

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 145 653

Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11)	145 653	(44)	24.12.80	3(51)	F 16 B 31/00
(21)	AP F 16 B / 215 234	(22)	06.09.79		
(31)	940,006	(32)	06.09.78	(33)	US

(71) siehe (73)

(72) Pelton, John F., US

(73) Union Carbide Corporation, New York, US

(74) Internationales Patentbüro Berlin, 1020 Berlin,
Wallstraße 23/24

(54) Schraubverbindung

(57) Schraubverbindung zum Einsatz bei erhöhten Temperaturen, insbesondere zur Anwendung bei Rotationsgasverteilungsanlagen. Die Erfindung verfolgt das Ziel, eine Verbesserung der bekannten Schraubverbindungen zu ermöglichen, während die Aufgabe im Einsatz bei erhöhten Temperaturen zu sehen ist, derart, daß mechanische Spannungen auf ein Minimum reduziert werden und eine Rotationsbelastung in einer gleichmäßigen, vorhersagbaren Art und Weise erfolgen kann. Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß bei Umgebungstemperatur eine solche Konizität vorgesehen ist, daß die Änderung des radialen Spielraumes je Längeneinheit zwischen den gegenüberstehenden Gewinden jedes Teiles gleich dem Ausdruck $A \Delta T \tan \Theta$ ist, wobei:

A = die Differenz der linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der axialen Richtung;
 ΔT = die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur und

Θ = den spitzen Winkel, gebildet von der beanspruchten Gewindeflanke jedes Teiles mit den Achsen, darstellen, und der radiale Spielraum in Richtung der Beanspruchung des Teiles mit dem höheren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten zunimmt. - Fig.3 -

Berlin, den 6.2.1980

AP F 16 B/215 234

-4- 21 5 23 4 56 122/27

Schraubverbindung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf Schraubverbindungen, insbesondere solche Schraubverbindungen, von denen bei erhöhten Temperaturen Gebrauch zu machen ist.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Schraubverbindungen zwischen Teilen mit unterschiedlichen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten zeigen häufig bei erhöhten Temperaturen überraschenderweise niedrige Festigkeiten. Dies trifft im besonderen unter solchen Bedingungen zu, wo sich die Ausdehnungskoeffizienten sehr wesentlich unterscheiden, beispielsweise bei Graphit gegenüber Metallverbindungen, so daß Verbindungen dieser Art mitunter ohne jede äußere Belastung brechen. Das Problem ergibt sich in diesem Falle auf Grund der sehr niedrigen Festigkeit und nichtduktilen Beschaffenheit des Graphits und der sehr großen Differenz in der Wärmeausdehnung zwischen Graphit und den meisten Metallen, die für Hochtemperaturanwendungen von Interesse sind.

Das Problem ergibt sich ohne weiteres in dem Falle einer Schraubverbindung, die bei Rotationsgasverteilungsanlagen benutzt wird, die zum Feinen von geschmolzenen Metallen verwendet werden und auf die in der US-PS 3 870 511 Bezug genommen wird. Eine zweiteilige Welle wird in dem Rotationsgasverteiler verwendet, wobei die obere Welle aus Metall besteht und die untere Welle aus Graphit. Diese Wellen werden durch eine Schraubverbindung miteinander verbunden,

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

- 2 - 215 234 56 122/27

durch die die obere Welle die untere Welle antreibt. Die Antriebsrichtung ist dabei derart, daß die Verbindung sich fest anzieht, so daß sowohl das gewünschte Drehmoment übertragen werden kann als auch den Biege- und Zugkräften zu widerstehen ist. Wenn eine Schraubverbindung mit einem Durchmesser von 25,4 mm (1 Zoll) von der Umgebungstemperatur auf 700 °C (1300 °F) erhitzt wird, wird die Expansion des metallischen Außengewindes mit Bezug auf den Durchmesser etwa 0,2 mm (8 mil) mehr ausmachen als bei dem Innengewinde aus Graphit. Wenn der Anfangsdurchmesserspielraum nur 0,05 mm (2 mil) beträgt, wie es bei Standardgewindepassungen der Fall sein kann, dann kommt es bei dem Metallteil zu einer gegenüber dem Graphitteil um 0,15 mm (6 mil) größeren Expansion. Das Metallteil versucht dann, das Graphitteil zu expandieren. Hierdurch kommt es zu mechanischen Beanspruchungen, die zu einem Bruch des Graphits beitragen.

Um dieses Problem zu überwinden, wurde auch schon ein radialer Spielraum von wenigstens der Größe der erwarteten radialen Expansionsdifferenz vorgesehen. Es ist jedoch festgestellt worden, daß ebenfalls eine axiale Expansionsdifferenz vorhanden war, die zu einem Gewinde auf der Metallwelle mit einer größeren Steigung als bei dem Gegengewinde auf der Graphitwelle führte, sofern sich die Schraubverbindung auf der erhöhten Temperatur befand. So drückte das Metallgewinde am oberen Teil nach oben gegen das ineinandergreifende Graphitgewinde, während das Metallgewinde am unteren Teil nach unten gegen das ineinandergreifende Graphitgewinde drückte, wodurch erneut eine unakzeptable mechanische Beanspruchung auf das Graphit hervorgerufen wurde.

