



(10) **DE 10 2018 103 323 A1** 2019.08.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 103 323.0**

(22) Anmeldetag: **14.02.2018**

(43) Offenlegungstag: **14.08.2019**

(51) Int Cl.: **F16G 13/00** (2006.01)
C23C 16/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

**iwis motorsysteme GmbH & Co. KG, 81369
München, DE**

(74) Vertreter:

dantzhoehe. PATENT & RECHT, 14199 Berlin, DE

(72) Erfinder:

**Watzinger, Bernd, Dr., 81829 München, DE;
Burger, Matija, Dr., 80803 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

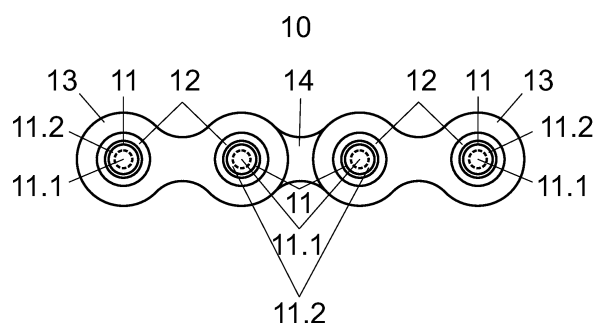
DE	103 15 166	A1
DE	103 16 484	A1
DE	10 2005 047 449	A1
DE	10 2006 052 869	A1
DE	10 2011 006 294	A1
DE	10 2013 222 244	A1
DE	10 2016 215 709	A1
WO	2014/ 019 699	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Hartstoffschicht auf Metallsubstrat**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht, die ein Substrat auf Stahlbasis und eine Hartstoffschicht an einer Außenseite des Substrates auf Stahlbasis umfasst, wobei die Hartstoffschicht Metallnitride enthält, und der Metallcarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht in Richtung zur Außenseite der Hartstoffschicht abnimmt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft, beschichtet mit einer Hartstoffschicht, die ein Substrat auf Stahlbasis und eine Hartstoffschicht an einer Außenseite des Substrates auf Stahlbasis umfasst, wobei die Hartstoffschicht Metallnitride enthält, und der Metallcarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht in Richtung zur Außenseite der Hartstoffschicht abnimmt.

Stand der Technik

[0002] Gelenkketten mit jeweils über ein Kettengelenk miteinander verbundenen Kettengliedern sind in vielfältiger Form im Einsatz. Im Betrieb als Antriebs- oder Förderketten wird insbesondere der Bereich der Kettengelenke so stark beansprucht, dass ein Bedarf an einer verschleißbeständigen Lagerfläche besteht. Auch ist es insbesondere im Hinblick auf hohe Stückzahlen sinnvoll, aufwändige Lösungen durch kostengünstige Beschichtungsverfahren und -prozesse zu ersetzen.

[0003] DE 10 2005 047 449 A1 stellt eine verschleißverbesserte Gliederkette vor, deren Kettenbolzen bzw. Kettenhülsen mit Hartstoffbeschichtungen versehen sind. Diese Beschichtungen sind mittels PVD-Verfahren (PVD: Physical Vapour Deposition) aufgebracht. Die Hartstoffschicht weist eine Dicke von 1 bis 10 µm auf und kann weiterhin mit einer Gleitstoffschicht, z.B. PTFE, umgeben sein.

[0004] In der Schrift DE 10 2006 052 869 A1 wird eine Gliederkette beschrieben, deren Gelenkfläche des Bolzens und der Hülse mit einer PVD-Hartstoffschicht versehen ist. Dabei bestehen Bolzen und Hülse aus einem hochkohlenstoffhaltigen Stahl mit einem Kohlenstoffanteil zwischen 0,4 Gew.-% und 1,2 Gew.-%.

[0005] DE 10 2011 006 294 A1 stellt ein Verfahren zur Herstellung eines gehärteten beschichteten Metallbauteils vor. Das Metallbauteil wird zur Anreicherung von Kohlenstoff und/oder Stickstoff in der Randschicht wärmebehandelt und danach auf eine Temperatur unterhalb der Martensitbildung abgeschreckt. Dann wird das Metallbauteil auf eine höhere Temperatur angelassen als die Temperatur, bei der der nachfolgende Beschichtungsprozess stattfindet. Die Beschichtung selbst erfolgt durch CVD- oder PVD-Verfahren (CVD: Chemical Vapour Deposition).

[0006] In DE 10 2013 222 244 A1 wird eine Kettenlasche für eine Kette beschrieben, die mit einer reibungsmindernden tribologischen Beschichtung versehen ist. Die Beschichtung wird durch PVD- oder PACVD-Verfahren aufgetragen.

[0007] DE 10 2016 215 709 A1 zeigt Kettenkomponenten wie Hülsen, Laschen, Bolzen und Rollen

aus Stahl, die mit einer verschleißmindernden CrN-Schicht versehen sind. Die CrN-Schicht wird durch ein CVD-Verfahren hergestellt. Der Stickstoff wird dabei aus dem ggf. vor der Behandlung nitrierten Stahl bezogen.

[0008] Ein Gelenk für eine Rollen- oder Hülsenkette wird in WO 2014019699 A1 vorgestellt. Eine nitridische oder karbidische Hartstoffschicht wird mittels PVD- oder CVD-Verfahren auf das Gelenk aufgetragen.

