



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 611 T2** 2006.04.27

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 114 265 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16J 15/20** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 611.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/20761**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 946 853.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/15981**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **23.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.07.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.04.2006**

(30) Unionspriorität:

**152768                      14.09.1998                      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(73) Patentinhaber:

**Garlock Inc., Palmyra, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**HARRELSON, L., Albert, Marion, US**

(74) Vertreter:

**Henkel, Feiler & Hänzel, 81675 München**

(54) Bezeichnung: **STOPFBÜCHSENVORRICHTUNG**

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****Hintergrund der Erfindung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen für Ventilschäfte, Wellen und Kolbenstangen, und insbesondere auf verbesserte Gestaltungen für herkömmlich bemessene Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen wie beispielsweise eine hochdichte, kompakte Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung.

**[0002]** In der Vergangenheit sind Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen, die in [Fig. 1](#) im Querschnitt gezeigt sind, bei Stopfbüchsen für Ventile verwendet worden, bei denen hohe Leistungsanforderungen nicht erforderlich waren. Diese Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung ist ein flacher Kombinationssatz, der aus drei im Formwerkzeug geformten Graphitbandringen **2**, **4** und **6** besteht, die im Zentrum des Satzes zusammen angeordnet sind, wobei geflochtene Endringe **8** und **10** an der Ober- und Unterseite des Fünfringsatzes positioniert sind. Diese fünf Ringe sind in einer Stopfbüchse **12** zum Abdichten eines Ventilschafts **14** angebracht. Geformte Graphitbandringe sind Ringe mit niedriger Dichte, die aus flexiblem Graphitband geformt sind und gegen die Stopfbüchse oder den Ventilschaft verformt werden, wenn eine Stopfbüchse (nicht dargestellt) festgezogen wird. Diese geformten Graphitbandringe werden typischerweise mit einer Dichte 1,1 g/cc erzeugt. Ein Graphitband mit einer Dichte von etwa 0,7 g/cc Dichte ist die niedrigste, dem Erfinder der vorliegenden Anmeldung bekannte flexible Graphitbanddichte, die ein Hersteller erstehen kann, um flexible Graphitbandringe zu erzeugen. Ein mit 0,7 g/cc fertiggestellter Ring ist einfach eine Spiralumwicklung des 0,7 g/cc flexiblen Graphitbandes mit dem an Ort und Stelle angehefteten Bandenden. In vielen Fällen müssen diese Ringe gespalten bzw. geteilt werden, um die Installation in eine Ventilstopfbüchse zu erleichtern. Falls der Ring eine Spiralumwicklung nur aus flexiblem Graphitband ist, bewirkt ein Einschneiden durch eine Seite eines Rings, um zu ermöglichen, dass er um einen Ventilschaft herumgeführt wird, ein Ablösen und Lostrennen der einzelnen Bandumwicklungen. Falls die Spiralumwicklung des Bandes in einem Formgebungsvorgang unter einem vergleichsweise geringen Druckbetrag komprimiert wird, bilden die Bandumwicklungen eine Akkordeon-Faltungsverbindung zwischen den einzelnen Schichten, die es ermöglicht, dass die Ringe einfach aufgeteilt und für Installationszwecke gehandhabt werden können. Eine Komprimierung des Bandes in dem Formgebungsvorgang erhöht die Dichte des geformten Rings auf ein Niveau über etwa 0,7 g/cc, normalerweise über 1,1 g/cc.

**[0003]** Flexibler Graphit hat eine negative funktionale Eigenschaft insofern, als er durch feine Zwischenräume infolge starker Kompressionskräfte extrudiert. Um eine Extrusion zu steuern und zu verhindern, wurden geflochtene Anti-Extrusions-Endringe **8** und **10** herkömmlicherweise außerhalb der flexiblen Graphitringe **2**, **4** und **6** positioniert. Diese geflochtenen Endringe werden oft aus einem geflochtenen, weichen Kohlenstoff-Faser-Dichtungsmaterial gebildet.

**[0004]** Die "flach" kombinierten Fünfring-Dichtungsanordnungen sind sehr einfach und leicht zusammenzubauen. Alle Komponenten sind im Querschnitt quadratisch und es ist ein bekanntes Prinzip in der Industrie, dass die drei geformten Graphitbandringe im Zentrum der Dichtungsanordnung plaziert werden, wobei die geflochtenen Endringe an den oberen und unteren Ende positioniert werden. Infolge der weit verbreiteten Anordnung der flachen Fünfring-Kombination-Dichtungsanordnung sind viele Ventilgestaltungen in der Industrie für die Verwendung mit einer Stopfbüchsentiefe angepasst, die ausreicht, um nur die fünf Dichtungsring-Querschnitte der flachen Fünfring-Kombination aufzunehmen. Diese Stopfbüchsentiefe ist derzeit der vorherrschende Markttrend.

**[0005]** Obwohl die flache Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung einfach und leicht herzustellen und zu installieren ist, hat sie ihre Einschränkungen in der Expansionseffizienz, der Beständigkeit gegenüber Abtragungsschaden, die durch den Aufbau eines Schaftbelags verursacht wird, in den Ventilschaft-Reibungseigenschaften und in Abdichtfähigkeitseigenschaften.

**[0006]** Die Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung des US-Patents Nr. 4 328 974 im Namen von Richard I. White et.al. wurde entwickelt, um verbesserte radiale Expansions- und Abdichtfähigkeitseigenschaften für Ventile bereitzustellen, wie z.B. petrochemische und energiewirtschaftliche Ventile, bei denen hohe Leitungsergebnisse erforderlich sind. Diese im Querschnitt in [Fig. 2](#) gezeigte Elfring-Dichtungsanordnung enthält einzigartig gestaltete Graphit-Vorformringe **15** und **16** niedriger Dichte, die mit Graphit-Adapterringen **18** und **20** höherer Dichte derart zusammengepasst werden, dass ein Paar dieser Ringe seine radialen Expansionseigenschaften zu der äußeren Dichtungsfläche hin ausgerichtet hat, und das andere Paar Ringe auf ähnliche Weise zu der inneren Dichtungsfläche hin ausgerichtet ist. Die Adapter- und Vorformringe bestehen aus einem flexiblen Gra-

phitband, das entweder in einem spiralförmig umwickelten oder einem laminierten Format vor dem Formgebungsprozess geschichtet wird. Die angrenzenden Passflächen-Oberflächenwinkel **22** und **24** der Vorform- und Adapterringe betragen typischerweise 45 Grad bzw. 60 Grad. Der Kombinationseffekt des Zusammenpassens von Materialien unterschiedlicher Dichte unter verschiedenen Winkeln besteht darin, die radialen Expansionseigenschaften der Dichtungsanordnung zu verbessern. Diese verbesserte radiale Expansionseigenschaft ermöglicht es, dass eine einzige Dichtungsanordnung einen breiten Bereich von Querschnitts-Stopfbüchsenabständen abdeckt als es mit herkömmlicheren Gestaltungen möglich wäre, und die verbesserte Expansionsfähigkeit führt auch zu einem höheren Grad an Abdichtwirkung.

**[0007]** Die Vorformringe **15**, **16** und Adapterringe **18**, **20** bestehen aus Graphit, üblicherweise und typischerweise aus dem flexiblen Graphitbandmaterialtyp. Die Vorformen **15**, **16** haben einen Dichtebereich von etwa 0,5 bis etwa 1,4 g/cc. Die Adapterringe **18**, **20** haben einen Dichtebereich von etwa 1,4 bis etwa 1,7 g/cc. Die restlichen sieben Ringe sind vorhanden, um für wichtige Halterungsfunktionen zu sorgen. Die 4-Metall- oder GYLON®-Abstandsringe **25**, **26**, **28** und **30** gewährleisten, dass Belastungskräfte gleichmäßig um die Kompressionsflächen der gepaarten Vorformringe **15**, **16** und Adapterringe **18**, **20** verteilt sind. Die drei geflochtenen Ringe **32**, **34** und **36**, die oben, in der Mitte und unten in der Dichtungsanordnung positioniert sind, sind vorhanden, um gemeinsam als federnde bzw. elastische Ringe, Anti-Extrusionsringe und Abstreifringe zu dienen. Die geflochtenen Ringe **32**, **34**, **36** sind komprimierbares, geflochtenes Kohlenstoff- oder Graphitmaterial.

**[0008]** Das US-Patent Nr. 4 328 974 offenbart auch eine alternative Siebenring-Dichtungsanordnung im Querschnitt in [Fig. 3](#). Der Hauptunterschied der Siebenring-Dichtungsanordnung gegenüber der Elfring-Dichtungsanordnung von [Fig. 2](#) besteht darin, dass die Vorformringe **15** und **16** zu einem einzigen Vorformring **38** reduzierter Höhe kombiniert worden sind, der die jeweiligen abgewinkelten OD-Flächenmerkmale **40** bzw. ID-Flächenmerkmale **42** der Vorformringe **15** und **16** enthält. Die Zusammenlegung der beiden Vorformringe **15**, **16** von [Fig. 2](#) zu einem einzigen Ring **38** eliminiert die Notwendigkeit zweier der Abstandsringe **25**, **26**, **28**, **30** und eines der geflochtenen Ringe **31**, **34**, **36** von [Fig. 2](#). Damit hat zusätzlich zu dem Vorformring **38** die Siebenring-Dichtungsanordnung zwei flexible Graphit-Adapterringe **44** und **46**, zwei Abstandsringe **48** und **50** und zwei komprimierbare, geflochtene Kohlenstoff- oder Graphitringe **52** und **54**. Die Siebenring-Dichtungsanordnung von [Fig. 3](#) kann zum Abdichten von Ventilen verwendet werden, die flachere Stopfbüchsen aufweisen als es mit Elfring-Anordnungen möglich wäre. Dieses Merkmal der Fähigkeit, die flacheren Stopfbüchsen abzudichten, wurde jedoch mit einem Kompromiss in der Abdichtwirkung erzielt. Die reduzierte Menge an Vorform-Ringmaterial, die bei dieser Lösung verwendet wird, reduziert auch vergleichsweise die Abdichtwirkung der Siebenring-Dichtungsanordnung.

**[0009]** Die Elfring- und Siebenring-Anordnungen des US-Patents Nr. 4 328 974 haben sich bei einem Gegenüberstellungs-Funktionstest mit der flachen Fünfring-Dichtungsanordnung der [Fig. 1](#) als das beste funktionale Produkt zu Verwendung bei kritischen Prozessventilen erwiesen, bei denen ein Leck zu erheblichen Prozesseinheits-Ausfallzeiten oder für die Umwelt gefährlichen Zuständen führen könnte. Die Komplexität, die Kosten, die Dichtungsanordnungshöhen- und Installationsanforderungen der Elfring- und Siebenring-Dichtungsanordnungen haben sich jedoch als nachteilig erwiesen.

#### Abriss der Erfindung

**[0010]** Eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neuartige und verbesserte kompakte Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung bereitzustellen, die für eine Einschnitt-Installations- und Kompressionsprozedur bei einer herkömmlich bemessenen Fünfring-Stopfbüchse geeignet ist.

**[0011]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine neuartige und verbesserte kompakte Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung mit besseren Abdichtfähigkeits- und radialen Expansionseigenschaften bereitzustellen, welche die Dichtungsanordnung zur Verwendung bei Ventilen mit einer herkömmlich bemessenen Fünfring-Stopfbüchse anpasst, bei der hohe Leistungsergebnisse erforderlich sind.

**[0012]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neuartige und verbesserte kompakte Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung mit hochdichten, geflochtenen Endringen mit Metalleinsatz, die einen hohen Widerstand gegenüber Extrusion und Abtragung aufweisen, bei einer herkömmlich bemessenen Fünfring-Stopfbüchse bereitzustellen.

**[0013]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neuartige und verbesserte kompakte Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung mit hochdichten, geflochtenen Endringen mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8 g/cc bei einer herkömmlich bemessenen Fünfring-Stopfbüchse bereitzustellen.

**[0014]** Eine noch andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine neuartige und verbesserte kompakte Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung mit hochdichten, geflochtenen Endringen aus Graphit mit Metalleinsatz, die einer Formgebung unterzogen wurden, um abgewinkelte Stirnflächen aufzuweisen, bei einer herkömmlich bemessenen Fünfring-Stopfbüchse bereitzustellen.

**[0015]** Die vorliegende Erfindung stellt eine Dichtungsanordnung für eine Stopfbüchse gemäß Anspruch 1 bereit.

**[0016]** Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Dichtung für eine Stopfbüchse mit: mindestens einem Mittelring und einem Endring, der auf die Einwirkung einer axialen Druckkraft auf die Dichtung anspricht, um das Material eines radialen Rands eines ersten Endes des mindestens einen Mittelrings dazu zu zwingen, sich axial und radial in einer Richtung von dem mindestens einen Mittelring weg zu bewegen, und um das Material weiter zu einer undurchlässigen und wirksamen Dichtung zu komprimieren, wobei der Endring umfasst: geflochtenes Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8g/cc, und Einlageteile, die funktionsmäßig über das gesamte geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial verteilt sind.

**[0017]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Dichtungsanordnung für eine Stopfbüchse mit:

mindestens zwei Mittelringen niedriger Dichte, mindestens einem zusätzlicher, funktionsmäßig dazwischen positionierten Ring, wobei der mindestens eine Zusatzring umfasst: geflochtenes Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8g/cc, sowie Einlageteile, die funktionsmäßig über das gesamte geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial mit abgewinkelten Anlageflächen verteilt ist, und einen Endring, der anspricht, wenn axiale Druckkraft auf die Dichtung einwirkt, um das Material angrenzend an den radialen Rand eines ersten Endes eines der mindestens zwei Mittelringe niedriger Dichte dazu zu zwingen, sich axial und radial in einer Richtung von dem einen der mindestens zwei Mittelringe weg zu bewegen, und um das Material weiter zu einer undurchlässigen und wirksamen Dichtung zu komprimieren, wobei der Endring umfasst: geflochtenes Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8g/cc, und Einlageteile, die funktionsmäßig über das geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial verteilt sind.