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

- 3 - 21 5 23 4 56 122/27

Um zu verhindern, daß das Metallgewinde diese Kraft auf das Graphitgewinde ausübt, wurde auch schon ein noch größerer radialer Spielraum vorgesehen als der, der notwendig ist, um diese radiale Expansionsdifferenz zu kompensieren. In diesem Falle wurde bei Betriebstemperaturen die einzige Berührungsmöglichkeit zwischen den Gewinden in der Weise vorgesehen, daß das Metallgewinde am oberen Teil nach oben gegen das ineinandergreifende Graphitgewinde drückte. Dieser minimale Kontakt führt zu hohen mechanischen Beanspruchungen des Graphitgewindes an dieser Stelle. Ein mäßig großes Drehmoment trägt dann dazu bei, daß der Graphitgewindegang abschert. Die gesamte Belastung wird dann weiter auf den nächsten Graphitgewindegang übertragen, der anschließend abschert usw. über die weiteren Gewindegänge bis zum vollständigen Ausfall der Schraubverbindung.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung einer Schraubverbindung mit höheren Gebrauchswerteigenschaften.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schraubverbindung, die in einer axialen Richtung zu beanspruchen ist, wobei die Verbindung aus zwei Teilen besteht, die erstens zusammenfallende Achsen und zweitens unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, und das eine Teil einem Außengewindeteil und das andere Teil einem Innengewindeteil entspricht, zu schaffen, die bei erhöhten Temperaturen in einer solchen Art und Weise eingesetzt werden kann, daß mechanische Spannungen, die auf Grund von Diffe-

renzen der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Gewindeteile hervorgerufen werden, auf ein Minimum herabgesetzt werden und eine Rotationsbelastung in einer gleichmäßigen, vorher-sagbaren Art und Weise ohne das zuvor anzutreffende Zerbrechen möglich ist, d. h., daß mechanische Biege- und Zugbeanspruchungen ausgehalten werden und bei entsprechenden Drehmomenten mit den zulässigen erhöhten Betriebstemperaturen gearbeitet werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß bei Umgebungstemperatur eine solche Konizität vorgesehen wird, daß die Änderung des radialen Spielraumes je Längeneinheit zwischen den gegenüberstehenden Gewinden jedes Teiles gleich dem Ausdruck $A \Delta T \tan \theta$ ist, wobei:

A = die Differenz der linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der axialen Richtung;

ΔT = die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur und

θ = den spitzen Winkel, gebildet von der beanspruchten Gewindeflanke jedes Teiles mit den Achsen

darstellen, und der radiale Spielraum in Richtung der Beanspruchung des Teiles mit dem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten zunimmt.

Vorteilhafterweise weist das Teil mit dem Außengewinde einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten auf als das Teil mit dem Innengewinde. Es ist auch andererseits vorteil-

haft, wenn das Teil mit dem Innengewinde einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Teil mit dem Außengewinde.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, daß der radiale Mindestspielraum gleich dem Ausdruck $BC \Delta T$ ist, wobei:

B = der Teilkreisradius des Gewindes irgendeines der Teile;

C = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der radialen Richtung und

ΔT = die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur,

sind.

Vorzugsweise bestehen das Teil mit dem Außengewinde aus Metall und das Teil mit dem Innengewinde aus Graphit. In anderer Ausführung ist es zweckmäßig, wenn das Teil mit dem Außengewinde aus Graphit und das Teil mit dem Innengewinde aus Metall besteht.

Nach der Erfindung ist es besonders vorteilhaft, wenn das Teil mit dem Außengewinde und das einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisende Teil mit dem Innengewinde mit ihren Stirnflächen außen aneinander stoßen, um eine Auflagefläche zu ergeben, wobei wenigstens ein Teil einer solchen Schraubverbindung ein gewindeloses Stück aufweist, welches sich von der Auflagefläche aus um einen Abstand erstreckt, wobei dieser Abstand von der Auflagefläche gleich dem Ausdruck $BC/2A \tan \theta$ ist und dabei

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

56 122/27

- 6 - 215 234

- B = den Teilkreisradius des Gewindes irgendeines der Teile;
- C = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der radialen Richtung;
- A = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der axialen Richtung und
- θ = den spitzen Winkel, gebildet von der beanspruchten Gewindeflanke jedes Teiles mit den Achsen,

darstellen.

Es versteht sich, daß die Thermometerskalen, in der Regel in $^{\circ}\text{F}$ oder in $^{\circ}\text{C}$, auf die die Wärmeausdehnungskoeffizienten bezogen werden und gemäß denen die Arbeits- und Umgebungstemperatur angegeben wird, übereinstimmen müssen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer Seitenansicht der Schraubverbindung;

Fig. 2: einen vergrößerten Teil eines Querschnittes ähnlich dem in Fig. 1;

Fig. 3; 4; 5; 6 und 7: schematische Darstellungen von Querschnitten anderer möglicher Schraubverbindungen.

In allen Fig. sind die radialen Spielräume und die Konizität zu Veranschaulichungszwecken ungewöhnlich stark hervorgehoben worden und des weiteren nicht maßstabgetreu gezeichnet. In der Praxis ist die Konizität meistens zu klein, um für das bloße Auge sichtbar zu sein.

Die erfindungsgemäße Schraubverbindung entspricht außer der definierten Konizität in jeder Hinsicht bekannten technischen Ausführungen, wobei die allgemeinsten Anwendungen Muttern und Schrauben betreffen. Das Standardschraubengewinde weist einen Flankenwinkel von 60° auf, und sowohl dieser Flankenwinkel als auch andere können in beiden Teilen der Schraubverbindung verwendet werden. Bei den meisten bekannten Anwendungen wird die Schraubverbindung in axialer Richtung belastet. Daß die Achsen der beiden Teile (Gewinde), die die Schraubverbindung bilden, zusammenfallen, läßt sich der Zeichnung eindeutig entnehmen, und für viele Anwendungen sind diese Achsen dieselben wie die Achsen der Zylinder, aus denen die Gewindeteile gefertigt wurden. Die Achsen werden ebenfalls als Mittellinie für Winkel- und radiale Messungen angesehen.

