



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 000 288 T2 2006.07.06**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 533 066 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 000 288.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 256 521.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.10.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.05.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 20/02 (2006.01)**
B21D 26/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0327043 18.11.2003 GB

(73) Patentinhaber:

Rolls-Royce plc, London, GB

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Twigg, Stephen Edwin, Mickleover, Derby DE3
9NU, GB**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Artikels mittels Hitze und Druck, eine Methode zur Befestigung eines Rohrs an einer abgedichteten Vorrichtung und das dafür verwendete Verbindungsstück**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes durch Anwendung von Hitze und Druck. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes unter Benutzung eines abgedichteten Aufbaus, der über ein Rohr evakuiert wurde, das mit einem starren Punkt des Aufbaus verbunden war. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes aus einer faserverstärkten Metallmatrix und die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf ein Verfahren zur Herstellung eines Verbundrotors aus einer faserverstärkten Metallmatrix und Verbundscheiben aus einer faserverstärkten Metallmatrix. Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf Verbundscheiben aus einer faserverstärkten Metallmatrix und Verbundringen aus einer faserverstärkten Metallmatrix, die geeignet sind zur Benutzung in Verbindung mit einem Rotor eines Gasturbinenriebwerks als Kompressorschaukelträger oder Turbinenschaukelträger.

[0002] Bei einem bekannten Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Metallmatrix-Verbundgegenstandes, wie dieser in dem europäischen Patent Nr. EP 0831154B1 beschrieben ist, werden mehrere mit Metall überzogene Fasern in einer Ringnut in einem Metallring eingelegt und ein Metallring wird über die mit Metall überzogenen Fasern gelegt. Jede der mit Metall überzogenen Fasern ist in einer Ebene gewickelt und die mit Metall überzogenen Faserspiralen werden in der Ringnut im Metallring gestapelt. Der Metallring wird vorherrschend axial gepresst, um den Aufbau zu verfestigen und um eine Diffusionsverschweißung der Metallringe mit den mit Metall überzogenen Faserspiralen zu bewirken und um eine integrale Struktur zu erzeugen.

[0003] Bei einem weiteren bekannten Verfahren zur Herstellung eines Verbundgegenstandes aus einer faserverstärkten Metallmatrix, wie dies in der europäischen Patentanmeldung EP 1288324A2 beschrieben ist, wird die Anordnung gemäß EP 0831154B1 dadurch modifiziert, dass zusammen mit den mit Metall überzogenen Fasern Metalldrähte in die Ringnut im Metallring eingelegt werden. Jeder Metalldraht ist spiralförmig in einer Ebene aufgewickelt und die Metalldrahtspiralen sind in der Ringnut im Metallring zusammen mit den mit Metall überzogenen Faserspiralen gestapelt.

[0004] Bei diesen Herstellungsverfahren eines faserverstärkten Metallmatrix-Verbundkörpers wird der Aufbau von Metallringen und von mit Metall überzogenen Faserspiralen oder mit Metall überzogenen Faserspiralen und metallischen Drahtspiralen am Umfang und an der Verbindung der Metallringe abgedichtet, um einen abgedichteten Aufbau zu erhalten,

bevor die Diffusionsverschweißung und die Verfestigung eintritt. Der abgedichtete Aufbau wird über wenigstens ein Rohr evakuiert, und das wenigstens ein Rohr wird abgedichtet, bevor die Diffusionsverschweißung und die Verfestigung erfolgt.

[0005] Bei diesen bekannten Verfahren der Diffusionsverschweißung und Verfestigung ist es wesentlich, dass ein Vakuum in dem abgedichteten Aufbau vorhanden ist, um zu gewährleisten, dass eine zufriedenstellende Diffusionsverschweißung zwischen den Metallringen erzeugt wird und dass das Vakuum in dem abgedichteten Aufbau aufrecht erhalten bleibt, wenn danach eine Erhitzung und Verpressung während des Diffusionsschweißverfahrens erfolgt.

[0006] Bei der Benutzung dieses Verfahrens ergibt sich jedoch ein Problem, weil die Hitze und der Druck, die während der Diffusionsverschweißung angewandt werden, bewirken, dass wenigstens eines der Rohre zusammenbricht / und sich bewegt, während die Metallringe relativ groß und starr sind und sich daher am Befestigungspunkt des wenigstens einen Rohres nicht bewegen und nicht bewegen können. Dieses Zusammenbrechen bzw. die Bewegung des wenigstens einen Rohres relativ zu den Metallringen kann zu einer Beschädigung und zu einem Bersten des wenigstens einen Rohres und zu einer Beschädigung des Befestigungspunktes des wenigstens einen Rohres mit den Metallringen führen. Der Befestigungspunkt des wenigstens einen Rohres mit den Metallringen umfasst gewöhnlich eine Schweißabdichtung, und die Schweißabdichtung kann während des Diffusionsschweißverfahrens beschädigt werden. Der Ausfall des wenigstens einen Rohres oder die Beschädigung der Schweißabdichtung führt zu einem Verlust von Vakuum in dem abgedichteten Aufbau und demgemäß zu einer Beschädigung der Diffusionsverschweißung und Verfestigung des abgedichteten Aufbaus. Dies kann zu einer Verschrottung der Metallringe und/oder der mit Metall überzogenen Faserspiralen führen, und dies sind sehr hochwertige Teilkomponenten.

[0007] Das europäische Patent EP0908263B1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes durch Diffusionsverschweißung, wobei ein Rohr im Winkelabstand zu einer Öffnung in einem abgedichteten Aufbau angeordnet wird, um die Gefahr einer Beschädigung des Rohres während der Diffusionsverschweißung zu vermindern.

[0008] Diese Anordnung löst das Problem jedoch nicht vollständig, weil es immer noch möglich ist, dass sich das Rohr an seinem Befestigungspunkt an der Verschweißung mit dem abgedichteten Aufbau bewegt.

[0009] Demgemäß liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein neuartiges Herstellungsverfahren ei-

nes Gegenstandes durch Diffusionsverschweißung zu schaffen.

[0010] Demgemäß betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes durch Anwendung von Hitze und Druck, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- (a) es wird ein Verbinder an einen abgedichteten Aufbau angeschlossen, wobei der Verbinder ein erstes Ende und ein zweites Ende aufweist und das erste Ende eine kleinere Querschnittsfläche als das zweite Ende aufweist und sich eine Bohrung durch den Verbinder vom ersten Ende nach dem zweiten Ende erstreckt, und es wird das zweite Ende des Verbinders an den abgedichteten Aufbau angeschlossen;
- (b) es wird ein Rohr an das erste Ende des Verbinders angeschlossen;
- (c) es wird das Innere des abgedichteten Aufbaus über das Rohr evakuiert;
- (d) es wird das Rohr mit wenigstens einer Dichtung abgedichtet;
- (e) es werden Hitze und Druck auf den abgedichteten Aufbau ausgeübt.

[0011] Der Schritt (a) kann den Aufbau von wenigstens zwei metallischen Komponenten zu einem Stapel relativ zueinander derart umfassen, dass die Oberflächen in Passberührung stehen und die Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten gegeneinander abgedichtet werden, mit Ausnahme einer Öffnung, wo ein Rohr angeschlossen wird, um einen abgedichteten Aufbau zu schaffen, und der Schritt (e) umfasst die Anwendung von Hitze und Druck, um die wenigstens zwei metallischen Komponenten miteinander zu verbinden und um eine integrale Struktur zu schaffen.

