(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 14 072 T2** 2006.04.20

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 149 656 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 14 072.9**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 109 857.1**
(96) Europäischer Anmeldetag: **23.04.2001**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.10.2001**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **19.10.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **20.04.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B23K 20/12*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2000130040 28.04.2000 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

(72) Erfinder:
Iwashita, Tomoyuki, Aki-gun, Hiroshima-ken, JP

(74) Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel, 80538 München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Verbinden**

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).

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und Vorrichtungen für das Verbinden von übereinander liegenden Materialien aus Aluminium jeweils nach dem Oberbegriff der Ansprüche 4, 6 sowie 1, 2 (siehe zum Beispiel JP-A-11/059484).

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Bei dem herkömmlichen Verbindungsverfahren werden zuvor in dreidimensionaler Form gepresste Plattenmaterialien oder Materialien übereinander liegend angeordnet, um durch elektrisches Widerstandsschweißen, Lichtbogenschweißen, Klebstoffe, Anziehen von Schrauben oder durch Nieten verbunden zu werden.

[0003] Wenn die Materialien in der komplexen dreidimensionalen Form vorliegen, wird Punktschweißen eingesetzt, das mehrere verstreute Verbindungsstellen lokal verbinden kann.

[0004] Ein anderes Verbindungsverfahren wird in dem japanischen Patent Nr. 2712838 offenbart, das ein Verbindungsverfahren durch Reibrühren in einem nicht schmelzenden Zustand ist. Dieses Verbindungsverfahren ist solcher Art, dass ein als Sonde bezeichneter Vorsprung in eine Verbindungsfläche von zwei aneinander stoßenden Elementen drehend eingesetzt und überführt wird, um die Metallstruktur nahe der Verbindungsfläche durch Reibungswärme weich zu machen und dadurch eine Verbindung zu bewirken.

[0005] Bei dem obigen Punktschweißen wird eine optimale Schweißbedingung gewählt, die abhängig von jeder Schweißstelle festzulegen ist, wenn sich die Materialien in der komplexen dreidimensionalen Form befinden oder eine unterschiedliche Dicke oder Beschaffenheit aufweisen. Dies erfordert eine große Transformator- und Spannungsquelle für das Anlegen einer hohen Spannung an einer Schweißelektrode sowie ein Umwälzsystem eines Kühlmittels für das Kühlen des Transformators, was große Investitionen für Geräte mit sich bringt.

[0006] Bei dem in dem vorstehenden Patent offenbarten Verbindungsverfahren wird die Sonde in die Oberflächen der zu bewegenden Metallelemente eingesetzt, so dass Schweißstellen (Löcher), aus denen die Sonde herausgezogen wird, an Anfangs- und Endpunkten einer Bewegungsspur der Sonde zurückbleiben. Dies führt zu einem Problem beim Erscheinungsbild, da das Verfahren nicht bei Bereichen verwendet werden kann, bei denen die Schweißstellen sichtbar sind, und es ein vorheriges Ausbilden eines Pads, um die Schweißstellen in einer Nachbehandlung zu entfernen, und das Einstellen der Anfangs- und Endpunkte der Sonde auf den Pads erfordert.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die vorliegende Erfindung erfolgte im Hinblick auf die obigen Probleme, und ihre Aufgabe besteht darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung für ein Verbinden an die Hand zu geben, das geringe Investitionen in Geräte erfordert und Materialien fest verbinden kann, ohne Verbindungsspuren zu hinterlassen.

[0008] Um die obigen Probleme zu lösen und die obige Aufgabe zu verwirklichen, wird die vorliegende Erfindung in den Ansprüchen 1, 2, 4 und 6 abgegrenzt.

[0009] Nach einer Ausführung, d.h. nach den Ansprüchen 1 und 4, wird ein Aufnahmeelement gegenüber dem Reibrührmittel vorgesehen, so dass die Materialien mit dem Rührmittel gegriffen werden, und das Rührmittel und das Aufnahmeelement sind an einem Ende eines Arms eines Mehrgelenk-Roboters, der in drei Dimensionen beweglich ist, angebracht, wodurch die mehreren verstreuten Verbindungsstellen lokal verbunden werden können, selbst wenn sich die Materialien in der komplexen dreidimensionalen Form befinden.

[0010] In einer Ausführung, siehe Ansprüche 3 und 6, sind Reibrührmittel einander gegenüberliegend mit den Materialien dazwischen angeordnet und greifen die Materialien mit den Spitzen der einander gegenüberliegenden Reibrührmittel, so dass diese gepresst werden, wodurch die Verbindungszeit verkürzt werden kann und wodurch eine zufrieden stellende Verbindung verwirklicht werden kann, selbst wenn die Gesamtdicke groß ist oder viele Materialien übereinander liegen.

KUZRBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Fig. 1 ist eine vergrößerte Ansicht eines Umfangs eines Drehwerkzeugs, welche ein Verbindungsverfahren einer erfindungsgemäßen Ausführung erläutert;

[0012] Fig. 2 ist eine Querschnittansicht einer Metallstruktur einer Verbindungsstelle von Fig. 1;

[0013] Fig. 3 ist eine schematische Ansicht eines Mehrgelenk-Roboters für das Halten und Antreiben des Drehwerkzeugs;

[0014] Fig. 4 ist eine Querschnittansicht der Metallstruktur der Verbindungsstelle zu dem Zeitpunkt, da mehr als drei Materialien verbunden werden;

[0015] Fig. 5 ist eine Querschnittansicht der Metallstruktur der Verbindungsstelle zu dem Zeitpunkt, da

die Materialien jeweils eine unterschiedliche Dicke aufweisen;

[0016] Fig. 6 ist eine Ansicht, welche einen Zustand des plastischen Fließens im Material durch das Drehwerkzeug zeigt;

[0017] Fig. 7 ist eine Ansicht, welche die Ergebnisse eines Tests der Verbindungsfestigkeit nach verschiedenen Materialien zeigt;

[0018] Fig. 8 ist eine Ansicht, welche die Ergebnisse eines Tests einer Beziehung zwischen der Drehzahl des Drehwerkzeugs und der Verbindungsfestigkeit zeigt;

[0019] Fig. 9 ist eine Ansicht, welche einen Fall der Verbindung von Karosserierahmen eines Kraftfahrzeugs als Materialien zeigt, die vorher in einer dreidimensionalen Form pressgeformt wurden;

[0020] Fig. 10 ist eine Ansicht, welche einen Fall der Verbindung einer Motorhaube und eines verstärkenden Elements als Materialien zeigt, die vorher in dreidimensionaler Form pressgeformt wurden;

[0021] Fig. 11 ist eine Ansicht, welche einen Fall der Verbindung eines rohrförmigen Karosserierahmens des Kraftfahrzeugs mit hohlem Aufbau mit einem geschlossenen Schnitt und einem Träger als Materialien zeigt, die vorher in dreidimensionaler Form pressgeformt wurden;

[0022] Fig. 12 ist eine Querschnittansicht der Metallstruktur der Verbindungsstelle zu dem Zeitpunkt, da das Drehwerkzeug vorwärts bewegt wird, um eine kontinuierliche Verbindung zu bewirken;

[0023] Fig. 13 ist eine Ansicht, welche einen bei einem Drehwerkzeug stark vergrößerten Vorsprung eines Drehwerkzeugs zeigt;

[0024] Fig. 14 ist eine Ansicht, welche den bei einem Drehwerkzeug etwas vergrößerten Vorsprung zeigt.