Die linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten sind bekannte Konstanten, die die Expansion unter aufgebrachtter Wärme einwirkung für spezifische Werkstoffe bestimmen. Sie stehen sowohl aus zahlreichen technischen Nachschlagewerken als auch von den Herstellern der speziellen Werkstoffe zur Verfügung oder können durch bekannte technische Verfahren ermittelt werden. Die Koeffizienten von besonderem Interesse

betreffen hier Metalle, von denen im allgemeinen bei Hochtemperaturanwendungen Gebrauch gemacht wird, und nichtmetallische Werkstoffe, wie etwa Graphit, das auch bei hohen Temperaturen eingesetzt wird. Einige Beispiele für Metallegierungen und nichtmetallische Werkstoffe für Hochtemperaturanwendungen und deren Wärmeausdehnungskoeffizienten (Mikrozoll/Zoll/⁰F) können wie folgt angegeben werden: "Inconel" 600 (Nickel-Chrom-Legierung) 8,4; L-605 (Kobalt-Chrom-Legierung) 8,0; AISI-Stahl, nichtrostend, Sorte 304, 10,2; Graphit der Sorte CS (Strangpreßstangen mit einem Durchmesser von 2 Zoll) 0,70 parallel zur Strangpreßrichtung (axial) und 1,8 senkrecht zur Strangpreßrichtung; Siliziumkarbid 2,5; Quarzglas 0,29 und Mullit 3,0.

Bei der Durchführung der vorliegenden Erfindung kann entweder das Außengewindeteil oder das Innengewindeteil den höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen und die axiale Belastung in jeder Richtung aufgebracht werden. Die definierte Konizität entspricht dabei jedem dieser Fälle. Darüber hinaus kann die Variation des radialen Spielraumes in der Weise vorgenommen werden, indem die Konizität entweder an dem Außengewindeteil oder an dem Innengewindeteil vorgesehen wird, wobei das Teil ohne die Konizität das zylindrische Gewinde trägt, oder indem die Konizität sowohl an dem Außengewindeteil als auch an dem Innengewindeteil angebracht wird, um die geeignete Änderung des radialen Spielraumes zu erhalten.

Wo das Außengewindeteil einen niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Innengewindeteil aufweist, ist kein vorgeschriebener minimaler radialer Spielraum zu verzeichnen. Folglich kann der radiale Spielraum gleich Null sein, ist

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

- 9 - 215 234 56 122/27

aber unter praktischen Bedingungen geringfügig größer als Null, um damit eine leichte Montage zu ermöglichen. Im entgegengesetzten Falle wird jedoch ein minimaler radialer Spielraum bevorzugt, und dies gilt unter den Umständen, wo das Innengewindeteil einen niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Außengewindeteil aufweist. Dieser bevorzugte minimale radiale Spielraum ist gleich dem Ausdruck $B \times C \times \Delta T$, wobei:

B = Flankenhalbmesser des Gewindes irgendeines der Teile (der Unterschied hinsichtlich des Flankenhalbmessers zwischen jedem Teil ist unendlich klein);

C = Unterschied zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in radialer Richtung und

ΔT = Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur

darstellen.

Die Konizität ist längs des Gewindeteiles, an dem sie anzutreffen ist, gleichmäßig verteilt, und dies kann durch die Verwendung eines Gewindebohrers für kegeliges Gewinde für das Innengewinde oder eines Schneideisens für kegeliges Gewinde für das Außengewinde erreicht werden, oder jedes Gewinde kann auf einer Drehmaschine geschnitten werden. Gewinde auf unzerspanbaren Werkstoffen können durch Schleifen oder Formen hergestellt werden. Es wird bevorzugt, daß die Konizität auf nur einem der Teile vorgesehen wird. Die Anbringung einer Konizität bei Gewindeteilen ist bekannt,

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

- 10 - 215 234 56 122/27

und zwar sowohl bei Rohrformstücken zur Verhinderung von Leckstellen als auch bei der Verbindung von Werkstoffen mit vergleichsweise geringer Festigkeit. Aber in diesen Fällen verfügen das Außengewinde- und das Innengewindeteil über dieselbe Konizität (denselben kegeligen Verlauf), so daß es keine Änderung des radialen Spielraumes längs des Gewindeeingriffes gibt.

Die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung liegt im allgemeinen über der Umgebungstemperatur, typischerweise über 538 °C (1000 °F). Der einzige wichtige Faktor besteht hier darin, daß die Temperatur, bei der die Schraubverbindung wunschgemäß zu verwenden ist, bekannt ist, so daß der geeignete radiale Spielraum und die entsprechende Konizität an der Schraubverbindung vorgesehen werden können. Auf diese Temperatur kann im Sinne einer zulässigen Arbeits- bzw. Betriebstemperatur Bezug genommen werden. Die Umgebungstemperatur entspricht andererseits der Temperatur, bei der die Gewinde gemessen werden. Es handelt sich dabei meistens um die Temperatur der Räumlichkeiten, in denen die Gewindeteile gefertigt werden.

