(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 617 855 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.09.2016 Patentblatt 2016/39

(51) Int Cl.:
C22C 38/28 *(2006.01)* ***C22C 38/32*** *(2006.01)*
C22C 38/34 *(2006.01)* ***C22C 38/22*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **12198668.1**

(22) Anmeldetag: **20.12.2012**

(54) Niedrig legierter Stahl und damit hergestellte Bauteile

Low alloyed steel and components produced therefrom

Acier faiblement alié et composant ainsi fabriqué

(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: **19.01.2012 DE 102012100447**
30.11.2012 DE 102012111679

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.07.2013 Patentblatt 2013/30

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

(72) Erfinder:
- **Schmitz, Ernst-Peter**
73453 Abtsgmünd (DE)
- **Schwarz, Ottmar**
73457 Essingen (DE)
- **Körner, Thomas**
58332 Schwelm (DE)
- **Kolbe, Peter**
73434 Aalen (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 961 832
WO-A1-2011/030853
WO-A1-2012/093506
DE-A1- 19 549 094
GB-A- 2 173 216
JP-A- 2004 263 247
US-A- 5 846 344
US-A1- 2010 043 928

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).

EP 2 617 855 B1

Beschreibung

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

[0002] Insbesondere betrifft sie Stahl für Umform-Teile, welcher Umformteile mit guter Zunderfestigkeit liefert, und daraus hergestellte Bauteile.

[0003] Als niedriglegiert bezeichnet man Stähle, bei denen kein Legierungselement einen mittleren Gehalt von 5 Massenprozent überschreitet.

[0004] Die Bezeichnung der Stahllegierungen erfolgt nach folgender Regel:

An erster Stelle wird der Kohlenstoffgehalt in Massenprozent mal 100 angegeben, gefolgt von den chemischen Elementsymbolen der Legierungselemente in der Reihenfolge sinkender Massenanteile, und am Ende in der gleichen Reihenfolge, getrennt durch Bindestriche, die Massenanteil 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
× 10: Al, Cu, Mo, Ti, V, Be, Ta, Zr, Nb, Pb
× 4: Cr, Co, Mn, Ni, Si, W

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 Vakuumentgasungsverfahren, wie das RH-Verfahren, verwendet wird, um die Kohlenstoffkonzentration auf eine besonders geringe Kohlenstoffkonzentration herabzusetzen. Danach findet meist kontinuierliches Gießen statt. Für Umform-Anwendungen wurde häufig als niedrig legierter Stahl 42CrMo4 IM Stahl bzw. 43CrMo4 verwendet.

[0005] Siliciumstahl verschiedener Zusammensetzung ist aus der GB 2173216A bekannt. Die EP1961832A1 und die US 5846344A offenbaren hochelastische Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 0,6%; und Si bis 2,5 % und ggf. etwas B - allerdings verwenden sie teure Spezialelemente wie Mn, Nb und V, um die erwünschte Elastizität zu erhalten.

[0006] Der bekannte 42CrMoS4 IM Stahl hat eine Zusammensetzung von

Chemische Zusammensetzung (Gew.%)	Min	Max
C	0,38	0,45
Si		0,40
Mn	0,70	0,90
P		0,035
S		0,035
Cr	0,90	1,20
Mo	0,15	0,30

[0007] 42CrMo4 IM Stahl hat im gehärteten und angelassenen Zustand eine Zugfestigkeit von 900 bis ca. 1200 MPa, eine Streckgrenze Re MPa von mindestens 650 MPa. Vorteile dieses Stahls sind:

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 Die in der bekannten Legierung eingesetzten Legierungsbestandteile des Stahls haben u.a. folgende Wirkungen

Kohlenstoff

[0008] 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, Schweißbarkeit, Bruchdehnung und Kerbschlagzähigkeit. Insbesondere wird die Formbarkeit vermindert, wenn er in einer großen Menge zugegeben wird. Hier muss daher die Zugabe gering sein.

