



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 31 733 T2** 2006.06.22

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 972 090 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 31 733.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR98/00653**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 917 279.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/045495**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **15.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **28.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C22C 38/18** (2006.01)  
**F16C 33/62** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**9704092 04.04.1997 FR**

(73) Patentinhaber:

**Ascométal, Puteaux, FR; SNR Roulements,  
Annecy, FR; VALTI - S.A. pour la Fabrication de  
Tubes Roulements, Montbard, FR**

(74) Vertreter:

**Viering, Jentschura & Partner, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**BELLUS, Jacques, F-57160 Scy-Chazelles, FR;  
BAUDRY, Gilles, F-57050 Ban Saint Martin, FR;  
DUDRAGNE, Gilles, F-74540 Alby sur Cheran, FR;  
GIRODIN, Daniel, F-74150 Marcellaz Albanaïs, FR;  
JACOB, Gerard, F-21500 Montbard, FR; VINCENT,  
Alain, F-69800 Manissieux Saint Priest, FR;  
LORMAND, Gerard, F-69100 Villeurbanne, FR**

(54) Bezeichnung: **STAHL UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON LAGERTEILE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung eines Lagerteils und insbesondere eines Kugel-, Nadel- oder Rollenlagerrings.

**[0002]** Die Lagerteile wie etwa Ringe, Kugeln, Nadeln oder Rollen werden im allgemeinen aus Stahl des Typs 100Cr6 oder 100CrMn6 hergestellt, der 0,6 bis 1,5% Kohlenstoff, 1,3 bis 1,6% Chrom, 0,3 bis 1% Mangan und weniger als 0,4% Silizium enthält und eine sehr gute Einschlusreinheit aufweist. Der Stahl wird in Form von Walzstäben, nahtlosen Rohren oder Draht verwendet, von denen Stücke abgeschnitten werden, die durch Kalt- oder Warmumformung verformt werden und dann vor dem Verarbeiten einer Härtung und einem Anlassen unterzogen werden. Die so erhaltenen Teile weisen eine hohe Härte und Zähigkeit auf, die erforderlich ist, um sie zumindest unter üblichen Gebrauchsbedingungen, insbesondere bei Betriebstemperaturen unter 150°C, der Wälzermüdung widerstehen zu lassen. Dennoch weisen die sich so zusammensetzenden Teile eine ungenügende Wälzermüdungsfestigkeit bei schärferen Betriebsbedingungen auf, die dazu neigen, sich zu verbreiten. Diese schärferen Betriebsbedingungen sind insbesondere durch eine Betriebstemperatur über 150°C, die 350°C erreichen kann und/oder durch das Vorliegen des Phänomens einer Schädigung der Lagerflächen durch Eindrücke gekennzeichnet. Dieses Phänomen besteht aus dem Auslösen von Rissen an der Oberfläche, das durch die Eindrücke, das heißt Verformungen, die durch im Schmiermittel vorhandene harte Teilchen verursacht wurden, herbeigeführt wird.

**[0003]** Zum Begrenzen der Eindruckwirkung ist vorgeschlagen worden, Materialien mit sehr hoher Härte wie etwa Keramikmaterialien oder Überzüge aus harten Materialien zu verwenden. Diese Technik weist jedoch den Nachteil auf, aufgrund der sehr hohen Zerbrechlichkeit dieser Materialien, eine Zerbrechlichkeit, die sie für den geringsten Fehler anfällig macht, wenig zuverlässig zu sein.

**[0004]** Es ist auch zum Beispiel im Patent US-5 030 017 vorgeschlagen worden, einen insbesondere 0,3% bis 0,6% Kohlenstoff, 3% bis 14% Chrom, 0,4% bis 2% Molybdän, 0,3% bis 1% Vanadium und weniger als 2% Mangan enthaltenden Stahl zu verwenden. Die Teile werden in der Umgebung der Lagersoberfläche so einsatzgehärtet oder karbonitriert, daß eine Summe der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte zwischen 0,03% und 1% erhalten wird, dann gehärtet, damit ihre mikrokristalline Struktur 20% bis 50% (als Vol.-%) Restaustenit in einer Oberflächenschicht umfaßt, die 10 Vol.-% bis 25 Vol.-% des Teils darstellt. Diese Technik weist den zweifachen Nachteil auf, den Einsatz eines stark mit Legierungsmetallen versetzten und folglich teuren Stahls und die Durchführung einer Einsatzhärtungs- und Karbonitrierungsbehandlung, einer langen und teuren Behandlung zu erfordern.

