



(11) **EP 2 183 396 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.12.2011 Patentblatt 2011/50

(51) Int Cl.:
C21D 1/02 ^(2006.01) **C21D 1/20** ^(2006.01)
C22C 38/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08801149.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2008/001319

(22) Anmeldetag: **12.08.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/026881 (05.03.2009 Gazette 2009/10)

(54) **STAHL ZUR HERSTELLUNG VON MASSIV UMGEFORMTEN MASCHINENBAUTEILEN**

STEEL FOR PRODUCING MACHINE COMPONENTS FORMED FROM SOLID STOCK

ACIER POUR PRODUIRE DES COMPOSANTS DE MACHINES MIS EN FORME À L'ÉTAT SOLIDE

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

• **LANGE, Robert**
49080 Osnabrück (DE)

(30) Priorität: **27.08.2007 DE 102007040616**

(74) Vertreter: **Röther, Peter**
Patentanwälte
Dr. Brundert & Röther
Kolkmannskamp 6
44879 Bochum (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.2010 Patentblatt 2010/19

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 780 293 WO-A-00/70107
JP-A- 2000 345 281 US-A1- 2004 048 217

(73) Patentinhaber: **Georgsmarienhütte GmbH**
49124 Georgsmarienhütte (DE)

• **PANFILOVA L M ET AL: "NEW GENERATION OF
NITROGEN-CONTAINING HIGH-STRENGTH
STRUCTURAL STEELS" STEEL IN
TRANSLATION, ALLERTON PRESS, NEW YORK,
NY, US, Bd. 29, Nr. 6, 1. Januar 1999 (1999-01-01),
Seiten 64-68, XP000976473 ISSN: 0967-0912**

(72) Erfinder:
• **DIEDERICHS, Roman**
42899 Remscheid (DE)
• **STÜBER, Axel**
49090 Osnabrück (DE)

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 2 183 396 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Stahl zur Herstellung von massiv umgeformten Maschinenbauteilen, insbesondere für den Fahrzeugbau, mit vorwiegend bainitischer Struktur.

[0002] Dabei ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die chemische Zusammensetzung folgende Gehalte an Gewichtsprozent aufweist:

0,10%	≤ C ≤	0,25%
0,15%	≤ Si ≤	0,40%
1,00%	≤ Mn ≤	1,50%
1,00%	≤ Cr ≤	2,00%
0,20%	≤ Ni ≤	0,40%
0,05%	≤ Mo ≤	0,20%
0,010%	≤ Nb ≤	0,040%
0,05%	≤ V ≤	0,25%
0,01%	≤ Al ≤	0,05%
0,005%	≤ N ≤	0,025%
0%	≤ B ≤	0,0050%

wobei der Rest aus Eisen und den erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

[0003] Eine besonders vorteilhafte Zusammensetzung des Stahls ist durch den Anspruch 2 gegeben, wobei:

0,10%	≤ C ≤	0,20%
0,20%	≤ Si ≤	0,30%
1,00%	≤ Mn ≤	1,50%
1,50%	≤ Cr ≤	2,00%
0,20%	≤ Ni ≤	0,40%
0,05%	≤ Mo ≤	0,20%
0,020%	≤ Nb ≤	0,040%
0,05%	≤ V ≤	0,20%
0,01%	≤ Al ≤	0,05%
0,005%	≤ N ≤	0,025%

wobei der Rest aus Eisen und den erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

[0004] Es ist zwar aus der EP-A-1 780 293 bereits ein Stahl mit ähnlichen Eigenschaften bekannt, bei dem jedoch zusätzlich die Elemente Schwefel, Phosphor und Titan als notwendig erachtet werden. Darüber hinaus unterscheidet sich die vorbekannte Stahllegierung von dem Stahl der Erfindung durch die Gehalte an Si, Mn, Cr, Mo, V und N, die ausserhalb der Bereiche der Legierungselemente gemäß der Erfindung liegen.

[0005] Eine erfindungsgemäße Verwendung dieses Stahls ist bei der Herstellung von Maschinenbauteilen, insbesondere für den Fahrzeugbau gegeben, wobei derartige Bauteile nach dem Schmieden im Gesenk und einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung eine weitgehend bainitische Struktur mit Ausscheidungen von

Sondercarbiden bzw. Nitriden aufweisen.

[0006] Bei den so erzeugten Bauteilen ist gemäß Anspruch 4 vorgesehen, dass die Streckgrenze nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 620 N/mm² beträgt.

[0007] Dabei soll die Zugfestigkeit gemäß Anspruch 5 nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme zwischen 800 N/mm² und 1100 N/mm² betragen.

[0008] Vorzugsweise beträgt das Streckgrenzenverhältnis nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 70%.

[0009] Gemäß Anspruch 7 ist vorgesehen, dass die Bruchdehnung nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 10% beträgt.

[0010] Gemäß Anspruch 8 ist vorgesehen, dass die Brucheinschnürung nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 40% beträgt.

[0011] Nach Anspruch 9 soll die Kerbschlagbiegearbeit (DVM-Kerbe, Raumtemperatur) nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 25 J beträgt.

