



(11)

EP 3 325 683 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.10.2020 Patentblatt 2020/43

(21) Anmeldenummer: **16731495.4**

(22) Anmeldetag: **08.04.2016**

(51) Int Cl.:

C22C 38/00 <small>(2006.01)</small>	C22C 38/04 <small>(2006.01)</small>
C22C 38/22 <small>(2006.01)</small>	C22C 38/26 <small>(2006.01)</small>
C22C 38/28 <small>(2006.01)</small>	C22C 38/32 <small>(2006.01)</small>
C22C 38/34 <small>(2006.01)</small>	C21D 7/13 <small>(2006.01)</small>
C21D 6/00 <small>(2006.01)</small>	C21D 9/28 <small>(2006.01)</small>
C21D 9/30 <small>(2006.01)</small>	

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2016/100168

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/162023 (13.10.2016 Gazette 2016/41)

(54) **LEGIERTER STAHL UND DAMIT HERGESTELLTE BAUTEILE**

ALLOYED STEEL AND PARTS THEREOF

ACIER ALLIÉ ET COMPOSANT DE CELUI

(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**

(30) Priorität: **09.04.2015 DE 102015105448**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.05.2018 Patentblatt 2018/22

(73) Patentinhaber: **Gesenschmiede Schneider
GmbH
73431 Aalen (DE)**

(72) Erfinder:

- **KOLBE, Peter
73434 Aalen (DE)**

- **SCHWARZ, Ottmar
73457 Essingen (DE)**

(74) Vertreter: **Neidl-Stippler, Cornelia
Neidl-Stippler
Patentanwaltskanzlei
Rauchstrasse 2
81679 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 0 509 453	EP-A1- 1 612 395
EP-A2- 2 617 855	CN-A- 101 967 610
DE-A1- 3 136 722	DE-A1- 4 233 269
JP-A- H03 294 084	

EP 3 325 683 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen legierten Stahl mit exzellenter Verarbeitbarkeit, Zunderfestigkeit sowie Säurefestigkeit und daraus hergestellte Bauteile.

5 **[0002]** Insbesondere betrifft sie Stahl für Umformteile, die gute Zunderfestigkeit auch in saurer Umgebung haben, und daraus hergestellte Bauteile.

[0003] Die Bezeichnung der Stahllegierungen erfolgt nach folgender Regel: An erster Stelle wird der Kohlenstoffgehalt in Massenprozent mal 100 angegeben, gefolgt von den chemischen Elementensymbolen der Legierungselemente in der Reihenfolge sinkender Massenanteile, und am Ende in der gleichen Reihenfolge, getrennt durch Bindestriche, die Massenanteile der zuvor aufgeführten Legierungselemente, die mit folgenden Faktoren multipliziert werden, um auf größere ganze Zahlen zu kommen:

×1000: B

×100: C, N, P, S, Ce

15 ×10: Al, Cu, Mo, Ti, V, Be, Ta, Zr, Nb, Pb

×4: Cr, Co, Mn, Ni, Si, W

[0004] Stähle mit besonders geringem Kohlenstoffgehalt wurden in jüngerer Zeit für Umformteile, insbesondere für Fahrzeuge, Maschinenbau, Grossmotorenbau etc. usw. breit verwendet, da die Stähle eine exzellente Verarbeitbarkeit aufweisen. Rohlinge für das Schmieden werden gewöhnlich durch Dekarbonisieren von geschmolzenem Stahl, welcher durch einen Konverter usw. hergestellt wurde, erhalten, wobei bspw. ein Vakuumgasungsverfahren, wie das RH-Verfahren, verwendet wird, um die Kohlenstoffkonzentration auf eine besonders geringe Kohlenstoffkonzentration herabzusetzen. Danach findet meist kontinuierliches Gießen statt. EP0509453A1 offenbart einen hitzebeständigen Gussstahl, ein Verfahren zu seiner Herstellung und daraus hergestellte Abgasanlageteile.

20 **[0005]** Für Umform-Anwendungen wurde häufig als niedrig legierter Stahl 42CrMo4 Stahl bzw. 43 CrMo4 oder ihre schwefelhaltigeren Variante 42 CrMoS4 verwendet. Alle diese Stähle haben eine sehr ähnliche Zusammensetzung und ähnliches Verhalten.

Chem. Zusammensetzung (Gew.%)

30 **[0006]**

	41CrMo4	42CrMo4/42CrMoS4	43CrMo4
C	0,38 - 0,44	0,38 - 0,45	0,4 - 0,46
Si	0,15 - 0,40	bis 0,40	bis 0,4
Mn	0,50 - 0,80	0,60 - 0,90	0,6 - 0,90
P		max 0,025	max 0,025
S		max 0,035	max 0,035
Cr	0,90 - 1,20	0,90 - 1,20	0,90 - 1,20
Mo	0,15 - 0,30	0,15 - 0,30	0,15 - 0,30

[0007] 42CrMo4 Stahl hat im gehärteten und angelassenen Zustand eine Zugfestigkeit von 900 bis ca 1200 MPa, eine Streckgrenze Re MPa von mindestens 650 MPa 41CrMo4 Stahl hat - wie 43CrMo4 im gehärteten und angelassenen Zustand eine Zugfestigkeit und Streckgrenze Re MPa in den gleichen Bereichen.