[0025] Die in den Fig. 12–Fig. 14 offenbarten Drehwerkzeuge fallen nicht in den Schutzumfang der beigefügten Patentansprüche.

[0026] Andere Aufgaben und Vorteile neben den vorstehend beschriebenen gehen für den Fachmann aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführung der Erfindung hervor. In der Beschreibung erfolgt Bezug auf die Begleitzeichnungen, die einen Teil derselben bilden, und die ein Beispiel der Erfindung veranschaulichen. Dieses Beispiel deckt aber nicht die verschiedenen Ausführungen der Erfindung ab, und daher wird für die Ermittlung des Schutzumfangs der Erfindung auf die Ansprüche verwiesen, die an die Beschreibung anschließen.

EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0027] Nachstehend werden Ausführungen der vorliegenden Erfindung eingehend unter Bezug auf die Zeichnungen beschrieben.

[0028] Fig. 1 ist eine vergrößerte Ansicht eines Umfangs eines Drehwerkzeugs, die ein Verbindungsverfahren der erfindungsgemäßen Ausführung erläutert. Fig. 2 ist eine Querschnittansicht der Metallstruktur einer Verbindungsstelle von Fig. 1 Das Verbindungsverfahren dieser Ausführung wird auf das Verbinden eines Plattenmaterials aus Aluminiumlegierung oder aus einem vorher zu dreidimensionaler Form pressgeformten Material angewendet und ist solcher Art, dass mindestens zwei Materialien übereinander liegend angeordnet werden und ein Drehwerkzeug **1** an einer äußersten Fläche auf ein erstes Material W1 gepresst wird, um die Metallstruktur zwischen den übereinander liegenden ersten und zweiten Materialien W1, W2 durch Reibungswärme in nicht schmelzendem Zustand zu verrühren, um eine Verbindung zu bewirken.

[0029] Dieses nicht schmelzende Verrühren kann die Probleme der Wärmeformbeständigkeit, die bei elektrischem Widerstandsschweißen oder dergleichen eintreten, lösen.

[0030] Der Zustand des oben erwähnten nicht schmelzenden Verrührens bedeutet, dass die Metallstruktur erweicht wird, um durch die Reibungswärme bei einer Temperatur unter der des niedrigsten Schmelzpunkts der Schmelzpunkte der jeweiligen Bestandteile oder eutektischen Verbindungen, die in den Grundmaterialen enthalten sind, verrührt zu werden.

[0031] Wie in Fig. 1 gezeigt wird, umfasst das Verbindungsverfahren mittels Reibverrühren die Schritte des Übereinanderlegens von mindestens zwei Materialien W1, W2, das Drehen des zylindrischen Drehwerkzeugs **1** mit einem Vorsprung **2** an seinem Endteil **3** um dessen Achse, um den Endteil **3** an der äußersten Fläche an das erste Material W1 zu pressen, das Einsetzen des Vorsprungs **2** in das Material und das Verrühren der übereinander liegenden ersten und zweiten Materialien W1, W2 durch Reibung in dem nicht schmelzenden Zustand, um die Materialien zu verbinden.

[0032] Ein Aufnahmeelement **4** ist gegenüber dem Endteil **3** des Drehwerkzeugs **1** so angeordnet, dass es das erste und zweite Material W1, W2 greift. Ein Außendurchmesser des Aufnahmeelements **4** ist so ausgelegt, dass er größer als der des Drehwerkzeugs **1** ist.

[0033] Ein Durchmesser Φ1 des Drehwerkzeugs **1** beträgt etwa 10 bis 15 mm, ein Durchmesser Φ2 des Vorsprungs **2** beträgt etwa 5 bis 7,5 mm und ein Durchmesser Φ3 der Verbindungsstelle beträgt etwa 8 bis 9 mm.

[0034] Das Drehwerkzeug **1** und das Aufnahmeelement **4** sind Werkzeuge nicht reibender Ausführung, die aus Stahlprodukten (wie Hartmetallen) hergestellt werden, die härter als das Verbindungsmaterial sind, während das Verbindungsmaterial nicht auf die Aluminiumlegierung beschränkt ist, wenn es weicher als das Drehwerkzeug **1** ist.

[0035] Eine Länge des Vorsprungs X1 ist auf 80 bis 90% einer Tiefe der Verbindungsstelle X2 festgelegt, welche das 1,1 bis 1,2fache der Länge des Vorsprungs X1 ist. Die Tiefe der Verbindungsstelle X2 wird proportional zur Länge des Vorsprungs X1 vergrößert (1,1 bis 1,2fache einer Länge eines Stifts).

[0036] Das Drehwerkzeug **1** ist an einem Arm eines nachstehend erwähnten Mehrgelenk-Roboters **10** drehbar angebracht und so konfiguriert, dass es bei Materialien mit komplexer dreidimensionaler Form mehrere verstreute Verbindungsstellen in stellenweise (lokal) verbindet.

[0037] Fig. 3 ist eine schematische Ansicht des Mehrgelenk-Roboters für das Halten und Antreiben des Drehwerkzeugs.

[0038] Wie in Fig. 3 gezeigt wird, umfasst der Mehrgelenk-Roboter **10** einen ersten Arm **14**, der mit einem auf einem Unterteil **11** vorgesehenen Gelenk **12** verbunden ist, um um eine y-Achse oszilliert zu werden und an einem Gelenk **13** um eine Z-Achse gedreht zu werden, einen zweiten Arm **17**, der über ein Gelenk **15** mit dem ersten Arm **14** verbunden ist, um um eine y-Achse oszilliert und an einem Gelenk **16** um eine x-Achse gedreht zu werden, sowie einen dritten Arm **19**, der über ein Gelenk **18** mit dem zweiten Arm **17** verbunden ist, um um eine y-Achse oszilliert zu werden.

[0039] Der dritte Arm **19** ist mit einem Motor **20** versehen, an dem das Drehwerkzeug **1** drehbar angebracht ist und der das Drehwerkzeug **1** und das gegenüber dem Endteil **3** des Drehwerkzeugs **1** angeordnete Aufnahmeelement **4** drehend antreibt. Ein Raum zwischen dem Endteil **3** des Drehwerkzeugs **1** und einem Endteil des Aufnahmeelements **4** ist durch einen Aktor **22** verstellbar, der beim Verbinden von mehr als drei übereinander liegenden Materialien als Ausgestaltung für das Zuteilen einer Druckkraft auf die Materialien dient.

[0040] Jede Bewegung des Arms, Motors und Aktors wird durch ein Steuergerät **30** gesteuert, das vorher eingelernt wird.

[0041] Die Presskraft des Drehwerkzeugs **1** auf die Materialien wird abhängig von jeder Verbindungsstelle beruhend auf der Gesamtdicke oder der übereinander liegenden Anzahl der Materialien eingestellt und kann auf den Fall angewendet werden, da die Materialien jeweils verschiedene Dicken haben.