Hat das Außengewindeteil den niedrigeren linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten, wie etwa beim Graphit, so wird ein Erwärmen auf die Arbeitstemperatur dazu beitragen, den Spielraum in radialer Richtung zu vergrößern. Bei einer Schraubverbindung der in Fig. 6 wiedergegebenen Art wird dies durch den Unterschied in der Längsexpansion in einem gewissen Umfange ausgeglichen. Der Einfluß des Unterschiedes der Längs- oder radialen Expansion beim Ausgleich der Differenz in der radialen Expansion nimmt mit dem Abstand von der Auflagefläche 29 zu, bis es an einem bestimmten

- 11 - 21 5 234

Punkt, der in der vorliegenden Beschreibung der "neutrale Punkt" heißt, kein Lösen oder Anziehen des Gewindes insgesamt mehr gibt. Hierbei handelt es sich um den Punkt, an dem sich das Gewindeteil mit dem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten, in diesem Fall das Innengewindeteil, in Richtung nach außen und nach oben bewegt, und zwar in bezug auf das Außengewindeteil, welches sich unterhalb des Innengewindeteiles befindet. Die Bewegungen erfolgen dabei in solchen Größen, daß es zu einer resultierenden Bewegung kommt, die parallel zu der Gewindeflanke verläuft. Somit wird an irgendeinem Punkt unterhalb des neutralen Punktes das Gewinde gelöst und an irgendeinem Punkte über dem neutralen Punkt das Gewinde angezogen. Wenn der Abstand von dem neutralen Punkt zu der Auflagefläche gleich X ist, dann ergibt sich die folgende Schreibweise:

$$X = \frac{BC}{2A \tan(\theta)}$$

wobei A, B, C und θ den weiter oben angegebenen Definitionen entsprechen.

Wird davon ausgegangen, daß die Konizität gemäß $A \Delta \tan(\theta)$ in Anwendung gebracht worden ist, wobei der radiale Spielraum in der geeigneten Richtung zunimmt, wird die besondere zur Diskussion stehende Schraubverbindung, d. h., das Außengewindeteil mit dem niedrigeren Wärmeausdehnungskoeffizienten, wenn eine Erwärmung auf die Arbeitstemperatur erfolgt, lose werden und muß bei der ausgewählten Temperatur nachgezogen werden, wenn eine feste Schraubverbindung verlangt wird. Diese Forderung zum Nachziehen der

Schraubverbindung kann jedoch vermieden werden, indem das Gewinde (siehe Fig. 7) auf einem Teil oder auf beiden Teilen eliminiert wird, wobei an dem neutralen Punkt in einem Abstand X von der Auflagefläche begonnen wird. Wenn diese Schraubverbindung mit einem sehr geringfügigen Drehmoment zusammengefügt wird, befindet sich nur der Gewindegang an dem neutralen Punkt, in diesem Falle der untere Gewindegang, in Berührung. Wird die Schraubverbindung erwärmt, ändert sich die Belastung auf diesen Gewindegang nicht, sondern der Spielraum oder der Zwischenraum zwischen den Gewindegängen über dieser Berührung nimmt ab. Bei der zulässigen Arbeitstemperatur wird dieselbe geringfügige Berührung auf alle Gewindegänge erhalten. Wenn eine feste Schraubverbindung bei der Arbeitstemperatur verlangt wird, kann diese mit einem vorbestimmten Drehmoment zusammengefügt oder um einen gegebenen Winkel über den Punkt der Anfangsberührung hinaus angezogen werden. Dann werden bei der Arbeitstemperatur alle Gewindegänge belastet werden.

Die Konzeption eines neutralen Punktes kann ebenfalls auf die Schraubverbindung der Fig. 3 in Anwendung gebracht werden, in der das Außengewindeteil 16 den höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Erstreckt sich der Gewindecingriff gerade bis zu dem neutralen Punkt, der sich in einem Abstand X (gemäß der obigen Definition) von der Auflagefläche 18 (durch Aufhören eines Gewindes oder beider Gewinde an diesem Punkt) befindet, wird die Schraubverbindung weder lose werden noch sich festziehen, wenn die Erwärmung erfolgt. Erstreckt sich der Gewindecingriff über den neutralen Punkt hinaus, wird sich die Schraubverbindung bei Erwärmung lösen. Endet der Gewindecingriff kurz vor dem neutralen Punkt, zieht sich die Schraubverbindung bei Er-

wärmung des Werkstoffes fest.

Fig. 1 entspricht einer Seitenansicht einer Schraubverbindung, bei der das Außengewindeteil 4 einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Innengewindeteil 5 aufweist. Die Belastungsrichtung 6 bezieht sich auf das Außengewindeteil 4, während die Belastungsrichtung 7 für das Innengewindeteil 5 wiedergegeben ist. Es kann ersehen werden, daß die zusammenfallenden Achsen oder die Mittellinie 1 den Achsen der Zylinder entsprechen, aus denen die Teile gefertigt werden. Die Flanken 2; 3 repräsentieren die tragenden Flanken des Innengewindeteiles 5 bzw. des Außengewindeteiles 4. Die Flankenlinie 8 gehört zu dem Außengewindeteil 4, während die Flankenlinie 9 zu dem Innengewindeteil 5 zu rechnen ist. Der Flankenhalbmesser 12 gehört zu dem Außengewindeteil 4 und der Flankenhalbmesser 11 zu dem Innengewindeteil 5. Die Flanke 13 gibt die Flanke des Innengewindeteiles 5 wieder, wobei die Flanke des Außengewindeteiles 4 selbstverständlich in derselben Art und Weise gemessen wird. Hier sei darauf hingewiesen, daß alle Fig. auf den Zeichnungen Schraubverbindungen bei Umgebungstemperaturen wiedergeben.