Chrom

[0009] Chrom senkt die kritische Abkühlgeschwindigkeit, erhöht die Verschleißfestigkeit, Warmfestigkeit, Zunderbeständigkeit. Die Zugfestigkeit wird erhöht, da Chrom als Carbidbildner wirkt. Ab 12,2 Gew. % steigert es die Korrosionsbeständigkeit (Edelstahl), wirkt ferritstabilisierend. Leider verringert es die Kerbschlagarbeit und die Schweißbarkeit, senkt die Wärme- und elektrische Leitfähigkeit. Mit Chromzusätzen werden die besten Ergebnisse der Ein- bzw. Durchhärtung erreicht.

Molybdän

[0010] Es verbessert die Härtbarkeit, Zugfestigkeit und Schweißbarkeit. 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.

Schwefel

[0011] Schwefel erhöht die Zerspanbarkeit, setzt aber die Duktilität und damit Schmiedefähigkeit der Eisenlegierung herab.

[0012] Der bekannte Stahl 42CrMo4 ist umfangreich im Einsatz. Mit den beschriebenen Eigenschaften sind die Werkstoffe für hohe und höchste dynamische und statische Beiastbarkeit 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, Oroßmotorenbau etc. eingesetzt. Für bestimmte Anwendungen sind sie aber nicht ausreichend zunderbeständig (thermisch hochbelastete Teile) und haben keine ausreichende Festigkeit für Stahlleichtbauteile

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] Den geforderten Belastungssteigerungen ist die bis dahin häufig für PKW verwendete Aluminiumlegierung immer weniger bewachsen. 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] Als zunderfester und hochtemperaturfester Stahl waren somit nur hochlegierte Stähle im Einsatz mit entsprechend hohen Kosten für die Legierungselemente.

[0019] Demgemäß ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Zunderbeständigkeit niedrig legierter Stähle für thermisch hochbelastbare Stahlteile zu verbessern.

[0020] Die Aufgabe wird durch Stahl mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 sowie daraus hergestellte Bauteile nach Anspruch 2 und 3 gelöst

[0021] Die Erfindung bezieht sich demzufolge auf niedriglegierten Stahl mit der Zusammensetzung des Patentanspruches 1.

[0022] Die erfindungsgemäßen Stähle enthalten zumindest 92,00 Gew.-% Eisen, bevorzugt zumindest 96,00 Gew.-

% Eisen. Es ist günstig, wenn Verunreinigungen und unvermeidbare Elemente jeweils in Konzentrationen von unter 0,10 Gew.-%, bevorzugt unter 0,05 Gew.-% vorliegen.

[0023] Eine typische Anwendung ist für Bauteile, insbesondere Maschinenkomponen-ten, mit einer Zugfestigkeit von > 950 - 1250 [MPa], einer Streckgrenze von >700 bis etwa 770 [MPa]; einer Bruchdehnung > 10% und einer Zunderbeständigkeit von ca. 600°C bis ca. 650° C und mehr. Typische derartige Bauteile sind Maschinenkomponenten, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kolben, auch für Verbrennungsmotoren, Kurbelwellen, Pleuel, Lenkungsteilen, Ventilteile, Förderbandteile insbesondere für warme Teile; aber auch Kraftwerksbau-teile; Befestigungsteile für warmfeste Bereiche, Dampfturbinenteile, Brennkammerteile für Gas- oder Ölbrenner; Abgasanlagen und deren Teile. Die Eigen-schaften erfindungsgemäßer Stähle gegenüber bekannten Stählen sind

	42CrMo4	42TBSi
Zugfestigkeit (Mpa)	> 900 - 1100	1000-1200
Streckgrenze (Mpa)	> 650	>750
Bruchdehnung	> 12 %	> 10%
Zunderbeständigkeit	bis ca. 550°C	bis ca.650°C
Wärmebehandlung	QT	QT
Bearbeitbarkeit:	gut	gut
Reibschweißverhalten:	gut	
Analyse	DIN EN 10083	DIN EN 10083 plus

[0024] Die Kosten für den erfindungsgemässen Stahl sind aufgrund des Zusatzes von Si etwa gleich denjenigen von 42CrMo4, wobei aber gleichzeitig eine erhebliche Erhöhung der Zunderfestigkeit um 100 - 150°C und mehr und Streckgrenze auftritt. Die Streckgrenze erhöht sich um etwa 100 Mpa bei den erfindungsgemässen Stählen, einhergehend mit einer leichten Verringerung der Bruch-dehnung. Die Bearbeitung verändert sich nicht und kann mit den üblichen Werkzeugen und Verfahren durchgeführt werden.