[0042] Wenn mehr als drei erste bis dritte Materialien W1 bis W3 verbunden werden, wie in Fig. 4 gezeigt wird, werden die Materialien von Paar Drehwerkzeugen **1A**, **1B** mit gleichem Außendurchmesser gegriffen, um verbunden zu werden. In diesem Fall wird das Drehwerkzeug **1B** anstelle des Aufnahmeelements **4** in Fig. 3 drehend an dem Mehrgelenk-Roboter **10** angebracht, die ersten bis dritten Materialien W1 bis W3 werden von den einander gegenüberliegenden Spitzen **3A**, **3B** der Drehwerkzeuge **1A**, **1B** ergriffen, um den Vorsprung **2A**, **2B** in die Materialien einzusetzen und jedes der Drehwerkzeuge **1A**, **1B** in eine entgegengesetzte Richtung zu drehen.

[0043] Wie in Fig. 5 gezeigt wird, können die ersten und zweiten Materialien mit unterschiedlicher Dicke verbunden werden. Insbesondere erleichtert das Pressen des Drehwerkzeugs **1** von der Seite des dünneren Materials das Rühren, um dadurch eine gleichmäßige Verbindung zu erreichen.

(Plastisches Fließen der Metallstruktur beim Verbinden)

[0044] Fig. 6 ist eine Ansicht, welche einen Zustand plastischen Fließens im Material mittels des Drehwerkzeugs zeigt.

[0045] Wie in Fig. 6 gezeigt wird, bewirkt das Pressen des Drehwerkzeugs **1**, das bei einer vorbestimmten Drehdrehzahl im Wesentlichen vertikal auf dem ersten Metallelement W1 dreht, die Reibung zwischen dem Drehwerkzeug **1** und dem ersten Material W1, um die Oberfläche des ersten Materials W1 zu erweichen, so dass die Metallstruktur zwischen den ersten und zweiten Materialien W1, W2 in dem nicht schmelzenden Zustand in einer Drehrichtung gerührt wird. Wenn die Presskraft des Drehwerkzeugs **1** gegen das erste Metallelement W1 erhöht wird, wird das nicht in Berührung mit dem Drehwerkzeug **1** stehende zweite Material W2 allmählich zusammengerührt. Zu diesem Zeitpunkt werden die Metallstrukturen der ersten und zweiten Materialien W1, W2 in der Drehrichtung des Drehwerkzeugs **1** gerührt und auch in eine Dickenrichtung gerührt (in eine Richtung senkrecht zur Verbindungsfläche der ersten und zweiten Materialien W1, W2) am Vorsprung **2**, und die übereinander liegenden ersten und zweiten Materialien W1 und W2 werden schließlich ohne Schmelzen verbunden.

[0046] Auf diese Weise erleichtert der Vorsprung **2**

des Drehwerkzeugs **1** das plastische Fließen der zu verrührenden Metallstruktur.

[Ergebnisse eines Tests]

[0047] Bei dem Verbindungsprozess dieser Ausführung werden als zu verbindende Materialien zum Beispiel eine Stahlplatte Serie 5000 (Al-Mg-Stahlplatte) oder eine Stahlplatte Serie 6000 (Al-Mg-Si-Stahlplatte), genormt nach JIS, verwendet, es können aber andere Metallmaterialien verwendet werden.

[0048] Fig. 7 ist eine Ansicht, die die Ergebnisse eines Tests der Verbindungsfestigkeit nach verschiedenen Materialien zeigt. Fig. 8 ist eine Ansicht, die die Ergebnisse eines Tests einer Beziehung zwischen der Drehdrehzahl des Drehwerkzeugs und der Verbindungsfestigkeit zeigt.

[0049] Bei dem Test der Verbindungsfestigkeit von Fig. 7 werden die verbundenen Materialien gemeinsam in entgegengesetzte Richtungen gezogen, um eine Zugkraft zum Zeitpunkt, da sich die Verbindungsflächen lösen, als Verbindungsfestigkeit zu messen.

[0050] Wie in Fig. 7 gezeigt wird, werden sowohl die Stahlplatte Serie 5000 (Al-Mg-Stahlplatte) als auch die Stahlplatte Serie 6000 mit einer Festigkeit verbunden, die höher als erforderlich ist.

[0051] Wie in Fig. 8 gezeigt wird, beträgt die Drehzahl des Drehwerkzeugs **1**, bei der die Verbindungsfestigkeit die erforderliche Festigkeit erfüllt, vorzugsweise 1.000 bis 2.500 U/min. Liegt die Drehzahl unter 1.000 U/min, ist die Verbindungsfestigkeit niedriger, da das Rühren nicht ausreicht, ist sie dagegen höher als 2.500 U/min., ist die Verbindungsfestigkeit niedriger, da die zu verrührende Metallstruktur leer dreht und nicht verrührt wird.

[0052] Wie vorstehend beschrieben können die Materialien bei einer geringeren Investition in Geräte als beim herkömmlichen Punktschweißen fest verbunden werden, ohne Verbindungsspuren des Vorsprungs zu hinterlassen.

[Form des Materials]

[0053] Diese Ausführung ist für das Verbinden der vorher in dreidimensionaler Form pressgeformten Materialien geeignet. Wie beim Verbinden der in Fig. 9 gezeigten Karosserierahmen eines Kraftfahrzeugs oder einer Motorhaube W1 und des verstärkenden Elements W2, die in Fig. 10 gezeigt werden, kann nämlich bei mehreren verstreuten Verbindungsstellen P in den Materialien, die durch Pressformen die komplexen dreidimensionalen Formen haben und über die das Drehwerkzeug **1** nicht kontinuierlich bewegt werden kann, mit Hilfe des Verbindungsverfahrens dieser Ausführung Schweißen lokal vorgenommen werden, so dass das Verbinden bewirkt werden kann, selbst nachdem die Materialien pressgeformt wurden.

[0054] Wie in Fig. 11 gezeigt wird, können im Fall des Verbindens eines rohrförmigen Karosserierahmens W1 des Kraftfahrzeugs mit hohlem Aufbau mit geschlossenem Schnitt und eines Trägers W2 diese nicht durch Punktschweißen oder Nieten verbunden werden, die das Greifen der Materialien erfordern, während bei dem Aufbau, bei dem das Aufnahmeelement **4** von dem Mehrgelenk-Roboter in Fig. 3 abgenommen wird, das Verbinden durch Verwenden des Karosserierahmens W1 als Aufnahmeelement zum Pressen des Drehwerkzeugs **1** auf die Verbindungsstellen möglich wird. In diesem Fall wird das Drehwerkzeug **1** bei einer Zugkraft von in etwa 300 kg auf eine Verbindungsfläche gepresst, was die Auswahl einer Fläche des Karosserierahmens W1 mit hoher Festigkeit erfordert.

[Kontinuierliches Verbinden]

[0055] In der obigen Ausführung, die nicht in den Schutzumfang der beigefügten Patentansprüche fällt, wird bezüglich des Punktverbindens beschrieben, dass es das Drehwerkzeug **1** auf die Verbindungsstelle drückt, so dass es nicht bewegt wird, während wie in Fig. 12 gezeigt das Verbinden mit dem Drehwerkzeug **1**, das vorbewegt oder oszilliert wird, kontinuierlich ausgeführt werden kann.

