



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 14 069 T2** 2008.01.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 405 926 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 14 069.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 292 430.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.10.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C21D 9/00** (2006.01)

C21D 1/10 (2006.01)

C21D 1/42 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0212170

02.10.2002

FR

(73) Patentinhaber:

Allevard Rejna Autosuspensions, Saint-Cloud, FR

(74) Vertreter:

CBDL Patentanwälte, 47051 Duisburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(72) Erfinder:

Lecoester, Francois, 59500 Douai, FR

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Induktionshärten, insbesondere zum Herstellen von Aufhängungselementen**

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 Erfindung betrifft eine Anlage zum thermischen Härten zur Behandlung eines langgestreckten metallischen Elements, wie insbesondere eines Elementes der Aufhängung eines Kraftfahrzeugs, wie beispielsweise einer Stabilisatorstange, eines Aktivstangenarms oder dergleichen.

[0002] Die Erfindung betrifft insbesondere die Wärmebehandlung eines Elements, das eine gute Ermüdungsbeständigkeit aufweisen muß, d.h. den wiederholten Kräften insbesondere der Torsion und/oder Biegung während seiner Nutzungsdauer standhalten muß. Die Erfindung betrifft insbesondere eine neue Anlage zum thermischen Härten durch Induktionserwärmung. Sie betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines metallischen Elements, das ein solches thermisches Härten einschließt.

[0003] Im Automobilbereich müssen gewisse Elemente des Aufhängungssystems während ihrer Nutzungsdauer wiederholten Belastungen standhalten. Bei der Ausführung eines solchen Elements wird eine gewisse Anzahl von Behandlungen definiert, die es ermöglichen, seine Ermüdungsbeständigkeit zu erhöhen. Um die Wirksamkeit dieser Behandlungen und folglich die Lebensdauer des Elements zu bewerten, wurden genormte Belastungszyklen definiert, die darin bestehen, an das Element eine Aufeinanderfolge von Verformungen bis zum Bruch anzulegen. Derzeit wird danach getrachtet zu gewährleisten, daß kein Bruch unter hunderttausend Zyklen stattfinden kann. Die durchgeführten Berechnungen für die Entwicklung solcher Elemente zeigen auf, daß manche Teile des Elements stärker einem Bruch ausgesetzt sind als andere, insbesondere die Knickstellen. Hauptsächlich diese Teile müssen behandelt werden, um eine Haltbarkeit von wenigstens hunderttausend Zyklen zu gewährleisten. Beispielsweise wird die Ermüdungsbeständigkeit einer Stabilisatorstange bewertet, wobei an die beiden Enden der Stange entgegengesetzte Ausschlagzyklen angelegt und die Anzahl von Zyklen vor dem Bruch gezählt wird. Entsprechende Tests können definiert werden, um die Ermüdungsbeständigkeit eines Aktivstangenarms oder jedes anderen Elements mit vergleichbarer Geometrie zu bewerten. Das Problem der Bestimmung der Ermüdungsbeständigkeit dieser Elemente wird immer schwieriger, insbesondere auf Grund zweier Trends:

- die Fahrzeuge werden immer schwerer auf Grund der steigenden Zahl von eingebauten elektronischen Ausrüstungen und der Vergrößerung der Motorisierung;
- die Konstrukteure neigen dazu, Stabilisatorstangen zu definieren, deren Längsachse ganz wenig in Bezug zu den Achsen, die durch die Mittelpunkte der Räder verlaufen, versetzt ist. Unter diesen Bedingungen sind die Arme der Stabilisatorstan-

gen kürzer, und bei demselben Radweg vergrößert sich die Amplitude der Verschiebungen der Enden der Stange ebenso wie die Spannungsniveaus, denen die Stange ausgesetzt ist.

[0004] Ferner sind im Falle der Fahrzeuge mit Allradantrieb die Ablenkungen an den Enden der Stabilisatorstange um so größer auf Grund der Suche nach einer Fähigkeit zur Überwindung eines Hindernisses.

[0005] Eine der Behandlungen zur Erhöhung der Ermüdungsbeständigkeit einer Stabilisatorstange oder eines gleichartigen Elements besteht darin, sie einem thermischen Härten zu unterziehen. Je nach dem verwendeten Verfahren findet dieses Härten vor oder nach der Ausbildung der Stange statt, d.h. den Krümmungsvorgängen. Es sind mehrere Prinzipien bekannt.

[0006] Eine erste Methode besteht darin, eine Austenitbehandlung an eine Stange in einem Ofen anzulegen, diese dann warm zu krümmen, wobei darauf geachtet wird, daß die Temperatur der Stange hoch genug bleibt, damit der Stahl im Austenitbereich bleibt. Die Stange wird dann in ihrer Gesamtheit durch Eintauchen in eine Flüssigkeit gehärtet. Es wird angenommen, daß es dieser Warmkrümmungsvorgang, gefolgt von einem globalen Härten, nicht ermöglicht, stark beanspruchte Stangen herzustellen. Er wird nur für die Herstellung von vollen Stabilisatorstangen eingesetzt.

[0007] Ein weiteres Verfahren besteht darin, eine volle Stange kalt zu krümmen, sie durch Wärmeleitung zu erhitzen, wobei ihre beiden Enden zwischen den Elektroden einer Wärmeleitheizeinrichtung angeordnet werden, und dann ein Härten vorzunehmen. Das Härten der Stange führt zu einer vollkommenen martensitischen Umwandlung derselben vorbehaltlich einer vollständigen Austenitisierung des Stahls, die während der Phase der Erwärmung durch Wärmeleitung erzielt wird. Dieses Verfahren ist langsam und kostspielig.

[0008] Es wurden einige Versuche im Hinblick auf das Kaltkrümmen und anschließende Härten unternommen, die darin bestehen, einen Induktor und eine mobile Brause entlang des Elements ablaufen zu lassen. Eine derartige Anlage ist in EP-A-1052295 beschrieben. Ferner beschreibt JP-A-11269550 eine Anlage zum Härten von länglichen Teilen, umfassend Mittel, um den Teil durch eine Induktionsspule laufen zu lassen, sowie Kühlmittel stromabwärts zu der Spule. Ein solches Verfahren wurde als äußerst langsam und schwer einsetzbar auf Grund der elektrischen Verluste angesehen, die in der flexiblen Verbindung, die den mobilen Induktor speist, entstehen.

[0009] Andererseits sind auch hohle Stabilisator-

stangen bekannt, d.h. die aus einem Rohr hergestellt sind, und vorzugsweise eine variable Dicke aufweisen, um über eine weniger große Dicke an den Knickstellen und anderen stark beanspruchten Zonen verfügen zu können. Die Stange wird kalt gekrümmt und dann einer Austenitisierungsbehandlung in einem Ofen bei kontrollierter Atmosphäre, gefolgt von einem Härten unterzogen. Die röhrenförmige Stange wird dann einer Glühbehandlung während einer Stunde bei 200 °C unterzogen und dann innen gekörnt, wobei die Körner mit Hilfe einer Düse eingespritzt werden. Bei diesem Verfahren wird die Stange zur Gänze gehärtet, was das Schmieden der Enden, das heiß erfolgen muß, kompliziert.

[0010] Die Erfindung, wie in Anspruch 1 definiert, schlägt eine Anlage zum thermischen Härten vor, die für jeden Typ von länglichem metallischem Element eingesetzt werden kann, das insbesondere aus einer vollen oder hohlen Stange hergestellt ist.

[0011] Insbesondere betrifft die Erfindung eine Anlage zum thermischen Härten für ein längliches metallisches Element, wie beispielsweise ein Aufhängungselement eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:

- Mittel zur Induktionserwärmung, umfassend eine feste Induktionsspule,
- Betätigungsmittel, umfassend einen ersten mehrachsigen Roboter, der das metallische Element trägt und derart vorgesehen ist, daß er das Element durch die Induktionsspule entlang eines vorbestimmten Weges leitet, um die Ausrichtung des Elements in Bezug zur Spule zu verändern, und
- Kühlmittel, die stromabwärts zur Induktionsspule in Bezug auf die Bewegungsrichtung des Elements angeordnet sind.

[0012] Nach einer bevorzugten Ausführungsart sind die Betätigungsmittel derart angeordnet, daß sie das Element, das der Behandlung unterzogen wird, derart verschieben, daß eine neutrale Faser desselben die Spule im Wesentlichen in der Mitte derselben oder möglichst nahe dieser Mitte unter Berücksichtigung ihrer Ausführung durchquert.

[0013] Die Geometrie der Spule kann an die Form des behandelten Elements angepaßt sein, insbesondere an die Form seines Querschnittes, so daß jeder Punkt der Kontur des Elements (insbesondere des Teils desselben, der zu einem gegebenen Zeitpunkt in der Spule im Eingriff steht) im Wesentlichen in demselben Abstand zu den Windungen der Spule angeordnet ist, um eine relativ einheitliche Erwärmung des Elements zu gewährleisten. In dem häufigsten Fall, in dem das Element einen kreisförmigen Querschnitt hat, reicht es aus, die Verschiebung des Elements derart zu kontrollieren, daß die Mitte des in die Spule eingreifenden Teils immer im Wesentlichen mit

der Mitte der Spule zusammenfällt, wobei diese global die Form eines Ringes mit kreisförmiger Kontur hat.

[0014] Der erste Roboter ist derart programmiert, daß er das Element eingreifen und im Inneren der festen Spule ablaufen läßt. Dazu trägt der Arm des Roboters eine Stütze, die mit einziehbaren Klemmen versehen ist, die voneinander entfernt sind, wodurch es möglich ist, das Element während seines Durchgangs durch die Spule zu halten. Die Kühlmittel können von einer einfachen Wanne mit Kühlflüssigkeit gebildet sein, die in der Nähe der Wirkzone der Betätigungsmittel beispielsweise in der Nähe der Induktionsspule angeordnet ist.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsart können die Kühlmittel eine Brause mit Ringstruktur aufweisen, die derart dimensioniert ist, daß sie von dem Element durchquert werden kann, und zwar direkt stromabwärts zu der Induktionsspule. So kann ein relativ rasches Härten erzielt werden. In diesem Fall ist die Induktionsspule vorzugsweise im Wesentlichen horizontal. Auf diese Weise kann die Brause unter der Spule und in unmittelbarer Nähe derselben angeordnet sein, wobei Strahlen von Kühlflüssigkeit zum Element und nach unten gerichtet sind, um die Gefahr, daß die Flüssigkeitströpfchen in die von der Spule definierte Erwärmungszone eindringen, maximal zu begrenzen.

[0016] Wie später zu sehen ist, besteht ein besonderes Interesse daran, daß die Kühlung relativ rasch nach der lokalisierten Erwärmung durch Induktion erfolgt. Es ist somit vorteilhaft, wenn die Brause in der Nähe der Spule angeordnet ist. Sie kann von einem zweiten mehrachsigen Roboter, der synchron mit dem ersten Roboter funktioniert, getragen werden, wodurch es möglich ist, ihre Position und Ausrichtung in Abhängigkeit von der Geometrie des zu behandelnden Elements zu variieren, wobei sie möglichst nahe der Induktionsspule gehalten wird, ohne mit dieser zu interferieren.

[0017] Die Erfindung nach Anspruch 9 betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines länglichen metallischen Elements, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Schritt des thermischen Härstens umfaßt, der darin besteht, das Element durch eine feste Induktionsspule hindurchzuführen, wobei es mit einem mehrachsigen Roboter betätigt wird, der seine Ausrichtung in Bezug auf die Spule verändert, wobei die Spule Teil von Mitteln zur Induktionserwärmung ist, und das Element stromabwärts zu der Induktionsspule zu kühlen.