**[0005]** In der deutschen Patentanmeldung DE 195 24 957 ist ferner das Verwenden eines Stahls vorgeschlagen worden, der 0,9% bis 1,3% Kohlenstoff, 0,6% bis 1,2% Silizium, 1,1% bis 1,6% Mangan und 1,3% bis 1,7% Chrom enthält, wobei der Rest Eisen und aus der Herstellung herrührende Verunreinigungen ist und die Struktur dieses Stahls 7% bis 25% Restaustenit enthält. Dieser Stahl weist dagegen aufgrund seiner chemischen Struktur keine Gießbarkeitsgarantie, Eignung zur Kaltumformung sowie Gehalt und Stabilität des Restaustenits auf. Der angegebene und zum Verbessern der Eindruckermüdungsfestigkeit notwendige Restaustenitgehalt erfordert außerdem bei diesem Stahl das Durchführen einer wenig bequemen Wärmebehandlung an den Lagern, die einen Schritt des Haltens bei ungefähr 100°C während mehr als 10 Stunden zwischen dem Härten und Anlassen ohne Rückkehr auf Raumtemperatur nach dem Härten oder vor dem Anlassen umfaßt. Außerdem ist in Gegenwart mehrachsiger Beanspruchungen unterhalb der zyklischen Streckgrenze sein Austenit nur bei thermischer Belastung unter 120°C mehr als 2000 Stunden stabil, was für einige Anwendungen zu gering ist.

**[0006]** Zum Verbessern der Ermüdungsfestigkeit von Lagerstählen wurde insbesondere im Patent GB-A-1 439 072 das Ausführen einer Wärmebehandlung, die aus einer Austenitisierung, gefolgt von einer raschen Abkühlung auf eine Temperatur zwischen 480°C und 725°C vorgeschlagen, gefolgt von einem langen Halten bei dieser Temperatur, um eine perlitische Umwandlung zu veranlassen und dann einem raschen Wiedererhitzen bis auf eine Austenitisierungstemperatur und schließlich einem Härten. Diese Behandlung wird insbesondere auf einen 0,8% bis 1% Kohlenstoff, 0,5 bis 0,8% Silizium, 1,4 bis 1,7% Mangan und 1,4 bis 1,8% Chrom enthaltenden Stahl angewendet.

**[0007]** In der JP-A-4 362 123 wurde ferner ein Stahl für Lager, der 0,40 bis 0,80 Gew.-% C, 0,01 bis 2,00 Gew.-% Si, 0,20 bis 2,00 Gew.-% Mn und mindestens eines von Cr ( $\leq 0,80$  Gew.-%) und Mo ( $\leq 1,00$  Gew.-%) enthält und eine Wärmebehandlung zum Verbessern der Ermüdungsfestigkeit dieses Stahls vorgeschlagen.

**[0008]** Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist diesen Nachteilen abzuhelpfen, indem ein Mittel zum Herstellen auf wirtschaftliche Weise und insbesondere mit Hilfe einer vergleichsweise standardmäßigen Wärmebehandlung eines Lagerteils vorgeschlagen wird, das insbesondere bei oder gelegentlicher Verwendung über 300°C eindruckbeständig und wenig zerbrechlich ist.

**[0009]** Daher hat die Erfindung einen Stahl zur Herstellung eines Lagerteils mit einer chemischen Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 zum Gegenstand.