[0056] Wenn das Drehwerkzeug **1** bei einem Winkel von etwa 1° in Vorwärtsrichtung nach hinten geneigt wird, wenn es in Fig. 12 vorwärtsbewegt wird, wird die Verrührfähigkeit durch die Neigung gegenüber dem vertikalen Pressen des Drehwerkzeugs **1** auf das Material W1 verbessert.

[0057] Fig. 13 und Fig. 14 zeigen ein Beispiel, das nicht unter den Schutzumfang der beigefügten Patentansprüche fällt, für das Vorsehen eines Mechanismus, der einen Vorsprungbetrag des Vorsprungs des Drehwerkzeugs als Abwandlung des erfindungsgemäßen Drehwerkzeugs variabel macht.

[0058] Der Betrag des Vorsprungs X1 des Vorsprungs wird anhand der Gesamtdicke der übereinander liegenden Materialien ermittelt, so dass ein Anwendungsbereich im Fall einer großen Gesamtdicke vergrößert werden kann.

[0059] Wie in Fig. 13 und Fig. 14 gezeigt, weist das Drehwerkzeug ein äußeres zylindrisches Element **21** in Form eines Hohlzylinders auf, ein in das äußere zylindrische Element **21** kerbverzahntes und in einer axialen Richtung L1 gleitfähiges inneres zylindrisches Element **22** sowie einen langen Vorsprung **23** mit kleinem Durchmesser, der an einem Ende des in-

neren zylindrischen Elements **22** ausgebildet ist.

[0060] Der Vorsprung **23** des inneren zylindrischen Elements **22** ragt von einem Ende des äußeren zylindrischen Elements **21** nach außen und wird durch eine Feder **29** in axialer Richtung des äußeren zylindrischen Elements **21** beaufschlagt. Ein Ende **21a** des äußeren zylindrischen Elements **21** ragt so hervor, dass es einen Umfang des Vorsprungs **23** umgibt, und ist an seinem Endteil mit einer Schulter **21b** einer kreisförmigen Ebene ausgebildet. Der Vorsprung **23** ist so positioniert, dass er in der Schulter **21b** aufgenommen ist und nicht in einem Zustand hervorragt, in dem keine äußere Kraft mit Ausnahme der der Feder ausgeübt wird.

[0061] Das äußere zylindrische Element **21** und das innere zylindrische Element **22** sind kerbverzahnt, so dass sie integral drehend angetrieben werden, das innere zylindrische Element **22** wird gegenüber dem äußeren zylindrischen Element **21** axial bewegt, um den Betrag des Vorsprungs X1 des Vorsprungs **23**, der von einem Ende des äußeren zylindrischen Elements **21** hervorragt, variabel zu machen.

[0062] Bei dem Vorsprung **23** kann der Betrag des Vorsprungs X1 erhöht werden, wenn die Gesamtdicke der Materialien groß ist, da mehr als drei Materialien übereinander liegen oder da die Materialien jeweils eine andere Dicke aufweisen (siehe Fig. 13), und der Betrag des Vorsprungs X1 kann verringert werden, wenn die Gesamtdicke gering ist (Fig. 14). Der Vorsprung **23** wird durch Festlegen des Betrags des Vorsprungs X1 bezüglich des äußeren zylindrischen Elements **21** anhand der Gesamtdicke drehend angetrieben. Dies kann eine zufrieden stellende Verbindung verwirklichen, selbst wenn die mehreren (mehr als drei) Materialien übereinander liegen oder wenn die Materialien jeweils eine andere Dicke aufweisen.

Patentansprüche

1. Verbindungsvorrichtung, welche umfasst: ein Drehwerkzeug (**1**), das einen Vorsprung (**2**) an einem Endteil desselben aufweist und das um eine Achse desselben drehbar ist, sowie Antriebsmittel (**20**) für das Drehen des Drehwerkzeugs (**1**), für das Verbinden mehrerer Materialien (W1, W2) in übereinander liegendem Zustand durch Bewegen des Drehwerkzeugs (**1**) zu mehreren Verbindungsstellen der Materialien (W1, W2) in eine Richtung einer Achse des Drehwerkzeugs (**1**) und Drücken des Vorsprungs des Drehwerkzeugs (**1**), das durch das Antriebsmittel (**20**) dreht, gegen die Verbindungsstellen der Materialien (W1, W2), Einsetzen des Vorsprungs (**2**) in die Materialien (W1, W2) und Verrühren der Materialien durch Reibung,
dadurch gekennzeichnet, dass sie umfasst:
ein Aufnahmeelement (**4**), das gegenüber dem Drehwerkzeug (**1**) so vorgesehen ist, dass es die Materialien mit dem Drehwerkzeug (**1**) greift, und
einen Mehrgelenk-Roboter (**10**), der in drei Dimensionen beweglich vorgesehen ist, wobei das Drehwerkzeug (**1**), das Aufnahmeelement (**4**) und das Antriebsmittel (**20**) an einem Ende eines Arms des Roboters (**10**) angebracht sind, der durch ein Steuergerät (**30**) dafür ausgelegt ist, das Drehwerkzeug (**1**) und das Aufnahmeelement (**4**) zu mehreren Punktverbindungsstellen der Materialien zu bewegen, wobei er an jeder Verbindungsstelle das Drehwerkzeug (**1**) und das Aufnahmeelement (**4**) in eine Richtung einer Achse des Drehwerkzeugs (**1**) und des Aufnahmeelements (**4**) bewegt, er den Vorsprung (**2**) des sich drehenden Drehwerkzeugs (**1**) gegen die Verbindungsstellen an der äußersten Oberfläche der übereinander liegenden Materialien drückt, er die Materialien mit dem Drehwerkzeug (**1**) und dem Aufnahmeelement (**4**) greift und er den Vorsprung (**2**) in die Materialien einsetzt und die Materialien durch Reibung verrührt, so dass die Materialien punktweise verbunden werden.

2. Verbindungsvorrichtung, welche umfasst: ein erstes Drehwerkzeug (**1A**), das einen Vorsprung (**2A**) an einem Endteil desselben aufweist und das um eine Achse desselben drehbar ist, sowie Antriebsmittel (**20**) für das Drehen des ersten Drehwerkzeugs, für das Verbinden mehrerer Materialien (W1–W3) in übereinander liegendem Zustand durch Bewegen des Drehwerkzeugs (**1A**) zu mehreren Verbindungsstellen der Materialien in eine Richtung einer Achse des Drehwerkzeugs (**1A**) und Drücken des Vorsprungs des Drehwerkzeugs, das durch das Antriebsmittel dreht, gegen die Verbindungsstellen der Materialien, Einsetzen des Vorsprungs (**2A**) in die Materialien und Verrühren der Materialien durch Reibung,
dadurch gekennzeichnet, dass sie umfasst:
ein gegenüber dem ersten Drehwerkzeug (**1A**) angeordnetes zweites Drehwerkzeug (**1B**) mit den Materialien dazwischen, wobei das zweite Werkzeug einen Vorsprung (**2B**) an einem Endteil desselben aufweist und um eine Achse desselben dreht, und
einen Mehrgelenk-Roboter (**10**), der in drei Dimensionen beweglich vorgesehen ist, wobei das Paar Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) und das Antriebsmittel (**20**) an einem Ende eines Arms des Roboters (**10**) angebracht sind, der durch ein Steuergerät (**30**) dafür ausgelegt ist, die Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) zu mehreren Punktverbindungsstellen der Materialien zu bewegen, wobei er an jeder Verbindungsstelle die Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) in eine Richtung einer Achse der Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) bewegt, er die Vorsprünge (**2A**, **2B**) der sich drehenden Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) gegen die Verbindungsstellen an der äußersten Oberfläche der übereinander liegenden Materialien drückt, er die Materialien mit den Drehwerkzeugen (**1A**, **1B**) greift und jeden der Vorsprünge in die Materialien einsetzt und die Materialien durch Reibung

verrührt, so dass die Materialien punktweise verbunden werden.

3. Verbindungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) in entgegengesetzte Richtungen drehbar sind.

4. Verfahren zum Verbinden von mehreren übereinander liegenden Materialien (W1, W2), die vorab in einer dreidimensionalen Form ausgebildet werden, wobei das Verfahren zum Verbinden folgende Schritte umfasst:
Bewegen eines Drehwerkzeugs (**1**), das einen Vorsprung (**2**) an einem Endteil desselben aufweist und um eine Achse desselben drehbar ist, zu mehreren Verbindungsstellen der Materialien in eine Richtung einer Achse des Drehwerkzeugs (**1**) und
Drücken des Vorsprungs (**2**) des Drehwerkzeugs (**1**), das durch das Antriebsmittel (**20**) gedreht wird, gegen die Verbindungsstellen der Materialien, Einsetzen des Vorsprungs (**2**) in die Materialien und Verrühren der Materialien durch Reibung
gekennzeichnet durch
Anordnen eines Aufnahmeelements (**4**) gegenüber dem Drehwerkzeug (**1**), um so die Materialien (W1, W2) mit dem Drehwerkzeug (**1**) zu greifen,
Bewegen des Drehwerkzeugs (**1**) und des Aufnahmeelements (**4**) durch einen Mehrgelenk-Roboter (**10**), der in drei Dimensionen beweglich vorgesehen ist, wobei das Drehwerkzeug und das Aufnahmeelement an einem Ende eines Arms des Roboters (**10**) angebracht sind, zu mehreren Punktverbindungsstellen der Materialien
Bewegen des Drehwerkzeugs (**1**) und des Aufnahmeelements (**4**) in eine Richtung jeder Achse des Drehwerkzeugs (**1**) und des Aufnahmeelements (**4**) an jeder Verbindungsstelle, und
Punktverbinden der Materialien durch Drücken des Vorsprungs (**2**) des drehenden Drehwerkzeugs (**1**) gegen die Verbindungsstellen an der äußersten Oberfläche der übereinander liegenden Materialien, Greifen der Materialien mit dem Drehwerkzeug (**1**) und dem Aufnahmeelement (**4**) und Einsetzen des Vorsprungs (**2**) in die Materialien und Verrühren der Materialien durch Reibung.

5. Verfahren zur Verbindung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Materialien (W1, W2) verhältnismäßig unterschiedliche Dicken haben und der Vorsprung (**2**) des Drehwerkzeugs (**1**) von einer dünneren Seite der Materialien gedrückt wird.

6. Verfahren zur Verbindung von mehreren übereinander liegenden Materialien (W1–W3), die vorab in dreidimensionaler Form ausgebildet werden, wobei das Verfahren zur Verbindung die folgenden Schritte umfasst:
Bewegen eines ersten Drehwerkzeugs (**1A**), das einen Vorsprung (**2A**) an einem Endteil desselben aufweist und um eine Achse desselben drehbar ist, zu mehreren Verbindungsstellen der Materialien in eine Richtung einer Achse des ersten Drehwerkzeugs (**1A**) und
Drücken des Vorsprungs (**2A**) des ersten Drehwerkzeugs (**1A**), das durch Antriebsmittel (**20**) gedreht wird, gegen die Verbindungsstellen der Materialien (W1–W3), Einsetzen des Vorsprungs (**2A**) in die Materialien und Verrühren der Materialien durch Reibung
gekennzeichnet durch
Anordnen eines zweiten Drehwerkzeugs (**1B**) gegenüber dem ersten Drehwerkzeug (**1A**) mit den Materialien dazwischen, wobei das zweite Werkzeug einen Vorsprung (**2B**) an einem Endteil desselben aufweist und um eine Achse desselben drehbar ist, und
Bewegen des Paars Drehwerkzeug (**1A**, **1B**) durch einen Mehrgelenk-Roboter (**10**), der in drei Dimensionen beweglich vorgesehen ist, wobei die Drehwerkzeuge an einem Ende eines Arms des Roboters (**10**) angebracht sind, zu mehreren Punktverbindungsstellen der Materialien und Bewegen der Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) in eine Richtung jeder Achse der Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**), und
Punktverbinden der Materialien (W1–W3) durch Drücken des Vorsprungs (**2A**, **2B**) der drehenden Drehwerkzeuge (**1A**, **1B**) gegen die Verbindungsstellen der äußersten Oberfläche der übereinander liegenden Materialien, Greifen der Materialien mit den Drehwerkzeugen (**1A**, **1B**) und Einsetzen der Vorsprünge (**2A**, **2B**) in die Materialien (W1–W3) und Verrühren der Materialien durch Reibung.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