[0009] Die genannten Lösungen zur Herstellung eines gehärteten beschichteten Metallbauteils weisen Nachteile auf. PVD-Verfahren benötigen einen Arbeitsdruck von 10⁻⁴ bis 10 Pa und werden bei Arbeitstemperaturen abhängig von der Art der Beschichtung bei mehreren hundert °C betrieben. PVD-Verfahren stellen also hohe Anforderungen an die Beschichtungskammer. Außerdem sind sie nicht schüttgut-tauglich. Substrat und abzuscheidendes Material (Target) sind räumlich in der Beschichtungskammer getrennt. PVD-Verfahren sind sog. Sichtlinienprozesse, d.h. nur die vom Target aus sichtbaren Flächen werden beschichtet. Innen liegende Flächen oder Bohrungen werden dünner beschichtet. Bei den Pulververfahren besteht demgegenüber das Problem, dass die Diffusion von Kohlenstoff in die Hartstoffschicht zur Bildung von Karbiden führt. Da aber Nitride und hier insbesondere Chromnitrid im Hinblick auf den Verschleiß deutlich bessere Lebensdauern des Bauteils im Betrieb verspricht, gilt es, die Bildung von Nitriden insbesondere in den oberflächennahen Bereichen zu vermeiden. Dies gelingt den im Stand der Technik vorgestellten Lösungen in keiner Weise.

[0010] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines gehärteten beschichteten Metallbauteils bereitzustellen, das einfach anzuwenden ist, die Beschichtung von hohen Stückzahlen pro Zeiteinheit ermöglicht und kostengünstig zu betreiben ist. Gleichzeitig wird eine ausreichend hohe Qualität der Hartstoffschicht dadurch gewährleistet werden, dass die Bildung von Karbiden in den oberflächennahen Bereichen der Hartstoffschicht vermieden wird.

[0011] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0012] Die erfindungsgemäße Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft ist mit einer Hartstoffschicht beschichtet. Die Kettenkomponente weist ein Substrat auf Stahlbasis sowie eine Hartstoffschicht an einer Außenseite des Substrates auf. Die Hartstoffschicht weist eine Grenzfläche zum Substrat und der Grenzfläche gegenüberliegend eine Außenfläche auf. Sie ist so ausgebildet, dass sie Metallnitride aufweist.

[0013] Durch CVD-Beschichtung (Chemical Vapour Deposition) wird eine harte Schicht auf dem Substrat aus hochkohlenstoffhaltigem Stahl abgeschieden, die eine große Abrieb- und Verschleißfestigkeit, eine große Härte und Temperaturbeständigkeit, eine geringe Reibung sowie gute chemische Eigenschaften und eine geringe Haftneigung aufweist. Neben der Verbesserung der Verschleißbeständigkeit erhöht die Hartstoffschicht auch die Korrosionsbeständigkeit. Dabei können kohlenstoffhaltige Stähle als Substrat geeignet sein, da diese Stähle eine ausreichende Festigkeit und Anlassbeständigkeit aufweisen. Die Hartstoffschicht kann sowohl aus metallischen als auch aus nichtmetallischen Hartstoffen bestehen. Als metallische Hartstoffe kommen alle Karbide, Nitride, Karbonitride, Boride und Silzide der Übergangsmetalle, z.B. Chrom, Wolfram, Zirkonium, Titan in Frage. Als nichtmetallische Hartstoffe sind z.B. Diamant und DLC (Diamond Like Carbon) sowie Korund, Borkabid, kubisches Bornitrid, Siliziumcarbid oder Aluminiumnitrid geeignet. Für die direkte Beschichtung der Oberflächen von Substraten aus hochkohlenstoffhaltigem Stahl haben sich im Besonderen metallische Nitridbildner, insbesondere Chromnitrid (CrN), als geeignet herausgestellt. Im Vergleich zu anderen metallischen und nichtmetallischen Hartstoffen ist Chromnitrid verfügbar und preiswert. Außerdem lässt sich Chromnitrid einfach in einer CVD-Beschichtungsanlage herstellen und erzeugt bei einer guten Haftung auf dem Substrat eine dünne Hartstoffschicht mit einer Schichtdicke von 1 bis 5 µm mit hoher Verschleißbeständigkeit. Das CVD-Verfahren bietet Vorteile gegenüber dem aus dem Stand der Technik bekannten PVD-Verfahren zur Erzeugung einer Hartstoffschicht. Das CVD-Verfahren ist gegenüber dem PVD-Verfahren schüttguttauglich und bietet wirtschaftliche Vorteile hinsichtlich Anlagentechnik, Bedienung und Prozesstechnik: Das zu beschichtende Substrat wird z.B. in einer Drehtrommel mit dem stickstoffhaltigen Pulver vermengt. Der Beschichtungsprozess erfolgt in mehreren Stunden bei einer bestimmten Prozesstemperatur, ca. 700 bis 1200 °C. Alle erreichbaren Flächen des Substrates werden gleichmäßig beschichtet, auch enge Bohrungen. Am Ende des Beschichtungsprozesses wird das beschichtete Substrat abgekühlt. Beim PVD-Verfahren sind Substrat und das abzuscheidende Material nachteilig räumlich getrennt. Die Beschichtung erfolgt durch Verdampfen des abzuscheidenden Materials bei Arbeitsdrücken von 10^{-4} bis 10 Pa.

[0014] Die Hartstoffschicht ist so ausgeführt, dass sie im Wesentlichen aus CrN besteht. Durch die Verwendung von kohlenstoffhaltigen Stählen als Substrat diffundiert bei den hohen Prozesstemperaturen der Kohlenstoff aus dem Stahl in die Hartstoffschicht und bildet dort Verbindungen von Metallen und Kohlenstoff, sog. Metallkarbide. Als Metalle liegen in der Hartstoff-Schicht im Wesentlichen Chrom (Cr), das aus dem stickstoffhaltigen Pulver stammt, und Ei-

sen (Fe) aus dem Substrat oder dem stickstoffhaltigen Pulver vor. Der Gehalt der Metallkarbide wurde durch die Methode der Glimmentladungsspektroskopie (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy, GD-OES) ermittelt. Vorteilhafterweise ist die Hartstoffschicht derart ausgebildet, dass der Metallkarbid-Gehalt an der Außenseite der Hartstoffschicht geringer ist als an der Innenseite. Dadurch wird die Verschleißbeständigkeit der erfindungsgemäßen Kettenkomponente deutlich erhöht.

