verschweißung im Verbindungsbereich **18** durchgeführt. Anschließend wird der Laserstrahl **19** auf einen weiteren Verbindungsbereich **18a** der Werkstücke **2,3** gerichtet. Dies kann erreicht werden, indem

- der Laserstrahl **19** mit Hilfe der im Laserschweißkopf **7** enthaltenen Scanmimik auf den weiteren Verbindungsbereich **18a** gelenkt wird und/oder
- der Laserschweißkopf **7** mit Hilfe des „Master“-Roboters **5** gegenüber dem Spannwerkzeug **11** bewegt wird, bis er gegenüber dem weiteren Verbindungsbereich **18a** zu liegen kommt und/oder
- das Spannwerkzeug **11** mit Hilfe des „Slave“-Roboters **9** gegenüber dem Laserschweißkopf **7** bewegt wird, bis der weitere Verbindungsbereich **18a** gegenüber dem es gegenüber Laserschweißkopf **7** zu liegen kommt.

[0033] Vorzugsweise werden mehrere dieser Bewegungen simultan durchgeführt, um durch Überlagerung der (vergleichsweise schnellen) Bewegung der Scanmimik des Laserschweißkopfes **7** mit den (vergleichsweise langsamen) Transportbewegungen der Roboter **5,9** die (ansonsten nichtproduktiven) Transportzeiten produktiv zu nutzen. Insbesondere ist es vorteilhaft, diesen Transportbewegungen den eigentlichen Schweißprozess zu überlagern. Dies ist schematisch in [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2c](#) dargestellt: Hier wird das Spannwerkzeug **11** mit den darauf fixierten

Werkstücken **2,3** mit Hilfe des (in **Fig. 2** nicht dargestellten) „Slave“-Roboters **9** kontinuierlich gegenüber dem Laserschweißkopf **7** verschoben (Pfeil **21**). Gleichzeitig wird der Laserstrahl **19** in einen ersten Verbindungsbereich **18** gelenkt und dort aktiviert (**Fig. 2a**). Die Scanmimik des Laserschweißkopfes **7** führt den Laserstrahl **19** in einer solchen Weise gegenüber den bewegten Werkstücken **2,3**, dass im Verbindungsbereich **18** eine erste Laserschweißnaht **22** erstellt wird (**Fig. 2b**). Dann wird der Laserstrahl **19** deaktiviert und mit Hilfe der Scanmimik auf einen weiteren Verbindungsbereich **18a** gelenkt, wo der Laserstrahl **19** für eine weitere Schweißung **22a** aktiviert wird.

[0034] **Fig. 3** zeigt eine schematische, nicht maßstabgetreue Ansicht einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1'**: Hier sind die zu verbindenden Werkstücke **2',3'**, zwei Formbauteile aus Blech, in Zusammenbaulage in einer raumfesten Aufnahmevorrichtung **23** abgelegt. Der erste Roboter **5'** trägt an seiner Hand **6'** den Laserschweißkopf **7'** und ist mit dem Steuersystem **8'** verbunden, welches die Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung dieses ersten Roboters **5'** und zum Aktivieren des Laserschweißkopfes **7'** enthält. Der zweite Roboter **9'** trägt an seiner Roboterhand **10'** ein Spannwerkzeug **11'**, mit Hilfe dessen ein ausgewählter Verbindungsbereich **18'** auf den Werkstücken **2',3'** gespannt werden kann; weiterhin ist der zweite Roboter **9'** mit dem Steuersystem **12'** verbunden, welches die Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung dieses zweiten Roboters **9'** und zum Betätigen des Spannwerkzeugs **11'** enthält. Die beiden Roboter **5',9'** sind in einer solchen Weise aneinander gekoppelt, dass sie – wie oben beschrieben – in einem „Master“-„Slave“-Modus betrieben werden können.