**[0010]** Bevorzugt ist die chemische Zusammensetzung des Stahls einzeln oder noch besser gleichzeitig einerseits:

$0,8\% \leq \text{Mn} \leq 1,2\%$

$\text{Si} \leq 1,7\%$

und andererseits:

$0,9\% \leq \text{C} \leq 1,1\%$

$1,3\% \leq \text{Cr} \leq 1,6\%$

**[0011]** Der Siliziumgehalt ist über 1,2%. Die Erfinder haben nämlich unerwarteterweise festgestellt, daß wenn gleichzeitig der Siliziumgehalt über 1,2% ist und der Mangangehalt unter 1,5%, bevorzugt unter 1,2%, aber über 0,8% ist, die Stabilität des Austenits sehr deutlich verbessert ist.

**[0012]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Lagerteils, wonach

- man ein Halbzeug aus erfindungsgemäßen Stahl bereitstellt,
- man das Halbzeug durch Kaltumformung unter Erhalten eines Rohlings und insbesondere eines nahtlosen Rohrrohling verformt,
- man an dem Rohling eine Körnungsbehandlung, die aus dem Erhitzen auf eine Temperatur zwischen 750°C und 850°C, gefolgt von einem Abkühlen auf 650°C besteht, dessen Höchstgeschwindigkeit 10°C/Stunde ist, um eine Struktur mit einer Härte von unter 270 HV zu erhalten, die eine feine Carbiddispersion umfaßt und gegebenenfalls eine Verformung durch Kaltumformung, zum Beispiel ein Kaltwalzen oder ein Kaltziehen unter Erhalten eines Produkts ausführt,
- man das Produkt zum Erhalt eines Abschnitts zerschneidet, den man durch Kalt- oder Warmverformung oder durch maschinelle Bearbeitung verformt, um einen Lagerteilrohling zu erhalten
- und man an dem Lagerteilrohling eine Wärmebehandlung der Härtung durch Abkühlen zum Beispiel mit Öl nach der Austenitisierung zwischen 800°C und 950°C und eine thermische Anlaßbehandlung zwischen 100°C und 400°C und bevorzugt unter 250°C so ausführt, daß ein Lagerteil erhalten wird, das eine Struktur aufweist, deren Härte zwischen 58 HRC und 67 HRC beträgt und die sich aus Restkarbiden, Martensit und 5% bis 30% Restaustenit zusammensetzt.

**[0013]** Die Erfindung betrifft schließlich einerseits ein nahtloses Rohr aus erfindungsgemäßigem Stahl und andererseits ein Lagerteil aus erfindungsgemäßigem Stahl, der eine Struktur aufweist, die sich aus Restkarbiden, Martensit und 5% bis 30% Restaustenit zusammensetzt, der bis mindestens 400°C wärmestabil ist.

**[0014]** Die Erfindung wird nun genauer, aber nicht einschränkend beschrieben und wird durch Beispiele veranschaulicht.

**[0015]** Zum Herstellen eines Lagerteils wie etwa etwas Lagerrings- oder -körpers mit einer guten Eindruckfestigkeit zum Beispiel aus einem nahtlosen Rohr wird ein Stahl verwendet, dessen chemische Zusammensetzung in Gewicht

- mehr als 0,6% und bevorzugt mehr als 0,9% Kohlenstoff zum Erhalt einer ausreichenden Härte und eines ausreichenden Restaustenitgehalts, aber weniger als 1,5% und bevorzugt weniger als 1,1% zum Vermeiden der Bildung zu bedeutender Seigerungen und zum Einschränken der Bildung primärer Carbide,
- mehr als 1,2% Silizium, um so die Wärmestabilität des Restaustenits (zwischen etwa 170°C und 450°C und bevorzugt über 300°C) und die Härte zu erhöhen, aber weniger als 2,5% und bevorzugt weniger als 1,7%, denn wenn der Gehalt an Silizium zu hoch ist, wird der Stahl zu brüchig, insbesondere um durch Umformung verformt werden zu können,
- mehr als 0,4% Mangan und bevorzugt mehr als 0,8% zum Erhalt einer gehärteten Struktur mit einem Re-

