

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 529 476 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92114041.4**

51 Int. Cl.⁵: **E01D 19/04, E04B 1/36,
B21K 1/02**

22 Anmeldetag: **18.08.92**

30 Priorität: **24.08.91 DE 4128166**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.03.93 Patentblatt 93/09

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Wilhelmstrasse 67 Postfach 3280
W-7080 Aalen-Wasseralfingen(DE)**

72 Erfinder: **Pohl, Dieter, Prof. Dr.
Johann-Sebastian-Bach-Strasse 17
W-7080 Aalen(DE)
Erfinder: Kohlbacher, Karl, Dr.
-
A-8132 Pernegg 136/8(AT)**

74 Vertreter: **Allgeier, Kurt
Postfach 14 27
W-7888 Rheinfelden (DE)**

54 **Rollenlager für Bauwerke und Verfahren zu seiner Herstellung.**

57 Rollenlager für Bauwerke, insbesondere Brückenbauwerke, bestehend aus wenigstens einer zylindrischen Rolle, die zwischen planparallelen Abrollflächen einer oberen und unteren Lagerplatte innerhalb eines begrenzten Wälzbereichs abrollen, bei denen die Wälzbereiche der Rollen einen Werkstoffverbund aufweisen, der im Wege eines intermetallischen Grenzschicht ausbildenden Verbindungsverfahrens zwischen einem Grundwerkstoff aus einem hochfesten, zähen Vergütungsstahl mit einer Zugfestigkeit von etwa 1000 N/mm², einer Mindestdehnung von 10 % und einer Kerbschlagarbeit von ca. 50 J und einem Arbeitsflächenwerkstoff aus hochverschleiß- und korrosionsfestem härtbarem Stahl, und zwar X 40 Cr 13, X 105 CrCoMo 18 2, X 190 Cr VW 18 4 oder vergleichbaren Legierungsstählen, oder aber auch aus X 120 Mn 12 oder einem vergleichbaren kaltverfestigbarem Stahl hergestellt ist.

EP 0 529 476 A1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Rollenlager für Bauwerke, insbesondere Brückenbauwerke, bestehend aus wenigstens einer zylindrischen Rolle, die zwischen planparallelen Abrollflächen einer oberen und einer unteren Lagerplatte innerhalb eines begrenzten Wälzsbereichs abrollen, bei denen die Wälzsbereiche der Rollen einen Werkstoffverbund aufweisen, der im Wege eines intermetallischen Grenzschicht ausbildenden Verbindungsverfahrens zwischen einem Grundwerkstoff und einem Arbeitsflächenwerkstoff hergestellt ist.

Derartige Rollenlager sind bekannt, beispielsweise durch die europäische Patentschrift 0 293 648. Die Beanspruchung solcher Rollenlager besteht hauptsächlich in hohem Druck wie auch durch Korrosion. Die Druckbelastung wird in der sog. Hertz'schen Pressung ausgedrückt; die Korrosion wird hauptsächlich durch Wettereinflüsse, besonders bei tiefen Temperaturen, und durch chemischen Angriff z.B. durch aufgesprühtes Salz oder ähnlichen Chemikalien verursacht.

Bekannte Lager dieser Art bestehen aus einem Verbund von einem Grundwerkstoff, der gut schweißbar sein muß, beispielsweise St 52-3 nach DIN 17 100, mit einem Arbeitsflächenwerkstoff, der 0,20 bis 0,35 % C und 12 bis 18 % (Cr + Mo) enthält, beispielsweise X 40 Cr 13. Lager dieses Typus sind für eine Hertz'sche Pressung von 1900 N/mm² (amtlich) zugelassen.

Es besteht seit langem das Bestreben, derartige Lager für höhere Hertz'sche Pressungen herzustellen, und nach weiteren Untersuchungen hat man erkannt, daß die Herstellung höher beanspruchbarer Rollenlager sowohl eine besser zielgerichtete Werkstoffwahl wie auch den Belastungsverhältnissen angepaßtere Stahlbehandlungsverfahren, insbesondere der Rollenkörper erfordert.

