



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 27 894 T2 2008.01.17**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 158 142 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 27 894.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 304 244.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.05.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.11.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.01.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01D 25/24 (2006.01)**  
**F16B 35/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**575419 20.05.2000 US**

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

(73) Patentinhaber:  
**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(72) Erfinder:  
**Czachor, Robert Paul, Cincinnati, Ohio 45215, US;**  
**Barron, Michael Leon, Ten Mile, Tennessee 37880, US**

(74) Vertreter:  
**Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen**

(54) Bezeichnung: **Verminderung der Rissneigung bei Flanschverbindungen**

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 eingereicht, 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 verschraubte Flanschstoßverbindungen zum gegenseitigen Verbinden von Mantelabschnitten, um ein rohrförmiges Gehäuse zu erzeugen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen Gegenstand und ein Verfahren zum Reduzieren des Auftretens von spannungsinduzierter Rissbildung in Flanschverbindungen von Flugzeuggasturbinentriebwerken angrenzend an Schraubenlöcher in den aneinander anliegenden Flanschen.

**[0002]** Rohrförmige Gehäuse werden oft zusammengebaut, indem Flansche zusammengeschraubt werden, die an Kanten von Platten oder Mänteln angebracht sind, die, wenn sie miteinander an ihren entsprechenden Flanschen verbunden sind, das Gehäuse definieren. Derartige Gehäuse werden verwendet, um die Hauptkomponenten von Flugzeuggasturbinentriebwerken zu umgeben und einzuschließen, wobei relativ dünnwandige Abschnitte aneinander an Flanschstoßverbindungen befestigt werden, um das Triebwerkaußengehäuse zu definieren. Nach außen sich erstreckende Flansche sind an Kanten der Mantelabschnitte vorgesehen, und die Abschnitte sind an ihren entsprechenden aneinander anliegenden Flanschen durch Flanschschrauben befestigt, die durch mehrere in den Flanschen vorgesehene entsprechend ausgerichtete Schraubenlöcher hindurch treten.

**[0003]** Außengehäuse von Flugzeuggasturbinentriebwerken enthalten mehrere Mantelabschnitte, die miteinander verbunden sind, und demzufolge enthalten sie eine Anzahl von Gehäuseflanschstoßverbindungen. Jede Flanschstoßverbindung trägt aufgrund der doppelten Dicke des Flanschmaterials, dem Vorhandensein von Hohlkehlenradien an den Schnittpunkten der Flansche und der Gehäuseaußenoberfläche und der mehreren Verbindungsschrauben bei jeder derartigen Flanschstoßverbindung zu dem Gesamtgewicht des Triebwerks bei. Und da die mit der Flugsicherheit konsistente Minimierung des Triebwerksgewichtes ein ständiges Ziel der Konstrukteure von Flugzeugtriebwerken ist, können die dünnere Ausführung von Flanschen und die Reduzierung der radialen Länge der Flansche zu einer Reduzierung des Triebwerksgewichtes beitragen.

**[0004]** US 4 205 927 offenbart eine Flanschstoßverbindung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

**[0005]** Es gibt jedoch praktische, materialfestigkeitsbedingte Grenzen für die Flanschdickenreduzierung, die beachtet werden müssen, um eine starke Flanschstoßverbindung sicherzustellen. Und für ein gegebenes Flanschmaterial und eine gegebene Flanschdicke ist eine Reduzierung der radialen Längen der aneinander anliegenden Flansche durch die

Schraubenlochgröße begrenzt, da Flanschmaterial um den Umfang der Schraubenlöcher herum erforderlich ist, um die Festigkeit der Flanschstoßverbindung zu gewährleisten. Diesbezüglich ist ein Versuch zur Triebwerksgewichtsreduzierung durch Verringerung der radialen Ausdehnung des Flanschaußen durchmessers, indem die Flanschschraubenlöcher näher an die Gehäuseaußenoberfläche verschoben werden, begrenzt. Die Größe des Verbindungs schraubenkopfes, der Mutter, und der Beilagscheibe oder des Abstandhalters, falls vorhanden, und auch die Größe des Hohlkehlenradius an dem Übergang des Flansches und der Außengehäuseoberfläche tragen zur Begrenzung der innersten Positionen der Schraubenlochmittelpunkte bei. Diesbezüglich stoßen, wenn die Schraubenlöcher zu nahe an den Hohlkehlenradien liegen, die Außenkanten der Schraubenköpfe und die Außenkanten der Muttern oder Beilagscheiben gegen die Flansche an Punkten unmittelbar angrenzend an die Hohlkehlenradien an, und verursachen dadurch Spannungskonzentrationen an diesen Punkten, wenn die Flanschstoßverbindung den normalen Belastungen unterworfen wird, welchen ein Triebwerkaußengehäuse während eines normalen Triebwerks- und Flugzeugbetriebs unterworfen ist. Diese Belastungen sind überwiegend Zugbelastungen und Biegebelastungen, welche das Auftreten von spannungsinduzierten Oberflächenris sen an dem radial innersten Kontaktbereich zwischen den Schraubenköpfen und den Beilagscheiben und der benachbarten Mantelstruktur, wo derartige Konzentrationen auftreten können, auslösen können. Alle derartigen initiierten Oberflächenrisse können sich dann innerhalb des Mantelmaterials ausbreiten und abhängig von dem Schraubenlochabstand können sie auch von einem Schraubenloch zu dem nächsten Schraubenloch wandern, und selbst die strukturelle Integrität des Außengehäuses nachteilig beeinflussen.

**[0006]** Es ist daher wünschenswert, eine Möglichkeit zur Minimierung der Neigung zur spannungsinduzierten Rissbildung von Abschnitten einer Mantelstruktur angrenzend an Endflansche, die mit Flanschen benachbarter Mantelstrukturen über eine Reihe von Verbindungsschrauben verbunden sind, zu minimieren. Dieses wird mittels einer Flanschstoßverbindung gemäß Anspruch 1 und einem Verfahren gemäß Anspruch 10 erreicht.

