



(10) **DE 10 2011 118 890 B4** 2019.04.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 118 890.1**  
(22) Anmeldetag: **18.11.2011**  
(43) Offenlegungstag: **24.05.2012**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.04.2019**

(51) Int Cl.: **F04D 29/28 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**12/952,763**                      **23.11.2010**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges.  
d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:  
**Manitz Finsterwald Patent- und  
Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336  
München, DE**

(72) Erfinder:  
**Hommes, Daniel J., Metamora, Mich., US;  
Williams, Carnell E., Southfield, Mich., US**

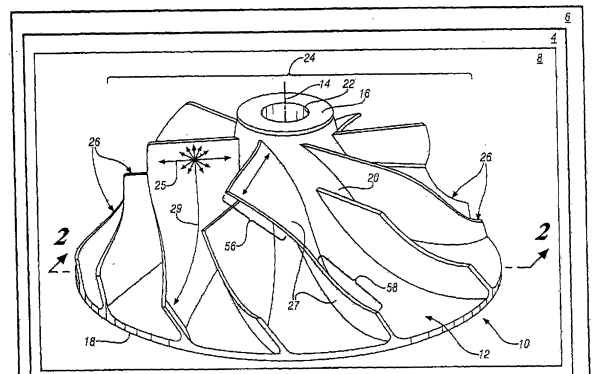
(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>195 13 508</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2007 / 0 297 905</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>4 676 722</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>4 850 802</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>4 465 434</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>4 659 288</b>	<b>A</b>

(54) Bezeichnung: **Turbolader und Zentrifugalkompressorrad aus Verbundwerkstoff**

(57) Hauptanspruch: Abgasgetriebener Turbolader (4) für einen Verbrennungsmotor (6), der einen Zentrifugalkompressor (8) aufweist, umfassend:

eine sich axial erstreckende Nabe (12) mit einem Einlassende (16), einem Auslassende (18), einer bogenförmigen Außenfläche (20) und einer Wellenbohrung (22); und einer Schaufelgruppierung (24), die an der bogenförmigen Außenfläche (20) der sich axial erstreckenden Nabe (12) angeordnet ist, wobei die Schaufelgruppierung (24) eine Mehrzahl um den Umfang beabstandeter, sich radial und axial erstreckender bogenförmiger Zentrifugallaufschaufeln (26), die daran angeordnet sind, umfasst; wobei die sich axial erstreckende Nabe (12) und die Schaufelgruppierung (24) ein vliesartiges, mit diskontinuierlichen Fasern gefülltes Polymermatrixverbundmaterial (28) umfassen.



## Beschreibung

**[0001]** Beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen einen abgasgetriebenen Turbolader und ein Zentrifugalkompressorrad zur Verwendung in einem Kompressor und insbesondere ein Zentrifugalkompressorrad aus Verbundwerkstoff zur Verwendung in einem Kompressor des Turboladers.

**[0002]** Zentrifugalkompressoren werden in Turboladern, Superladern und dergleichen verwendet. Sie umfassen ein Zentrifugalkompressorrad, das eine Gruppierung aerodynamisch konturierter Laufradschaufeln aufweist, die durch einen Zentralnabenabschnitt gelagert sind. Die Nabe ist an einer drehbar angetriebenen Welle montiert, die in dem Fall eines Turboladers durch das Turbinenrad angetrieben wird. Für Turbolader weist der Nabenabschnitt allgemein eine zentrale axiale Bohrung auf, in die sich die Welle erstreckt und an der Nabe befestigt ist. Das Befestigen kann eine beliebige geeignete Ausgestaltung annehmen, wie die Verwendung eines Gewindeschafes und einer Nabe, einer kerbverzahnten Nabe, oder alternativ kann sich eine Nase der Welle durch die Nabe erstrecken und daran unter Verwendung einer Mutter befestigt sein, um die Nabe gegen eine Schulter oder einen anderen diametral vergrößerten Aufbau festzuziehen, der mit der Welle drehbar ist. Die Welle treibt dadurch das Zentrifugalkompressorrad drehbar in einer Richtung an, so dass die konturierten Schaufeln axial Luft ziehen und diese Luft radial auswärts auf einem erhöhten Druckniveau in eine Kammer eines Kompressorgehäuses austragen. Die druckbeaufschlagte Luft wird dann von der Kammer an den Luftansaugkrümmer eines Verbrennungsmotors zum Mischen und zum Verbrennen mit Kraftstoff, alles auf eine gut bekannte Art und Weise, geliefert.

**[0003]** Verbesserungen in der Kompressortechnologie und -konstruktion haben in erhöhten Kompressorwirkungsgraden, Strömungsbereichen und einem schnellen Übergangsansprechen durch sorgfältige Konstruktion der Kompressoren, insbesondere der Zentrifugalkompressorräder, resultiert. Beispielsweise weisen die Laufradschaufeln zusammengesetzte und hochkomplexe Krümmungen auf, die so ausgelegt sind, um einen Betriebswirkungsgrad und Strömungsbereich zu optimieren. Die komplexen Schaufelausgestaltungen werden allgemein durch Gießen einer Leichtmetalllegierung ausgebildet, die verschiedene Aluminiumlegierungen aufweist, die bezüglich ihrer relativ geringen Dichte gewählt sind, um die Rotationsträgheit zu senken und ein schnelles Ansprechen während Übergangsbetriebsbedingungen bereitzustellen.