[0012] Vorzugsweise umfasst der Schritt (a) das Formen einer ersten metallischen Komponente, das Formen einer zweiten metallischen Komponente, das Formen wenigstens einer Faservorform, wobei die Faservorform wenigstens eine Faser umfasst, die Anordnung der wenigstens einer Faser und eines Füllmetalls zwischen der ersten metallischen Komponente und der zweiten metallischen Komponente, das Abdichten der ersten metallischen Komponente gegenüber der zweiten metallischen Komponente, und der Schritt (e) umfasst die Anwendung von Hitze und Druck derart, dass die wenigstens eine Faser und das Füllmetall verdichtet werden, und es umfasst der Schritt (e) die Diffusionsverschweißung des Füllmetalls mit der ersten metallischen Komponente und der zweiten metallischen Komponente, um eine einheitliche Verbundkomponente zu schaffen.

[0013] Vorzugsweise umfasst der Schritt (a) die Erzeugung einer Nut in der ersten metallischen Komponente, die Anordnung der wenigstens einer Faser und des Füllmetalls in der Nut in der ersten metalli-

schen Komponente und die Anordnung der zweiten metallischen Komponente in der Nut der ersten metallischen Komponente.

[0014] Vorzugsweise umfasst der Schritt (a) die Erzeugung eines Vorsprungs auf der zweiten metallischen Komponente und die Anordnung des Vorsprungs der zweiten metallischen Komponente in der Nut der ersten metallischen Komponente.

[0015] Vorzugsweise umfasst der Schritt (a) die Erzeugung einer in Umfangsrichtung verlaufenden Nut in der Oberfläche der ersten metallischen Komponente, die Anordnung wenigstens einer in Umfangsrichtung verlaufenden Faser und des Füllmetalls in der in Umfangsrichtung verlaufenden Nut der ersten metallischen Komponente und die Anordnung der zweiten metallischen Komponente in der Nut der ersten metallischen Komponente.

[0016] Vorzugsweise ist die wenigstens eine Faser eine Siliziumkarbidfaser, eine Siliziumnitridfaser, eine Borfaser oder eine Aluminiumoxidfaser.

[0017] Vorzugsweise ist die Faser eine mit Metall überzogene Faser.

[0018] Vorzugsweise ist die mit Metall überzogene Faser eine mit Titan überzogene Faser, eine mit Titanaluminid überzogene Faser oder eine mit einer Titanlegierung überzogene Faser.

[0019] Vorzugsweise ist die in Umfangsrichtung verlaufende Faser eine Faservorform.

[0020] Vorzugsweise wird die Faservorform durch Aufwicklung wenigstens einer Faser auf einen Kern erzeugt, um eine spiralförmige Faservorform zu schaffen.

[0021] Vorzugsweise besteht das Füllmetall aus wenigstens einem Metalldraht.

[0022] Vorzugsweise ist der Metalldraht eine Drahtvorform.

[0023] Vorzugsweise wird die Drahtvorform durch Aufwicklung wenigstens eines Metalldrahtes auf einem Formkörper hergestellt, um eine Spiraldrahtvorform zu erzeugen.

[0024] Vorzugsweise ist der wenigstens eine Metalldraht ein Titandraht, ein Titanaluminiddraht oder ein Draht aus einer Titanlegierung.

[0025] Das erste Ende des Verbinders kann einen Bohrungsabschnitt mit größerem Querschnitt aufweisen, um die Auslassoberfläche des Rohres aufzunehmen.

[0026] Stattdessen empfängt das erste Ende des Verbinders die innere Oberfläche des Rohres.

[0027] Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder vom ersten Ende nach dem zweiten Ende. Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder glatt vom ersten Ende nach dem zweiten Ende.

[0028] Vorzugsweise ist der Verbinder im Querschnitt kreisförmig.

[0029] Vorzugsweise ist das Rohr im Querschnitt kreisförmig.

[0030] Vorzugsweise hat das zweite Ende des Verbinders einen Bereich mit kleinerer Querschnittsfläche als der Rest des zweiten Endes, und der Abschnitt mit kleinerer Querschnittsfläche erstreckt sich in die Öffnung in dem verdichteten Aufbau.

[0031] Vorzugsweise umfasst der Verbinder ein Material, das weicher ist als die wenigstens zwei metallischen Komponenten.

[0032] Vorzugsweise erfolgt die Abdichtung der Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten durch gegenseitige Verschweißung der Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten.

[0033] Vorzugsweise ist das zweite Ende des Verbinders mit dem abgedichteten Aufbau durch Verschweißung verbunden.

[0034] Vorzugsweise ist das Rohr mit dem ersten Ende des Verbinders durch Verschweißung verbunden.

[0035] Die vorliegende Erfindung umfasst auch einen Verbinder, um ein Rohr mit einem abgedichteten Aufbau zu verbinden, und der Verbinder umfasst ein erstes Ende und ein zweites Ende und das erste Ende hat eine kleinere Querschnittsfläche als das zweite Ende, wobei sich eine Bohrung durch den Verbinder von dem ersten Ende nach dem zweiten Ende erstreckt und das erste Ende besitzt Mittel, um das Rohr aufzunehmen und das zweite Ende besitzt Mittel, um von dem abgedichteten Aufbau aufgenommen zu werden.

[0036] Das erste Ende des Verbinders kann einen Bohrungsabschnitt mit einer größeren Querschnittsfläche aufweisen, um die äußere Oberfläche des Rohres aufzunehmen.

[0037] Stattdessen kann das erste Ende des Verbinders die innere Oberfläche des Rohres aufnehmen.

[0038] Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder von dem ersten Ende nach dem zweiten Ende.

[0039] Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder glatt von dem ersten Ende nach dem zweiten Ende.

[0040] Vorzugsweise ist der Verbinder im Querschnitt kreisförmig.

[0041] Vorzugsweise ist die Bohrung im Querschnitt kreisförmig.

[0042] Vorzugsweise hat das zweite Ende des Verbinders einen Bereich mit kleinerem Querschnitt und der Bereich mit kleinerem Querschnitt erstreckt sich in die Öffnung in dem abgedichteten Aufbau.

[0043] Vorzugsweise besteht der Verbinder aus einem Material, das weicher ist als der abgedichtete Aufbau.

[0044] Die vorliegende Erfindung schafft auch ein Verfahren zur Verbindung eines Rohres mit einem abgedichteten Aufbau, welches die folgenden Schritte umfasst: es wird ein Verbinder mit einem abgedichteten Aufbau verbunden; der Verbinder besitzt ein erstes Ende und ein zweites Ende; das erste Ende hat einen kleineren Querschnittsbereich als das zweite Ende und eine Bohrung erstreckt sich durch den Verbinder vom ersten Ende nach dem zweiten Ende; es wird das zweite Ende des Verbinders mit dem abgedichteten Aufbau verbunden; es wird das Rohr mit dem ersten Ende des Verbinders verbunden.

[0045] Das erste Ende des Verbinders kann einen Bohrungsabschnitt mit größerem Querschnitt aufweisen, um die äußere Oberfläche des Rohres aufzunehmen.