[0015] Weiterführende Ausbildungen der Erfindung zur Kettenkomponente mit einer Hartstoffschicht sind in den Unteransprüchen 2 bis 15 dargelegt.

[0016] In einer weiteren Gestaltung der Erfindung steigt in der Hartstoffschicht der Metallkarbid-Gehalt in einem Bereich nahe zum Substrat in Richtung zur Außenseite der Hartstoffschicht an. Durch Diffusion des Kohlenstoffs an die Oberfläche des aus kohlenstoffhaltigem Stahl bestehenden Substrates reichert sich an der Oberfläche des Substrates Kohlenstoff an. Der Metallkarbid-Gehalt der Hartstoffschicht steigt daher nahe der Oberfläche des Substrates.

[0017] In einer weiteren Ausführung der Erfindung weist in der Hartstoffschicht der Metallkarbid-Gehalt ein Maximum auf. Durch Diffusion des Kohlenstoffs an die Oberfläche des aus kohlenstoffhaltigem Stahl bestehenden Substrates reichert sich an der Oberfläche des Substrates Kohlenstoff an. Der Metallkarbid-Gehalt der Hartstoffschicht weist daher einen Maximalwert nahe der Oberfläche des Substrates auf.

[0018] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung ist der Abstand des Maximums des Metallkarbid-Gehaltes in der Hartstoffschicht zur Außenseite der Hartstoffschicht kleiner als der Abstand des Maximums des Metallkarbid-Gehaltes in der Hartstoffschicht zur Grenze zwischen Hartstoffschicht und Substrat. Durch Diffusion des Kohlenstoffs an die Oberfläche des aus kohlenstoffhaltigem Stahl bestehenden Substrates reichert sich an der Oberfläche des Substrates Kohlenstoff an. Der Maximalwert des Metallkarbid-Gehaltes in der Hartstoffschicht befindet sich daher nahe dem Substrat.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Betrag der Steigung des Metallkarbid-Gehaltes in der Hartstoffschicht in einem Bereich nahe zum Substrat höher als der Betrag der Steigung in einem Bereich des abnehmenden Metallkarbid-Gehaltes. Der Metallkarbid-Gehalt steigt in einem Bereich nahe des Substrates steil an. Dadurch wird ein Großteil des in der Hartstoffschicht verfügbaren Kohlenstoffs in einer großen Tiefe der Hartstoffschicht gebunden.

[0020] In einem weiteren Aspekt der Erfindung steigt die Massekonzentration von Stickstoff (N) in der Hart-

stoffschicht in Richtung der Außenseite der Hartstoffschicht an. Die Außenseite der Hartstoffschicht weist also einen höheren Anteil an Metallnitrid auf als tiefere Bereiche. Dadurch wird die Verschleißbeständigkeit der erfindungsgemäßen Kettenkomponente deutlich erhöht.

[0021] In einer weiteren Gestaltung der Erfindung ist die Steigung des Metallnitrid-Gehaltes in der Hartstoffschicht in einem Bereich nahe zum Substrat höher als die Steigung des Metallnitrid-Gehaltes in einem Bereich nahe der Außenseite der Hartstoffschicht. Der Metallnitrid-Gehalt der Hartstoffschicht weist daher einen Maximalwert nahe der Oberfläche des Substrates auf.

[0022] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung ist der mittlere Metallnitrid-Gehalt in der Hartstoffschicht größer als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht. Zur Ausbildung einer möglichst homogenen Hartstoffschicht kann der Metallnitrid-Gehalt vorteilhafterweise durch geeignete Prozessparameter erhöht werden, z.B. durch Nitrierung des Substrates oder/und durch Verwendung eines stickstoffhaltigen Pulvers.

[0023] In einer weiteren Ausführung der Erfindung ist der mittlere Metallnitrid-Gehalt in der Hartstoffschicht um Faktor 2, bevorzugt um Faktor 3 und besonders bevorzugt um Faktor 4 größer als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht. Diese Ausführung stellt sicher, dass die Hartstoffschicht zu einem großen Anteil aus Metallnitrid aufgebaut wird.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der mittlere Metallnitrid-Gehalt im oberflächennahen Bereich der Hartstoffschicht in jeder Tiefe größer als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht. In größeren Tiefen der Hartstoffschicht nahe dem Substrat reichert sich Kohlenstoff des aus kohlenstoffhaltigem Stahl bestehenden Substrates an. Diese Kohlenstoffanreicherung führt zur Bildung von Metallkarbiden. Der oberflächennahe Bereich umfasst eine Tiefe bis 50% der Schichtdicke, bevorzugt 65% der Schichtdicke und besonders bevorzugt bis 80% der Schichtdicke.

[0025] In einer weiteren Ausbildung der Erfindung ist die mittlere Massekonzentration von Chrom (Cr) in der Hartstoffschicht größer als die mittlere Massekonzentration von Eisen (Fe) in der Hartstoffschicht. Cr wird durch den Beschichtungsprozess in die Hartstoffschicht vorwiegend eingebaut, z.B. durch ein Cr, Fe- haltiges Pulver während des CVD-Prozesses.

[0026] In einer weiteren Gestaltung der Erfindung ist die mittlere Cr- Massekonzentration in der Hartstoffschicht um einen Faktor von 2, bevorzugt um einen Faktor von 4 und besonders bevorzugt um einen Faktor von 6 größer als die mittlere Fe- Massekonzentra-

tion in der Hartstoffschicht. Um die Hafteigenschaften der Hartstoffschicht auf dem Substrat zu verbessern, genügen geringe Mengen Fe in der Hartstoffschicht.