**[0018]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst eine Dichtungsanordnung für eine Stopfbüchse, mit:

mindestens drei Graphit-Vorformringen niedriger Dichte mit abgewinkelten Anlageflächen, die funktionsmäßig zwischen zwei Endringen positioniert sind, mindestens einem zusätzlichen Ring, der funktionsmäßig zwischen benachbarten Vorformringen niedriger Dichte positioniert ist, wobei der mindestens eine zusätzliche Ring umfasst: geflochtenes Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8g/cc, und Einlageteile, die funktionsmäßig über das geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial mit abgewinkelten Anlageflächen verteilt sind, sowie einen Endring, der auf das Einwirken einer axialen Druckkraft auf die Dichtung anspricht, um das Material angrenzend an einen radialen Rand eines ersten Endes eines der mindestens drei mittleren Ringe niedriger Dichte zu zwingen, um es axial und radial in eine Richtung von dem einen der mindestens drei mittleren Ringe weg zu bewegen, und um das Material ferner zu einer undurchlässigen und wirksamen Dichtung zu komprimieren, wobei der Endring umfasst: geflochtenes Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8g/cc, sowie Einlageteile, die funktionsmäßig über das geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial verteilt sind.

**[0019]** Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung, den begleitenden Zeichnungen und den beigefügten Ansprüchen hervor.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0020]** Es zeigen:

**[0021]** [Fig. 1](#) eine Schnittansicht durch eine Stopfbüchse, einen Schaft und eine flache Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik,

**[0022]** [Fig. 2](#) eine Schnittansicht einer vorbekannten Elfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik,

**[0023]** [Fig. 3](#) eine Schnittansicht einer vorbekannten Siebenring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik,

**[0024]** [Fig. 4](#) eine Schnittansicht durch eine Stopfbüchse, einen Schaft und eine Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik,

**[0025]** [Fig. 5](#) eine Schnittansicht durch eine Stopfbüchse, einen Schaft und eine alternative Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung,

**[0026]** [Fig. 6](#) eine Schnittansicht durch eine Stopfbüchse, einen Schaft und eine zweite alternative Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung, und

**[0027]** [Fig. 7](#) eine Schnittansicht durch eine Stopfbüchse, einen Schaft und eine dritte alternative Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0028]** In [Fig. 4](#) ist eine Ausführungsform einer herkömmlich dimensionierten Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** der vorliegenden Erfindung gezeigt, die in der herkömmlich dimensionierten Fünfring-Stopfbüchse **12** von [Fig. 1](#) angebracht ist. Wie bei der Siebenring-Dichtungsanordnung von [Fig. 3](#) umfasst die Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** drei einer Formgebung unterzogene flexible Graphitband-Vorformringe **58** niedriger Dichte (von denen jeder etwa die gleiche Dicke wie die Vorform **38** von [Fig. 3](#) hat), mit einer Dichte in einem Bereich von etwa 0,5 bis 1,4 g/cc. Diese Vorformringe **58** können separate Ringe sein, wie gezeigt ist, wobei jeder gegenüberliegende Außenflächen **60** und **62** hat, die sich unter dem gleichen spitzen Winkel zu der Longitudinalachse der Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** erstrecken, entlang der sich der Ventilschaft **14** erstreckt. Wenn die drei Vorformringe **58** verwendet werden, rücken die drei Ringe zusammen und die äußersten Oberflächen **60** und **62** der beiden Endringe bilden jeweils abgewinkelte ID- und OD-Anlageflächen-Merkmale für die Vorformring-Anordnung. So erstreckt sich die äußerste Oberfläche **60** unter einem spitzen Winkel zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung in der axial inneren Richtung, und die äußerste Oberfläche **62** erstreckt sich unter einem spitzen Winkel zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung in der axial äußeren Richtung, beide unter einem Winkel von etwa 45 Grad.

**[0029]** Bei den vorbekannten Dichtungsanordnungen der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) stellte sich heraus, dass es erwünscht war, einen so großen Unterschied wie möglich bei den Dichten der Vorformringe und der Adapterringe aufrechtzuerhalten. Die unterschiedlichen Dichten zusammen mit den unterschiedlichen Winkeln dieser beiden Komponententeile wurde als Grund der verbesserten Abdichtfähigkeits- und radialen Expansionsfähigkeit der Dichtungsanordnung betrachtet. Wenn die Dichtungsanordnung komprimiert wird, expandieren die Vorformen **15**, **16**, **38**, um eine Dichtung zu bilden, diese Komprimierung erhöht aber auch notwendigerweise die Dichte der Vorformring-Komponenten selbst. Die verbesserten radialen Expansions- und Abdichteigenschaften treten ferner infolge eines später aufgebrachten Drucks auf, bis die Dichte des Vorformrings das Dichtenniveau des Adapterrings erreicht hat und auf diesem steht. An diesem Punkt wird die Dichtungsanordnung, wenn die Vorform- und Adapterring-Dichten die gleichen sind, weiter nur vergleichbar mit der herkömmlichen Kombinations-Flachring-Dichtungsanordnung der [Fig. 1](#) funktionieren. Um die Leistung zu verbessern und die Nutzungsdauer der vorbestimmten Dichtungsanordnung der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zu verlängern, wurde der Vorform-Dichtewert auf einen typischen Wert von etwa 1,1 g/cc eingestellt, und die Adapterringdichten wurden auf einen Maximalwert von etwa 1,7 g/cc eingestellt. Eine Adapterringdichte von etwa 1,7 g/cc stellt das in der Praxis maximale Dichtelimit dar, auf das ein flexibles Graphitband zur Erzielung einer durch Formgebung erreichten Ringform komprimiert werden kann.

**[0030]** Um die dargestellte Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung der [Fig. 4](#) herzustellen, war es nötig, die Funktionen der Adapterringe **44** und **46**, die Halterungsfunktionen der Abstandsringe **48** und **50** sowie die Abstreiffunktionen der komprimierbaren, geflochtenen Kohlenstoff- oder Graphitringe **52** und **54** von [Fig. 3](#) mit nur zwei zusätzlichen Ringen auszuführen. Es stellte sich heraus, dass in der Form anpassbares, geflochtenes Ausgangsmaterial mit eingesetztem Metall (nachstehend als MIC-Geflecht bezeichnet), das vorzugsweise aus reinem flexiblem Graphitband bestand, in das Streifen, Drähte, Filamente, winzige Stückchen etc. von Metall oder einem anderen Material, das die Halterungs-, Abstands- und Abstreiffunktionen erfüllen konnte, eingearbeitet war, in der Lage war, die Halterungs-, Abstands- und Abstreiffunktionen zu bewerkstelligen. Während MIC-Geflecht mit Incomel<sup>TM</sup>-Metalleinlagen des als Packung 1303 durch Garlock Industrial Packing Products, Sodus, N.Y. verkauften Typs derzeit die bevorzugteste Wahl ist, können aber auch andere Auswahlen metallischer Einlagen, z.B. Stahl, Kupfer, Messing, Aluminium, Zink etc. verwendet werden. Infolge der metallischen Einlagen sind die MIC-Geflechte ungewöhnlich vielseitig, indem sie zu verschiedenen Formen, Größen, Winkeln etc. umgeformt werden können. Die Metalleinlagen halten die endbearbeiteten, einer Formgebung unterzogenen MIC-Geflechtringe in praktisch jeder gewünschten Form und passen sich deren Form an.

**[0031]** Es wurden Formgebungsversuche unternommen, um die maximale Dichte zu bestimmen, welche MIC-Geflechtringe bei der Herstellung erreichen konnten. Die Versuchsergebnisse zeigten, dass einer Formgebung unterzogene MIC-Geflechtringe mit einer Dichte von nicht weniger als 2,60+ g/cc möglich waren, viel höher als die maximal erreichbare dichte von etwa 1,7 g/cc bei Graphitband-Adapterringen **18, 20, 44, 46**. Die drei Vorformringe **58** (mit einer kombinierten Stapelhöhe von drei Querschnitten) sind ein notwendiger Teil zur Beibehaltung hoher Leistungsniveaus, die für die Dichtungsanordnung **56** erwünscht sind. Die Vorformen **58** müssen einen geformten Ring **64, 66** an jedem Ende haben, um den verbesserten radialen Expansionsfluss des Materials des Vorformrings **58** bei Kompression zu entwickeln. Es ist aber auch nötig, für die Vorformen eine starre Halterung bereitzustellen, und schließlich sind auch komprimierbare, geflochtene Kohlenstoff- oder Graphit-Endringe notwendige Komponenten insofern, als sie Anti-Extrusions- und Abstreiffunktionen erfüllen. Zur Bereitstellung von zwei Endringen **64** und **66** mit all diesen Attributen sind die Endringe **64, 66** MIC-Geflechte, die Graphit in Bandform anwenden. Einer der Vorteile der Anwendung von Graphit in Bandform besteht darin, dass bei der Formgebung dieses eine glatte Oberfläche mit geringer Reibung für einen Anlagekontakt präsentiert. Wenn die Oberfläche **70, 72** hoher Dichte die Oberfläche **60, 62** des Vorformrings mit niedriger Dichte unter einer starken Druckbelastungskraft kontaktiert, muss die Oberfläche **70, 72** der Endringe glatt und relativ gleitfähig sein, um das Auswärts- oder Einwärtsgleiten des weichen Materials der Vorform **58** zu begünstigen. Falls die Endringfläche **70, 72** die rauhere Oberflächenstruktur hätte, die bei den meisten herkömmlichen, einer Formgebung unterzogenen, geflochtenen Formen üblich ist, würde die sich ergebende Reibung die meisten der Expansionsqualitäten der Dichtungsanordnung eliminieren. Der Kontakt zwischen der rauen Endringfläche **70** und dem Vorformmaterial würde das Vorformmaterial an seinem Kontaktpunkt halten und es dort feststellen.

**[0032]** Da eine radiale Dehnung bzw. Streckung die Hauptfunktion des Vorformrings **58** ist, ist die Steifigkeit bzw. Starrheit des einer Formgebung unterzogenen MIC-Geflechtrings kein Nachteil, sondern vielmehr ein Vorteil. Das sie sehr starr sind, bleiben diese Endringe **64, 66** von den Druckbelastungskräften unbeeinflusst und halten eine glatte Kontaktfläche **70, 72** besser als es mit herkömmlichen flexiblen Graphitband-Adaptern (**18,20,44,46**) möglich wäre, und bieten eine Halterung für die Vorformringe **58**. Jeder Endring **64** und **66** ist mit einer Außenfläche **68** geformt, die sich unter einem derzeit bevorzugten annähernden 90°-Winkel zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung einer derzeit bevorzugten, unter 60° abgewinkelten Innenfläche erstreckt. Die Innenfläche **70** des Endrings **64** erstreckt sich unter spitzem Winkel von etwa 60° zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung und arbeitet mit der abgewinkelten Oberfläche **60** des oberen Vorformrings, um das abgewinkelte ID-Flächenmerkmal zu bilden. Auf ähnliche Weise erstreckt sich die Innenfläche **72** des Endrings **66** unter einem Winkel von etwa 60° zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung und setzt die abgewinkelte Oberfläche **62** des unteren Vorformrings ein, um das abgewinkelte OD-Flächenmerkmal zu bilden. Die Metallkomponente in den MIC-Geflecht-Endringen **64, 66** bewirkt, dass die Endringe ihre Form halten, wenn sie Druck durch eine Dichtungs-Stopfbüchse (nicht gezeigt) ausgesetzt sind, und wie vorher erläutert wurde, ist der Bereich von verbesserten radialen Expansions- und Abdichteigenschaften für die resultierende Dichtungsanordnung **56** um so größer, je größer der Dichtebereich zwischen den Dichten der Endringe **64** und **66** und des Vorformrings **58** ist.

**[0033]** Während das die Endringe **64** und **66** bildende MIC-Geflecht einen signifikanten Gehalt an flexiblem Graphit hat und die glatt endbearbeiteten Oberflächen aufweist, die charakteristisch für reine, flexible, geformte Graphitbandringe sind, stellt die Geflechtstruktur mit Metalleinlage sicher, dass der Ring einer Extrusion widersteht. Das MIC-Geflechtmaterial ist auch ein ungewöhnlich wirksames Abstreifringmaterial. Flexibles Graphitbandmaterial hat eine Affinität, in Partikelform an Metalloberflächen anzuhaften. Falls ein Abstreifring nicht oberhalb und unterhalb der Vorformringe positioniert ist, heften sich Graphitpartikel an den Schaft **14** an und werden aus der Stopfbüchse hinaustransportiert, wenn der Schaft zu seinen Öffnungs- und Schließpositionen hin betätigt wird. Der resultierende Verlust von Graphitmaterial aus den flexiblen Vorformringen **58** würde schnell zur Entwicklung von Leckbahnen durch den Dichtungsanordnungssatz **56** führen. Bei durchgeführten Tests haben die MIC-Geflecht-Endringe **64, 66** die Fähigkeit gezeigt, den abgestreiften Schaft **14** messbar vollkommen rein zu halten, mit nur wenig Verlust, wenn überhaupt, von Graphitmaterial aus den Vorformen **58**.