[0008] Es besteht noch die Variante 42CrMoS4 - diese zeichnet sich durch eine genauere Eingrenzung des Schwefelgehalts auf von 0,02 - 0,04 aus und hat im Übrigen die gleiche Zusammensetzung und Eigenschaften wie 42CrMo4.

[0009] Vorteile dieses Stahls sind:

50 Einschlüsse sind weniger abrasiv, sie wirken wie ein Schmiermittel und Barriere an Werkzeug/Werkstück-Kontaktstellen. Verglichen mit der Standard-Klasse der IM-Stähle ergibt sich bereits

- eine verbesserte Zerspanbarkeit mit reduzierten Bearbeitungskosten
- Bis zu 30% längere Standzeiten für eine bestimmte Schnittgeschwindigkeit
- Bis zu 20% höhere Schnittgeschwindigkeiten für eine bestimmte Standzeit

55 **[0010]** Die in der bekannten Legierung eingesetzten Legierungsbestandteile des Stahls haben unter anderem folgende Wirkungen

Kohlenstoff

5 **[0011]** Kohlenstoff senkt den Schmelzpunkt und erhöht über die Bildung von Fe₃C die Härte und Zugfestigkeit. In größeren Mengen erhöhte er die Sprödigkeit und senkt die Schmiedefähigkeit, Schweißarbeit, Bruchdehnung und Kerbschlagzähigkeit. Insbesondere wird die Formbarkeit vermindert, wenn er in einer großen Menge zugegeben wird. Hier muss daher die Zugabe gering sein.

Chrom

10 **[0012]** Chrom senkt die kritische Abkühlgeschwindigkeit, erhöht die Verschleißfestigkeit, Warmfestigkeit, Zunderbeständigkeit. Die Zugfestigkeit wird erhöht, da Chrom als Carbidbildner wirkt. Ab ca 12 Gew.% steigert es die Korrosionsbeständigkeit (Edelstahl)), wirkt ferritstabilisierend. Leider verringert es die Kerbschlagarbeit und die Schweißarbeit, senkt die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit. Mit Chromzusätzen werden die besten Ergebnisse der Ein- bzw. Durchhärtung erreicht. Chrom wird auf dem Markt zu relativ höheren Preisen gehandelt, es ist aus ökonomischen Gründen erwünscht, den Cr-Gehalt nicht zu hoch anzusetzen.

Molybdän

20 **[0013]** Es verbessert die Härbarkeit, Zugfestigkeit und Schweißarbeit. Leider verringert es die Dehnbarkeit und Schmiedefähigkeit. Molybdän erhöht ebenfalls die Einhärtbarkeit und ergänzt sich vorteilhaft mit Chrom. Außerdem verbessert Mo die Warmfestigkeit sowie die Anlassbeständigkeit, eine Eigenschaft, die beim Vergüten besonders wichtig ist. Das Molybdän verringert die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit und bildet mit Kohlenstoff stabile Karbide. In Kombination mit Chrom verbessert es die Korrosionsbeständigkeit.

25 Schwefel

[0014] Schwefel erhöht die Zerspanbarkeit, setzt aber die Duktilität und damit Schmiedefähigkeit der Eisenlegierung herab.

30 Mangan

35 **[0015]** Mangan erhöht die Tiefenhärtbarkeit der Legierung. Mangan desoxydiert. Es bindet Schwefel als Mangan-Sulfide und verringert dadurch den ungünstigen Einfluss des Eisen-Sulfids. Besondere Bedeutung hat dies bei Automatenstahl; die Rotbruchgefahr wird verringert. Mangan setzt die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit sehr stark herab und erhöht damit die Härbarkeit. Streckgrenze sowie Festigkeit werden durch Mangan-Zusatz erhöht, ferner wirkt Mangan sich günstig auf die Schmiedbarkeit und Schweissbarkeit aus und vergrößert stark die Einhärttiefe. Durch Mangan erhöht sich der Wärmeausdehnungs-Koeffizient, während Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit sinken.

40 **[0016]** Ähnlich ist der bekannte Vergütungsstahl 41 CrS4, der im Wesentlichen für die gleichen Einsatzzwecke, wie 42CrMo4 IM verwendet wird, aber geringere Festigkeitswerte aufweist.:
41CrS4 Stahl hat eine Zusammensetzung von

	(Gew.%)	Min	Max
45	C	0,38	0,45
	Mn	0,60	0,90
	Si		max 0,40
	S		max 0,040
	Cr	0,90	1,20

50 **[0017]** Der Vergütungsstahl 41CrS4 ist ein vielseitig einsetzbarer Werkstoff und wird hauptsächlich im Automobil- und Fahrzeugbau verwendet. Er findet Verwendung für Bauteile, deren Anforderungen an die Festigkeit nicht so hoch sind wie bei Bauteilen aus dem Vergütungsstahl 42CrMo4.