staustenitgehalt über 5% und bevorzugt über 15%; der Mangangehalt muß zum Erhalt einer guten Gießbarkeit, ohne die es schwierig wird, einen Stahl zu erhalten, der zum Aufweisen einer guten Ermüdungsfestigkeit ausreichend rein ist, so sein, daß  $M \leq 0,75 + 0,55 \times Si$  und zum Erlauben der Fertigstellungsarbeiten und Verformung durch Kaltumformung so sein, daß  $Mn \leq 2,5 - 0,8 \times Si$ ; aus diesen Beziehungen folgt, daß der Mangangehalt kleiner als 1,5% sein muß und es ist bevorzugt, daß er kleiner als 1,2% ist, – 0,2% bis 2% Chrom und bevorzugt 1,3% bis 1,6%, um so einerseits eine ausreichende Härbarkeit zu erhalten und andererseits gleichförmig verteilte Keime kugelförmiger Carbide mit einer Größe unter 2 µm und in ausreichender Menge zu bilden,

- weniger als 0,5% Nickel, ein Restelement, das nicht erforderlich ist, das aber eine vorteilhafte Wirkung auf die Härbarkeit aufweist,
- weniger als 0,2% Molybdän, ein Element, das das Enthärten beim Anlassen verlangsamt,
- zwischen 0% und 0,05% Aluminium und weniger als 0,04% Schwefel umfaßt,

wobei der Rest Eisen und aus der Herstellung herrührende Verunreinigungen ist.

**[0016]** Dieser Stahl wird zum Herstellen eines Halbzeugs, das, wenn das Herstellen eines Rings aus einem nahtlosen Rohr gewünscht wird, ein Röhrenrundstahl ist, vergossen und gegebenenfalls gewalzt.

**[0017]** Das Halbzeug wird danach zum Erhalt eines Rohlings durch Kaltumformung, zum Beispiel zum Erhalt eines nahtlosen Rohrs durch Kaltwalzen verformt.

**[0018]** Der Rohling wird anschließend einer Wärmekörnungsbehandlung unterzogen, die aus einem Erhitzen auf eine Temperatur zwischen 750°C und 850°C, gefolgt von einem Abkühlen auf 650°C besteht, dessen Höchstgeschwindigkeit 10°C/Stunde ist, um eine Struktur mit einer Härte von unter 270 HV zu erhalten, die eine feine Carbiddispersion umfaßt. Diese Wärmebehandlung ist notwendig, um dem Stahl eine gute Verformbarkeit durch Kaltumformung und eine gute maschinelle Bearbeitbarkeit zu verleihen, ein Verfahren, das zum Herstellen eines Produkts zum Beispiel durch Kaltwalzen oder Kaltziehen benützt wird. Dieses Produkt, das ein nahtloses Rohr sein kann, ist dadurch gekennzeichnet, daß es gut kalibriert ist. Es dient zum Herstellen von Rohlingen, zum Beispiel von Lagerringrohlingen.

**[0019]** Die Herstellung von Rohlingen, die durch Kalt- oder Warmumformung oder durch maschinelle Bearbeitung von dem Produkt abgeschnittener Teile erfolgt, wird durch eine Wärmebehandlung abgeschlossen, die aus einem Härten und einem Anlassen besteht. Man erhält auf diese Weise ein Lagerteil. Die Austenitisierungstemperatur vor der Härtung von über 800°C wird so eingestellt, daß nach der Härtung eine Struktur erhalten wird, die sich aus Martensit, 5% bis 30% Restaustenit und einem Gitter aus Restcarbiden zusammensetzt. Der Anteil an Restaustenit, dessen Gegenwart zum Erhalt einer guten Eindruckfestigkeit unerlässlich ist, hängt vom Wert des Ms-Punkts (Temperatur des Beginns der martensitischen Umwandlung) ab, der wiederum zugleich von der Stahlzusammensetzung und den Austenitisierungsbedingungen abhängt. Der Fachmann weiß diese Parameter zum Beispiel mit Hilfe dilatometrischer Versuche zu bestimmen. Das Anlassen, das genauer ein Entspannen ist, wird so durch Erwärmen über 100°C, um die Struktur zu stabilisieren, aber unter 400°C und bevorzugt unter 250°C durchgeführt, daß der Restaustenit nicht destabilisiert wird.