[0035] Das Spannwerkzeug **11'** ist mit einem Druckelement **24** versehen, mit dessen Hilfe im Verbindungsbereich **18'** zwischen den zu verschweißenden Blechen **2',3'** ein Fügespalt **26** einer vorbestimmten Höhe **27** eingestellt werden kann. Das Druckelement **24** ist im vorliegenden Beispiel eine drehbar gelagerte Anpressrolle **25**, die entlang der Verbindungsbereiche **18'** gerollt werden kann und die in einer solchen Weise ausgestaltet ist, dass sie die klaffenden Bleche **2',3'** im Verbindungsbereich **18'** aufeinanderdrückt, um so eine vorgegebene Spalthöhe **26** zu erreichen. Die Funktionsweise eines solchen Druckelements **24** ist beispielsweise in der DE 102 18 179 A1 beschrieben. Alternativ können Druckelemente **24** vorgesehen sein, die als Anpressfinger oder als (zueinander bewegliche) Spannfinger ausgestaltet sind und mit Hilfe des Roboters **9'** entlang der Verbindungsbereiche **18'** bewegt werden.

[0036] Eine dritte Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 4** dargestellt. Hier werden die zu verbindenden

Werkstücke **2'',3''** zunächst in einer Heftstation **28** geheftet, bevor sie mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1''** verbunden werden. In der Heftstation **28** werden die Werkstücke **2'',3''** in eine raumfeste Aufnahmevorrichtung **23''** eingelegt, in der die Werkstücke **2'',3''** in Zusammenbaulage positioniert und fixiert werden. Anschließend werden die Werkstücke **2'',3''** mit Hilfe einer Heftvorrichtung **29**, beispielsweise einer robotergeführten Punktschweißzange **30**, in ausgewählten Bereichen geheftet. Durch diese Heftung wird ein Zusammenbau **31** der Werkstücke **2'',3''** erzeugt, in dem die Werkstücke **2'',3''** in der gewünschten Zusammenbaulage zueinander fixiert sind. Dieser Zusammenbau **31** wird dem robotergeführten Spannwerkzeug **11''** der Vorrichtung **1''** zugeführt bzw. vom robotergeführten Spannwerkzeug **11''** aufgenommen. Das anschließende Verbinden des im Spannwerkzeug **11''** gehaltenen Zusammenbaus **31** durch den robotergeführten Laserschweißkopf **7''** erfolgt analog zur oben beschriebenen ersten Ausführungsform (**Fig. 1**) durch die die Werkzeuge **7'',11''** tragenden, kooperierenden Roboter **5'',9''** mit dem Unterschied, dass das Spannwerkzeug **11''** nun – aufgrund des vorgeschalteten Heftens der Werkstücke **2'',3''** – wesentlich leichter und einfacher gestaltet werden kann als das Spannwerkzeug **11** der **Fig. 1**. Insbesondere müssen die Spannelemente **13''** des Spannwerkzeugs **11''** lediglich den gehefteten Zusammenbau **31** stabil an der Roboterhand **10''** des zweiten Roboters **9''** halten, nicht jedoch die beiden Werkstücke in einer vorgegebenen Relativlage spannen und fixieren. Das Spannwerkzeug **11''** ist somit wesentlich einfacher aufgebaut (und in bezug auf sein Gewicht wesentlich leichter) als das Spannwerkzeug **11** der Ausführungsform der **Fig. 1**.

[0037] Bisher wurden Anwendungsbeispiele gezeigt, in denen zwei kooperierende Industrieroboter zum Einsatz kommen: Ein erster Roboter **5,5',5''**, mit Hilfe dessen das Fügewerkzeug **7,7',7''** bewegt wird und ein zweiter Roboter **5,5',5''** zum Spannen und/oder Bewegen der zu fügenden Werkstücke **2,3**. Zusätzlich zu diesen beiden Robotern kann die Vorrichtung **1,1',1''** noch weitere Roboter umfassen, welche ebenfalls in die Roboterkooperation eingebunden sind. Insbesondere kann zum Fügen von größeren Werkstücken **2,3** vorteilhaft sein, die Werkstücke **2,3** mit Hilfe mehrerer gekoppelter Roboter **9a,9b** räumlich zu bewegen, um auf diese Weise eine Lastverteilung der Werkstückmassen auf mehrere Roboter **9a,9b** zu erreichen; dies ist schematisch in **Fig. 5** dargestellt, bei ein Spannwerkzeug **11** von den beiden Robotern **9a,9b** mit zugeordneten, aneinander gekoppelten Programmsteuerungen (in Steuersystemen **12a,12b**) getragen wird. Das Spannwerkzeug **11** umfasst in diesem Fall zwei getrennte Unter-Spannwerkzeuge **11a,11b**, wobei das Unter-Spannwerkzeug **11b** des Roboters **9b** in der Ansicht der **Fig. 5** vom Werkstück **3** verdeckt ist. Die