Die Rolle des Lagers ist nicht nur der Hertz'schen Pressung (Druck pro Fläche) ausgesetzt, sondern auch anderen Spannungen. Die Variation der Spannung ist etwas kompliziert. Wenn eine Rolle auf eine Platte gedrückt wird, ergibt sich eine Kontaktfläche, die so lang ist wie die Rolle und mit der Breite 2a (siehe Figur 1). In der Oberfläche ist die maximale Druckspannung p₀ (= Hertz'sche Pressung). Darüberhinaus gibt es eine Schubspannung Tau. An der Oberfläche ist Tau null und nimmt zu bis auf einen Maximalwert Tau max. unter der Oberfläche. Der Abstand des Punktes mit Tau max. zur Oberfläche ist 0,78 a. Zwischen der Last P des Lagers und p₀ oder a existieren die folgenden Beziehungen.

$$p_0 = \sqrt{\frac{1}{2\pi \left(1 - \frac{1}{m^2}\right)} \cdot \frac{P \cdot E}{r}} \quad (1)$$

$$a = 2 \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) \cdot \frac{P \cdot r}{E}} \quad (2)$$

Die Gleichungen 1 und 2 sind nur gültig, wenn die Materialien der Rolle und der Platte den gleichen Elastizitätsmodul haben. Wenn nicht, muß E durch den Term (1/E₁ + 1/E₂) ersetzt werden.

Die anderen Größen stehen für

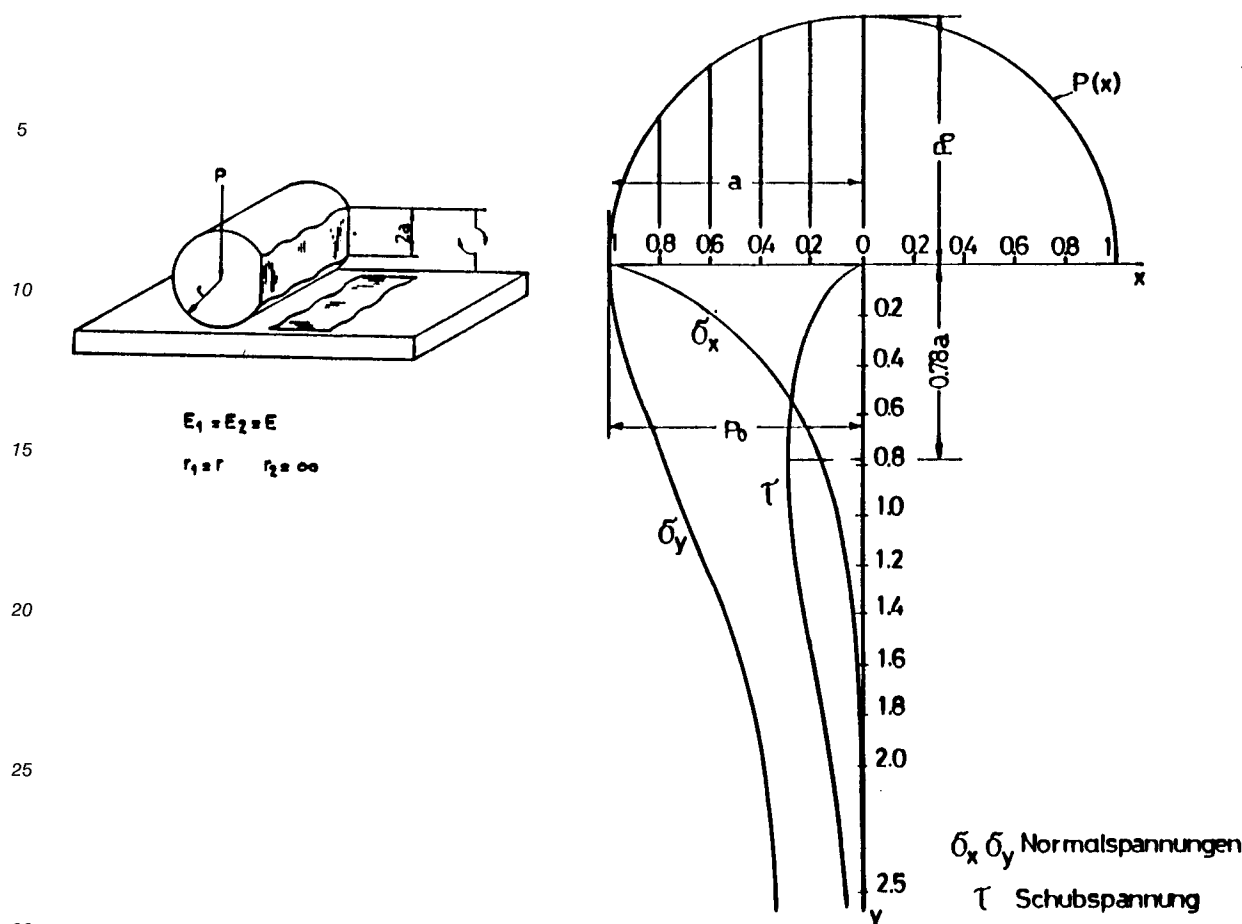
p = Last pro Einheitslänge der Rolle (N/cm)

r = Radius der Rolle (cm)

1/m = Poisson'sche Konstante

E = Elastizitätsmodul (N/cm²)

Aus Gleichung 1 resultiert die Hertz'sche Pressung in N/cm² und aus Gleichung 2 die halbe Breite der Kontaktfläche in cm.