[0025] Ein typischer erfindungsgemäßer Stahl hat eine Zusammensetzung von:

Chemische Zusammensetzung (Gew.%)	Min	Max
C	0,38	0,45
Cr	0,9	1,2
Mo	0	0,3
Mn	0,6	0,9
Ti	0,04	0,04
Si	4	4
B	0,005	0,005

[0026] Typische Vertreter dieser Gruppe sind Stähle wie 42TBSi Die nun neu eingeführten Legierungsbestandteile haben folgende Wirkungen:

Silizium

[0027] 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. Schließ lich erhöht es die Zugfestigkeit, die Streckgrenze und die Zunderbeständigkeit und wirkt ferritstabilisierend. Ein zu hoher Zusatz verringert die Formbarkeit der Legierung.

Titan

[0028] 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 Härtbarkeit im Temperaturbereich bis 1000 ° C auf, wenn der Stahl etwa 5-20 ppm Bor enthält. Ti wird zur Desoxidation 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 Zugabe von Ti gesättigt ist, wenn der Ti-Gehalt über 0,08% beträgt, wird die obere Grenze des Ti-Gehalts als 0,08% definiert.

Bor

[0029] 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 Kernkraftswerks- 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 Härtbarkeit, was sich bereits bei einer sehr geringen Konzentration von 0,0010% Bor, auswirkt. Auch in der geringen Menge bis 100 ppm, erhöht Bor die Härtbarkeit mehr als andere, teurere Elemente, die in viel größeren Mengen eingesetzt werden müssen

[0030] Ein herausragendes Merkmal der Bor-Stähle ist die Verbesserung der Härtbar-keit durch die Zugabe von selbst winzigen Mengen Bor. zwischen 3 und 15 ppm.

[0031] 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 Härtbarkeit hängt auch von der Menge an Kohlenstoff im Stahl ab, wobei die Wirkung von Bor sich umgekehrt proportional zum Prozentsatz des vorhandenen Kohlenstoffs erhöht.

[0032] Bor kann auch unwirksam sein, wenn dessen Zustand durch fehlerhafte Wärmebehandlung verändert wird. Zum Beispiel muss eine hohe Austenitisierungstemperatur Temperaturen sowie Temperaturbereiche, in denen bestimmte Bor Präzipitate auftreten, vermieden werden.

[0033] Generell ist die Härtbarkeit von Stahl ist in hohem Maße auf das Verhalten von Sauerstoff, Kohlenstoff und Stickstoff in Stahl zurückzuführen. Bor reagiert mit Sauerstoff zu Bromid (B_2O_3); mit Kohlenstoff zu Eisen Borcementit ($Fe_3(GB)$) und Eisen Borcarbid ($Fe_{23}(CB)_6$) und mit Stickstoff zu Bornitrid (BN). Ein Verlust von Bor kann durch Sauerstoff erfolgen. Die Härtbarkeit von Bor-Stahl steht auch eng mit austenitischen Bedingungen im Zusammenhang und fällt in der Regel durch Erhitzen über 1000° C. Bor-Stähle müssen auch bei einer niedrigeren Temperatur als andere legierte Stähle gleicher Härtbarkeit temperiert werden.

[0034] Die erfindungsgemässen Stähle werden für viele Anwendungen eingesetzt, wie verschleißfestes Material und als hochfester Stahl. Beispiele hierfür sind Stanz-werk-zeuge, Spaten, Messer, Sägeblätter, Sicherheitsträger in Fahrzeugen etc.