Programmsteuerungen der Spannroboter **9a,9b** und des Schweißroboters **5a** kooperieren beispielsweise in einer solchen Weise, dass der Schweißroboter **5a** der „Master“ ist, an den die beiden Spannroboter **9a,9b** als „Slaves“ angekoppelt sind. – Weiterhin kann im Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** das lokale Spannen der zu verbindenden Werkstücke **2',3'** mit mehreren Robotern **9',9a'** erfolgen, die je ein Spannwerkzeug **11',11a'** tragen und deren Programmsteuerungen mit der Programmsteuerung des Schweißroboters **5'** im Sinne einer „Master“-„Slave“-Kopplung kooperieren; dann kann der momentan vom Fügewerkzeug **7'** bearbeitete Werkstückbereich **18'** mit Hilfe eines ersten Spannwerkzeugs **11'** fixiert werden, während ein weiteres Spannwerkzeug **11a'** bereits in einem demnächst zu bearbeitenden Verbindungsbereich **18a'** auf den Werkstücken **2',3'** platziert wird. Da die Bewegung der Scanmimik des Laserschweißkopfes **7'** wesentlich schneller ist als die Bewegung der robotergeführten Spannwerkzeuge **11',11a'**, kann auf diese Weise das Laserschweißsystem optimal ausgenutzt werden. – In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Erfindung genutzt werden zum Kleben von Werkstücken, wobei die beiden zu verklebenden Werkstücke vor dem Verkleben mit Hilfe von Spannwerkzeugen bewegt werden, die von getrennten, jedoch gekoppelten Robotern getragen werden.

[0038] Wie in **Fig. 5** gezeigt, ist es weiterhin möglich, mehrere gekoppelte Roboter **5a,5b** mit Fügewerkzeugen **7a,7b** (z.B. Punktschweißzangen **32a, 32b**) zu bestücken, um z.B. unterschiedliche Bereiche der zu verbindenden Werkstücke **2,3** gleichzeitig bearbeiten zu können und dadurch die Verweilzeit der Werkstücke **2,3** in der Verbindungsvorrichtung **1** zu minimieren. **Fig. 5** zeigt somit eine Vorrichtung mit zwei Füge Robotern **5a,5b** und zwei Spannrobotern **9a,9b**, die über eine „Master“-„Slave“-Kopplung miteinander kooperieren. Werden die beiden Schweißroboter **5a,5b** mit unterschiedlichen Schweißsystemen (z.B. ein Laserschweißkopf und ein MIG-Schweißkopf) bestückt, so kann diese Vorrichtung **1** zur Durchführung eines Hybridschweißverfahrens eingesetzt werden, bei dem die unterschiedlichen Schweißsysteme mit Hilfe getrennter, jedoch gekoppelter Roboter **5a,5b** bewegt werden.

[0039] Die Erfindung kann auf beliebige Fügeverfahren, insbesondere zum Laserschweißen, zum MIG- oder MAG-Schweißen, zum Punktschweißen sowie zum Kleben, zum Nieten und zum Durchsetzen von Werkstücken, zum Einsatz kommen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (**1,1',1''**) zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (**2,2',2'',3,3',3''**),
– mit einem mittels eines ersten Roboters (**5,5',5'',5b**) bewegbaren Fügewerkzeug (**7,7',7'',7b**) und einer