**[0020]** Als erstes Beispiel wurden 10 Laboratoriumsgießansätze, einer gemäß der Erfindung (A bezeichnet), ein weiterer außerhalb der durch die gewählte Zusammensetzung gesetzten Grenzen (B bezeichnet) und 8 als Vergleich (C, D, E, F, G, H, I und J bezeichnet) durchgeführt. Diese Gießansätze, denen man den Standard 100Cr6 zugefügt hatte und die im wesentlichen dazu bestimmt waren, die Wirkung der Legierungselemente auf die verschiedenen Eigenschaften eines Lagerstahls nachzuweisen, wiesen die folgenden chemischen Zusammensetzungen auf (in Gew.-%, es sind nur die hauptsächlichen Elemente angegeben, wobei der Rest Eisen und Verunreinigungen ist):

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Al	S
A	0,957	1,508	1,006	0,138	1,632	0,019	0,033	0,008
B	0,972	1,080	1,100	0,161	1,520	0,023	0,038	0,010
C	0,950	2,501	1,016	0,132	1,571	0,021	0,034	0,007
D	0,959	2,508	2,074	0,126	1,607	0,021	0,033	0,007
E	0,938	0,446	2,110	0,129	1,605	0,020	0,035	0,008
F	0,972	1,509	2,045	0,124	1,539	0,019	0,032	0,008
G	0,950	1,513	0,263	0,131	1,570	0,020	0,027	0,006
H	0,952	0,501	1,022	0,139	1,606	0,021	0,022	0,004
I	0,985	1,040	0,345	0,149	1,490	0,017	0,032	0,009
J	0,966	2,060	0,297	0,159	1,520	0,019	0,038	0,006
100Cr6	1,000	0,200	0,300	-	1,500	-	-	-

**[0021]** Diese Stähle wurden in Form von Schmelzblöcken mit 65 kg vergossen, die zum Bilden quadratischer Barren mit 20 mm Seitenlänge geschmiedet und anschließend durch 1 Stunde Halten bei 30°C über der Temperatur des Endes der Umwandlung des Perlits in Austenit gekörnt worden waren, was von einer Abkühlung auf 650°C mit einer Geschwindigkeit zwischen 8 und 10°C je Stunde gefolgt und durch ein Abkühlen an der Luft auf Raumtemperatur vervollständigt wurde. Die Eignung zur Kaltumformung wurde anschließend durch eine Messung der in daJ/cm<sup>2</sup> ausgedrückten Schlagzähigkeit KCU ermittelt. Wenn diese Schlagzähigkeit über 4,2 daJ/cm<sup>2</sup> war, war das Kaltumformungsvermögen gut, beim Gegenteil war es schlecht. Die Luppen wurden anschließend in heißem Öl nach der Austenitisierung bei 895°C gehärtet und es wurde einerseits der Anteil  $\tau$  an Restaustenit und die Temperatur  $\theta$  des Beginns der Destabilisierung des Restaustenits gemessen. Die Gießbarkeit wurde ebenfalls ermittelt. Die Ergebnisse waren die folgenden:

	Si (%)	Mn (%)	0,75+0,55Si	Gieß- barkeit	2,5-0,8Si	KCU bei 60°C daJ/cm <sup>2</sup>	$\tau$	$\theta$
A	1,508	1,006	1,579	gut	1,294	4,2	14 %	390 °C
B	1,080	1,100	1,344	gut	1,636	5,5	17 %	400 °
C	2,501	1,016	2,125	gut	0,499	1,3	15 %	405 °C
D	2,508	2,074	2,129	gut	0,494	0,5	19 %	440 °C
E	0,446	2,110	0,995	schlecht	2,143	5,6	nd	260 °C
F	1,509	2,045	1,580	schlecht	1,293	2,1	22 %	410 °C
G	1,513	0,263	1,582	gut	1,290	4,6	9 %	350 °C
H	0,501	1,022	1,025	gut	2,099	6,7	9 %	225 °C
I	1,040	0,345	1,322	gut	1,668	6,0	14 %	nd
J	2,060	0,297	1,883	gut	0,852	4,4	12 %	nd
100Cr6	0,200	0,300	0,86	gut	2,34	6,6	7 %	170°C

**[0022]** Diese Ergebnisse zeigen, daß nur die Gießansätze A gemäß der Erfindung und B alle gewünschten Eigenschaften, nämlich eine gute Gießbarkeit, eine gute Eignung zur Kaltumformung, ein erhöhter Restaustenitgehalt und eine bis auf erhöhte Temperaturen stabile Struktur vereinen, wobei die beiden letzten Eigenschaften merklich höher als die entsprechenden Eigenschaften des Standards 100Cr6 waren.