**[0034]** Wie bekannt ist, hat Graphit eine natürliche Affinität für Metalloberflächen insofern, als es eine Tendenz aufweist, an Metallflächen anzuhaften und die kleinen Rillen im Metall aufzufüllen. Bei dem, was als ansteigende Schäfte (rising stems) bezeichnet wird, vollführen die Schäfte entweder eine Hin- und Herbewegung oder eine vertikale Schraubenbewegung, wobei alle Teile des Schafts schließlich am Abstreifring vorbeibewegt werden, und dies hält das Graphitmaterial vom Schaft abgestreift und hält auch das in der Stopfbüchse enthaltene Graphitmaterial so, dass der Graphit die Durchführung der Dichtungsfunktion fortsetzen kann. Falls es keine Endringe gäbe, würde der Graphit aus der Stopfbüchse heraustransportiert werden und wahrscheinlich vom Schaft infolge von Luftströmen oder einem Kontakt mit den Innenflächen der Ventilkappenumschließung, der



äußeren oberen Oberfläche des Dichtungsfolgeelements oder irgendeinem anderen mechanischen Teil, mit dem der Schaft in Kontakt kommen kann, abgestreift oder weggeblasen werden. Ein solcher Verlust von Graphit würde schließlich dazu führen, dass die Dichtung verlorengeht, und würde erfordern, dass Wartungspersonal dauernd das Ventil beaufsichtigt und Einstellungen bzw. Anpassungen vornimmt.

**[0035]** Das Metalleinsatzmaterial in den MIC-Geflechtringen wirkt als nicht-abtragendes Abstreifelement an der Ventilschaftfläche **14**. Bei einigen Feldanwendungen erzeugt die Medienumgebung oder äußere Umgebung einen Belagaufbau auf der Metallschaftfläche. Diese Anwendungen sind infolge der schneidenden Eigenschaften dieser Ablagerung besonders schwer erfolgreich abzudichten, da der Ventilschaft durch die Dichtungsanordnung **56** hindurch betätigt wird. Dieser Rufbau von Ablagerungen/Verunreinigungen schneidet leicht Rillen durch herkömmliche, komprimierbare, geflochtene Kohlenstoff- oder Graphit-Endringe **8**, **10**, **32**, **34**, **36**, **52**, **54**. Der inhärente Abrasionswiderstand und die Zähigkeit der MIC-Geflecht-Endringe **64** und **66** beseitigt Ablagerungen und widersteht der Rillenbildungs durch Ablagerung.

**[0036]** Die Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** von [Fig. 4](#) ist durch eine Anzahl von Verfahren getestet worden, die zum Hinweis darauf dienen, dass sie erhebliche Vorteile gegenüber den vorbekannten Dichtungsanordnungen der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) bieten.

#### 1. Vergleichender Standard-Emissionstest

**[0037]** Dieser Test umfasste das Ausführen eines Ventil-Funktionstest an der Dichtungsanordnung, wobei das Ausgesetztsein-gegenüber Medien 750°F/500 psi Helium (400°C/3,45 MPa) betrug. Der Schaft **14** wird über 500 vollständige Betätigungen/Tag für einen Zeitraum von 3 Tagen durchlaufen gelassen. Die Heißtest-Periode oder der thermische Zyklus wird 6 Stunden jeden Tag durchgeführt – was einem Gesamtbetrag von 3 thermischen Zyklen ergibt. Diese Testprozedur ist ein sehr schwieriger Test der funktionalen Leistungsfähigkeit eines Produkts. Im folgenden sind die Ergebnisse aus dem an der herkömmlichen Siebenring-Dichtungsanordnung durchgeführten Test ([Fig. 3](#)), der Fünfring-Dichtungsanordnung **56** ([Fig. 4](#)) und einer Fünfring-Dichtungsanordnung vom flachen Kombinationstyp ([Fig. 1](#)) aufgeführt.

Art	durchschnittliche Schaft- reibungskräfte	Ein- stellung	maximale Leckage	In- stallation sschritte	Stopf- büchsen- last (psi)
7-Ring (Fig. 3)	658	0	0 ppm	2	3800 (26,2 MPa)
5-Ring 56 (Fig. 4)	519	0	0 ppm	1	3800 (26,2 MPa)
5-Ring flach (Fig. 1)	1014	1	800 ppm	2	3800 (26,2 MPa)

**[0038]** Alle drei der obigen Erzeugnisse wurden unter den gleichen Stopfbüchsen-Belastungskräften (3800 psi) komprimiert, so dass Leistungsvergleiche gezogen werden konnten. Die vorbekannte Siebenring-Dichtungsanordnung und die flache herkömmliche Fünfring-Dichtungsanordnung vom Kombinationstyp wurden mittels Zweischritt-Installationen installiert. Eine Zweischritt-Installation ergibt die beste Leistung, benötigt aber einen größeren Zeitaufwand. Die neue Fünfring-Dichtungsanordnung **56** wandte eine Ein-Schritt-Prozedur zur Installation an. Beide Anordnungsgestaltungen der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) hatten eine erfassbare Leckage von 0 ppm während der Testprozedur, während die Fünfring-Dichtungsanordnung vom flachen Kombinationstyp der [Fig. 1](#) sieben (7) Leckagepunkte aufwies, die mit einem maximalen aufgezeichneten Leckagepegel von 800 ppm erfasst wurden. Weder die Dichtungsanordnung der [Fig. 3](#) noch die Fünfring-Dichtungsanordnung der [Fig. 4](#) erforderten irgendwelche Folgeanpassungen während des Tests, während die Fünfring-Dichtungsanordnung vom flachen Kombinationstyp der [Fig. 1](#) eine Anpassung erforderte, um den Leckagepegel unter dem Ziel von 500 ppm zu halten (Grenzwert zur Luftreinheit). Eine Messung der Schaftreibungskräfte, die in der

Steuerventil-Industrie von kritischer Bedeutung ist, zeigte, dass die Fünfring-Dichtungsanordnung **56** eine um 21,2% niedrigere durchschnittliche Reibung aufwies als die Siebenring-Dichtungsanordnung der [Fig. 3](#), und 48,8% weniger Reibung als die herkömmliche kombinierte Fünfring-Dichtungsanordnungs-Gestaltung der [Fig. 1](#).

**[0039]** Zusammenfassung: Die Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** mit der Fünfring-Gestaltung (mit anpassbaren Metalleinsatz-Geflecht-Endringen **64** und **66**) erfüllte die Abdichtleistung der Siebenring-Anordnung ([Fig. 3](#)) und lag erheblich über der herkömmlichen Fünfring-Anordnung ([Fig. 1](#)). Die Fünfring-Dichtungsanordnung **56** der [Fig. 4](#) lag ebenfalls in ihren geringeren Schaftrreibungs Ergebnissen erheblich über den beiden anderen Dichtungsanordnungen.

**[0040]** Etwa 3800 psi (26,2 MPa) ist die Nominalgröße einer Stopfbüchsenlast, die erforderlich ist, um günstige Ergebnisse bei Emission-Testläufen bei den vorbekannten Siebenring- und Elfring-Anordnungen und bei den herkömmlichen vorbekannten kombinierten flachen Fünfring-Anordnungen zu bekommen. Die komprimierbaren, geflochtenen Kohlenstoff- oder Graphitfaser-Endringe, die herkömmlicherweise bei den vorbekannten Anordnungen verwendet werden, sind relativ weich und flexibel. Wenn sie in einer Ventil-Stopfbüchse komprimiert werden, bewirkt die aufgebrachte Stopfbüchsen-Belastungskraft schnell, dass die komprimierbaren, geflochtenen Endringe expandieren, wobei sie im festen Kontakt gegen den Schaft und gegen Kastenbohrungsoberflächen kommen. Wenn die Belastungskräfte auf etwa 3800 psi (26,2 MPa) steigen, entwickelt der obere geflochtene komprimierbare Endring **8**, **32**, **52** eine starke Reibungshaftung auf der Ventilschaftoberfläche **14**. Diese Reibungshaftung verhindert, dass ein Teil der Belastungskräfte wirksam nach unten durch den Endring auf die Dichtungsringe **2**, **4**, **6**, **14**, **16**, **38** übertragen wird, die sich in der Mitte der Dichtungsanordnung befinden.

**[0041]** Das MIC-Geflecht, das zu einem hochdichten Endring **64** oder **66** ausgeformt ist, weist nicht die sanfte Nachgiebigkeit von komprimierbaren, geflochtenen Kohlenstoffen auf. Während die Endringe **64** und **66** einen ausreichenden Kontakt bilden, um als wirksame Abstreif-/Anti-Extrusionsringe zu dienen, ist der MIC-Geflechttring viel zu starr/steif, um einen harten Reibungseingriff gegen die Schaftoberfläche infolge von hohen aufgebrachten Lasten zu erzeugen. Das Fehlen von Reibungseingriff bedeutet, dass ein größerer Prozentsatz der Stopfbüchsen-Belastungskräfte wirksam auf die Primär-Dichtungsringe (Vorformen **58**) übertragen werden, die sich im Zentrum der Dichtungsanordnung befinden. Um diese Theorie zu beweisen, sollte die Fünfring-Dichtungsanordnung **56** mit ihren MIC-Geflecht-Endringen in der Lage sein, eine Abdichtung von weniger als etwa 500 ppm bei geringeren Stopfbüchsen-Belastungsdrücken zu erreichen.

**[0042]** Ein Emissionstest wurde unter den gleichen Betriebsbedingungen wie den vorher festgestellten durchgeführt, jedoch mit nur etwa 3000 psi (20,7 MPa) Stopfbüchsenlast. Die Ergebnisse waren:

Art	durchschnittliche Schaft- reibungs- kräfte	Ein- stellung	maximale Leckage	In- stallation sschritte	Stopf- büchsen- last (psi)
5-Ring 56 (Fig. 4)	481 lbs (218 kg)	0	350	1	3000 (20,7 MPa)
7-Ring (Fig. 3)	650 lbs (295 kg)	1	1300	2	3000/ 4038*

\* = anfänglich/am Ende (nach Einstellung),  
4038 psi = 27,8 MPa

**[0043]** Die Fünfring-Dichtungsanordnung **56** mit den MIC-Geflecht-Endringen **64**, **66** war in der Lage, die Stopfbüchsen-Belastungskräfte durch den Endring wirksamer auf die Vorform-Dichtungsringe **58** zu übertragen. Ihr maximaler Leckagepunkt betrug etwa 350 ppm – weit unter dem 500-ppm-Pegel, der vom Luftreinhalungsgebot vorgeschrieben ist. Es waren keine Anpassungen bzw. Einstellungen erforderlich, und es wurde eine Ein-Schritt-Installationsprozedur befolgt. Die vorbekannte Siebenring-Dichtungsanordnung, die mit der überlegenen Zweischritt-Installationsmethode und mit der gleichen Stopfbüchsen-Belastungskraft von etwa



3000 psi (20,7 MPa) installiert wurde, hatte eine anfängliche Leckage von etwa 1300 ppm und erforderte eine Anpassung an eine Stopfbüchsen-Last von 4038 psi (27,8 MPa), um ihre Leckage auf einen Wert unter etwa 500 ppm zu senken. Der von den komprimierbaren, geflochtenen Endringen bei der Siebenring-Dichtungsanordnung gebildete Reibungseingriff verhinderte, dass ein Teil der etwa 3000 psi (20,7 MPa) anfänglicher Stopfbüchsen-Belastungskraft wirksam die zentralen Vorform-Dichtungsringe **38** erreichte. Infolgedessen erhielten die Vorformen **38** der Siebenring-Dichtungsanordnung nicht die erforderliche Kompressionsenergie, um radial zu expandieren und eine Dichtung zu erzeugen, die der mit der Fünfring-MIC-Geflecht-Dichtungsanordnung **56** erreichten vergleichbar war. Mit weniger Ringen und festen, in der Form anpassbaren Endringen **64**, **66** nutzt die Fünfring-Dichtungsanordnung **56** mit den MIC-Geflecht-Endringen **64**, **66** die aufgebrachten Kräfte effizienter und wirksamer.

#### Schafreibungsvergleiche:

**[0044]** Die folgende Tabelle liefert einige grundlegende Reibungskraft-Vergleichsdaten zu der Siebenring-Dichtungsanordnung der [Fig. 3](#) und der Fünfring-Dichtungsanordnung der [Fig. 4](#). Die Anzugsreibung (breakaway friction) ist die Kraft, die erforderlich ist, um eine Bewegung des Schafts beim Anfangshub zu starten. Der Wert der zweiten Spalte ist der Schaft-Gleitreibungsfaktor, gemessen unter heißen Bedingungen.

Art	anfänglicher Schaft-Anzugsreibungsfaktor	Schaft-Anzugsreibungsfaktor bei 750°F/500 psi (400°C/3,45 MPa)
7 Ring satz (Fig. 3)	$f = 0,08$	$f = 0,06$
5-Ringsatz 56 (Fig. 4)	$f = 0,075$	$f = 0,049$

**[0045]** Wie aus einem vorhergehenden Test zu ersehen ist, übertrifft die Siebenring-Dichtungsanordnung die Fünfring-Dichtungsanordnung mit flacher Ringkombination der [Fig. 1](#) in der Reibungsleistung. Dieses Testergebnis zeigt, dass die Fünfring-Dichtungsanordnung der [Fig. 4](#) die Siebenring-Dichtungsanordnung sowohl in der Anzugsreibung (grün) als auch in der Reibung im heißen Zustand übertrifft.

#### Dichtebereich-Vorteile von MIC gegenüber flexiblem Graphitband:

**[0046]** Im folgenden ist eine Anzahl von Dichtewerten aufgelistet, und die entsprechenden Kompressionslastkräfte sind erforderlich, um die Werte von einer Anfangsdichte des flexiblen Graphitbandes von etwa 0,7 gg/cc (etwa 43,7 lbs/ft<sup>3</sup>) zu erreichen.

