



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.03.2005 Patentblatt 2005/10

(51) Int Cl.7: **F01D 5/04**

(21) Anmeldenummer: **04018089.5**

(22) Anmeldetag: **30.07.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Krämer, Johann, Dr.**
71229 Leonberg (DE)
• **Schlegl, Martin, Dr.**
73635 Rudersberg (DE)
• **Schmidt, Erwin**
73666 Baltmannsweiler (DE)
• **Stark, Holger**
88069 Tett nang (DE)
• **Sumser, Siegfried**
70327 Stuttgart (DE)

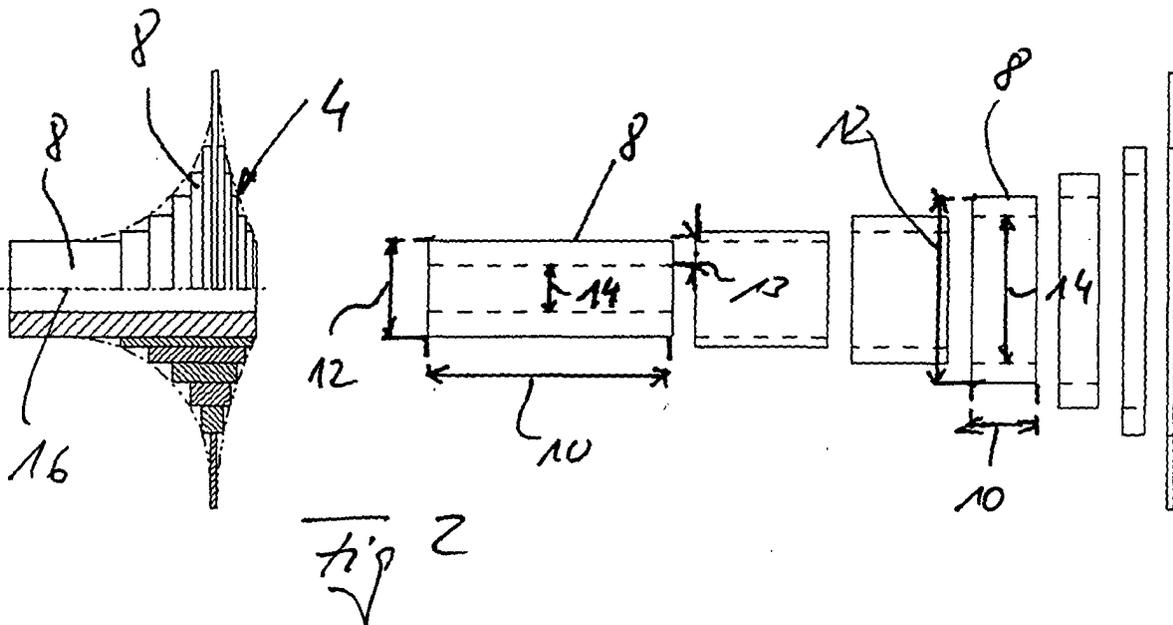
(30) Priorität: **05.09.2003 DE 10341415**

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(54) **Hochgeschwindigkeitslaufrad**

(57) Die Erfindung betrifft ein Hochgeschwindigkeitslaufrad zum Fördern von gasförmigen oder flüssigen Medien, beispielsweise als Verdichterrad (2) für einen Abgasturbolader. Das Hochgeschwindigkeitslaufrad weist eine verstärkende Kernstruktur (4) und eine äußeren Funktionsabschnitt (6) auf. Die Erfindung

zeichnet sich dadurch aus, dass zur Darstellung der Kernstruktur (4) Verstärkungshülsen (8) konzentrisch übereinander geschoben sind, wobei die Länge (10) der jeweiligen Verstärkungshülsen (8) variieren. Ferner ist der Funktionsabschnitt (6) auf die Kernstruktur (4) aufgegossen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hochgeschwindigkeitslaufrad zum Fördern von gasförmigen oder flüssigen Medien nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und nach dem Obergriff des Patentanspruchs 3.