Fig. 2 entspricht einem vergrößerten Teil einer Schraubverbindung ähnlich derjenigen in Fig. 1 wiedergegebenen. Mittellinie 1, Flankenlinien 8; 9 sowie die Belastungsrichtungen 6; 7 entsprechen den Angaben in Fig. 1. Es ist zu ersehen, daß der radiale Spielraum 14 als Abstand zwischen den Flankenlinien 8; 9 längs einer Linie senkrecht zu den Mittellinien 1 angegeben ist. Der Winkel 15 wird durch das Symbol für den griechischen Buchstaben Theta repräsentiert und ist weiter oben definiert worden.

6.2.1980

AP F 16 B/215 234

- 14 - **21 5 234** 56 122/27

Die Fig. 3 bis 7 weisen alle Mittellinien 1 und Belastungsrichtungen 6; 7 gemäß den Fig. 1 und 2 auf. In Fig. 3 verfügt das Außengewindeteil 16 über einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Innengewindeteil 17 und enthält ebenfalls eine Auflagefläche 18, die gegen die Oberfläche des Innengewindeteiles 17 anliegt. In Fig. 4 entspricht das Außengewindeteil 21 erneut dem Werkstoff mit dem hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten, wobei das Innengewindeteil 22 den Werkstoff mit der niedrigen Wärmeausdehnung bildet. Bei dieser Darstellung liegt die Auflagefläche 23 des Teiles 21 gegen die Innenfläche des Teiles 22 an, die sich von der äußeren Auflage der Fig. 3 unterscheidet. In Fig. 5 weist das Innengewindeteil 24 einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten auf als das Außengewindeteil 25. Dabei liegt die Auflagefläche 26 des Außengewindeteiles 25 gegen die Innenfläche des Innengewindeteiles 24 an. Es sind die entgegengesetzten Richtungen der Konizität in den Fig. 4 und 5 im Hinblick auf die Außengewinde- und Innengewindeteile zu beachten. Der radiale Spielraum nimmt dabei immer in Richtung der Belastung des Teiles mit dem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten zu. In Fig. 6 ist das Außengewindeteil gleich 28 und das Innengewindeteil gleich 27, wobei das letztere über den höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten verfügt. Die Auflagefläche 29 des Außengewindeteiles 28 liegt gegen die äußere Oberfläche des Innengewindeteiles 27 zum Unterschied in dieser Hinsicht von der Fig. 5 an. Fig. 7 zeigt eine Seite der Fig. 6 und unterscheidet sich nur in dem gewindelosen Teil 30, welches sich von dem neutralen Punkt in einem Abstand X bis zu der Auflagefläche 29 erstreckt. Die Gleichung für X ist weiter oben angegeben und besprochen. Hier ist das Gewinde sowohl vom Außengewindeteil 28 als auch vom Innengewindeteil 27 eliminiert worden.

Es versteht sich, daß, obwohl die Auflagefläche als Teil des Außengewindeteiles beschrieben worden ist, diese, wenn die Schraubverbindung fest angezogen wird, gegen ihr Gegenstück auf dem Innengewindeteil anstößt, welches ebenfalls als eine Auflagefläche angesehen werden kann. Der Abstand X reicht von diesem Auflager bis zum neutralen Punkt.

In den Fig. 3 bis 6 sind die Gewinde mit Unterschneidungen wiedergegeben worden, wie sie normalerweise durch praktische Gewindeschneidmethoden gefertigt werden würden. Die Länge dieser Unterschneidung wird einen gewissen Einfluß auf die Leistungsfähigkeit der in den Fig. 4 und 6 wiedergegebenen Schraubverbindungen ausüben, es wird aber hier von der Annahme ausgegangen, daß diese Länge so klein ist, daß sie keinen praktischen Einfluß ausübt. Darüber hinaus wird die Gewinderichtung (Rechtsgewinde oder Linksgewinde) in den Fig. 3 bis 7 derart ausgewählt, daß das übertragene Drehmoment die Tendenz aufweist, die Schraubverbindung fest anzuziehen. Wenn die Schraubverbindung in dieser Weise fest angezogen ist, werden die beiden Gewindeteile axial in den Richtungen 6; 7 belastet. Dies ist selbstverständlich ohne Bedeutung, wo kein übertragenes Drehmoment außer demjenigen vorhanden ist, das dazu dient, die beiden Gewindeteile zusammenzuschrauben.

Beispiel

Am Anfang der vorliegenden Beschreibung wird Bezug genommen auf einen Rotationsgasverteiler, der eine Schraubverbindung der in Fig. 3 wiedergegebenen Art aufweist. Dieses Beispiel betrifft einen Vergleich zwischen der Problemschraubverbindung, auf die weiter oben Bezug genommen wurde, und einer zweiseitigen Welle, die gemäß der vorliegenden Erfindung

hergestellt und für den Einsatz in dem Rotationsgasverteiler vorgesehen ist, wobei die Schraubverbindung dieser zweiteiligen Welle in derselben Art und Weise wie die Verbindung in Fig. 3 konstruiert ist.