[0018] Wenn das Element aus einer vollen, geknickten metallischen Stange hergestellt ist, ist es vorteilhaft, ein Oberflächenhärten durchzuführen, um eine äußere Zone mit martensitischer Struktur und eine

Kernzone mit einer ferritperlitischen Struktur zu erhalten. Diese beiden Zonen sind durch eine Übergangszone von relativ geringer und kontrollierter Dicke getrennt. Es wurde herausgefunden, daß das Oberflächenhärten in einer vollen Stange bewirkt, daß in dieser Kompressionsspannungen erzeugt werden, die die Ermüdungsbeständigkeit der behandelten Zone wesentlich erhöhen.

[0019] Wenn das Aufhängungselement aus einer röhrenförmigen metallischen Stange hergestellt ist, wird ein Härten auf einer derartigen Tiefe durchgeführt, daß eine martensitische Struktur auf der gesamten Dicke der röhrenförmigen Stange erzeugt wird. Die Behandlung hat zur Folge, daß die kristalline Struktur des Metalls bei einer guten Ermüdungsbeständigkeit verbessert wird. Es kann dann ein inneres Körnen der röhrenförmigen Stange vorgenommen werden, das es ermöglicht, auf eine andere Weise Kompressionsspannungen in die Struktur der hohlen Stange einzuleiten, wobei dieses Mittel an sich bekannt ist, um die Ermüdungsbeständigkeit des behandelten Teils zu verbessern. Vorzugsweise wird ein freies inneres Körnen eingesetzt, wobei die Körner direkt durch ein Ende eingespritzt werden.

[0020] Die Erfindung geht deutlicher aus der nachfolgenden Beschreibung einer Anlage zum thermischen Härten gemäß ihrem Prinzip hervor, die nur als Beispiel dient und sich auf die beiliegenden Zeichnungen bezieht, wobei:

[0021] [Fig. 1](#) eine schematische Teilansicht einer Anlage zum thermischen Härten ist, die insbesondere an die Behandlung einer Stabilisatorstange eines Kraftfahrzeugs angepaßt ist,

[0022] [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht im Aufriß und mit einer Teilschnittansicht ist, die den Einsatz des Verfahrens zeigt,

[0023] [Fig. 3](#) eine schematische Ansicht entlang des Pfeils III aus [Fig. 2](#) ist,

[0024] [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) Ansichten ähnlich der [Fig. 3](#) sind, die verschiedene Schritte des Verfahrens zum thermischen Härten zeigen, und

[0025] [Fig. 7](#) eine Längsschnittansicht einer röhrenförmigen Stange vor der Krümmung ist.

[0026] Die Anlage **11**, wie dargestellt, ist insbesondere für die Wärmebehandlung durch lokalisierte Induktionserwärmung eines länglichen metallischen Elements **12** ausgeführt, das in dem dargestellten Beispiel eine Stabilisatorstange eines Aufhängungssystems eines Kraftfahrzeugs ist. Dieses Element ist im Herstellungsstadium in Form einer vollen zylindrischen Stange aus Stahl vorhanden, die kalt nach einer bekannten Technik vorgeformt wurde. Wie später

zu sehen ist, kann dieselbe Anlage für die Wärmebehandlung einer hohlen Stange oder eines Aktivstangenarms, usw. verwendet werden. Das zu behandelnde Element ist hier aus einer zylindrischen Stange aus leicht legiertem Stahl hergestellt. Dieses Element ist nach der Kaltformung Gegenstand eines Oberflächenhärtens, das mit der dargestellten Anlage eingesetzt wird. Nach diesem Oberflächenhärten sind die an der Oberfläche gehärteten Teile des Elements von der Oberflächenzone mit martensitischer Struktur und einer ferritperlitischen Kernzone gebildet, wobei diese beiden Zonen durch eine Übergangszone getrennt sind, in der die ferritperlitische und die martensitische Struktur gemeinsam vorhanden sind. Es ist bekannt, daß die martensitische Struktur eine sehr harte und sehr ermüdungsbeständige kristalline Struktur ist, d.h. beständig gegen Torsions- oder Biegekräfte. Es ist somit an sich interessant, eine martensitische Struktur zumindest in den am stärksten beanspruchten Teilen des Teils zu erzeugen. Im vorliegenden Fall allerdings, in dem ein Oberflächenhärten durchgeführt wird, wird die behandelte Zone mit martensitischer Struktur komprimiert, da die (ferritperlitische) Kernzone nicht aufgedehnt wurde. Die so in der martensitischen Zone erzeugten Kompressionsspannungen bewirken eine weitere Verstärkung der Ermüdungsbeständigkeit des behandelten Elements.

[0027] Um diesen Typ des thermischen Härtens zu verwirklichen, setzt die Erfindung Mittel zur Erwärmung durch Induktion **15** ein, umfassend eine feste Induktionsspule **16**. Die Tatsache, daß die Spule fest ist, bietet zahlreiche Vorteile, wie später zu sehen ist. Die Anlage umfaßt auch Betätigungsmittel **18**, die derart vorgesehen sind, daß sie das Element **12** durch die Induktionsspule **16** entlang eines vorbestimmten Weges hindurchführen. Schließlich sind die Kühlmittel **20** stromabwärts zur Induktionsspule in Bezug auf die Bewegungsrichtung des Elements angeordnet. In dem dargestellten Beispiel umfassen die Erwärmungsmittel **15** eine Spule mit einigen Windungen mit großem Querschnitt, die direkt an einen Adaptationsschrank **22** angeschlossen ist, umfassend insbesondere ein kapazitives System und einen Hochfrequenzgenerator mit einer Frequenz, die derart gewählt ist, daß sie Resonanzbedingungen in der oszillierenden Schaltung, die die Spule und das kapazitive System enthält, erzeugt. Diese Spule **16** ist mit dem Adaptationsschrank durch zwei breite Metallstangen **24a**, **26b** mit großem Querschnitt verbunden, die flach und aneinander grenzend und durch einen Isolator **25** getrennt sind, so daß die Leistungsverluste zwischen der Spule und dem Adaptationsschrank minimal sind. Die Wahl der Frequenz ermöglicht es, die gewünschte Eindringtiefe in Abhängigkeit von dem zu behandelnden Teil zu erzielen. Mit einem solchen Erwärmungssystem ist die erforderliche Zeit, um den Stangenabschnitt, der in der Spule **16** zu einem bestimmten Zeitpunkt angeordnet ist, auf Tem-

peratur zu bringen, relativ gering und mit der erforderlichen Zeit für die Durchführung der Kaltkrümmung vereinbar, so daß ein automatischer und kontinuierlich funktionierender Vorgang vorgesehen werden kann.