[0027] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die mittlere Cr- Massekonzentration im oberflächennahen Bereich der Hartstoffschicht in jeder Tiefe größer als die mittlere Fe-Massekonzentration in der Hartstoffschicht. In größeren Tiefen der Hartstoffschicht nahe dem Substrat reichert sich Fe des aus Stahl bestehenden Substrates an. Der oberflächennahe Bereich umfasst eine Tiefe bis 50% der Schichtdicke, bevorzugt 65% der Schichtdicke und besonders bevorzugt bis 80% der Schichtdicke.

[0028] Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Kettenkomponenten mit einer Hartstoffschicht und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Zeichnungen schematisch vereinfacht dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 Aufbau einer Kette zur Verwendung in Kettenantrieben

Fig. 2 Querschnitt eine Hartstoffschicht auf einem Bolzen

Fig. 3 Tiefenprofilanalyse der Probe 1 für die Elemente Fe, Cr, N und C

Fig. 4 Tiefenprofilanalyse der Probe 2 für die Elemente Fe, Cr, N und C

[0030] **Fig. 1** zeigt zwei Kettenglieder einer Kette 10, die z.B. in Kettenantrieben eingesetzt werden kann. Die Kette 10 ist als Hülsenkette ausgeführt, mit jeweils über ein Kettengelenk verbundenen Innenkettengliedern und Außenkettengliedern. Das Innenkettenglied besteht hierbei aus jeweils zwei parallel verlaufenden Innenlaschen 13 und zwei die Innenlaschen 13 miteinander verbindenden Hülsen 12, wobei die Hülsen 12 senkrecht zu den Innenlaschen 13 stehen.

[0031] Die Außenkettenglieder 14 bestehen aus zwei parallel verlaufenden Außenlaschen 14, die mit zwei Bolzen 11 miteinander verbunden sind, wobei die Bolzen 11 drehbar in den Hülsen 12 der Innenkettenglieder 13 gelagert sind. Das Außenkettenglied 14 ist durch den Bolzen 11 drehbar an einem angrenzenden Innenkettenglied 13 befestigt und verbindet durch die Außenlaschen 14 das Innenkettenglied 13 mit einem zweiten Innenkettenglied 13, wobei die Außenlaschen 14 parallel zu den Innenlaschen 13 verlaufen. Die Bolzen 11 des Außenkettenglieds 14 sind in den Hülsen 12 des Innenkettenglieds 13 drehbar gelagert, wodurch die Verbindung jeweils ein Kettengelenk der Kette 10 bildet. Die Bolzen 11 der Kette 10 bestehen vollständig aus einem kohlenstoffhalti-

gen Stahl, wobei die Gelenkfläche des Bolzens **11** mit einer in einem CVD-Verfahren aufgetragenen CrN-Hartstoffschicht versehen ist. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Hülse **12** aus einem kohlenstoffhaltigen Material hergestellt sein und auf ihrer Gelenkfläche bzw. der Lagerfläche mit einer CVD-Hartstoffschicht versehen sein.

[0032] Fig. 2a zeigt schematisch im Querschnitt eine Hartstoffschicht **6** auf einem Bolzen **11** auf Stahlbasis. Die Hartstoffschicht **6** ist so ausgeführt, dass sie im Wesentlichen Metallnitride aufweist. Durch die Verwendung von kohlenstoffhaltigen Stählen als Substrat **11** diffundiert bei den hohen Prozesstemperaturen der Kohlenstoff aus dem Stahl in die Hartstoffschicht **6** und bildet dort Metallkarbide. Nitride, insbesondere Chromnitrid, weisen jedoch eine deutlich bessere Verschleißfestigkeit als Carbide auf. Die Hartstoffschicht **6** ist derart ausgebildet, dass der Metallkarbid-Gehalt an der Außenseite der Hartstoffschicht **6** geringer ist als an der Innenseite. Als Metalle liegen in der Hartstoffschicht **6** im Wesentlichen Chrom (Cr) und Eisen (Fe) vor. Cr und N wird durch den Beschichtungsprozess in die Hartstoffschicht **6** bevorzugt eingebaut, die Hartstoffschicht **6** weist daher vorwiegend Chromnitrid auf.

[0033] Eine Hartstoffschicht **6**, die eine Zwischenschicht **7** aufweist, zeigt schematisch Fig. 2b. Zur Verbesserung der Verschleißfestigkeit des Bolzens **11** ist der außen liegende Bereich der Hartstoffschicht **6** so ausgebildet, dass er im Wesentlichen Metallnitride aufweist. Die Metalle, Cr und Fe, stammen aus dem stickstoffhaltigen Pulver und werden während des Beschichtungsprozesses in die Hartstoffschicht **6** eingebaut. Die Zwischenschicht **7** weist im Wesentlichen Metallcarbide, CrC und FeC, auf.

[0034] Im Folgenden werden zwei Konzentrationsprofile von zwei unterschiedlichen erfindungsgemäßen Kettenkomponenten vorgestellt, die jeweils mit einer Hartstoffschicht durch CVD-Verfahren beschichtet wurden. Bei den Proben handelt es sich um Bolzen **11** aus Stahl 40CrMoV13-9. Die Schichten weisen im Wesentlichen Chromnitride und -carbide auf, die Schichtdicken liegen um 10 µm. Die Konzentrationsprofile der beiden Proben wurden über die Methode der Glimmentladungsspektroskopie (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy, GD-OES) ermittelt. Dabei werden in einem Gleichspannungsplasma die metallischen Proben als Kathode benutzt. Von der Oberfläche ausgehend, wird nach und nach durch Kathodenzerstäubung mit Argonionen die Probe schichtweise abgetragen. Die abgetragenen Atome gelangen durch Diffusion ins Plasma. Durch Stoßprozesse angeregt, emittieren diese Photonen mit charakteristischen Wellenlängen, welche mittels nachgeschaltetem Spektrometer aufgezeichnet und anschließend quantifiziert werden.