**[0004]** Während sie sich als effektiv erwiesen haben, sind gegossene Zentrifugalkompressorräder dieses Typs Gegenstand von Metallermüdung, die die Be-

triebslebensdauer des Turboladers begrenzt. Beispielsweise kann ein Zentrifugalkompressorrad bei Betriebsdrehzahlen bis zu etwa 100.000 U/min oder mehr gedreht werden. Dies führt zu einer relativ hohen radialen Zugbelastung; insbesondere in dem Nabenabschnitt des Rades, der die radiale Radmasse lagern muss. Diese radiale Zugbelastung ist während des Starts und des Betriebs des Verbrennungsmotors und des Fahrzeugs in dem Fall einer mobilen Anwendung, in die der Turbolader eingebaut ist, auch zyklischer Natur. Da die Nabe zyklisch beansprucht wird, sehen Einschlüsse, Hohlräume und andere Defekte in Verbindung mit dem Gussprozess Spannungserhöher vor, die in Ermüdungsprozessen resultieren, die die Betriebslebensdauer der Räder und Turbolader, die diese enthalten, begrenzen. Die Verwendung geschmiedeter oder gehämmerter Materialien zur Verbesserung der Betriebslebensdauern der Legierungen ist möglich, hat sich jedoch aufgrund der Kosten der Bearbeitung, die erforderlich ist, um die komplexen Ausgestaltungen in Verbindung mit der Nabe und den Schaufeln zu bilden, allgemein als nicht ausreichend wirtschaftlich erwiesen.

**[0005]** Die DE 195 13 508 A1 offenbart einen Verdichter mit einem Verdichterrad, das eine mit Laufradschaufeln bestückte Nabe aus Kunststoff aufweist, einer mit der Nabe verbundenen Welle und einem das Verdichterrad umgebenden Gehäuse. Dabei ist die Nabe des Verdichterrads aus einem mit Endlosfasern verstärkten Thermoplast gefertigt, wobei die Laufradschaufeln aus einem mit Endlosfasern verstärkten Thermoplast separat vorgefertigt und formschlüssig mit der Nabe verbunden sind.

**[0006]** Weiterer Stand der Technik ist in der US 4 850 802 A, der US 4 659 288 A, der US 4 465 434 A, der US 4 676 722 A und der US 2007 / 0 297 905 A1 beschrieben.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen abgasgetriebenen Turbolader sowie ein Zentrifugalkompressorrad zu schaffen, die die erforderlichen Leistungscharakteristiken einschließlich hoher Festigkeit und geringer Rotationsträgheit wie auch reduzierte Anfälligkeit gegenüber Ermüdungsprozessen im Vergleich zu Guss-Rädern bereitstellen.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0009]** Bei einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Zentrifugalkompressorrad für einen rotierbaren Kompressor offenbart.

**[0010]** Das Zentrifugalkompressorrad weist eine sich axial erstreckende Nabe mit einem Einlassende, einem Auslassende, einer bogenförmigen Außenflä-

che und einer Wellenbohrung auf. Das Zentrifugalkompressorrad weist auch eine Schaufelgruppierung auf, die an der bogenförmigen Außenfläche der sich axial erstreckenden Nabe angeordnet ist, wobei die Schaufelgruppierung eine Mehrzahl um den Umfang beabstandeter, sich radial und axial erstreckender bogenförmiger Zentrifugallaufschaufeln, die daran angeordnet sind, umfasst; wobei die sich axial erstreckende Nabe und die Schaufelgruppierung ein nicht verwobenes bzw. vliesartiges, mit diskontinuierlicher Faser gefülltes Polymermatrixverbundmaterial umfassen.

**[0011]** Andere Aufgaben, Merkmale, Vorteile und Einzelheiten werden nur beispielhaft in der folgenden detaillierten Beschreibung der Ausführungsformen offensichtlich, wobei die detaillierte Beschreibung Bezug auf die Zeichnungen nimmt, in welchen:

**Fig. 1** eine schematische perspektivische Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Verbundwerkstoff-Zentrifugalkompressorrades ist, wie hier offenbart ist;

**Fig. 2** eine Schnittansicht des Verbundwerkstoff-Zentrifugalkompressorrades von **Fig. 1** entlang eines Schnitts **2-2** ist;

**Fig. 3** eine Schnittansicht einer zweiten beispielhaften Ausführungsform eines Verbundwerkstoff-Zentrifugalkompressorrades, wie hier offenbart ist, ist; und

**Fig. 4** eine Schnittansicht einer dritten beispielhaften Ausführungsform des Verbundwerkstoff-Zentrifugalkompressorrades ist, wie hier offenbart ist.

**[0012]** Gemäß beispielhafter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** gezeigt ist, ist ein Zentrifugal-Zentrifugalkompressorrad **10** zur Verwendung als ein Zentrifugallaufschaufelrad in einem rotierbaren Kompressor **8** offenbart. Das Zentrifugalkompressorrad **10** ist zur Verwendung als ein Zentrifugallaufschaufelrad in vielen rotierbaren Anwendungen eines Kompressors **8** geeignet, einschließlich Kompressoren **8** für verschiedene abgasgetriebene Turbolader **4** oder dergleichen für Verbrennungsmotoren **6**.

**[0013]** Das Zentrifugalkompressorrad **10** weist eine sich axial erstreckende Nabe **12** auf, die sich entlang einer Längsachse **14** erstreckt. Die sich axial erstreckende Nabe **12** weist ein Einlassende **16**, ein Auslassende **18**, eine bogenförmige Außenfläche **20** und eine Wellenbohrung **22** auf und ist zur lösaren Befestigung an und zum Eingriff mit einer drehbaren Welle (nicht gezeigt) konfiguriert, wie einer Turbinenwelle eines Turboladers, die in einer Wellenbohrung **22** von dem Auslassende **18** aufgenommen ist. Das Zentrifugalkompressorrad **10** weist auch eine Schaufelgruppierung **24**, **Fig. 1**, auf, die an der bogenfö-