[0028] Die Betätigungsmittel **18** sind derart angeordnet, daß sie das vorgekrümmte Element **12** derart verschieben, daß eine neutrale Faser desselben die Spule **16** im Wesentlichen in der Mitte derselben durchquert. In dem Beispiel umfassen diese Betätigungsmittel einen ersten mehrachsigen Roboter **27**. Das Ende des Arms dieses Roboters ist mit einer Stütze **28** versehen, die mit einziehbaren Klemmen **29a**, **29b**, **29c** ausgestattet ist, die auf der Stütze in einem Abstand zueinander angeordnet sind, um das Element **12** während seines Durchgangs durch die Spule zu halten. Die Stange wird ständig von mindestens zwei geschlossenen Klemmen gehalten, wobei sich die Klemmen im Zuge des Fortschreitens des Elements **12** durch die Spule öffnen und schließen, um zu vermeiden, daß ein beliebiger Teil des Roboters oder der Stütze mit dieser in Kontakt kommt. In dem Beispiel trägt die Stütze drei Klemmen, von denen eine frei gleitend montiert ist, im vorliegenden Fall die Klemme **29c**, die sich am weitesten von der Spule entfernt befindet, wenn mit dem Eingreifen des zu behandelnden Elements in dieselbe begonnen wird.

[0029] Wie dargestellt, ist die Induktionsspule **16** im Wesentlichen horizontal, wobei der Roboter **27** das Element **12** über die Oberseite der Spule eingreifen läßt. So können die Kühlmittel **20** unmittelbar unter der Spule angeordnet werden, wodurch es möglich ist, eine sehr plötzliche und rasche Kühlung im Zuge des Austritts des Elements **12** aus der Spule zu erzielen. Deshalb umfassen diese Kühlmittel hier vorzugsweise eine Brause **32** mit Ringstruktur, die derart dimensioniert ist, daß sie vom Element **12** durchquert werden kann. Diese Brause ist stromabwärts zur Induktionsspule **16** (in Bezug auf die Verschieberichtung des Elements) und in unmittelbarer Nähe derselben angeordnet. Da das Element eine Vielzahl von Knicken umfaßt, ist es vorteilhaft, die Position und Ausrichtung der Brause **32** in Bezug zur Spule variieren zu können (siehe beispielsweise [Fig. 6](#)), damit die Brause möglichst nahe der Spule gehalten werden kann. Deshalb wird sie von einem zweiten mehrachsigen Roboter **36** getragen, der synchron mit dem ersten Roboter **27** funktioniert. Ferner umfaßt die Brause eine Eintrittsfläche **40**, die mit einem Mitteldurchgang versehen ist, durch den das Element **12** bei seinem Austritt aus der Spule eingesetzt wird. Dieser Durchgang ist nach unten durch einen global kegelstumpffartigen Besprengungshohlraum **42** verlängert, in dem Düsen **44** zum Spritzen von Kühlfluid, typischerweise Wasser, installiert sind. Diese Düsen sind im Wesentlichen zur Achse des Mitteldurchgangs, aber stromabwärts zu diesem, angeordnet.

Die Tatsache, daß die Bewegungen der beiden Roboter durch eine entsprechende Programmierung, die dem Fachmann derzeit bekannt ist, koordiniert werden, ermöglicht es somit, eine Kühlung des Elements **12** im Zuge dessen Durchquerens der Spule zu erzielen, um die martensitische Umwandlung zu erhalten. Die Eintrittsfläche **40** der Brause bildet eine Art Bildschirm, der es ermöglicht, Wasserspritzer zu der Spule zu vermeiden, in der das Metall weißgeglüht wird. Dieser Kühlungstyp ermöglicht es, die Dicke der Übergangszone in der Struktur des Elements zu minimieren und zu kontrollieren. Es wurde nämlich festgestellt, daß die gewünschten Restkompressionsspannungen an der Oberfläche um so größer sind, je geringer die Dicke dieser Übergangszone ist. Die Erfindung, die eine feste Induktionsspule einsetzt, ermöglicht es, die Ergebnisse zu optimieren, da die Dicke der Übergangszone von der unmittelbaren Durchführung der Kühlung des Stahls, wenn dieser austenitisiert wurde, abhängt. Nun ermöglicht die Induktionserwärmung mit fester Spule einen sehr raschen Temperaturanstieg und eine entsprechende Kühlung bis zum Austritt aus der Spule. Auf Grund der geringen Verluste kann die Induktionserwärmung wesentlich rascher erfolgen, als wenn ein Induktor entlang des Elements verschoben würde. Ferner kann insbesondere dank des Roboters **27** leicht die Verschiebegeschwindigkeit des Elements **12** durch den Induktor variiert werden, um nur die Zonen, die gehärtet werden müssen, insbesondere die Knicke, zu behandeln. Die Härtungstiefe kann auch angepaßt werden, wobei die Durchgangsgeschwindigkeit des Elements und/oder die Frequenz des die Spule versorgenden Wechselstroms verändert werden.