ersten Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des Roboters (**5,5',5'',5b**) und zum Aktivieren des Fügewerkzeugs (**7,7',7'',7b**),
– mit einem mittels eines zweiten Roboters (**9,9',9'',9b**) bewegbaren Spannwerkzeug (**11,11',11'',11b**) und einer zweiten Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des Roboters (**9,9',9'',9b**) und zum Betätigen des Spannwerkzeugs (**11,11',11'',11b**),
– wobei die beiden Programmsteuerungen miteinander gekoppelt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Fügewerkzeug (**7,7',7'',7b**) eine Schweißvorrichtung, insbesondere ein Laserschweißkopf, ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass das Spannwerkzeug (**11,11'',11b**) zum Transport der beiden Werkstücke (**2,2'',3,3''**) ausgebildet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass das Spannwerkzeug (**11,11'',11b**) Spannelemente (**13,13''**) zum Fixieren der Werkstücke (**2,2'',3,3''**) aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das Spannwerkzeug (**11,11',11'',11b**) Mittel (**14,15**) zur positionsgenauen Ausrichtung gegenüber mindestens einem der beiden Werkstücke (**2,3**) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5 dadurch gekennzeichnet, dass das Spannwerkzeug (**11'**) zum lokalen Fixieren zweier mittels Laserschweißen zu verbindenden Bleche (**2',3'**) mit mindestens einem Druckelement (**24**) versehen ist, mit dessen Hilfe im Verbindungsbereich (**18'**) ein Fügespalt (**26**) zwischen den beiden Blechen (**2',3'**) auf ein vorgegebenes Maß (**27**) einstellbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
– dass die Vorrichtung (**1,1'**) ein weiteres, mit Hilfe eines weiteren Roboters (**9a,9a'**) bewegbares Spannwerkzeug (**11a,11a'**) und eine weitere Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des weiteren Roboters (**9a,9a'**) und zum Betätigen des weiteren Spannwerkzeugs (**11a,11a'**) umfasst,
– wobei die weitere Programmsteuerung mit der Programmsteuerung des ersten und/oder des zweiten Roboters (**5b,9b,5',9'**) gekoppelt ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
– dass die Vorrichtung (**1**) ein weiteres, mit Hilfe eines weiteren Roboters (**5a**) bewegbares Fügewerkzeug (**7a**) und eine weitere Programmsteuerung zur Bewegungssteuerung des weiteren Roboters (**5a**) und zum

Aktivieren des weiteren Fügwerkzeugs (**7a**) umfasst,

– wobei die weitere Programmsteuerung mit der Programmsteuerung des ersten und/oder des zweiten Roboters (**5b,9a,9b**) gekoppelt ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass zum Verbinden der Werkstücke (**2,3**) mit Hilfe eines Hybridschweißverfahrens das erste Fügwerkzeug (**7b**) ein Laserschweißkopf und das weitere Fügwerkzeug (**7a**) ein nach einem anderen Verfahren, insbesondere dem Lichtbogen-schmelzschweißen, arbeitender Schweißkopf ist.

10. Verfahren zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (**2,2'',3,3''**),

– bei welchem die Werkstücke (**2,2'',3,3''**) mit Hilfe eines Fügwerkzeugs (**7,7'',7b**) verbunden werden, welches mit Hilfe eines ersten Roboters (**5,5'',5b**) räumlich bewegt wird,

– und bei welchem die zu verbindenden Werkstücke (**2,2'',3,3''**) mit Hilfe eines zweiten Roboters (**9,9'',9b**) räumlich bewegt werden,

– wobei die Bahnbewegung des ersten Roboters (**5,5'',5b**) und die Bahnbewegung des zweiten Roboters (**9,9'',9b**) aneinander gekoppelt sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbinden der Werkstücke (**2,2'',3,3''**) zeitlich mit der Bewegung der Werkstücke (**2,2'',3,3''**) überlappt.

12. Verfahren zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (**2', 3'**)

– bei welchem ein Fügwerkzeug (**7'**) mit Hilfe eines ersten Roboters (**5'**) räumlich bewegt wird,

– und bei welchem die zu verbindenden Werkstücke (**2',3'**) mit Hilfe eines an einem zweiten Roboter (**9',9a'**) befestigten Spannwerkzeugs (**11',11a',24**) relativ zueinander gespannt werden,

– wobei die Bahnbewegung des ersten Roboters (**5'**) und die Bahnbewegung des zweiten Roboters (**9',9a'**) aneinander gekoppelt sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke (**2,2',2'',3,3',3''**) mit Hilfe eines Schweißverfahrens miteinander verbunden werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke (**2,2',2'',3,3',3''**) mit Hilfe des Laserschweißens miteinander verbunden werden.