**[0007]** Kurz gesagt wird gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Flanschstoßverbindung bereitgestellt, um Gehäusekomponenten zur Definition eines rohrförmigen Gehäuses mit einer Längsachse aneinander zu befestigen. Die benachbarten Gehäusekomponenten weisen jeweils entsprechende aneinander anliegende Flansche mit ausgerichteten Öffnungen auf, die sich durch die Flansche hindurch erstrecken, und die Flansche enthalten eine Hohlkehle an dem Übergang jedes Flansches und der Au-

ßenoberfläche der entsprechenden Gehäusekomponente. Die Verbindungsanordnung beinhaltet eine Schraube mit einem Schraubenkopf und einen Außengewindeschraubenkörper, der sich von dem Schraubenkopf aus erstreckt. Der Schraubenkopf steht mit einer nach außen weisenden sich radial erstreckenden Oberfläche eines ersten Flansches in Oberflächenkontakt und der Schraubenkörper erstreckt sich durch die ausgerichteten Öffnungen und über eine nach außen weisende sich radial erstreckende Oberfläche eines zweiten Flansches nach außen, der in einer anliegenden Beziehung zu dem ersten Flansch steht. Eine Mutter ist mit dem Gewindeschraubenkörper angrenzend an die nach außen weisende sich radial erstreckende Oberfläche des zweiten Flansches verschraubt, und ein Abstandshalter ist zwischen und in einem Oberflächenkontakt sowohl der Mutter als auch der nach außen weisenden sich radial erstreckenden Oberfläche des zweiten Flansches positioniert. Der Abstandshalter enthält einen im Wesentlichen geradlinigen Kantenabschnitt, der angrenzend an die Flanschhohlkehle des zweiten Flansches und in einer im Wesentlichen tangentialen Beziehung zu einem imaginären Kreis, dessen Mittelpunkt mit der Längsachse des rohrförmigen Gehäuses zusammenfällt, angeordnet ist, um linear Lagerflächenspannungen zu verteilen, die sich in dem Gehäuseflansch ergeben, wenn die Mutter gegen den Abstandshalter angezogen wird.

**[0008]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Reduzieren von spannungsinduzierter Rissbildung in einer verschraubten Flanschverbindung angrenzend an ein Schraubenloch in einem Flansch, der sich von einem rohrförmigen Gehäuse nach außen erstreckt, bereitgestellt. Das Verfahren beinhaltet die Bereitstellung einer Abstandsscheibe mit einer im Wesentlichen geradlinigen Abflachung an ihrem Umfang und die Ausrichtung der Abstandsscheibe so, dass die geradlinige Abflachung an eine Hohlkehle an dem Übergang eines Flansches und einer Außenoberfläche des Gehäuses anliegt. Die geradlinige Flachstelle der Abstandsscheibe wird so positioniert, dass sie im Wesentlichen eine Tangente zu einem imaginären Kreis bildet, dessen Mittelpunkt auf einer Längsachse des Gehäuses liegt. Die Schraube wird angezogen, um die Abstandsscheibe gegen den Flansch für einen im Wesentlichen geradlinigen Kontakt zwischen der geradlinigen Flachstelle der Abstandsscheibe und dem Flansch zu drücken.

**[0009]** Die Erfindung wird nun detaillierter im Rahmen eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in welchen:

**[0010]** [Fig. 1](#) eine Längsquerschnittsansicht eines Flugzeuggasturbinentreibwerks mit einem Außengehäuse ist, das durch mehreren Mantelabschnitte mit Flanschen definiert ist, die miteinander verschraubt

sind.

**[0011]** [Fig. 2](#) eine vergrößerte perspektivische Teilansicht ist, welche Flanschstoßverbindungen an einem Abschnitt des Außengehäuses des in [Fig. 1](#) dargestellten Triebwerks zeigt.

**[0012]** [Fig. 3](#) eine vergrößerte Teilquerschnittsansicht einer herkömmlichen Flanschstoßverbindung ist.

**[0013]** [Fig. 4](#) eine Teilansicht eines Abschnittes eines Flansches ist, welcher eine Form einer spannungsinduzierten Rissbildung eines Triebwerkgehäuseflansches darstellt.

**[0014]** [Fig. 5](#) eine Teilansicht ähnlich zu der von [Fig. 4](#) ist und eine weitere Form einer spannungsinduzierten Rissbildung eines Triebwerkgehäuseflansches darstellt.

**[0015]** [Fig. 6](#) eine vergrößerte Teilquerschnittsansicht ähnlich der von [Fig. 3](#) ist, die aber eine Flanschstoßverbindung darstellt, die eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0016]** [Fig. 7](#) eine Querschnittsansicht entlang der Linie 7-7 von [Fig. 6](#) ist.

**[0017]** [Fig. 8](#) eine Querschnittsansicht entlang der Linie 8-8 von [Fig. 6](#) ist.

**[0018]** [Fig. 9](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer Abstandsscheibenform, welche die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0019]** [Fig. 10](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer weiteren Abstandsscheibenform ist, welche die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0020]** [Fig. 11](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer Mutter und einer integrierten Abstandsscheibe ist, welche die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0021]** [Fig. 12](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer Schraube und einer integrierten Abstandsscheibe ist, die die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0022]** [Fig. 13](#) eine vergrößerte perspektivische Ansicht einer weiteren Form von Schraube und Abstandsscheibe ist, die die vorliegende Erfindung verkörpert.

**[0023]** In den Zeichnungen und insbesondere in denen [Fig. 1](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines Flugzeuggasturbinentreibwerks **10** dargestellt, das von einem ringförmigen Außengehäuse **12** umgeben ist, das die verschiedenen Komponenten des Triebwerks einschließt. Das Triebwerk **10** besitzt eine

Längsachse 13, um welche die verschiedenen rotierenden Komponenten des Triebwerks rotieren. Ein Lufteinlass 14 ist vorgesehen, in welchem Luft eingesaugt wird, um in einen Bläserabschnitt 16 einzutreten, in welchem der Druck und die Geschwindigkeit der Einlassluft erhöht werden. Der Bläserabschnitt 16 enthält einen einstufigen Bläser 17, der von einem Bläsergehäuse 18 eingeschlossen ist. Bläserauslassluft, die den Bläser 17 verlässt, passiert einen ringförmigen Teiler 19, der die Bläserauslassluft in einen Nebenluftstrom 20 und einen Kernluftstrom 21 aufteilt. Der Nebenluftstrom 20 strömt durch einen ringförmigen Nebenstromkanal 22 und der Kernluftstrom 21 strömt durch den Druck-Boosterabschnitt 23. Aus dem Druck-Boosterabschnitt 23 strömt der Kernluftstrom 21 zu einem Kerntriebwerk 24, das einen ringförmigen Einlass 26 enthält.

**[0024]** Das Kerntriebwerk 24 enthält einen Axialverdichter 28, der stromabwärts von dem Einlass 26 positioniert ist und dazu dient, den Druck der Luft, die in das Kerntriebwerk 24 eintritt, weiter zu erhöhen. Hochdruckluft verlässt den Verdichter 28 und tritt in eine ringförmige Brennkammer 30 ein, in welche Brennstoff aus einer (nicht dargestellten) Brennstoffquelle über entsprechende in Umfangsrichtung in Abstand angeordnete Brennstoffdüsen 32 eingespritzt und entzündet wird, um die Temperatur der Druckluft, die den Verdichter 28 verlässt, zu erhöhen und ihr dadurch Energie zuzuführen. Die Hochtemperaturverbrennungsprodukte passieren die Brennkammer 30, um eine erste Hochdruckturbine 34 anzutreiben, die antreibend mit dem Verdichter 28 verbunden ist und diesen dreht, und durchlaufen dann eine zweite Niederdruckturbine 36, die mit dem Bläser 17 und dem Druck-Booster 23 verbunden ist und diese dreht. Die Verbrennungsprodukte, welche die Niederdruckturbine 36 verlassen, strömen durch eine Auslassdüse 40, um einen Teil des Antriebsschubs zu erzeugen, während ein weiterer Anteil des Gesamtschubs des Triebwerks 10 durch den Nebenstromluftstrom 20 erzeugt wird.