**[0023]** Außerdem haben Versuche zur Stabilität des Restaustenits unter gleichförmiger Beanspruchung und periodischer Kompression gezeigt, daß:

- bei den Gießansätzen, deren Siliziumgehalt über 1% ist, der Restaustenit stabil bleibt, wenn er durch Kompression einer Beanspruchung, die einer Scherkraft von 1400 MPa gleichwertig ist, unterzogen wird, während unter denselben Bedingungen 50% Restaustenit eines Stahls 100Cr6 (weniger als 0,5% Si ent-

haltend) destabilisiert werden,

– bei den Versuchen zur Destabilisierung von Restaustenit unter periodischer Kompression (Beanspruchung, die einer sich zwischen 25 MPa und 1025 MPa bewegendenden Scherkraft bei einer Frequenz von 200 Hz gleichwertig ist) nach 1 Million Zyklen bei einem ungefähr 1% Mangan und 1,5% Silizium (Gießansatz A) enthaltenden Gießansatz keine Destabilisierung auftrat.

**[0024]** Als zweites Beispiel führte man einen industriellen Gießansatz mit einem erfindungsgemäßen Stahl durch, mit dem man einen Lagerring herstellte. Die chemische Zusammensetzung des Stahls umfaßte in Gewicht:

C = 0,9%

Si = 1,25%

Mn = 1%

Cr = 1,4%

Ni = 0,25%

Mo = 0,015% wobei der Rest Eisen und Verunreinigungen aus der Herstellung ist.

**[0025]** Dieser Stahl wurde in Form eines Röhrenrundstahls mit 100 mm Durchmesser gegossen und gewalzt.

**[0026]** Der Röhrenrundstahl wurde zwischen zwei Walzen warmgetrieben und dann unter Erhalten eines nahtlosen Rohrrohrlings mit 67,5 mm Außen- und 36,5 mm Innendurchmesser warmgewalzt. Der Rohrrohrling wurde einer Körnungsbehandlung unterzogen, die aus 2 Stunden Halten bei 800°C, gefolgt von einem Abkühlen auf 650°C mit einer Geschwindigkeit von 10°C je Stunde bestand, so daß eine Brinell-Härte von 240 HB erhalten wurde. Der Rohrrohrling wurde darauf zum Erhalt eines nahtlosen Rohrs mit 42,9 mm Außendurchmesser und 22,7 mm Innendurchmesser kaltgewalzt.

**[0027]** Lagerringe wurden abgeschnitten und in dem Rohr maschinell bearbeitet und dann einer Härtungsbehandlung mit Öl nach der Austenitisierung bei 900°C und Anlassen bei 200°C unterzogen, um so eine 18% Restaustenit enthaltende Struktur zu erhalten.

**[0028]** Die Eindruckfestigkeit wurde durch Versuche des Typs einer Lagerermüdung unter starker Hertzscher Pressung getestet, indem Ringe verwendet wurden, in deren Laufläche zuvor zwei symmetrisch angeordnete Vickers-Eindrücke eingedrückt worden waren und indem die Abplatzzeit der Ringe gemessen wurde. Auf diese Weise wurden erfindungsgemäße Ringe und Ringe aus 100Cr6 gemäß dem Stand der Technik auf Eindrücke verglichen, deren Abmessungen in der Diagonalen zwischen 267 µm und 304 µm waren. Sowohl bei den erfindungsgemäßen Ringen als auch bei den Ringen gemäß dem Stand der Technik war die Härte 63 HRC.