[0002] Die DE 101 63 951 C1 beschreibt eine Rotorscheibe aus einem Metall die örtlich Faserverstärkungen aufweist. Dabei bestehen die Faserverstärkungen aus sogenannten Metall-Matrix-Composits (MMC). Diese inneren MMC-Ringe sind mittels eines radialen Presssitzes in den Umfang der Rotorscheibe eingepresst.

[0003] In der WO 02/01311 A1 ist ein Rotor aus einem Compositmaterial beschrieben, wobei verschiedene Ringe aus faserverstärkten Wickelkörpern konzentrisch übereinander gesteckt sind und somit eine ebene zylindrische Rotorscheibe bilden.

[0004] Die genannten Beispiele zeigen Methoden zur Verstärkung eines zentrifugal hoch belasteten Laufrades. Die beschriebenen Anordnungen weisen jedoch den Nachteil auf, dass komplexe Laufradstrukturen nicht abbildbar sind oder die Faserverstärkungen nicht vollständig in das Laufrad integriert ist.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Hochgeschwindigkeitslaufrad bereitzustellen, das bei einer komplexen Querschnittskontur eine integrierte Verstärkung aufweist.

[0006] Die Lösung der Aufgabe besteht in den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und in den Merkmalen des Patentanspruchs 3.

[0007] Das Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Patentanspruch 1 dient zum Fördern von gasförmigen oder flüssigen Medien, wobei es beispielsweise als ein Luftverdichtungsrad eingesetzt werden kann. Das Hochgeschwindigkeitslaufrad weist eine verstärkende Kernstruktur auf, die von einem äußeren Funktionsabschnitt umgeben ist.

[0008] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass zur Darstellung der Kernstruktur Verstärkungshülsen konzentrisch übereinander geschoben sind. Unter "konzentrisch übereinander geschoben" wird hierbei verstanden, dass der Außendurchmesser einer inneren Verstärkungshülse insofern einen Innendurchmesser einer äußeren Verstärkungshülse gleicht, dass die äußere Verstärkungshülse spielarm über die innere Verstärkungshülse geschoben werden kann.

[0009] Dabei variiert die Länge einer jeweiligen Verstärkungshülse in derart, dass sich eine vorgegebene Querschnittsgeometrie der Kernkontur annähernd abbilden lässt.

[0010] Durch einen derartigen Aufbau der Kernstruktur kann eine Verstärkung eines Laufrades dargestellt werden, die abweichend von der zylindrischen Struktur der Verstärkungen, die im Stand der Technik genannt sind, beispielsweise hyperbelförmig oder exponentiell ansteigend ausgestaltet sind. Die Verstärkung ist somit nicht nur in einem engen zylindrischen Bereich ange-

siedelt, sondern sie kann auch entlang einer komplexen Querschnittsstruktur des Hochgeschwindigkeitslaufrades angepasst werden.

[0011] In vielen Fällen verjüngt sich die Querschnittsgeometrie des Hochgeschwindigkeitslaufrades mit zunehmenden Durchmesser, weshalb es zweckmäßig ist, dass in einer Ausgestaltungsform der Erfindung sich die Länge der Verstärkungshülsen mit zunehmenden Außendurchmesser verringert.