[0035] Bor Stähle sind angezeigt, wenn die Grundmasse die mechanischen Anforderungen (Zähigkeit, Verschleißfestigkeit, etc.) erfüllt, aber die Härtbarkeit nicht für die vorgesehene Abschnitts Größe ausreicht. Anstatt Forderung nach einem höher legierten und damit teueren Stahl, kann ein Benutzer entsprechende Bor-Mengen einsetzen, wodurch eine geeignete Härtbarkeit erzielt wird.

[0036] Besondere Vorteile der erfindungsgemässen Stähle sind eine gute Kaltum-formbarkeit, verlängerte Werkzeugstandzeiten für daraus hergestellte Werk-zeuge, verbesserte Schweißbarkeit aufgrund der niedrigen Kohlenstoff-Äquivalente, geringere Anlasstemperaturen. Dadurch resultieren Einsparungen an Energie und gute Einsatzhärten. Nachfolgend wird die Erfindung genauer anhand der Zeichnung sowie von Ausführungsbeispielen näher erläutert, auf die sie jedoch keinesfalls eingeschränkt sein soll. Dabei zeigt:

Fig. 1: einen Schliff zweier Proben, die in einem Ofen jeweils 5 h 700°C mit einer geregelten Sauerstoffatmosphäre geglüht worden waren;

Fig. 2: einen Schliff zweier Stahlproben, die in einem Ofen jeweils 5 h 750°C mit einer geregelten Sauerstoffatmosphäre geglüht worden waren; und

Fig. 3 eine Auftragung der Kerbschlagzähigkeit, Zugfestigkeit, Einschnürung von Stahlproben gegen den Siliciumgehalt von verschiedenen 42CrMo4-Legierungen, die bei verschiedenen Temperaturen getempert worden waren.

Ausführungsbeispiel 2

[0037] Ein gegossener Stahlknüppel aus 42TBSi wird in einem Schmiedeverfahren bei 1150°C zu einem Kolben geschmiedet. Dieser so hergestellte Kolben wird in üblicher Weise als Brennkammer für einen Gasmotor eingesetzt. Nach einer mehrmonatigen Brenndauer zeigte sich im Brennbereich/Zündbereich keine Verzunderung der Stahloberfläche des Kolbens. Ein aus 42CrMoS4 hergestellter identischer Kolben wies demgegenüber bereits nach 70% dieser Laufzeit deutliche Verzunderungsspuren auf.

Ausführungsbeispiel 3

[0038] Es wurde ein geschmiedeter Stahlknüppel aus herkömmlichem 42CrMo4 (Probe 4) sowie ein Stahlknüppel aus erfindungsgemäßem Stahl (42CrMo4+ 4%Si +0,04Gew. % Ti; und 0,005 Gew.% B) (Probe 6) in einen elektrischen

Luftumwälzofen überführt und bei 700°C 5 h im Ofen geglüht. Die geregelte Umluftatmosphäre mit normaler Luft im Ofen sorgte für einen immer gleichen Sauerstoffanteil. Zwei weitere Proben aus herkömmlichem 42CrMo4 (Probe 4) und dem erfindungsgemäßen Stahl (Probe 6) wurden im gleichen Ofen unter den gleichen Bedingungen, aber bei 750°C, 5 h geglüht. Die gemessenen Stahlknüppel stammten jeweils aus gegossenen, geschmiedeten Blöcken, die auf 45 mm Durchmesser heruntergeschmiedet wurden. Deutlich erkennt man anhand der Fig. 1, die ober einen Schliff des 42CrMo4-Stahls nach der Glühbehandlung bei 700°C und unten einen Schliff durch die unter gleichen Bedingungen geglühte erfindungsgemäße Stahllegierung zeigt, dass die Zunderschicht beim erfindungsgemäßen Si-Stahl erheblich dünner (8 micrometer gegenüber 30 micrometer) ist, als beim herkömmlichen 42CrMo4-Stahl ohne Siliziumzusatz - das erfindungsgemäße Si-Stahlmaterial verzundert somit deutlich langsamer/weniger.