**[0025]** Jede von den sequentiell positionierten Hauptkomponenten des Triebwerks 10, die vorstehend identifiziert sind, wird von entsprechenden ringförmigen Gehäuseabschnitten umgeben. Somit enthält das Triebwerk 10 ein Bläsergehäuse 18 und ein Kerntriebwerksgehäuse 12. Das Kerntriebwerk 24 enthält in der Reihenfolge ein Verdichteraußengehäuse 48, ein Brennkammeraußengehäuse 50 und ein Turbinenaußengehäuse 52. Die entsprechenden Gehäuseabschnitte des Triebwerks 10 sind im Wesentlichen durch miteinander verbundene gekrümmte Platten oder ringförmige Mäntel definiert, die Umfangs- und Längsenden-Flansche enthalten, um zu ermöglichen, dass die entsprechenden aneinander grenzenden gekrümmten Platten und Mäntel sicher miteinander verbunden werden.

**[0026]** [Fig. 2](#) stellt einen Abschnitt des Verdichtergehäuses 48 und des Brennkammergehäuses 50 dar. Das Verdichtergehäuse 48 enthält ein Paar halbzylindrischer Schalen 56, 58, welche Umfangsendflansche 60, 62 und Längskantenflansche 64, 66 enthalten. Das Brennkammergehäuse 50 ist als eine ringförmige Struktur in der Form eines Rings 68 dargestellt, kann jedoch stattdessen in der Form eines Paars halbzylindrischer Mantel bereitgestellt werden, falls dies gewünscht ist. Das Gehäuse 50 enthält mehrere in Umfangsrichtung in Abständen angeordnete runde Vorsprünge 70 mit Durchtrittsbohrungen 72 zum Aufnehmen entsprechender (nicht dargestellter) Einspritzdüsen. Die Endflansche 60 und 62 und Randflansche 64 und 66 des Verdichtergehäuses 48 und auch die Endflansche 74 und 76 des Brennkammergehäuses 50 enthalten jeweils mehrere in gleichen Abständen um den Umfang angeordnete Durchtrittsbohrungen 78 und 80 (wobei nur Durchtrittsbohrungen 80 in [Fig. 2](#) sichtbar sind), um (nicht dargestellte) Verbindungsschrauben zum sicheren Verbinden der Gehäuse 48 und 50 miteinander aufzunehmen.

**[0027]** Eine herkömmliche verschraubte Flanschverbindung nach dem Stand der Technik ist in [Fig. 3](#) dargestellt, welche eine vergrößerte Querschnittsansicht der Flanschverbindung zwischen dem Verdichtergehäuse 48 und dem Brennkammergehäuse 50 ist. Die Gehäusewand 56 enthält einen sich nach außen erstreckenden radialen Flansch 60, welcher definiert, was manchmal als ein Hebeflansch bezeichnet wird. Der Flansch 60 enthält eine Durchtrittsbohrung 78 zur Aufnahme des Gewindekörpers 82 einer Verbindungsschraube 84, welche einen Schraubenkopf 86 mit einer ringförmigen Auflagefläche 88 enthält, die in engem Kontakt eingriff mit der Flanschaußenoberfläche 90 steht, wenn die Schraube 84 angezogen ist. In ähnlicher Weise enthält die angrenzende Gehäusewand 68 einen sich nach außen erstreckenden radialen Flansch 74, der eine Durchtrittsbohrung 80 für die Aufnahme des Körpers 82 der Schraube 84 besitzt. Das äußere Ende 92 der Schraube 84 trägt eine Mutter 94 und einen ringförmigen Abstandshalter 96, sodass, wenn die Schraube 84 und die Mutter 94 angezogen sind, die ringförmige Endfläche 98 des Abstandshalters 96 in einer engen Kontaktbeziehung zwischen der Flanschaußenoberfläche 100 des Flansches 74 steht. Eine konkav gekrümmte Hohlkehle 102 erstreckt sich zwischen der Außenoberfläche 90 des Flansches 60 und der benachbarten Außenoberfläche 104 des Gehäuses 56, und eine ähnliche konkav gekrümmte Hohlkehle 106 erstreckt sich zwischen der Außenoberfläche 100 des Flansches 74 und der benachbarten Außenoberfläche 108 des Gehäuses 68.

**[0028]** Gemäß Darstellung in [Fig. 3](#) ist die Längsachse des durch die ausgerichteten Durchtrittsbohrungen 78 definierten Schraubenloches von den Ge-

häuseaußenoberflächen **104** und **108** über einen Abstand entfernt, der es ermöglicht, dass die radial innersten Kanten von jeder der ringförmigen Auflageflächen **88** und **98** auf einem ebenen flachen Abschnitt der entsprechenden Flanschoberflächen und in einem Abstand von den Hohlkehlen **102** und **106** aufliegen. Demzufolge sind die auf die entsprechenden Flanschflächen **90** und **100** ausgeübten Lagerungsspannungen zu Beginn im Wesentlichen gleichmäßig verteilt.