[0012] Ein weiterer Bestandteil der Erfindung stellt ein Hochgeschwindigkeitslaufrad nach den Merkmalen des Patentanspruches 3 dar. Ein derartiges Hochgeschwindigkeitslaufrad weist wie das Hochgeschwindigkeitslaufrad aus Anspruch 1 ebenfalls eine verstärkende Kernstruktur auf, die von einem äußeren Funktionsabschnitt umgeben ist. Das Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Anspruch 3 zeichnet sich jedoch dadurch aus, dass zur Darstellung der Kernstruktur mehrere Verstärkungshülsen mit jeweils den gleichen Durchmesser aufweisenden Innenbohrungen in derart aneinandergereiht sind, dass die Innenbohrungen kongruent aneinandergereiht sind. Unter kongruent wird hierbei verstanden, dass die Innenbohrungen so übereinander liegen, dass eine Welle spielarm durch die Aneinanderreihung der Innenbohrungen geschoben werden kann. Der Außendurchmesser der aneinandergereihten Verstärkungshülsen variiert jedoch zur Abbildung einer vorgegebenen Querschnittsgeometrie der Kernstruktur. Der Funktionsabschnitt des Hochgeschwindigkeitslaufrades ist ebenfalls auf die Kernstruktur aufgegossen.

[0013] Unter Abänderung der Anordnung der Verstärkungshülsen wird durch das erfindungsgemäße Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Anspruch 3 die selben Vorteile erzielt, wie sie auch durch die Anordnung des Hochgeschwindigkeitslaufrades nach Patentanspruch 1 beschrieben sind.

[0014] Die Aneinanderreihung der Verstärkungshülsen mit den kongruent übereinanderliegenden Innenbohrungen kann wie beschrieben auf einer Welle aufgeschoben sein, sie kann jedoch auch auf eine artgleiche Verstärkungshülse aufgeschoben sein. Auf diese Art und Weise wird eine zusätzliche radiale und axiale Verfestigung erzielt.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind die Verstärkungshülsen aus einem faserverstärkten Material dargestellt. Hierbei eignet sich jegliche Form von faserverstärkten Werkstoffen, durch die eine deutliche Erhöhung der Zugfestigkeit und somit eine deutliche Erhöhung der Festigkeit des Hochgeschwindigkeitslaufrades erzielt wird. In einer weiteren Ausgestaltungsform umfassen die Verstärkungshülsen langfaserverstärkte Wickelkörper. Derartige Wickelkörper können entweder vor dem Angießen des Funktionsabschnittes bereits mit einem Metall infiltriert sein oder sie können während des Angießens des Funktionsabschnittes mit dem Metall des Funktionsabschnittes infiltriert werden.

[0016] Weiterhin können die Verstärkungshülsen aus

einem kurzfaserverstärkten Metall-Matrix-Verbundwerkstoff bestehen. Ferner kann für die Verstärkungshülsen eine, durch Metall infiltrierte poröse Keramik eingesetzt werden. Auch durch derartige Verstärkungshülsen wird eine Erhöhung der Zugfestigkeit und des Elastizitätsmodulus erzielt.

[0017] Es kann auch zweckmäßig sein, die Verstärkungshülsen aus nicht faserverstärkten hochfesten Metallwerkstoffen darzustellen, beispielsweise aus sprühkompaktierten Metallwerkstoffen oder aus hochfesten Knetlegierungen. Derartige Werkstoffe lassen sich in der Regel kostengünstiger darstellen als faserverstärkte Werkstoffe und finden dann Einsatz, wenn wenn der Kostenspielraum für das Bauteil geringer ist.

[0018] Besonders zweckmäßig ist der Einsatz der erfindungsgemäßen Hochgeschwindigkeitslaufräder insbesondere bei Abgasturboladern, hierbei gleichermaßen in der Verwendung als Verdichterrad oder als Turbinenrad. Die Laufräder können auch in zweckmäßiger Weise als Gasturbinenräder oder als Wasserpumpenräder eingesetzt werden.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungsformen der Erfindung sind anhand der folgenden Figuren näher erläutert.

[0020] Dabei zeigen:

Fig. 1 eine grafische Darstellung eines Verdichterrades eines Abgasturboladers,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Kernstruktur mit übereinander geschobenen Verstärkungshülsen,

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Kernstruktur mit aneinander gereihten Verstärkungshülsen mit konstantem Innendurchmesser, wobei die Aneinanderreihung auf eine Art gleiche Verstärkungshülse konzentrisch aufgeschoben ist,

Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Kernstruktur mit aneinandergereihten Verstärkungshülsen, die jeweils einen gleichen Innendurchmesser aufweisen,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Kernstruktur mit aneinandergereihten Verstärkungshülsen, die jeweils einen gleichen Innendurchmesser aufweisen.