[0039] Fig. 2 zeigt die gleichen Stahlknüppel bei einer 5h-Glühbehandlung im gleichen Umluftofen mit 750 °C, wobei die obere Probe der 42 CrMo4 -Stahl ist und eine gegenüber der Behandlung bei 700°C verdickte Zunderschicht von max. 44 micrometern ausgebildet hat, während der erfindungsgemäße Stahl eine dünne Zunderschicht von max. 5 micrometern zeigt.

[0040] Daraus lässt sich entnehmen, dass der erfindungsgemäße Silizium-Stahl erheblich weniger bei erhöhten Temperaturen von Sauerstoff oxidativ angegriffen wird, als herkömmlicher niedrig legierter CrMo4-Stahl. Die erfindungsgemäßen Stähle erreichen somit Eine Zunderfestigkeit, die bisher nur mit teuren Zusätzen erzielt werden konnte.

[0041] In Fig. 3 ist eine Zusammenstellung der Eigenschaften von 42CrMo4 Stählen mit Silizium-Zulegierung bis etwa 4% in Abhängigkeit vom Siliciumgehalt und der Temperatur der Warmauslagerung grafisch dargestellt. Auf der Abszisse ist der Si-Gehalt in Gew.% einer Grund-Legierung 42CrMo4 angegeben, während auf der linken Ordinate die Zugfestigkeit UTS in Mpa angegeben ist. Auf der rechten Ordinate ist die Kerbschlagzähigkeit (KU) angegeben. Es sind Kurven für die Einschnürung RofA (%) für den erfindungsgemässen Staht - einmal bei niedriger und einmal bei hohem Si-Gehalt gezeigt. Daraus ist ersichtlich, dass die Einschnürung und die Kerbschlagzähigkeit abnimmt, während die Zugfestigkeitswerte zunehmen. Die Kerbschlagzähigkeit nimmt ab Si-Gehalten von mehr als 2,5 Gew. % stark ab. Die Eigenschaften hängen auch von der Anlasstemperatur (low Tempering/high Tempering) ab. Die hohe Anlasstemperatur bei etwa 0,5 Gew.% Si betrug 680°C während die niedrige Anlasstemperatur 630 °C betrug. Bei einem Zusatz von etwa 2,5 Si war die hohe Anlasstemperatur 730°C und die niedrige Anlasstemperatur 680°C. Man erkennt deutlich, dass mit steigendem Si-Gehalt - auch abhängig von der Anlasstemperatur - die Zugfestigkeit zunimmt, während Einschnürung und Kerbschlagzähigkeit abnehmen. Eine höhere Anlasstemperatur verschlechtert die Kerbschlagzähigkeit und Einschnürung RoFa; während die Einschnürung RoFa bei geringem Siliciumgehalt für bei höherer Temperatur angelassenen Stahl höher ist, als bei niedrig angelassenen Stahl - dieses Verhältnis der RoFa von mit niedriger Temperatur angelassenem Stahl gegenüber der RoFa von mit höherer Temperatur angelassenem Stahl kehrt sich mit steigendem Si-Gehalt um; während die Kerbschlagzähigkeit bei höherem Siliciumgehalt fast unabhängig von der Anlasstemperatur wird. Die Zugfestigkeit nimmt mit steigender Anlasstemperatur und steigendem Si-Gehalt zu.

[0042] Die Erfindung bezieht sich somit auch auf Maschinenkomponenten oder Bauteile mit einer Zugfestigkeit von 1000 [MPa] und mehr für wechselnde, mechanische Belastungen bis zu einer Temperatur von 630°C, gebildet aus einer thermisch vergüteten Stahllegierung gemäß der Erfindung. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auch auf Motor- und/oder Antriebskomponenten von Fahrzeugen.

[0043] 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. 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 entscheiden-der 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.