migen Außenfläche **20** der sich axial erstreckenden Nabe **12** angeordnet ist. Die Schaufelgruppierung **24** weist eine Mehrzahl um den Umfang beabstandeter, sich radial und axial erstreckender bogenförmiger Zentrifugallaufschaufeln („Laufschaufeln“) **26** auf. Abhängig von den Konstruktionsanforderungen des Zentrifugalkompressorrades **10** kann eine beliebige geeignete Anzahl von Laufschaufeln **26** in der Schaufelgruppierung **24** verwendet werden. Die Laufschaufeln **26** können einen oder mehrere geeignete Umfangsabstände besitzen. Ähnlicherweise können sich die Laufschaufeln **26** radial und axial in einem beliebigen gewünschten Ausmaß erstrecken und eine beliebige geeignete Ausgestaltung, insbesondere der Schaufelflächen **27** aufweisen. Die Laufschaufeln **26** umfassen Airfoils bzw. Leitprofile, und die Schaufelflächen **27** umfassen Airfoil- bzw. Leitprofilflächen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Ausgestaltung der Laufschaufeln **26** durch eine Mehrzahl verbundener Sehnen beschrieben sein, die von der Außenfläche **20** der sich axial erstreckenden Nabe **12** auswärts in einer Sehnenrichtung **25**, **Fig. 1**, vorragen. Wie hier verwendet ist, wird eine Sehne oder Sehnenrichtung **25** dazu verwendet, ein Liniensegment zu bezeichnen, das zwei Punkte einer Kurve verbindet, und umfasst die Breite der Laufschaufeln **26**, oder in dem Kontext der Laufschaufeln **26** als Leitprofile ein gerades Liniensegment, das die vorausgehenden und nachlaufenden Ränder des Leitprofilabschnitts verbindet. Eine Richtung allgemein quer zu der Sehnenrichtung **25** kann als eine Trans- bzw. Quersehnenrichtung **29** definiert sein und erstreckt sich allgemein entlang der Länge der Laufschaufeln, **Fig. 1**. Die Schaufelgruppierung **24** kann an der bogenförmigen Außenfläche **20** der Nabe **12** durch ein beliebig geeignetes Mittel oder ein beliebiges geeignetes Verfahren angeordnet sein, wird jedoch bevorzugt zusammen mit der sich axial erstreckenden Nabe **12** ausgebildet, so dass die Nabe **12** und die Schaufelgruppierung **24** eine einstückige Komponente ohne die Verwendung einer separat gebildeten Verbindung oder der Verwendung eines separaten Fügeverfahrens, um diese aneinander zu fügen, umfasst. Die spezifische Laufschaufelkonturierung weist typischerweise eine Vorwärtsschauflerneigung **56** allgemein benachbart dem Einlassende **16** für zumindest einen Teil der Laufschaufeln **14**, wie in **Fig. 1** gezeigt ist, und zumindest eine gewisse Rückwärtskrümmung **58** nahe der Peripherie der bogenförmigen Außenfläche **20** der sich axial erstreckenden Nabe **12** auf.

**[0014]** Die sich axial erstreckende Nabe **12** und die Schaufelgruppierung **24** sind aus einem vliesartigen, mit diskontinuierlichen Fasern gefüllten Polymermatrixverbundmaterial **28** ausgebildet. („Verbundmaterial“). Das Polymermatrixverbundmaterial **28** kann ein beliebiges geeignetes Polymermatrixverbundmaterial **28** umfassen, einschließlich einer thermoplas-

tischen oder wärmehärtbaren bzw. duroplastischen Polymermatrix **30**. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Polymermatrix **30** ein Epoxid-, Phenol-, Polyimid-, Polyamid-, Polypropylen- oder Polyetherketonharz aufweisen. Die Polymermatrix **30** weist eine Mehrzahl vliesartiger diskontinuierlicher Fasern **32** als ein verteiltes verstärkendes Füllmaterial auf, das eine festigende Phase zur Verstärkung der Polymermatrix bereitstellt, wie in den **Fig. 2** bis **Fig. 4** gezeigt ist. Die Polymermatrix **30** kann auch andere geeignete Füllmaterialien aufweisen, einschließlich verschiedener organischer und anorganischer Partikelfüllmaterialien und insbesondere Füllmaterialien mit verschiedenen Nanopartikelfüllmaterialien, einschließlich Kohlenstoffnanopartikeln, wie verschiedenen Typen von Kohlenstoff-Nanoröhren bzw. -Nanotubes. Das Polymermatrixverbundmaterial **28** kann eine Polymermatrix **30** und Fasern **32** in beliebigen geeigneten relativen Mengen aufweisen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform ist die Menge der Fasern **32** so groß wie möglich, während dennoch eine Mischung bereitgestellt wird, die in die gewünschte Ausgestaltung des Zentrifugalkompressorrades **10** ausgebildet werden kann, um die maximale Menge oder Beladung an Fasern **32** in der Polymermatrix **30** bereitzustellen. Die Fasern **32** können in der Polymermatrix **30** in einer beliebigen geeigneten Art und Weise verteilt sein, einschließlich einer homogenen oder heterogenen Verteilung.

**[0015]** Die Fasern **32** können aus einem beliebigen geeigneten vliesartigen Material mit diskontinuierlichen Fasern ausgebildet werden, einschließlich verschiedenen Metall-, Glas-, Polymer- oder Kohlenstofffasern oder einer Kombination daraus. Die Fasern **32** können eine beliebige geeignete Fasercharakteristik aufweisen, einschließlich Länge, Querschnittsausgestaltung und Querschnittsgröße (beispielsweise Faserdurchmesser für eine zylindrische Faser), und können eine Mischung aus vliesartigen diskontinuierlichen Fasern mit verschiedenen Charakteristiken aufweisen. Die Fasern **32** können individuelle Filamente, Tow- bzw. Werggarne oder nicht verdrehte Bündel diskontinuierlicher (beispielsweise zerhackter) Filamente oder Garne aufweisen.