[0021] In Figur 1 ist eine schematische Darstellung eines Hochgeschwindigkeitslaufrades in Form eines Verdichterrades 2 für einen Abgasturbolader dargestellt. Dieses Verdichterrad 2 weist einen Funktionsabschnitt 6 auf, der beispielsweise Verdichterschaukel 7 umfasst. Weiterhin umfasst das Verdichterrad 2 eine Kernstruktur 4, die ausgehend von einem konzentrischen Bereich um eine Bohrung 9 herum im Zentrum des Verdichter-

rades 2 mit zunehmenden Durchmesser nach außen verläuft und als Trägerstruktur der Verdichterschaukel 7 ausgebildet ist.

[0022] In den Figuren 2 bis 5 ist der Übersichtlichkeit halber nur der Querschnitt der Kernstruktur 4 dargestellt. Auf die Darstellung des Funktionsabschnittes 6 mit den Verdichterschaukel 7 wird verzichtet.

[0023] In Figur 2 ist eine Kernstruktur 4 dargestellt, die aus mehreren Verstärkungshülsen 8, die konzentrisch übereinander geschoben sind, dargestellt ist. Der Übersichtlichkeit halber sind lediglich zwei Verstärkungshülsen 8 mit den entsprechenden Bezugszeichen versehen, wobei entsprechende Bezeichnungen mit den selben Bezugszeichen versehen sind.

[0024] Die Verstärkungshülsen 8 weisen einen Außendurchmesser 12 und einen Innendurchmesser 14 auf. Dabei ist der Außendurchmesser 12 einer jeden Verstärkungshülse 8 derart ausgestaltet, dass er dem Innendurchmesser 14 der folgenden Verstärkungshülse 8 insoweit entspricht, so dass die beiden Verstärkungshülsen 8 spielarm übereinander geschoben werden können (vgl. Figur 2, rechte Seite). Dabei werden die Verstärkungshülsen 8 in dem Beispiel nach Figur 2 von innen nach außen kürzer, das heißt, die Länge 10 der Verstärkungshülsen 8 nimmt von innen nach außen ab. Gegebenenfalls kann auch zur Abbildung des Querschnitts der Kernstruktur 4 eine Wandstärke 13 von einer Verstärkungshülse 8 zur nächsten Verstärkungshülse 8 variieren.

[0025] Das Ergebnis einer derartigen Bauweise ist schematische in Figur 2 auf der linken Seite dargestellt. Die Querschnittsgeometrie der Verstärkungsstruktur 4 läuft, angedeutet durch die strichpunktierte Linie ähnlich einer Exponentialkurve nach außen, bis er einen maximal Wert erreicht, um anschließend in etwa hyperbelförmig in Richtung einer Mittelachse 16 wieder abzufallen. Dabei ist im oberen Teil der linken Skizze in Figur 2 eine Draufsicht auf die Kernstruktur 4 abgebildet und im unteren Teil der Skizze ein Schnitt durch die Kernstruktur 4 dargestellt.

[0026] Die Kernstruktur 4 aus Figur 3 unterscheidet sich von der Kernstruktur 4 in Figur 2 darin, dass Verstärkungshülsen 20 vorgesehen sind, die jeweils eine Innenbohrung 22 mit gleichem Durchmesser aufweisen. Die Verstärkungshülsen 20 sind derart aneinandergereiht, dass die Innenbohrungen 22 kongruent übereinander liegen, wobei eine artgleiche Verstärkungshülse 26 so dargestellt ist, dass ihr Außendurchmesser 28 in die Innenbohrungen 22 der Verstärkungshülsen 20 spielarm eingeschoben werden kann. Die Verstärkungshülsen 20 sind somit auf der artgleichen Verstärkungshülse 26 aufgereiht. Nach dem Beispiel aus Figur 3 weisen die Verstärkungshülsen 20 ebenfalls eine unterschiedliche Länge 10 auf. Durch diese Maßnahme kann die vorgegebene Querschnittsgeometrie der Kernstruktur 4, die in Figur 3 in der Skizze auf der linken Seite durch die strichpunktierte Linie dargestellt ist, möglichst umfassend ausgefüllt werden.

[0027] In dem Beispiel in Figur 4, das sich dem Beispiel aus Figur 3 ähnelt, ist ebenfalls eine Aneinanderreihung verschiedener Hülsen 20, mit jeweils einer konstanten Innenbohrung 22 dargestellt. Der Unterschied zur Figur 3 besteht darin, dass hier auf den Einsatz einer artgleichen Verstärkungshülse 26, auf die die Aneinanderreihung der Verstärkungshülsen 20 aufgeschoben wird, verzichtet wird. Die Aneinanderreihung von Verstärkungshülsen 20 in Figur 4 kann beispielsweise verlötet, verklebt oder vernäht werden, je nachdem, welche Werkstoffe für die Verstärkungshülsen 20 eingesetzt werden. Anschließend kann die Aneinanderreihung von Verstärkungshülsen 20 auf eine Welle aufgezogen werden.

[0028] In Figur 5 ist ebenfalls eine Aneinanderreihung von Verstärkungshülsen 20, analog dem Beispiel aus Figur 4 dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Form, da die Verstärkungshülsen 20 im Wesentlichen die selbe Länge 10 aufweisen. Wie in der Skizze auf der linken Seite der Figur 5 zu erkennen ist, wird die Querschnittsgeometrie der Verstärkungsstruktur 4 nicht in dem optimalen Maße ausgefüllt, wie es beispielsweise durch das Ausführungsbeispiel in Figur 4 geschieht. Für einfache Verdichterräder, die weniger hoch belastet sind, kann jedoch eine derartige einfache, kostengünstige Bauweise vorteilhaft sein.

[0029] Bei den in Figur 2 bis 5 dargestellten Bauweisen der Verstärkungsstruktur 4 handelt es sich um vergleichsweise komplexe Anordnungen. In der Praxis kann es aus Kostengründen deshalb oftmals zweckmäßig sein, dass nach dem Beispiel aus Figur 2 lediglich zwei Verstärkungshülsen 8 konzentrisch übereinander geschoben werden. Es kann beispielsweise auch zweckmäßig sein, dass, anlehnend an Figur 3, lediglich zwei Verstärkungshülsen 20 aneinander gereiht werden und diese auf eine artgleich Verstärkungshülse 26 aufgezogen werden oder direkt auf eine hier nicht dargestellte Welle aufgeschoben werden. Hierbei ist jeweils die vorliegende Belastungsbedingung an das Verdichterrad 2 und der Kostenrahmen zu berücksichtigen.

[0030] Die Werkstoffe, die für die Herstellung der Verstärkungshülsen 8 oder 20 eingesetzt werden, werden ebenfalls der mechanischen Beanspruchungen, die auf das Verdichterrad 2 wirken, angepasst. Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, die Verstärkungshülsen aus einem faserverstärkten Material darzustellen.