[0046] Das erste Ende des Verbinders kann die innere Oberfläche des Rohres aufnehmen.

[0047] Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder von dem ersten Ende nach dem zweiten Ende.

[0048] Vorzugsweise verjüngt sich der Verbinder glatt von dem ersten Ende nach dem zweiten Ende.

[0049] Vorzugsweise ist der Verbinder kreisförmig im Querschnitt. Vorzugsweise ist die Bohrung kreisförmig im Querschnitt.

[0050] Vorzugsweise hat das zweite Ende des Verbinders einen Bereichsabschnitt mit kleinerem Querschnitt, und der Bereichsabschnitt mit kleinerem Querschnitt erstreckt sich in die Öffnung des abgedichteten Aufbaus.

[0051] Vorzugsweise besteht der Verbinder aus einem Material, das weicher ist als das des abgedichteten Aufbaus.

[0052] Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

[0053] [Fig. 1](#) ist eine in Längsrichtung axial verlaufende Schnittansicht durch einen beschauften Kompressorrotor, der gemäß der Erfindung hergestellt ist;

[0054] [Fig. 2](#) ist eine Grundrissansicht einer Faservorform, die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren Anwendung findet;

[0055] [Fig. 3](#) ist eine Querschnittsansicht der in [Fig. 2](#) dargestellten Vorform;

[0056] [Fig. 4](#) ist eine in Längsrichtung axial verlaufende Schnittansicht durch einen Aufbau von Faservorformen, die zwischen ersten und zweiten Metallringen angeordnet sind;

[0057] [Fig. 5](#) ist eine in Längsrichtung verlaufende axiale Schnittansicht durch den Aufbau von Faservorformen, die zwischen ersten und zweiten Metallringen angeordnet sind, nach der gegenseitigen Verschweißung;

[0058] [Fig. 6](#) ist in größerem Maßstab gezeichnet eine Schnittansicht des in [Fig. 5](#) dargestellten Verbinders und des Rohres;

[0059] [Fig. 7](#) ist in größerem Maßstab gezeichnet eine Schnittansicht einer alternativen Ausführungsform von Verbinder und Rohr gemäß [Fig. 5](#);

[0060] [Fig. 8](#) ist eine in Längsrichtung verlaufende axiale Schnittansicht durch den Aufbau der Faservorformen, die zwischen den ersten und zweiten Metallringen angeordnet sind, nach der Verfestigung und Verschweißung zwecks Herstellung eines einheitlichen Verbundgegenstandes;

[0061] [Fig. 9](#) ist eine Grundrissansicht der Faser- und Drahtvorform, die bei einem alternativen Verfahren der vorliegenden Erfindung benutzt wird;

[0062] [Fig. 10](#) ist eine Schnittansicht durch die Vorform gemäß [Fig. 9](#).

[0063] Ein fertiger mit Keramikfasern verstärkter Metallrotor **10** mit integralen Rotorschaukeln ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Der Rotor **10** umfasst einen Metallring **12**, der einen Ring aus in Umfangsrichtung verlaufenden keramischen Verstärkungsfasern **14** umfasst, die in dem Metallring **12** eingebettet sind. Mehrere massive Metallrotorschaukeln **16** sind im Umfangsabstand auf dem Metallring **12** angeordnet und sie erstrecken sich radial von dem Metallring **12** nach außen und sind integral mit diesem hergestellt.

[0064] Ein mit Keramikfasern verstärkter Metallrotor **10** wird unter Benutzung einer Vielzahl von Keramikfasern hergestellt, die mit Metall überzogen sind. Jede Keramikfaser **14** ist mit einer Metallmatrix **18** durch ein geeignetes Verfahren, beispielsweise durch physikalische Dampfablagerung, durch Sputtern usw. überzogen. Jede mit Metall **18** überzogene Keramikfaser **14** ist um einen Kern aufgewickelt, um eine ringförmige oder scheibenförmige Faservorform **20** zu bilden, wie diese in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt ist. Jede ringförmige oder faserverstärkte Faservorform **20** besteht damit aus einer einzigen mit Metall überzogenen Keramikfaser **14**, die spiralförmig angeordnet ist, wobei benachbarte Windungen der Spirale aneinander liegen. Ein Kleber **22** wird auf die ringförmige oder scheibenförmige Faservorform an geeigneten Stellen aufgetragen, um die Windungen in ihrer Spirale zusammen zu halten. Der Kleber ist derart gewählt, dass er vollständig von der ringförmigen oder scheibenförmigen Faservorform **20** entfernt werden kann, bevor die Verfestigung eintritt. Der Kleber kann beispielsweise aus Polymethyl-Methacrylat in Dichlormethan bestehen (Perspex (RTM) in Dichlormethan).

[0065] Es wird ein erster Metallring oder eine Metallscheibe **30** geformt, und es wird eine axial verlaufende Ringnut **32** in eine radial verlaufende axiale Fläche **34** des ersten Metallringes **30** eingearbeitet, wie dies in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Die Ringnut **32** besitzt gerade, parallele Seiten, die einen rechteckigen Querschnitt bilden. Es wird ein zweiter Metallring oder eine zweite Metallscheibe **36** geformt und aus dem zweiten Metallring oder der Metallscheibe **36** wird ein axial vorstehender Ringsteg **38** derart ausgebildet, dass er sich von der radial verlaufenden Fläche **40** des zweiten Metallringes oder der Metallscheibe **36** axial erstreckt. Der zweite Metallring oder die Metallscheibe **36** ist außerdem so ausgearbeitet, dass zwei Ringnuten **42** und **44** in der Fläche **40** des zweiten Metallringes oder der Metallscheibe **36** eingearbeitet werden. Die Ringnuten **42** und **44** liegen radial auf gegenüberliegenden Seiten des Ringsteges **38**, und die Ringnuten **42** und **44** sind radial von der Fläche **40** nach der Basis des Ringsteges **38** verjüngt. Dabei ist festzustellen, dass die radial inneren und äußeren Dimensionen und die Durchmesser des Ringsteges **38** im Wesentlichen gleich sind den radial inneren und äußeren Dimensionen bzw. Durchmessern der Ringnut **32**.

[0066] Eine oder mehrere der ringförmigen Faservorformen **20** sind koaxial in die Ringnut **32** in der Fläche **34** des ersten Metallringes **30** eingelegt. Die radial inneren und äußeren Dimensionen bzw. Durchmesser der ringförmigen Faservorform **20** sind im Wesentlichen die gleichen wie die radial inneren und äußeren Dimensionen bzw. Durchmesser der Ringnut **32**, so dass die ringförmige Faservorform **20** in die Ringnut **32** eingelegt werden kann und die

Ringnut **32** im Wesentlichen ausfüllt. Eine ausreichende Zahl von ringförmigen Faservorformen **20** wird in der Ringnut **32** gestapelt, um diese Ringnut **32** bis zu einer vorbestimmten Höhe teilweise auszufüllen.

