



(10) **DE 10 2017 216 762 A1** 2019.03.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 216 762.9**

(22) Anmeldetag: **21.09.2017**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2019**

(51) Int Cl.: **C22C 38/18 (2006.01)**  
**C21D 9/40 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**thyssenkrupp AG, 45143 Essen, DE;**  
**thyssenkrupp Rothe Erde GmbH, 44137**  
**Dortmund, DE**

(74) Vertreter:

**Kutzenberger Wolff & Partner**  
**Patentanwaltspartnerschaft mbB, 50676 Köln, DE**

(72) Erfinder:

**Maschelski, Uwe, Dipl.-Ing., 59229 Ahlen, DE;**  
**Pape, Fabian, 44581 Castrop-Rauxel, DE;**  
**Burtchen, Marco, Dr.-Ing., 59555 Lippstadt, DE;**  
**Spintig, Wilfried, Dr.-Ing., 59558 Lippstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

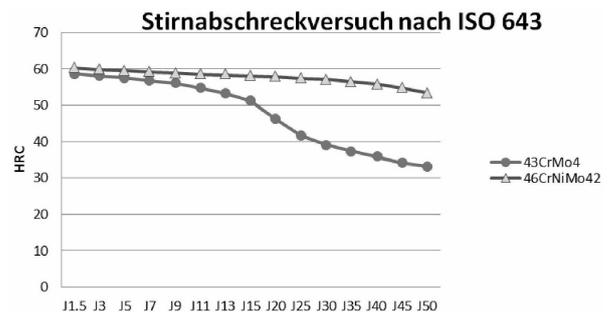
DE	198 21 797	C1
DE	196 44 204	A1
DE	10 2006 052 834	A1
DE	10 2011 088 234	A1
DE	10 2012 015 445	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Werkstoff und Herstellungsverfahren für Wälzlagerkomponenten**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Werkstoff für Wälzlagerkomponenten vorgeschlagen, wobei der Werkstoff Stahl mit einer Beimischung von mindestens 0,4 % Kohlenstoff und mindestens 0,3 % Nickel umfasst.



## Beschreibung

### Stand der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Werkstoff und ein Herstellungsverfahren für Wälzlagerkomponenten.

**[0002]** Wälzlagerkomponenten, wie Ringe, Ringsegmente oder Wälzkörper und geeignete Werkstoffe für derartige Komponenten sind aus dem Stand der Technik wohlbekannt. Üblicherweise basieren solche Werkstoffe auf Stahl mit einer Beimischung mehrerer anderer Elemente, die die Materialeigenschaften in einer, für die jeweilige Anwendung günstigen Weise modifizieren. Um die mechanische Widerstandsfähigkeit zu steigern sind diese Werkstoffe häufig zusätzlich gehärtet. Bei den heute bekannten induktiv gehärteten Großwälzlagern (größer als 250 mm), handelt es sich meist um Schwenklageranwendungen, die aus Werkstoffen der einschlägigen Normen für induktiv gehärtete Wälzlagerstähle (DIN 17230 und DIN ISO 683-17) hergestellt werden. Die in den einschlägigen Werkstoffnormen aufgeführten Werkstoffe 43CrMo4 und 48CrMo4 weisen nach einer induktiven Oberflächenhärtung nicht die erforderlichen Eigenschaften auf, die für Wälzlageranwendungen mit hohen Lebensdauern erforderlich sind.

**[0003]** Stehen zwei Bauteile in mechanischem Kontakt, findet unter Belastung eine elastische Einfederung beider Bauteile statt, bei der sich zwischen ihnen eine flächige Kontaktzone ausbildet, an der die Spannung zwischen den Körpern übertragen wird. Bei Wälzlagern nimmt dieser Vorgang beim Umlauf der Wälzkörper die Form von zyklischen elastischen Verformungen an. Für die Lebensdauer des Wälzlagers ist es von entscheidender Bedeutung, dass es dabei nicht zusätzlich zu plastischen Verformungen kommt, die auf Dauer im Material Schäden hervorrufen. Der Widerstand gegen plastische Verformungen ist durch die Härte des Materials bestimmt. Die Härte wird von verschiedenen Merkmalen der Materialstruktur bestimmt, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Fehlstellen und Verzerrungen im atomaren Gitter oder die morphologischen Eigenschaften des Gefüges.