**[0016]** Das Zentrifugalkompressorrad **10** kann durch ein beliebiges geeignetes Verfahren zum Ausbilden ausgebildet werden, wird jedoch bevorzugt durch Verfahren ausgebildet, die das Rad als eine einteilige Komponente bereitstellen, wie hier beschrieben ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann das Zentrifugalkompressorrad **10** geformt werden. Das Formen kann unter Verwendung eines beliebigen geeigneten Verfahrens ausgeführt werden, einschließlich Verfahren mit offener Form, wie Aufsprühen, oder Verfahren mit geschlossener Form, wie Kompressionsformen, Transferpressen oder Spritzgießen. Die Formverbindungen aus Faserharzpolymerverbundwerkstoff umfassen eine Harzmatrix mit kurzen zu-

fällig verteilten Fasern **32** ähnlich denen, die bei der Kunststoff-Formung verwendet werden. Bei einer beispielhaften Ausführungsform weist die Formverbindung für Verbundwerkstoffbearbeitung duroplastische Polymere auf. Da sie zum Formen ausgelegt sind, müssen sie in der Lage sein, in der Form zu fließen. Demgemäß werden sie allgemein vor der Formbearbeitung nicht gehärtet oder polymerisiert. Das Härten wird während oder nach einer endgültigen Formgebung oder beidem durchgeführt und kann ein Härten bei Raumtemperatur oder erhöhten Temperaturen, einschließlich Erhitzen in einem Autoklaven, aufweisen.

**[0017]** Das hier beschriebene Zentrifugalkompressorrad **10** wird im Wesentlichen aus einem Kern **34** ausgebildet, der sowohl die Kernabschnitte der Laufradschaufeln **26** als auch die sich axial erstreckende Nabe **12** aufweist, die aus dem vliesartigen, mit diskontinuierlichen Fasern gefüllten Polymermatrixverbundmaterial ausgebildet sind. Jedoch kann bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform die Verwendung kontinuierlicher oder semi- bzw. halb-kontinuierlicher Fasern in jeglicher Ausgestaltung, ob als einzelne Filamente, Roving bzw. Vorgarne oder Garne, und einschließlich in verschiedenen Geweben oder Filzen ebenfalls in Verbindung mit dem Kern **34** verwendet werden.

**[0018]** Bei einer beispielhaften Ausführungsform weisen die Laufradschaufeln **26** und die sich axial erstreckende Nabe **12** eine Außenschicht **36** aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** auf, die an dem Kern **34** angeordnet sind, der das vliesartige, mit diskontinuierlichen Fasern gefüllte Polymermatrixverbundmaterial **28** umfasst. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** können beliebige geeignete Fasern aufweisen, einschließlich Metall-, Glas-, Polymer- oder Kohlenstofffasern oder eine Kombination daraus.

**[0019]** Die Außenschicht **36** kann dazu dienen, die Außenfläche **41** des Zentrifugalkompressorrades **10** zu verstärken oder auszusteifen. Die Außenschicht **36** kann an einer Außenfläche **40** des Kerns **34** des Zentrifugalkompressorrades **10** angeordnet sein. Die Außenfläche **40** kann Schaufelflächen **27** oder die Nicht-Schaufel-Außenfläche **41** der sich axial erstreckenden Nabe **20** oder eine Kombination daraus aufweisen. Die Außenschicht **36** muss sich nicht an der Außenfläche **41** des Zentrifugalkompressorrades **10** befinden, sondern kann sich benachbart der Außenfläche **41** befinden und ist bevorzugt durch das Polymermatrixmaterial **30** imprägniert und in dieses eingebettet. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** können in einer beliebigen geeigneten Richtungsorientierung oder einem beliebigen geeigneten Muster über die Außenflächen **40** aufgetragen sein, wie hier beschrieben ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform weist die Schicht kon-

tinuierlicher oder halb-kontinuierlicher Fasern **38** eine Mehrzahl von Faser-Werggarnen oder -Vorgarnen auf, die in einer ersten Richtung orientiert sind. Die erste Richtung kann im Wesentlichen eine Sehnenrichtung **25**, **Fig. 2**, oder im Wesentlichen eine Quersehnenrichtung **29**, **Fig. 3**, sein. Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform weist die Schicht kontinuierlicher oder halb-kontinuierlicher Fasern **38** eine erste Mehrzahl von Fasern, die Filamente, Vorgarne oder Garne oder eine Kombination daraus aufweisen, die in einer ersten Richtung orientiert sind, und eine zweite Mehrzahl von Fasern auf, die Filamente, Vorgarne oder Garne oder eine Kombination daraus aufweisen, die in einer zweiten Richtung orientiert sind. Beispielsweise kann die erste Richtung eine Sehnenrichtung **25** aufweisen, und die zweite Richtung kann eine Quersehnenrichtung **29** aufweisen. Jede Kombination von Sehnen- oder Quersehnenanordnungen kontinuierlicher oder halb-kontinuierlicher Fasern **38** kann für die Außenschicht **36** verwendet werden. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** können auch in anderen Richtungen orientiert sein, einschließlich Richtungen, die in verschiedenen Graden von den Sehnen-**25**- und Quersehnen-**29**-Richtungen vorgespannt sind.

**[0020]** Bei einer anderen beispielhaften Ausführungsform weist die sich axial erstreckende Nabe **12** eine Basisschicht **44** aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** auf, die an dem Kern **34** angeordnet sind, der ein vliesartiges, mit diskontinuierlichen Fasern gefülltes Polymermatrixverbundmaterial **28** umfasst. Die Basisschicht **44** kann dazu dienen, die Basisfläche **48** des Zentrifugalkompressorrades **10** zu verstärken oder auszusteifen. Die Basisfläche **48** kann an der Basisschicht **44** des Kerns **34** neben dem Auslassende **18** angeordnet sein. Die Basisfläche **48** muss nicht einteilig mit der Basisfläche **48** des Zentrifugalkompressorrades **10** sein, sondern kann auch neben der Basisfläche **48** liegen und ist bevorzugt mit der Polymermatrix **30** imprägniert oder in dieser eingebettet. Jede Kombination von Anordnungen kontinuierlicher oder halb-kontinuierlicher Fasern **38** kann für die Basisschicht **44** verwendet werden. Die Fasern **38** können beispielsweise radial oder um den Umfang oder eine Kombination daraus oder in anderen Richtungen orientiert sein, einschließlich Richtungen, die in variierenden Graden von Radial- und Umfangsrichtungen vorgespannt sind. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** können in einer beliebigen geeigneten Richtungsorientierung oder einem beliebigen geeigneten Muster über der Basisschicht **44** aufgetragen werden, wie hier beschrieben ist. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** der Außenschicht **36** und der Basisschicht **44** können sich in einem beliebigen Ausmaß gleich erstrecken, einschließlich Fasern, die sich kontinuierlich zwischen Schichten erstrecken oder in einer überlappenden Anordnung überlappen, oder können nicht

gleich erstreckend sein (d.h. zwei separate Schichten).

