

(19)



(11)

EP 2 712 943 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2014 Patentblatt 2014/14

(51) Int Cl.:
C22C 33/08 (2006.01) **C22C 37/04** (2006.01)
C22C 37/10 (2006.01) **F01D 5/24** (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13181651.4**

(22) Anmeldetag: **26.08.2013**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **01.10.2012 DE 102012217892**

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dekker, Lutz
66787 Wadgassen (DE)**

- **Tonn, Babette
38678 Clausthal-Zellerfeld (DE)**
- **Janssen, Stefan
45147 Essen (DE)**
- **Sheng, Shilun
46149 Oberhausen (DE)**
- **Wanjura, Stefan
46539 Dinslaken (DE)**
- **Günther, Guido
47803 Krefeld (DE)**
- **Michel, Susanne
63776 Mömbris (DE)**
- **Scholz, Alfred
64354 Reinheim (DE)**
- **Vierbaum, Mark
47495 Rheinberg (DE)**

(54) **Gusseisen mit Niob und Bauteil**

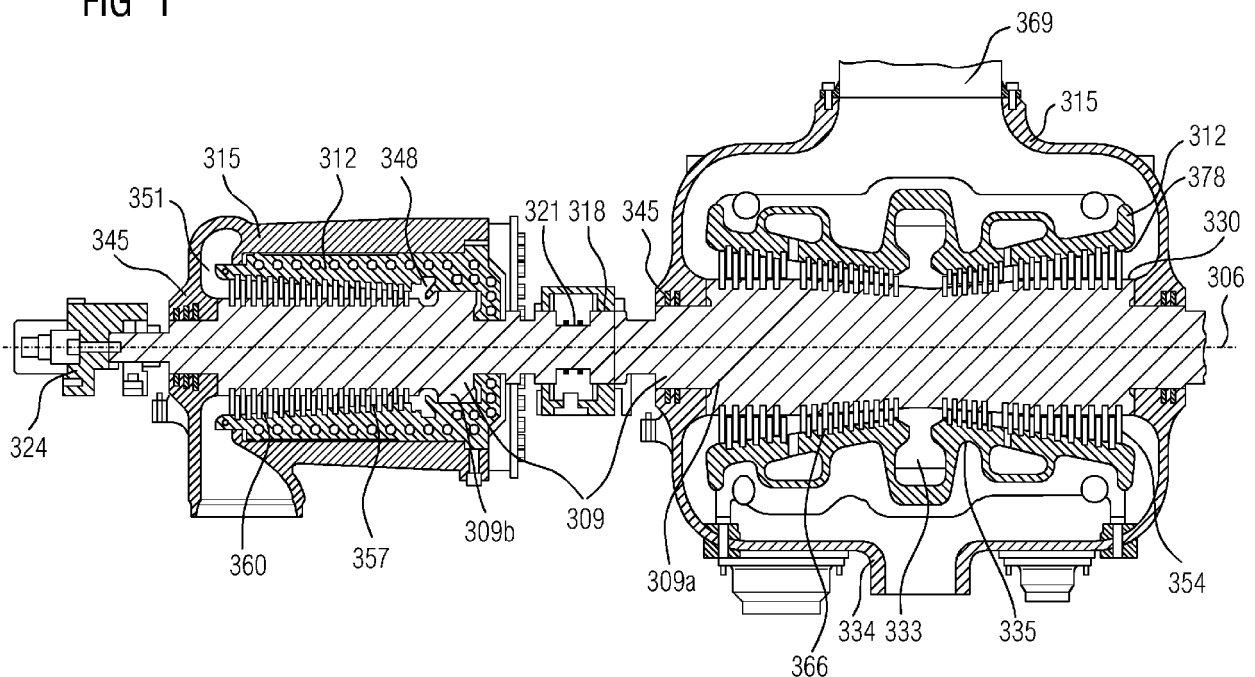
(57) Bekannte Gusseisenlegierungen bezüglich der Temperatur weisen Anwendungsgrenzen auf.
Die Legierung weist auf (in Gew.-%):