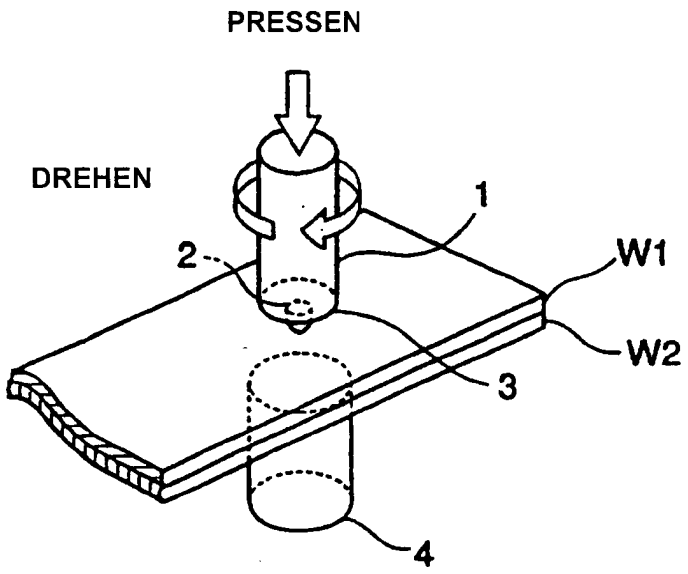


FIG. 2

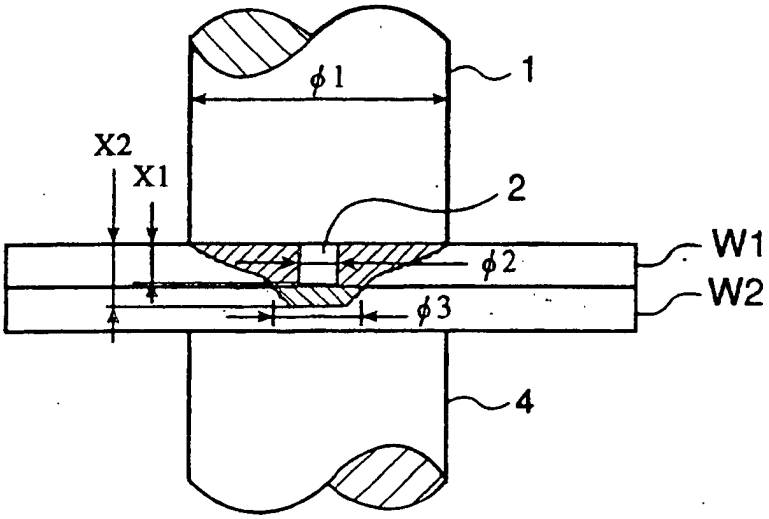


FIG. 3

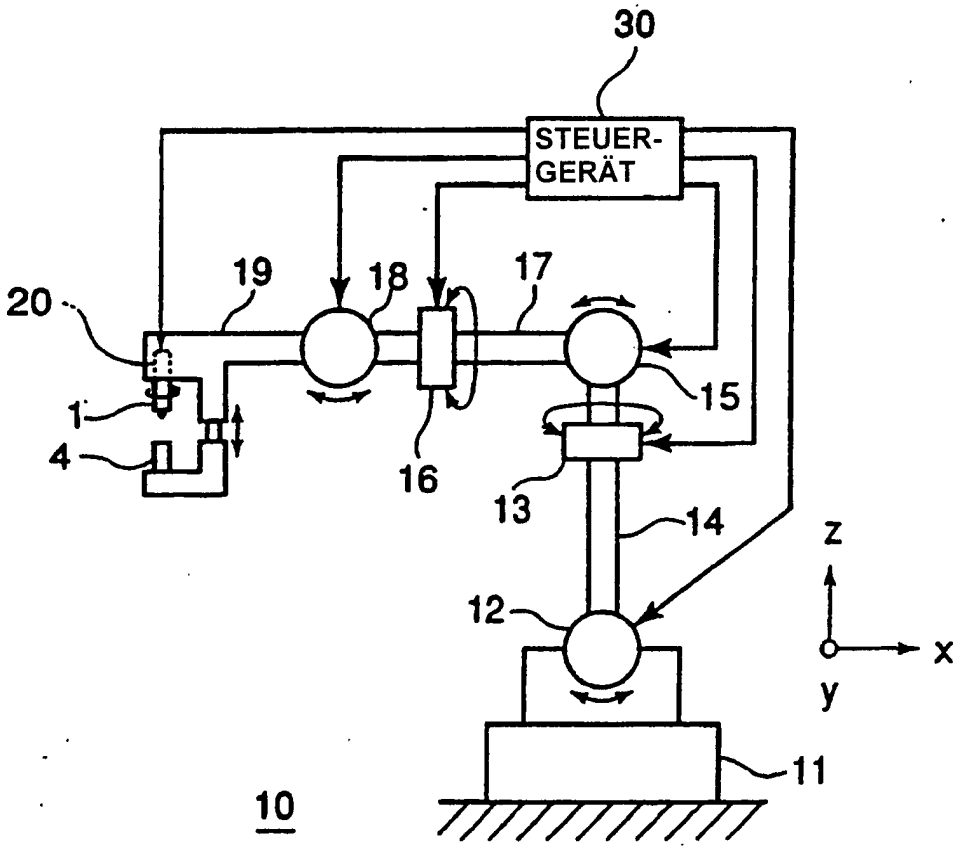


FIG. 4

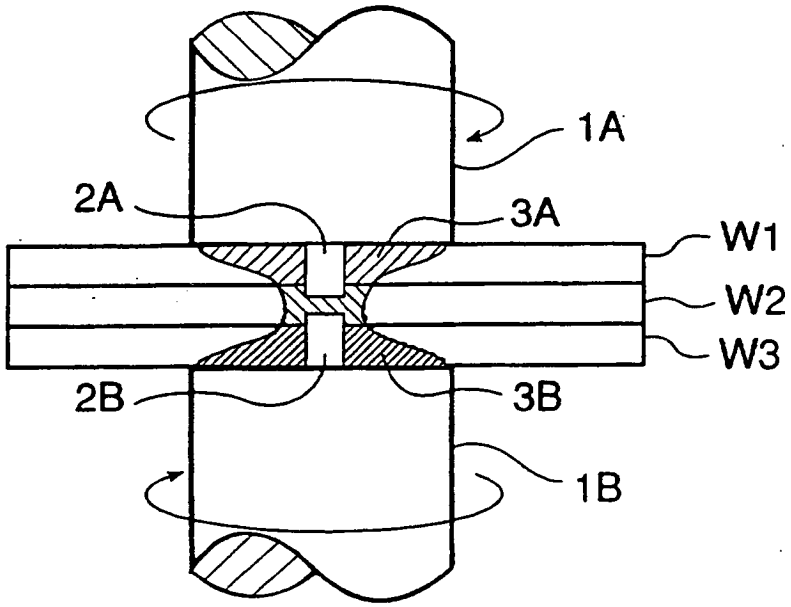


FIG. 5

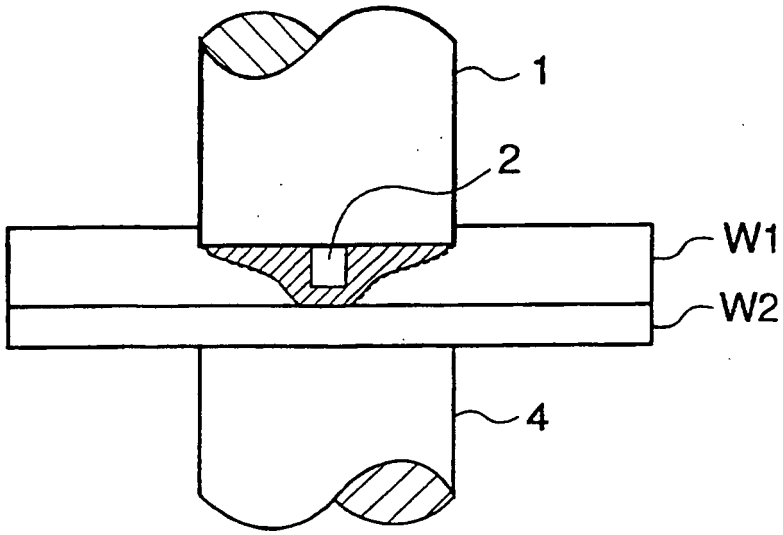


FIG. 6

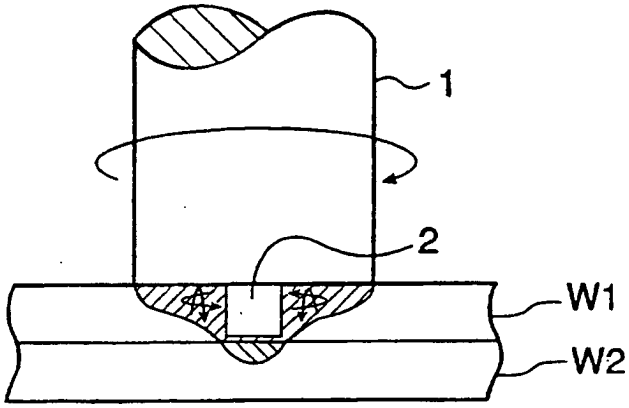


FIG. 7

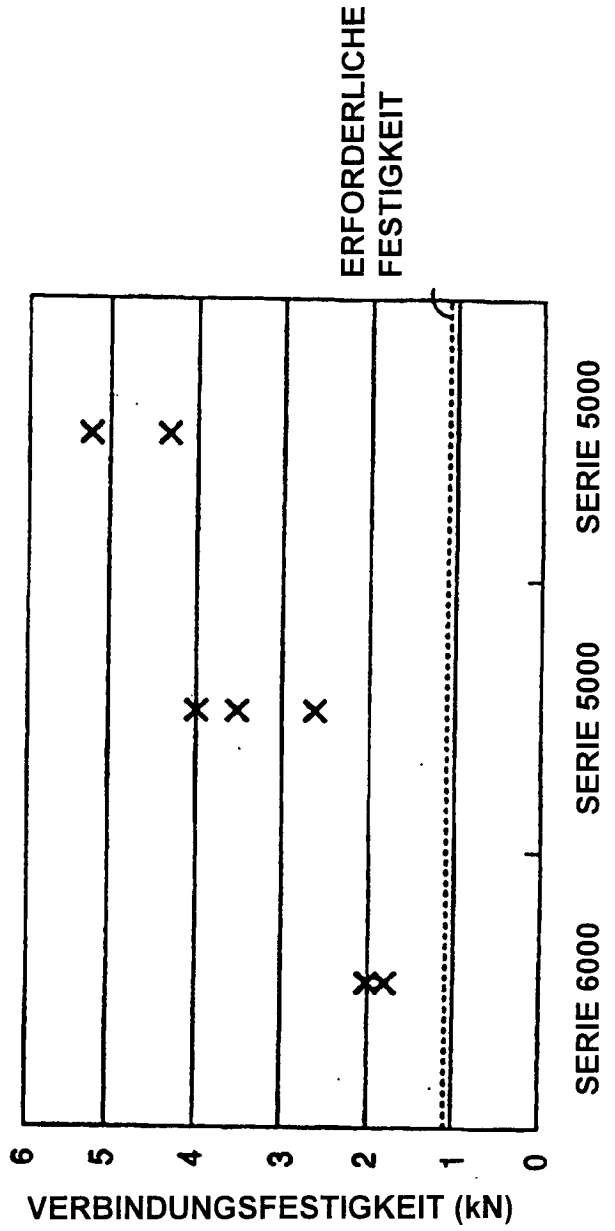