**[0021]** Die Außenschicht **36**, die Basisschicht **44** oder beide können kontinuierliche oder halb-kontinuierliche Fasern **38** aufweisen, die als ein gewobenes Gewebe oder Stoff ausgebildet sind. Ein Gewebe, das für die Außenschicht **36** beispielsweise verwendet wird, kann verwobene Fasern **38** aufweisen, die in einer ersten und zweiten Richtung orientiert sind, wobei die erste Richtung eine Sehnenrichtung **25** umfasst und die zweite Richtung eine Quersehnenrichtung **29** umfasst, oder umgekehrt. Die üblichste Ausbildung einer kontinuierlichen Faser ist ein Stoff oder ein Gewebe aus verwobenen Garnen. Ähnlich einem Stoff ist ein verwobenes Roving bzw. Vorgarn oder Tow- bzw. Werggarn, ein Gewebe, das aus nicht verdrehten Filamenten anstatt aus Garnen besteht. Verwobene Vorgarne können in ungleichen Anzahlen von Strängen in den beiden Richtungen erzeugt werden, so dass sie eine größere Festigkeit in einer Richtung besitzen. Derartige unidirektionale verwobene Vorgarne sind oftmals in laminierten faserverstärkten Polymerverbundwerkstoffen bevorzugt. Die kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** können auch in einer Mattenausgestaltung vorliegen, wie einem Filz, der aus zufällig orientierten kurzen Fasern besteht, die mit einem Binder lose aneinandergehalten werden. Matten sind üblicherweise als Tücher mit verschiedenen Gewichten, Dicken und Breiten verfügbar. Die Matten können zur Verwendung als Vorformen in einigen der Prozesse mit geschlossener Form geschnitten und ausgestaltet werden. Während des Formens imprägniert das Harz die Vorform und härtet dann, um die Außenschicht **36** oder Basisschicht **44** zu definieren.

**[0022]** Der Kern **34** kann auch zumindest eine Innenschicht **50** aufweisen, die kontinuierliche oder halb-kontinuierliche Fasern **38** umfasst, die im Wesentlichen quer zu der Längsachse **14** und Wellenbohrung **22**, **Fig. 4**, angeordnet sind. Die Innenschicht **50** kann auch eine Mehrzahl von Schichten **50** aufweisen. Die Innenschicht **50** verstärkt und versteift den Zentrifugalkompressor **10**, insbesondere die sich axial erstreckende Nabe **12**. Die Innenschicht **50** kann aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern **38** auf dieselbe Weise wie die Außenschicht **36** oder Basisschicht **44** ausgebildet sein. Die Fasern **38** können beispielsweise radial oder um den Umfang oder eine Kombination daraus oder in anderen Richtungen orientiert sein, einschließlich Richtungen, die in variierenden Graden von Radial- und Umfangsrichtungen vorgespannt sind.

**[0023]** Die Fasern **38** können auch ein verwobenes Vorgarn oder Gewebe aufweisen.

**[0024]** Das Zentrifugalkompressorrad **10** weist auch eine Wellenbohrung **22** auf. Die Wellenbohrung **22**

kann sich vollständig, **Fig. 1** bis **Fig. 3**, oder teilweise, **Fig. 4**, durch die sich axial erstreckende Nabe **12** erstrecken. Die Wellenbohrung **22** kann so bemessen sein, dass sie eine angetriebene Welle (nicht gezeigt) aufnimmt. Das Zentrifugalkompressorrad **10** kann auch einen Wellenbohrungseinsatz **52** aufweisen. Der Wellenbohrungseinsatz **52** verstärkt die Wellenbohrung **22**. Bei gewissen Ausführungsformen kann der Wellenbohrungseinsatz auch mit Gewinde zum Eingriff mit einer angetriebenen Gewindewelle (nicht gezeigt), wie einer Turbinenwelle, versehen sein. Der Wellenbohrungseinsatz **52** kann ein beliebiges geeignetes Einsatzmaterial aufweisen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann der Wellenbohrungseinsatz **52** ein Metall aufweisen, wie Aluminium oder eine Aluminiumlegierung. Der Wellenbohrungseinsatz **52** kann sich zusammen hängend mit der Wellenbohrung **22** erstrecken oder kann sich nur teilweise in der Wellenbohrung **22** erstrecken. Ähnlicherweise kann sich der Wellenbohrungseinsatz **52** weiter entlang der Längsachse **14** als die Wellenbohrung **22** erstrecken. Die beschriebene Konstruktion sieht ein Zentrifugalkompressorrad **10** vor, das ein geringes Gewicht besitzt und eine relativ geringe Rotationsträgheit für ein schnelles Betriebsansprechen auf Übergangsbedingungen besitzt.

**[0025]** Das Verbundwerkstoff-Zentrifugalkompressorrad **10** dieser Erfindung kann wesentliche Verbesserungen hinsichtlich der Ermüdungslebensdauer gegenüber herkömmlichen Zentrifugalkompressorradern des Typs, der in Turboladern, Superladern oder dergleichen verwendet ist, ohne ein Opfern von Wirkungsgrad und Strömungsbereich gemäß einer bevorzugten aerodynamischen Konturierung der Laufradschaufeln **26** bereitstellen.