## Geformtes flexibles Graphitbandmaterial

Dichtewert metrisch (englisch)	Kompressionslastkraft
0,7 g/cc (43,7 lbs/ft <sup>3</sup> )	0 psi/ 0 MPa
1,0 g/cc (62,4 lbs/ft <sup>3</sup> )	350 psi/ 2,4 MPa
1,1 g/cc (68,6 lbs/ft <sup>3</sup> )	750 psi/ 5,2 MPa
1,4 g/cc (87,3 lbs/ft <sup>3</sup> )	1900 psi/13,1 MPa
1,5 g/cc (93,6 lbs/ft <sup>3</sup> )	2900 psi/20,0 MPa
1,6 g/cc (99,6 lbs/ft <sup>3</sup> )	3650 psi/25,2 MPa
1,7 g/cc (106,0 lbs/ft <sup>3</sup> )	5000 psi/34,5 MPa
1,8 g/cc (112,3 lbs/ft <sup>3</sup> )	5850 psi/40,3 MPa
1,812 g/cc (113,0 lbs/ft <sup>3</sup> )	6000 psi/41,4 MPa

**[0047]** Die höchste freistehende Dichte (frei von einer durch Ausgesetztsein gegenüber einer Kompressions-Lastkraft bewirkten Spannung), die der Anmelder je bei einem geformten flexiblen Graphitband-Ring festgestellt hat, beträgt etwa 1,81 g/cc (etwa 113 lbs/ft<sup>3</sup>). Falls eine Dichte des geformten Bandringes von etwa 113 lbs/ft<sup>3</sup> (1,81 g/cc) erwünscht ist, wird die Spiralwicklung von etwa 43,7 lbs/ft<sup>3</sup> (0,7 g/cc) von flexiblem Graphitband in eine Form eingebracht und unter einem Druck von etwa 6000 psi (41,4 MPa) komprimiert.

**[0048]** Beim Entfernen ist die Dichte des geformten Bandringes etwa 113 lbs/ft<sup>3</sup> (1,81 g/cc). Falls das Band unter einem höheren Druck als etwa 6000 psi (41,4 MPa) geformt wird, erreicht die Dichte des Bandringes ein höheres Niveau als etwa 113 lbs/ft<sup>3</sup> (1,81 g/cc), solange es unter dem Einfluss der Druckbelastungskraft bleibt. Bei Entfernen aus der Form entspannt sich der geformte Bandring jedoch unmittelbar wieder zu einer Dichte von 113 lbs/ft<sup>3</sup>. Ungefähr 1,81 g/cc (oder 113 lbs/ft<sup>3</sup>) wird daher zu einer kritischen Grenze bei der Gestaltung der Dichten von Adapterringen **18, 20, 44, 46**, die flexible Graphitmaterialien einsetzen. Solange ein flexibles, Graphitband als Ausgangsmaterial für den Adapterring verwendet wird, beträgt die maximal erhältliche Dichte etwa 113 lbs/ft<sup>3</sup> (1,81 g/cc).

**[0049]** Die Vorformringe **14, 16, 38** werden typischerweise mit einer Dichte von etwa 1,1 g/cc hergestellt. Wie vorher erwähnt wurde, ist das Maximieren der Dichtedifferenzen zwischen den Vorformringen und den Adapterringen von entscheidender Bedeutung bei der Maximierung der verbesserten Lebensdauer der Dichtungsanordnung mit radialer Expansion. Ein flexibler, geformter Graphitband-Ring beginnt sich nicht zu verformen, zu expandieren oder zu komprimieren, bis er einer Druckbelastung ausgesetzt wird, welche seine früheren Erfahrungen überschreitet.

**[0050]** Wenn beispielsweise ein Vorformring von etwa 1,1 g/cc Dichte für die vorbekannte Dichtungsanordnung der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) unter einer Drucklast von etwa 750 psi (5,2 MPa) geformt wird und dann mit dem Rest der Ringkomponenten in einer Ventil-Stopfbüchse kombiniert wird, verformt sich der Vorformring nicht, und beginnt seine Expansionsbewegung, bis die Stopfbüchsenfolger-Drucklastkräfte etwa 750 psi (5,2 MPa) überschreiten. Sobald etwa 750 psi überschritten sind, weist der Ring seine bevorzugte Expansion entweder zum Innendurchmesser oder zum Außendurchmesser je nach seinem Gestaltungsschwerpunkt auf.

**[0051]** Falls die anfängliche Dichtung mit einem Ergebnis von etwa 3650 psi (25,2 MPa) Stopfbüchsen-Drucklast erhalten wird, wird der Vorformring, der einer Stopfbüchsen-Last von etwa 3650 psi ausgesetzt ist, eine Dichte von etwa 1,6 g/cc aufweisen. Falls zu einem späteren Zeitpunkt eine Leckage entsteht und die Dichtungsanordnung zusätzlichen Druck erfordert, expandiert der Vorformring wieder und gewinnt seine Abdichtfähigkeit zurück, sobald die Drucklast-Kräfte, die er erfährt, 3650 psi (25,2 MPa) überschreiten.

**[0052]** Vorbekannte Adapterringe, die aus flexiblem Graphitband geformt sind, werden typischerweise mit einer Dichte von etwa 1,7 g/cc (etwa 106 lbs/ft<sup>3</sup>) hergestellt. Etwa 1,7 g/cc liegt so nahe wie möglich an dem ma-

ximal erzielbaren Dichtepegel (etwa 1,81 g/cc), der von einem Herstellungsstandpunkt her praktisch ist. Alle flexiblen Graphitringe in allen Größen können auf etwa 1,7 g/cc Dichte ausgeformt werden; es ist jedoch nicht praktisch, die maximale Dichte von 1,81 g/cc bei jeder Größe, jedem Ring und jeder Produkt-Order zu erreichen. 1,7 g/cc wurde als maximale Dichte ausgewählt, die routinemäßig für eine stetige Herstellung erreichbar ist. Dieser Dichtepegel erfordert eine Drucklastkraft von etwa 5000 psi (34,5 MPa), während des Formungsprozesses. Die Adapterringe, erfahren bei Kombination mit anderen Komponenten in einer Dichtungsanordnung keine signifikante Verformung oder Expansion, bis eine Belastungskraft von etwa 5000 psi (34,6 MPa) überschritten ist.

**[0053]** Der Zwischenraum oder die Unterschiede in den Dichten, die zwischen aus flexiblem Graphitband geformten Vorformringen von etwa 1.1 g/cc und den flexiblen, aus Graphitband geformten Adaptern von etwa 1,7 g/cc bestehen, ist das bei Verwendung dieser Rohmaterialien praktisch erzielbare Maximum. Wenn eine vorbekannte Dichtungsanordnung der [Fig. 2](#) oder [Fig. 3](#) in ein Ventil installiert und komprimiert wird, verursacht die Drucklast, dass sich die weicheren Vorformringe **14**, **16**, **38** verformen und radial expandieren, um einen ID- und OD-Dichtungskontakt mit den Ventil-Stopfbüchsenflächen zu bilden. Die Unterschiede in den Dichten (etwa 1,1g/cc gegenüber 1,7 g/cc), die Unterschiede bei den Winkeln (etwa 45° und etwa 60°) verbessern den Wirkungsgrad dieser Expansion bis zu einem Punkt, der mehrere Größenordnungen über der Expansionswirkung von standardmäßigen flachen Kombinationsring-Dichtungsanordnung von

**[0054]** [Fig. 1](#) liegt. Da die Dichtungsanordnung unter fortschreitend höheren Belastungskräften komprimiert wird, wird der Winkel des Vorformrings **14**, **16**, **38** von etwa 45° so verformt, dass er mit dem 60°-Winkel der Adapter **18**, **20**, **44**, **46** übereinstimmt, aber die Unterschiede in den Dichten bestehen als Eigenschaft der Dichtungsanordnung, bis eine Stopfbüchsen-Drucklast von etwa 5000 psi (34,5 MPa) erreicht ist. Bei etwa 5000 psi stimmt die Dichte der Vorformringe **14**, **16**, **38** mit der der Adapterringe **18**, **20**, **44**, **46** überein. Wenn der Punkt von etwa 5000 psi erreicht ist, reduziert sich die Expansionseffizienz dieser vorbekannten Dichtungsanordnungs-Gestaltungen bis zu der einer herkömmlichen Dichtungsanordnung einer Flachring-Kombination von [Fig. 1](#). Diese etwa 5000 psi-Effizienzgrenze, die infolge der inhärenten Einschränkungen bei der Verwendung des flexiblen Graphitbandmaterials notwendig ist, hat als Hemmschuh für die Leistung, die Lebensdauer etc. gewirkt, welcher der Industrie andernfalls zugute gekommen wären, falls Adapter mit höherer Dichte, die in geeigneter Weise geformt sind, verfügbar wären.

**[0055]** Formgebungsversuche, die an dem in den Endringen **64** und **66** der [Fig. 4](#) verwendeten MIC-Geflechtmaterial durchgeführt wurden, ergaben, dass diese geflochtene Materialform, wenn sie zu der Endring-Konfiguration geformt wird, den vergrößerten Expansionsbereich von gegenüberliegenden Vorformringen **58** weit über die 5000 psi-Grenze (34,5 MPa) ausweiten könnte. Die folgende Tabelle listet einige beispielhafte Werte der Dichte gegenüber der Kraft für das MIC-Geflechtmaterial auf, die weit über den Fähigkeiten von geformten, flexiblen Graphitbandringen liegen.

## Geformtes MIC-Geflecht

Dichtewert metrisch (englisch)	Kompressionslastkraft
1,44 g/cc ( 90 lbs/ft <sup>3</sup> )	750 psi/ 5,2 MPa
1,68 g/cc (105 lbs/ft <sup>3</sup> )	1.500 psi/ 10,3 MPa
1,84 g/cc (115 lbs/ft <sup>3</sup> )	2.500 psi/ 17,2 MPa
1,96 g/cc (122 lbs/ft <sup>3</sup> )	3.500 psi/ 24,1 MPa
2,12 g/cc (132 lbs/ft <sup>3</sup> )	4.500 psi/ 31,0 MPa
2,18 g/cc (136 lbs/ft <sup>3</sup> )	5.500 psi/ 37,9 MPa
2,22 g/cc (139 lbs/ft <sup>3</sup> )	6.500 psi/ 44,8 MPa
2,28 g/cc (142 lbs/ft <sup>3</sup> )	7.500 psi/ 51,7 MPa
2,32 g/cc (145 lbs/ft <sup>3</sup> )	8.500 psi/ 58,6 MPa
2,36 g/cc (145 lbs/ft <sup>3</sup> )	9.500 psi/ 65,5 MPa
2,40 g/cc (150 lbs/ft <sup>3</sup> )	10.500 psi/ 72,4 MPa
2,44 g/cc (152 lbs/ft <sup>3</sup> )	11.500 psi/ 79,3 MPa
2,57 g/cc (160+ lbs/ft <sup>3</sup> )	38.000 psi/ 262 MPa

**[0056]** Wie vorher festgestellt wurde, ist die Einschränkung bei der verbesserten radialen Expansionsfähigkeit der vorbekannten Siebenring- und Elfring-Dichtungsanordnung auf die Dichtebegrenzung des flexiblen Graphitbandes, das zur Herstellung der Adapterringe verwendet wird, zurückzuführen. Diese Einschränkung beträgt etwa 5000 bis 6000 psi (34,5 – 41,4 MPa). Während die Vorformringe in der Lage sind, ihre verbesserten radialen Expansioneigenschaften über dieses Limit von etwa 6000 psi hinaus fortzusetzen, ist diese Fortsetzung nur dann möglich, wenn sie gegen ein Material komprimiert werden, das auf einen entsprechend höheren Materialwert verdichtet ist. Wie in der obigen Tabelle des MIC-Geflechts gezeigt ist, haben MIC-Geflecht-Endringe die Fähigkeit, bis auf Dichten von nicht weniger als etwa 160+ lbs/ft<sup>3</sup> (2,57 g/cc) ausgeformt zu werden. Um diesen Dichtewert zu erzielen, wären Drucklastkräfte von etwa 38000 psi (262 MPa) beim Formvorgang erforderlich. Der für etwa 160+ lbs/ft<sup>3</sup> (2,57 g/cc) dargestellte Drucklastkraftwert wurde als Ergebnis des Formgebungsvorgangs von MIC-Ringen von etwa 1" x etwa 1 1/2" (25-38 mm) gemessen. Ringe von 1" x 1 1/2" haben einen Oberflächenwert von etwa 0,982 In<sup>2</sup> (634 mm<sup>2</sup>). Falls diese gleiche Belastungskraft auf einen Ring von etwa 1/2" x etwa 3/4" (Oberflächenbereich von etwa 0,245 in<sup>2</sup> (158,1 mm<sup>2</sup>)) angewandt wurde, betrug der effektive Formgebungsdruck etwa 150000 psi (1034 MPa) und es sind Endring-Dichten von etwa 170 lbs/ft<sup>3</sup> (2,72 g/cc) erhältlich. Im Fall einer Dichtungsanordnungsgröße von etwa 1 x 1 1/2 (25-38 mm) gegenüber MIC-Geflecht-Endringen, die auf etwa 160 lbs/ft<sup>3</sup> (2,57 g/cc) ausgeformt sind, werden die verbesserten radialen Expansionsfähigkeiten der Vorform vergrößert, um einen Drucklastbereich von etwa 750 psi bis etwa 38000 (5,2 bis 262 MPa) abzudecken.

**[0057]** Die Ventildichtungsanordnung ist oft das schwache Glied in dem Arbeitsbereich und bei der Lebensdauer eines Ventils. Selbst eine Ventil-Dichtungsanordnung mit Höchstleistung wie die vorbekannte Dichtungsanordnung der [Fig. 3](#) kann keine(n) verbesserte Expansion und Materialfluss über etwa 6000 psi (41,4 MPa) liefern. Bei Standard-Vorformringen **58**, die mit den MIC-Geflecht-Endringen **64** und **66** zusammengepasst werden, kann die Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** der

**[0058]** [Fig. 4](#) verbesserte Leistungsmerkmale bis zu Niveaus von nicht weniger als 38000 psi (262 MPa) bieten, was weit über den Fähigkeiten von gängigen vorbekannten Dichtungsanordnungen liegt.