55 **[0018]** 41CrS4 wird bei 1310°C - 850°C warm umgeformt und soll anschließend langsam abgekühlt werden. 41CrS4 ist nur schwer schweißbar und sollte daher in Schweißkonstruktionen nicht eingesetzt werden. Im vergüteten Zustand bei Raumtemperatur hat der 41CrS4 - Stahl eine Streckgrenze (MPa) von 800 - 560 und eine Zugfestigkeit (MPa) 1200 - 950 MPa.

[0019] Die bekannten Vergütungs-Stähle 42CrMo4/42CrMoS4, 41Cr4/41CrS4 und 41CrMo4/41 CrMoS4, die sehr

EP 3 325 683 B1

ähnliche Eigenschaften haben, sind umfangreich im Einsatz. Mit den beschriebenen Eigenschaften sind die Werkstoffe für hohe und höchste dynamische und statische Belastbarkeit geeignet. Ihre Anwendung ergibt sich aus den geforderten Festigkeits- und Zähigkeitswerten, wobei aber immer die Dimensionierung der Bauteile berücksichtigt werden muss. Die mechanische Bearbeitbarkeit dieser Stähle, insbesondere in Warm-/ und Kaltumformprozessen ist hervorragend und sie werden daher umfangreich im Fahrzeugbau, Maschinenbau, Grossmotorenbau etc. eingesetzt. Für bestimmte Anwendungen sind sie aber nicht ausreichend zunderbeständig (thermisch hochbelastete Teile) und haben keine ausreichende Festigkeit für Stahlleichtbauteile

Durch die verschärfte Umweltgesetzgebung vor allem in den USA mussten zur Reduzierung der Schadstoffe im Abgas die Drücke und damit auch die Temperaturen im Brennraum der Dieselmotoren erhöht werden.

[0020] Unter den neueren, verschärften Bedingungen für Ferrothermkolben dürften im Brennraum die Temperaturen bis zu 500°C liegen und auf der Innenseite des Kolbens eher etwas niedriger.

[0021] Den geforderten Belastungssteigerungen ist die bis dahin häufig für PKW verwendete Aluminiumlegierung immer weniger gewachsen. Als Ausweg bot sich in diesem Fall eine zweiteilige Lösung an, die aus einem hoch belastbaren Kolbenoberteil und dem Kolbenhemd besteht. Als Standardwerkstoff für das Kolbenoberteil wird häufig auch der Werkstoff 42CrMo4 in vergüteter Ausführung gewählt. Die Festigkeit dieser Bauteile beträgt zwischen 870 und 1 080 MPa. Auch die Warmfestigkeit, Wechsellast-Beständigkeit, Temperaturschock-Beanspruchbarkeit und Oxidationsbeständigkeit dieses Vergütungsstahles sind für die vorliegenden Bedingungen gerade ausreichend.

[0022] Wegen der für die neuen Anwendungen verbesserungsfähigen Zunderfestigkeit und der hohen Preise für diese herkömmlichen Stähle, die insbesondere durch den Mo-Zusatz bedingt sind, wird versucht, einen Stahl mit besseren mechanischen Eigenschaften zu schaffen.

[0023] Bisher ging man davon aus, dass:

bis 400 °C: Einsatz unlegierter und Mangan-legierter Stähle möglich

bis 550 °C: Einsatz Mo(-V) legierter Stähle

bis 600 °C: Einsatz mit Cr hochlegierter, zunderbeständiger Stähle

> 600 °C: Einsatz hochlegierter, austenitischer Cr-Ni-Stähle - hochlegierte Stähle sind allerdings teuer.

[0024] Ein überraschend zunderfester und niedrig legierter Stahl wurde in der EP2617855 A2 offenbart. Dieser Stahl verwendet im Wesentlichen die folgenden Legierungsanteile unter Zusatz von Chrom:

- 0,3 bis	0,5 Gew.-% Kohlenstoff;
- 2,0 bis	5 Gew.-% Silizium;
- 0,9 bis	1,2 Gew.-% Cr
- 0,6 - bis	0,9 Gew.-% Mn

Max. 0,025 Gew.-% P

Max. 0,035 Gew.-% S

0,02 - 0,04 Gew.-% Ti

0,001 - 0,006 Gew.-% B

Rest Eisen sowie bis 0.5 Gew.-% Verunreinigungen.

[0025] Er hat zufriedenstellende Eigenschaften und ist insbesondere zunderfest, ist jedoch für einige Spezialanwendungen, bei denen chemische Angriffe bei erhöhter Temperatur auf seine Oberfläche stattfinden, noch verbesserungsfähig.