**[0029]** Wenn das Triebwerk in einem Flugzeug eingebaut ist, und das Flugzeug normale Manöver in seiner Flugbetriebsbereich ausführt, wird das Triebwerksgehäuse verschiedenen Belastungstypen unterworfen. Jedes von den Gehäusen ist zuerst ein Druck enthaltender Mantel, ist jedoch unter anderem auch axialen Zugspannungen, thermisch induzierten Spannungen, Torsionsspannungen und Biegespannungen unterworfen. Aufgrund dieser mehreren Spannungen, und aufgrund ihrer im Wesentlichen zyklischen Natur über der Zeit können Risse an den Gehäuseverbindungsstellen auftreten. Beispiele von den Lagen derartiger Risse sind in den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellt. [Fig. 4](#) stellt Umfangsrisse **110** dar, die in dem Flansch **74** angrenzend an die radial innerste Kante in Bezug auf die Triebwerkslängsachse einer Auflagefläche **81** auftreten können, gegen welche ein Schraubenkopf oder ein Abstandshalter anliegt, wenn die (nicht dargestellte) Verbindungsschraube gegen die Flanschfläche **100** angezogen ist. Die Risse **110** treten angrenzend an die Hohlkehle **106** auf, die an dem Schnittpunkt der Flanschfläche **100** und der Gehäuseaußenoberfläche vorgesehen ist. Wenn die Belastung auf den Flanschen für eine ausreichend lange Zeitdauer aufrechterhalten wird, oder wenn die Belastungen aus irgendeinem Grunde zunehmen, können sich die in [Fig. 4](#) dargestellten anfänglichen Umfangsrisse in Umfangsrichtung ausbreiten und sich letztlich miteinander verbinden, um im Wesentlichen einen zusammenhängenden Riss **112** gemäß Darstellung in [Fig. 5](#) auszubilden. Der Riss **112** erstreckt sich im Wesentlichen parallel zu der Hohlkehle **106** und grenzt unmittelbar an die radial innersten Kanten der entsprechenden Auflageflächen **81** an und verringert erheblich die Integrität des Gehäuses in dem Bereich, in welchen ein derartig weit sich erstreckender Riss auftritt. Ohne Einschränkung auf nur eine mögliche Erklärung ist es theoretisch möglich, dass ein wahrscheinlicher Grund derartiger Umfangsrisse die kombinierten Spannungen angrenzend an die Flanschhohlkehle an einem Punkt unterhalb der radial innersten Kanten in Bezug auf die Gehäuselängsachse der Auflagefläche einer darüber liegenden Schraubenkopffläche oder darüber liegenden Abstandshalterfläche ist.

**[0030]** Eine Möglichkeit zur Reduzierung des Materialgewichtes, das in Triebwerksgehäuseflanschen enthalten ist, besteht in der Verschiebung der Mittel-

linie des Verbindungsschraubenloches radial nach innen näher an die Gehäuseoberflächen, um eine Reduzierung des Flanschumfangs zu ermöglichen. Dieses erhöht jedoch die Tendenz, dass die radial innersten Kanten des Schraubenkopfes und des Abstandshalters in Bezug auf die Gehäuselängsachse mit der Oberfläche der angrenzenden Hohlkehle in Kontakt kommen. Und dieser Kontakt ist im Wesentlichen ein Punktkontakt, welcher zu einer Spannungskonzentration führt, die zu höheren Spannungen an diesem Punkt führt, und dadurch mit der Zeit zu möglichen FlanschrisSEN führt.

**[0031]** Um die Wahrscheinlichkeit einer derartigen Flanschrisssbildung zu verringern, stellt eine Schraubverbindung mit den gemäß Darstellung in den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) konfigurierten Verbindungsschraubenelementen im Wesentlichen einen Linienkontakt angrenzend an die Flanschhohlkehle bereit. Gemäß Darstellung in diesen Figuren enthält jeder Schraubenkopf **118** bzw. Abstandshalter **120** eine geradlinige Kante **114**, **116** entlang seines Umfangs und die entsprechenden geradlinigen Kanten sind so orientiert, dass sie angrenzend an die Hohlkehlen **102** und **106** liegen. Bevorzugt sind die geradlinigen Kanten **114**, **116** so in Bezug auf ihre entsprechenden Gehäuseaußenoberflächen angeordnet, dass sie im Wesentlichen an entsprechende imaginäre Kreise angrenzen, deren Mittelpunkte mit der Gehäuselängsachse übereinstimmen.

**[0032]** Zusätzlich dazu, dass der Schraubenkopf **118** und der Abstandshalter **120** entsprechende geradlinige Kanten besitzen, besitzen sie auch konvex gekrümmte Enden **122**, **124**, die sich von ihren Flanschkontaktflächen **126**, **128** zu den geradlinigen Kanten **114** bzw. **116** erstrecken. Die konvex gekrümmten Enden tragen zur Vermeidung von Punktkontakt-bezogenen Spannungskonzentrationen bei, indem sie alle Kontaktkräfte geradlinig entlang den Flanschflächen verteilen, und dadurch die Spannungskonzentration reduzieren. Diesbezüglich können konvex gekrümmte Enden **122** und **124** durch kreisförmige Bögen definiert werden, die einen Krümmungsradius haben können, der von etwa 1,27 mm bis etwa 7,62 mm, bevorzugt von etwa 2,54 mm bis etwa 3,05 mm reicht. Besonders bevorzugt sind die Krümmungsradien der konvex gekrümmten Kanten **122** und **124** im Wesentlichen gleich den Radien der angrenzenden Flanschhohlkehlen, so dass jeder Kontakt dazwischen ein Kontakt über eine Fläche statt ein geradliniger Kontakt ist, was weiter dazu führt, die Spannungskonzentration zu verringern.

**[0033]** Die Bereitstellung geradliniger Kanten und benachbarter gekrümmter Enden kann bei unterschiedlichen Elementen einer Verbindungsschraubenanordnung implementiert werden, wie es in den [Fig. 9](#) bis [Fig. 13](#) dargestellt ist. Somit kann ein rechteckiger Abstandshalter **130** mit gegenüberliegenden

Paaren von geradlinigen Kanten **132**, **134** und entsprechend gekrümmten Enden **136**, **138** gemäß Darstellung in [Fig. 9](#) bereitgestellt werden. Wenn die geradlinigen Kanten **132** und **134** in der Länge gleich sind, wie es in [Fig. 10](#) dargestellt ist, um einen quadratischen Abstandshalter **144** zu erzeugen, kann der Abstandshalter so orientiert sein, dass jede von den vier geradlinigen Kanten angrenzend an die Flanschhohlkehle positioniert wird.

**[0034]** [Fig. 11](#) stellt eine Ausführungsform mit einem den in [Fig. 9](#) dargestellten Aufbau aufweisenden Abstandshalter dar, der in einem Stück mit der Verbindungsmutter **140** ausgebildet ist. Der Abstandshalter besitzt ein Innengewinde **142**, das denselben Durchmesser und dieselbe Steigung wie das Innengewinde der Mutter hat. Alternativ kann der Abstandshalter als ein getrenntes Element vorgesehen sein, das in geeigneter Weise starr, wie z.B. durch Schweißen oder dergleichen an der Lagerungsfläche der Mutter **140** befestigt ist.

**[0035]** [Fig. 12](#) stellt eine Ausführungsform dar, in der ein Abstandshalter **130** mit dem in [Fig. 9](#) dargestellten Aufbau mit einem Schraubenkopf **146** einer Verbindungsschraube **148** in einem Stück ausgebildet ist. Alternativ kann der Abstandshalter **130** als ein getrenntes Element vorgesehen sein, das ausreichend starr, wie z.B. durch Verschweißen oder dergleichen mit der Lagerungsfläche des Schraubenkopfes **146** verbunden ist.