Wenn das Rollenlager so ausgebildet wäre, daß die gesamte Beanspruchung der Rollen vollständig im elastischen Bereich bleiben würde, müßten die Rollen für hochbelastete Lager enorme Abmessungen erhalten. Deshalb ist es üblich, eine kleine plastische Verformung (bis zu 0,3 % des Rollendurchmessers) zuzulassen.

Aus diesen Zusammenhängen konnte eine zielführende Konzeption in dem Bestreben gefunden werden, die Beanspruchungsfähigkeit der Lager, vor allem der Rollen derart zu steigern, daß Hertz'sche Pressungen von min. 2500 N/mm², ja bis 3000 N/mm² zugelassen werden können. In Abkehr von der früheren Anschauungsweise besteht diese darin, daß für die Belastbarkeit des Lagers die Festigkeit oder Härte der äußeren Arbeits- oder Mantelschicht der Rolle bzw. von deren Panzerung oder der Arbeitsschicht der Platten nicht allein maßgeblich ist, sondern daß von entscheidender Bedeutung für die Belastbarkeit die Festigkeit des Grund- oder Kernwerkstoffs der Rolle und/oder der Grundsicht der Platten ist. Bei den früheren Betrachtungen war offenbar der Einfluß der dort auftretenden Kräfte unterschätzt worden.

Im Gegensatz zu den bisherigen Werkstoffpaarungen von Grund- und Arbeitsschichtwerkstoff geht die Erfindung von der neuen Erkenntnis aus, daß der Grundwerkstoff aus einem hochfesten, zähen Vergütungsstahl mit einer Zugfestigkeit von etwa 1000 N/mm², einer Mindestdehnung von 10 % und einer Kerbschlagarbeit von ca. 50 J bestehen sollte, während für den Werkstoff der Arbeitsflächen ein hochverschleiß- sowie korrosionsfester, härtpbarer Stahl in Betracht kommt, vorzugsweise X 40 Cr 13, X 105 CrCoMo 18 2 oder X 190 Cr VW 18 4. In Abwandlung hiervon ist es nach der neuen Lehre auch möglich, einen kaltverfestigten Stahl, etwa X 120 Mn 12 oder einen vergleichbaren Werkstoff für die Arbeitsschicht zu verwenden.

Ein wesentlicher Teil der erfindungsgemäßen Lehre bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung des Rollenlagers. Dabei kommen für das Verbinden des Grundwerkstoffs mit dem Arbeitsflächenwerkstoff das schon bisher bekannte Auftragsschweißen und / oder das Heißwalzen in Betracht, vorzugsweise jedoch das Diffusionsschweißen, weil dieses Verfahren sehr unempfindlich auf den Kohlenstoffgehalt der verbundenen Stahlwerkstoffe reagiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren schreibt in einem ersten Verfahrensschritt vor, ausgehend von dem Rollendurchmesser und der Rollenlänge auf Grund der Formeln 1 und 2 und aus der Graphik Fig. 1 die größte Scherspannung (in N/mm²) und deren Lage (in mm unter der Arbeitsoberfläche) zu ermitteln und

daraus für den Rohdurchmesser der Rolle die Mindestdicke der Schicht des Arbeitsflächenwerkstoffs zu bestimmen, die wenigstens das Doppelte des Abstandes der maximalen Scherspannung von der Arbeits-
oberfläche betragen soll, woraus sich der Rohdurchmesser der Rolle bestimmt, die aus einem hochfesten,
zählen Vergütungsstahl mit etwa 1000 N/mm² Zugfestigkeit hergestellt wird; als gut geeignet hat sich 34
5 CrNiMo 6 Stahl erwiesen. Die Schichtdicke des Arbeitsflächenwerkstoffs soll im Mittel d/8 bis d/10 betragen,
wobei "d" der Enddurchmesser ist. Bei der Bestimmung des Rohdurchmesser der Rolle und der Schicht-
dicke des Arbeitsflächenwerkstoffs sind ferner die technologischen Bedingungen des gewählten Verbin-
dungsverfahrens zu berücksichtigen.