Die obere Welle der Problemverbindung besteht erneut aus einer entsprechenden Legierung "Inconel" 600. Die untere Welle, die einen Außendurchmesser von 44,45 mm (1,75 Zoll) aufweist, wird aus Strangpreßgraphit der Sorte CS mit einem Durchmesser von 50,8 mm (2 Zoll) hergestellt. Das Gewinde, welches die beiden Teile miteinander verbindet, weist die folgende Bezeichnung auf: 7/8 - 9 UNC - 2 A und 2 B (7/8 Zoll Nennaußendurchmesser, 9 Gewindegänge pro Zoll, Einheits-schraubengewinde, grob (UNC) für einen Toleranzbereich 2A für Außen und 2B für Innen). Dies ermöglicht einen Durchmesserspielraum von 0,05 mm bis 0,41 mm (0,002 bis 0,016 Zoll) oder einen radialen Spielraum von 0,025 mm bis 0,203 mm (0,001 bis 0,008 Zoll). Die Gewindeeingriffslänge entspricht etwa 30,5 mm (1,2 Zoll). Diese Teile werden bei 21 °C (70 °F) gemessen und zusammengefügt und anschließend auf eine Temperatur von 632 °C (1170 °F) erwärmt und bei dieser Temperatur betrieben. Ein großer Anteil an Schraubverbindungen, die in dieser Art und Weise gefertigt und eingesetzt wurden, fielen aus, weil das Graphit in dem Gewindebereich zerbrach. Ein Teil dieser Schraubverbindungen fiel beim Erwärmen vor dem tatsächlichen Einsatz aus.

Das Gewinde in dem Graphitteil der Problemschraubverbindung erhält dann eine Konizität gemäß Fig. 3. Die ersten Gewindeteile werden auf einer Drehmaschine hergestellt und die nachfolgenden Teile mit einem Gewindebohrer für kegeliges Gewinde geschnitten. Die Durchmesserkonizität oder die ein-

geschlossene Konizität, die verwendet wurde, liegt bei 0,030 Zoll pro Zoll der Länge, sie entspricht dem doppelten Wert der Änderung des radialen Spielraumes pro Zoll der Länge, berechnet gemäß der weiter oben angegebenen Gleichung, d. h., der radiale Spielraum pro Zoll der Länge ist gleich $A \Delta T \tan(\theta)$. Dabei wird ein linearer Wärmeausdehnungskoeffizient für Graphit von 0,70 (der Wert in axialer Richtung oder parallel zu der Strangpreßrichtung) und von 8,70 für die Legierung "Inconel" 600 (erneut der Wert in axialer Richtung) benutzt. Der minimale Durchmesserspielraum bewegt sich im Bereich von 0,152 mm bis 0,254 mm (0,006 bis 0,010 Zoll).

Die Thermometerskala entspricht $^{\circ}\text{F}$, der Winkel θ ist gleich 60° , das Zusammensetzen erfolgt bei 21°C (70°F) und der Einsatz bei 632°C (1170°F). Die Funktionsweise dieser Schraubverbindungen eliminiert Ausfälle beim Erwärmen völlig und im wesentlichen Betriebsstörungen unter Arbeitsbedingungen. Darüber hinaus wird die Lebensdauer der Schraubverbindung um ein Mehrfaches verlängert.

Erfindungsanspruch

1. Schraubverbindung, die in einer axialen Richtung beanspruchbar ist und aus zwei Teilen besteht, die zusammenfallende Achsen und unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, wobei das eine Teil einem Außengewindeteil und das andere Teil einem Innengewindeteil entspricht, gekennzeichnet dadurch, daß bei Umgebungstemperatur eine Konizität derart vorgesehen wird, daß die Änderung des radialen Spielraumes je Längeneinheit zwischen den gegenüberstehenden Gewinden jedes Teiles gleich dem Ausdruck $A \Delta T \tan \theta$ ist, wobei:

A = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der axialen Richtung;

ΔT = die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur und

θ = den spitzen Winkel, gebildet von der beanspruchten Gewindeflanke jedes Teiles mit den Achsen,

darstellen, und der radiale Spielraum in Richtung der Beanspruchung des Teiles mit dem höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten zunimmt.

2. Schraubverbindung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Teil mit dem Außengewinde (4; 16; 21) einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Teil mit dem Innengewinde (5; 17; 22).

3. Schraubverbindung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das Teil mit dem Innengewinde (24; 27) einen höheren Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist als das Teil mit dem Außengewinde (25; 28).

4. Schraubverbindung gemäß Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß der radiale Mindestspielraum gleich dem Ausdruck $BC \Delta T$ ist, wobei:

B = der Teilkreisradius des Gewindes irgendeines der Teile;

C = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der radialen Richtung und

ΔT = die Arbeitstemperatur der Schraubverbindung minus der Umgebungstemperatur,

sind.

5. Schraubverbindung nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß das Teil mit dem Außengewinde aus Metall und das Teil mit dem Innengewinde aus Graphit bestehen.

6. Schraubverbindung nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß das Teil mit dem Außengewinde aus Graphit und das Teil mit dem Innengewinde aus Metall bestehen.

7. Schraubverbindung nach Punkt 2 oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß das Teil mit dem Außengewinde (4; 16; 21; 25; 28) und das Teil mit dem Innengewinde (5; 17; 22; 24; 27)

mit ihren Stirnflächen außen aneinander stoßen, um eine Auflagefläche (29) zu ergeben, wobei wenigstens ein Teil einer solchen Schraubverbindung ein gewindeloses Stück (30) aufweist, welches sich von der Auflagefläche (29) aus um einen Abstand (X) erstreckt, wobei dieser Abstand (X) von der Auflagefläche (29) gleich dem Ausdruck $BC/2A \tan \theta$ ist und dabei

B = den Teilkreisradius des Gewindes irgendeines der Teile;

C = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der radialen Richtung;

A = die Differenz der Wärmeausdehnungskoeffizienten der Werkstoffe, aus denen jedes Teil besteht, in der axialen Richtung und