15. Verfahren nach Anspruch 12 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke (**2',3''**) zunächst geheftet werden und anschließend durch Laserschweißen verbunden werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Werkstücke (**2'',3''**) mit Hilfe des Punktschweißens geheftet werden.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstücke (**2'',3''**) während des Heftens stationär gehalten und während des Laserschweiß-Verbindens bewegt werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

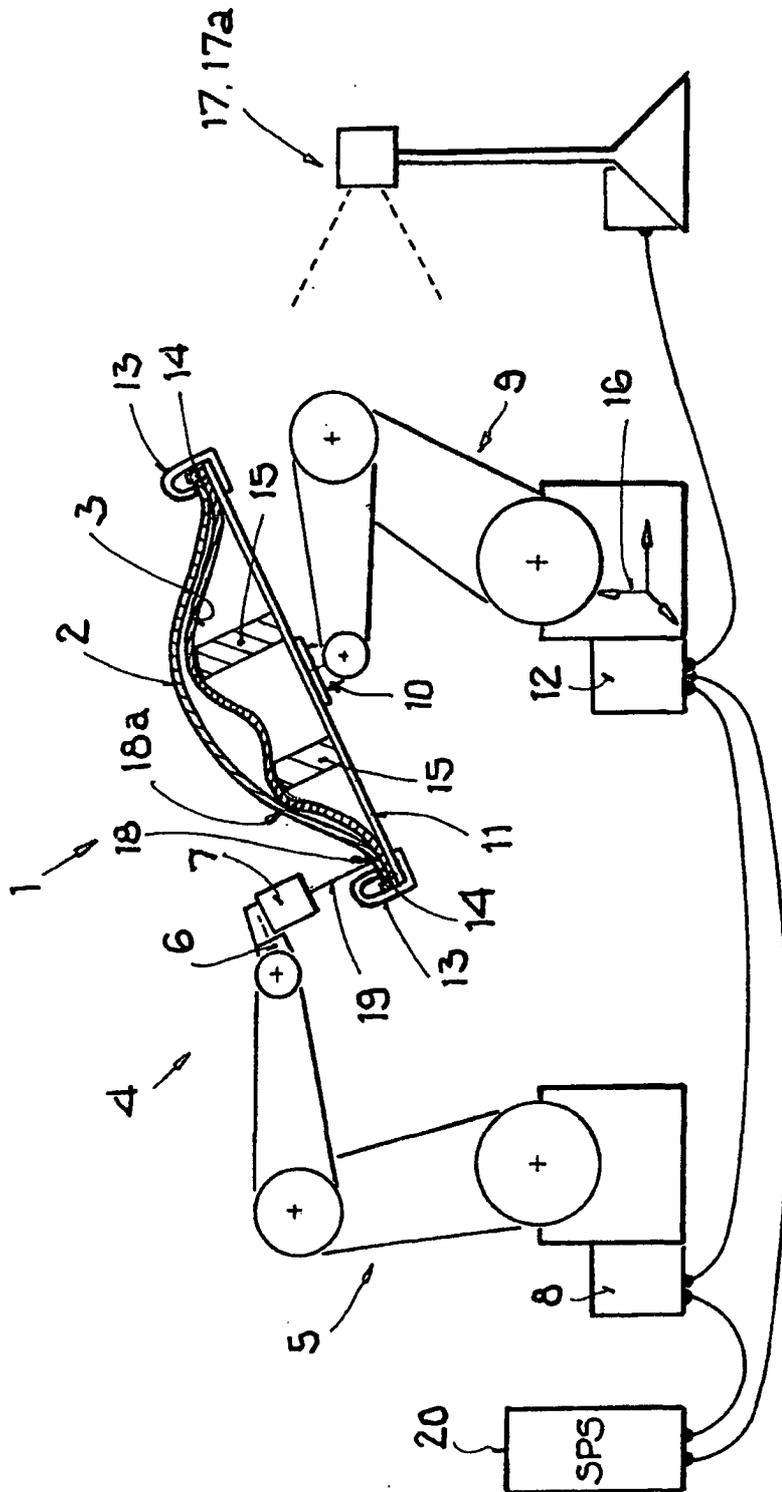


FIG.1

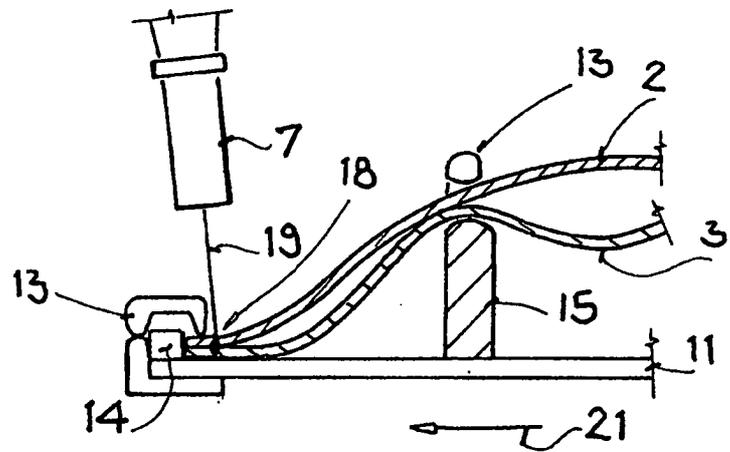


FIG. 2a

