



(10) **DE 10 2014 113 846 A1** 2016.03.24

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 113 846.5**

(22) Anmeldetag: **24.09.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.03.2016**

(51) Int Cl.: **C23C 8/26 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Härterei Technotherm GmbH & Co. KG, 73037
Göppingen, DE; Process-Electronic GmbH, 73092
Heiningen, DE; Robert Bosch GmbH, 70469
Stuttgart, DE**

(74) Vertreter:

**Winter, Brandl, Fürniss, Hübner, Röss, Kaiser,
Polte Partnerschaft mbB, 80336 München, DE**

(72) Erfinder:

**Gärtner, Bernd, 89194 Schnürpflingen, DE;
Musso, Vittorio, Biella, IT; Wingens, Dennis,
73033 Göppingen, DE; Winter, Karl-Michael, 89231
Neu-Ulm, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

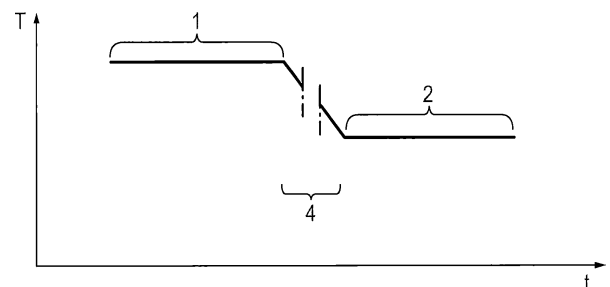
DE	40 33 706	C2
DE	197 58 822	B4
DE	42 04 982	A1
DE	10 2007 038 983	A1
DE	10 2013 213 041	A1
DE	12 25 217	A
CH	682 492	A5
US	2005 / 0 045 248	A1
EP	0 902 099	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Behandlung eines Eisenwerkstoffs und behandelter Eisenwerkstoff**

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist ein Verfahren zur thermochemischen Behandlung eines Eisenwerkstoffs mit zwei Stufen. In beiden Stufen wird der Eisenwerkstoff oberhalb der Austenitisierungstemperatur behandelt. In der ersten Stufe wird der Eisenwerkstoff oberhalb der Austenitisierungstemperatur aufgestickt. Die Behandlung in der zweiten Stufe erfolgt bei einer Temperatur, die niedriger als in der ersten Stufe ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Behandlung eines Eisenwerkstoffs, insbesondere eines Lagerwerkstoffs. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Bauteil aus einem behandelten Eisenwerkstoff, insbesondere ein Maschinenbauelement mit Wälzkontakt, insbesondere ein Teil eines Wälzlagers.

[0002] Bei Lagerelementen beispielsweise im Automobilbereich (Radlager), in Getrieben von Windkraftanlagen, in Hydraulikmaschinen (Axialkolbenmaschinen, Einspritzpumpen) oder in der Schienentechnik (Eisenbahnschienen) werden seit etwa 15 Jahren Schädigungen durch sogenannte White-Etching-Cracks wahrgenommen. Derartige WECs sind beispielsweise in der Druckschrift EP 2 573 195 A1 beschrieben. Hierbei handelt es sich um Schädigungen bei Lagerelementen, die sich im metallischen Lagerwerkstoff durch metallographisch weiß anätzende Bereiche bilden. Diese treten hierbei in der Nähe von Rissen oder Einschlüssen unter einer Ober- beziehungsweise Lagerfläche im Bereich eines Wälzkontaktes des Lagerelements auf. Diese WECs werden auch als White-Etching-Areas (WEA), als White-Structure-Flaking (WSF) oder Butterfly bezeichnet. Im Schädigungsfall sinkt eine erwartete Lebensdauer des Lagerelements derart, dass sie lediglich etwa 10 % der üblicherweise erwarteten Lebensdauer beträgt. Ein Mechanismus der WEC-Schädigung ist in der Ursache nicht klar bekannt und erforscht.

[0003] Aus der DE 10 2008 021 963 A1 ist bekannt, zur Steigerung einer Randhärte im Bereich einer Wälzkörperlaufläche eines Lagerbauteils wie Laggerring, Hülse oder Büchse eine Aufstickung vorzusehen. Diese kann durch eine thermochemische Behandlung oberhalb einer Austenitierungstemperatur des Lagerwerkstoffs erfolgen. Das Lagerbauteil ist aus einem Kaltband eines hochlegierten Stahls mit mindestens 12% Chrom hergestellt. Bei der Wärmebehandlung des Lagerbauteils wird angestrebt, dass sich möglichst keine Nitride ausscheiden. Zum Aufsticken wird Stickstoff als Reaktionsgas und nicht Ammoniak verwendet. Die zugehörigen Wälzkörper sind aus einem beschichteten Wälzlagerstahl oder aus Keramik hergestellt. Eingesetzt werden sollen die Lagerelemente in korrosiver Umgebung oder bei Mangelschmierung.

[0004] Des Weiteren ist aus dem Stand der Technik bekannt, eine thermochemische Behandlung zur Aufstickung eines Lagerwerkstoffs unterhalb einer Austenitierungstemperatur von Eisenwerkstoffen auszuführen, wobei es sich um Nitrieren, Nitrocarburieren oder N-Quensch handeln kann. Hierbei ist nachteilig, dass ein derartiges Verfahren äußerst zeitintensiv ist. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass sich bei einem derartigen Verfahren an einer Oberfläche

des Lagerwerkstoffs eine als Verbindungsschicht bezeichnete Eisennitridschicht ausbildet, die nachteilig äußerst spröde ist.

[0005] Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Behandlung eines Eisenwerkstoffs zu schaffen, mit dem eine WEC-Resistenz verbessert ist und das einen geringen Zeitaufwand benötigt. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, einen Eisenwerkstoff so zu verändern, dass er eine verbesserte WEC-Resistenz aufweist und vergleichsweise schnell herstellbar ist.

[0006] Die Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens wird gelöst gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Eisenwerkstoffs gemäß den Merkmalen des Anspruchs 12.

[0007] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Behandlung eines Eisenwerkstoffs, insbesondere zur Verwendung als Werkstoff für ein Maschinenelement mit Wälzkontakt, vorgesehen. Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- Der Eisenwerkstoff wird mit Stickstoff in einer ersten Stufe aufgestickt, wobei dies mit einer ersten Temperatur erfolgt, die oberhalb einer Austenitierungstemperatur des Eisenwerkstoffs liegt. Bei der Austenitierungstemperatur handelt es sich um die Temperatur, die zum Austenitieren eines Eisenwerkstoffs gehalten wird. Die Temperatur, bei der der Eisenwerkstoff vollständig austenitisiert vorliegt, hängt vom Kohlenstoffgehalt im Eisenwerkstoff ab. Austenit besitzt kubisch-flächenzentriertes Raumgitter, das bei Eisenwerkstoffen etwa ab einer Temperatur von 723° C entsteht, wobei eine Umwandlung umso schneller erfolgt, je höher die Temperatur ist.
- In einem weiteren Schritt wird der Eisenwerkstoff einer abgesenkten Temperatur ausgesetzt, die zwischen der ersten Temperatur und der Austenitierungstemperatur des Eisenwerkstoffs liegt, so dass zumindest eine Teilmenge des im ersten Schritt interstitiell gelösten Stickstoffs in Form von Nitriden innerhalb der Matrix des Eisenwerkstoffs ausgeschieden wird.

[0008] Bei der niedrigeren Temperatur ist die Löslichkeit von Stickstoff im Austenit geringer als bei der Temperatur der ersten Stufe, so dass der Teil des Stickstoffs, der jetzt nicht mehr löslich ist, als Nitrid ausgeschieden wird. Zusätzlich kann im zweiten Schritt durch ein geeignetes Stickstoffpotential der Ofenatmosphäre einer Entstickung an der Oberfläche entgegengewirkt werden. Die Behandlung bei der abgesenkten Temperatur kann jedoch grundsätzlich auch ohne einen Stickstoffspender in der umgebenden Atmosphäre geschehen.

[0009] Diese Lösung hat den Vorteil, dass eine unterschiedliche Löslichkeit des Stickstoffs bei unter-

schiedlichen Temperaturen genutzt wird. In der ersten Stufe wird der Eisenwerkstoff oberhalb der Löslichkeitsgrenze von Stickstoff innerhalb des Mischkristalls ausgestickt. In der zweiten Stufe erfolgt dann eine Behandlung bei niedriger Temperatur, wo sich die Löslichkeit des Stickstoffs innerhalb des Mischkristalls reduziert. Dabei wird jetzt nicht mehr löslicher Stickstoff in Form von Nitriden innerhalb einer Matrix des Eisenwerkstoffs ausgeschieden. Durch die ausgeschiedenen Nitride sind Eigenschaften des Eisenwerkstoffs hinsichtlich einer WEC-Resistenz verbessert. Der Eisenwerkstoff mit den Nitridausscheidungen hat eine höhere Festigkeit, ist härter und zäher und ist bei höheren Temperaturen stabiler. Diese Eigenschaften machen den behandelten Eisenwerkstoff ganz besonders geeignet für eine Verwendung für Maschinenelemente mit Wälzkontakt, insbesondere für Teile von Wälzlagern. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass das Verfahren, insbesondere bei der Aufstickung einer Randschicht des Eisenwerkstoffs, äußerst schnell erfolgen kann, insbesondere wesentlich schneller als bei herkömmlichen Nitrier- oder Nitrocarburierverfahren, die Nitridausscheidungen unterhalb der Austenitisierungstemperatur von Eisenwerkstoffen erzeugen. Außerdem ist vorteilhaft, dass im Unterschied zum Stand der Technik sich unter der zwangsweisen Ausscheidung der Nitride innerhalb der aufgestickten Randschicht des Eisenwerkstoffs keine spröde Eisennitridschicht an einer Oberfläche des Eisenwerkstoffs bildet. Somit kann festgestellt werden, dass Eigenschaften eines Bauteils, das aus diesem Eisenwerkstoff gebildet ist, durch die Ausscheidung der Nitride verbessert sind.

[0010] Vorteilhafterweise ist eine Löslichkeit des Stickstoffs innerhalb des Eisenwerkstoffs in der zweiten Stufe geringer als in der ersten Stufe. Löslich bedeutet, dass Fremdatome, wie Nitride, auf Zwischen-gitterplätzen (interstitiell) eingelagert werden.

[0011] Bevorzugterweise erfolgt die Aufstickung in der ersten Stufe derart, dass der Stickstoff im Wesentlichen vollständig, insbesondere in einem Randbereich des Eisenwerkstoffs, in dem Eisenwerkstoff gelöst wird. In der zweiten Stufe kann dann zumindest eine Teilmenge des in der ersten Stufe aufgestickten Stickstoffs innerhalb der Matrix des Eisenwerkstoffs ausgeschieden werden. Die Ausscheidung erfolgt hierbei vorzugsweise in Form von Nitriden.

[0012] Es ist denkbar, dass zwischen der ersten und der zweiten Stufe eine zusätzliche Temperaturänderung erfolgt. Somit sinkt die Temperatur nicht nur von der ersten Temperatur auf die zweite Temperatur, sondern die Temperaturänderung kann derart sein, dass eine Härtung und/oder Normalisierung des Eisenwerkstoffs erfolgt.

[0013] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird der Eisenwerkstoff nach dem zweiten Schritt wärmebehandelt, wie beispielsweise gehärtet, bainitisiert oder normalisiert. Somit können die Eigenschaften des Eisenwerkstoffs durch verschiedene nachfolgende Wärmebehandlungen modifiziert werden.

[0014] Eine Tiefe der Aufstickung im Eisenwerkstoff kann über eine Aufstickungszeit eingestellt werden.

[0015] Bei dem Eisenwerkstoff handelt es sich beispielsweise um einen Vergütungsstahl, einen Einsatzstahl, einen Nitrierstahl, einen Automatenstahl, einen Wälzlagerstahl, einen Werkzeugstahl, einen nicht rostenden Stahl, einen mikrolegierten Stahl oder einen Stahl- und Eisenguss in verschiedenen Gefügestufen. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Eisenwerkstoff um einen solchen, der für Maschinenbauelemente mit Wälzkontakt, insbesondere für Wälzlager verwendet wird, da das Verfahren zu für den genannten Einsatz besonders vorteilhaften Eigenschaften führt, wie beispielsweise erhöhte WEC-Resistenz, höhere Festigkeit, und höhere Härte und Zähigkeit. Bei dem Eisenwerkstoff, der für ein Teil eines Wälzlagers verwendet wird, kann es sich beispielsweise um einen Standardstahl 100Cr6 oder einen Einsatzstahl 22CrMoS3-5 handeln.

[0016] Die Aufstickung erfolgt zur Erreichung der gewünschten Stickstoffgehalte und -profile innerhalb der Randschicht des Eisenwerkstoffs vorzugsweise unter einer Regelung eines Stickstoffpotenzials in einer den Werkstoff umgebenden Atmosphäre, womit die Aufstickung kontrolliert und zuverlässig durchgeführt werden kann.

[0017] Zusätzlich oder alternativ zur Regelung des Stickstoffpotenzials kann die Aufstickung unter einer Regelung eines Kohlenstoffpotenzials in einer den Lagerwerkstoff umgebenden Atmosphäre erfolgen. Die parallele Regelung des Kohlenstoffpotenzials in der Atmosphäre beugt Entkohlungen vor beziehungsweise ermöglicht eine Aufkohlung der Randschicht parallel zur Aufstickung.

[0018] Das Verfahren wird vorzugsweise an einem Teil aus einem Eisenwerkstoff angewandt, dass seine Endkontur schon besitzt oder nur noch wenig mechanisch bearbeitet werden muss, zum Beispiel nur noch geschliffen werden muss.

[0019] Erfindungsgemäß ist ein Eisenwerkstoff vorgesehen, der nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Aspekte hergestellt ist.

[0020] Die Erfindung zeigt sich auch in einem Maschinenbauelement mit Wälzkontakt aus einem Eisenwerkstoff, der nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche behandelt worden ist.

[0021] Sonstige vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Unteransprüche.

[0022] Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist in der Zeichnung dargestellt. Anhand der Figur dieser Zeichnung wird die Erfindung nun näher erläutert. Die Figur zeigt in einem Ablaufdiagramm das erfindungsgemäße Verfahren.

[0023] Das Ablaufdiagramm in der Figur zeigt einen beispielhaften Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Behandlung eines zumindest weitgehend seine Endkontur aufweisenden Teils aus einem Eisenwerkstoff. Bei diesem handelt es sich um einen Lagerwerkstoff, wie 22CrMoS3-5. Auf einer Ordinate des Ablaufdiagramms ist eine Temperatur T und auf einer Abszisse eine Zeit t aufgetragen. Das Verfahren wird zweistufig ausgeführt mit einer ersten Stufe **1** und einer zweiten Stufe **2**. Zwischen den Stufen **1** und **2** ist eine Zwischenstufe **4** vorgesehen. Die Temperatur in der ersten Stufe liegt oberhalb einer Austenitierungstemperatur von Eisenwerkstoffen, wie beispielsweise 940°C. In der ersten Stufe **1** wird der Lagerwerkstoff in einer stickstoffhaltigen Atmosphäre, insbesondere in einer Atmosphäre, die Ammoniak enthält, aufgestickt. Die Temperatur in der ersten Stufe ist hierbei derart gewählt, dass der Stickstoff in dem Lagerwerkstoff im Wesentlichen nur in gelöster Form vorliegt, wobei eine Stickstofflöslichkeit beispielsweise etwa 0,92 % von der Masse des Lagerwerkstoffs beträgt. Da die Aufstickung bei einer vergleichsweise hohen Temperatur erfolgt, lagert sich der Stickstoff äußerst schnell in einen Randbereich des Lagerwerkstoffs ein.

[0024] Nach der ersten Stufe **1** wird die Temperatur für die zweite Stufe **2** gesenkt und beträgt beispielsweise etwa 820°C, womit sie ebenfalls über der Austenitierungstemperatur des Lagerwerkstoffs liegt. Durch die geringere Temperatur T in der zweiten Stufe **2** sinkt die Löslichkeit des bereits in dem Lagerwerkstoff eingelagerten Stickstoffs, wobei die Stickstofflöslichkeit beispielsweise etwa 0,29 % von der Masse des Lagerwerkstoffs betragen kann. Somit reduziert sich die Löslichkeit des Stickstoffs innerhalb des Mischkristalls des Lagerwerkstoffs. Nicht mehr löslicher Stickstoff wird dann in Form von Nitriden, beispielsweise Dichromnitrid, innerhalb einer Matrix des Lagerwerkstoffs ausgeschieden. Der Lagerwerkstoff hat hierdurch im aufgestickten Bereich, insbesondere im Randbereich, eine höhere Festigkeit, ist härter und zäher und auch bei höheren Temperaturen äußerst stabil.

[0025] Zwischen den Stufen **1** und **2** kann in der Zwischenstufe **4** vorteilhafterweise eine weitere Temperaturänderung erfolgen, um den Lagerwerkstoff beispielsweise zu härten oder zu normalisieren.

[0026] Offenbart ist ein Verfahren zur thermochemischen Aufstickung eines Lagerwerkstoffs mit zwei Stufen. In beiden Stufen wird der Lagerwerkstoff oberhalb einer Austenitierungstemperatur aufgestickt. Eine Temperatur in der ersten Stufe ist hierbei höher als eine Temperatur in der zweiten Stufe.

Bezugszeichenliste

- 1** erste Stufe
- 2** zweite Stufe
- 4** Zwischenstufe
- T** Temperatur
- t** Zeit

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2573195 A1 [0002]
- DE 102008021963 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Behandlung eines Eisenwerkstoffs mit den Schritten:

– Aufstickung des Eisenwerkstoffs mit Stickstoff in einer ersten Stufe (1) mit einer ersten Temperatur, die oberhalb einer Austenitisierungstemperatur des Eisenwerkstoffs liegt und
 – Behandlung des Eisenwerkstoffs mit dem Stickstoff in einer zweiten Stufe (2) mit einer zweiten Temperatur, die zwischen der ersten Temperatur und der Austenitisierungstemperatur des Eisenwerkstoffs liegt, so dass zumindest eine Teilmenge des in der ersten Stufe (1) interstitiell gelösten Stickstoffs in Form von Nitriden innerhalb der Matrix des Eisenwerkstoffs ausgeschieden wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei zwischen dem ersten Schritt und dem zweiten Schritt eine weitere Temperaturänderung zur Behandlung des Eisenwerkstoffs als Härtung und/oder Glühung und/oder Bainitisierung erfolgt.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei nach dem zweiten Schritt eine weitere Temperaturänderung zur Behandlung des Eisenwerkstoffs als Härtung und/oder Glühung und/oder Bainitisierung zur Einstellung weiterer Werkstoffeigenschaften erfolgt.

4. Verfahren nach einem vorhergehenden Patentanspruch, wobei aus dem Eisenwerkstoff ein Maschinenbauelement mit Wälzkontakt, insbesondere ein Teil eines Wälzlagers hergestellt ist.

5. Verfahren nach einem vorhergehenden Patentanspruch, wobei die Aufstickung unter einer Regelung einer Stickstoffpotenzials in einer den Eisenwerkstoff umgebenden Atmosphäre erfolgt.

6. Verfahren nach einem vorhergehenden Patentanspruch, wobei die Aufstickung unter einer Regelung eines Kohlenstoffpotenzials in einer den Eisenwerkstoff umgebenden Atmosphäre erfolgt.

7. Verfahren nach einem vorhergehenden Patentanspruch, wobei mit diesem eine thermochemische Aufstickung des Eisenwerkstoffs in einem Gas oberhalb der Austenitisierungstemperatur von Eisenwerkstoffen zwecks Ausscheidung von Sondernitriden erfolgt, und wobei das Verfahren in zwei Stufen (1, 2) erfolgt und die Temperatur in der zweiten Stufe (2) derart niedriger als in der ersten Stufe (1) ist, dass die Löslichkeit des Stickstoffs in der zweiten Stufe (2) innerhalb des Eisenwerkstoffs reduziert ist und sich der Stickstoff zumindest teilweise in Form von Nitriden in der Matrix des Eisenwerkstoffs ausscheidet.

8. Verfahren nach einem vorhergehenden Patentanspruch, wobei es an einem zumindest weitgehend

seine Endkontur aufweisenden Teil aus einem Eisenwerkstoff angewandt wird.

9. Eisenwerkstoff, der nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche behandelt worden ist.

10. Maschinenbauelement mit Wälzkontakt aus einem Eisenwerkstoff, der nach einem Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 8 behandelt worden ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

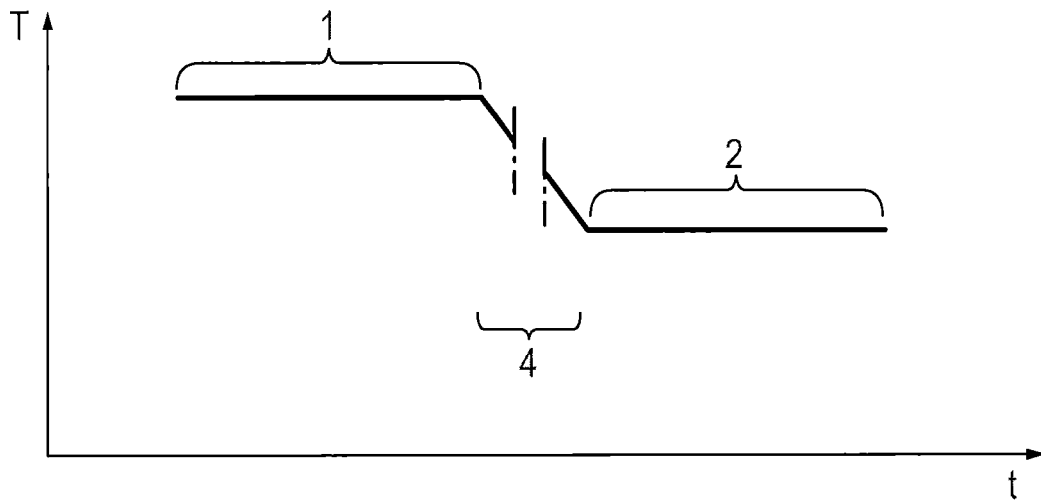


Fig.