EP 2 712 943 A2

Silizium (Si)	2,0% - 4,5%, insbesondere 2,3% - 3,9%
Kohlenstoff (C)	2,9% - 4,0%, insbesondere 3,2% - 3,7%,
Niob (Nb)	0,05% - 0,7%, insbesondere 0,05% - 0,6%,
ganz insbesondere	0,1% bis 0,7%,
Molybdän (Mo)	0,3% - 1,5%, insbesondere 0,4% - 1,0%
ganz insbesondere	0,5%,
optional	
Kobalt (Co)	0,1% - 2,0%, insbesondere 0,1% - 1,0%,
Mangan (Mn)	$\leq 0,3\%$, insbesondere 0,15 - 0,30%,
Nickel (Ni)	$\leq 0,5\%$, insbesondere $\leq 0,3\%$,
Magnesium (Mg)	$\leq 0,07\%$, insbesondere mindestens 0,03%,
ganz insbesondere	0,03% - 0,06%
Phosphor (P)	$\leq 0,05\%$, insbesondere 0,02% - 0,035%,
Schwefel (S)	$\leq 0,012\%$, insbesondere $\leq 0,005\%$,
ganz insbesondere	zwischen 0,003% und 0,012%,
Chrom (Cr)	$\leq 0,1\%$, insbesondere $\leq 0,05\%$,
Antimon (Sb)	$\leq 0,004\%$, insbesondere $\leq 0,003\%$,
Eisen (Fe),	

insbesondere Rest Eisen.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gusseisen mit Niob gemäß Anspruch 1 und ein Bauteil gemäß Anspruch 19.

[0002] Die bekannten und im Einsatz befindlichen Gusseisenlegierungen (sogenannte GJS Legierungen: Gusseisen mit Kugelgraphit) verwenden hauptsächlich Silizium und Molybdän zur Steigerung der Kriechfestigkeit, Zunderbeständigkeit und LCF-Verhalten. Dabei führen diese Elemente mit der Zeit aber zu einem deutlichen Abfall der Zähigkeit.

[0003] Molybdän zeigt darüber hinaus eine sehr große Steigerungsneigung.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung eine Legierung und ein Bauteil anzugeben, die die oben genannten Nachteile überwinden und bessere mechanische Festigkeiten über die Einsatzdauer aufweisen.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Legierung gemäß Anspruch 1 und ein Bauteil gemäß Anspruch 20.

[0006] In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Maßnahmen aufgelistet, die beliebig miteinander in vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.

[0007] Die Erfindung besteht darin, dass Kobalt und/oder Niob Molybdän teilweise ersetzen kann. Somit können die Anwendungsgrenzen, die die bisherige GJS-Legierung aufweisen, überwunden werden.

[0008] Die erfindungsgemäße eisenbasierte Legierung weist hohe Dehnungen für den Anwendungsbereich in dem Temperaturbereich von 450°C - 550°C auf und hat folgende Zusammensetzung (in Gew.-%) :

Silizium (Si)	2,0% - 4,5%, insbesondere 2,3% - 3,9%
Kohlenstoff (C)	2,9% - 4,0%, insbesondere 3,2% - 3,7%,
Niob (Nb)	0,05% - 0,7%, insbesondere 0,05% - 0,6%,
ganz insbesondere	0,1% bis 0,7%,
Molybdän (Mo)	0,3% - 1,5%, insbesondere 0,4% - 1,0%
ganz insbesondere optional	0,5%,
Kobalt (Co)	0,1% - 2,0%, insbesondere 0,1% - 1,0%,
Mangan (Mn)	≤ 0,3%, insbesondere 0,15 - 0,30%,
Nickel (Ni)	≤ 0,5%, insbesondere ≤ 0,3%,
Magnesium (Mg)	≤ 0,07%, insbesondere mindestens 0,03%,
ganz insbesondere	0,03% - 0,06%
Phosphor (P)	≤ 0,05%, insbesondere 0,02% - 0,035%,
Schwefel (S)	≤ 0,012%, insbesondere ≤ 0,005%,
ganz insbesondere zwischen	0,003% und 0,012%,
Chrom (Cr)	≤ 0,1%, insbesondere ≤ 0,05%,
Antimon (Sb)	≤ 0,004%, insbesondere ≤ 0,003%,
Eisen (Fe),	
insbesondere Rest Eisen.	

[0009] Vorteilhafterweise gilt, dass der Anteil von Silizium, Kobalt, Niob und Molybdän ≤ 7,5 Gew.-%, insbesondere ≤ 6,5 Gew.-% beträgt.

[0010] Schon geringe Anteile von Kobalt und/oder Niob und Molybdän verbessern die mechanischen Kennwerte.

[0011] Niob verbessert die Zeitstandfestigkeit bei gleichbleibend hoher LCF-Festigkeit und guter Zähigkeit.

[0012] Niob bewirkt durch die Ausscheidung fein verteilter Nb-Karbide eine höhere Warmfestigkeit, wodurch die Anwendungsgrenzen zu hohen Temperaturen verschoben werden.

[0013] Kobalt bewirkt eine Mischkristall-Verfestigung, welche die Eigenschaften der Legierung bei hohen Temperaturen und geringen Spannungen positiv beeinflusst.

[0014] Durch Zulegierung von Molybdän (vorzugsweise 0,4% - 1,0%) wird die Warmfestigkeit (Rp0,2 und Rm im erhöhten Temperaturbereich) und das Zeitstandverhalten (Kriechfestigkeit) positiv beeinflusst.

[0015] Vorzugsweise liegt der Anteil von Kobalt in der Legierung zwischen 0,5 Gew.-% bis 1,5 Gew.-%.

[0016] Vorteilhafte mechanische Werte werden für die Legierung jeweils erreicht, wenn der Kobalt-Gehalt bei 0,1 Gew.-% bis 1,0 Gew.-% Kobalt liegt.

[0017] Durch Magnesium wird die kugelige Ausbildung des Graphits erwirkt und Magnesium ist vorzugsweise mit mindestens 0,03 Gew.-% vorhanden, maximal 0,07 Gew.-%.

[0018] Je nach Anwendung ist vorzugsweise Chrom (Cr) mit mindestens 0,01 Gew.-%, aber maximal 0,05 Gew.-% vorhanden, das die Oxidationsbeständigkeit erhöht.

[0019] Die Legierung kann weitere Elemente aufweisen.

[0020] Gegebenenfalls sind in der Legierung geringe Mindest-Beimengen von

EP 2 712 943 A2

Phosphor (P) 0,05 Gew.-%
 Schwefel (S) 0,001 Gew.-%
 Magnesium (Mg) 0,01 Gew.-%
 Antimon (Sb)
 Cer (Ce)

vorhanden, die einen positiven Einfluss auf die Gießbarkeit und/oder die Ausbildung des Kugelgraphits haben, aber auch nicht zu hoch sein dürfen, da ansonsten die negativen Einflüsse überwiegen.

[0021] Weiterhin ist vorzugsweise kein Chrom (Cr) in der Legierung vorhanden.

[0022] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand folgender Figuren näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

Figur 1 eine Dampfturbine,
 Figur 2 eine Gasturbine.

[0024] Das Bauteil mit der Legierung zeigt ein optimales ferritisches Gefüge mit Kugelgraphit.

[0025] Die Tabelle zeigt beispielhafte erfindungsgemäße eisenbasierte Legierungen (in Gew.-%), die verbesserte mechanische Eigenschaften aufweisen.

	C	Si	Mo	Co	Nb	Mg	Mn	P	S	Sb
1	3,2	3,5	0,5	0	0,5	0,04	0,2	0,03	0,005	0,0009
2	3,3	3,6	0,5	0	0,1	0,05	0,2	0,03	0,005	0,0003
3	3,7	2,7	1,0	0,9	0,4	0,05	0,2	0,03	0,005	0,0004
4	3,5	2,4	1,0	0	0,5	0,06	0,3	0,03	0,004	0,0002
5	2,3	3,9	0,5	0	0,4	0,03	0,3	0,03	0,007	0,0030
6	3,3	3,4	0,5	1,0	0,5	0,04	0,2	0,02	0,005	0,0030
7	3,3	3,4	0,5	0,5	0,5	0,04	0,2	0,02	0,005	0,0039
8	3,0	3,3	0,4	0	0,2	0,05	0,2	0,03	0,004	0,0014

[0026] Weitere Beispiele für die Hauptlegierungselemente sind:

	C	Si	Mo	Nb	Co
9	3,56	2,50	0,50	0,10	0,00
10	3,56	2,50	1,00	0,10	0,00
11	3,56	2,50	0,50	0,50	0,00
12	3,56	2,50	1,00	0,50	0,00
13	3,56	2,50	0,50	0,10	1,00
14	3,56	2,50	1,00	0,10	1,00
15	3,56	2,50	0,50	0,50	1,00
16	3,56	2,50	1,00	0,50	1,00
17	3,56	2,50	1,00	0,50	1,00
18	3,04	4,00	0,50	0,10	0,00
19	3,04	4,00	1,00	0,10	0,00
20	3,04	4,00	0,50	0,50	0,00
21	3,04	4,00	1,00	0,50	0,00

(fortgesetzt)

	C	Si	Mo	Nb	Co
22	3,04	4,00	0,50	0,10	1,00
23	3,04	4,00	1,00	0,10	1,00
24	3,04	4,00	0,50	0,50	1,00
25	3,04	4,00	1,00	0,50	1,00
26	3,04	4,00	1,00	0,50	1,00
27	3,30	3,25	0,50	0,10	0,50
28	3,30	3,25	0,50	0,10	1,00
29	3,30	3,25	0,50	0,50	0,50
30	3,30	3,25	0,50	0,50	1,00

[0027] Vorzugsweise enthält die Legierung kein Vanadium (V) und/oder Titan (Ti) und/oder Tantal (Ta) und/oder Kupfer (Cu).

[0028] Das Verhältnis von C und Si sollte eine naheutektische Zusammensetzung ergeben, also einem Kohlenstoff-äquivalent CE zwischen 4.1% und 4.4% entsprechen

$$(CE = Gew. - \%C + \frac{Gew\%Si + Gew\%P}{3}) .$$

[0029] In Figur 1 ist eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden Turbinenwelle 309 dargestellt.

[0030] Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und einem dieses umschließenden Außengehäuses 315 auf. Die Hochdruck-Teilturbine 300 ist beispielsweise in Topfbauart ausgeführt. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist beispielsweise zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303 einflutig ausgeführt ist.

[0031] Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mitteldruck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 abgedichtet. Zwischen einem Hochdruck-Dampfeintrömbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschaufelung 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaufelung 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschaufelungsbereich 360 dar.

[0032] Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeintrömbereich 333 auf. Dem Dampfeintrömbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle 309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Beschaufelungsbereich 366 mit den Mitteldruck-Laufbeschaufeln 354 auf. Der durch den zweiten Beschaufelungsbereich 366 strömende heiße Dampf strömt aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

[0033] Die Turbinenwelle 309 ist beispielsweise aus zwei Teilturbinenwellen 309a und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind. Jede Teilturbinenwelle 309a, 309b weist eine als zentrale Bohrung 372a entlang der Rotationsachse 306 ausgebildete Kühlleitung 372 auf. Die Kühlleitung 372 ist mit dem Dampfaustrittsbereich 351 über eine eine radiale Bohrung 375a aufweisende Zuströmleitung 375 verbunden. In der Mitteldruck-Teilturbine 303 ist die Kühlmittelleitung 372 mit einem nicht näher dargestellten Hohlraum unterhalb der Wellenabschirmung verbunden. Die Zuströmleitungen 375 sind als radiale Bohrung 375a ausgeführt, wodurch "kalter" Dampf aus der Hochdruck-Teilturbine 300 in die zentrale Bohrung 372a einströmen kann. Über die insbesondere auch als radial gerichtete Bohrung 375a ausgebildete Abströmleitung 372 gelangt der Dampf durch den Lagerbereich 321 hindurch in die Mitteldruck-Teilturbine 303 und dort an die Manteloberfläche 330 der Turbinenwelle 309 im Dampfeintrömbereich 333. Der durch die Kühlleitung strömende Dampf hat eine deutlich niedrigere Temperatur als der in den Dampfeintrömbereich

333 einströmende zwischenüberhitzte Dampf, so dass eine wirksame Kühlung der ersten Laufschaufelreihen 342 der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie der Manteloberfläche 330 im Bereich dieser Laufschaufelreihen 342 gewährleistet ist.

[0034] Die Figur 2 zeigt beispielhaft eine Gasturbine 100 in einem Längsteilschnitt.

[0035] Die Gasturbine 100 weist im Inneren einen um eine Rotationsachse 102 drehgelagerten Rotor 103 mit einer Welle 101 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird.

[0036] Entlang des Rotors 103 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 104, ein Verdichter 105, eine beispielsweise torusartige Brennkammer 110, insbesondere Ringbrennkammer, mit mehreren koaxial angeordneten Brennern 107, eine Turbine 108 und das Abgasgehäuse 109.

[0037] Die Ringbrennkammer 110 kommuniziert mit einem beispielsweise ringförmigen Heißgaskanal 111. Dort bilden beispielsweise vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 112 die Turbine 108.

[0038] Jede Turbinenstufe 112 ist beispielsweise aus zwei Schaufelringen gebildet. In Strömungsrichtung eines Arbeitsmediums 113 gesehen folgt im Heißgaskanal 111 einer Leitschaufelreihe 115 eine aus Laufschaufeln 120 gebildete Reihe 125.

[0039] Die Leitschaufeln 130 sind dabei an einem Innengehäuse 138 eines Stators 143 befestigt, wohingegen die Laufschaufeln 120 einer Reihe 125 beispielsweise mittels einer Turbinenscheibe 133 am Rotor 103 angebracht sind.

[0040] An dem Rotor 103 angekoppelt ist ein Generator oder eine Arbeitsmaschine (nicht dargestellt).

[0041] Während des Betriebes der Gasturbine 100 wird vom Verdichter 105 durch das Ansauggehäuse 104 Luft 135 angesaugt und verdichtet. Die am turbinenseitigen Ende des Verdichters 105 bereitgestellte verdichtete Luft wird zu den Brennern 107 geführt und dort mit einem Brennmittel vermischt. Das Gemisch wird dann unter Bildung des Arbeitsmediums 113 in der Brennkammer 110 verbrannt. Von dort aus strömt das Arbeitsmedium 113 entlang des Heißgaskanals 111 vorbei an den Leitschaufeln 130 und den Laufschaufeln 120. An den Laufschaufeln 120 entspannt sich das Arbeitsmedium 113 impulsübertragend, so dass die Laufschaufeln 120 den Rotor 103 antreiben und dieser die an ihn angekoppelte Arbeitsmaschine.

[0042] Die dem heißen Arbeitsmedium 113 ausgesetzten Bauteile unterliegen während des Betriebes der Gasturbine 100 thermischen Belastungen. Die Leitschaufeln 130 und Laufschaufeln 120 der in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums 113 gesehen ersten Turbinenstufe 112 werden neben den die Ringbrennkammer 110 auskleidenden Hitzeschildelementen am meisten thermisch belastet.

[0043] Um den dort herrschenden Temperaturen standzuhalten, können diese mittels eines Kühlmittels gekühlt werden.

[0044] Ebenso können Substrate der Bauteile eine gerichtete Struktur aufweisen, d.h. sie sind einkristallin (SX-Struktur) oder weisen nur längsgerichtete Körner auf (DS-Struktur).

[0045] Als Material für die Bauteile, insbesondere für die Turbinenschaufel 120, 130 und Bauteile der Brennkammer 110 werden beispielsweise eisen-, nickel- oder kobaltbasierte Superlegierungen verwendet.

[0046] Solche Superlegierungen sind beispielsweise aus der EP 1 204 776 B1, EP 1 306 454, EP 1 319 729 A1, WO 99/67435 oder WO 00/44949 bekannt.

[0047] Ebenso können die Schaufeln 120, 130 Beschichtungen gegen Korrosion (MCrAlX; M ist zumindest ein Element der Gruppe Eisen (Fe), Kobalt (Co), Nickel (Ni), X ist ein Aktivelement und steht für Yttrium (Y) und/oder Silizium, Scandium (Sc) und/oder zumindest ein Element der Seltenen Erden bzw. Hafnium). Solche Legierungen sind bekannt aus der EP 0 486 489 B1, EP 0 786 017 B1, EP 0 412 397 B1 oder EP 1 306 454 A1.

[0048] Auf der MCrAlX kann noch eine Wärmedämmschicht vorhanden sein, und besteht beispielsweise aus ZrO_2 , Y_{2O_3} - ZrO_2 , d.h. sie ist nicht, teilweise oder vollständig stabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Kalziumoxid und/oder Magnesiumoxid.

[0049] Durch geeignete Beschichtungsverfahren wie z.B. Elektronenstrahlverdampfen (EB-PVD) werden stängelförmige Körner in der Wärmedämmschicht erzeugt.

[0050] Die Leitschaufel 130 weist einen dem Innengehäuse 138 der Turbine 108 zugewandten Leitschaufelfuß (hier nicht dargestellt) und einen dem Leitschaufelfuß gegenüberliegenden Leitschaufelkopf auf. Der Leitschaufelkopf ist dem Rotor 103 zugewandt und an einem Befestigungsring 140 des Stators 143 festgelegt.

Patentansprüche

1. Eisenbasierte Legierung aufweisend (in Gew.-%):

Silizium (Si)	2,0% - 4,5%, insbesondere 2,3% - 3,9%
Kohlenstoff (C)	2,9% - 4,0%, insbesondere 3,2% - 3,7%,
ganz insbesondere	3,0%,

EP 2 712 943 A2

(fortgesetzt)

	Niob (Nb)	0,05% - 0,7%, insbesondere 0,05% - 0,6%,
	ganz insbesondere	0,1% bis 0,7%,
5	Molybdän (Mo)	0,5% - 1,0%, insbesondere 1,0%
	ganz insbesondere optional	0,5%,
	Kobalt (Co)	0,1% - 2,0%, insbesondere 0,1% - 1,0%,
	Mangan (Mn)	≤ 0,3%, insbesondere 0,15 - 0,30%,
10	Nickel (Ni)	≤ 0,5%, insbesondere ≤ 0,3%,
	ganz insbesondere mindestens	0,1% Nickel (Ni),
	Magnesium (Mg)	≤ 0,07%, insbesondere mindestens 0,03%,
	ganz insbesondere	0,03% - 0,06%
	Phosphor (P)	≤ 0,05%, insbesondere 0,02% - 0,035%,
15	Schwefel (S)	≤ 0,012%, insbesondere ≤ 0,005%,
	ganz insbesondere zwischen	0,003% und 0,012%,
	Chrom (Cr)	≤ 0,1%, insbesondere ≤ 0,05%,
	ganz insbesondere mindestens	0,01% Chrom (Cr).
20	Antimon (Sb)	≤ 0,004%, insbesondere ≤ 0,003%,
	Eisen (Fe),	
	insbesondere Rest Eisen.	

2. Legierung nach Anspruch 1,
25 die 0,05 Gew.-% - 0,2 Gew.-% Niob (Nb) enthält, insbesondere 0,1 Gew.-% Niob.
3. Legierung nach Anspruch 1,
die 0,4 Gew.-% - 0,6 Gew.-% Niob (Nb) enthält, insbesondere 0,5 Gew.-%.
- 30 4. Legierung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2 oder 3,
enthaltend 0,4 Gew.-% bis 0,6 Gew.-% Kobalt (Co), insbesondere 0,5 Gew.-% Kobalt (Co).
5. Legierung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2 oder 3,
enthaltend 0,9 Gew.-% bis 1,1 Gew.-% Kobalt (Co), insbesondere 1,0 Gew.-% Kobalt (Co).
- 35 6. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
deren Anteil an Silizium (Si), Kobalt (Co), Molybdän (Mo) und Niob (Nb) kleiner 6,5 Gew.-% beträgt,
insbesondere kleiner 6,0 Gew.-%,
ganz insbesondere mindestens 3,5 Gew.-% beträgt.
- 40 7. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
deren Anteil an Molybdän (Mo) und Niob (Nb) 1,5 Gew.-% nicht übersteigt,
insbesondere mindestens 0,6 Gew.-% beträgt.
- 45 8. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 7,
die 2,0 Gew.-% - 3,0 Gew.-% Silizium (Si) enthält, insbesondere 2,3 Gew.-% - 2,7 Gew.-% Silizium (Si),
ganz insbesondere 2,5 Gew.-% Silizium (Si).
- 50 9. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 7,
die 3,0 Gew.-% - 4,5 Gew.-% Silizium (Si) enthält. insbesondere 3,3 Gew.-% - 3,5 Gew.-% Silizium (Si) enthält.
10. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 7,
die 3,15 Gew.-% - 3,40 Gew.-% Silizium (Si) enthält. insbesondere 3,25 Gew.-% Silizium enthält.
- 55 11. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 7,
die 3,9 Gew.-% - 4,1 Gew.-% Silizium (Si) enthält. insbesondere 4,0 Gew.-% Silizium (Si) enthält.
12. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,

die kein Nickel (Ni) und/oder kein Chrom (Cr) außer als mögliche Verunreinigung und/oder kein Kobalt (Co) enthält.

13. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
die mindestens 0,01 Gew.-% Nickel (Ni) enthält, insbesondere mindestens 0,05 Gew.-%.

14. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
die 3,2 Gew.-% bis 3,4 Gew.-% Kohlenstoff (C), insbesondere 3,3 Gew.-% Kohlenstoff enthält.

15. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche 1 bis 13,
die 3,4 Gew.-% bis 3,7 Gew.-% Kohlenstoff (C), insbesondere 3,55 Gew.-% Kohlenstoff enthält.

16. Legierung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche,
die für Kohlenstoff (C), Silizium (Si) und Phosphor (P) ein CE-Äquivalent von 4,1% bis 4,4% aufweist,

$$\text{wobei } CE = \text{Gew.} - \%C + \frac{\text{Gew}\%Si + \text{Gew}\%P}{3} \text{ gilt.}$$

17. Bauteil,
insbesondere bestehend aus einer Legierung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16,
das insbesondere ein Gehäuseteil,
insbesondere einer Dampfturbine (300, 303) oder einer Gasturbine (100) ist.

FIG 1

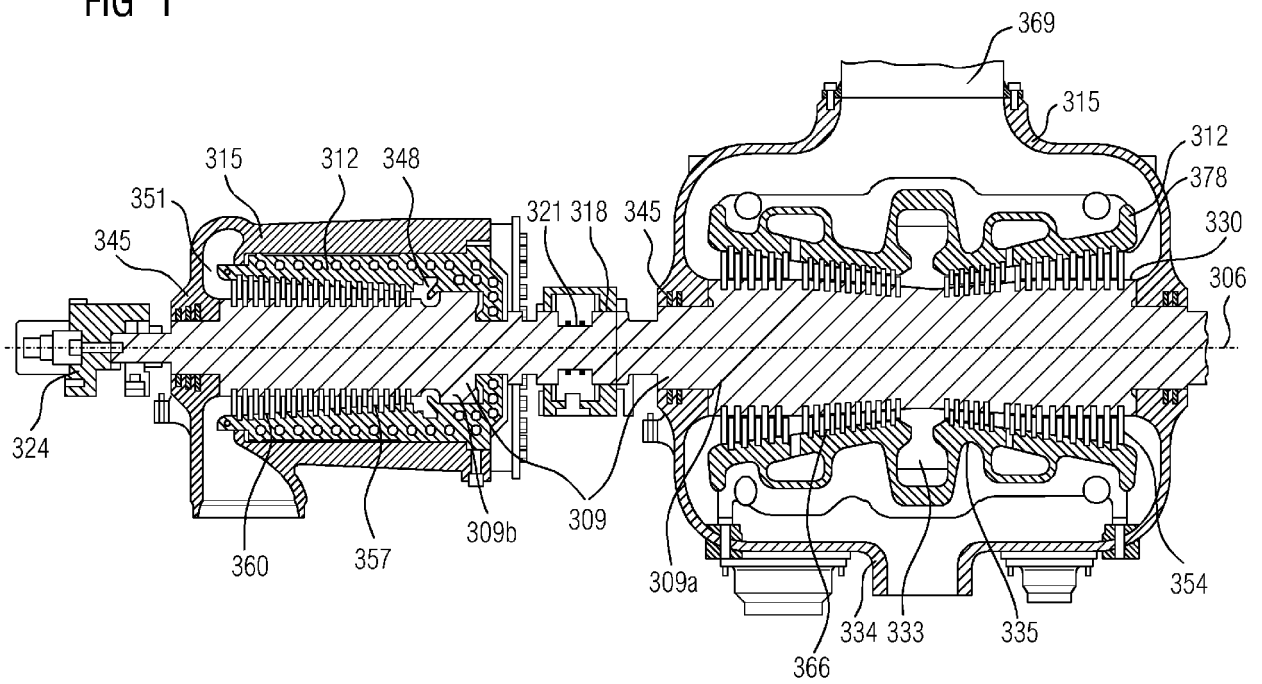
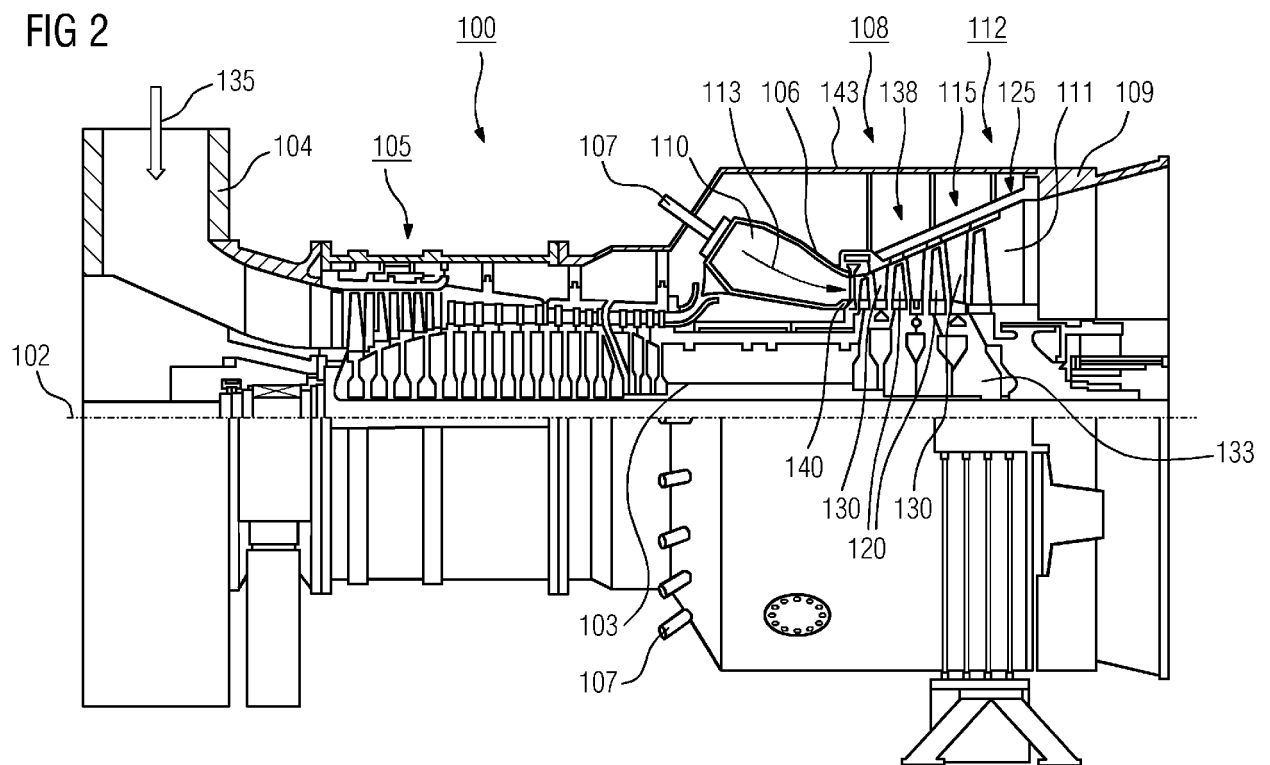


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1204776 B1 **[0046]**
- EP 1306454 A **[0046]**
- EP 1319729 A1 **[0046]**
- WO 9967435 A **[0046]**
- WO 0044949 A **[0046]**
- EP 0486489 B1 **[0047]**
- EP 0786017 B1 **[0047]**
- EP 0412397 B1 **[0047]**
- EP 1306454 A1 **[0047]**