**[0026]** Diese Laufradkonturierung umfasst komplexe und zusammengesetzte Schaufelkrümmungen, die eine Herstellung der Schaufeln durch ein von einem Formprozess verschiedenes Mittel wirksam verhindern. Anders gesagt macht diese komplexe Schaufelkonturierung andere Ausbildungstechniken, wie Schmieden, manuelles Bearbeiten und dergleichen, unmöglich oder wirtschaftlich nicht durchführbar. Demgemäß sind in der Vergangenheit Zentrifugalkompressorräder für Turbolader aus einem einheitlichen Gussstück ausgebildet worden, bei dem die Schaufeln einteilig mit einer Radnabe gegossen sind, durch die eine zentrale Axialbohrung ausgebildet ist, wie durch Bohren, um eine Montage an der rotierenden Welle eines Turboladers oder dergleichen zu erlauben, alles auf gut bekannte Weise. Um eine Rotationsträgheit des Zentrifugalkompressorrades zu minimieren und dadurch ein gewünschtes schnelles Ansprechen auf Übergangsbetriebsbedingungen zu erreichen, wird das Gussrad normalerweise aus Aluminium oder einer leichten Aluminiumlegierung ausgebildet.

**[0027]** Wenn das Zentrifugalkompressorrad **10** in Rotation versetzt wird, wird jedes interne Inkrement desselben einer radialen Zugbelastung ausgesetzt, deren Größe gemäß der Drehzahl des Rades und ferner gemäß der Radmasse variiert, die radial auswärts von diesem Inkrement angeordnet ist. Die vorliegende Erfindung sieht ein wesentlich verbessertes Zentrifugal-Zentrifugalkompressorrad **10** durch Ausbildung von Bereichen mit hoher Spannung der sich axial erstreckenden Nabe **12** aus Polymermatrixmaterial **30** vor, das mit vliesartigen diskontinuierlichen Fasern **32** gefüllt ist.

### Patentansprüche

1. Abgasgetriebener Turbolader (4) für einen Verbrennungsmotor (6), der einen Zentrifugalkompressor (8) aufweist, umfassend:
  - eine sich axial erstreckende Nabe (12) mit einem Einlassende (16), einem Auslassende (18), einer bogenförmigen Außenfläche (20) und einer Wellenbohrung (22); und
  - einer Schaufelgruppierung (24), die an der bogenförmigen Außenfläche (20) der sich axial erstreckenden Nabe (12) angeordnet ist, wobei die Schaufelgruppierung (24) eine Mehrzahl um den Umfang beabstandeter, sich radial und axial erstreckender bogenförmiger Zentrifugallaufradschaufeln (26), die daran angeordnet sind, umfasst; wobei die sich axial erstreckende Nabe (12) und die Schaufelgruppierung (24) ein vliesartiges, mit diskontinuierlichen Fasern gefülltes Polymermatrixverbundmaterial (28) umfassen.
2. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 1, wobei das vliesartige, mit diskontinuierlichen Fasern gefüllte Polymermatrixverbundmaterial (28) Metall-, Glas-, Polymer- oder Kohlenstofffasern oder eine Kombination daraus umfasst.
3. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 1, wobei die Laufradschaufeln (26) und die sich axial erstreckende Nabe (12) eine Außenschicht (36) aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern umfassen, die an einem Kern (34) angeordnet sind, der das nicht verwobene, mit diskontinuierlichen Fasern gefüllte Polymermatrixverbundmaterial (28) umfasst.
4. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 3, wobei jede Laufradschaufel (26) eine Schaufelfläche (27) und eine Außenschicht (41) aufweist, die sich neben der Schaufelfläche (27) und der sich axial erstreckenden Nabenfläche befindet.
5. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 3, wobei die Schicht aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern eine Mehrzahl von Faserwergarnen umfasst, die in einer ersten Richtung orientiert sind.

6. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 5, wobei die erste Richtung eine Sehnenrichtung (25) umfasst.

7. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 5, wobei die erste Richtung eine Quersehnenrichtung (29) umfasst.

8. Abgasgetriebener Turbolader (4) nach Anspruch 3, wobei die Schicht kontinuierlicher oder halb-kontinuierlicher Fasern (38) eine erste Mehrzahl von Faserwerggarnen, die in einer ersten Richtung orientiert sind, und eine zweite Mehrzahl von Faserwerggarnen umfasst, die in einer zweiten Richtung orientiert sind.

9. Zentrifugalkompressorrad (10) für einen rotierbaren Kompressor (8), umfassend:  
eine sich axial erstreckende Nabe (12) mit einem Einlassende (16), einem Auslassende (18), einer bogenförmigen Außenfläche (20) und einer Wellenbohrung (22); und  
einer Schaufelgruppierung (24), die an der bogenförmigen Außenfläche (20) der sich axial erstreckenden Nabe (12) angeordnet ist, wobei die Schaufelgruppierung (24) eine Mehrzahl um den Umfang beabstandeter, sich radial und axial erstreckender bogenförmiger Zentrifugallaufschaufeln (26), die daran angeordnet sind, umfasst; wobei die sich axial erstreckende Nabe (12) und die Schaufelgruppierung (24) ein vliesartiges, mit diskontinuierlicher Faser gefülltes Polymermatrixverbundmaterial (28) umfassen.

10. Zentrifugalkompressorrad nach Anspruch 9, wobei das vliesartige, mit diskontinuierlicher Faser gefüllte Polymermatrixverbundmaterial (28) Metall-, Glas-, Polymer- oder Kohlenstofffaser oder eine Kombination daraus umfasst, und wobei das vliesartige, mit diskontinuierlicher Faser gefüllte Polymermatrixverbundmaterial (28) ein Epoxid-, Phenol-, Polyimid-, Polyamid-, Polypropylen- oder Polyetherketonharz umfasst, und wobei die Laufradschaufeln (26) und die sich axial erstreckende Nabe (12) eine Außenschicht (36) aus kontinuierlichen oder halb-kontinuierlichen Fasern umfasst, die an einem Kern (34) angeordnet sind, der das vliesartige, mit diskontinuierlicher Faser gefüllte Polymermatrixverbundmaterial (28) umfasst.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