**[0059]** Während vorbekannte komprimierbare Geflecht-Endringe aus Kohlenstoff billiger sind und einen größeren Widerstand gegenüber einem Bruchschaden infolge von hohen aufgetragenen Stopfbüchsen-Belas-

tungskräften aufweisen als komprimierbare Graphitgarnringe, haben die Kohlenstoff-Garngeflechte nicht Beständigkeit bei Ausgesetztsein gegenüber hohen Temperaturen von Graphit. Die Graphit-Garngeflechte können Temperaturen von etwa 1200 F (650°C) mit wenig oder keiner schädigenden Wirkung widerstehen, während die Kohlenstoffgarne eine geringe Beeinträchtigung bei konstantem Ausgesetztsein über 1100 F (993°C) erleiden. Die Graphit-Garngeflechte sind wesentlich teurer, erleiden jedoch leicht einen Bruchschaden bei Stopfbüchsen-Belastungskräften über 4000 psi (27,6 MPa). Komprimierbare Kohlenstoffgeflechte sind von Bruchschaden weit über 400 psi unbeeinflusst.

**[0060]** Die Endringe **64** und **66** für die Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** sind Incomel-MIC-Geflecht-Endringe aus reinem Graphit und Incomel. Im einzelnen umfassen die derzeit bevorzugten MIC-Geflecht-Endringe eine flexible Graphitfolie zu etwa 68 Prozent (68%), etwa 32 Prozent (32%) Incomel™, wobei die Kohlenstoffanordnung des flexiblen Graphits etwa fünfundneunzig (95%) oder mehr beträgt. Es ist möglich, einen geringeren Prozentsatz von etwa fünfzig Prozent (50%) von flexiblem Graphit zu verwenden, und einen mit einem geringeren Prozentsatz einer Kohlenstoffanordnung von etwa siebenzig (70%) bis etwa neunundneunzig (99,5%) Prozent. Die Menge an eingesetztem flexiblem Graphit könnte zwischen einem Höchstwert von etwa fünfundachtzig Prozent (85%) und einem Mindestwert von etwa fünfzig Prozent (50%) variieren, wobei der Prozentsatz des Incomel™ diesem entsprechend angepasst ist.

**[0061]** Die Temperaturbeständigkeitseigenschaften des MIC-Geflechts sind gleich dem der komprimierbaren Graphitgarn-Endringe, aber aufgrund der Metalleinsätze haben sie Bruchfestigkeitseigenschaften, die über diejenigen der komprimierbaren Graphitgarn-Geflechte liegen. Das Ergebnis ist, dass die Dichtungsanordnung **56** einem Ausgesetztsein gegenüber beliebig hoher Temperatur/hohem Druck über demjenigen der herkömmlich erhältlichen Dichtungsanordnung nach dem Stand der Technik widerstehen kann.

**[0062]** So wie sie ursprünglich konzipiert ist, hat sich die oben beschriebene Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung als wirksam bei Ventilen erwiesen, die auf der gesamten Länge des Ventilschafts oder annähernd der gesamten Länge betätigt werden. Wenn jedoch diese spezielle Fünfring-Dichtungsanordnung bei Ventilen für bestimmte Anwendungen eingesetzt würde, wie z.B. die Ventilsteuerung, sind Mängel beobachtet worden. Steuerventile werden im Gegensatz zu herkömmlichen Ein-/Aus-Ventilen, bei denen sich der Ventilschaft über seine gesamte Länge zwischen einem voll geöffneten und einem voll geschlossenen Zustand bewegt, für gewöhnlich zum Modulieren des Strömungsvolumens durch ein Rohrleitungssystem eingesetzt. Bei diesen Modulierungsanwendungen kann der Schaft bei dem Steuerventil den Großteil seiner Zeit damit verbringen, nur über etwa zehn Prozent (10%) bis etwa zwanzig Prozent (20%) der verfügbaren Schafthublänge zu wirken. In dieser Umgebung hat es sich herausgestellt, dass die typische Dichtungsanordnung mit einer Kombination aus geflochtenem Endring-/flexiblem Graphit-Mittelring, welche geflochtene Endringe oben und unten an der Dichtungsanordnung verwendet, um als Abstreifkomponenten zu wirken und damit die Möglichkeit, dass Graphitteilchen aus der Kastenumgebung infolge eines Schaftzugs heraus transportiert werden, zu reduzieren, mangelhaft ist. Wie oben beschrieben wurde, kommt diese Abstreifwirkung effektiv jedes Mal dann ins Spiel, wenn das Ventil betätigt wird, falls ein Ventil über seine gesamte Schaftlänge hinweg arbeitet. Bei Steuerventilen, welche den Großteil ihrer Funktionsdauer auf sehr kurze Schaftbetätigungen beschränken, die nur einen oder zwei Querschnitte (oder weniger) der Ringe in der Schafthublänge betragen können, womit ein Großteil des Schaft-Oberflächenbereichs, welcher die Stopfbüchsenkammer durchläuft, während dieser kurzen Schaftbetätigungen nicht in Kontakt mit einem Endabstreifring kommt.

**[0063]** Wenn nur End-Abstreifringe verwendet werden, kommt es daher nur an den Enden der Dichtungsanordnung zu einer Abstreifwirkung. Falls sich Graphitpartikel von dem flexiblen Graphitringmaterial im Zentrum der Dichtungsanordnung ablösen und mittels der Schaftoberflächenbewegung zu den Enden der Dichtungsanordnung hin transportiert werden, an der die Abstreifaktion stattfindet, tendiert diese Übertragungsaktivität über einen bestimmten Zeitraum hinweg dazu, im mittleren Dichtungsanordnungsbereich infolge der Materialverschiebung Leerräume zu hinterlassen. Aus der Stopfbüchse als Einheit geht kein Graphitmaterial verloren, die Verteilung des Dichtungsmaterials über die gesamte Stopfbüchse hinweg wird jedoch allmählich verändert, da ein stetig anwachsender Anteil des Materials sich an den Enden des Schafts nahe den Abstreifringen konzentriert.

**[0064]** Im Hinblick auf die Eliminierung oder zumindest Minimierung dieser Probleme wurde eine alternative Gestaltung entwickelt, wie sie in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Die alternative Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungs-gestaltung, primär zur Verwendung bei Steuerventilen mit relativ kurzen Arbeitshüben im Vergleich zur Gesamtschaftlänge, enthält die gleichen Adapterkomponenten **64**, **66** und Vorformkomponenten **58** wie sie bei der obigen Anordnung beschrieben wurden. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Komponenten werden mit Metall verstärkte Graphit-Geflechtringe oder MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106**, die mit einer typi-



schen Dicke von etwa 1/8" (3 mm) ausgeformt wurden, unter jedem der Vorformringe **58** angeordnet. Infolgedessen ist gemäß [Fig. 5](#) jeder Vorformring **58** zwischen ein Paar MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102** eingebettet. Die so positionierten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106** haben die gleichen konkaven und konvexen Winkel von etwa 45 Grad wie die Vorformringe **58**, die sie kontaktieren. Derzeit bevorzugt kann die Dicke dieser MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106** von etwa 1/16" (1,6 mm) Dicke bis zur Dicke eines vollen Querschnitts oder mehr variieren, je nach den speziellen funktionellen und gestalterischen Bedürfnissen einer spezifischen Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung.

**[0065]** Während die spezifische dargestellte Ausführungsform acht (8) Ringkomponenten aufweist (zwei Adapter- oder Endringe **64**, **66**, drei Vorformringe **58** und drei MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106**) und eine Dichtungsanordnungs-Stapelhöhe von fünf Querschnitten + etwa 3/8" (9,5 mm) aufweist, kann die Anzahl von Vorformringen und die Anzahl von MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringkomponenten sowie die individuelle Ringdicke oder axiale Höhe variieren, je nach funktionellen und gestalterischen Bedürfnissen einer spezifischen Ventil-Stopfbüchsen-Dimension und der damit verbundenen spezifischen Anwendung. Tatsächlich wird derzeit angenommen, dass es nicht notwendig ist, den dritten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsring **106** angrenzend an den Endring **66** aufzunehmen, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

**[0066]** Es hat sich herausgestellt, dass durch Verändern der Gestaltung der Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **56** von [Fig. 4](#) mit Einschluss von zusätzlichen MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringen **102**, **104**, **106** die oben beschriebenen Mängel korrigiert werden. Bei der in [Fig. 5](#) gezeigten Konfiguration hat sich herausgestellt, dass die geflochtenen Halterungsringe als interne Abstreifkomponenten wirken, und dass ein beliebiger Hub des Schaftes **14**, der größer ist als etwa die Hälfte bis zu einem (ganzen) Querschnitt eines Vorformrings **58**, die gesamten Oberflächen des Schafts in Kontakt mit mindestens einem der MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe oder Abstreifringe **102**, **104**, **106** bringt. Da sich die MIC-Geflecht-Halterungsringe **101**, **104** auf beiden Seiten der einzelnen Vorformringe **58** befinden, hält dies das flexible Graphitmaterial innerhalb des Querschnitts jedes einzelnen Vorformrings aufgeteilt, das heißt, es kommt zu keiner Migration des flexiblen Graphitmaterials zu den äußeren Enden der Dichtungsanordnung **100**. Die konkaven, konvexen Winkel von etwa 45 Grad der MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106** unterstützen die verbesserten radialen Expansionseigenschaften der unterschiedlichen Winkel und unterschiedlichen Dichtegestaltungen der Dichtungsanordnung und beeinträchtigt sie nicht.

**[0067]** Genauer gesagt sind die Endringe **64**, **66** sehr hart, womit die Bodenfläche des unteren Vorformrings **58** und die obere Oberfläche des oberen Vorformrings **58** sich stärker verformen als das weiche, ungehaltete Material, das sich im Mittelteil der Vorformringanordnung befindet. Was wahrscheinlich in der Ausführungsform der [Fig. 5](#) gegenüber derjenigen der [Fig. 4](#) erfolgt, ist, dass die MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, die zwischen den Vorform-Komponenten **58** positioniert sind, wie die MIC-Geflecht-Endringe **64**, **66** starr oder relativ starr sind, da sie eine viel höhere Dichte als der Vorformring **58** aufweisen. Somit wird bei zunehmender Belastung der 45-Grad-Winkel der mittleren Vorformringe **58** zu dem 60-Grad-Winkel des Endrings **64** hin an der Oberseite der Anordnung **100** gedrängt, wobei der Kontakt dazwischen eine Verformung des ersten Vorformrings **58** in deren unmittelbarer Nähe initiiert. Dies resultiert wahrscheinlich in einer viel gleichmäßigeren, effizienteren Lastübertragung von einem Vorformring **58** zum nächsten Vorformring **58** und zum nächsten Vorformring **58** wegen der harten, verstärkten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104** zwischen den Vorformen **58**. Somit bewegen sich die harten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106** tatsächlich ebenso wie die Vorformringe **58**. Da es sich um ein härteres Material handelt, weisen die MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104**, **106**, die zwischen den und angrenzend an die weicheren Vorformen **58** positioniert sind, eine Tendenz, alle drei weichen Vorformkomponenten **58** dazu zu zwingen, sich eher zu einem 60-Grad-Winkel hin zu bewegen als sie sich ansonsten ohne die zwischen jeder Vorform **58** positionierten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe bewegen würden, wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

**[0068]** Wenn sie zwischen den MIC-Geflecht-Endringen **64**, **66** komprimiert werden, drehen sich alle fünf Ringe, mindestens zwei MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102**, **104** und möglicherweise der dritte **106**, sowie die drei Vorformringe **58**, die zwischen den MIC-Geflecht-Endringen **64**, **66** positioniert sind, relativ zu dem Schaft **14** derart, dass der Zwischenraum zwischen dem Endring **64** und dem ersten Vorformring geschlossen wird. Somit ist der Abschnitt **110** der Grenzflächenlinie **112** des MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsring **102**/Vorformrings **58**, die sich dem Schaft **14** am nächsten befindet, anfänglich relativ zum Schaft **14** höher gelegen, und würde sich nach unten drehen, ebenso wie der Außenabschnitt **114** der Grenzflächenlinie des MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsring **102**/Vorformrings **58** sich nach oben zu dem offenen Teil der Stopfbüchse hin drehen würde. Mit anderen Worten, würden sich die Grenzflächenlinien entlang der Schaftoberfläche von der Oberseite der Stopfbüchse zur Unterseite weg bewegen, und die Außenkante mit dem 45° Winkel würde sich nach oben zur Oberseite der Stopfbüchse und von deren Unterseite weg bewegen. So würden sich

im wesentlichen alle MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe/Vorformring-Grenzflächenlinien **110, 112, 116-126** bewegen und möglicherweise an irgendeinem Punkt sogar senkrecht zum Schaft **14** werden. Die grundlegenden radialen Expansionseigenschaften der unterschiedlichen Winkel zwischen den verschiedenen Komponenten ist bei jedem der veranschaulichenden Ausführungsformen wichtig und dient zur Bereitstellung der Vorteile der Ausführungsform der [Fig. 5](#).

**[0069]** Wie oben beschrieben wurde, werden die MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102, 104, 106**, die aus flexiblem Graphit gefertigt sind, in einer Form erzeugt und weisen eine Dichte und Steifigkeit bzw. Starrheit auf, die typischerweise höher ist als die der Vorformringe **58**. Die typische Dichte der Vorformen **58** beträgt etwa 0,50 bis etwa 1,4 g/cc. Die derzeit bevorzugte Dichte der MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **102, 104, 106** beträgt etwa 1,8 g/cc oder mehr. Die Aufnahme der MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe ins Innere der Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung liefert auch zusätzliche Vorteile der Schaftführung/Lagerhalterung und hilft dabei, sicherzustellen, dass der Schaft **14** während der Betätigungen auf seiner Achse zentriert bleibt. Die Dichte der Vorformringe **58** allein hat sich als ungenügend erwiesen, um irgendeinen signifikanten Beitrag zu den Funktionen der Schaftführung/Lagerhalterung zu leisten.