**[0036]** [Fig. 13](#) stellt eine Ausführungsform mit einem Abstandshalter **130** mit der in [Fig. 9](#) dargestellten Struktur und mit einer Gewindedurchtrittsbohrung **152** dar, die lose von einem gewindelosen Schaftabschnitt **154** einer Schraube **156** getragen wird. Eine Gewindedurchtrittsbohrung **152** hat dieselbe Gewindesteigung und denselben Gewindedurchmesser wie die Gewindeschraube **158**, sodass er über die Schraube **156** geschraubt aufgenommen und lose auf dem Schaftabschnitt **154** gehalten werden kann, um Wartungsoperationen zu vereinfachen, welche die Verbindung oder Trennung der Flansche beinhalten, da der Abstandshalter von der Schraube getragen wird.

**[0037]** Wie der Fachmann auf diesem Gebiet erkennen wird, ist, obwohl hierin Bezug auf gekrümmte Mantelabschnitte genommen wurde, und obwohl gekrümmte Mantelabschnitte mit gekrümmten Flanschen dargestellt und beschrieben wurden, die Erfindung auch auf Flanschstoßverbindungen anwendbar, die durch geradlinige Flansche definiert sind, die von im Wesentlichen ebenen Platten getragen werden. Zusätzlich ist die vorliegende Erfindung auch auf gekrümmte Platten mit geradlinigen Flanschen, wie z.B. in [Fig. 2](#) dargestellte Verdichtergehäusemänteln **56** oder **58**, anwendbar.

## Patentansprüche

1. Flanschstoßverbindung, aufweisend:
  - a. ein Paar von einzelnen eines Paares von Flanschgehäuseabschnitten (**48**, **50**) getragenen ersten und zweiten aneinander anliegenden Endflanschen (**60**, **74**), wobei die Flansche jeweils mehrere sich durch sie hindurch erstreckende im Abstand angeordnete, ausgerichtete Öffnungen (**78**, **80**) und eine Hohlkehle (**102**, **106**) an einem Übergang des Flansches und einer benachbarten Oberfläche (**104**, **108**) eines rohrförmigen Gehäuseabschnittes (**48**, **50**) enthalten;
  - b. eine Schraube mit einem Schraubenkopf (**118**) und einem sich von dem Schraubenkopf (**18**) weg erstreckenden Schraubenkörper (**82**) mit Außengewinde, wobei sich der Schraubenkopf (**118**) in Oberflächenkontakt mit einer ersten Flanschfläche (**90**) steht, die sich quer in Bezug auf eine Gehäusefläche (**104**) einer ersten Gehäusekomponente (**56**) erstreckt, und einen Schraubenkörper (**82**) enthält, der sich durch die ausgerichteten Öffnungen (**78**, **80**) hindurch und nach außen über eine Flanschfläche (**100**) hinaus erstreckt, die sich quer in Bezug auf eine Gehäusefläche (**108**) einer zweiten Gehäusekomponente (**68**) erstreckt;
  - c. eine Mutter (**94**), die mit dem Gewindeschraubenkörper (**82**) angrenzend an die sich quer erstreckende Flanschfläche (**100**) des zweiten Flansches (**74**) verschraubt ist; und
  - d. einen Abstandshalter (**120**), der zwischen und in Oberflächenkontakt sowohl mit der Mutter (**94**) als auch der sich quer erstreckenden Flanschfläche (**100**) des zweiten Flansches (**74**) positioniert ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstandshalter eine durch ihn führende Öffnung zur Aufnahme des Schraubenkörpers und einen in Wesentlichen geradlinigen Außenkantenabschnitt (**116**) aufweist, der angrenzend an die Flanschhohlkehle (**106**) des zweiten Flansches (**74**) und in einer im Wesentlichen tangentialen Beziehung zu einem imaginären Kreis, dessen Mittelpunkt mit der Längsachse des rohrförmigen Gehäuses zusammenfällt hat, positioniert ist, um Spannungen, die in den zweiten Flansch (**74**) des Gehäuses induziert werden, wenn die Mutter (**94**) gegen den Abstandshalter (**120**) angezogen wird, geradlinig über einen größeren Abschnitt des zweiten Flansches (**74**) zu verteilen.
2. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 1, wobei der geradlinige Kantenabschnitt (**116**) des Abstandshalters (**120**) eine konkav gekrümmte Kantenoberfläche (**124**) aufweist, die an die Hohlkehle (**106**) des zweiten Flansches (**174**) angrenzt und ihr zugewandt ist.
3. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 2, wobei der Abstandshalter (**120**) in der Form einer ringförmigen Scheibe vorliegt.
4. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 2 oder

3, wobei die Kantenoberfläche (174) im Wesentlichen eine Kreisform aufweist.

5. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 1, wobei der Abstandshalter (120) im Wesentlichen eine rechteckige Gestalt aufweist.

6. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 5, wobei der Abstandshalter (120) eine quadratische Gestalt hat.

7. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 1, wobei der Schraubenkopf (118) einen im Wesentlichen geradlinigen Kantenabschnitt (114) enthält, der angrenzend an die Flanschhohlkehle (102) des ersten Flansches (60) und im Wesentlichen in tangentialer Beziehung zu einem imaginären Kreis positioniert ist, dessen Mittelpunkt mit der Längsachse des rohrförmigen Gehäuses zusammenfällt.

8. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 7, wobei der geradlinige Kantenabschnitt (114) des Schraubenkopfes (118) eine konkav gekrümmte Kantenfläche (122) angrenzend an die und der Hohlkehle (102) des ersten Flansches (60) zugewandt aufweist.

9. Flanschstoßverbindung nach Anspruch 1, mit einem zweiten Abstandshalter (130), der zwischen und in Oberflächenkontakt mit dem Schraubenkopf (140) und der nach außen gewandten sich radial erstreckenden Oberfläche (90) des ersten Flansches (60) positioniert ist, wobei der zweite Abstandshalter (130) einen im Wesentlichen geradlinigen Kantenabschnitt (116) enthält, der angrenzend an die Flanschhohlkehle (102) des ersten Flansches (60) und im Wesentlichen in tangentialer Beziehung zu einem imaginären Kreis positioniert ist, dessen Mittelpunkt mit der Längsachse des rohrförmigen Gehäuses zusammenfällt, um Spannungen, die in den ersten Flansch (60) des Gehäuses induziert werden, wenn die Schraube (82) und Mutter (94) gegen die entsprechenden Abstandshalter (120, 130) angezogen werden, über einen größeren Abschnitt der äußeren radialen Oberfläche (90) des ersten Flansches (60) zu verteilen.