[0012] Gemäß Anspruch 10 ist vorgeschlagen, dass die Zähigkeitskennwerte durch eine gestufte Abkühlung mit zunächst hoher Abkühlgeschwindigkeit und einer Haltestufe im Bainitbereich oder eine nachfolgende Alterungsbehandlung eingestellt werden können.

[0013] Das Bauteil soll gemäß Anspruch 11 zum Einsatzhärten und Carbonitrieren geeignet sein.

[0014] Schließlich sollen die mechanischen Eigenschaften sowohl im gewalzten Schmiedevormaterial als auch im geschmiedeten Bauteil durch eine thermomechanische Behandlung eingestellt werden können.

Patentansprüche

1. Stahl zur Herstellung von massiv umgeformten Maschinenbauteilen insbesondere für den Fahrzeugbau mit vorwiegend bainitischer Struktur, der **dadurch gekennzeichnet ist, dass** dessen chemische Zusammensetzung folgende Gehalte in Gewichtsprozent aufweist:

0,10%	≤ C ≤	0,25%
0,15%	≤ Si ≤	0,40%
1,00%	≤ Mn ≤	1,50%
1,00%	≤ Cr ≤	2,00%
0,20%	≤ Ni ≤	0,40%
0,05%	≤ Mo ≤	0,20%
0,010%	≤ Nb ≤	0,040%
0,05%	≤ V ≤	0,25%
0,01%	≤ Al ≤	0,05%
0,005%	≤ N ≤	0,025%
0%	≤ B ≤	0,0050%

wobei der Rest aus Eisen und den erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

2. Stahl nach Anspruch 1, der **dadurch gekennzeichnet ist, dass** seine chemische Zusammensetzung derart ist, dass gilt:

0,10%	≤ C ≤	0,20%
0,20%	≤ Si ≤	0,30%
1,00%	≤ Mn ≤	1,50%
1,50%	≤ Cr ≤	2,00%
0,20%	≤ Ni ≤	0,40%
0,05%	≤ Mo ≤	0,20%
0,020%	≤ Nb ≤	0,040%
0,05%	≤ V ≤	0,20%
0,01%	≤ Al ≤	0,05%
0,005%	≤ N ≤	0,025%

wobei der Rest aus Eisen und den erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

3. Verwendung eines Stahles nach Anspruch 2 zur Herstellung von Maschinenbauteilen insbesondere für den Fahrzeugbau, die nach dem Schmieden im Gesenk und einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung eine weitgehend bainitische Struktur mit Ausscheidungen von Sondercarbiden bzw. Nitriden aufweisen.
4. Bauteil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Streckgrenze nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 620 N/mm² beträgt.
5. Bauteil nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugfestigkeit nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme zwischen 800 N/mm² und 1100 N/mm² beträgt.
6. Bauteil nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Streckgrenzenverhältnis nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 70% beträgt.
7. Bauteil nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bruchdehnung nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 10% beträgt.
8. Bauteil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brucheinschnürung nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 40% beträgt.
9. Bauteil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerbschlagbiegearbeit (DVM-Kerbe,

Raumtemperatur) nach einer beschleunigten, kontrollierten Abkühlung aus der Umformwärme über 25 J beträgt.

10. Bauteil nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zähigkeitskennwerte durch eine gestufte Abkühlung mit zunächst hoher Abkühlgeschwindigkeit und einer Haltestufe im Bainitbereich oder eine nachfolgende Alterungsbehandlung eingestellt werden können.
11. Bauteil nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zum Einsatzhärten und Carbonitrieren geeignet ist.
12. Bauteil nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mechanischen Eigenschaften sowohl im gewalzten Schmiedevormaterial als auch im geschmiedeten Bauteil durch eine thermomechanische Behandlung eingestellt werden können.

Claims

1. Steel to produce severely deformed machine components, used in particular for the construction of vehicles with a predominantly bainitic structure, which is **characterised in that** its chemical composition comprises the following content in percentages by weight:

0.10%	≤ C ≤	0.25%
0.15%	≤ Si ≤	0.40%
1.00%	≤ Mn ≤	1.50%
1.00%	≤ Cr ≤	2.00%
0.20%	≤ Ni ≤	0.40%
0.05%	≤ Mo ≤	0.20%
0.010%	≤ Nb ≤	0.040%
0.05%	≤ V ≤	0.25%
0.01%	≤ Al ≤	0.05%
0.005%	≤ N ≤	0.025%
0%	≤ B ≤	0.0050%

whereby the remainder consists of iron and impurities from the smelting process.

2. Steel in accordance with claim 1, **characterised in that** its chemical composition is such that the following applies:

0.10%	≤ C ≤	0.20%
0.20%	≤ Si ≤	0.30%
1.00%	≤ Mn ≤	1.50%
1.50%	≤ Cr ≤	2.00%
0.20%	≤ Ni ≤	0.40%

(continued)

0.05%	$\leq \text{Mo} \leq$	0.20%
0.020%	$\leq \text{Nb} \leq$	0.040%
0.05%	$\leq \text{V} \leq$	0.20%
0.01%	$\leq \text{Al} \leq$	0.05%
0.005%	$\leq \text{N} \leq$	0.025%

whereby the remainder consists of iron and impurities from the smelting process.

3. Use of a steel in accordance with claim 2 to produce machine components, used in particular for the manufacture of vehicles, whereby, after forging in the die followed by rapid controlled cooling, said steel has a predominantly bainitic structure with precipitates of special carbides or nitrides.
4. Component in accordance with claim 3, **characterised in that** the elastic limit exceeds 620 N/mm² after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
5. Component in accordance with claim 4, **characterised in that** the tensile strength lies between 800 N/mm² and 1100 N/mm² after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
6. Component in accordance with claim 5, **characterised in that** the yield strength ratio exceeds 70% after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
7. Component in accordance with claim 6, **characterised in that** the elongation to fracture exceeds 10% after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
8. Component in accordance with claim 7, **characterised in that** the reduction of area after fracture exceeds 40% after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
9. Component in accordance with claim 8, **characterised in that** the notched bar impact work (DVM notches, room temperature) exceeds 25 J after rapid controlled cooling down from the deformation heat.
10. Component in accordance with claim 9, **characterised in that** the brittleness characteristic values can be adjusted by staged cooling with an initially high cooling rate and a holding stage in the bainitic region, or a subsequent ageing treatment.
11. Component in accordance with claim 10, **characterised in that** it is suitable for case hardening and carbonitriding.

12. Component in accordance with claim 11, **characterised in that** the mechanical properties can be adjusted both in the rolled base material as well as in the forged component by means of a thermo-mechanical treatment.

Revendications

1. Acier pour la fabrication de pièces de machines massives formées, en particulier pour la construction de véhicules, avec une structure essentiellement bainitique, qui est **caractérisé en ce que** sa composition chimique présente en pourcentages en poids les teneurs suivantes :

0,10 %	$\leq \text{C} \leq$	0,25 %
0,15 %	$\leq \text{Si} \leq$	0,40 %
1,00 %	$\leq \text{Mn} \leq$	1,50 %
1,00 %	$\leq \text{Cr} \leq$	2,00 %
0,20 %	$\leq \text{Ni} \leq$	0,40 %
0,05 %	$\leq \text{Mo} \leq$	0,20 %
0,010 %	$\leq \text{Nb} \leq$	0,040 %
0,05 %	$\leq \text{V} \leq$	0,25 %
0,01 %	$\leq \text{Al} \leq$	0,05 %
0,005 %	$\leq \text{N} \leq$	0,025 %
0 %	$\leq \text{B} \leq$	0,0050 %

le reste étant constitué de fer et des impuretés inévitables de fusion.

2. Acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** sa composition chimique est telle que l'on a :

0,10 %	$\leq \text{C} \leq$	0,20 %
0,20 %	$\leq \text{Si} \leq$	0,30 %
1,00 %	$\leq \text{Mn} \leq$	1,50 %
1,50 %	$\leq \text{Cr} \leq$	2,00 %
0,20 %	$\leq \text{Ni} \leq$	0,40 %
0,05 %	$\leq \text{Mo} \leq$	0,20 %
0,020 %	$\leq \text{Nb} \leq$	0,040 %
0,05 %	$\leq \text{V} \leq$	0,20 %
0,01 %	$\leq \text{Al} \leq$	0,05 %
0,005 %	$\leq \text{N} \leq$	0,025 %

le reste étant constitué de fer et des impuretés inévitables de fusion.

3. Utilisation d'un acier selon la revendication 2 pour la fabrication de pièces de construction de machines, en particulier pour la construction de véhicules qui, après le forgeage par matriçage et un refroidissement accéléré contrôlé, présentent une structure essentiellement bainitique avec des précipités de carbures spéciaux, respectivement de nitrures.

4. Pièce de construction selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** la limite apparente d'élasticité après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est supérieure à 620 N/mm². 5
5. Pièce de construction selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la résistance à la traction après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est comprise entre 800 N/mm² et 1100 N/mm². 10
6. Pièce de construction selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** le rapport de limite apparente d'élasticité après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est de plus de 70 %. 15
7. Pièce de construction selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** l'allongement à la rupture après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est de plus de 10 %. 20
8. Pièce de construction selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la striction à la rupture après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est de plus de 40 %. 25
9. Pièce de construction selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** l'énergie de flexion au choc sur entaille (entaille selon le DVM, température ambiante) après un refroidissement accéléré contrôlé partant de la chaleur de formage est de plus de 25 J. 30
10. Pièce de construction selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** les valeurs de résilience peuvent être ajustées par un refroidissement étagé avec d'abord une grande vitesse de refroidissement, puis par une étape d'arrêt dans la plage de la bainite ou par un traitement consécutif de vieillissement. 35
40
11. Pièce de construction selon la revendication 10, **caractérisée en ce qu'**elle convient à une cémentation ou à une carbonitruration. 45
12. Pièce de construction selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** les propriétés mécaniques, aussi bien dans le matériau laminé préliminaire de forgeage que dans la pièce forgée, peuvent être ajustées par un traitement thermomécanique. 50

55

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 1780293 A [0004]