#### BEISPIEL 1

**[0070]** Zwei Funktionstestbeispiele zur qualitativen Bewertung der Vorteile der Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung, wie sie in [Fig. 5](#) dargestellt ist, werden nachstehend beschrieben. Ein Beispieltest wendet einen kontinuierlich betätigten Steuerventil-Testaufbau an, und das andere Testbeispiel wendet einen Testaufbau an, an dem der Ventilschaft wiederholt über seine gesamte Hubstrecke betätigt wird.

#### Steuerventiltest

**[0071]** Der Testaufbau, der bei diesem Test verwendet wurde, war ein Serk-Glocon-Ventil mit 4 Inch (102 mm) und 300 lb (136kg), das eingebaut wurde, um über etwa zehn Prozent (10%) seiner Schafthubstrecke betätigt zu werden, wobei der Schaft auf dessen Mittelpunkt zentriert war (allgemeine Betriebsbedingungen). Während des Tests wurde der Schaft etwa sechs halbe Zyklen/min betätigt, mit etwa zehn (10) Sekunden Verweilzeit zwischen Zyklen. Während des Tests aufgezeichnete Temperatur-/Druck-/Medienbedingungen betrugen etwa 392° F (200° C), etwa 654 psi (4,5 MPa) mit Methan. Ein Foxboro-Sniffer wurde zur Messung von Emissions-Leckageraten benutzt. Die Zielsetzung des Tests bestand darin, die Anzahl von Schaftbetätigungen zu bestimmen und aufzuzeichnen, die anfielen, bis die Leakage-Emissionsablesungen 10000 ppm für drei verschiedene Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen überschritten. Die Testergebnisse sind nachstehend gezeigt.

1. Eine Fünfring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung mit flacher Kombination von [Fig. 1](#):

Leakage überstieg 1000 ppm nach 32 Stunden,  
Leakage überstieg 5000 ppm nach 52 Stunden, und  
Leakage überstieg 10000 ppm nach 78 Stunden.

2. Eine Siebenring-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung von [Fig. 3](#):

Leakage überstieg 1000 ppm nach 68 Stunden,  
Leakage überstieg 5000 ppm nach 102 Stunden, und  
Leakage überstieg 10000 ppm nach 126 Stunden.

3. Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung gemäß [Fig. 5](#):

Leakage überstieg 1000 ppm nach 355 Stunden,  
Leakage überstieg 5000 ppm nach 410 Stunden, und  
Leakage überstieg 10000 ppm nach 455 Stunden.

**[0072]** Wie bekannt ist, hat die Graphitpartikelübertragung auf den Schaft einen Abtragungseffekt auf die flexiblen Graphit-Dichtungsringe und bewirkt, dass sich Rillen in die Dichtungsring-ID-Dichtungsflächen eingraben. Bei fortgesetzter Ansammlung eines Graphitaufbaus auf der Schaftoberfläche werden diese Rillen immer größer und gestatten es, dass immer größere Mengen an Medien in die äußere Umgebung Auslecken. Wie aus den obigen Vergleichstestergebnissen zu ersehen ist, bietet die Siebenring-Stopfbüchsenanordnung eine erhebliche funktionelle Leistungsverbesserung gegenüber der Fünfring-Stopfbüchsenanordnung von flacher Kombination. Da die Abstreifringe bei der Siebenring-Dichtungsanordnungsgestaltung und der kombinierten Fünfring-Dichtungsanordnungsgestaltung sich an den Enden der Dichtungsanordnung befinden, eliminiert ihre Positionierung ihren Nutzeffekt bei der Verhinderung der Entstehung eines Graphitteilenaufbaus in der Mitte des Dichtungsanordnungs-/Schaftabdichtbereichs. Infolgedessen ist die Abstreifwirkung in der Mitte der Anordnung bestenfalls ziemlich beschränkt. Außerdem muss eine bestimmte Übertragung von Graphitmaterial zu den äußeren Enden beider dieser Dichtungsanordnungen im Verlauf der Schaftbetätigungen erfolgt sein.

**[0073]** Wie zu ersehen ist, zeigte die Leistung der Dichtungsanordnung von [Fig. 5](#) eine sehr erhebliche Verbesserung gegenüber den Ergebnissen der Fünfring-Dichtungsanordnungen flacher Kombination und eine erhebliche Verbesserung gegenüber den Ergebnissen der Siebenring-Dichtungsanordnung. Diese Verbesserung ist wahrscheinlich auf den internen Abstreifeffekt der drei zusätzlichen Streifen von MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringen zurückzuführen, was ergibt: eine bessere Abstreifwirkung, eine bessere Auffächerung des Graphits, eine bessere Schaffführungshalterung und bessere Abdichtergebnisse.

Ventiltest-Schaftzyklus über volle Hublängendistanzen (Simulieren von motorbetätigten Ventilanwendungen):

**[0074]** Dieser Ventiltest verwendete einen Pacific-Ventiltestaufbau mit einem motorbetätigten Aktuator. Das verwendete Medium war Methan bei etwa 392° F (200° C) und etwa 564 psi (13,9 MPa). Der Ventilschaft wurde zu wiederholten Malen zwischen der voll offenen und der voll geschlossenen Position betätigt. Nicht mehr als zwei Neueinstellungen der Dichtungssätze waren während des Testverlaufs erlaubt. Das Testziel bestand darin, die Anzahl von Schaffthüben zu bestimmen, die ausgeführt werden konnten, bevor eine Leckage 10000 ppm für jede der getesteten Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen überschritt.

1. Fünfring-Dichtungsanordnung mit flacher Kombination von [Fig. 1](#) Leckage überstieg 10000 ppm nach 2300 Zyklen,
2. Siebenring-Dichtungsanordnung von [Fig. 3](#) Leckage überstieg 10000 ppm nach 6000 Zyklen,
3. Dichtungsanordnung von [Fig. 4](#) Leckage überstieg 10000 ppm nach 6500 Zyklen, und
4. Dichtungsanordnung von [Fig. 5](#) Leckage überstieg 10000 ppm nach 28500 Zyklen.

**[0075]** Die Gründe für die Leistungsverbesserungen der Dichtungsanordnung von [Fig. 5](#) gegenüber den anderen Dichtungsanordnungen sind die gleichen wie die vorher bei den obigen Testrückschlüssen festgestellt. Eine bessere Auffächerungssteuerung wurde als Hauptursache für die bei diesem Test festgestellte starke Verbesserung gegenüber der im vorhergehenden Test gezeigten Verbesserung. Diese Ergebnisse zeigten auch die funktionellen Vorteile, welche die Dichtungsanordnung der [Fig. 5](#) gegenüber der Standardgestaltung von [Fig. 4](#) hat.

**[0076]** Eine zweite Ausführungsform einer alternativen Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung ist in [Fig. 6](#) dargestellt. Die in [Fig. 6](#) veranschaulichte Dichtungsanordnung **130** ist gänzlich aus geformten MIC-Geflecht-Geflechtmaterial aufgebaut, einem Material des gleichen Typs, der beim Ruffbau der Adapterringe **64**, **66** bei der Dichtungsanordnung **56** von [Fig. 4](#) verwendet wurde. Das derzeit bevorzugte Garnmaterial, das bei diesen internen und mittleren MIC-Geflechtringen **132**, **134**, **136** verwendet wird, ist eines, das hauptsächlich aus flexiblem Graphitfolien- oder -flockenmaterial aufgebaut ist.

**[0077]** Das Garn umfasst auch eine oder mehrere metallische Stränge (z.B. Folienstreifen, Drahtfilament, etc.) innerhalb, auf oder um seinen Körper herum.

**[0078]** Wie bekannt ist, ist flexibler Graphit selbst ein hervorragendes Dichtungsmaterial, das einen breiten Temperatur- und chemischen Widerstandsbereich aufweist. Flexibler Graphit bildet einen ausgezeichneten Dichtungskontakt gegenüber den Teitoberflächen, ist nicht abtragbar und ist in der Form anpassbar. Flexibler Graphit hat aber auch einige negative Attribute, wie z.B. einen geringen Abtragwiderstand, eine schwache radiale Rückstellung, wenn er Seitenbelastungskräften ausgesetzt ist (schwache Lagerhaltbarkeit), und er extrudiert leicht durch kleine Zwischenräume, wenn er einer dynamischen Bewegung oder Drucklastkräften ausgesetzt ist.

**[0079]** Wenn dem flexiblen Graphitband eine metallische Verstärkung hinzugefügt wird, werden die meisten der obigen negativen Eigenschaften eliminiert. Bei der derzeit bevorzugten Garnstruktur, die bei dem MIC-Geflecht der [Fig. 6](#) verwendet wird, einer skelettartigen Verknüpfung mit einer Einkapselung von Inconel-Filamentdraht (ca. 0,035" (0,069mm)) Durchmesser) über einem flexiblen Graphitfolienkern, stellte sich das geflochtene Endprodukt als nicht-abrasiv und mit guten Abdichteigenschaften heraus und zeigte einen hohen Abtragungswiderstand, einen ausgezeichneten Extrusionswiderstand und war ein ausgezeichnetes Lagerhaltungsmaterial.

**[0080]** Die Dichtungsanordnung der [Fig. 6](#) verwendet geformte, flexible MIC-Geflecht-Graphitrings für alle seine Adapter- oder Endringe **64**, **66** und Vorform-Komponenten/-ringe **132**, **134**, **136**. Die spezielle Dichtungsanordnung **130** wurde so entwickelt, dass sie den problematischen Attributen entgegenwirkte, die bei Vierteldrehungs-(oder Dreh-)Ventilanordnungen inhärent sind. Vierteldrehungs-Ventile haben Schäfte, die für gewöhnlich über einen 90°-Drehbogen um die Schaftachse arbeiten (gegenüber der hin- und hergehenden oder linearen Schaftbewegung, die für gewöhnlich bei Schieberventilen, Absperrschiebern und Kugelventilen ange-

wandt wird. Das Aufbringen einer Kraft auf die Oberseite des Schafts **14**, um diese Drehbewegung zu erzeugen, wendet inhärent einen bestimmten Grad an Seitenlast auf den Schaft **14** an, die in einer radialen Komprimierungskraft resultiert, welche gegen das Dichtungsmaterial ausgeübt wird. Wenn geformte, flexible Graphitringe wie **58** (nicht verstärkt) als Dichtungsmaterialien verwendet werden, erzeugt diese Seitenlast eine radiale Komprimierung des Dichtungsmaterials mit geringer oder keiner radialen Rückstellung, wenn der Schaft **14** zu seiner zentrierten Position zurückkehrt. Die resultierende Lücke öffnet offensichtliche Leckagewege, welche die Dichtungs- und Betriebsdauer der Dichtungsanordnung verkürzen. Kombinierte, einer Formgebung unterzogene Dichtungsanordnungen, welche flexible Graphitbandringe in der Mitte der Anordnung verwenden, sind häufig die Dichtungswahl für lineare Schaftbewegungsanordnungen, das obige Problem begrenzt jedoch ihre Auswahl für Drehanwendungen entscheidend.

**[0081]** Das Bereitstellen einer Variation einer Dichtungsanordnung, welche flexible, geformte MIC-Geflecht-Graphitringe als Hauptabdichtelement aufweist, wirkt dem oben erwähnten Problem der seitlichen Belastung wirksam entgegen. Die verstärkte Dichte der MIC-Geflecht-Vorformringe **132**, **134**, **136** bei der Dichtungsanordnung von [Fig. 5](#) liefert einen hohen Grad an Lagerhalterung für den Schaft **14** und wirkt einer radialen Schaftbewegung während Ventilbetätigungen wirksam entgegen. Dies ermöglicht es, den vollen Vorteil der Abdichteigenschaften von flexiblen Graphitmaterialien bei Drehventilen voll zu nutzen, ohne dabei den Nachteil der dieser entgegenwirkenden schlechten radialen Rückstellung erfahren zu müssen.

**[0082]** Wie bekannt ist, hat Graphit eine funktionelle Eigenschaft, das als Graphitpartikelübertragung bezeichnet wird. Dies bedeutet, dass bei einer Komprimierung von Graphit gegen eine sich bewegende Metallfläche Graphitpartikel abscheren und sich an der Metallfläche selbst anheften.

**[0083]** Während diese Eigenschaft eine Anzahl von Vorteilen aufweist (z.B. Reibungsminderung, Mikropolieren der Metallfläche, etc.) fördert es aber auch einen allmählichen Transport von Graphit aus der Dichtungskammer bei jeder linearen Betätigung, die ein Absperr-, Kugel- oder Schieberventil ausführt. Es ist in solchen Fällen zur allgemeinen Praxis geworden, geflochtene Abstreifringe an den gegenüberliegenden Enden der flexiblen, Graphit enthaltenden Sätze zu verwenden, um dieser Graphitpartikelübertragung entgegenzuwirken. Die Abstreifringe halten das flexible Graphitmaterial in den Grenzen der Stopfbüchse eingefangen. Während der Zusatz des Abstreifsystems für Ventile mit Schäften, die sich auf lineare Weise bewegen, ganz gut wirkt, ist die Anwendung von End-Abstreifkomponenten oder internen Abstreifkomponenten **102**, **104**, **106**, wie in [Fig. 5](#), zur Reduzierung einer Graphitpartikelübertragung bei Drehbewegungsventilen nutzlos. Infolge der Bewegung des Schafts **14** kommen die Abstreifelemente **64**, **66** an den Enden der Anordnung **100** nie zum Zug. Wenn es zu einem Graphitpartikelauflauf am Schaft **14** kommt, ergeben sich aus den Bewegungen des Schafts Eingrabungen der Umfangsrillen in die ID-Dichtungsflächen der restlichen, flexiblen Graphit-Dichtungsringe **58**. Das flexible Graphitmaterial trägt sich selbst ab, und die resultierenden Rillen schaffen Leckagewege durch die Dichtungsanordnung.

**[0084]** Bei der Dichtungsanordnung **130** von [Fig. 6](#) enthalten die flexiblen Graphitgarne, die zur Erzeugung des Geflechts verwendet werden, ihre eigene Metall-Verstärkungsstrang-Struktur, die eng mit jedem Garnstrang verbunden ist. Die Präsenz dieser Metallverstärkung in der Struktur des Geflechts leistet eine ausgezeichnete Arbeit in seiner Wirkung als wirksam eingebautes Abstreifsystem gegenüber Drehbewegungs-Schäften. Jeglicher Graphit, der an der Schaftoberfläche anhaftet, wird abgestreift, bevor er über die Breite eines einzelnen Geflecht-Garnstrangs wandern kann.

**[0085]** Früher mußte infolge der obigen beiden Problembereiche die Druckdichtungsindustrie weitgehend von herkömmlichen, geflochtenen Dichtungssätzen (unter Verwendung von Kohlenstoff- oder Graphit-Garnsystemen auf Filamentbasis) als bevorzugte Dichtungserzeugnisse für Drehbetriebe abhängen. Während die überlegenen Leistungseigenschaften der flexiblen Graphitprodukte weitgehend anerkannt worden sind, haben die obigen beiden Problembereiche (ungenügende radiale Rückstell- oder Lagerhalterungsattribute und die Abwesenheit eines wirksamen Abstreifsystems) die Verwendung von flexiblem Graphit bei Drehanwendungen eingeschränkt. Mit der Dichtungsanordnung **130** von [Fig. 6](#) werden beide Problembereiche wirksam eliminiert und die Leistungsvorteile von flexiblem Graphit voll genutzt.

## BEISPIEL 2

**[0086]** Bei der Auswertung eines vergleichenden Funktionstests wurden Vergleichstests mittels eines in der Industrie geläufigen Drehventils mit zwei unterschiedlichen Dichtungsanordnungsgestaltungen durchgeführt:

1. Die Dichtungsanordnung ähnlich derjenigen von [Fig. 6](#), aber mit nur zwei (2) mittleren Ringen, und
2. eine Vierring-Dichtungsanordnung mit flacher Kombination ähnlich derjenigen von [Fig. 1](#), aber mit nur



zwei (2) zentralen, flexiblen Graphit-Dichtungsringen.

**[0087]** Die Kombinations-Dichtungsanordnung ([Fig. 1](#)) bestand aus oberen und unteren geflochtenen Kohlenstoff-Antiextrusions-Endringen mit zwei flexiblen Graphit-Mittelringen von quadratischem Querschnitt. Die flexiblen Graphitringe enthielten keine Ring-Metallverstärkung und wurden auf eine Dichte von etwa 1,4 g/cc vorgepresst, um ihr Gleichgewicht von Abdichtfähigkeit und Lagerhalterungseigenschaft zu maximieren. Der verwendete Testaufbau war ein Kugelventil der Kuka 3" 150 Doppelkreuz-Klasse mit einem Unitorq M 148 DA-Aktuator. Das System wurde mit Wasser bei 300 psi (2,1 MPa) druckbeaufschlagt. Die Zielsetzung des Tests bestand darin, das Ventil durch Vierteldrehungs-Schaftzyklen zu betätigen (sechs Schaftzyklen/min oder 3000 Schaftzyklen/Tag) bis das Aussickern von Wasser erfasst wurde, das aus der Stopfbüchse entwich. Die Ergebnisse des Tests waren wie folgt:

Bei der Vierring-Dichtungsanordnung mit flacher Kombination ähnlich derjenigen von [Fig. 1](#) erfolgte ein Auslecken von Wasser in einer erfassbaren und sammelbaren Menge an der Oberseite der Stopfbüchse bei 10.000 Schaftzyklen. Eine Überprüfung der Stopfbüchsen- und Schaftoberflächen der Dichtung nach dem Test zeigte, dass ein starker Graphitpartikelauflauf an der Schaftoberfläche stattgefunden hatte und der Schaft einen Fraßschaden infolge seines Seitenbelastungskontakts mit dem Stopfbüchsen-Folger erfahren hatte.

**[0088]** Bei der Dichtungsanordnung ähnlich derjenigen von [Fig. 6](#) wurde kein Durchsickern von Wasser erfasst, wobei der Test schließlich nach 100.059 Schaftzyklen abgebrochen wurde. Eine Überprüfung der Dichtungs-Stopfbüchsen- und Schaftoberflächen nach dem Test zeigte keine Zeichen von Verschleiß oder Graphitaufbau. Es wird angenommen, dass die Dichtungsanordnung ähnlich derjenigen von [Fig. 6](#) in der Lage war, die notwendige Lagerhalterung zu bieten, um den Schaft **14** auf seiner Achse zentriert zu halten, und die metallische Verstärkung bei den flexiblen Graphitring-Komponenten das Auftreten eines Graphitpartikelauflaufs verhinderten.

**[0089]** Hinsichtlich linearer Schaft-Bewegungsventile ist dieses Schaft-Lagerungshalterungsmerkmal, während es für die Leistung bei Drehventilen entscheidend ist, auch ein sehr geschätztes Funktionsmerkmal bei vielen linearen Schaft-Bewegungsventilen. Falls bei linearen Schaft-Bewegungsventilen zusätzliche Lagerungshalterungs-Komponenten (z.B. Lagerschalen, Verschleißringe, Lagerblöcke etc.) der Dichtungsanordnung hinzugefügt werden, werden oft ihre Abdichtleistungen verbessert, wenn sie Verschleiß, Mängeln oder Fehlern bei der Herstellungssteuerung oder der Präzision, einer Fehlausrichtung der Verbindung zwischen Ventil und Aktuator etc. ausgesetzt sind. Falls die Stopfbüchse genügend tief ist, ist der notwendige Raum für diese zusätzlichen Komponenten leicht verfügbar. Es ist jedoch in der Industrie üblich geworden, dass neue Stopfbüchsen flache (Fünfring- oder weniger) Stopfbüchsentiefen aufweisen.

**[0090]** Die Dichtungsanordnung **130** der [Fig. 6](#) hat einen einzigartigen Vorteil insofern, als die Dichtungskomponenten auch als Lagerhalterungs-Komponenten wirken. Somit sind bei Verwendung einer Dichtungsanordnung ähnlich der von [Fig. 6](#) flache Kastengestaltungen kein Problem mehr in dieser Hinsicht. Die Dichtungsanordnung **130** der [Fig. 6](#) hat Vorteile bei linearen und Drehventil-Betrieben, und die Höhe des Dichtungsstapels kann beliebig von einem zwei Querschnitte tiefen Satz nach oben variiert werden, je nach der ausgeformten Dicke der Ringkomponenten und der Anzahl von Ringen, die in eine Dichtungsanordnung aufgenommen werden. Es ist anzumerken, dass die Dichtungsanordnung der [Fig. 6](#) auch Vorteile hinsichtlich der Verbesserung der radialen Expansion infolge der unterschiedlichen Winkel hat.

**[0091]** Die Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung **140** gemäß [Fig. 7](#) ist eine Kombination der in den [Fig. 5](#) (**100**) und [Fig. 6](#) (**130**) dargestellten Stopfbüchsen-Dichtungsanordnung. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, sind die oberen **142** und unteren **144** Vorformringe ausgeformte konkave, konvexe MIC-Geflecht-Ringe von der Doppelkreuz-1303-Bauart, und nur der zentrale Vorformring **58** ist aus geformtem flexiblem Graphitband aufgebaut.

**[0092]** Wie bei den Dichtungsanordnungen der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) bietet diese spezielle Anordnung der dichteren ausgeformten MIC-Geflecht-Vorform-Halterungsringe **142**, **144** eine verbesserte Abstreifwirkung und eine bessere Lagerhalterung. Diese spezielle Dichtungsanordnung ist bei Nicht-Drehanwendungen mit schwach gestalteter Lagerhalterung von Nutzen, was den Schaft dazu veranlasst, eine Tendenz zu einer stoßweisen Bewegung aufzuweisen, wenn er betätigt wird. Die Dichtungsanordnung **140** der [Fig. 7](#) bietet die benötigte zusätzliche Lagerhalterung, um den Schaft in der Stopfbüchse relativ zentriert zu halten.

**[0093]** Übrigens bieten bestimmte industrielle Ventilanwendungen keine akzeptablen Abdichtungen trotz der Tatsache, dass sie mit Hochleistungsventil-Dichtungsanordnungsgestaltungen richtig abgedichtet wurden, die korrekt für die spezielle Anwendung ausgewählt wurden.



**[0094]** Die Gründe für den Leistungsmangel können viele und verschiedenartige sein (z.B. mechanisch beschädigte Ventilkomponenten, Betriebslastbedingungen, die unvorhergesehen und ungeplant waren, etc.). Ein spezieller Grund, der häufig bei diesen Fällen auftritt, hat mit Schäften zu tun, die außerhalb der Mittelachse der Stopfbüchse arbeiten. Dieses Problem der unausgerichteten Betätigung kann auf die Einführung einer Seitenlast oder einer Versetzungsbewegung infolge von Aktuatorkräften zurückzuführen sein, auf eine Stoßbewegung infolge von Verschleiß des Gewindes der Ventilkappen-Jochmutter, eines Schafts, der mit der Mittelachse der Stopfbüchse fehlausgerichtet bearbeitet wurde, eines Ventilschafts großen Durchmessers, der eine Horizontalachse aufweist (wobei der Großteil des Schaftgewichts von dem Stopfbüchsen-Dichtungssatz getragen wird) etc. Falls die Stopfbüchse ausreichend tief ist, können diese Fehlausrichtungsprobleme durch Verwendung zusätzlicher Lagerhalterungsvorrichtungen korrigiert werden, wie z.B. Lagerschalen, Lagerblöcke etc. Unglücklicherweise und auf einer stetig zunehmenden Basis haben diese Ventile auch flache Kastentiefen, die ungenügend sind, um zusätzliche Lagerhalterungskomponenten aufzunehmen.

**[0095]** Es hat sich herausgestellt, dass die Gestaltung der Dichtungsanordnung **140**, wie sie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, die Notwendigkeit einer zusätzlichen Kastentiefe und/oder irgendwelcher zusätzlicher Lagerhalterungs-Komponente eliminiert. Wie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, hat die Dichtungsanordnung **150** 5 Ringe mit zwei dichten MIC-Geflecht-Adapter-Endringen **64**, **66** und dichten MIC-Geflecht-Vorformringen **142**, **144**. Diese vier Ringe **64**, **66**, **142**, **144** bieten einen hohen Grad an Lagerhalterung für jegliche Schäfte, Muffen oder Wellen, mit denen sie in Kontakt kommen.

**[0096]** Die in [Fig. 7](#) dargestellte Dichtungsanordnung **140** bietet verbesserte Abdichtbarkeitsmerkmale insofern, als sowohl die beiden hochdichten MIC-Geflecht-Vorform-Ringe **142**, **144** als auch ein zentraler flexibler Graphit-Vorformring **58** mit niedriger Dichte unterschiedliche Winkel zu den MIC-Geflecht-Adapter-Ringen **64**, **66** aufweisen. Die unterschiedlichen Winkel gewährleisten eine verbesserte radiale Expansion infolge der aufgebrachten Drucklasten. Die in [Fig. 7](#) gezeigte Ausführungsform beseitigt die Notwendigkeit separater Dichtungskomponenten und separater Lagerhalterungskomponenten, da diese beiden Funktionen von den Mehrfunktionskomponenten, die in dieser Gestaltung vorhanden sind, geboten werden.

**[0097]** Das Vorhandensein eines einzelnen flexiblen (nichtverstärkten) Graphit-Vorformrings **58**, der auf beiden Seiten von einem MIC-Geflecht-Vorform-Ring **142**, **144** hoher Dichte umschlossen ist, macht die Gestaltung der [Fig. 7](#) zur Verwendung bei Steuerventilen geeignet, bei denen die Vorteile der inneren Abstreifwirkung, die in der Diskussion der Dichtungsanordnung **100** von [Fig. 5](#) offenbart wurden, von Vorteil wären.

**[0098]** Die in [Fig. 7](#) dargestellte Dichtungsanordnungsgestaltung wäre auch eine sehr angemessene Wahl für Ventile mit flachen Stopfbüchsen, die optimale Abdichtfähigkeitsergebnisse bei Anwendungsumgebungen erfordern, die ebenfalls hoch-abrasiv sind (z.B. chemische Schlämmeanwendungen). Die beiden MIC-Geflecht-Adapter-Endringe **64**, **66** und die beiden MIC-Geflecht-Vorform-Ringe **142**, **144** würden einen verbesserten Verschleißwiderstand bieten, um die abrasiven Mittel vor einem Kontakt und einer Beeinträchtigung des weicheren, mittleren, flexiblen Graphit-Vorformrings **58** abzuhalten.

**[0099]** Es ist anzumerken, dass die einzelnen Dicken der in [Fig. 7](#) gezeigten verschiedenen Ringe **64**, **66**, **142**, **144**, **58** variiert werden können, um die Schichtungshöhe der fertiggestellten Dichtungsanordnung gemäß den Anforderungen irgendeiner bestimmten Ventil-Stopfbüchsen-gestaltung zu verändern.

**[0100]** Es ist klar, dass die Ventilindustrie eine stetige Entwicklung in den Leistungen erfahren hat, die von Ventil-Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen abgeleitet werden können. Diese Entwicklung hat sich von den Asbest-Geflechtarten zu den Kohlenstoff- und Graphit-Geflechten hin entwickelt, zu den Kombinations-Dichtungsanordnungsgestaltungen ([Fig. 1](#)), zu den Napf- und Konuskombinations-Dichtungsanordnungstechnologien, wie z.B. 11-Komponenten-EVSP-Anordnungen ([Fig. 2](#)), 7-Komponenten-EVSP-Anordnungen ([Fig. 3](#)). In jedem Fall wurden Leistungsverbesserungen erzielt, und in den meisten Fällen wurde die Gestaltung der Dichtungsanordnung einfacher und ließ sich leichter auf Ventilwartungspraktiken anwenden, da die Positionierung der Dichtungsanordnung und der Stopfbüchse leichter war und weniger Zeit und Mühe kostete. Die in den [Fig. 4](#) bis [Fig. 7](#) dargestellten Stopfbüchsen-Dichtungsanordnungen sind Beispiele einer weiteren Entwicklung und haben bessere Leistungsergebnisse erzielt (als die vorbekannten Dichtungsanordnungen), und zwar unter Verwendung neuer Dichtungsanordnungsgestaltungen, welche mehr Funktionskomponenten aufweisen, die in zunehmend flachere Stopfbüchsen-Hohlräume eingesetzt werden können.

**[0101]** Während die hier beschriebenen Erzeugnisse bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung darstellen, ist anzumerken, dass die Erfindung nicht auf diese speziellen Erzeugnisse beschränkt ist, und dass Änderungen hierbei vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen, der in

den beigefügten Ansprüchen definiert ist.

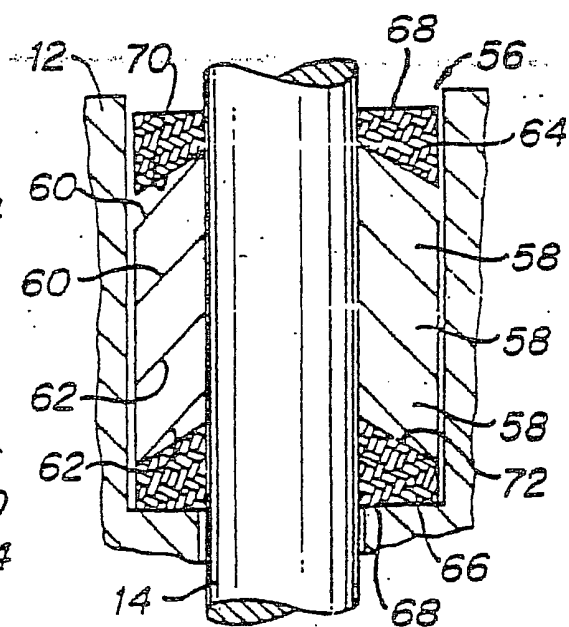
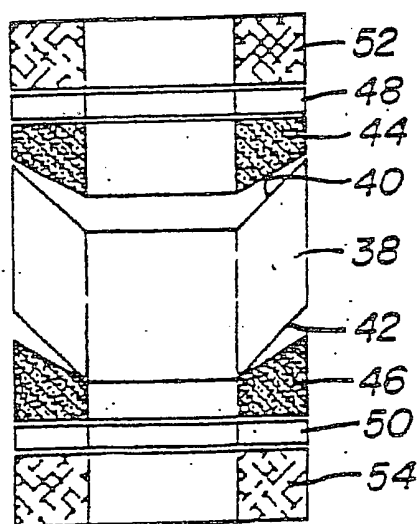
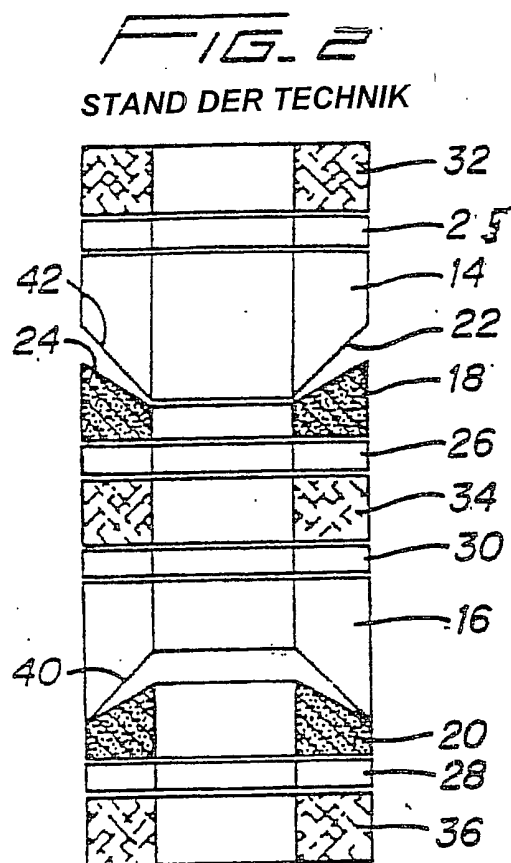
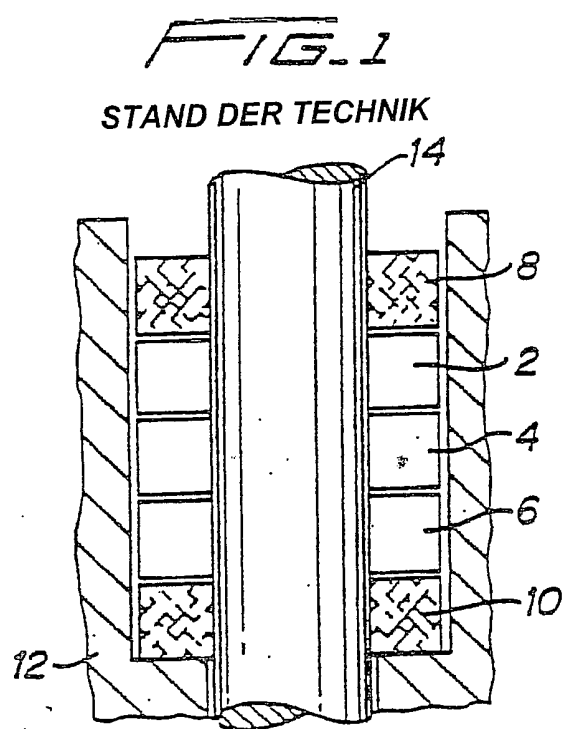
### Patentansprüche

1. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) für eine Stopfbüchse (**12**), mit:  
einer Mittelringanordnung, und  
mindestens zwei Endringen (**64, 66**), die auf die Einwirkung einer axialen Druckkraft auf die Dichtungsanordnung ansprechen, um das Material der Mittelringanordnung zu einer undurchlässigen und wirksamen Dichtung zu komprimieren,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass:  
die Mittelringanordnung mindestens einen Halterungsring (**102, 104, 106, 132, 134, 136, 142, 144**) mit abgewinkelten Stirnflächen aufweist,  
der mindestens eine Halterungsring und die mindestens zwei Endringe jeweils aus geflochtenem Graphitband-Ausgangsmaterial mit einer Dichte von mindestens etwa 1,8 g/cc sowie aus Einlageteilen, die funktionsmäßig über das gesamte geflochtene Graphitband-Ausgangsmaterial verteilt sind, geformt sind, und  
der mindestens eine Halterungsring funktionsmäßig zwischen den mindestens zwei Endringen positioniert ist.
2. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, wobei ein erstes Ende (**70**) eines Endrings (**64, 66**) und ein gegenüberliegendes Ende der Mittelringanordnung eine Dichtung bilden und sich unter ersten und zweiten spitzen Winkeln jeweils relativ zu der Longitudinalachse der Dichtungsanordnung erstrecken, und wobei die ersten und zweiten spitzen Winkel etwa 45° bzw. 60° betragen.
3. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, wobei der Endring (**64, 66**) eine hohe Beständigkeit gegenüber Auspressen und Abtragung aufweist.
4. Dichtungsanordnung nach Anspruch 1, wobei der Endring (**64, 66**) sowohl die Mittelringanordnung hält als auch einen Ventilschaft (**14**) abstreift.
5. Dichtungsanordnung (**100**) nach Anspruch 1, wobei die Mittelringanordnung ferner umfasst:  
mindestens zwei Graphit-Vorformringe (**58**) mit niedriger Dichte, von denen einer funktionsmäßig jeweils auf jeder Seite des mindestens einen Halterungsring (**102, 104**) positioniert ist.
6. Dichtungsanordnung (**100**) nach Anspruch 1, wobei die Mittelringanordnung umfasst:  
mindestens drei Graphit-Vorformringe (**58**) mit niedriger Dichte, die abgewinkelte Stirnflächen aufweisen, welche funktionsmäßig zwischen den mindestens zwei Endringen (**64, 66**) positioniert sind, wobei der mindestens eine Halterungsring (**102, 104**) funktionsmäßig zwischen benachbarten Vorformringen niedriger Dichte positioniert ist.
7. Dichtungsanordnung (**100, 140**) nach Anspruch 1, wobei die Mittelringanordnung ferner umfasst:  
einen Graphit-Vorformring (**58**) niedriger Dichte, der abgewinkelte Stirnflächen aufweist, welcher funktionsmäßig zwischen zwei der Halterungsringe (**102, 104, 106, 142, 144**) positioniert ist.
8. Dichtungsanordnung (**130**) nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Mittelringanordnung mindestens drei der Halterungsringe (**132, 134, 136**) umfasst.
9. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) nach Anspruch 1, wobei die Einsätze bzw. Einlageteile in dem geflochtenen Graphitband-Ausgangsmaterial Streifen, Drähte, Filamente oder Lametta aus Metall umfassen.
10. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) nach Anspruch 9, wobei das Metall aus der aus Stahl, Kupfer, Messing, Aluminium und Zink bestehenden Gruppe ausgewählt ist.
11. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) nach Anspruch 1, wobei die Endringe (**64, 66**) in der Form anpassbares, mit Metall-Einlageteile versehenes geflochtenes Ausgangsmaterial mit rostfreiem Nickel-Chrom-Legierungs-Stahl umfassen.
12. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) nach Anspruch 11, wobei die Einfügungen die Form der Endringe (**64, 66**) steif bzw. starr halten.
13. Dichtungsanordnung (**100, 130, 140**) nach Anspruch 1, wobei jeder Endring (**64, 66**) im Formwerkzeug mit Drucklastwerten in einem Bereich von etwa 750 psi (5,2 MPa) bis etwa 38000 psi (262 MPa) geformt ist.

14. Dichtungsanordnung (**100**, **130**, **140**) nach Anspruch 1, wobei ein Endring auf das Einwirken einer axialen Druckkraft auf die Dichtungsanordnung anspricht, um Material angrenzend an einen radialen Rand eines ersten Endes der Mittelringanordnung zu zwingen, sich axial und radial in einer Richtung von der Mittelringanordnung weg zu bewegen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



**FIG. 3**  
STAND DER TECHNIK

**FIG. 4**  
STAND DER TECHNIK

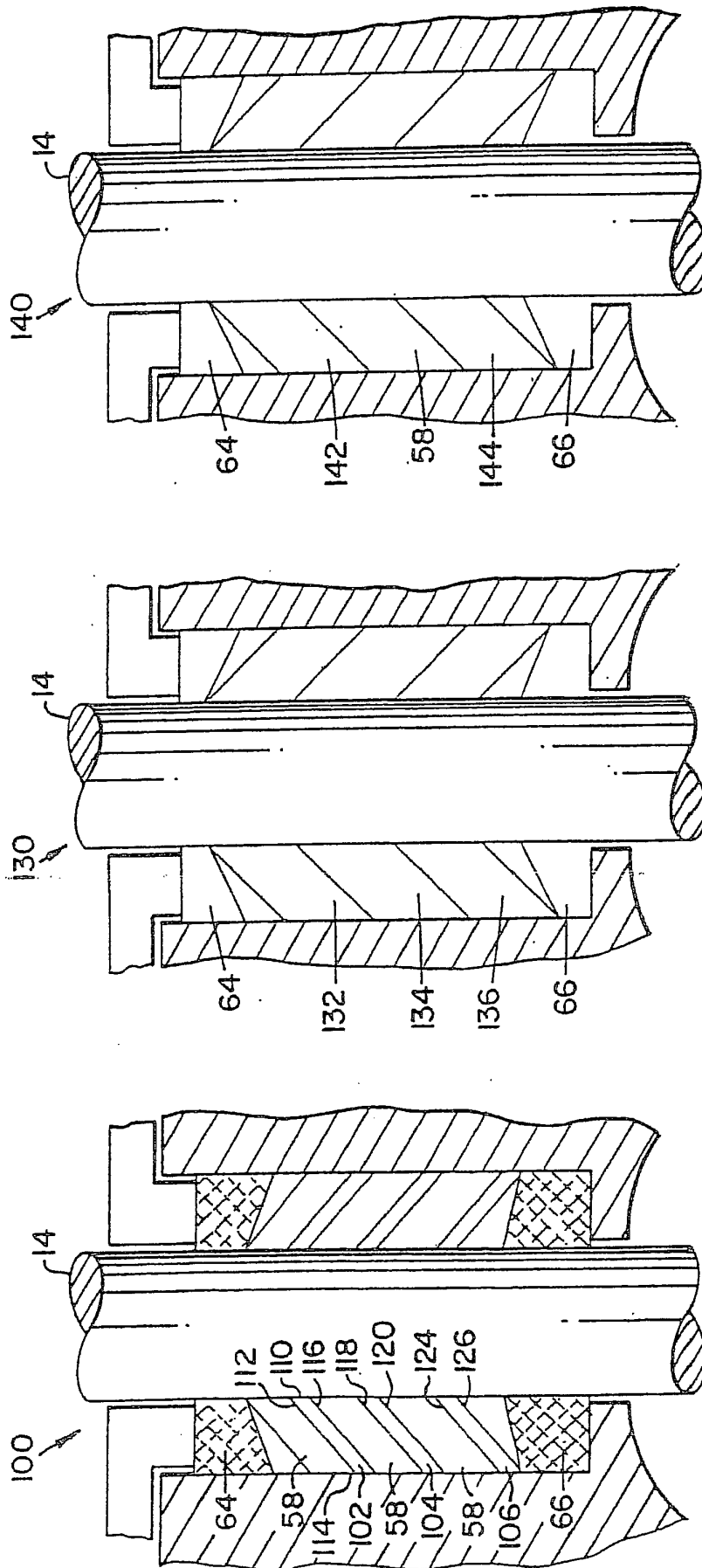


FIG. 5

FIG. 6

FIG. 7