**[0029]** Die Ergebnisse waren die folgenden:

	Größe der Eindrücke	
	267 µm	304 µm
Erfindung	> 269 Stunden	252 Stunden
100Cr6 Stand der Technik	145 Stunden	75 Stunden

**[0030]** Diese Ergebnisse zeigen, daß die erfindungsgemäßen Ringe bei den bedeutenden Eindrücken eine mehr als verdoppelte Lebensdauer aufweisen.

**[0031]** Der erfindungsgemäße Stahl ist besonders an die Herstellung von Lagerringen aus nahtlosen Rohren angepaßt, aber er ist ebenfalls an die Herstellung von Ringen, Kugeln, Walzen und Nadeln aus Walzstäben oder Draht geeignet. Diese Teile können durch Warm- oder Kaltumformung oder durch maschinelle Bearbeitung verformt werden.

### Patentansprüche

1. Stahl zur Herstellung eines Lagerteils, **dadurch gekennzeichnet**, daß seine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent

$0,6\% \leq C \leq 1,5\%$

$$0,4\% \leq \text{Mn} \leq 1,5\%$$

$$1,2\% \leq \text{Si} \leq 2,5\%$$

$$0,2\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$$

$$0\% \leq \text{Ni} \leq 0,5\%$$

$$0\% \leq \text{Mo} \leq 0,2\%$$

$$0\% \leq \text{Al} \leq 0,05\%$$

$$\text{S} \leq 0,04\%$$

umfaßt, wobei der Rest Eisen und aus der Herstellung herrührende Verunreinigungen ist und die Zusammensetzung überdies die Beziehungen

$$\text{Mn} \leq 0,75 + 0,55 \times \text{Si}$$

$$\text{Mn} \leq 2,5 - 0,8 \times \text{Si}$$

erfüllt.

2. Stahl gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß seine chemische Zusammensetzung

$$0,8\% \leq \text{Mn} \leq 1,2\%$$

$$\text{Si} \leq 1,7\%$$

ist.

3. Stahl gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß seine chemische Zusammensetzung

$$0,9\% \leq \text{C} \leq 1,1\%$$

$$1,3\% \leq \text{Cr} \leq 1,6\%$$

ist.

4. Stahl gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß seine chemische Zusammensetzung

$$0,8\% \leq \text{Mn} \leq 1,2\%$$

$$\text{Si} \leq 1,7\%$$

ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines Lagerteils, dadurch gekennzeichnet, daß:

- man ein Stahlhalbzeug gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 bereitstellt,
- man das Halbzeug durch Kaltumformung unter Erhalten eines Rohlings und insbesondere eines nahtlosen Rohrrohlings verformt,
- man an dem Rohling eine Körnungsbehandlung, die aus dem Erhitzen auf eine Temperatur zwischen 750°C und 850°C, gefolgt von einem Abkühlen auf 650°C besteht, dessen Höchstgeschwindigkeit 10°C/Stunde ist, um eine Struktur mit einer Härte von unter 270 HV zu erhalten, die eine feine Carbiddispersion umfaßt und gegebenenfalls eine Verformung durch Kaltumformung, zum Beispiel ein Kaltwalzen oder ein Kaltziehen unter Erhalten eines Produkts ausführt,
- man von dem Produkt ein Stück abschneidet, das man durch Kalt- oder Warmverformung oder durch maschinelle Bearbeitung verformt, um einen Lagerteilrohling zu erhalten
- und man an dem Rohling eine Wärmebehandlung der isothermen Härtung oder durch Abkühlen zum Beispiel mit Öl nach der Austenitisierung zwischen 800°C und 950°C und eine thermische Anlaßbehandlung zwischen

100°C und 400°C und bevorzugt unter 250°C so ausführt, daß ein Lagerteil erhalten wird, das eine Struktur aufweist, dessen Härte zwischen 58 HRC und 67 HRC beträgt und das sich aus Restkarbiden, Martensit und 5% bis 30% Restaustenit zusammensetzt.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Produkt ein nahtloses Rohr ist.

7. Nahtloses Stahlrohr gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.

8. Lagerteil aus Stahl gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Struktur, die sich aus einem Carbidgeitter, Martensit und 5% bis 30% Restaustenit zusammensetzt.

9. Teil gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Ring ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen