



(10) **DE 10 2016 208 301 A1** 2017.11.16

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 208 301.5**
(22) Anmeldetag: **13.05.2016**
(43) Offenlegungstag: **16.11.2017**

(51) Int Cl.: **C22C 38/34 (2006.01)**
C22C 38/38 (2006.01)
C22C 38/40 (2006.01)
C22C 38/26 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover,
DE**

(72) Erfinder:
**Hiller, Marc, 67294 Morschheim, DE; Thomas,
Martin, 93051 Regensburg, DE; Stratmann,
Markus, 52066 Aachen, DE; Hamuda,
Abdullhamed, 59969 Bromskirchen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

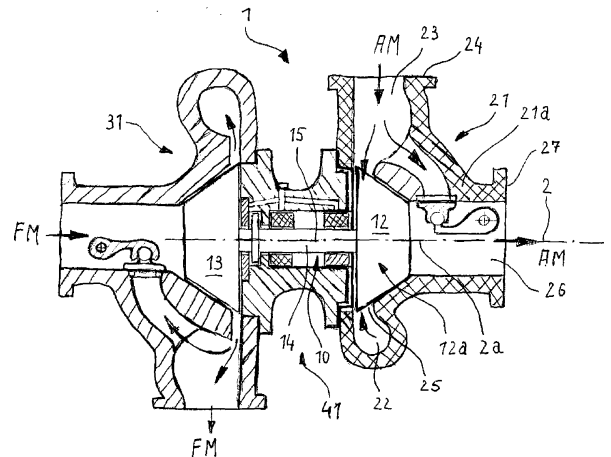
EP	1 612 395	A1
EP	1 826 288	A1
EP	1 997 921	A2
JP	H06- 145 912	A
JP	S56- 41 354	A
JP	2000- 204 946	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Stahl-Werkstoff für Hochtemperatur-Anwendungen und Turbinengehäuse aus diesem Werkstoff**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Stahl-Werkstoff (21a) für Hochtemperatur-Anwendungen und ein Turbinengehäuse (21) für einen Abgasturbolader (1) aus diesem Stahl-Werkstoff (21a), wobei der Stahl-Werkstoff (21a) gekennzeichnet ist durch eine Werkstoffzusammensetzung die zumindest die Legierungsbestandteile Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Chrom, Nickel, Niob und Eisen in bestimmten Mengen aufweist. Diese Werkstoffzusammensetzung gewährleistet eine ausreichende Temperaturfestigkeit bei gleichzeitig gegenüber anderen Hochtemperatur-Werkstoffen niedrigem Nickelanteil und reduziertem Preis.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stahl-Werkstoff, der sich insbesondere zum Einsatz bei hohen Temperaturen bis über 1000°C eignet, sowie ein Turbinengehäuse für einen Abgasturbolader, das aus diesem Werkstoff gefertigt ist.

[0002] Die Entwicklung neuer Technologien sowie die Weiterentwicklung entsprechender Vorrichtungen und Verfahren hin zu höherer Leistung und Effizienz bei gleichzeitiger Reduzierung des Ressourceneinsatzes gehen sehr häufig einher mit gesteigerten Anforderungen an die verwendeten Werkstoffen in Bezug auf Festigkeit, Temperaturbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Bearbeitbarkeit. Desweiteren spielt beim industriellen Einsatz natürlich auch der Preis eine bedeutende Rolle.

[0003] Einer solchen technologischen Herausforderung, die immer höher Anforderungen stellt, ist traditionell der Fahrzeugbau und insbesondere die Entwicklung der darin eingesetzten Verbrennungsmotoren unterworfen.

[0004] Zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und des Schadstoff-Ausstoßes bei gleichbleibender oder sogar gesteigerter Leistung des Verbrennungsmotors werden vermehrt kleinvolumige Motorkonzepte, sogenannte Downsizing-Konzepte, zugrundegelegt, die zur Leistungssteigerung mit Abgasturboladern ausgestattet sind. Hierbei stellen insbesondere bei Otto-Verbrennungsmotoren die vorherrschenden hohen Abgastemperaturen bis über 1000°C eine starke Herausforderung für die in der Abgasturbine eingesetzten Werkstoffe dar.

[0005] Das Wirkprinzip eines Abgasturboladers besteht darin, die im Abgasstrom enthaltene Energie zu nutzen um den Druck im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors zu erhöhen und so eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft-Sauerstoff zu bewirken und somit mehr Treibstoff, Benzin oder Diesel, pro Verbrennungsvorgang umsetzen zu können, also die Leistung des Verbrennungsmotors zu erhöhen.

[0006] Dazu weist der Abgasturbolader eine im Abgastrakt des Verbrennungsmotors angeordnete Abgasturbine, einen im Ansaugtrakt angeordneten Frischluftverdichter und ein dazwischen angeordnetes Läuferlager auf. Die Abgasturbine weist ein Turbinengehäuse und ein darin angeordnetes, durch den Abgasmassenstrom angetriebenes Turbinenlaufrad auf. Der Frischluftverdichter weist ein Verdichtergehäuse und ein darin angeordnetes, einen Ladedruck aufbauendes Verdichterlaufrad auf. Das Turbinenlaufrad und das Verdichterlaufrad sind auf den sich gegenüberliegenden Enden einer gemeinsamen Welle, der sogenannten Läuferwelle, drehfest angeordnet und bilden so den sogenannten Turboladerläufer. Die Läuferwelle erstreckt sich axial zwischen Turbinenlaufrad und Verdichterlaufrad durch das zwischen Abgasturbine und Frischluftverdichter angeordnete Läuferlager und ist in diesem, in Bezug auf die Läuferwellenachse, radial und axial drehgelagert. Gemäß diesem Aufbau treibt das vom Abgasmassenstrom angetriebene Turbinenlaufrad über die Läuferwelle das Verdichterlaufrad an, wodurch der Druck im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors, bezogen auf den Frischluftmassenstrom hinter dem Frischluftverdichter, erhöht und dadurch eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft-Sauerstoff bewirkt wird.

[0007] In der Regel weist ein gebräuchlicher Abgasturbolader **1**, wie der Figur dargestellt, einen mehrteiligen Aufbau auf. Dabei sind eine im Abgastrakt des Verbrennungsmotors anordenbares Turbinengehäuse **21**, ein im Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors anordenbares Verdichtergehäuse **31** und zwischen Turbinengehäuse **21** und Verdichtergehäuse **31** ein Lagergehäuse **41** auf einer gemeinsamen Turboladerachse **2** nebeneinander angeordnet und montage-technisch miteinander verbunden. Eine weitere Baueinheit des Abgasturboladers **1** stellt der Turboladerläufer **10** dar, der eine Läuferwelle **14**, ein in dem Turbinengehäuse **21** angeordnetes Turbinenlaufrad **12** mit einer Laufradbeschaufelung und ein in dem Verdichtergehäuse **31** angeordnetes Verdichterlaufrad **13** mit einer Laufradbeschaufelung aufweist. Das Turbinenlaufrad **12** und das Verdichterlaufrad **13** sind auf den sich gegenüberliegenden Enden der gemeinsamen Läuferwelle **14** angeordnet und mit diesen drehfest verbunden. Die Läuferwelle **14** erstreckt sich in Richtung der Turboladerachse **2** axial durch das Lagergehäuse **41** und ist in diesem axial und radial um seine Längsachse, die Läuferdrehachse **15**, drehgelagert, wobei die Läuferdrehachse **15** in der Turboladerachse **2** liegt, also mit dieser zusammenfällt. Dabei liegt auch die Turbinengehäuseachse **2a** in einer Linie mit der Läuferdrehachse **15** und der Turboladerachse **2**. Der Abgasmassenstrom AM durch das Turbinengehäuse **21** und der Frischluftmassenstrom durch das Verdichtergehäuse **31** sind jeweils mit entsprechenden Pfeilen dargestellt.

[0008] Das Turbinengehäuse **21** weist einen oder mehrere ringförmig um die Turboladerachse **2** und das Turbinenlaufrad **12** bzw. dessen zentrisch zur Turbinengehäuseachse **2a** angeordneten Aufnahmebereich **12a** für das Turbinenlaufrad **12** angeordnete, sich schneckenförmig zum Aufnahmebereich **12a** und dem Turbinenlaufrad **12** hin verjüngende Abgas-Ringkanäle **22**, sogenannte Abgasfluten auf. Diese Abgasfluten weisen einen jeweiligen oder gemeinsamen, tangential nach außen gerichteten Abgaszuführkanal **23** mit einem Krümmer-Anschlussstutzen **24** zum Anschluss an einen Abgaskrümmer (nicht dargestellt) eines Verbrennungsmotors auf, durch den der Abgasmassenstrom AM in die jeweilige Ab-

gasflute strömt. Die Abgasfluten weisen weiterhin jeweils eine zumindest über einen Teil des Innenumfanges verlaufende Spaltöffnung, den sogenannten Abgas-Eintrittsspalt **25**, auf, der in zumindest anteilmäßig radialer Richtung auf das Turbinenlaufrad **12** hin gerichtet verläuft und durch den der Abgasmassenstrom AM auf das Turbinenlaufrad **12** strömt.

[0009] Das Turbinengehäuse **21** weist weiterhin einen Abgasabführkanal **26** auf, der vom axialen Ende des Turbinenlaufrades **12** weg in Richtung der Turboladerachse **2** verläuft und einen Auspuff-Anschlussstutzen **27** zum Anschluss an das Auspuffsystem (nicht dargestellt) des Verbrennungsmotors aufweist. Über diesen Abgasabführkanal **26** wird der aus dem Turbinenlaufrad **12** austretende Abgasmassenstrom AM in das Auspuffsystem des Verbrennungsmotors abgeführt.

[0010] Um die bei der Verbrennung im Verbrennungsmotor entstehende Wärmeenergie mit höheren Wirkungsgraden durch den Abgasturbolader nutzen zu können, werden obendrein die Abgastemperaturen möglichst hoch gehalten. Durch die heißen Abgase, die durch das Turbinengehäuse strömen wird dieses mit einer thermischen Wechselbeanspruchung mit Temperaturen bis über 1000°C beaufschlagt. Desweiteren besteht die Forderung nach hoher Festigkeit und Formbeständigkeit bei einem möglichst geringen Gewicht, also einem reduzierten Materialeinsatz.

[0011] Um diese hohen Anforderungen erfüllen zu können wurden bisher Stahl-Werkstoffe mit zumeist austenitischem Gefüge und einem hohen Nickelgehalt bis zu 40% eingesetzt. Solche Werkstoffe sind zum Beispiel Stahlguss-Werkstoffe mit der Kurzbezeichnung 1.4848 (GX40CrNiSi25-20) und 1.4849 (GX40NiCrSiNb38-19).

[0012] Dabei zeichnet sich der Werkstoff 1.4848 durch die folgende Werkstoff-Zusammensetzung aus: 0,3–0,5% C; 1,0–2,5% Si; max. 2,0% Mn; max.0,04% P; max.0,03% S; 24,0–27,0% Cr; max.0,5% Mo; 19,0–22,0% Ni; Rest Fe.

[0013] Der Werkstoff 1.4849 weist die folgende Werkstoff-Zusammensetzung auf: 0,3–0,5% C; 1,0–2,5% Si; max. 2,0% Mn; max.0,03% S; 18,0–21,0% Cr; max.0,5% Mo; 36,0–39,0% Ni; 1,2–1,8%Nb; Rest Fe.

[0014] Der hohe Nickelgehalt erhöht die Festigkeit und Haltbarkeit der Werkstoffe insbesondere bei Betriebstemperaturen bis zu 1050°C. Jedoch ist Nickel ein verhältnismäßig teurer Werkstoff, weshalb kostengünstigere Alternativen gesucht werden.

[0015] Ein weiterer hitzebeständiger Werkstoff mit niedrigerem Nickelanteil, der insbesondere einge-

setzt wird im Ofenbau und Glühretorten sowie im Turbinenbau ist der Werkstoff 1.4823 (GX40CrNiS-4), der folgende Zusammensetzung aufweist: 0,3–0,5% C; 25,0–28,0% Cr; 3,0–6,0% Ni; max.1,5% Mn; 1,0–2,5 Si; max.0,5% Mo; max.0,04% P; max.0,03% S und Rest Fe. Bei diesem Werkstoff wird eine Erhöhung der Zeitdehn- und Zeitstandfestigkeit durch den Molybdänzusatz bewirkt. Der empfohlene Temperaturbereich liegt hier zwischen 900 und 1100°C. Der Werkstoff neigt jedoch im Temperaturbereich bis 900°C verstärkt zur Versprödung, was die Verwendung für Abgasturbinengehäuse, die einer extremen thermischen Wechselbeanspruchung ausgesetzt sind, wie oben beschrieben, erheblich einschränkt.

[0016] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Werkstoff sowie ein Turbinengehäuse aus diesem Werkstoff anzugeben, wobei bei niedrigen Materialkosten, also insbesondere bei niedrigem Nickelanteil des Werkstoffes, in einem Temperaturbereich bis 1050°C ausreichend Festigkeit und Zeitstandfestigkeit für den Einsatz in Abgasturbinen von Verbrennungsmotoren aufweist.

[0017] Diese Aufgabe wird durch einen Stahl-Werkstoff mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 sowie durch ein Turbinengehäuse mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 4 gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen, welche einzeln oder, sofern es sich nicht um sich gegenseitig ausschließende Alternativen handelt, in Kombination miteinander eingesetzt werden können, sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0018] Erfindungsgemäß wird ein Stahl-Werkstoff für Hochtemperatur-Anwendungen offenbart, der gekennzeichnet ist durch eine Werkstoffzusammensetzung, die außer Eisen, Fe zumindest folgende Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent aufweist:
Kohlenstoff, C: 0,4 bis 0,5%;
Silizium, Si: 1,25 bis 1,75%;
Mangan, Mn: 1,25 bis 1,75%;
Chrom, CR: 22,5 bis 23,5%;
Nickel, Ni: 4,0 bis 5,0%;
Niob, Nb: 1,25 bis 1,75%.

[0019] Weiterhin können, zur Erzielung bestimmter Eigenschaften ggf. zusätzliche Legierungsbestandteile zugefügt sein. Darüber hinaus können unvermeidbare Verunreinigungen in Mengenanteilen, die in Bezug auf die Werkstoffeigenschaften vernachlässigbar sind, enthalten sein.

[0020] Mit der angegebenen Werkstoffzusammensetzung werden die für den Einsatz bei Turbinengehäusen für Abgasturbolader erforderlichen Materialeigenschaften in Bezug auf die Mindeststeckgrenze und die Zugfestigkeit erzielt bei gleichzeitig

gegenüber bisher gebräuchlichen Hochtemperaturwerkstoffen stark reduziertem Nickel-Anteil und somit reduzierten Materialkosten. So liegt nach einer vorgegebenen Betriebszeit und bei einer Betriebstemperatur von 1000°C zum Beispiel die Mindeststreckgrenze noch bei 50 MPa und die Zugfestigkeit bei 70MPa.

[0021] Dies wird unter Anderem dadurch erzielt, dass die Legierungsbestandteile in Zusammensetzung und Menge so aufeinander abgestimmt und in engen Grenzen definiert sind, dass nur ein geringer Anteil an ferritischem Gefüge, insbesondere kleiner 40% ausgebildet ist.

[0022] Durch die Zugabe von Niob und Chrom innerhalb der vorgegebenen Mengen-Grenzen wird beispielsweise die Festigkeit durch die Ausbildung von Chromkarbiden und Niobkarbiden erhöht.

[0023] Eine abgewandelte Variante des erfindungsgemäßen Stahl-Werkstoffs ist dadurch gekennzeichnet, dass er, zusätzlich zu den oben genannten Legierungsbestandteilen, die weiteren Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent aufweist:
Molybdän, Mo: 0,1–0,5%;
Phosphor, P: bis zu 0,04%;
Schwefel, S: bis zu 0,03%.

[0024] Diese Bestandteile tragen zur weiteren Steigerung der gewünschten Werkstoffeigenschaften bei und wirken insbesondere als ferritstabilisierende Legierungselemente, die eine unerwünschte, ggf. fortschreitende Umwandlung von Ferrit in Austenit bei erhöhten Werkstofftemperaturen verhindern. Darüber hinaus ist bei dieser Variante die Korrosionsbeständigkeit erhöht.

[0025] Eine spezielle Ausprägung des Stahl-Werkstoffs mit den oben angegebenen Legierungsbestandteilen ist dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl-Werkstoff ein zweiphasiges Gefüge, bestehend aus einer Ferrit-Matrix mit Einlagerungen aus Austenit, aufweist. Ein Werkstoff mit einem solchen Gefüge wird auch als Duplex-Werkstoff oder Duplexstahl bezeichnet. Duplexstähle weisen eine Kombination von Eigenschaften rostfreier, ferritischer Chromstähle und austenitischer Chrom-Nickel-Stähle auf. Dadurch ist gegenüber den Einzelkomponenten sowohl die Festigkeit als auch die Duktilität und Dauerschwingfestigkeit insgesamt erhöht. Darüber hinaus liegt die Energieabsorption auf vergleichsweise hohem Niveau und nimmt gar mit steigender Temperatur aufgrund abnehmender Versprödung zu.

[0026] Das erfindungsgemäße Turbinengehäuse für einen Abgasturbolader weist einen zentrisch zu einer Turbinengehäuseachse angeordneten Aufnahmebereich für ein Turbinenlaufrad des Abgasturboladers auf und zumindest einen, sich schneckenförmig zum

Aufnahmebereich für das Turbinenlaufrad hin verjüngenden, Abgas-Ringkanal. Das Turbinengehäuse ist dadurch gekennzeichnet, dass es aus einem Stahl-Werkstoff gefertigt ist, der eine Werkstoffzusammensetzung aufweist, die außer Eisen, Fe zumindest folgende Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent aufweist:
Kohlenstoff, C: 0,4–0,5%;
Silizium, Si: 1,25–1,75%;
Mangan, Mn: 1,25–1,75%;
Chrom, CR: 22,5–23,5%;
Nickel, Ni: 4,0–5,0%;
Niob, Nb: 1,25–1,75%.

[0027] Weiterhin kann die genannte Werkstoffzusammensetzung des Turbinengehäuses die weiteren Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent,
Molybdän, Mo: 0,1–0,5%;
Phosphor, P: bis zu 0,04%;
Schwefel, S: bis zu 0,03%,
sowie ein zweiphasiges Gefüge, bestehend aus einer Ferrit-Matrix mit Einlagerungen aus Austenit, aufweisen.

[0028] Ein entsprechendes Turbinengehäuse zeichnet sich durch für den Einsatzfall ausreichende Werkstoffeigenschaften insbesondere in Bezug auf die Hochtemperaturfestigkeit aus, bei gleichzeitig, gegenüber Turbinengehäusen aus hochlegierten Nickel-Legierungen, reduziertem Preis.

[0029] Die Merkmale und Merkmalskombinationen der vorstehend in der Beschreibung genannten Ausführungen des erfindungsgemäßen Gegenstandes sind, soweit diese nicht alternativ anwendbar sind oder sich gar gegenseitig ausschließen, einzeln, zum Teil oder insgesamt, auch in gegenseitiger Kombination oder gegenseitiger Ergänzung, in Fortbildung des erfindungsgemäßen Gegenstands anzuwenden, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

[0030] Anhand der Figur ist der prinzipielle Aufbau eines Abgasturboladers **1**, wie einführend bereits beschrieben, in schematisch vereinfachter Schnitt-Darstellung gezeigt. Das erfindungsgemäße Turbinengehäuse **21** weist dabei einen zentrisch zu der Turbinengehäuseachse **2a** angeordneten Aufnahmebereich **12a** für ein Turbinenlaufrad **12** des Abgasturboladers **1** auf. Um den Aufnahmebereich **12a** bzw. das Turbinenlaufrad **12** ist zumindest ein, sich schneckenförmig zum Aufnahmebereich **12a** und dem Turbinenlaufrad **12** hin verjüngender, Abgas-Ringkanal **22** angeordnet. Der das Turbinengehäuse **21** kennzeichnende erfindungsgemäße Stahl-Werkstoff **21a**, aus dem das Turbinengehäuse **21** gefertigt ist, ist dabei durch die Kreuzschraffur symbolisiert.

Patentansprüche

1. Stahl-Werkstoff (**21a**) für Hochtemperatur-Anwendungen, gekennzeichnet durch eine Werkstoffzusammensetzung, die außer Eisen, Fe zumindest folgende Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent aufweist:

Kohlenstoff, C: 0,4–0,5%;

Silizium, Si: 1,25–1,75%;

Mangan, Mn: 1,25–1,75%;

Chrom, CR: 22,5–23,5%;

Nickel, Ni: 4,0–5,0%;

Niob, Nb: 1,25–1,75%.

2. Stahl-Werkstoff gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass er die weiteren Legierungsbestandteile in den Grenzen der angegebenen Mengen in Gewichtsprozent aufweist:

Molybdän, Mo: 0,1–0,5%;

Phosphor, P: bis zu 0,04%;

Schwefel, S: bis zu 0,03%.

3. Stahl-Werkstoff gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stahl-Werkstoff ein zweiphasiges Gefüge, bestehend aus einer Ferrit-Matrix mit Einlagerungen aus Austenit, aufweist.

4. Turbinengehäuse (**21**) für einen Abgasturbolader (**1**) mit einem zentrisch zu einer Turbinengehäuseachse (**2a**) angeordneten Aufnahmebereich (**12a**) für ein Turbinenlaufrad (**12**) des Abgasturboladers (**1**) und zumindest einem, sich schneckenförmig zum Aufnahmebereich (**12a**) für das Turbinenlaufrad (**12**) hin verjüngenden, Abgas-Ringkanal (**22**), **dadurch gekennzeichnet**, dass es aus einem Stahl-Werkstoff (**21a**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 gefertigt ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