[0031] Ein mögliches Beispiel zur Herstellung einer Verstärkungshülse 8 oder 20 besteht darin, einen Wickelkörper aus Langfasermaterial oder aus gesponnenem Kurzfasermaterial herzustellen. Dabei sind die Fasern in einem Wachs, Harz oder einem Polymer getränkt. Das getränkte Material härtet nach Aufwickeln des Wickelkörpers aus, wodurch sogenannte Preformen der Verstärkungshülsen 8, 20 entstehen. Diese Preformen der Verstärkungshülsen 8, 20 können in Segmente mit den gewünschten Längen 10 geschnitten werden, wobei diese Segmente nach der hier verwendeten Diktion bereits als Verstärkungshülsen 8, 20 be-

zeichnet werden können. Diese Verstärkungshülsen 8, 20 können beispielsweise durch Kleben, Pressen, Nähen, Stapeln oder Schmelzkleben aneinandergesetzt werden oder übereinander geschoben werden. Somit besteht bereits eine Vorfixierung, die bereits die Querschnittsgeometrie der Kernstruktur 4 abbildet.

[0032] Anschließend wird organisches Material wie Wachs oder Polymer ausgeschmolzen beziehungsweise das Harz oder das Polymer oder das Wachs wird aus den Verstärkungshülsen 8, 20 ausgebrannt. Die so von organischen Bindemitteln befreiten Verstärkungshülsen 8, 20 werden in einer Gießform eingelegt und beim Eingießen mit der Metallschmelze, die auch anschließend den Funktionsabschnitt 6 bildet, infiltriert. Hierbei ist ein Druckguss oder Squeeze-Casting-Verfahren zweckmäßig. Das Ausbrennen und das Eingießen der Metallschmelze kann gegebenenfalls auch gleichzeitig erfolgen.

[0033] In einer anderen Variante des Herstellungsverfahrens der Kernstruktur 4 werden faserverstärkte Wickelkörper, die mit Polymeren oder Harzen oder Wachsen infiltriert sind, analog dem vorangegangenen Beispiel hergestellt, zu einer Kernstruktur 4 analog der Figuren 2 bis 5 zusammengesetzt, das organische Material Wachs, Harz oder Polymer wird entfernt und die Kernstruktur 4 wird in einem entsprechenden Gießverfahren beispielsweise einem Druckgießverfahren mit einem speziellen Metall infiltriert. Die so infiltrierte Kernstruktur 4 wird anschließend im Feinguss oder in einen anderen Niederdruckgussverfahren mit dem Funktionsabschnitt 6 umgossen.

[0034] Bei dem zuletzt beschriebenen Gießverfahren kann es zweckmäßig sein, die bereits vorinfiltrierte Kernstruktur 4 mit einer haftvermittelnden Schicht zu versehen, damit das flüssige Metall das beim Angießen des Funktionsabschnittes 6 besser auf der Kernstruktur 4 haftet und somit einen festen Verbund bildet.

[0035] In den Fällen, in denen der Faserwickelkörper mit flüssigem Metall infiltriert wird, kann es gegebenenfalls zweckmäßig sein, die Fasern zu beschichten, so dass einerseits eine Reaktion des Infiltrationsmetalls mit der Faser vermieden wird, und andererseits eine bessere Benetzung und eine bessere Infiltration gewährleistet wird.

[0036] Aus Kostengründen kann es bei geringeren mechanischen Anforderungen an die Verdichterräder 2 oder allgemein an das herzustellende Hochgeschwindigkeitslaufrad die Verstärkungshülsen beispielsweise aus einer Knetlegierung, insbesondere einer Aluminiumknetlegierung hergestellt sein. Auch die Anwendung von Metall-Matrix-Composits die gegebenenfalls mit Kurzfasern verstärkt sind oder die Anwendung von sprühkompaktierten metallischen Werkstoffen kann für die Verstärkungshülsen 8, 20 zweckmäßig sein.