Das weitere Herstellverfahren kann erfindungsgemäß unterschiedlich ausgestaltet sein, und die zu
10 wählende Verfahrensweise hängt weitestgehend von den Dauerbeanspruchungs-Anforderungen des Rollen-
lagers ab. Die geringsten Dauerbeanspruchungen dürften wohl bei dem Aufbringen der Schicht aus dem
Arbeitsflächenwerkstoff durch Auftragsschweißung oder durch Heißaufwalzen bzw. Aufschmieden erbringen,
bei welchem darauffolgend ein Härten und Tempern erfolgt. Für das Aufschweißen oder Heißaufwalzen
(oder Aufschmieden) eignet sich nach den bisherigen Versuchen der Stahl X 40 Cr 13 sehr gut.

15 Die Warmbehandlungsproblematik besteht dabei darin, eine optimale Warmbehandlung durchzuführen,
weil die Härtetemperatur beim Grundwerkstoff ca. 830 bis 860 °C und beim Arbeitsflächenwerkstoff 1000
bis 1050 °C beträgt, während das Tempern beim Grundwerkstoff bei 540 bis 680 °C und beim Arbeitsflä-
chenwerkstoff bei 100 bis 200 °C erfolgen soll. Daher erscheint es nicht möglich für die Wärmebehandlung
20 der insoweit fertiggestellten Rolle eine für jeden der Werkstoffe bestmögliche Temperaturführung zu
erzielen. Wie Versuche ergeben haben, können derartig hergestellte Lager jedoch mit Hertz-Pressungen
von 2400 bis 2500 N/mm² ohne weiteres belastet werden, was gegenüber dem Stand der Technik eine
Erhöhung um 20 bis 25 % bedeutet.

Durch genauere Untersuchungen wurde erkannt, daß die Rollenlager nach dem eingangs genannten
Stand der Technik mit den im Oberflächenbereich gehärteten Rollen, beispielsweise aus X 40 Cr 13 zu
25 Rissen und Brüchen neigten. Dies ist auf die Forderung zurückzuführen, daß der Grundwerkstoff schweißbar
sein, also einen geringen Kohlenstoffanteil haben muß; daher kommen nur Stähle mit niedriger Zugfestigkeit
in Betracht. Um den Abbau der Scherspannungen innerhalb der Arbeitsschicht zu halten, sollte diese
ziemlich dick sein. Dicke Aufschweißschichten können eine Vielzahl von Defekten wie Luftlöcher, Schlak-
keneinschlüsse, Schrumpfdefekte und dergleichen mehr haben.

30 Daher wird für das weitere Herstellverfahren auch hier vorgeschlagen, als Grundwerkstoff einen
hochfesten Vergütungsstahl, zweckmäßigerweise den bereits als gut erkannten 34 CrNiMo 6 zu verwenden,
jedoch den Arbeitsflächenwerkstoff auf den Grundwerkstoff durch Diffusionsschweißen aufzubringen. Es
wurde gefunden, daß sich hierfür am besten die Stahlsorten X 190 CrVW 18 4 und X 120 Mn 12 eignen.
Das Diffusionsschweißen ist nahezu unabhängig vom Kohlenstoffgehalt und eignet sich daher auch für
35 Grundwerkstoffe hoher Festigkeit, d.h. mit hohem Kohlenstoffgehalt. Beim Diffusionsschweißen werden
Fehlstellen nahezu vollständig vermieden, und die Arbeitsflächenschicht kann - muß jedoch nicht -
nachträglich noch durch Hämmern oder Strahlhämmern verbessert werden.

Bei Anwendung des austenitischen Stahls X 120 Mn 12 ist ein nachträgliches Kaltverfestigen (Hämmern
oder Walzen) zweckmäßig, um eine optimale Oberflächenstruktur und Härte zu erreichen.

40 Es hat sich gezeigt, daß bei Rollen von 90, 130 und 180 mm Durchmesser Oberflächenhärtewerte
zwischen 662 und 695 HV 20 erreicht werden. Es hat sich ferner dabei gezeigt, daß die guten Erbe-
gebnisse, nämlich zulässige Hertz'sche Pressungen oberhalb 2800 N/mm² bis 3600 N/mm² erprobt in statischen
Druckversuchen, auf die Erkenntnisse zurückzuführen sind, daß in der Oberflächenschicht hohe Oberflä-
chenhärte und mittlere Festigkeit und im Grundwerkstoff mittlere Härte und hohe Festigkeit die größte
45 Belastbarkeit ergibt.