10. Verfahren zum Reduzieren einer spannungsinduzierten Rissbildung angrenzend an eine Verbindungsschraube in einer verschraubten Flanschstoßverbindung angrenzend an ein Schraubenloch in einem Flansch, der sich quer aus der Außenoberfläche eines rohrförmigen Gehäuses erstreckt, wobei das Verfahren gekennzeichnet ist, durch:

- Bereitstellen eines Abstandshalters (120) mit einer im Wesentlichen geradlinigen Flachstelle (116) auf seinem Umfang;
- Ausrichten des Abstandshalters (120) so, dass die geradlinige Flachstelle (116) an eine Hohlkehle (106) an dem Übergang eines Flansches (74) und einer

Außenoberfläche (108) des Gehäuses angrenzt; c. Positionieren der geradlinigen Flachstelle (116) des Abstandshalters so, dass sie im Wesentlichen tangential an einen imaginären Kreis anliegt, dessen Mittelpunkt auf einer Längsachse des Gehäuses liegt; und

d. Anziehen einer Schraube (82), die durch den Abstandshalter (120) verläuft, um den Abstandshalter (120) gegen eine radiale Oberfläche (100) des Flansches zu drücken, um Lagerspannungen, die in die Flanschfläche als eine Folge des Anziehens der Schraube (82) induziert werden, über einen größeren Abschnitt der Flanschfläche zu verteilen, so dass der Abstandshalter (120) an einer radialen Oberfläche (100) eines Flansches anliegt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