Patentansprüche

1. Hochgeschwindigkeitslaufrad zum Fördern von gasförmigen oder flüssigen Medien mit einer verstärkenden Kernstruktur (4) und einem äußeren Funktionsabschnitt (6) 5
dadurch gekennzeichnet,
- **dass** zur Darstellung der Kernstruktur (4) Verstärkungshülsen (8) konzentrisch übereinander geschoben sind, wobei 10
 - eine Länge (10) der jeweiligen Verstärkungshülsen (8) variiert und
 - der Funktionsabschnitt (6) auf die Kernstruktur (4) aufgegossen ist. 15
2. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** 20
dass die Länge (10) der jeweiligen Verstärkungshülsen (8) mit zunehmenden Außendurchmesser verringert ist.
3. Hochgeschwindigkeitslaufrad zum Fördern von gasförmigen oder flüssigen Medien mit einer verstärkenden Kernstruktur (4) und einem äußeren Funktionsabschnitt (6) 25
dadurch gekennzeichnet,
- **dass** zur Darstellung der Kernkontur (4) mehrere Verstärkungshülsen (20) mit jeweils den gleichen Durchmesser aufweisenden Innenbohrungen (22) in der Art aneinander gereiht sind, 30
 - **dass** die Innenbohrungen (22) kongruent aneinander gereiht sind und 35
 - Außendurchmesser (24) der Verstärkungshülsen (20) zur Abbildung einer vorgegebenen Querschnittsgeometrie der Kernkontur (4) variieren und
 - der Funktionsabschnitt (6) auf die Kernstruktur (4) aufgegossen ist. 40
4. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** 45
dass die Verstärkungshülsen (20) mit den kongruent aneinander gereihten Innenbohrungen (22) auf eine artgleiche Verstärkungshülse (26) konzentrisch aufgeschoben sind.
5. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 50
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) aus einem faserverstärkten Material bestehen. 55
6. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) einen langfaserverstärkten Wickelkörper aufweisen.
7. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) aus einem mit Kurzfasern verstärkten Metall-Matrix-Verbundwerkstoff bestehen.
8. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) aus einer metallinfiltrierten porösen Keramik bestehen.
9. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) aus einem sprühkompaktierten Metallwerkstoff bestehen.
10. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Verstärkungshülsen (8, 20) aus einer hochfesten Knetlegierung besteht.
11. Hochgeschwindigkeitslaufrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Hochgeschwindigkeitslaufrad (2) ein Verdichterrad oder ein Turbinenrad eines Abgasturbo-laders ist.

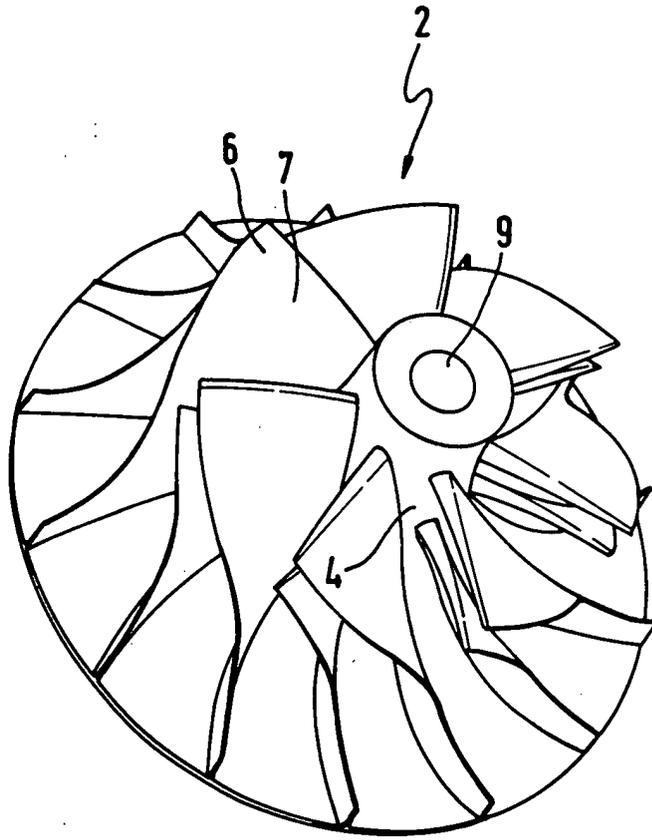


Fig. 1