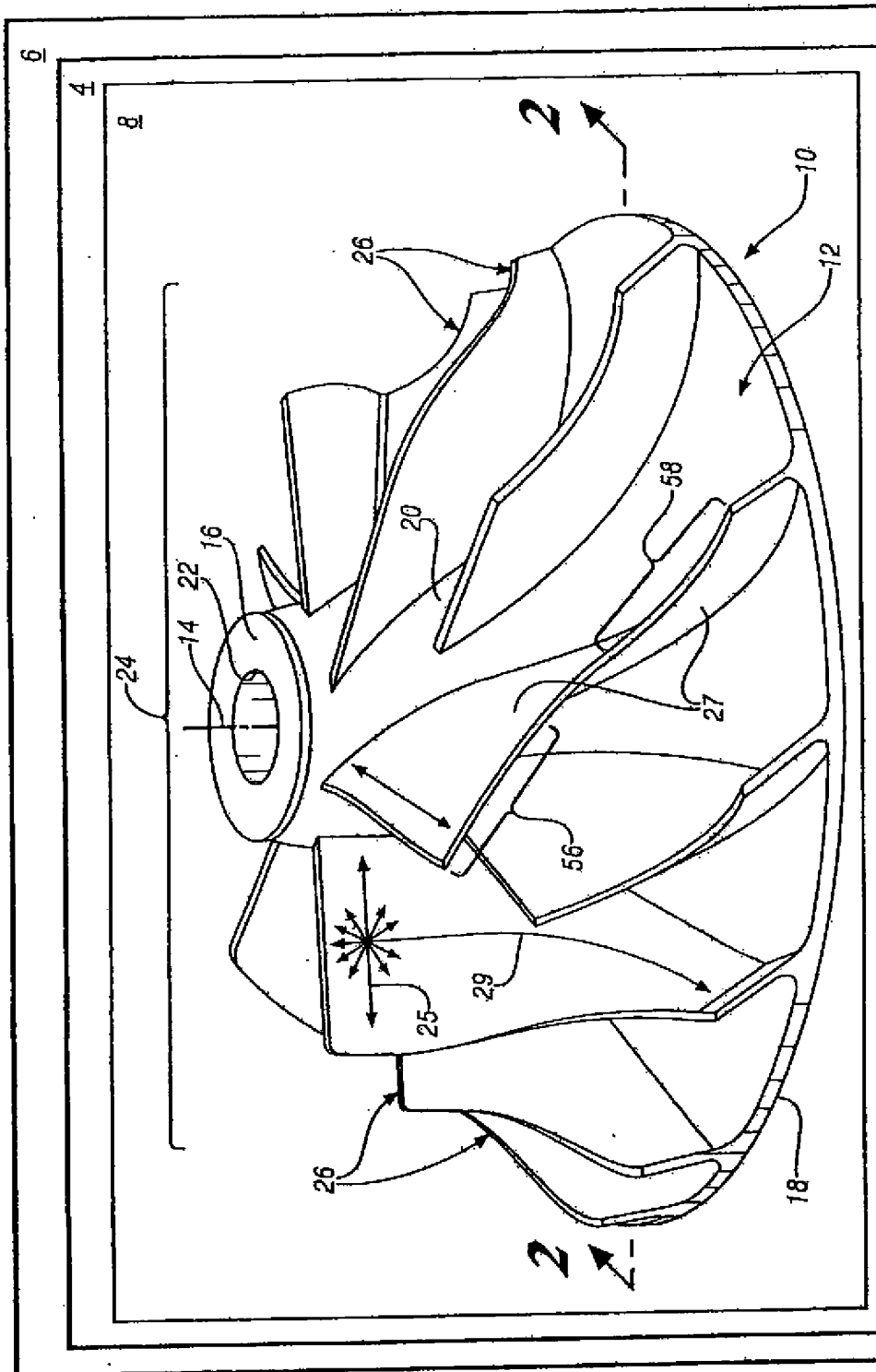


FIG. 1



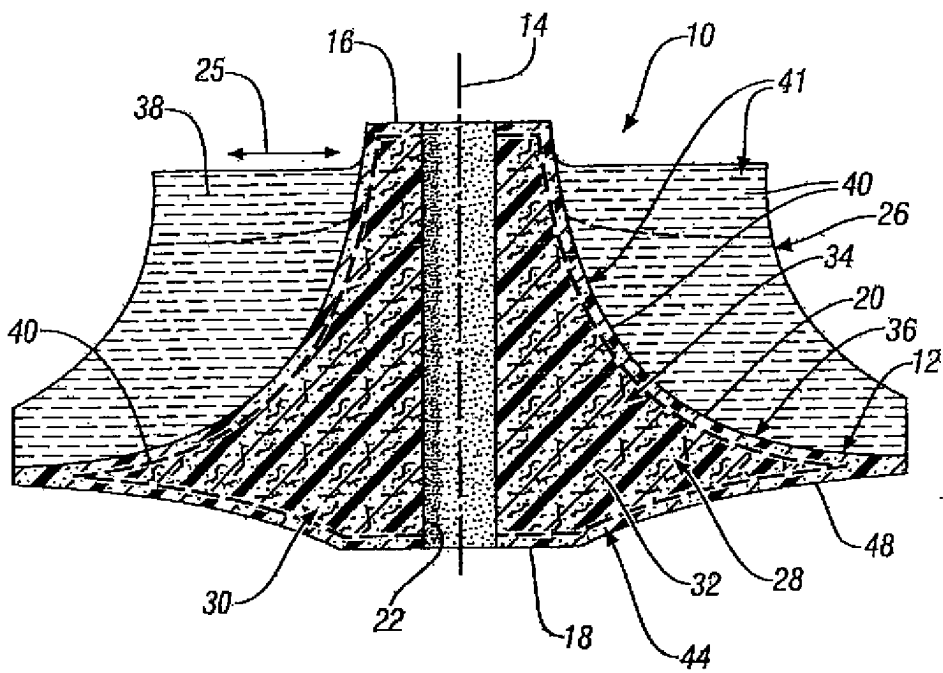


FIG. 2