[0067] Dann wird der zweite Metallring **36** so angeordnet, dass die Fläche **40** der Fläche **34** des ersten Metallringes **30** gegenüberliegt und die Achsen der ersten und zweiten Metallringe **30** und **36** aufeinander ausgerichtet sind, so dass der Ringsteg **38** auf dem zweiten Metallring **36** auf die Ringnut **32** des ersten Metallringes **30** ausgerichtet ist. Dann wird der zweite Metallring **36** derart auf den ersten Metallring **30** gedrückt, dass der Ringsteg **38** in die Ringnut **32** eintritt, und dann erfolgt eine weitere Pressung, bis die Fläche **40** des zweiten Metallringes **36** auf der Fläche **34** des ersten Metallringes **30** anstößt, wie dies in [Fig. 5](#) dargestellt ist.

[0068] Der radial innere und äußere Umfang der Fläche **34** des ersten Metallringes **30** ist gegenüber dem radial inneren und radial äußeren Umfang der Fläche **40** des zweiten Metallringes **36** abgedichtet, um einen abgedichteten Aufbau zu erzeugen. Die Abdichtung erfolgt vorzugsweise durch WIG (Wolfram-Inert-Gas)-Schweißen, Elektronenstrahlschweißen, Laserschweißen oder einen anderen geeigneten Schweißprozess, durch den eine innere Ringschweißnaht **46** und eine äußere Ringschweißnaht **48** erzeugt werden, wie dies in [Fig. 5](#) dargestellt ist.

[0069] Dann wird ein Rohr **50** an eine Öffnung **49** in dem abgedichteten Aufbau über einen Verbinder **51** angeschlossen, wie dies deutlicher aus [Fig. 6](#) hervorgeht. Der Verbinder **51** weist ein erstes Ende **52** und ein zweites Ende **53** auf, und das erste Ende **52** besitzt eine kleinere Querschnittsfläche als das zweite Ende **53** und es erstreckt sich eine Bohrung **54** durch den Verbinder **51** vom ersten Ende **52** bis zum zweiten Ende **53**.

[0070] Das erste Ende **52** des Verbinders **51** besitzt einen Bohrungsabschnitt **55** mit größerem Querschnitt. Der Bohrungsabschnitt **55** mit größerem Querschnitt ist im Wesentlichen der gleiche wie die Querschnittsfläche des Rohres **50**, so dass die äußere Oberfläche des Rohres **50** im Bohrungsabschnitt **55** aufgenommen werden kann. Der Verbinder **51** ist vom ersten Ende **52** nach dem zweiten Ende **53** konisch ausgebildet und vorzugsweise erfolgt der konische Übergang glatt vom ersten Ende **52** nach dem zweiten Ende **53**. Der Verbinder **51** ist im Querschnitt kreisförmig ausgebildet und die Bohrung **54** ist im Querschnitt kreisförmig ausgebildet und das Rohr **50** hat einen kreisförmigen Querschnitt. Das zweite Ende **53** des Verbinders **51** hat einen Abschnitt **56** mit kleinerem Querschnitt. Der Abschnitt **56** mit kleinerem Querschnitt hat im Wesentlichen den gleichen Querschnitt wie die Öffnung **49**, so dass der Ab-

schnitt **56** mit kleinerem Querschnitt in die Öffnung **49** in dem abgedichteten Aufbau eingesetzt werden kann, um den Verbinder **51** genau relativ zum ersten und zweiten Metallring **30** bzw. **36** anzuordnen. Der Verbinder **51** besteht aus einem Material, das weicher ist als das Material des ersten und zweiten Metallringes **30** bzw. **36**.

[0071] Der Abschnitt **56** wird in die Öffnung **49** eingesteckt und die äußere Oberfläche des zweiten Endes **53** des Verbinders **51** wird gegen den abgedichteten Aufbau am zweiten Metallring **36** durch eine Verschweißung **57** abgedichtet. Das Rohr **50** wird in den Bohrungsabschnitt **55** eingesteckt und die äußere Oberfläche des Rohres **50** wird durch eine Verschweißung **58** gegenüber dem ersten Ende **52** des Verbinders **51** abgedichtet. Die Verschweißungen **57** und **58** sind vorzugsweise WIG-Verschweißungen.

[0072] Der abgedichtete Aufbau wird unter Benutzung einer Vakuumpumpe und unter Benutzung des Rohres **50** evakuiert, das an die Nuten oder Kammern **42** und **44** angeschlossen ist. Dann wird der abgedichtete Aufbau erhitzt, während er kontinuierlich evakuiert wird, um den Kleber **22** aus der ringförmigen Faservorform **20** zu entfernen und um den Kleber **22** aus dem abgedichteten Aufbau zu entfernen.

[0073] Nachdem der gesamte Kleber **22** aus der ringförmigen Faservorform **20** entfernt ist und das Innere des abgedichteten Aufbaus evakuiert ist, wird das Rohr **50** an einer Stelle oder an mehreren Stellen unter Benutzung einer Widerstandsverschweißung abgedichtet. Dann wird der abgedichtete Aufbau erhitzt und es wird ein Druck auf den abgedichteten Aufbau ausgeübt, um eine axiale Verdichtung der ringförmigen Faservorform **20** zu bewirken und es wird durch Diffusionsverschweißung der erste Metallring **30** mit dem zweiten Metallring **36** verbunden und mit einer Diffusionsverschweißung wird das Metall **18** der überzogenen Keramikfasern **14** mit dem Metall oder dem Metallüberzug **18** anderer Keramikfasern mit dem ersten Metallring **30** und dem zweiten Metallring **36** verbunden. Während der Anwendung von Hitze und Druck wirkt der Druck gleichmäßig von allen Seiten auf den abgedichteten Aufbau ein und dies bewirkt, dass sich der Ringsteg **38** axial in die Ringnut **32** hinein bewegt, um die ringförmige Faservorform **20** zu verdichten.

[0074] Die sich hieraus ergebende verdichtete und diffusionsverschweißte durch Keramikfasern verstärkte Komponente ist in [Fig. 8](#) dargestellt. Hier sind die Keramikfasern **14** und der durch Diffusion verschweißte Bereich **62** ersichtlich. Außerdem ermöglichen es die Ringnuten oder Kammern **42** und **44**, dass sich der Ringsteg **38** während des Verfestigungsprozesses bewegt, und dies führt dabei zur Erzeugung einer Vertiefung **63** in der Oberfläche des Teils, der den zweiten Metallring **36** bildete. Die Ver-

tiefung **63** zeigt an, dass eine erfolgreiche Verdichtung stattgefunden hat.

[0075] Nach der Verdichtung und Diffusionsverschweißung wird der Gegenstand bearbeitet, um wenigstens einen Teil von dem abzutragen, was ursprünglich der erste Metallring **30** war, und außerdem wird wenigstens ein Teil des zweiten Metallringes **36** und wenigstens ein Teil des diffusionsverschweißten Bereichs **62** abgetragen. Bei dem Ausführungsbeispiel wird der Hauptteil des zweiten Metallringes **36** und der Hauptteil der Diffusionsverschweißung **62** entfernt.

[0076] Der Gegenstand kann beispielsweise durch elektro-chemische Bearbeitung oder durch Fräsen bearbeitet werden, um die integralen Kompressor-schaufeln **16** zu erzeugen, wie diese in [Fig. 1](#) dargestellt sind oder der Gegenstand kann so bearbeitet werden, dass ein Schlitz oder mehrere Schlitze gebildet werden, um die Schaufelfüße der Kompressorlauf-schaufeln aufzunehmen.