Als Verfahrensbeispiel wird eine Rolle von 130 mm Durchmesser herangezogen aus dem wärmebehan-
delbaren Stahl 34 CrNiMo 6 in abgeschrecktem und getempertem Zustand. Die Arbeitsflächenschicht aus X
190 Cr VW 18 4 mit einer Dicke von 15 mm wurde durch Diffusionsschweißen aufgebracht und durch
anschließende Wärmebehandlung gehärtet.

50 Die hier genannten und erzielten Werte sind ziemlich unabhängig vom Werkstoff der Arbeitsschicht der
Rollen, wenn einer der hier als bevorzugt bezeichneten Stahlwerkstoffe verwendet wird.

Für die Lagerplatten ist ebenfalls die geschilderte Herstellverfahrensweise vorteilhaft, bei der die
Stahlsorten X 40 Cr 13 und X 105 CrCoMo 18 2 zu bevorzugen sind. Es können auch voll durchgehärtete
Lagerplatten aus X 40 Cr 13 gepaart werden. Bei Versuchen mit Rollen nach der beschriebenen Herstellme-
thode mit einer Arbeitsschicht aus 105 CrCoMo 18 2 und durchgehärteten Lagerplatten ergaben sich die
55 höchsten Belastbarkeitswerte um 3600 N/mm² Hertz'sche Pressung.

Für die Bruchfestigkeit der Rollen ergaben sich bei Vergleichsmessungen für auftragsgeschweißte
Rollen Werte um 1,8, für Rollen gemäß der EP 0 293 648 Werte um 2,8 und für erfindungsgemäße Rollen

Werte über 4.

Die Rollenlager mit dem erfindungsgemäßen Aufbau aus den vorgeschlagenen Stählen und entsprechend der vorgesehenen Herstellungsmethode ergeben gegenüber dem Stand der Technik Belastungsbereiche an Hertz'scher Pressung gegenüber den bisher bekannten und verwendeten Lagern die bis zu 150 % höher liegen.

Patentansprüche

1. Rollenlager für Bauwerke, insbesondere Brückenbauwerke, bestehend aus wenigstens einer zylindrischen Rolle, die zwischen planparallelen Abrollflächen einer oberen und unteren Lagerplatte innerhalb eines begrenzten Wälzbereichs abrollen, bei denen die Wälzbereiche der Rollen einen Werkstoffverbund aufweisen, der im Wege eines intermetallischen Grenzschicht ausbildenden Verbindungsverfahrens zwischen einem Grundwerkstoff und einem Arbeitsflächenwerkstoff hergestellt ist,

gekennzeichnet durch einen

- a) Grundwerkstoff aus einem hochfesten, zähen Vergütungsstahl mit einer Zugfestigkeit von etwa 1000 N/mm², einer Mindestdehnung von 10 % und einer Kerbschlagarbeit von ca. 50 J, und einen
- b) Arbeitsflächenwerkstoff aus hoch verschleiß- und korrosionsfestem härtbarem Stahl, und zwar X 40 Cr 13, X 105 CrCoMo 18 2, X 190 Cr VW 18 4 oder vergleichbaren Legierungsstählen, oder aber auch aus X 120 Mn 12 oder einem vergleichbaren kaltverfestigbarem Stahl.

2. Rollenlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundwerkstoff ein vergüteter Stahl 34 CrNiMo 6, 41 Cr 4, 42 CrMo 4, 36 CrNiMo 4, 30 CrNiMo 8 oder ein vergleichbarer Vergütungsstahl ist.

3. Rollenlager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auch die Lagerplatten aus einem Verbund des Grundwerkstoffs und des Arbeitswerkstoffs bestehen.