**[0004]** Um eine ausreichende Beständigkeit gegenüber der permanenten dynamischen Belastung zu erzielen, die beim Umlauf der Wälzlager auf das Material ausgeübt wird, sind Werkstoffe erforderlich, die sowohl über eine hohe Festigkeit als auch eine hohe Zähigkeit verfügen und die nach einer induktiven Randschichthärtung eine hohe Tragfähigkeit und längere Lebensdauer der Wälzlagerkomponenten gewährleisten können. Lageranwendungen, insbesondere kontinuierlich drehende Lager mit großem Durchmesser und hohen Lebensdauern erfor-

derungen werden überwiegend aus einsatzgehärteten Wälzlagerstählen oder aus durchgehärteten Wälzlagerstählen hergestellt. Diese benötigen für die Herstellung der gehärteten Randschicht einen hohen Energieaufwand und häufig einen langen Härtingsprozess um eine ausreichende Einhärtetiefe zu erreichen. Mit größer werdendem Durchmesser der Lagerkomponenten wird die Herstellung dieser Werkstoffe und Verfahren zunehmend unwirtschaftlich und für große Komponenten technisch nicht umsetzbar. So kann es zum Beispiel notwendig sein, die Bauteile beim Härten in Quetten oder andere Vorrichtungen einzuspannen, um zu verhindern, dass sich das Bauteil beim Härten übermäßig verzieht. Ein weiterer begrenzender Faktor bei großen Lagerkomponenten ist die Größe des Ofens.

### Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuen Werkstoff für Wälzlagerkomponenten bereitzustellen, der eine höhere Lebensdauer gewährleistet. Der Werkstoff soll dazu eine hohe Festigkeit der gehärteten Randschicht mit einer ausreichenden Zähigkeit des gehärteten und ungehärteten Werkstoffs bei gleichzeitig hohen Einhärtetiefen bei induktiv gehärteter Randschichthärtung, beispielsweise nach dem in Druckschrift DE 102 28 333 C1 beschriebenen Härteverfahren, verbinden.

**[0006]** Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Werkstoff für Wälzlagerkomponenten, wobei der Werkstoff Stahl mit einer Beimischung von mindestens 0,4 % Kohlenstoff und mindestens 0,3 % Nickel umfasst. Die Prozentangaben beziehen sich hier und im Folgenden jeweils auf Gewichtsanteile.

**[0007]** Die Härte von Stahl beruht zum einen auf den Verzerrungen, die die Beimischung von Kohlenstoff im Gitter hervorruft, zum anderen durch den Einfluss des Kohlenstoffs auf die Gefügestruktur, zum Beispiel auf die Größe, Zusammensetzung und Kristallstruktur der verschiedenen Körner, aus denen sich das Gefüge zusammensetzt. Neben dem Kohlenstoffgehalt sind dafür die Prozessbedingungen entscheidend, unter denen sich die Mikrostruktur des Werkstoffs bildet. Beim Härten wird das Material ausgehend von einer hohen Temperatur so rasch abgekühlt, dass sich die Kohlenstoffatome nicht schnell genug durch Diffusion umordnen können und so eine mit Kohlenstoff übersättigte Phase entsteht, die hohe Verzerrungsspannungen und entsprechend hohe Härte aufweist. Der Nachteil des hohen Kohlenstoffgehalts besteht darin, dass der Stahl dadurch gleichzeitig spröde wird. Die erfindungsgemäße Beimischung von Nickel beeinflusst bei der Bildung der Mikrostruktur die Verteilung des Kohlenstoffs und darüber hinaus die Korngröße des Gefüges. Durch die Beimischung wird die Zähigkeit des Materials erhöht, ohne dass es dabei zu einer wesentlichen Ver-

minderung der Härte kommt. Um eine ausreichende Zähigkeit bei gleichzeitiger hoher Härte zu erreichen hat sich erfindungsgemäß ein Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,4 % und ein Nickelgehalt von mindestens 0,3 % bewährt.

**[0008]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst der Werkstoff Stahl mit einer Beimischung von 0,40 - 0,52 % Kohlenstoff, besonders bevorzugt 0,43 - 0,48 % Kohlenstoff und einer Beimischung von 0,30 - 1,50 % Nickel, besonders bevorzugt 0,45 - 0,70 % Nickel.

**[0009]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält der Werkstoff neben den genannten Beimischungen zusätzlich einen Anteil Chrom. Stahl mit einer Beimischung von Chrom ist bei Wälzlagerkomponenten ein häufig eingesetzter Werkstoff, bei dem der Chromanteil zu einer besseren Härbarkeit des Materials führt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beträgt der Chromanteil 0,90 - 1,50 % Chrom, besonders bevorzugt 1,05 - 1,20 % Chrom.

**[0010]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält der Werkstoff neben den genannten Beimischungen zusätzlich einen Anteil Molybdän. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beträgt der Anteil 0,10 - 0,40 % Molybdän, besonders bevorzugt 0,25 - 0,30 % Molybdän.

**[0011]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält der Werkstoff neben den genannten Beimischungen zusätzlich eine Beimischung von 0,00 - 0,60 % Silizium, besonders bevorzugt 0,25 - 0,35 % Silizium, 0,40 - 1,00 % Mangan, besonders bevorzugt 0,80 - 0,90 % Mangan und 0,005 - 0,050 % Aluminium, besonders bevorzugt 0,01 - 0,03 % Aluminium.

**[0012]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält der Werkstoff neben den genannten Beimischungen eine Beimischung von 0,005 - 0,050 % Vanadium, besonders bevorzugt 0,010 - 0,025 % Vanadium und 0,005 - 0,050 % Niob, besonders bevorzugt 0,010 - 0,025 % Niob.

**[0013]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Werkstoff eine Druckeigenspannung von 600 MPa bis 1000 MPa auf.

**[0014]** Zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe wird ferner eine Verwendung eines Werkstoffs gemäß des Hauptanspruchs für die Herstellung einer Wälzlagerkomponente vorgeschlagen.

**[0015]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens werden die Wälzlagerkomponenten in einem ersten Schritt aus dem Werkstoff geformt und in ei-

nem zweiten Schritt mittels eines induktiven Verfahrens gehärtet. Beim induktiven Härten werden durch magnetische Wechselfelder im Werkstück Ströme erzeugt, die das Material erhitzen. Dadurch ist es vorteilhaft möglich, die Wärme direkt im Werkstück zu erzeugen, statt sie über Wärmeleitung von der Oberfläche her einzubringen. Darüber hinaus ist durch diesen Vorgang eine sehr rasche Erwärmung möglich. Anschließend wird das Werkstück mit einer hohen Abkühlrate auf eine niedrigere Temperatur gebracht. Durch das Erwärmen und das abschließende schnelle Abkühlen, wird ein feinkörniges Gefüge erzeugt, das eine entsprechend hohe Härte aufweist.

**[0016]** Zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe wird ferner eine Wälzlagerkomponente vorgeschlagen, die aus einem Werkstoff gemäß dem Hauptanspruch hergestellt wurde. Bei den Wälzlagerkomponenten kann es sich um Ringe, Ringsegmente oder Wälzkörper handeln.

#### Figurenliste

**Fig. 1** zeigt ein Diagramm mit den Ergebnissen einer Untersuchung der Einhärtbarkeit des erfindungsgemäßen Werkstoffs.

**Fig. 2** zeigt ein Diagramm mit den Ergebnissen einer Untersuchung der Kerbschlagzähigkeit des erfindungsgemäßen Werkstoffs.

**[0017]** Mit dem erfindungsgemäßen Werkstoff lässt sich mittels einer induktiven Härtung eine hohe Festigkeit der gehärteten Randschicht erzielen, ohne dass es dabei zu einer wesentlichen Verminderung der Zähigkeit kommt. Zum Nachweis dieser Materialeigenschaft wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt, die jeweils die Einhärtbarkeit und die Zähigkeit gegenüber einer aus dem Stand der Technik bekannten Vergleichslegierung untersuchen. Der erfindungsgemäße Werkstoff wird im Folgenden nach den Regeln der DIN 17006 mit der Bezeichnung 46CrNi-Mo42 versehen. Das Vergleichsmaterial ist bei beiden Versuchsreihen der aus dem Stand der Technik bekannte Stahl 43CrMo4.

**[0018]** In **Fig. 1** ist das Ergebnis eines Stirnabschreckversuchs nach ISO 643 dargestellt. Bei diesem Versuch wird eine zylindrische Materialprobe zuerst auf Härtetemperatur erwärmt und dann an der Stirnseite 10 Minuten lang mit einem 20 °C warmen Wasserstrahl abgeschreckt. Die Mantelfläche der Probe wird anschließend um 0,4 bis 0,5 mm plan abgeschliffen und die Härte der dadurch entstandenen Fläche in verschiedenen Abständen von der Stirnfläche mittels eines Rockwell-Prüfverfahrens bestimmt. In dem Diagramm in **Fig. 1** ist der Verlauf der Härte (HRC) als Funktion des Abstandes von der Stirnfläche aufgetragen. Die Bezeichnungen J1.5, J3, J5... an der horizontalen Achse entsprechen den Abständen 1,5 mm, 3 mm, 5 mm etc. Durch den Ver-

lauf der Härte als Funktion des Abstandes lässt sich die Einhärtetiefe charakterisieren, d.h. die Tiefe, in der die schnelle Abkühlung zu der gewünschten Härte geführt hat. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, weisen die beiden Materialien im Bereich bis etwa 10 mm eine ähnliche Härte auf, während bei größeren Abständen von der Stirnfläche die Härte des Vergleichsmaterials gegenüber der des erfindungsgemäßen Werkstoffs höher ausfällt. In einer Randschicht ist die Härtung der beiden Materialien also vergleichbar.

**[0019]** Die Zähigkeit der beiden Materialien wurde zusätzlich durch Kerbschlagversuche getestet. Dabei wird das Material durch einen Schlagkörpers stoßartig beansprucht und die dabei geleistete Verformungsarbeit durch den Verlust an kinetischer Energie gemessen, den der Schlagkörpers beim Stoß erleidet. Diese sogenannte Kerbschlagarbeit hängt direkt mit der Fähigkeit des Materials zusammen, Energie aufzunehmen und in plastische Verformungsarbeit umzusetzen und ist damit ein Kennwert für die Zähigkeit des entsprechenden Materials. Für die beiden Materialien wurden jeweils mehrere Kerbschlagversuche durchgeführt und die minimale Kerbschlagzähigkeit ermittelt. In **Fig. 2** ist die entsprechende minimale Kerbschlagarbeit (in Joule) bei einer Temperatur von  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  für die beiden Materialien 43CrMo4 und 46CrNiMo42 abgebildet. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, ist die Kerbschlagarbeit bei dem erfindungsgemäßen Werkstoff 46CrNiMo42 bei einer Mindest-Zugfestigkeit von 850 MPa ungefähr doppelt so groß wie bei dem Vergleichsmaterial 43CrMo4 und die Zähigkeit damit entschieden höher. Zusammen mit den in **Fig. 1** dargestellten Daten sind somit die Materialeigenschaften zur erfindungsgemäßen Lösung der eingangs formulierten Aufgabe belegt.

**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**

- DE 10228333 C1 [0005]

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- DIN 17230 [0002]
- DIN ISO 683-17 [0002]

### Patentansprüche

1. Werkstoff für Wälzlagerkomponenten, wobei der Werkstoff Stahl mit einer Beimischung von mindestens 0,4 % Kohlenstoff und mindestens 0,3 % Nickel umfasst.

2. Werkstoff nach Anspruch 1, wobei der Werkstoff Stahl mit einer Beimischung von 0,40 - 0,52 % Kohlenstoff, bevorzugt 0,43 - 0,48 % Kohlenstoff und 0,30 - 1,50 % Nickel, bevorzugt 0,45 - 0,70 % Nickel umfasst

3. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von Chrom enthält.

4. Werkstoff nach Anspruch 3, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von 0,90 - 1,50 % Chrom, bevorzugt 1,05 - 1,20 % Chrom enthält.

5. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von Molybdän enthält.

6. Werkstoff nach Anspruch 5, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von 0,10 - 0,40 % Molybdän, bevorzugt 0,25 - 0,30 % Molybdän enthält.

7. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von 0,00 - 0,60 % Silizium, bevorzugt 0,25 - 0,35 % Silizium, 0,40 - 1,00 % Mangan, bevorzugt 0,80 - 0,90 % Mangan und 0,005 - 0,050 % Aluminium, bevorzugt 0,01 - 0,03 % Aluminium enthält.

8. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Werkstoff zusätzlich eine Beimischung von 0,005 - 0,050 % Vanadium, bevorzugt 0,010 - 0,025 % Vanadium und 0,005 - 0,050 % Niob, bevorzugt 0,010 - 0,025 % Niob enthält.

9. Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Werkstoff eine Druckeigenspannungen von 600 MPa bis 1000 MPa aufweist.

10. Verwendung eines Werkstoffs nach Anspruch 1 für die Herstellung einer Wälzlagerkomponente.

11. Verfahren zur Verwendung eines Werkstoffs nach Anspruch 10, wobei die Wälzlagerkomponente in einem ersten Schritt aus dem Werkstoff geformt wird und in einem zweiten Schritt mittels eines induktiven Verfahrens gehärtet wird.

12. Wälzlagerkomponente gefertigt aus einem Werkstoff nach einem der Ansprüche 1-9.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

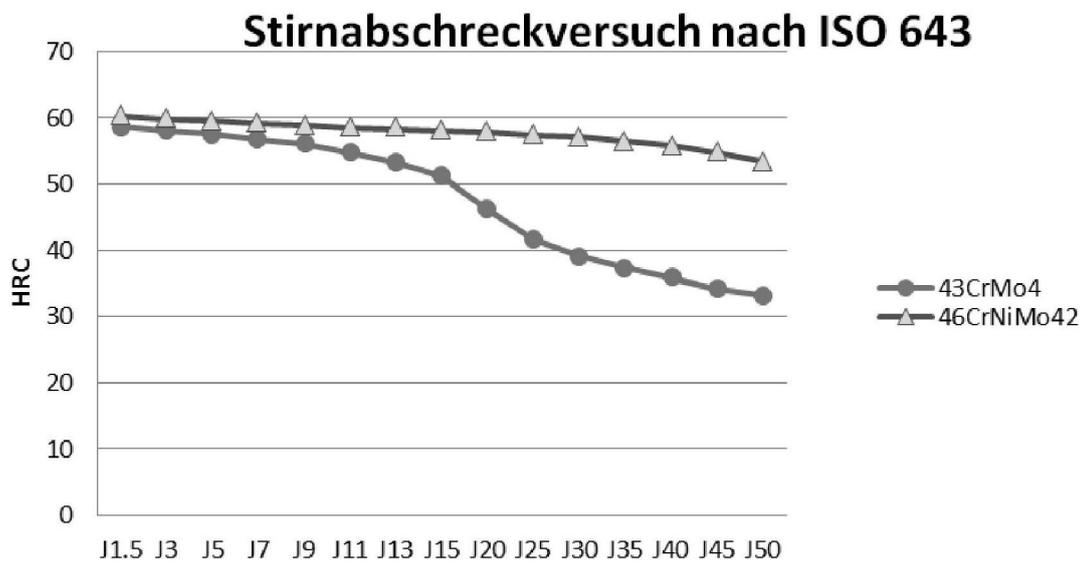


Fig. 2