[0077] Stattdessen können die Kompressorlauf-schaufeln durch Friktionsverschweißung, durch Laserverschweißung oder durch Elektronenstrahlverschweißung auf dem Gegenstand festgelegt werden.

[0078] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass während der Diffusionsverschweißung und der Verdichtung, d.h. bei dem heißen isostatischen Pressen, der Verbinder **51** progressiv zusammenbricht, aber die Dichtung, d.h. die Verschweißung **57** zwischen dem Verbinder **51** und dem abgedichteten Aufbau nicht beschädigt wird und die Dichtung, d.h. die Verschweißung **58** zwischen dem Verbinder **51** und dem Rohr **50** bestehen bleibt. Die Verschweißungen **57** und **58** werden nicht beschädigt, weil sich der Verbinder **51** von dem ersten Ende **52** nach dem zweiten Ende **53** konisch erweitert. Der Verbinder **51** besteht außerdem aus einem weichen Material. Der Verbinder **51** verjüngt sich graduell von dem relativ starren abgedichteten Aufbau nach dem zusammenbrechbaren Rohr **50**, so dass das zweite Ende **53** des Verbinders **51** relativ starr ist, um sich an den abgedichteten Aufbau anzupassen, und das erste Ende **52** des Verbinders **51** ist zusammenbrechbar, um sich dem Rohr **50** anzupassen. So sind die Verschweißungen **57** und **58** in erster Linie Vakuumdichtungen und es brauchen keine strukturellen Dichtungen zu sein, d.h. die Verschweißungen **57** und **58** können WIG-Verschweißungen anstelle von Elektronenstrahlverschweißungen sein.

[0079] Ein abgewandelter Verbinder **51A** gemäß [Fig. 7](#) besteht aus einem ersten Ende **52A** und einem zweiten Ende **53A**. Das erste Ende **52A** besitzt einen kleineren Querschnitt als das zweite Ende **53A** und eine Bohrung **54A** erstreckt sich durch den Verbinder **51A** vom ersten Ende **52A** nach dem zweiten Ende

53A.

[0080] Das erste Ende **52A** des Verbinders **51A** nimmt die innere Oberfläche des Rohres **50A** auf. Der Querschnittsbereich des ersten Endes **52A** des Verbinders **51A** entspricht im Wesentlichen der Querschnittsfläche der inneren Oberfläche des Rohres **50A**. Der Verbinder **51A** erweitert sich konisch vom ersten Ende **52A** nach dem zweiten Ende **53A**, und vorzugsweise ist der Konusverbinder **51A** zwischen dem ersten Ende **52A** und dem zweiten Ende **53A** glatt ausgebildet. Der Verbinder **51A** hat einen kreisförmigen Querschnitt und die Bohrung **54A** ist kreisförmig im Querschnitt und das Rohr **50A** hat ebenfalls einen kreisförmigen Querschnitt. Das zweite Ende **53A** des Verbinders **51A** hat einen kleineren Querschnittsabschnitt **56A**. Der kleinere Querschnittsabschnitt **56A** hat im Wesentlichen den gleichen Querschnitt wie die Öffnung **49A**, so dass der Abschnitt **56A** mit kleinerem Querschnitt in die Öffnung **49A** in dem abgedichteten Aufbau eingesetzt werden kann, um den Verbinder **51** genau relativ zu den ersten und zweiten Metallringen **30** bzw. **36** anzuordnen. Der Verbinder **51A** besteht aus einem Material, das weicher ist als das Material von erstem Metallring **30** und zweitem Metallring **36**.

[0081] Der Abschnitt **56A** wird in die Öffnung **49** eingesteckt und die äußere Oberfläche des zweiten Endes **53A** des Verbinders **51A** wird gegenüber dem abgedichteten Aufbau, dem zweiten Metallring **36**, durch eine Verschweißung **57A** abgedichtet. Die innere Oberfläche des Rohres **50A** wird über die äußere Oberfläche des ersten Endes **52A** gezogen und die äußere Oberfläche des Rohres **50** wird durch eine Verschweißung **58A** gegenüber dem Verbinder **51** abgedichtet. Die Verschweißungen **57A** und **58A** sind vorzugsweise WIG-Verschweißungen.

[0082] Vor der Diffusionsverschweißung und der Verfestigung wird der Aufbau an einer oder mehreren Stellen durch Widerstandsverschweißung abgedichtet. Der Verbinder **51A** wird durch Widerstandsverschweißung radial über das Rohr **50A** und durch das erste Ende **52A** des Verbinders **51A** verschweißt, und dies bildet eine primäre Vakuumdichtung. Das Rohr **50A** wird durch eine oder mehrere Widerstandsverschweißungen abgedichtet, um zusätzliche Vakuumdichtungen zu erzielen. Die Dichtung über den Verbinder **51A** vermindert die Gefahr eines Vakuumausfalls infolge von Undichtigkeiten des dünnwandigen Rohres **50A** mit großem Durchmesser, wobei zu bemerken ist, dass das Rohr **50A** mit großem Durchmesser dünnwandig ausgebildet ist, damit es während der Diffusionsverschweißung und Verfestigung zusammenbrechen kann.

[0083] Der Verbinder **51A** hat die gleichen Vorteile wie der Verbinder **51** und zusätzlich liefert der Verbinder **51A** eine bessere Abdichtung des Rohres **50A**.

[0084] Der Verbinder **51** wird allgemein für Rohre kleinen Durchmessers benutzt, z.B. mit einer 3-Millimeter-Bohrung und 1,5 mm dicken Wandrohren und der Verbinder **51A** wird allgemein für dünnwandige Rohre größeren Durchmessers benutzt.

[0085] Die Verstärkungsfasern können aus Aluminiumoxid, aus Siliziumkarbid, Siliziumnitrid, Bor oder anderen geeigneten Fasern bestehen.

[0086] Der Metallüberzug der Verstärkungsfasern besteht aus Titan, Titanaluminid, Titanlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Kupferlegierungen oder anderen geeigneten Metallen, Legierungen oder Zwischenmetallen, die durch Diffusion verschweißbar sind.

[0087] Der erste Metallring und der zweite Metallring bestehen aus Titan, Titanaluminid, Titanlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Kupferlegierungen oder anderen geeigneten Metallen, Legierungen oder Zwischenmetallen, die durch Diffusion verschweißbar sind.

[0088] Die vorliegende Erfindung wurde nur in Verbindung mit spiralförmig aufgewickelten mit Metall überzogenen Fasern beschrieben, jedoch ist die Erfindung auch anwendbar auf die Benutzung von Faservorformen **20A**, die aus spiralförmig gewickelten mit Metall **18** überzogenen Keramikfasern **14** bestehen und in Verbindung mit Drahtvorformen **24A**, die aus spiralförmig aufgewickelten Metalldrähten **26** bestehen, wie dies in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt ist. In den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) ist jede Faservorform **20A** in der gleichen Ebene wie eine zugeordnete Drahtvorform **24A** angeordnet, aber jede Drahtvorform **24A** weist einen größeren Durchmesser auf. Die Vorformen **20A** und **24A** können in unterschiedlichen Ebenen angeordnet werden.