θ = den spitzen Winkel, gebildet von der beanspruchten Gewindeflanke jedes Teiles mit den Achsen,

darstellen.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

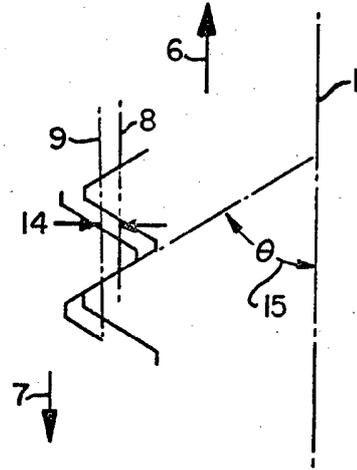
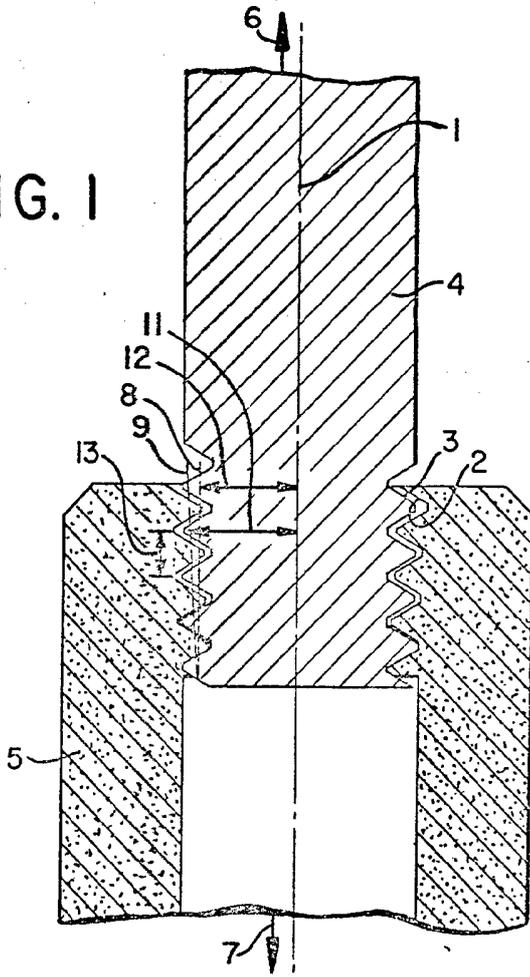
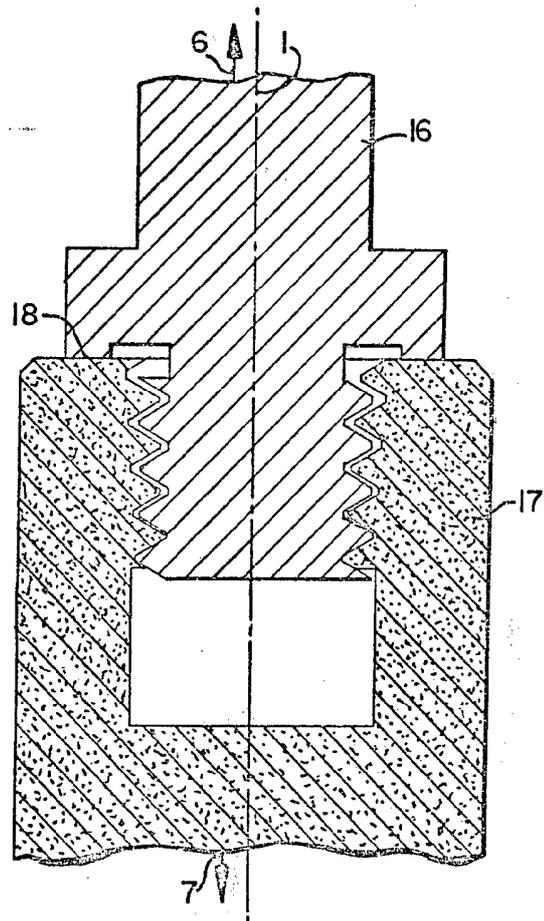