ERFORDERLICHE FESTIGKEIT
SERIE 5000
SERIE 5000
SERIE 6000
6
5
4
3
2
1
0
VERBINDUNGSFESTIGKEIT (kN)

FIG. 8

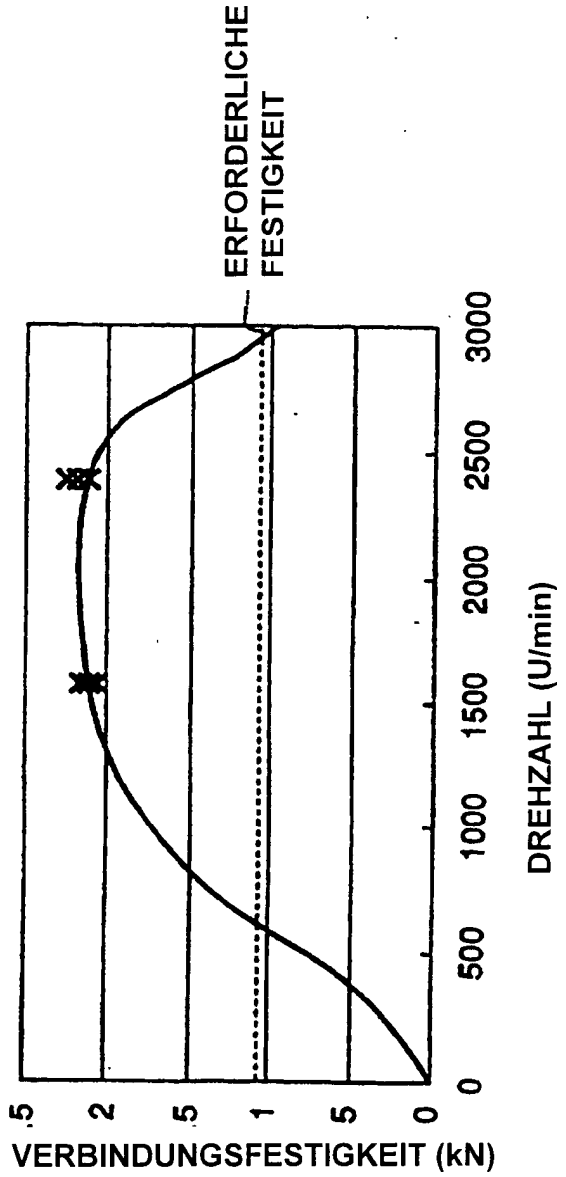
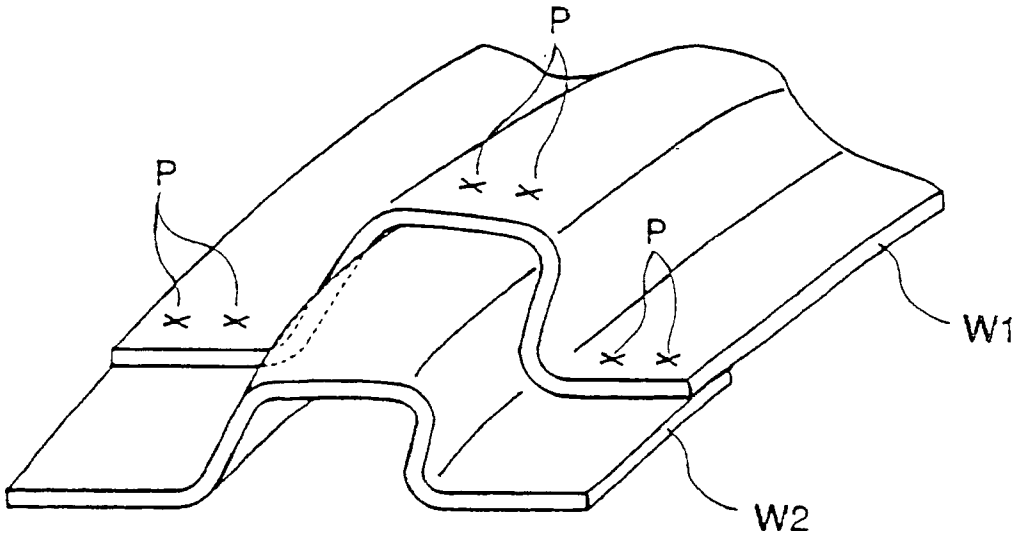

ERFORDERLICHE FESTIGKEIT
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
DREHZAHL (U/min)
.5
2
5
1
5
0
VERBINDUNGSFESTIGKEIT (kN)