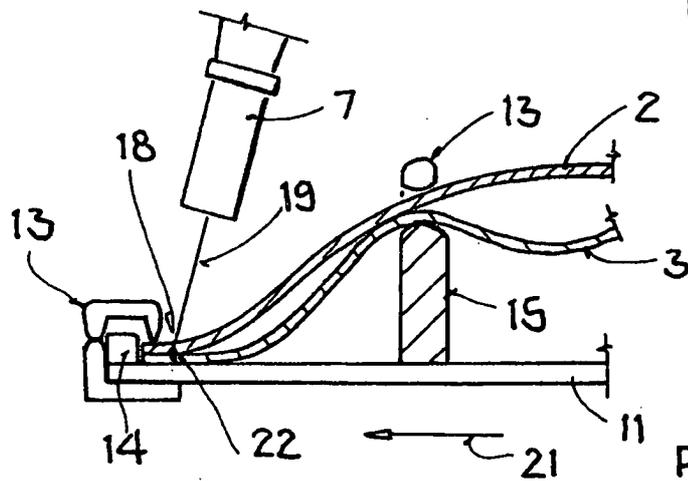


FIG. 2b

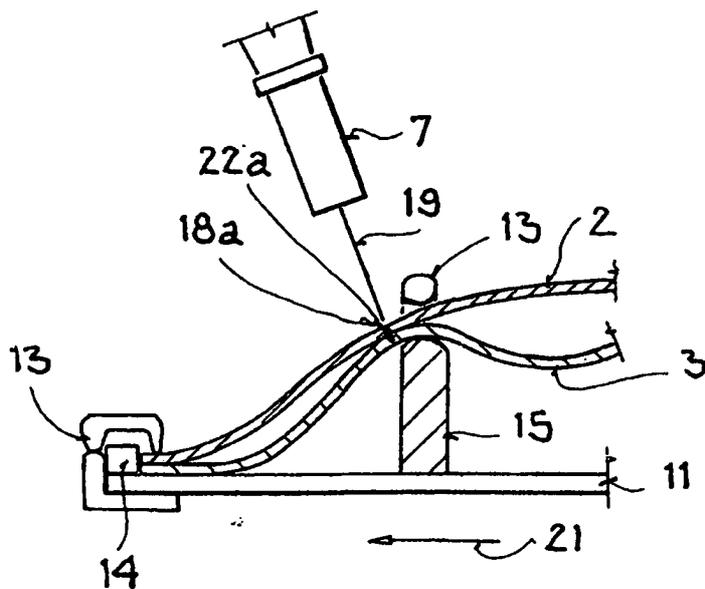


FIG. 2c

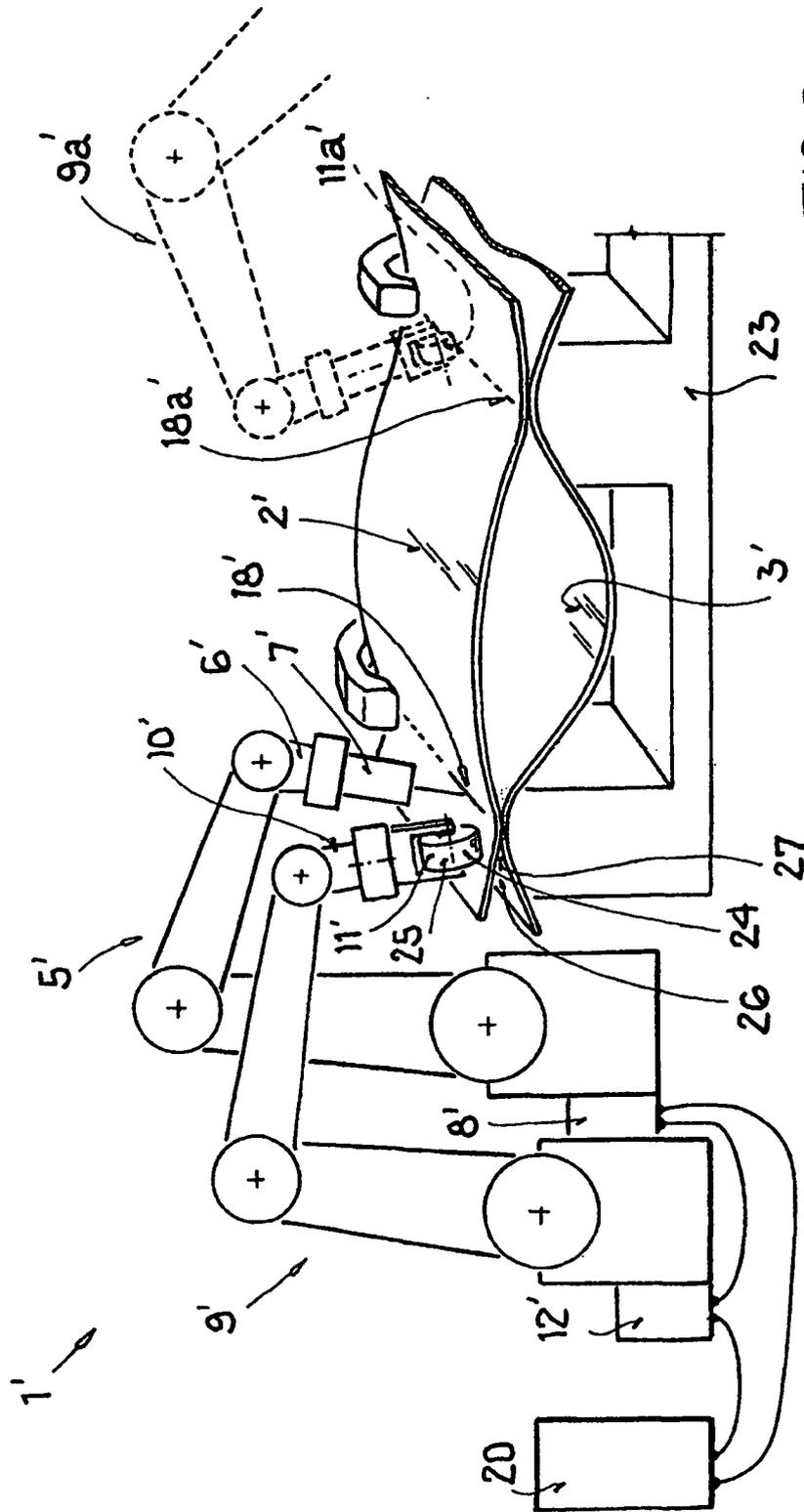


FIG.3

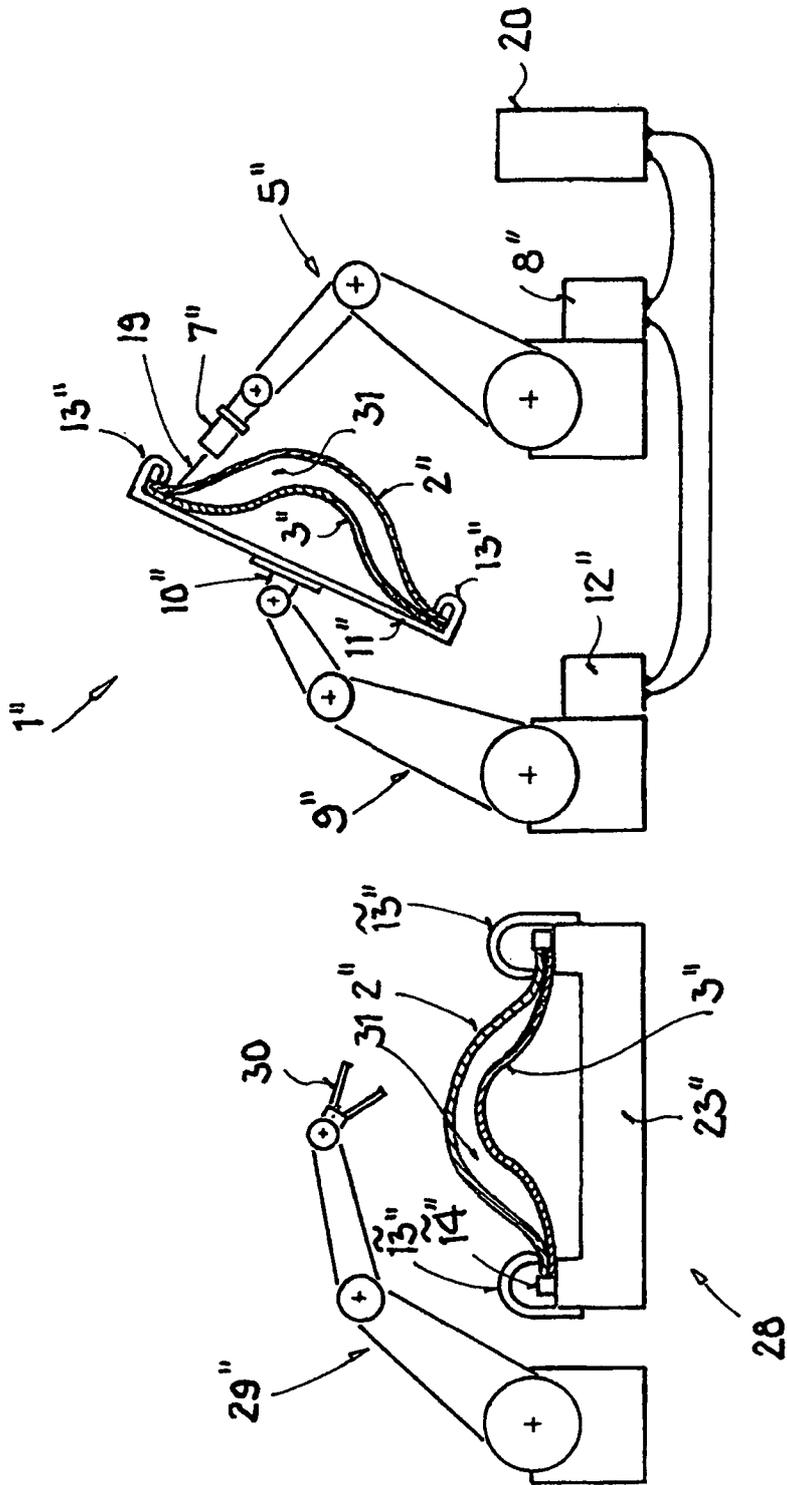


FIG.4