[0030] Der Einsatz der Anlage ist deutlicher in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 6](#) erklärt. Am Beginn der Behandlung wird das zu behandelnde Element **12** in seinem Mittelteil von den drei Klemmen **29a-29c** gehalten. Der Roboter **27**, der in der Folge programmiert wird, setzt einen Endteil des Abschnitts in die obere Öffnung der Spule ein. Das eigentliche Ende wird nicht behandelt (der Durchgang kann rasch erfolgen), um ein späteres Schmieden des Endes des behandelten Elements zu ermöglichen. Dieses Schmieden soll ein Befestigungseisen am Ende des Elements herstellen. Dann richtet sich der Roboter **27** derart aus und verschiebt sich derart, daß das Element nach und nach in die Spule **16** eingreift, wobei darauf geachtet wird, daß der in die Spule eingesetzte Abschnitt immer, sofern möglich, in der Mitte derselben angeordnet ist. Bei Betrachtung der [Fig. 4](#) ist beispielsweise zu sehen, daß sich die Position und Ausrichtung des Roboters geändert haben, um den ersten Knick des Elements zu überwinden. Zu diesem Zeitpunkt wird es erforderlich, die erste Klemme zu öffnen, um die Behandlung weiterzuführen, d.h. das Element weiterhin in die Spule des Induktors einzusetzen. Wenn der Teil des Elements **12**, den die erste Klemme festklemmt, die Brause überwunden hat, schließt sich die

Klemme wieder, und die zweite Klemme **29b** öffnet sich, um die Behandlung weiterzuführen. Während dieses Teils der Behandlung (**Fig. 5**) ist das Element somit nun zwischen der ersten Klemme **29a** und der dritten **29c**, die in Translation beweglich ist. Während dieses Zeitraums besteht nicht die Gefahr, daß die Längsdehnung der Stange zu einem Knicken führt, da die dritte Klemme beweglich ist. Die Behandlung wird durch das Schließen der zweiten Klemme und das Öffnen der dritten fortgesetzt, bis der Klemmpunkt der dritten Klemme überschritten ist.

[0031] Das Induktionshärten mit fester Spule, wie soeben beschrieben, wird durch bekannte und herkömmliche Schritte fortgesetzt, wie das Heißschmieden der Enden, ein äußeres Körnen und Schritte der Phosphatierung und des Färbens.

[0032] Aus dem Vorhergehenden zeigt sich, daß der Einsatz der Erfindung für die Wärmebehandlung eines vollen Stahlelements hauptsächlich durch einen Schritt des thermischen Härtens gekennzeichnet ist, der darin besteht, das Element durch eine feste Induktionsspule hindurchzuführen und das Element stromabwärts zur Induktionsspule, vorzugsweise möglichst nahe zu dieser, zu kühlen. Im Falle eines vollen metallischen Elements kann die Anlage für die Durchführung eines Oberflächenhärtens eingestellt werden, das es ermöglicht, eine äußere Zone mit martensitischer Struktur und eine Kernzone mit ferrit-perlitischer Struktur zu erzeugen, wobei die Koexistenz dieser beiden Zonen coaxial zum Auftreten von Restkompressionsspannungen führt, die für die Ermüdungsbeständigkeit des Elements günstig sind.

[0033] Die soeben beschriebene Anlage kann auch mit Ausnahme der Einstellungen für die Behandlung eines hohlen metallischen Elements eingesetzt werden, d.h. das aus einer röhrenförmigen Stange hergestellt ist. Beispielsweise ist in **Fig. 7** eine röhrenförmige Stange **50** mit variabler Dicke vor der Krümmung dargestellt, die dazu bestimmt ist, derart ausgebildet und behandelt zu werden, daß sie eine Stabilisatorstange eines Kraftfahrzeugs darstellt. Die dicksten Teile **51**, **52** entsprechen den Teilen der Stange, die den stärksten Belastungen ausgesetzt sind, insbesondere den Knicken. Es ist vorteilhaft, eine solche Stange aus einem röhrenförmigen Abschnitt mit einem konstanten Außendurchmesser und einem variablen Innendurchmesser herzustellen. Die Wände mit starker Dicke fallen mit den gekrümmten Teilen der Stange, die am stärksten beansprucht werden, zusammen. Beispielsweise kann ein gezogenes Rohr mit einer Wand von variabler Dicke direkt im Zustand „NBK“ zur Verfügung stehen. Nach dem Schälén wird das Kaltkrümmen, das der Stange ihre Form gibt, vor dem Schritt des Induktionshärtens vorgenommen. Wenn kein gezogenes Rohr mit variabler Wandstärke verfügbar ist, kann von einem röhrenförmigen metallischen Rohling im Zustand „NBK“ aus-

gegangen werden, das Schälén und dann ein Hämmern, das die Zonen von variabler Dicke definiert, vorgenommen werden. Auf das Hämmern folgt eine Stabilisierung bei 600 °C während einer Stunde, bevor das Kaltkrümmen vorgenommen wird.

[0034] Dann erfolgt das Induktionshärten auf dieselbe Weise mit Hilfe derselben Anlage. Es wird allerdings ein Härten auf einer Tiefe durchgeführt, die die martensitische Struktur auf der gesamten Dicke der röhrenförmigen Stange erzeugen kann. Wie vorher kann die Behandlung nur auf die Teile lokalisiert werden, die später stark beansprucht sind. Es ist beispielsweise vorteilhaft, die Enden nicht zu behandeln, wodurch es möglich ist, sie später kalt zu schmieden. Das Induktionshärten ist besonders gut geeignet, da der Außendurchmesser des Rohrs konstant ist, wodurch es möglich ist, den Wert des Luftspalts zwischen der Spule und dem behandelten Teil besser zu kontrollieren.

[0035] Dann wird ein mit anderen Worten freies inneres Körnen vorgenommen, anstatt eine Düse in das Innere des Rohrs einzuführen, wie dies üblich ist, die Körner werden direkt von einem Ende des Rohrs eingespritzt, wodurch das Aufspringen der Körner im Inneren der Knicke genutzt werden kann, um eine wirksame Behandlung zu erzielen. Die innere Geometrie der Stange begünstigt die Erzeugung eines wirbelnden Abfließens der Körner und das wesentlich häufigere Abprallen der Körner. Die Behandlung erfolgt auf beiden Seiten durch jedes Ende der röhrenförmigen Stange. Dieses innere Körnen führt zur Erzeugung von Kompressionsspannungen, die mit jenen vergleichbar sind, die durch die Koexistenz einer martensitischen Zone und einer ferritperlitischen Zone in einer vollen Stange erzielt werden. Auf die Körnungsbehandlung folgt eine Innenschutzbehandlung. Dann werden das Kaltschmieden der Enden, ein äußeres Körnen und Färbeschritte vorgenommen.