[0044] 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 hochbeanspruchten Maschinenkomponenten bewährt, wobei ihre Ermüdungseigenschaften sowie thermische Beständigkeit ausreichend für eine mechanische Wechselbelastung im Grenzwertbereich der eingesetzten Werkstoffe sind.

Die Beschreibung der Erfindung ist lediglich exemplarisch und dem Fachmann geläufige Variationen fallen ebenfalls unter den Schutzumfang der Erfindung, wie er durch die Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Stahl mit den folgenden Legierungsanteilen:

0,38 - 0,45 Gew.% C
0,6 - 0,9 Gew.% Mn
max. 0,025 Gew.% P
max. 0,035 Gew% S
0,9 - 1,2 Gew. % Cr
0,15 - 0,30 Gew.% Mo
4 Gew.% Si
0,04 Gew.% Ti
0.005 Gew.% B

Rest Eisen.

2. Bauteil, insbesondere Maschinenkomponente, hergestellt aus einer Stahliegierung nach Anspruch 1 einer Zugfestigkeit von > 1000 - 1200 [MPa], einer Streckgrenze [MPa] von >700 bis etwa 950; einer Bruchdehnung > 17% und einer Zunderbeständigkeit von > 650°C.

3. Bauteil nach Anspruch 2, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Kolben, auch für Verbrennungsmotoren, Kurbelwellen, Pleuel, Lenkungsteiten, Ventilteilen, Förderbandteilen insbesondere für warme Teile; Kraftwerksbauteile; Befestigungsteile für warmfeste Bereiche, Dampfturbinenteilen, Brennkammerteile, insbesondere für Gas- oder ölbrenner; Abgasanlagen und deren Teile.

Claims

1. steel, with the following alloying components:

0.38 - 0.45 wt.% C;
0,6 - 0,9 wt.% Mn
max 0,25 wt.% P
max. 0,035 wt.% S
0,9 - 1,2 wt.% Cr
0,15 - 0,30 wt.% Mo
4 wt.% Si
0,04 wt.% Ti
0,005 wt.% B

a remainder of iron.

2. structural component, especially machine component, made of a steel alloy according to claim 1, having a tensile strength of greater than about 1000 to about 2000 MPa, a yield strength of greater than about 700 to approximately 950 MPa; a break elongation of greater than about 17% and a scaling resistance of greater than about 650° C.

3. structural component according to claim 2, selected from a group consisting of pistons, crank shafts, connecting rods, steering parts, valve parts, conveyor parts, power plant components, replacement parts for heat-resistant areas, steam turbine parts, combustion chamber parts for gas and oil burners, and exhaust systems and their components.

Revendications

1. Acier contenant les proportions d'alliage suivantes :

de 0,38 à 0,45 % en poids de C,
de 0,6 à 0,9 % en poids de Mn,
max. 0,025 % en poids de P,
max. 0,035 % en poids de S,
de 0,9 à 1,2 % en poids de Cr,
de 0,15 à 0,30 % en poids de Mo,

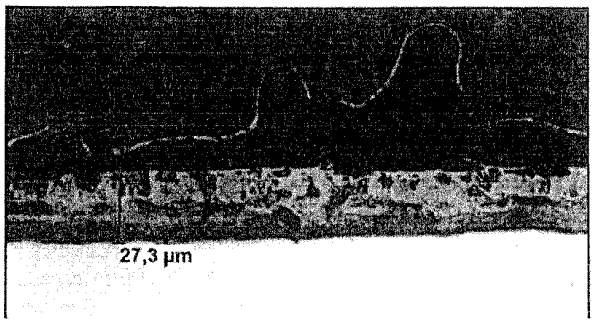
4 % en poids de Si,
0,04 % en poids de Ti,
0,005 % en poids de B,

le reste étant du fer.

2. Composant, en particulier composant de machine, fabriqué à partir d'un acier allié selon la revendication 1 ayant une résistance à la traction de > 1000 à 1200 [MPa], une limite d'élasticité [MPa] de > 700 à environ 950, un allongement à la rupture > 17 % et une résistance à l'oxydation > 650 °C.

3. Composant selon la revendication 2, sélectionné parmi le groupe comprenant :

pistons, également pour moteurs à combustion, vilebrequins, bielles, éléments de direction, éléments de soupapes, éléments de bandes transporteuses, en particulier pour parties chaudes ; composants de centrales électriques ; éléments de fixation pour zones résistantes à la chaleur, éléments de turbines à vapeur, éléments de chambres de combustion, en particulier pour brûleurs à gaz ou à mazout ; systèmes d'échappement et leurs éléments.



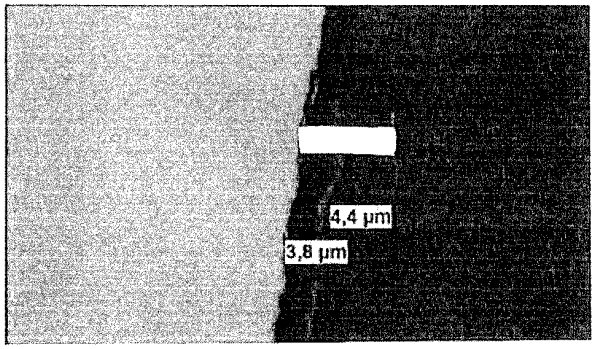
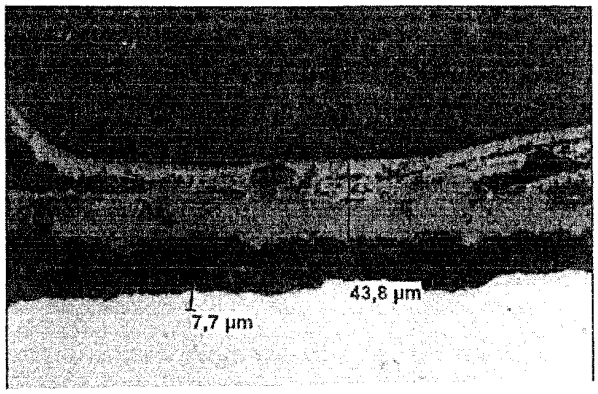