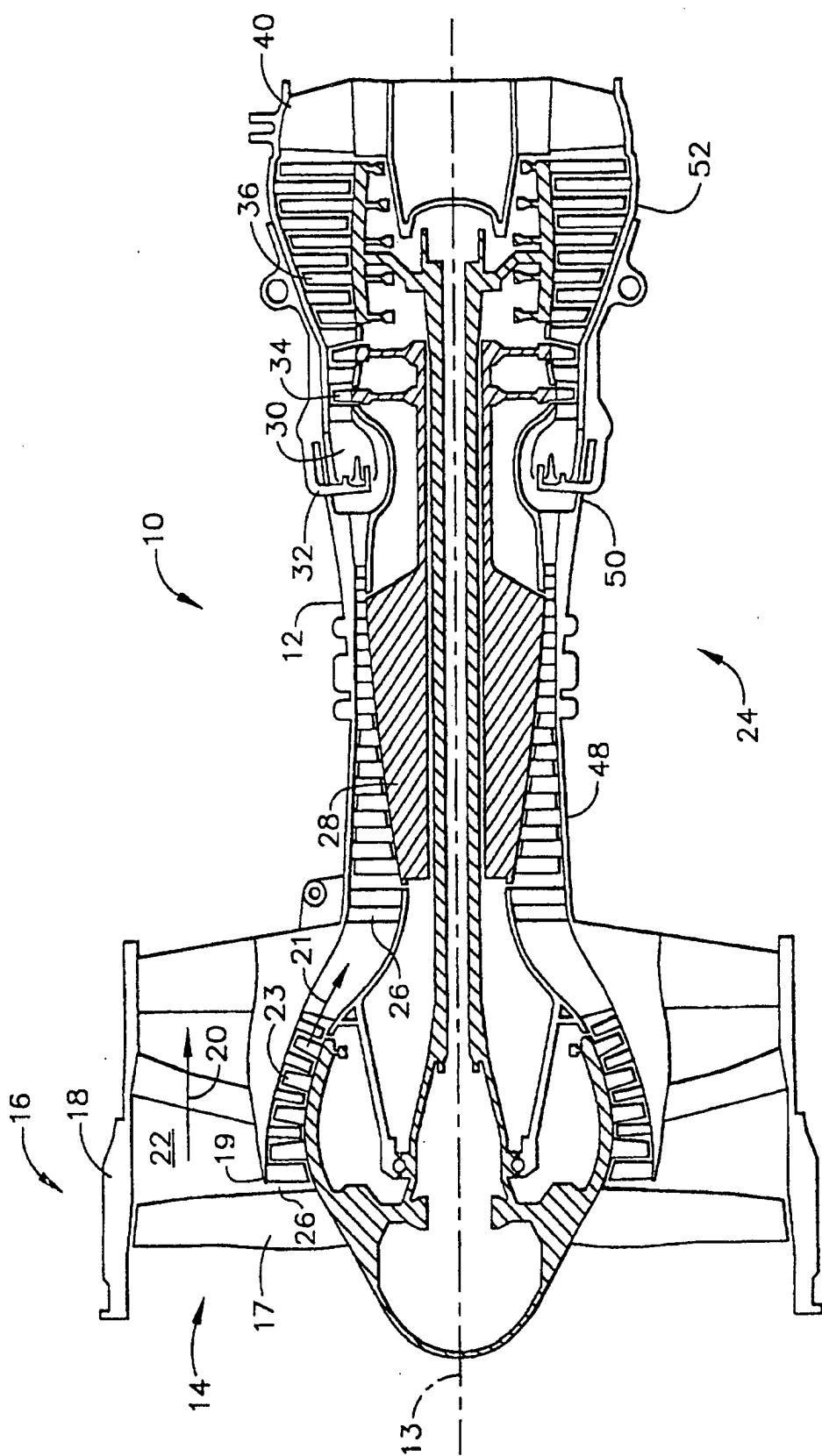


FIG. 1

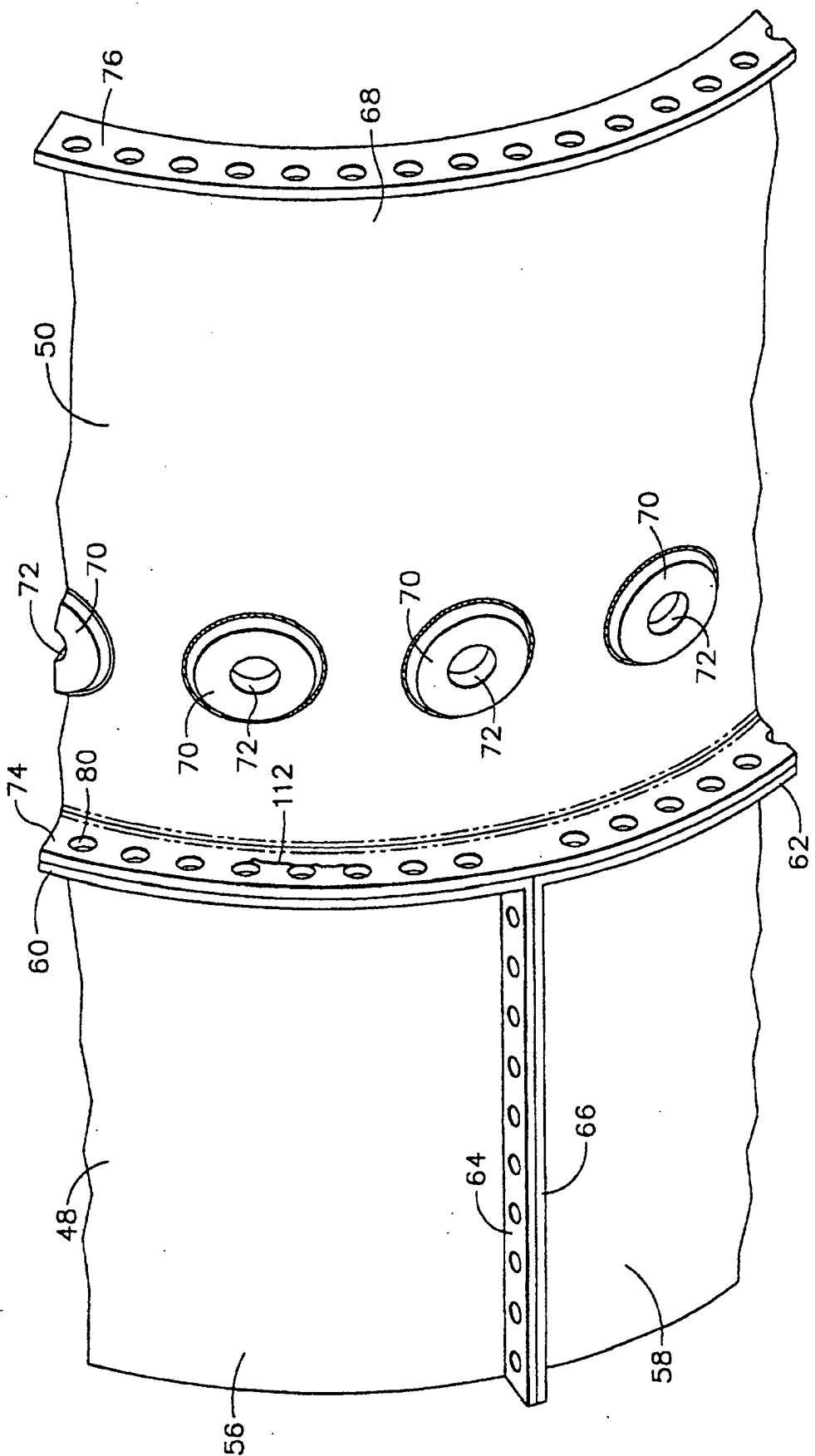


FIG. 2

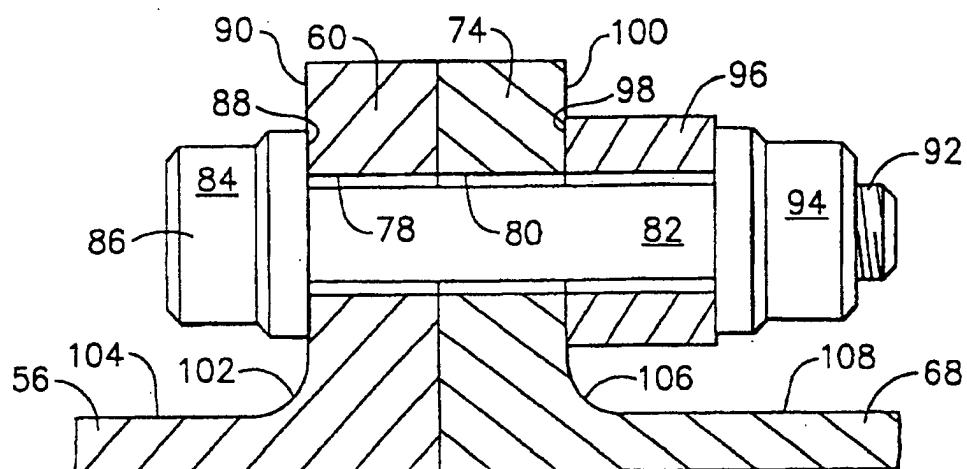


FIG. 3

### (Stand der Technik)

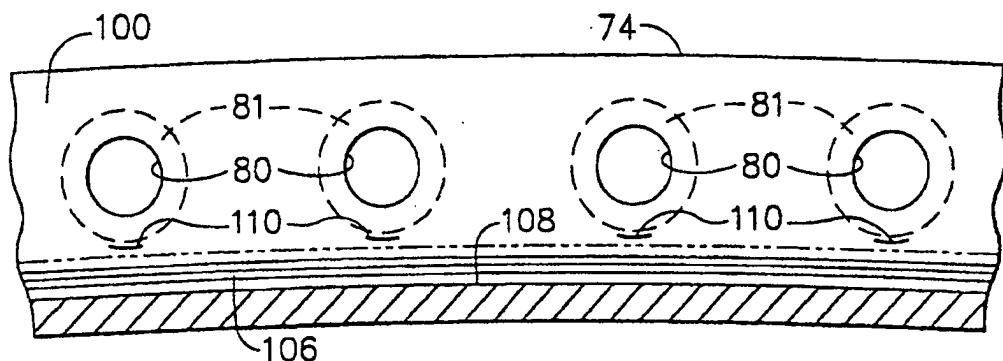


FIG. 4

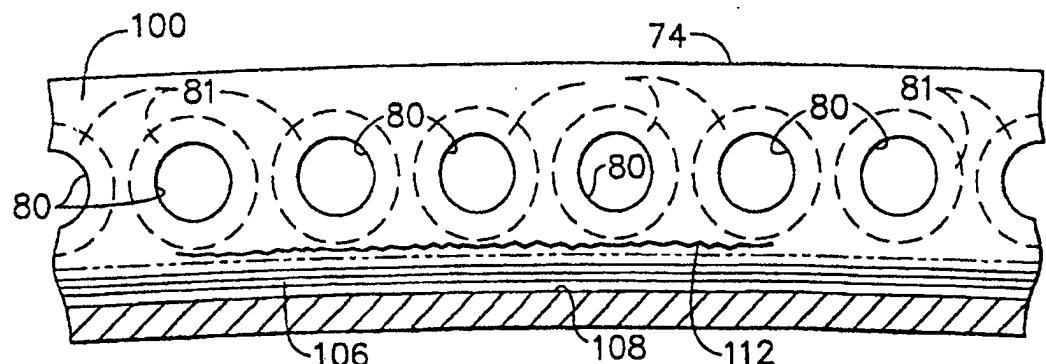


FIG. 5

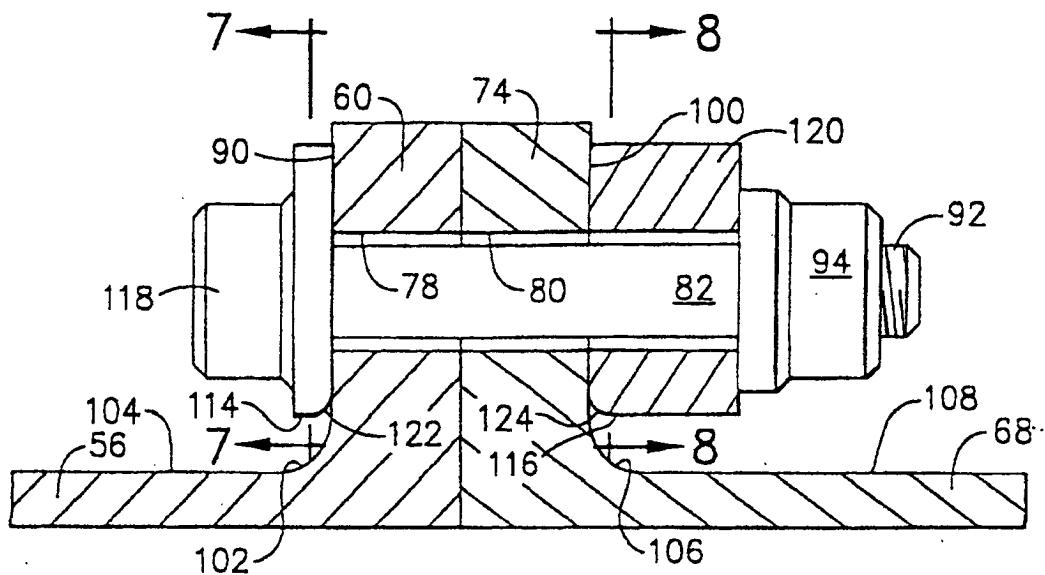