[0036] Falls die Elemente, die Gegenstand der Behandlung sind, keinen kreisförmigen Querschnitt haben, kann die Form der Spule an die Form des Querschnitts des zu behandelnden Elements angepaßt werden, um einen möglichst konstanten Luftspalt zwischen dem Element und der Spule zu lassen.

[0037] In jedem Fall ist das Verfahren gut für eine selektive Behandlung gewisser Teile der Stange geeignet, wobei insbesondere in der Folge die Verschiebegeschwindigkeit des Elements durch den Induktor variiert wird. Es können auch spezifischer oder nur die am stärksten beanspruchten Zonen behandelt werden, wie beispielsweise die Knicke und vor allem die Hauptknicke, die sich in der Verlängerung der Torsionsachse befinden, oder auch der mit reiner Torsion beanspruchte Teil der Stange („Rücken“ der Stange) oder auch die „Vorderarme“, da die Biege-

kräfte mit zunehmender Annäherung an die Enden abnehmen.

Patentansprüche

1. Anlage zum thermischen Härten für ein langgestrecktes Metallelement, wie zum Beispiel ein Element der Aufhängung eines Kraftfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie folgendes umfaßt:

- Mittel zur Induktionserwärmung (**15**), die eine feste Induktionsspule (**16**) umfassen,
- Handhabungsmittel (**18**), die einen das Metallelement tragenden ersten mehrachsigen Roboter (**27**) umfassen, der Roboter richtet sich aus und bewegt sich, damit das Element zunehmend in die Spule (**16**) eingreift, um das Element entlang einem vorbestimmten Weg durch die Induktionsspule hindurchzuführen und um die Ausrichtung des Elements gegenüber der Spule zu verändern, sowie
- Kühlmittel (**20**), die in bezug auf die Bewegungsrichtung des Elements stromabwärts der Induktionsspule angeordnet sind.

2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Handhabungsmittel (**18**) angeordnet sind, um das Element derart zu bewegen, daß eine neutrale Achse dessen die Spule im wesentlichen in ihrem Zentrum durchquert.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Handhabungsmittel an einem Träger (**28**) angebrachte und an dem Träger voneinander beabstandete einziehbare Klemmen (**29a**, **29b**, **29c**) umfassen, um das Element während seines Durchlaufs durch die Spule festzuhalten.

4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger drei vorgenannte Klemmen trägt, wovon eine (**29c**) frei verschiebbar angebracht ist.

5. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktionsspule (**16**) im wesentlichen horizontal ist.

6. Anlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmittel eine Dusche (**32**) ringförmiger Struktur umfassen, die bemessen ist, um von dem Element durchquert werden zu können, wobei die Dusche stromabwärts der Induktionsspule (**16**) und in deren Nähe angeordnet ist.

7. Anlage nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dusche (**32**) von einem zweiten mehrachsigen Roboter (**36**) getragen wird, der mit dem ersten Roboter synchron tätig ist.

8. Anlage nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Dusche eine Blen-

de bildende Eintrittsseite (**40**) aufweist, die mit einem mittleren Durchgang versehen ist, durch den das Element hindurch gesteckt wird, und daß der Durchgang durch einen Beregnungshohlraum (**42**) verlängert ist, in dem Kühlmittelspritzdüsen (**44**) angebracht sind, wobei die Düsen im wesentlichen zur Achse des mittleren Durchgangs, stromabwärts des mittleren Durchgangs ausgerichtet sind.

9. Verfahren zur Herstellung eines langgestreckten Metallelements, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Schritt thermischen Härtens umfaßt, der darin besteht, das Element (**12**) durch eine feste Induktionsspule (**16**) hindurchzuführen, indem es mit einem mehrachsigen Roboter gehandhabt wird, der seine Ausrichtung gegenüber der Spule verändert, wobei die Spule Teil von Mitteln zur Induktionserwärmung ist, und darin, das Element stromabwärts der Induktionsspule zu kühlen.

10. Herstellungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß – wenn das langgestreckte Metallelement zu einer massiven Metallstange verarbeitet wird – eine Oberflächenhärtung durchgeführt wird, um einen Außenbereich mit martensitischer Struktur und einen Kernbereich mit ferritisch-perlitischer Struktur zu erhalten.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß – wenn das Element zu einer röhrenförmigen Metallstange verarbeitet wird – eine Härtung über eine Tiefe durchgeführt wird, die geeignet ist, eine martensitische Struktur über die gesamte Dicke der röhrenförmigen Stange zu erzeugen, und ein Innensandstrahlen der röhrenförmigen Stange vollzogen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Element zu einer röhrenförmigen Metallstange konstanter Dicke verarbeitet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 9 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Element zu einer röhrenförmigen Metallstange variabler Dicke verarbeitet wird, wobei die dicksten Teile der Stange Bereichen des Elements entsprechen, die größeren Belastungen ausgesetzt sind.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß speziell oder einzig und allein die Teile der Stange bearbeitet werden, die Bereichen des Elements entsprechen, die größeren Belastungen ausgesetzt sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