FIG.1



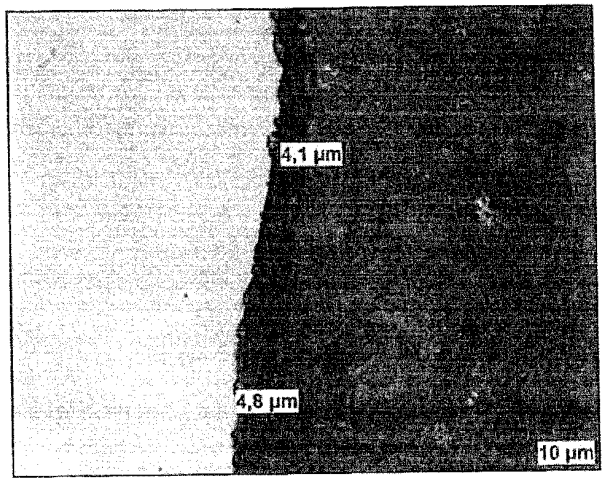


FIG.2

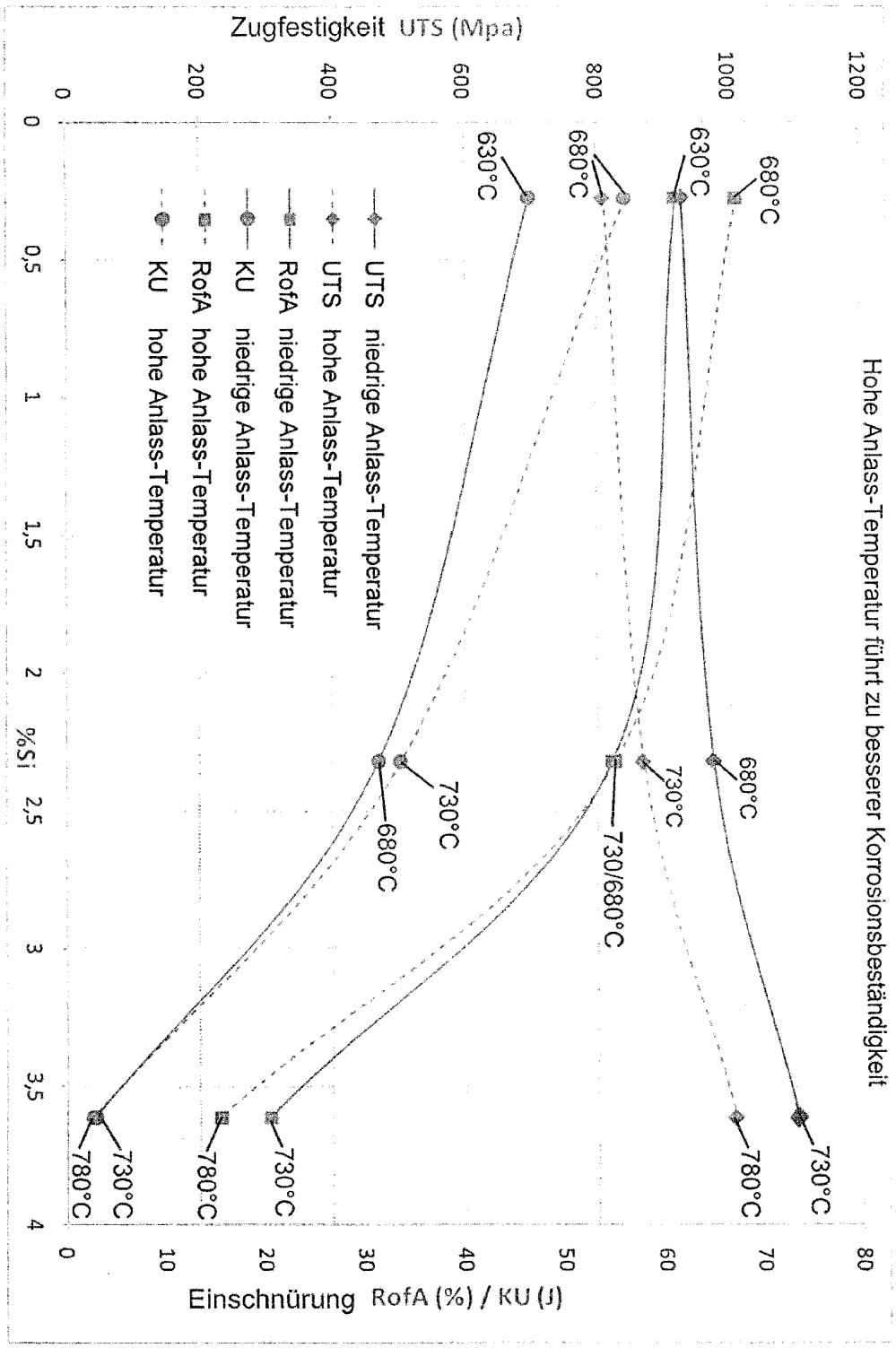

Mechanische Eigenschaften von Versuchsschmelzen
Hohe Anlass-Temperatur führt zu besserer Korrosionsbeständigkeit
Zugfestigkeit UTS (Mpa)
Einschnürung RofA (%) / KU (J)
%Si
UTS niedrige Anlass-Temperatur
UTS hohe Anlass-Temperatur
RofA niedrige Anlass-Temperatur
KU niedrige Anlass-Temperatur
RofA hohe Anlass-Temperatur
KU hohe Anlass-Temperatur
630°C
680°C
730°C
780°C
730/680°C
42CrMo4
42CrMo4+ca.2%Si
42CrMo4+ca.4%Si

Fig. 3

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

- GB 2173216 A **[0005]**
- EP 1961832 A1 **[0005]**
- US 5846344 A **[0005]**