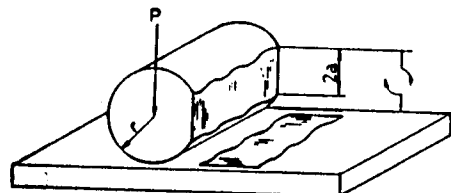
4. Verfahren zur Herstellung der Rollen des Rollenlagers nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3

dadurch gekennzeichnet,

daß in einem ersten Verfahrensschritt, ausgehend von dem vorgegebenen Rollendurchmesser und der Rollenlänge auf Grund der nachstehenden Formeln 1 und 2 und aus der nachstehenden Grafik die größte Scherspannung (in N/mm²) und deren Lageverlauf (in mm unter der Arbeitsoberfläche) ermittelt und daraus die Schichtdicke des Arbeitsflächenwerkstoffs aus einem hochfesten, zähen Vergütungsstahl mit etwa 1000 N/mm² Zugfestigkeit und der Rohdurchmesser der Rolle von wenigstens dem doppelten Betrag des Abstandes der maximalen Scherspannung von der Arbeitsoberfläche bestimmt wird, und daß die Schicht aus dem Arbeitsflächenwerkstoff aus einem der Stähle X 40 Cr 13, X 105 CrCoMo 18 2, X 190 Cr VW 18 4 oder X 120 Mn 12 durch Auftragsschweißen, Diffusionsschweißen, Heißaufwalzen oder Aufschmieden aufgebracht und die Rolle vor der mechanischen Endbearbeitung durch Wärmebehandlung gehärtet und / oder kaltverfestigt wird.

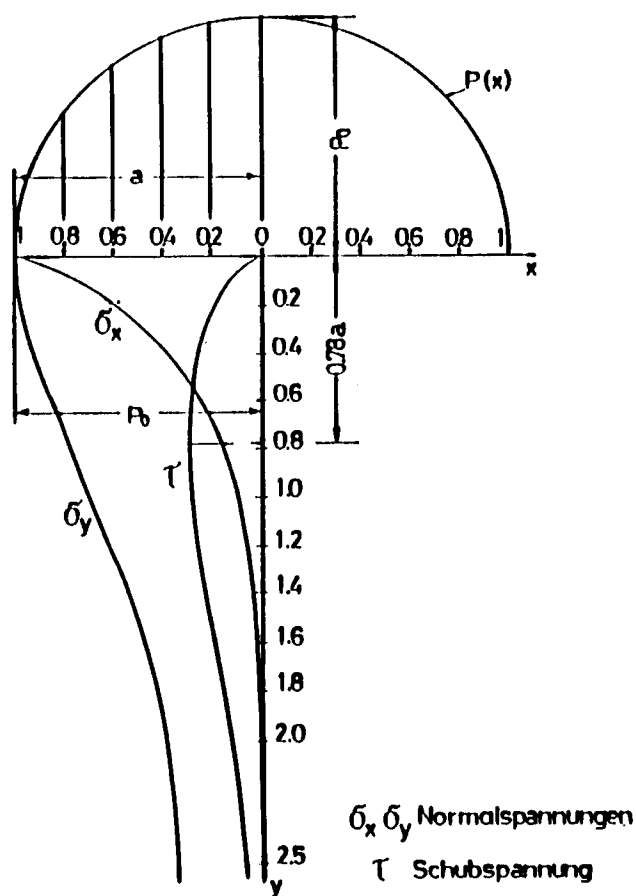
$$p_0 = \sqrt{\frac{1}{2\pi \left(1 - \frac{1}{m^2}\right)} \cdot \frac{P \cdot E}{r}} \quad (1)$$

$$a = 2 \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{m^2}\right) \cdot \frac{P \cdot r}{E}} \quad (2)$$



$$E_1 = E_2 = E$$

$$r_1 = r \quad r_2 = \infty$$



5. Verfahren zur Herstellung der Lagerplatten für das Rollenlager nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Rollen nach dem Verfahren gemäß Anspruch 4 hergestellt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitsflächenwerkstoff aus einem der gemäß Anspruch 1 vorgesehenen Stähle und in der gemäß Anspruch 1 ermittelten Dicke auf eine Platte aus dem Grundwerkstoff von etwa der doppelten Dicke der Schichtdicke des Arbeitswerkstoffs der Rolle durch Auftragsschweißen, Diffusions-schweißen, Heißaufwalzen oder Aufschmieden aufgebracht und die Lagerplatte danach vor der mecha-nischen Endbearbeitung durch Wärmebehandlung gehärtet und / oder kaltverfestigt wird.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 4041

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
D,A	EP-A-0 293 648 (SCHWÄBISCHE HÜTTENWERKE) * das ganze Dokument *	1, 3	E01D19/04 E04B1/36 B21K1/02
A	EP-A-0 378 986 (BÖHLER) * das ganze Dokument *	1	
A	EP-A-0 074 347 (VER.EDELSTAHLWERKE) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			E01D E04B B21K
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 16 NOVEMBER 1992	Prüfer DIJKSTRA G.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	