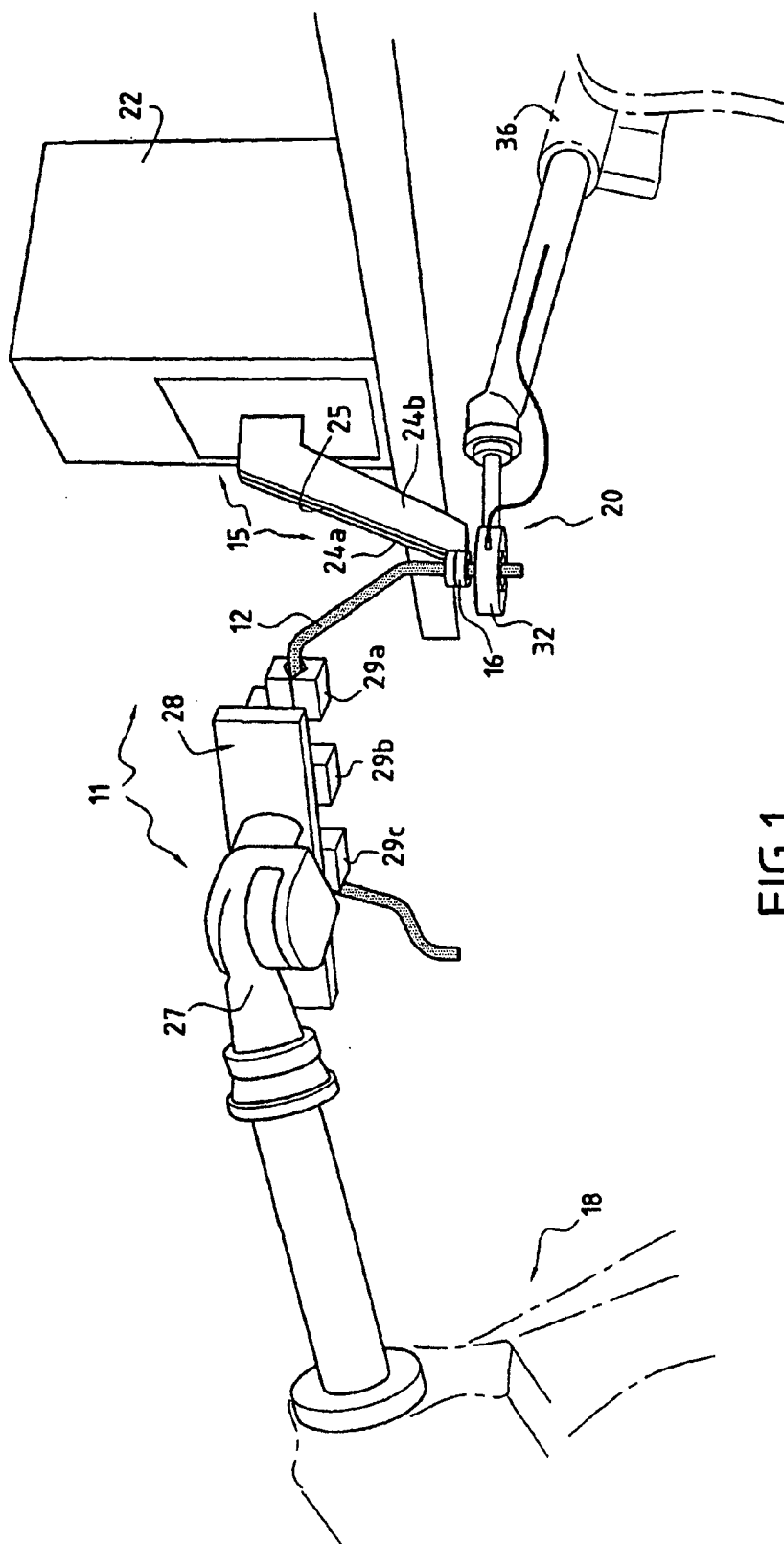


FIG.3

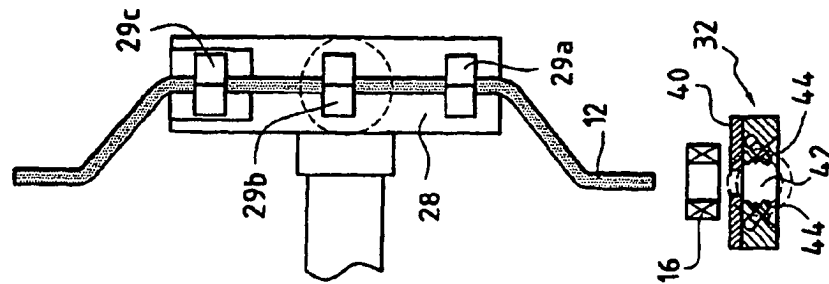
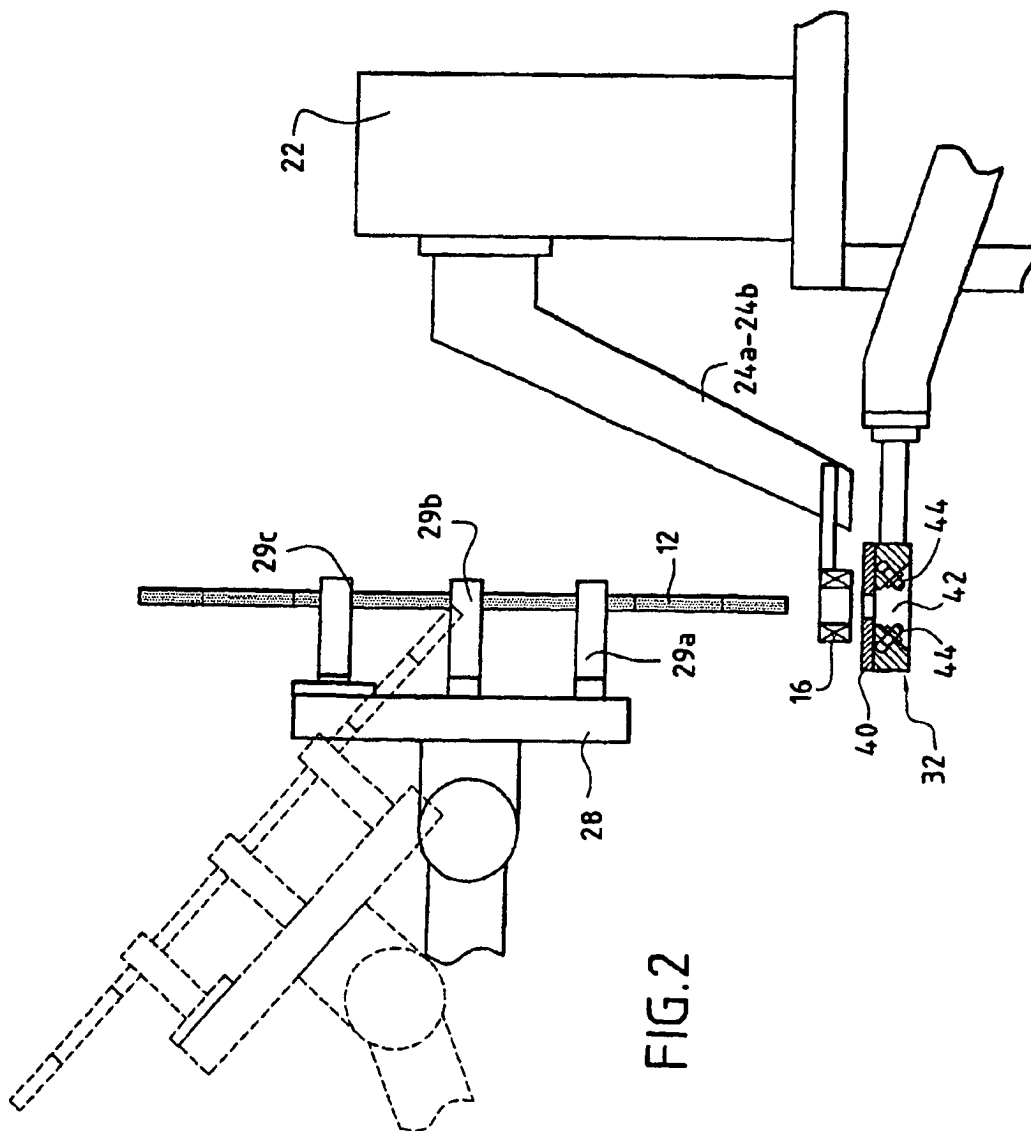