FIG. 6

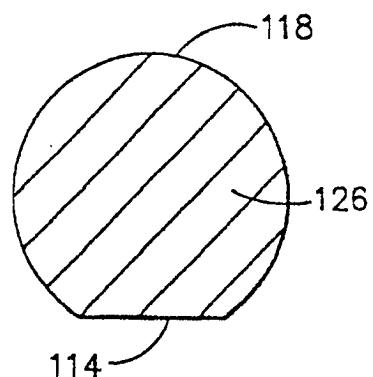


FIG. 7

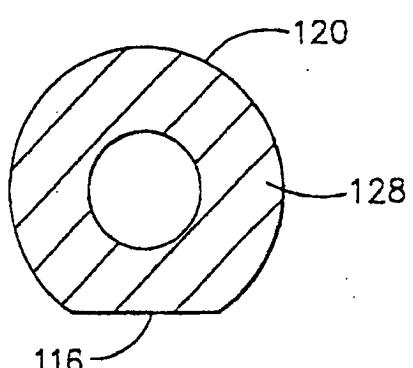


FIG. 8

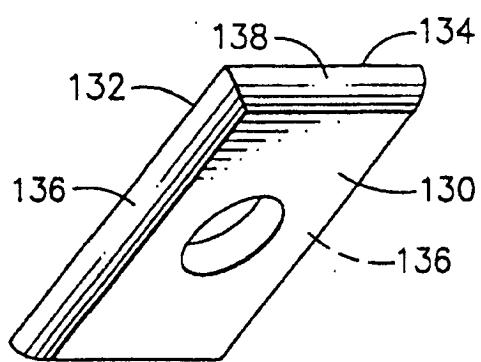


FIG. 9

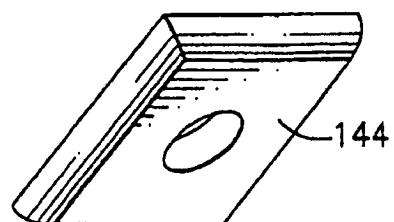


FIG. 10

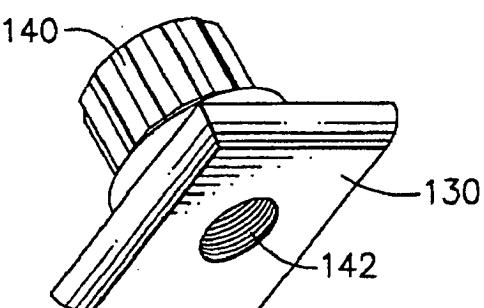


FIG. 11

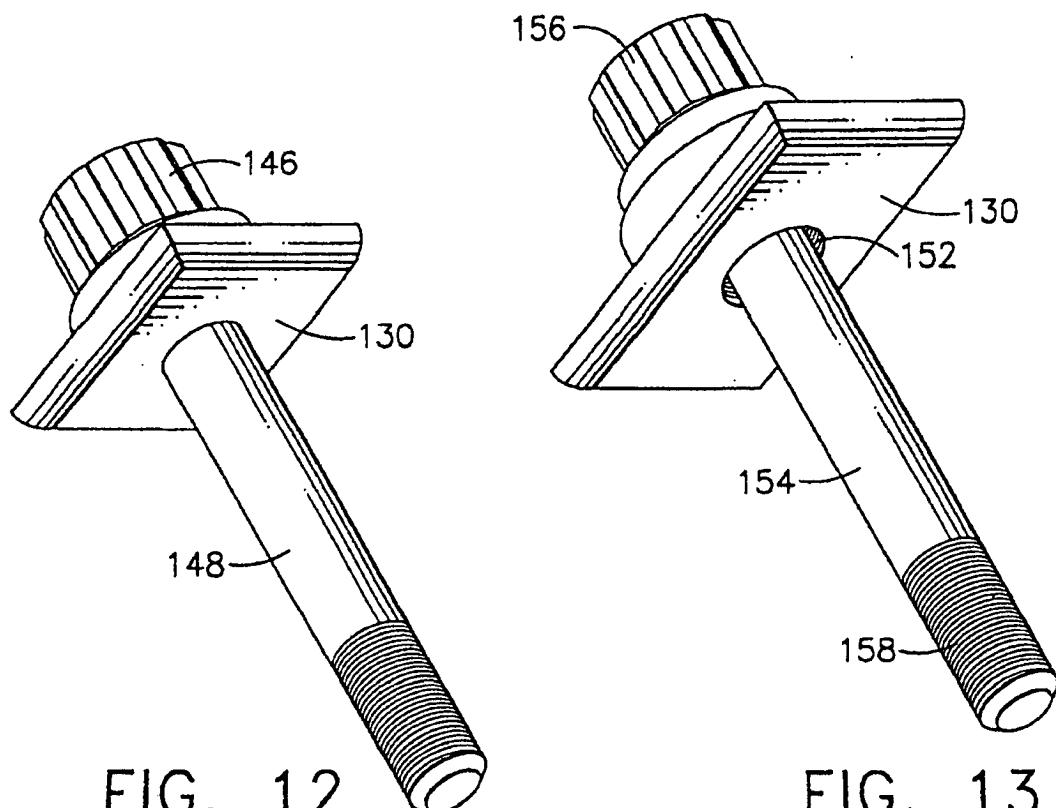


FIG. 12

FIG. 13