[0035] Fig. 3 zeigt das Konzentrationsprofil der Probe **1**. Die horizontale Achse gibt die Tiefe an, zur besseren Anschauung in logarithmischer Skalierung. Die vertikale Achse zeigt die Massekonzentration ebenfalls aus Gründen der Übersichtlichkeit in relativer Skalierung. 100 % auf der vertikalen Achse entsprechen einer Massekonzentration der Elemente Fe und Cr von 100 %, von N 20 % sowie von C 5 %. Während der Stickstoff im Wesentlichen in Form von Metallnitriden vorliegt, liegt der Kohlenstoff im Wesentlichen in Form von Metall-Karbiden vor.

[0036] Die Fe- Massenkonzentration liegt im Bereich von 0 bis 7,5 µm konstant nahe 0 %. Ab 8 µm steigt die Fe- Massenkonzentration auf 5 %. Im Bereich tiefer 10 µm steigt die Fe-Massenkonzentration stark auf 90 % an bis 27 µm. Ab einer Tiefe größer 27 µm steigt die Fe- Massenkonzentration konstant mit geringer Steigung auf 92 % bei 50 µm. Demzufolge liegen in der Hartstoffschicht kaum Fe-haltige Karbide oder Nitride vor.

[0037] Die Cr- Massekonzentration steigt im Bereich von 0 bis 7,5 µm konstant von 86 % bei 0 µm auf 88 % bei 7,5 µm. Ab einer Tiefe von 7,5 µm sinkt die Cr-Massekonzentration bis 25 µm stark auf einen Wert von 10 %. Die Verläufe der Cr- Massekonzentration ist der Fe-Massenkonzentration sind gegenläufig und bestätigen die Schichtdicke der Hartstoffschicht **6** von 10 µm. Ab einer Tiefe von 25 µm sinkt die Cr- Massekonzentration auf einen Wert von 5 % bei einer Tiefe von 50 µm. Die deutlich höheren Werte der Cr-Massenkonzentration zeigen, dass in der Hartstoffschicht im Wesentlichen Cr-haltige Karbide und Nitride vorliegen.

[0038] Die N- Massekonzentration weist bei 0 µm einen Wert von 10,8 % auf und sinkt auf einen Wert von 6 % bei 7,5 µm. Die Abnahme der Massekonzentration ist nicht konstant, in einer Tiefe von 2,5 µm ist eine Erhöhung der N- Massekonzentration auf 9,4 % zu erkennen. Ab einer Tiefe von 7,5 µm steigt die N-Massekonzentration stark auf einen Maximalwert von 15,6 % bei 10 µm. Ab einer Tiefe von 10 µm sinkt die N- Massekonzentration stark auf einen Wert von 2 % bei 25 µm. Dies zeigt, dass der Nitrid-Gehalt ausgehend vom Substrat in einem ersten Bereich zunächst steil ansteigt, in einem daran anschließenden zweiten Bereich wieder auf ein Niveau von ca. 30% des ersten Nitrid-Peaks abfällt. In einem dritten Bereich steigt der Nitrid-Gehalt dann bis zur Oberfläche der Hartstoffschicht kontinuierlich an.

[0039] Gemäß des Verlaufs der C- Massekonzentration weist der Karbid-Gehalt nahe der Oberfläche der Hartstoffschicht bei 0 µm einen sehr kleinen Wert auf und steigt in einer flachen Steigung auf das Doppelte bei 2,5 µm an. Ab einer Tiefe von 2,5 µm steigt der C-Gehalt dann stark auf einen Maximalwert von ca. dem 4-fachen des Wertes an der Oberfläche der

Hartstoffschicht bei 7,5 µm an. In einem dritten Bereich ab einer Tiefe von 7,5 µm sinkt der Karbid-Gehalt dann wieder sehr stark ab und erreicht bei 25 µm auf einen Wert von unterhalb des Wertes an der Hartstoffschichtoberfläche.

[0040] In einem Bereich in der Hartstoffschicht nahe der Oberfläche der Hartstoffschicht sinkt der Nitrid-Gehalt kontinuierlich bis zu einer Tiefe von 7,5 µm ab, während im gleichen Bereich der Karbid-Gehalt kontinuierlich ansteigt. Die Hartstoffschicht **6** weist also an ihrer Oberfläche im Wesentlichen CrN auf, in einer Tiefe von 7,5 µm ist der CrC-Gehalt während der CrN-Gehalt an gleicher Position ein Minimum aufweist.

[0041] Fig. 4 zeigt das Konzentrationsprofil der Probe **2**, in der eine Zwischenschicht bestehend im Wesentlichen aus CrC in die Hartstoffschicht eingebaut wurde. Wie in Fig. 3, gibt die horizontale Achse die Tiefe an, ebenfalls in logarithmischer Skalierung. Die vertikale Achse zeigt die Massekonzentration in relativer Skalierung. 100 % auf der vertikalen Achse entsprechen einer Massekonzentration der Elemente Fe und Cr von 100 %, von N 20 % sowie von C 5 %.

[0042] Die Fe- Massenkonzentration liegt im Bereich von 0 bis 3 µm konstant nahe 0 %. Ab 3 µm steigt die Fe- Massenkonzentration auf 5 %. Im Bereich tiefer 8 µm steigt die Fe-Massenkonzentration stark auf 88 % an bis 27 µm. Ab einer Tiefe größer 27 µm steigt die Fe- Massenkonzentration konstant mit geringer Steigung auf 90 % bei 50 µm. Demnach enthält weder die Hartstoffschicht noch die Zwischenschicht wesentliche Anteile von Fe-Karbid oder Fe-Nitrid.

[0043] Die Cr- Massekonzentration liegt in einer Tiefe von 0 µm bei 81%, um in einer Tiefe von 2 µm auf einen Wert von 78 % leicht zu sinken. Ab einer Tiefe von 2 µm steigt die Cr-Massekonzentration auf den Maximalwert von 85 % in einer Tiefe von 3 µm. Die Cr-Massekonzentration sinkt ab einer Tiefe von 3 µm auf einen Wert von 75 % in einer Tiefe von 8 µm. Die Schwankungen in diesem Bereich der Hartstoffschicht liegen allerdings im Bereich der Messtoleranz, sodass hier von einer nahezu konstanten Cr-Massenkonzentration ausgegangen werden kann. Ab einer Tiefe von 8 µm sinkt die Cr-Massekonzentration bis 25 µm stark auf einen Wert von 5 %. Die Hartstoffschicht weist also eine Schichtdicke von mindestens 8 µm auf.

[0044] Die N- Massekonzentration weist bei 0 µm einen Wert von 9,8 % auf, in einer Tiefe von 2 µm liegt die N- Massekonzentration mit 9,4 % bei einem nahezu identischen Wert. Ab einer Tiefe von 2 µm sinkt die N- Massekonzentration auf einen Wert von 4,4 % in einer Tiefe von 4 µm. Dann steigt die N- Massekonzentration stark auf den Maximalwert von 17,6 % in einer Tiefe von 8 µm. Ab einer Tiefe von 8 µm sinkt die N- Massekonzentration stark auf einen Wert von

2 % bei 25 µm. Der Nitrid-Gehalt ist demnach bis zu einer Tiefe von ca. 2 µm nahezu konstant und sinkt dann bis zu einer Tiefe von ca. 4 µm auf etwa die Hälfte des Nitrid-Gehalts an der Oberfläche ab. Von dort steigt der Nitrid-Gehalt auf seinen Höchstwert in der Hartstoffschicht bei einer Tiefe von ca. 8 µm an und sinkt von dort auf einen Wert von nahezu 0 in einer Tiefe von 25 µm ab.

[0045] Die C- Massekonzentration weist bei 0 µm einen Wert von 2,5 % auf und steigt auf einen Wert von 2,6 % bei 2 µm. Ab einer Tiefe von 2 µm steigt die C-Massekonzentration stark auf einen Maximalwert von 3,75 % bei 4 µm. Ab einer Tiefe von 4 µm sinkt die C-Massekonzentration stark auf einen Wert von 0,35 % bei 15 µm. Der Karbid-Gehalt ist demnach bis zu einer Tiefe von ca. 2 µm nahezu konstant und steigt dann bis zu einer Tiefe von ca. 4 µm auf etwa das Doppelte des Karbid-Gehalts an der Oberfläche an. Von dort sinkt der Karbid-Gehalt auf einen Wert von nahezu 0 in einer Tiefe von 15 µm ab.

[0046] Die N- Massekonzentration sinkt von 9,8 % an der Oberfläche der Hartstoffschicht **6** auf 4,4 % in einer Tiefe von 4 µm, im gleichen Bereich ändert sich die C- Massekonzentration von 2,5 % an der Oberfläche der Hartstoffschicht **6** auf ihren Maximalwert von 3,75 % bei 4 µm. In der Tiefe der Hartstoffschicht **6** von 4 µm weist die N- Massekonzentration ein relatives Minimum, die C- Massekonzentration ihr Maximum auf, gleichzeitig liegt die Cr-Massenkonzentration in dieser Tiefe von 4 µm bei 85 %. In dieser Tiefe liegen also Metallnitride und -carbide, hier CrN und CrC, als Zwischenschicht **7** in etwa gleicher Massenkonzentration vor.

[0047] In einem Tiefenbereich von 4 bis 8 µm weisen die N- Massekonzentration und C-Massekonzentration bzw. der Nitrid-Gehalt und der Karbid-Gehalt einen gegenläufigen Gradienten auf, die Massenkonzentration von CrN steigt also wieder in größerer Tiefe der Hartstoffschicht **6**.

Bezugszeichenliste

1	Trennmittel
2	Aktivator
3	Metall
4	Metallnitrid
5	Bulkmaterial
6	Hartstoffschicht
7	Zwischenschicht
10	Kette
11	Bolzen
12	Hülse

- 13** Innenlasche
- 14** Außenlasche
- M** Metall
- N** Stickstoff

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 102005047449 A1 [0003]
- DE 102006052869 A1 [0004]
- DE 102011006294 A1 [0005]
- DE 102013222244 A1 [0006]
- DE 102016215709 A1 [0007]
- WO 2014019699 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht, die aufweist:

- ein Substrat auf Stahlbasis
- eine Hartstoffschicht an einer Außenseite des Substrates auf Stahlbasis, wobei die Hartstoffschicht Metallnitride aufweist,
- Metallkarbide in der Hartstoffschicht
- Metallnitride in der Hartstoffschicht **dadurch gekennzeichnet**, dass der Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht in Richtung zur Außenseite der Hartstoffschicht abnimmt.

2. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht in einem Bereich nahe zum Substrat in Richtung zur Außenseite der Hartstoffschicht ansteigt.

3. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 1 oder 2 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht ein Maximum aufweist.

4. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 3 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand des Maximums des Metallkarbid-Gehalts in der Hartstoffschicht zur Außenseite der Hartstoffschicht kleiner ist als der Abstand des Maximums des Metallkarbid-Gehalts in der Hartstoffschicht zur Grenze zwischen Hartstoffschicht und Substrat.

5. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Betrag der Steigung des Metallkarbid-Gehalts in der Hartstoffschicht in einem Bereich nahe zum Substrat höher ist als der Betrag der Steigung in einem Bereich des abnehmenden Metallkarbid-Gehalts.

6. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass Metallnitrid-Gehalt in der Hartstoffschicht in Richtung der Außenseite der Hartstoffschicht ansteigt.

7. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steigung des Metallnitrid-Gehalts in der Hartstoffschicht in einem Bereich nahe zum Substrat höher ist die Steigung in einem Bereich nahe der Außenseite der Hartstoffschicht.

8. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 **dadurch gekennzeichnet**, dass der mittlere Metallnitrid-Gehalt in der Hartstoffschicht größer ist als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht.

9. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass der mittlere Metallnitrid-Gehalt in der Hartstoffschicht um Faktor 2, bevorzugt um Faktor 3 und besonders bevorzugt um Faktor 4 größer ist als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht.

10. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9 **dadurch gekennzeichnet**, dass der mittlere Metallkarbid-Gehalt in jeder Schichtlage im oberflächennahen Bereich der Hartstoffschicht kleiner als 20 Gew.-%, bevorzugt kleiner als 10 Gew.-% und besonders bevorzugt kleiner als 5 Gew.-% ist, wobei der oberflächennahe Bereich eine Dicke von 80% der Gesamtdicke der Hartstoffschicht, bevorzugt von 90% der Gesamtdicke der Hartstoffschicht und besonders bevorzugt von 95% der Gesamtdicke der Hartstoffschicht aufweist.

11. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere Cr- Massekonzentration in der Hartstoffschicht größer ist als die mittlere Fe- Massekonzentration in der Hartstoffschicht.

12. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere Cr- Massekonzentration in der Hartstoffschicht um einen Faktor von 2, bevorzugt um einen Faktor von 4 und besonders bevorzugt um einen Faktor von 6 größer ist als die mittlere Fe- Massekonzentration in der Hartstoffschicht.

13. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 **dadurch gekennzeichnet**, dass der mittlere Metallnitrid-Gehalt im oberflächennahen Bereich der Hartstoffschicht an jeder Stelle größer ist als der mittlere Metallkarbid-Gehalt in der Hartstoffschicht.

14. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere Cr- Massekonzentration im oberflächennahen Bereich der

Hartstoffschicht an jeder Stelle größer ist als die mittlere Fe- Massekonzentration in der Hartstoffschicht.

15. Kettenkomponente einer Kette zur Übertragung einer Kraft beschichtet mit einer Hartstoffschicht nach Anspruch 13 und/oder 14 **dadurch gekennzeichnet**, dass der oberflächennahe Bereich der Hartstoffschicht eine Dicke von 50% der Gesamtdicke der Hartstoffschicht, bevorzugt eine Dicke von 65% der Gesamtsicke der Hartstoffschicht und besonders bevorzugt eine Dicke von 80% der Gesamtdicke der Hartstoffschicht aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