[0089] Außerdem ist die vorliegende Erfindung anwendbar für die Benutzung spiralförmig aufgewickelter Fasern und Metallfolien, spiralförmig aufgewickelter Fasern und Metallpulver, schraubenlinienförmig aufgewickelter Fasern in Metallbändern, spiralförmig aufgewickelter Fasern und spiralförmig aufgewickelter Drähte oder es können andere Formen von Metallfüllkörpern Verwendung finden.

[0090] Der Metalldraht kann aus Titan, aus Titanaluminid, aus Titanlegierungen, aus Aluminium, aus Aluminiumlegierungen, aus Kupfer, aus Kupferlegierungen oder irgendeinem anderen geeigneten Metall oder Legierungen oder Zwischenmetallen bestehen, die durch Diffusion verschweißbar werden können. Die Metallfolie, das Metallband, das Metallpulver oder andere Metallfüllkörper können aus Titan, Titanaluminid, Titanlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Kupferlegierungen oder irgendeinem anderen geeigneten Metall, einer Legierung oder ei-

nem Zwischenmetall bestehen, die in der Lage sind, durch Diffusion verschweißbar zu werden.

[0091] Beispielsweise können im Falle von Metallringen aus einer Titanlegierung, z.B. Ti 6 Gewichtsprozent Al 4 Gewichtsprozent V, die Verbinder aus kommerziell reinem Titan bestehen, das weicher ist als die Titanlegierung.

[0092] Die vorliegende Erfindung wurde in Verbindung mit einer in Umfangsrichtung verlaufenden Nut in einer Stirnseite des ersten Metallringes und einem ringsum laufenden Ringsteg auf einer Stirnseite eines zweiten Metallringes beschrieben. Es ist jedoch auch möglich, eine ringsum laufende Nut auf einer radial äußeren oder inneren Oberfläche des Ringes vorzusehen. Die vorliegende Erfindung ist auch anwendbar in Verbindung mit der Benutzung einer Vielzahl von Fasern oder mit Metall überzogenen Fasern, die sich in einer einzigen Richtung erstrecken, wobei die Fasern oder die mit Metall überzogenen Fasern in Schichten angeordnet sind und die Schichten aufeinander gestapelt sind.

[0093] Die vorliegende Erfindung ist auch anwendbar für andere Anordnungen, wo die Fasern zwischen zwei oder mehreren metallischen Komponenten angeordnet werden.

[0094] Die vorliegende Erfindung wurde in Verbindung mit der Herstellung von faserverstärkten Metallmatrix-Verbundgegenständen beschrieben, jedoch ist die Erfindung auch anwendbar auf andere Herstellungsprozesse, bei denen Hitze und Druck auf abgedichtete Aufbauten ausgeübt werden, die durch ein Rohr evakuiert wurden, das an einen starren Befestigungspunkt angeschlossen wurde. So ist die vorliegende Erfindung auch auf andere Herstellungsverfahren anwendbar, die eine Diffusionsverschweißung, beispielsweise zur Herstellung diffusionsverschweißter Gegenstände benutzen, wie z.B. die Herstellung von diffusionsverschweißten und superplastisch geformten Gegenständen oder die Herstellung von isostatisch heiß gepressten Gegenständen, z.B. zur Verfestigung von Pulvermetallgegenständen. Der Verbinder kann benutzt werden, um das Rohr mit einem zusammenbrechbaren Vakuumkocher zu verbinden, wobei metallische Komponenten, Metallpulver usw. zur Diffusionsverschweißung, zur Verlötung, zur Verfestigung, zur isostatischen Heißverpressung usw. angeordnet werden. Das Rohr wird an dem Vakuumkocher an einem starren Befestigungspunkt angeschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes durch Anwendung von Hitze und Druck mit den folgenden Schritten:

(a) es wird ein Verbinder (**51**) an einen abgedichteten

Aufbau angeschlossen, wobei der Verbinder (51) ein erstes Ende (52) und ein zweites Ende (53) aufweist und das erste Ende (52) eine kleinere Querschnittsfläche als das zweite Ende (53) aufweist und sich eine Bohrung (54) durch den Verbinder (51) vom ersten Ende (52) nach dem zweiten Ende (53) erstreckt, und es wird das zweite Ende (53) des Verbinders (51) an den abgedichteten Aufbau angeschlossen;

(b) es wird ein Rohr (50) an das erste Ende (52) des Verbinders (51) angeschlossen;

(c) es wird das Innere des abgedichteten Aufbaus über das Rohr (50) evakuiert;

(d) es wird das Rohr (50) mit wenigstens einer Dichtung abgedichtet;

(e) der abgedichtete Aufbau wird Hitze und Druck ausgesetzt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem im Schritt (a) wenigstens zwei metallische Komponenten (30, 36) relativ zueinander zu einem Stapel derart aufgebaut werden, dass die Oberflächen (34, 40) in Passberührung stehen, worauf die Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten (30, 36) mit Ausnahme einer Öffnung (49) gegeneinander abgedichtet werden, wo ein Rohr (50) angeschlossen wird, damit ein abgedichteter Aufbau erzeugt wird und wobei der Schritt (e) die Anwendung von Hitze und Druck umfasst, um eine Diffusionsverschweißung der wenigstens zwei metallischen Komponenten (30, 36) zu bewirken und dadurch eine integrale Struktur zu schaffen.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Schritt (a) die Formung einer ersten metallischen Komponente (30), die Formung einer zweiten metallischen Komponente (36), die Formung von wenigstens einer Faservorform (20) umfasst, wobei die Faservorform (20) wenigstens eine Faser (14) enthält und die wenigstens eine Faser (14) und ein Füllmetall (18) zwischen die erste metallische Komponente (30) und die zweite metallische Komponente (36) eingeführt werden und wobei die erste metallische Komponente (30) gegenüber der zweiten metallischen Komponente (36) abgedichtet wird und wobei der Schritt (e) die Anwendung von Hitze und Druck derart umfasst, dass die wenigstens eine Faser (14) und das Füllmetall (18) verdichtet werden und das Füllmetall (18), die erste metallische Komponente (30) und die zweite metallische Komponente (36) diffusionsverschweißt werden, um eine einheitliche Verbundkomponente zu schaffen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem im Schritt (a) eine Nut (32) in der ersten metallischen Komponente (30) erzeugt wird und die wenigstens eine Faser (14) und das Füllmetall (18) in die Nut (32) in der ersten metallischen Komponente (30) eingelegt werden und die zweite metallische Komponente (36) in die Nut (32) der ersten metallischen Komponente (30) eingelegt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem im Schritt (a) ein Vorsprung (38) auf der zweiten metallischen Komponente (36) angebracht wird und der Vorsprung (38) der zweiten metallischen Komponente (36) in die Nut (32) der ersten metallischen Komponente (30) eingelegt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, bei welchem im Schritt (a) eine in Umfangsrichtung verlaufende Nut (32) in einer Stirnfläche (34) der ersten metallischen Komponente (30) ausgebildet wird und wenigstens eine in Umfangsrichtung verlaufende Faser (14) und das Füllmetall (18) in die in Umfangsrichtung verlaufende Nut (32) der ersten metallischen Komponente (30) eingelegt werden und die zweite metallische Komponente (36) dann in die Nut (32) der ersten metallischen Komponente (30) eingelegt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei welchem die wenigstens eine Faser (14) eine Siliziumkarbidfaser, eine Siliziumnitridfaser, eine Borfaser oder eine Aluminiumoxidfaser ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei welchem die Faser (14) eine mit Metall (18) überzogene Faser (14) ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die mit Metall (18) überzogene Faser (14) eine mit Titan überzogene Faser, eine mit Titanaluminid überzogene Faser oder eine mit einer Titanlegierung überzogene Faser ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei welchem die in Umfangsrichtung verlaufende Faser (14) eine Faservorform (24) ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei welchem die Faservorform (24) durch Aufwicklung wenigstens einer Faser (14) auf einen Kern erzeugt wird, um eine spiralförmige Faservorform zu schaffen.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, bei welchem das Füllmetall (26) wenigstens ein Metalldraht (26) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei welchem der Metalldraht (26) eine Drahtvorform (20A) bildet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei welchem die Drahtvorform (20A) durch Aufwicklung wenigstens eines Metalldrahtes (26) auf einem Formkörper erzeugt wird, um eine spiralförmige Drahtvorform (20A) herzustellen.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, bei welchem der wenigstens eine Draht (26) ein Titandraht, ein Titanaluminiddraht oder ein Draht aus einer Titanlegierung ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei welchem das erste Ende **(52)** des Verbinders **(51)** einen Bohrungsabschnitt **(55)** mit einem größeren Querschnitt aufweist, um die äußere Oberfläche des Rohres **(50)** aufzunehmen.

(52) des Verbinders **(51)** durch Verschweißung angeschlossen ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, bei welchem das erste Ende **(52A)** des Verbinders **(51A)** die innere Oberfläche des Rohres **(50A)** aufnimmt.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, bei welchem der Verbinder **(51)** vom ersten Ende **(52)** nach dem zweiten Ende **(53)** konisch verlaufend ausgebildet ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei welchem der Verbinder **(51)** vom ersten Ende **(52)** nach dem zweiten Ende **(53)** in einer glatten Konusfläche verläuft.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, bei welchem der Verbinder **(51)** kreisförmig ausgebildet ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei welchem die Bohrung **(54)** kreisförmig ausgebildet ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, bei welchem das Rohr **(50)** im Querschnitt kreisförmig ausgebildet ist.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, bei welchem das zweite Ende **(53)** des Verbinders **(50)** einen Abschnitt **(56)** mit einer Querschnittsfläche aufweist, die kleiner ist als der Rest des zweiten Endes **(53)**, wobei sich der Abschnitt **(56)** mit kleinerem Querschnitt in die Öffnung **(49)** im abgedichteten Aufbau hinein erstreckt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 23, bei welchem der Verbinder **(51)** aus einem Material besteht, das weicher ist als das Material der wenigstens zwei metallischen Komponenten **(30, 36)**.

25. Verfahren nach den Ansprüchen 2 bis 15, bei welchem die Abdichtung **(46, 48)** der Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten **(30, 36)** durch gegenseitige Verschweißung der Ränder der wenigstens zwei metallischen Komponenten **(30, 36)** erfolgt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, bei welchem das zweite Ende **(53)** des Verbinders **(51)** mit dem abgedichteten Aufbau durch Verschweißung angeschlossen ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26, bei welchem das Rohr **(50)** mit dem ersten Ende

Fig.1.

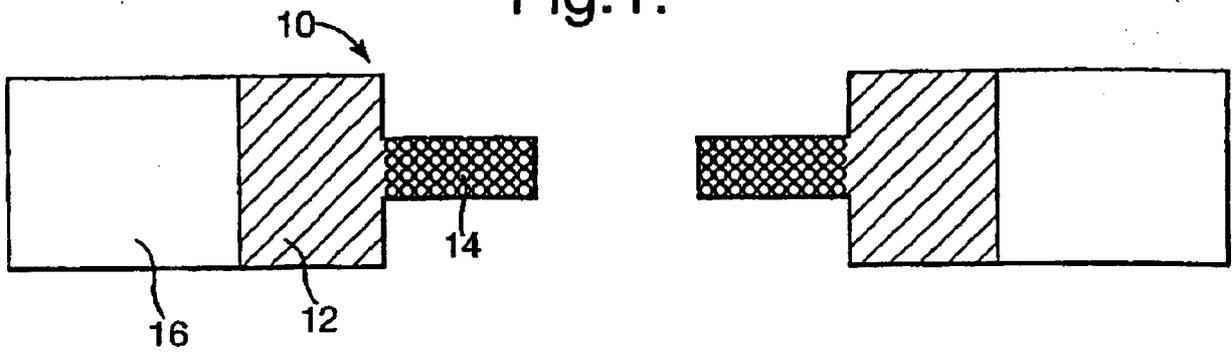


Fig.2.

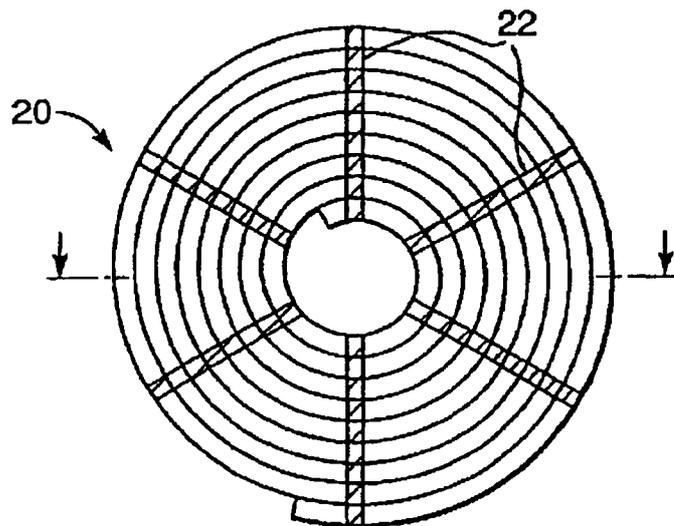


Fig.3.



Fig.4.

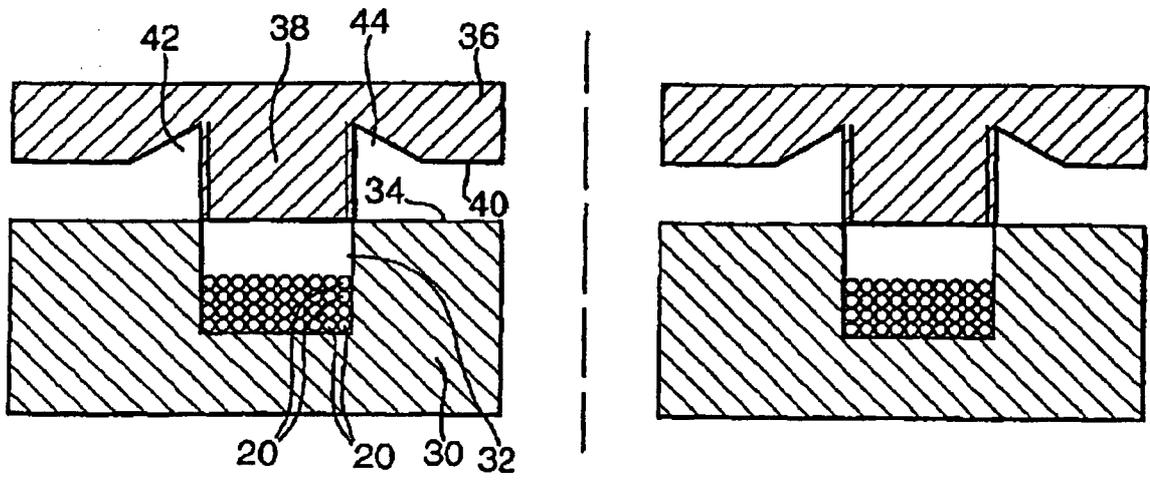


Fig.5.

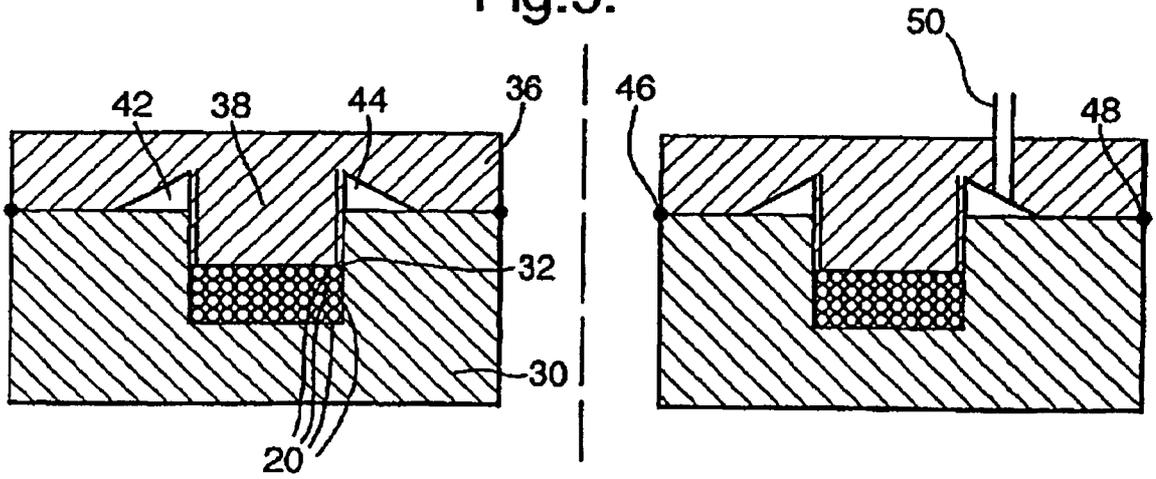
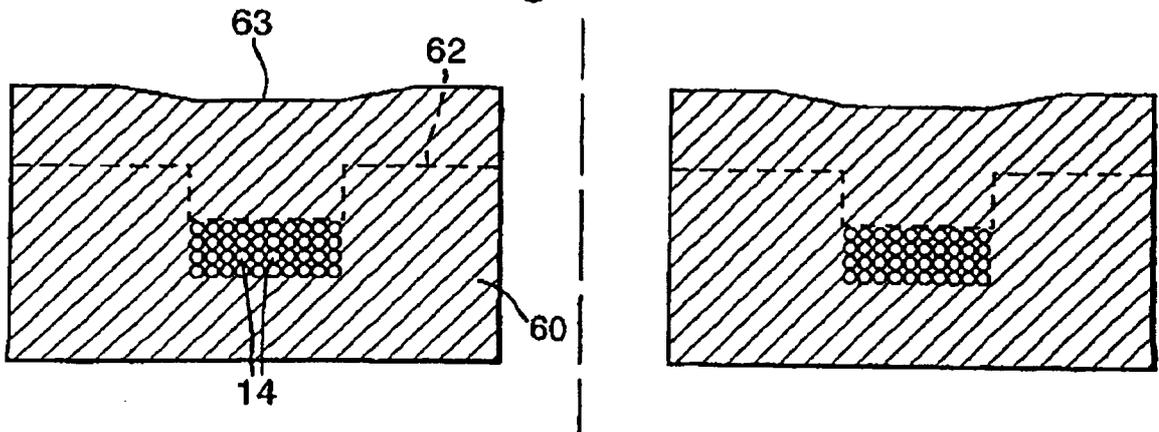


Fig.8.



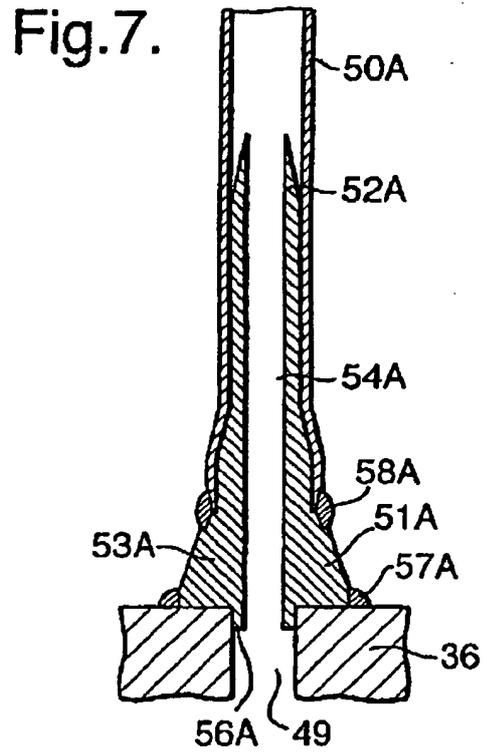
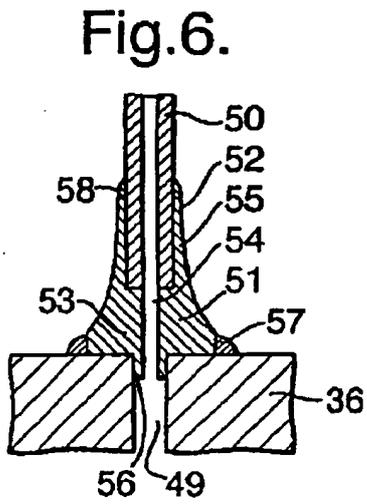


Fig.9.

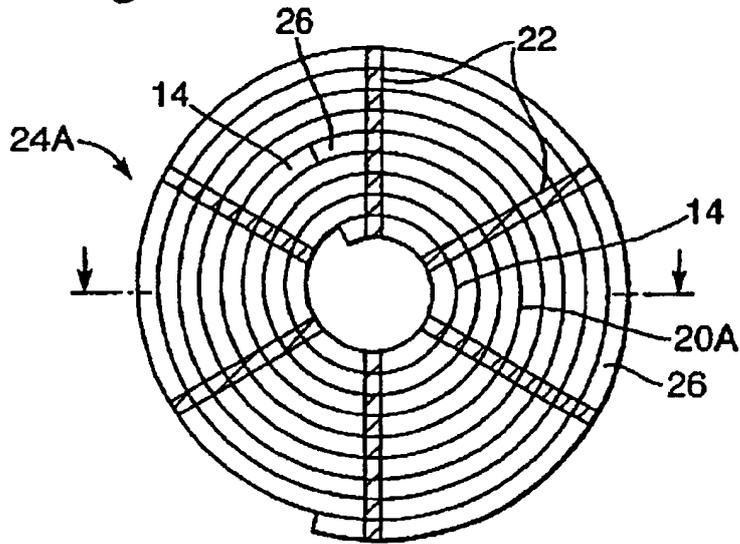


Fig.10.