FIG. 9



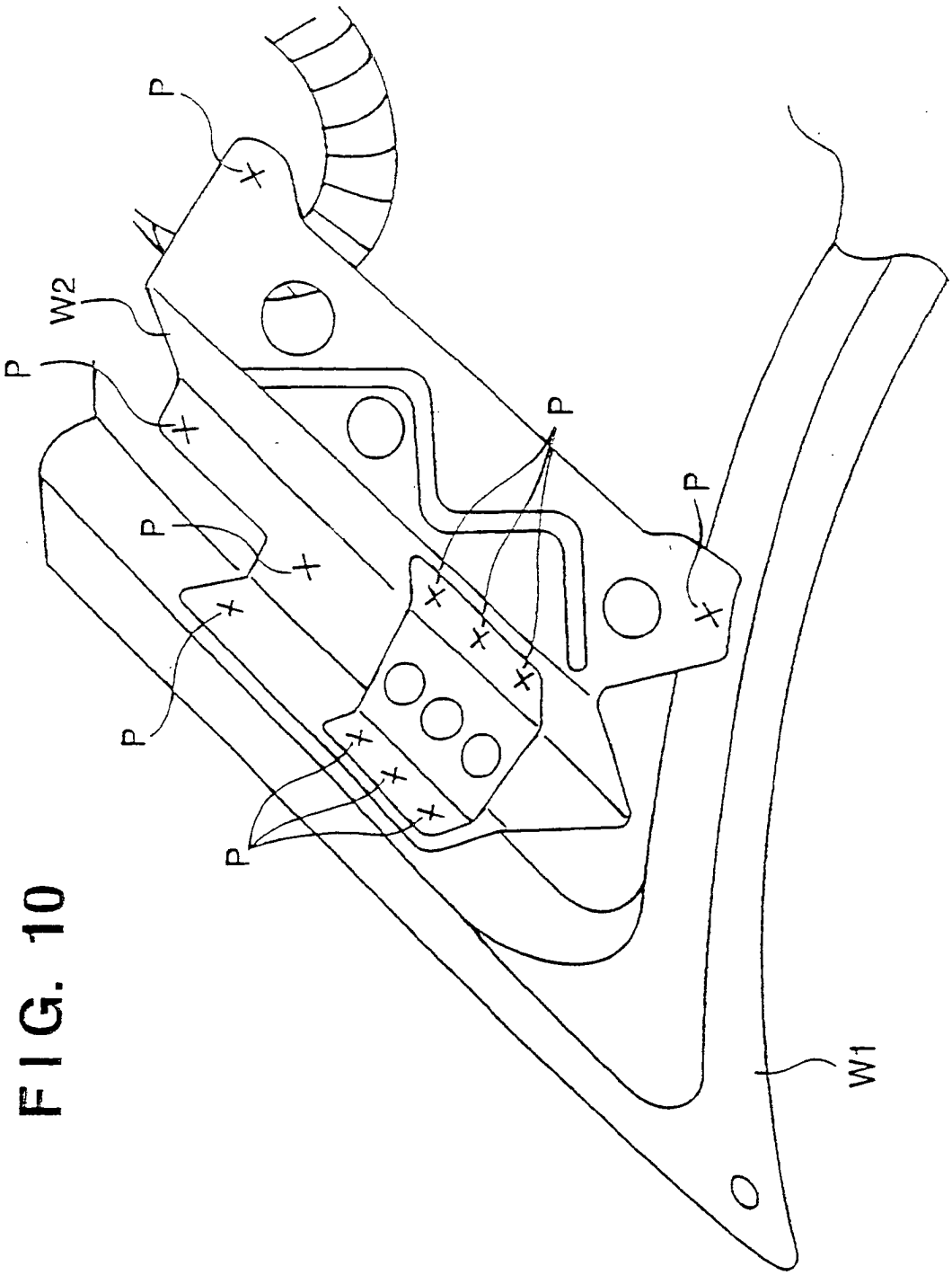


FIG. 10

FIG. 11

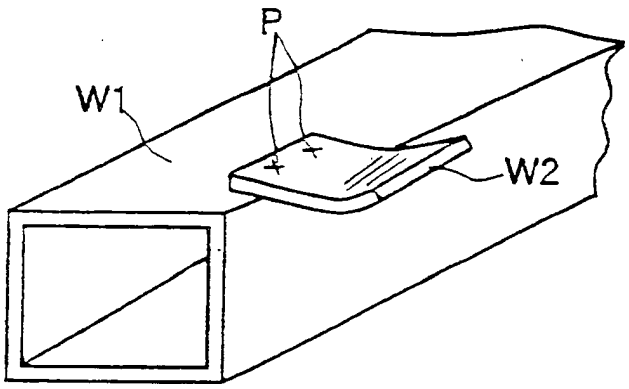


FIG. 12

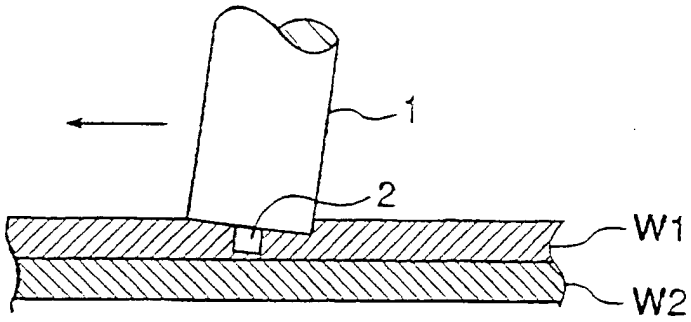


FIG. 13

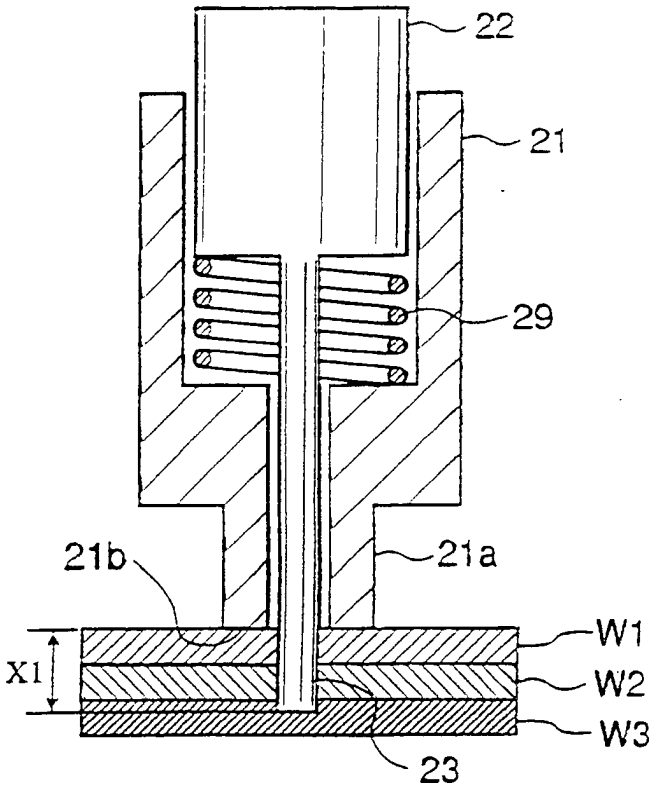


FIG. 14