[0026] Demgemäß ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Zunderbeständigkeit von niedrig legierten Vergütungsstählen bei thermisch hochbelastbaren Stahlteilen auch in chemisch aggressiver Umgebung weiter zu verbessern.

[0027] Die Aufgabe wird überraschenderweise durch den legierten Stahl mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 sowie daraus hergestellte Bauteile gemäß Anspruch 4 gelöst.

[0028] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0029] In einigen Fällen ist die Zulegierung geringer Mengen von Titan und/oder Niob und B zwecks Abfangen des Kohlenstoffs und Erhöhung der Härte sinnvoll.

[0030] Die erfindungsgemässen Stähle enthalten zumindest 92,00 Gew.-% Eisen, bevorzugt zumindest 96,00 Gew.-% Eisen.

[0031] Es ist günstig, wenn Verunreinigungen und unvermeidbaren Elemente jeweils in Konzentrationen von unter 0,10 Gew.-%, bevorzugt unter 0,05 Gew.-% vorliegen.

[0032] Eine typische Anwendung ist in Säureangriffen ausgesetzten Bauteilen, wie Allesbrennern und Dieselmotoren,

welche mit ungereinigten Treibstoffen betrieben werden (bspw. nicht entschwefelten Diesel). In diesen Maschinenkomponenten kann er mit einer Zugfestigkeit von $> 950 - 1250$ [MPa], einer Streckgrenze (Mpa) von >700 bis etwa 770 ; einer Bruchdehnung $> 10\%$ und einer Zunderbeständigkeit von ca 600°C bis ca 650°C und mehr überzeugen.

[0033] Typische derartige Bauteile sind Maschinenkomponenten, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kolben, auch für Verbrennungsmotoren, Kurbelwellen, Pleuel, Lenkungsteilen, Ventiltteile, Förderbandteile insbesondere für warme Teile; aber auch Kraftwerksbauteile; Befestigungsteile für warmfeste Bereiche, Dampfturbinenteile, Brennkammerteile für Gas- oder Ölbrenner; Abgasanlagen und deren Teile; Baggerschaufeln, Dispersionspumpen, wie Betonpumpen und Kratzförderer.

[0034] Der Einsatz des erfindungsgemäßen Stahls ist in Bereichen möglich, wo hohe Abriebfestigkeit/Härte mit guter Umformbarkeit und Widerstandsfähigkeit besonders gegen Oxidation erwünscht ist. Dies sind typische Verhältnisse, wie sie bei Förderanlagen für Bergbau und chemische Erzeugnisse auftreten.

[0035] Die Kosten für den erfindungsgemäßen Stahl sind aufgrund des vermehrten Zusatzes von Cr nur unwesentlich höher als die von 42CrMo4 , wobei aber gleichzeitig eine erhebliche Erhöhung der Oxidationsfestigkeit auftritt. Die Streckgrenze sowie die Zugfestigkeit erhöht sich um etwa 200 Mpa bei den erfindungsgemäßen Stählen mit Cr-Gehalten > 2 Gew.% gegenüber dem bekannten 42CrMo4 , einhergehend mit einer leichten Verringerung der Bruchdehnung. Die Bearbeitung verändert sich nicht und kann mit den üblichen Werkzeugen und Verfahren durchgeführt werden.

[0036] Die gegenüber 42CrMo4 neu eingeführten Legierungsbestandteile haben folgende Wirkungen:

Silizium

[0037] Es erhöht die Zunderbeständigkeit, ist ein Mischkristallhärter und behindert die Carbid-Bildung. Es macht die Schmelze bei der Stahlherstellung dünnflüssiger und wirkt auch als Reduktionsmittel. Schließlich erhöht es die Zugfestigkeit, die Streckgrenze und die Zunderbeständigkeit und wirkt ferritstabilisierend. Ein zu hoher Zusatz verringert die Formbarkeit der Legierung.

Titan

[0038] Titan verhindert in Eisenlegierungen die interkristalline Korrosion durch TiC-Bildung. Der starke Nitridbildner (Titan) dient u.a. zum Schutz von Bor durch Reaktion mit Stickstoff. Zum Beispiel tritt dann, wenn Stickstoff mit Titan fixiert ist, zufriedenstellende Härbarkeit im Temperaturbereich bis 1000°C auf, wenn der Stahl etwa $5-20$ ppm Bor enthält. Ti wird zur Reduktion des Stahls und zur Fixierung von C und N als TiC beziehungsweise TiN verwendet. Der Ti-Gehalt muss deshalb mindestens $0,02\%$ betragen. Da jedoch die Wirkung der Ti-Zugabe von Ti gesättigt ist, wenn der Ti-Gehalt über $0,08\%$ steigt, wird die obere Grenze des Ti-Gehalts auf $0,08\%$ definiert. Das Titan ist ein starkes Reduktionsmittel und bildet stabile Oxide, Karbide, Nitride und Sulfide.

Niob

[0039] Niob wirkt - ähnlich wie Titan - als starker Karbid- und Nitridbildner und dient hier insbesondere zum Schutz des Bors vor der Reaktion mit Stickstoff. Es kann Titan ersetzen oder ergänzen.

Bor

[0040] Bor erhöht die Streckgrenze und Festigkeit des Stahls, selbst bei Zusatz in geringsten Mengen. Es wirkt dabei auch als Neutronenabsorber und macht den Stahl für Kernkraftwerks- und ähnliche Anwendungen geeignet. Der Zusatz von Bor in einer Menge von bis zu $0,01\%$ auf austenitischen Stählen verbessert auch ihre hohe Temperaturbeständigkeit. Bor-Stähle sind hochwertige Kaltumformstähle. Die basische Wirkung von Bor in Stahl zeigt sich in der Verbesserung der Härbarkeit, was sich bereits bei einer sehr geringen Konzentration von $0,0010\%$ Bor, auswirkt. Auch in der geringen Menge bis 100 ppm, erhöht Bor die Härbarkeit mehr als andere, teurere Elemente, die in viel größeren Mengen eingesetzt werden müssen

[0041] Ein herausragendes Merkmal der Bor-Stähle ist die Verbesserung der Härbarkeit durch die Zugabe von selbst winzigen Mengen Bor. zwischen 3 und 15 ppm. Die Menge Bor ist kritisch, denn eine übermäßige Menge von Bor (> 30 ppm) kann die Zähigkeit senken, zum Verspröden und Warmbrüchigkeit führen. Der Einfluss von Bor auf Härbarkeit hängt auch von der Menge an Kohlenstoff im Stahl ab, wobei die Wirkung von Bor sich umgekehrt proportional zum Prozentsatz des vorhandenen Kohlenstoffs erhöht.

[0042] Bor kann auch unwirksam sein, wenn dessen Zustand durch fehlerhafte Wärmebehandlung verändert wird. Zum Beispiel muss eine hohe Austenitisierungstemperatur sowie Temperaturbereiche, in denen bestimmte Bor-Präzipitate auftreten, vermieden werden.

[0043] Generell ist die Härbarkeit von Stahl in hohem Maße auf das Verhalten von Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff

EP 3 325 683 B1

in Stahl zurückzuführen. Bor reagiert mit Sauerstoff zu Boroxid (B_2O_3); mit Kohlenstoff zu Eisen Borcementit ($Fe_3(CB)$) und Eisen Borcarbid ($Fe_{23}(CB)_6$) und mit Stickstoff zu Bornitrid (BN). Ein Verlust von Bor kann durch Sauerstoff erfolgen. Die Härbarkeit von Bor-Stahl steht auch eng mit austensierenden Bedingungen im Zusammenhang und fällt in der Regel durch Erhitzen über $1000^\circ C$. Bor-Stähle müssen auch bei einer niedrigeren Temperatur als andere Legierte Stähle gleicher Härbarkeit temperiert werden.

[0044] Die erfindungsgemässen Stähle werden für viele Anwendungen eingesetzt, wie verschleißfestes Material und als hochfester Stahl. Beispiele hierfür sind Stanz-Werkzeuge, Spaten, Messer, Sägeblätter, Sicherheitsträger in Fahrzeugen etc.

[0045] Bor Stähle sind angezeigt, wenn die Grundmasse die mechanischen Anforderungen (Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, etc.) erfüllt, aber die Härbarkeit nicht für die vorgesehene Abschnitts Größe ausreicht. Anstatt Forderung nach einem höher legierten und damit teureren Stahl, kann ein Benutzer entsprechende Bor-Mengen einsetzen, wodurch eine geeignete Härbarkeit erzielt wird.

[0046] Besondere Vorteile der erfindungsgemässen Stähle sind eine gute Kaltumformbarkeit, verlängerte Werkzeugstandzeiten für daraus hergestellte Werkzeuge, verbesserte Schweißbarkeit aufgrund der niedrigen Kohlenstoff-Äquivalente, geringere Anlasstemperaturen. Dadurch resultieren Einsparungen an Energie und gute Einsatzhärten.

[0047] Der erfindungsgemäße Stahl mit dem gegenüber 42CrMo4 stark erhöhten Chrom-Gehalt ist noch dazu erheblich säurefester - auch bei höheren Temperaturen. Daher eignet er sich besonders u.a. zur Auskleidung von Brennkammern, in denen Schwefelhaltige Brennstoffe (Diesel, Naphta etc.) verbrannt werden oder für Behältnisse jeglicher Art, in denen saure Verbindungen auftreten (SO_2 -Leitungen, etc.). Klassische Anwendungsgebiete sind auch sog. Allesbrenner oder Motoren, die in Spezialfahrzeugen mit allen Brennstoffen laufen können sollen

Oxidationsversuch:

[0048] Vergleichsstahl nach EP2617855A MCG3:

0,4 Gew.% C+ 1.0 Gew.% Cr+ 0,2 Gew.% Mo +0,8 Gew.%Mn + 4%Si + 0,04Gew.%Ti + 0,005 B, Rest Eisen und 0,05 Gew.% Verunreinigungen = MCG3

Erfindungsgemäßer Stahl MCG35

[0049] 0,4 Gew.% C+ 3.6 Gew.% Cr + 0,2 Gew.% Mo +0,8 Gew.% Mn + 4%Si + 0,04Gew.%Ti + 0,005 B, Rest Eisen und 0,05 Gew.% Verunreinigungen = MCG35 Es sollte das Verhalten der beiden Werkstoffe MCG 35 und MCG3 bei einem Oxidationsversuch gegenübergestellt werden.

[0050] Es wurden Proben der Form $30 \times 30 \times 2$ mm³ aus jedem Werkstoff gefertigt und bei verschiedenen Temperaturen jeweils 2h einer Sauerstoffatmosphäre im Ofen ausgesetzt. Um das Verhalten der Werkstoffe zu vergleichen, wurde das Gewicht der Proben vor und nach der oxidativen Wärmebehandlung bestimmt.

[0051] Die Gewichtszunahme zeigt die Oxidation an:

PROBE	T(°C)/h	Gewicht vor	Gewicht nach	Zunahme(g)	Zunahme (%)
MCG 35	500°C/2h	17,6936g	17,6941g	0,0005	0,002825881
MCG3	500°C/2h	16,0558	16,0563	0,0005	0,003114139
MCG35	550°C/2h	15,7848	15,7849	0,0001	0,000633521
MCG3	550°C/2h	16,6726	16,6728	0,0002	0,001199573
MCG35	600°C/2h	18,2617	18,2619	0,0002	0,001095188
MCG3	600°C/2h	16,5440	16,5445	0,0005	0,003022244
MCG35	650°C/2h	16,7342	16,7343	0,0001	0,000597579
MCG3	650°C/2h	16,2336	16,2361	0,0025	0,015400158

[0052] Deutlich ist erkennbar, dass der Chrom-ärmere bekannte MCG3 bei erhöhten Temperaturen in sauerstoffhaltiger Atmosphäre stärker an Gewicht zunimmt /oxidiert.

Ausführungsbeispiel

[0053] Ein gegossener Stahlknüppel aus dem erfindungsgemäßen Stahl der Zusammensetzung: 0,5 Gew.-% Koh-

EP 3 325 683 B1

lenstoff; 3,0 Gew.-% Si, 7 Gew.-% Cr; 0,15 Gew.-% Mo; 0,75 Gew.-% Mn; 0,03 Gew.-% Ti, 0,02 Gew.-% Nb und 0,005 Gew.-% B wird in einem Schmiedeverfahren bei 1150°C zu einem Kolben geschmiedet. Dieser so hergestellte Kolben wird in üblicher Weise als Brennkammer für einen Schiffsdieselmotor für schwefelhaltige Brennstoffe eingesetzt.

5 **[0054]** Nach einer mehrmonatigen Brenndauer mit nicht entschwefeltem Diesel zeigte sich im Brennbereich/Zündbereich keine Verzunderung der Stahloberfläche des Kolbens. Ein aus 42CrMoS4 hergestellter identischer Kolben wies demgegenüber bereits nach 70% dieser Laufzeit bei Verwendung des gleichen Treibstoffs deutliche Verzunderungsspuren auf.

10 **[0055]** Die Erfindung bezieht sich somit auch auf Maschinenkomponenten oder Bauteile mit einer Zugfestigkeit von über 1000 [MPa] für wechselnde, mechanische Belastungen bis zu einer Temperatur von mindestens 650°C, gebildet aus der thermisch vergüteten Stahllegierung. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auch auf Motor- und/oder Antriebskomponenten von Fahrzeugen. Aber auch andere Maschinenkomponenten mit wechselnder, mechanischer und thermischer Beanspruchung werden in der modernen Technik in zunehmendem Maß höher, bis an die Grenzen des jeweiligen Materialwiderstandes, belastet. Insbesondere trifft dies für Motoren zu, weil die dadurch erreichten Gewichtsverminderungen auch für Einsparungen von Treibstoffen und dgl. nutzbar sind.

15 **[0056]** Von den Werkstoffen, aus welchen diese Komponenten gebildet sind, werden im thermisch vergüteten Zustand hohe Werte für das Eigenschaftsprofil Zähigkeit, Festigkeit und Duktilität verlangt, weil diese Eigenschaftswerte für eine dimensionale Auslegung der Teile von entscheidender Bedeutung sind. Begründet durch Versagen von Teilen im Langzeitbetrieb sind, wie evident wurde, auch die Eigenschaften der Materialermüdung zu berücksichtigen, um eine hohe Betriebssicherheit zu erreichen.

20 **[0057]** Für Teile mit bedeutender, mechanischer Wechselbelastung im Bahn-, Automobil- und Luftfahrtbereich werden nun die erfindungsgemässen niedrig legierten Vergütungsstähle in vorteilhafter Weise verwendet. Eine Verwendung von Stahllegierungen mit einer Zusammensetzung entsprechend jener von Vergütungsstählen der vorher genannten Art hat sich für eine Herstellung von hoch beanspruchten Maschinenkomponenten bewährt, wobei ihre Ermüdungseigenschaften sowie thermische Beständigkeit ausreichend für eine mechanische Wechselbelastung im Grenzwertbereich der eingesetzten Werkstoffe sind.

25 **[0058]** Die Beschreibung der Erfindung ist lediglich exemplarisch und dem Fachmann geläufige Variationen fallen ebenfalls unter den Schutzzumfang der Erfindung, wie er durch die Ansprüche definiert ist.

30 Patentansprüche

1. Niedriglegierter Stahl bestehend aus den Legierungsanteilen:

35 0,3 - 0,50 Gew.-% Kohlenstoff
2,5 - 4 Gew.-% Si
3,0 - 7 Gew.-% Cr,
0,5 - 0,9 Gew.-% Mn, und insbesondere 0,7 - 0,8 Gew.-% Mn
0,15 - 0,3 Gew.-% Mo
0 bis 0,04 Gew.-% Nb
40 0 bis 0,04 Gew.-% Ti;

wobei die Summe Ti + Nb kleiner als 0,06 Gew.-% der Gesamtzusammensetzung ist, sowie

45 - 0,001 bis 0,006 Gew.-% B

Rest Eisen

2. Niedriglegierter Stahl nach Anspruch 1, bestehend aus den Legierungsanteilen:

50 - 0,35 - 0,4 Gew.-% C
- 2,5 - 4 Gew.-% Si
- 4 - 6 Gew.-% Cr,
0,6 bis 0,8 Gew.-% Mn
0,2 - 0,3 Gew.-% Mo
55 0,01 - 0,04 Gew.-% Nb
- 0,01 - 0,04 Gew.-% Ti

wobei die Summe Ti + Nb kleiner als 0,06 Gew.-% der Gesamtzusammensetzung ist, sowie

EP 3 325 683 B1

- 0,002 - 0,005 Gew.% B

Rest Eisen

5 **3.** Niedriglegierter Stahl nach Anspruch 2, bestehend aus den Legierungsanteilen:

10 - 0,3 - 0,50 Gew.-% Kohlenstoff
 - 2,5 - 4 Gew.% Si
 - 4 - 6 Gew.% Cr,
 - 0,7 - 0,8 Gew.% Mn
 - 0,15 - 0,3 Gew.% Mo
 - 0 bis 0,04 Gew.% Nb
 - 0 bis 0,04 Gew.% Ti;

15 wobei die Summe Ti + Nb kleiner als 0,06 Gew.% der Gesamtzusammensetzung ist, sowie

 - 0,002 bis 0,005 Gew.% B

Rest Eisen

20 **4.** Bauteil, insbesondere Maschinenkomponente, hergestellt aus einer Stahllegierung nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer Zugfestigkeit von > 1000 - 1350 MPa, einer Streckgrenze von >700 bis etwa 1020 MPa; einer Bruchdehnung > 15% und einer Zunderbeständigkeit von > 650°C.

25 **5.** Bauteil nach Anspruch 4, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Maschinenkomponenten, ausgewählt aus Kolben, auch für Verbrennungsmotoren, Pleuel, Pleuel, Pleuel, Lenkungsteile, Ventileile, Förderbandteile insbesondere für warme Teile; Kraftwerksbauteile; Befestigungsteilen für warmfeste Bereiche, Dampfturbinenteilen, Brennkammerteilen, insbesondere für Gas- oder Ölbrenner; Abgasanlagen und deren Teile sowie Schutzschichten gegen Säureangriffe; Läufe für Jagdwaffen, Kupplungsteilen, thermisch beanspruchte Walzen, Pumpenteile; Schienen, Rohre; Abgasanlagen und deren Teile; Baggerschaufeln, Dispersionspumpen, wie Betonpumpen und Kratzförderern.

Claims

35 **1.** Low-alloy steel consisting of the alloy components:

40 0.3-0.50 wt. % carbon
 2.5 -4 wt. % Si
 3.0 -7 wt. % Cr,
 0.5 -0.9 wt. % Mn, and in particular 0.7 -0.8 wt. % Mn
 0.15 -0.3 wt. % Mo
 0 to 0.04 wt. % Nb
 0 to 0.04 wt. % Ti;

45 wherein the sum of Ti + Nb is less than 0.06 wt. % of the total composition, and

 - 0.001 to 0.006 wt. % B

50 Remainder of iron

2. A low alloy steel according to claim 1, comprising the alloying proportions:

55 0.35 -0.4 wt. % C
 -2.5 -4 wt. % Si
 -4 -6 wt. % Cr,
 0.6 to 0.8 wt. % Mn
 0.2 -0.3 wt. % Mo

0.01 -0.04 wt. % Nb

0.01 -0.04 wt. % Ti

wherein the sum of Ti + Nb is less than 0.06 wt. % of the total composition,
and

- 0.002-0.005 wt. % B

Remainder of iron

3. A low alloy steel according to claim 2, comprising the alloying proportions:

-0.3-0.50 wt. % carbon;

-2.5 -4 wt. % Si

-4 -6 wt. % Cr,

0.7 -0.8 wt. % Mn

0.15 -0.3 wt. % Mo

-0 to 0.04 wt. % Nb

-0 to 0.04 wt. % Ti;

wherein the sum of Ti + Nb is less than 0.06 wt. % of the total composition,
and

- 0.002 to 0.005 wt. % B

remainder iron

4. Structural component, in particular machine component, produced from a steel alloy according to one of the preceding claims with a tensile strength of > 1000-1350 MPa, a yield strength of > 700 to approximately 1020 MPa; an elongation at break > 15% and a scale resistance of > 650°C.

5. Structural component as claimed in claim 4, selected from the group consisting of machine components selected from pistons, also for internal combustion engines, crankshafts, connecting rods, steering parts, valve parts, conveyor belt parts, in particular for warm parts; The invention relates to power plant components; fastening parts for hot-resistant regions, steam turbines, combustion chamber parts, in particular for gas or oil burners; exhaust gas systems and parts thereof and protective layers against acid attacks; barrels for hunting weapons, copper parts, thermally stressed rollers, pump parts; rails, pipes; exhaust systems and parts thereof; excavator blades, dispersion pumps, such as concrete pumps and scraper conveyors.

Revendications

1. Acier faiblement allié contenant des composants d'alliage :

0,3 à 0,50% en poids de carbone

2,5 à 4% en poids de Si

3,0 à 7% en poids de Cr,

0,5 -0,9% en poids de Mn, et en particulier 0,7 -0,8% en poids de Mn

0,15 -0,3% en poids de Mo

0 à 0,04% en poids de Nb

0 à 0,04% en poids de Ti;

la somme de Ti + Nb étant inférieure à 0,06% en poids de la composition totale, et

- 0,001 à 0,006% en poids de B

le reste étant du fer

EP 3 325 683 B1

2. Un acier faiblement allié selon la revendication 1, comprenant les proportions d'alliage :

0,35 à 0,4% en poids de C
-2,5 à 4% en poids de Si
-4 à 6% en poids de Cr,
0,6 à 0,8% en poids de Mn
0,2 -0,3% en poids de Mo
0,01 à 0,04% en poids de Nb
0,01 à 0,04% en poids de Ti

La somme de Ti + Nb étant inférieure à 0,06% en poids de la composition totale, et

- 0,002 -0,005% en poids de B

le reste étant du fer

3. Acier faiblement allié selon la revendication 2, comprenant les proportions d'alliage : 0,3 à 0,50% en poids de carbone;

-2,5 à 4% en poids de Si
-4 à 6% en poids de Cr,
0,7 -0,8% en poids de Mn
0,15 -0,3% en poids de Mo
-0 à 0,04% en poids de Nb
-0 à 0,04% en poids de Ti;

la somme de Ti + Nb étant inférieure à 0,06% en poids de la composition totale,
et

- 0,002 à 0.005% en poids de B

le reste étant du fer.

4. Composant, en particulier composant de machine, produit à partir d'un alliage d'acier selon l'une des revendications précédentes avec une résistance à la traction de > 1000 - 1350 MPa, une limite d'élasticité de > 700 à environ 1020 MPa; un allongement à la rupture > 15% et une résistance à l'échelle de > 650°C.

5. Le Composant selon la revendication 4, choisi dans le groupe constitué de composants de machine choisis parmi les pistons, également pour moteurs à combustion interne, vilebrequins, bielles, pièces de direction, pièces de vanne, pièces de bande transporteuse, en particulier pour pièces chaudes; des pièces de fixation pour des zones résistantes à la chaleur, des turbines à vapeur, des parties de chambre de combustion, en particulier pour des brûleurs à gaz ou à huile; des systèmes de gaz d'échappement et des parties de ceux-ci et des couches de protection contre les attaques acides; des fûts pour armes de chasse, des pièces en cuivre, des rouleaux à contrainte thermique, des parties de pompe; des rails, des tuyaux; des systèmes d'échappement et des parties de ceux-ci; des pales d'excavateur, des pompes de dispersion, telles que des pompes à béton et des transporteurs à raclettes.

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 0509453 A1 [0004]
- EP 2617855 A2 [0024]
- EP 2617855 A [0048]