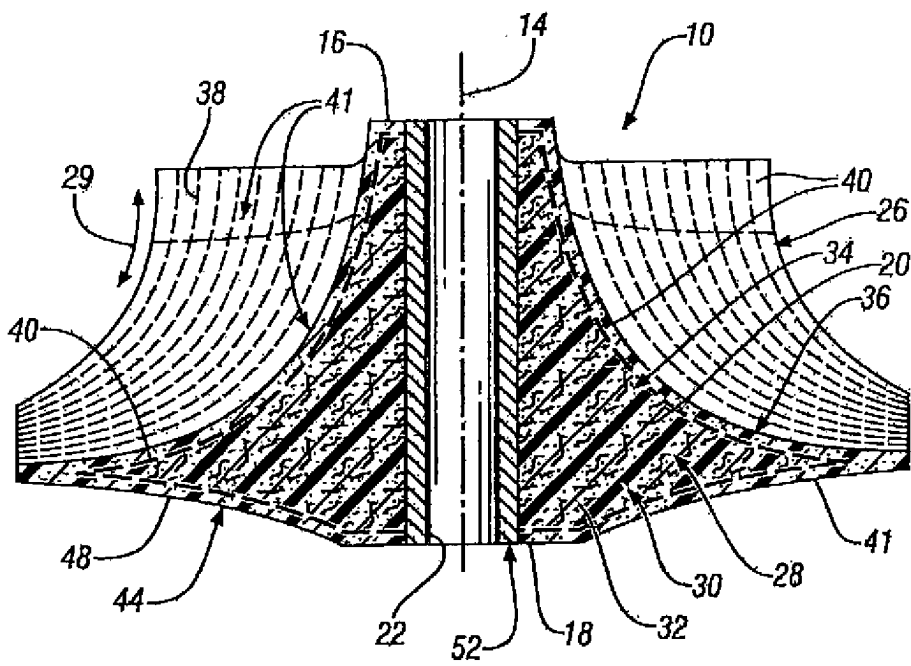


FIG. 3

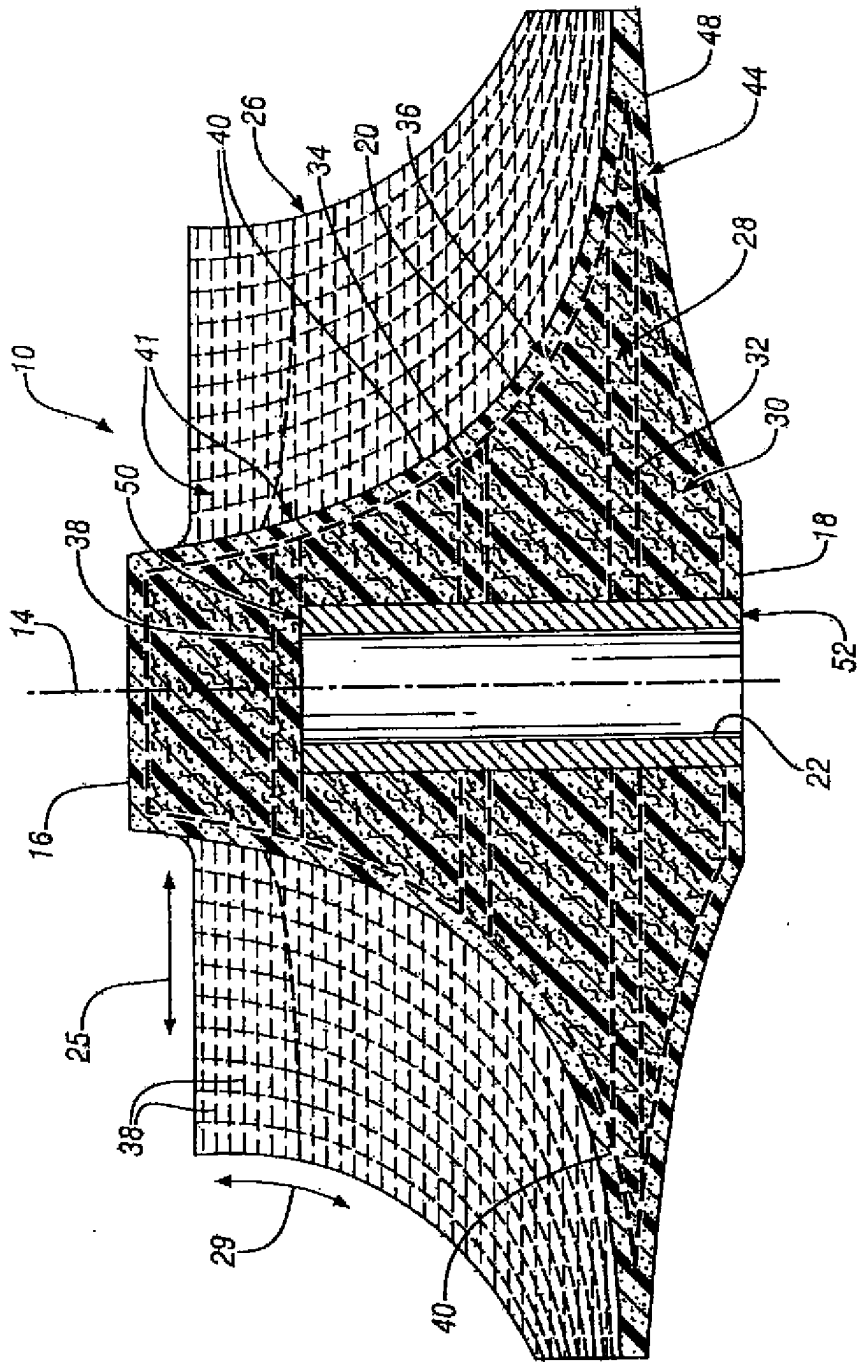


FIG. 4