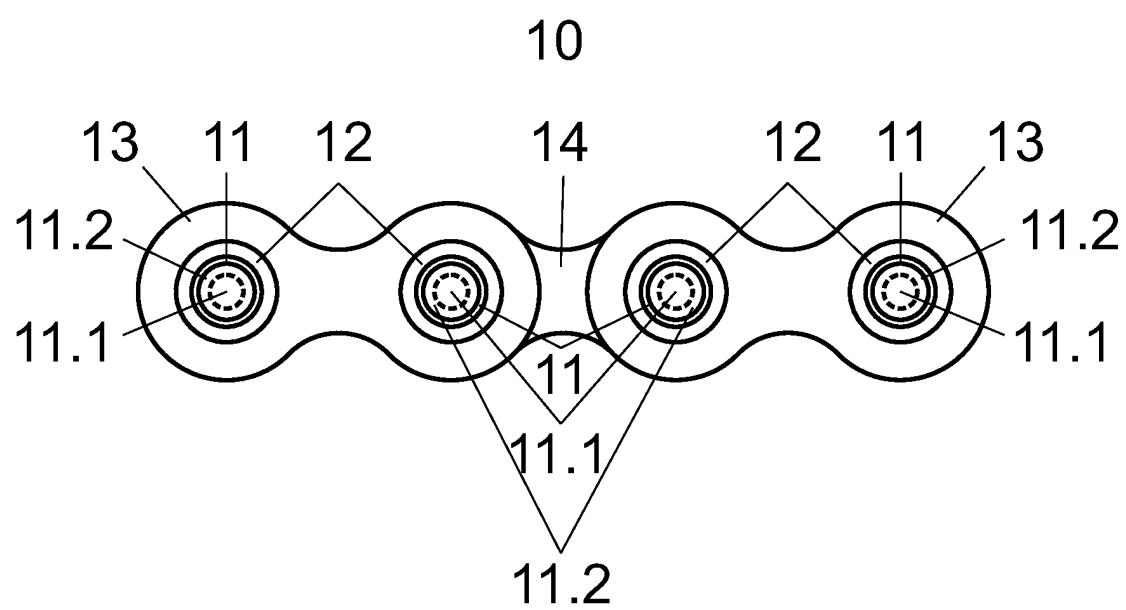


Fig. 1

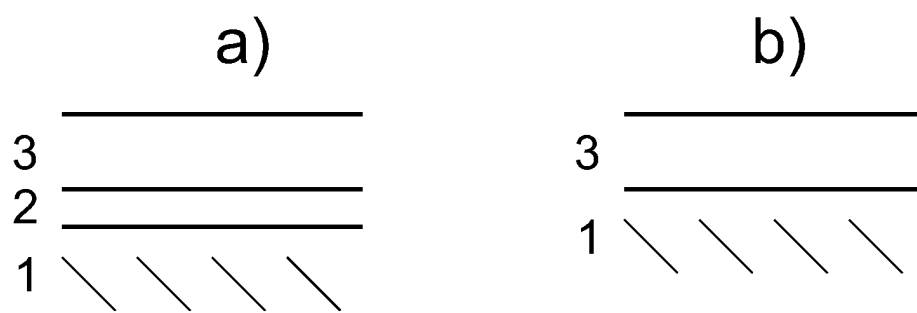


Fig. 2

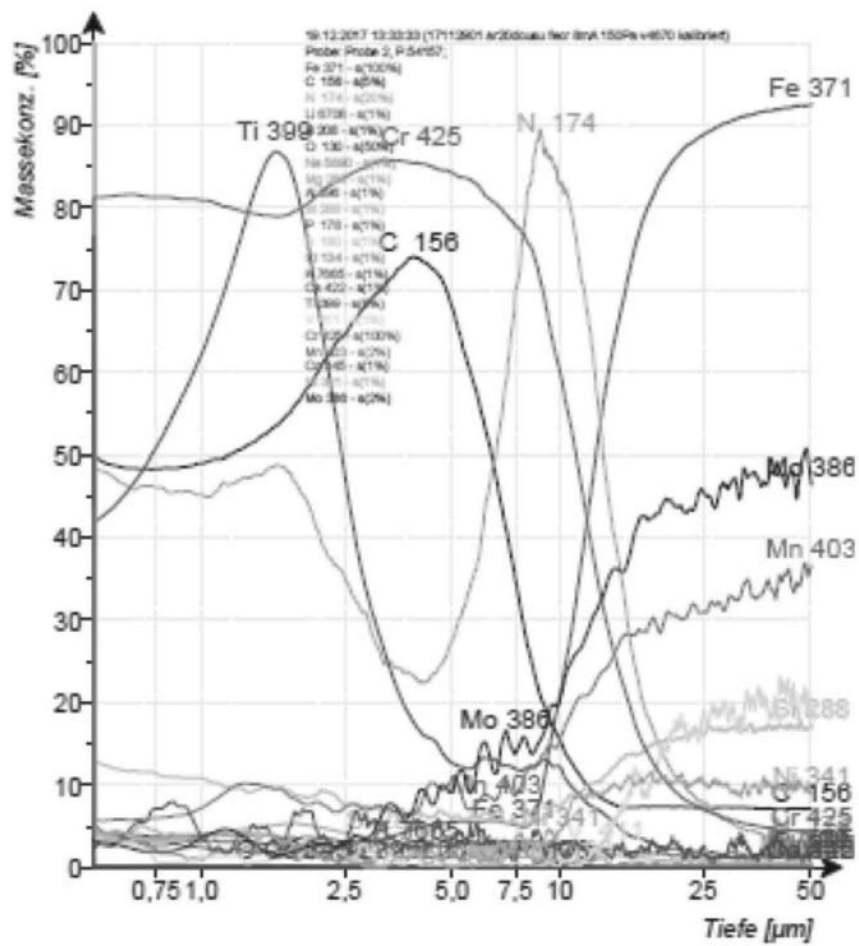


Fig. 3

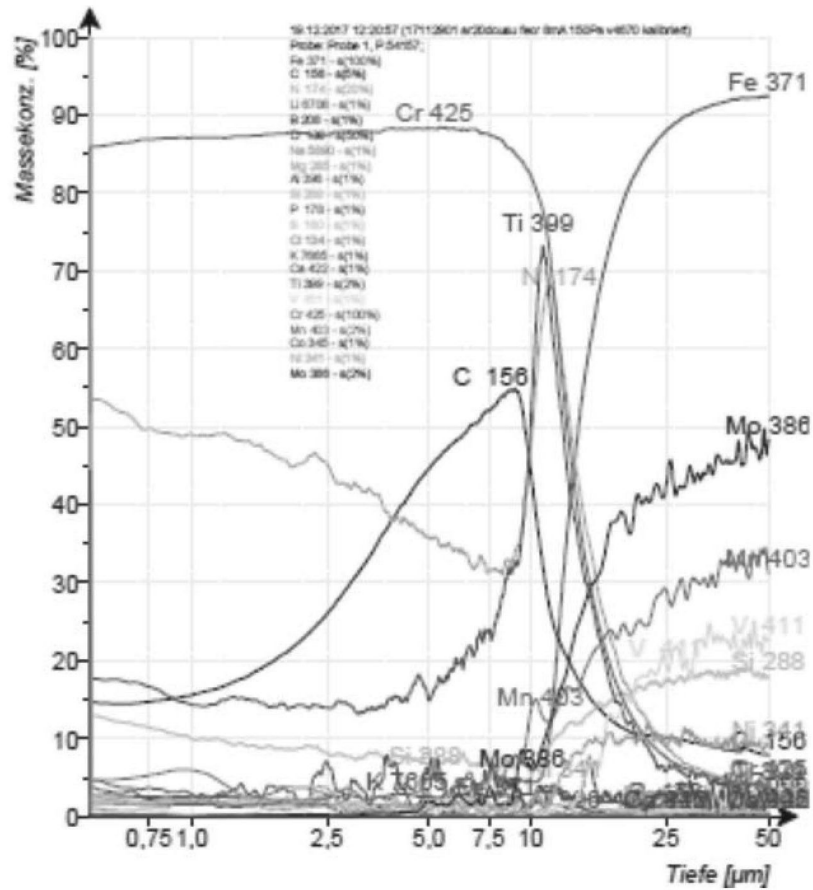


Fig. 4