FIG.2



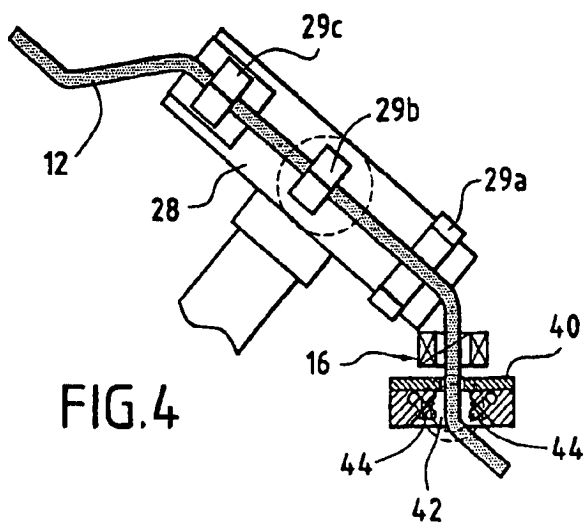


FIG. 4

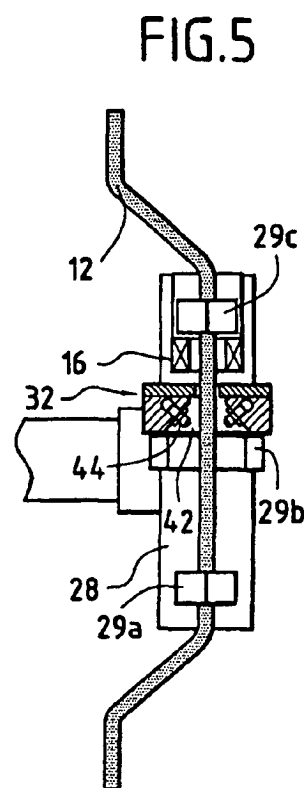


FIG. 5

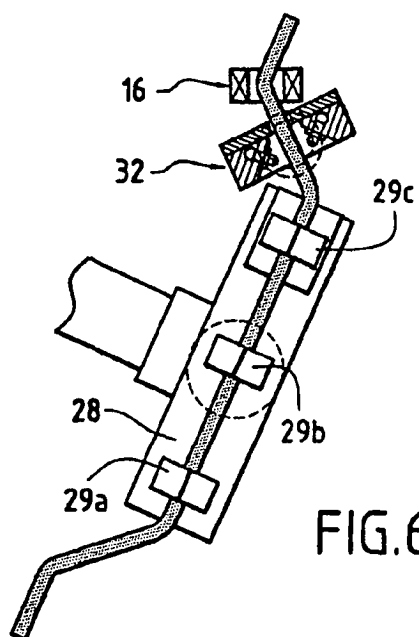


FIG. 6

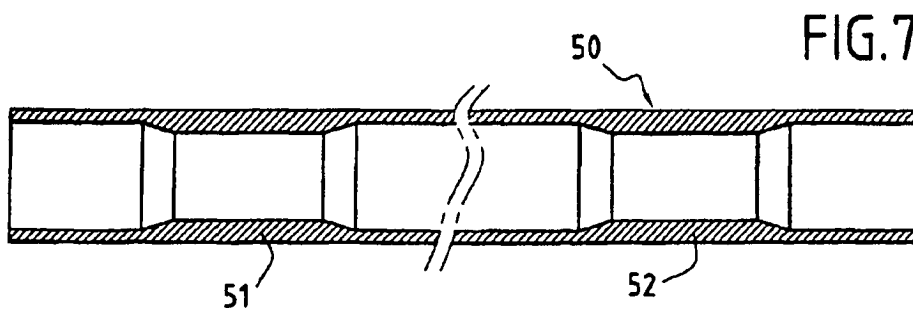


FIG. 7