FIG. 2

FIG. 3



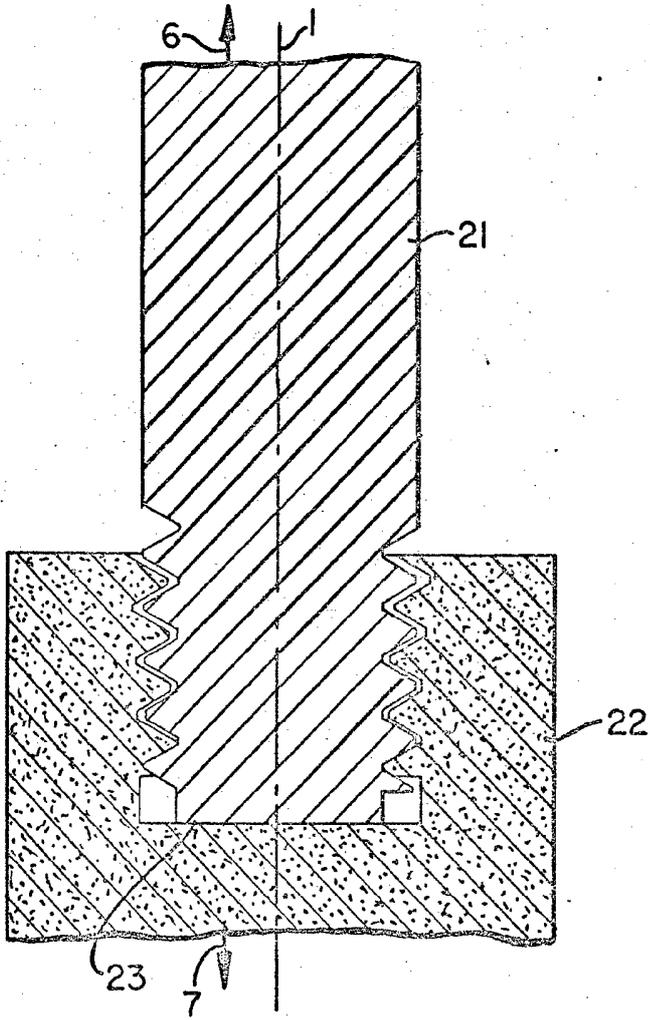


FIG. 4

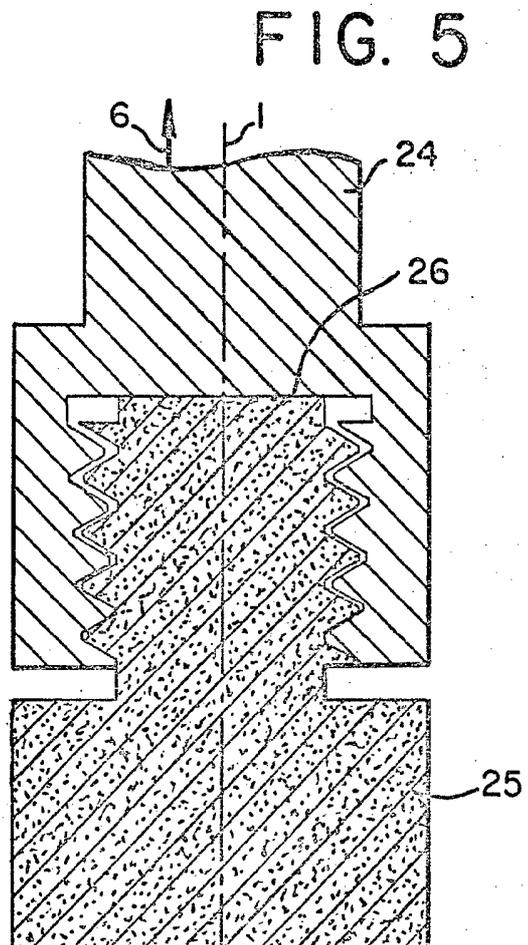


FIG. 5

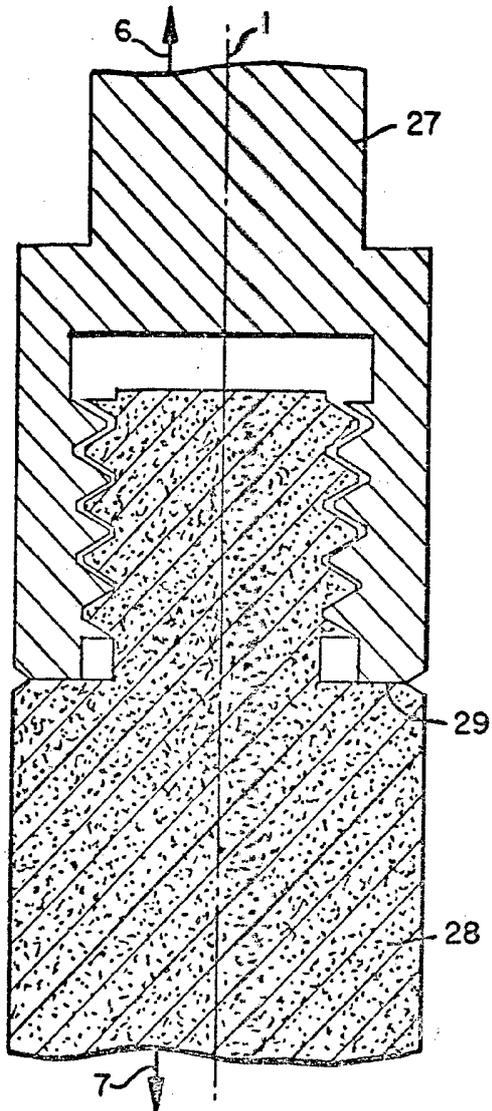


FIG. 6

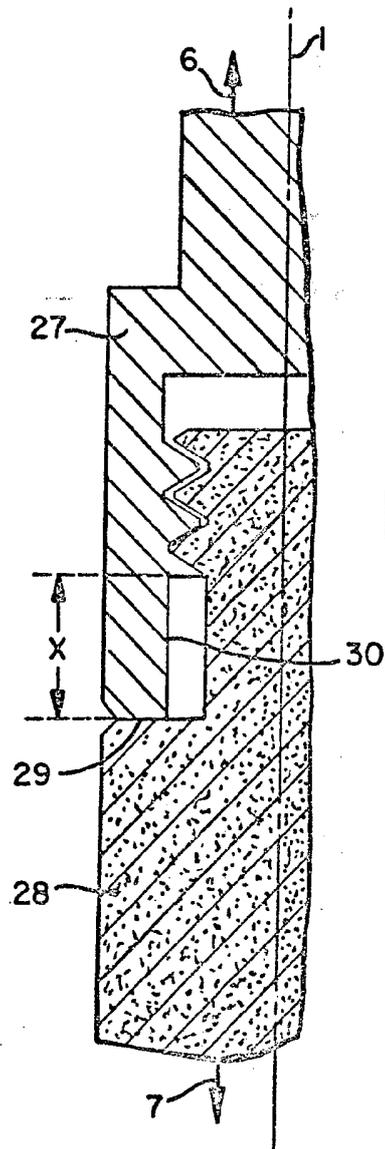


FIG. 7