

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer: **0 257 216**  
**B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45)

Veröffentlichungstag der Patentschrift:  
**16.05.90**

(51)

Int. Cl.<sup>5</sup>: **E01B 5/02**

(21)

Anmeldenummer: **87108539.5**

(22)

Anmeldetag: **12.06.87**

(54)

**Schiene.**

(30)

Priorität: **14.08.86 DE 3627650**

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**02.03.88 Patentblatt 88/9**

(45)

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**16.05.90 Patentblatt 90/20**

(84)

Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR LI LU**

(56)

Entgegenhaltungen:  
**FR-A- 1 333 278**  
**FR-A- 1 597 415**  
**FR-A- 2 087 818**

**CHEMICAL ABSTRACTS**, Band 77, Nr. 4, 24. Juli 1972,  
Seite 283, Zusammenfassung Nr. 23666a, Columbus,  
Ohio, US; & **JP-A-71 19 419 (SHINNIPPON SEITETSU**  
**CO., LTD)** 31-05-1971  
**CHEMICAL ABSTRACTS**, Band 80, Nr. 10, 11. März 1974,  
Seite 191, Zusammenfassung Nr. 50917b, Columbus,  
Ohio, US; **Z. KLISIEWICZ**: "Vacuum deoxidation of steel  
for rails", & **HUTNIK** 1973, 40(7), 309-13

(73)

Patentinhaber: **Krupp Stahl AG, Alleestrasse 165,**  
**D-4630 Bochum 1(DE)**

(72)

Erfinder: **Heller, Wilhelm, Dr.-Ing., Elsterweg 8,**  
**D-4100 Duisburg 14(DE)**  
Erfinder: **Schultheiss, Hans, Dipl.-Ing.,**  
**Gailenreuterstrasse 25, D-8000 München 60(DE)**

(74)

Vertreter: **Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack,**  
**Postfach 14 01 20 Schumannstrasse 97,**  
**D-4000 Düsseldorf 1(DE)**

**EP 0 257 216 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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).

## Beschreibung

### Schiene

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schiene mit hoher Beständigkeit gegen Ermüdungsschäden an der Fahrkante, wie Fahrkantenbrüche, aus Stahl.

Die Lebensdauer von Schienen wird in der Regel durch die Zugfestigkeit des Schienenstahls an sich, das Verschleißvolumen des Schienenkopfes und die Betriebsbedingungen bestimmt. In der Vergangenheit wurde häufig die Lebensdauer, die vom Verschleißvolumen im Schienenkopf her zu erwarten war, auch bei hoch verschleißfesten Schienen nicht erreicht, weil die Schienen aufgrund von Ermüdungsschäden vorzeitig ausgebaut werden mußten. Bei diesen Schäden handelte es sich insbesondere um waagerechte Risse im Schienenkopf, Fahrkantenausbrechungen sowie um Querbrüche oder Querrisse.

Die Fahrkantenausbrechungen treten bei höheren Beanspruchungen, meistens im Kurvenaußenstrang der Gleise auf, insbesondere an der Innenkante der Außenschiene, weil diese durch die Spurkränze der über sie rollenden Räder besonders stark belastet wird.

Die Fahrkantenausbrechungen, auch Shelling genannt, werden durch Schwingungsrisse hervorgerufen, die sich als Horizontaltrennungen in 5 bis 10 mm Tiefe unterhalb der Fahrkante bilden. In einem fortgeschrittenen Stadium knicken diese Horizontaltrennungen häufig in Querrichtung ab und lösen dann Querbrüche aus. Die Horizontaltrennungen gehen bevorzugt aus von nichtmetallischen Einschlüssen, insbesondere Oxidzeilen, innerhalb des Schienenstahls.

Ursache der horizontal verlaufenden Schwingungsrisse unter der Fahrkante sind die sogenannten Hertz'schen Pressungen am Aufstandspunkt des Rades auf der Schiene, die unterhalb der Schienoberfläche Schubspannungen hervorrufen. Dabei entsteht rechnerisch in einer Tiefe von etwa 8 mm ein Schubspannungsmaximum. Seine exakte Lage ist abhängig von den Betriebsbedingungen. Befinden sich im Bereich des Schubspannungsmaximums gröbere Oxidzeilen hoher Härte, so kann bevorzugt an der Grenzfläche Oxid-Metall infolge Kerbwirkung und wegen des Eigenspannungsfeldes, das sich um die Zeile herum aufbaut, die Dauerschwingfestigkeit des Schienenwerkstoffes überschritten werden, so daß sich ein Schwingungsriß bildet.

Da Fahrkantenausbrechungen zum vorzeitigen Ausbau der Schienen führen, also nach einer Liegezeit, zu der die Verschleißreserve des Schienenkopfes bei weitem noch nicht erschöpft ist, sind die Schienenhersteller und die Bahnverwaltungen seit langem bemüht, das Auftreten dieser Fehlerscheinungen zu unterbinden. Zur Vermeidung von Fahrkantenausbrechungen sind zwei Abhilfemaßnahmen bekannt geworden (Archiv für Eisenbahntechnik, Dezember 1973, Seiten 81 bis 89)

- Erhöhung der Dauerschwingfestigkeit des Schienenstahls und

- Verbesserung des Reinheitsgrades, bezogen auf oxidische nichtmetallische Einschlüsse.

Die Erhöhung der Dauerschwingfestigkeit von Schienenstählen läßt sich durch Anhebung der Festigkeitseigenschaften erreichen. Zugleich wird dadurch die Verschleißbeständigkeit verbessert. Die Lage des eingangs erwähnten Schubspannungsmaximums bleibt damit über einen längeren Zeitraum an einer Stelle als bei Schienenstahl geringerer Festigkeit. Liegt jedoch in dieser Zone eine gröbere Einschluszeile vor, so kann der Werkstoff trotz hoher Festigkeit im Bereich der Zeitfestigkeit beansprucht werden. Eine Erhöhung der Dauerschwingfestigkeit des Schienenwerkstoffes kann also nur dann sinnvoll sein, wenn zugleich ein guter Reinheitsgrad an oxidischen nichtmetallischen Einschlüssen eingestellt wird.

Obwohl die Schienenhersteller und die Bahnverwaltungen in den Lieferbedingungen für Schienenstähle für Regelgüten Schwefelgehalte bis max. 0,050 Gew.-% und für höherverschleißfeste Güten bis max. 0,030 Gew.-% zulassen, ist man dennoch bemüht, bei der Erschmelzung von Schienenstählen den Schwefelgehalt so niedrig wie möglich zu halten. Denn Schwefel ist metallurgisch gesehen bekanntermaßen ein stark seigerndes Element. Beim Vergießen kommt es in der Mitte der vergossenen und erstarrten Blöcke, die als Ausgangsmaterial für die Schienenwalzung dienen, zu sogenannten "Mittenseigerungen". Gemäß den technischen Lieferbedingungen, z.B. UIC 860 V, sind Stärke und Ausbildung dieser Seigerungen durch Richtreihen begrenzt.

Jedoch können weder die absolute Erhöhung der Verschleißfestigkeit noch die Erhöhung der Dauerschwingfestigkeit noch die Einstellung guter oxidischer bzw. sulfidischer Reinheitsgrade das Auftreten von Fahrkantenausbrüchen sicher verhindern. Auch bei sehr hoch verschleißfesten Schienen mit ausgezeichnetem Reinheitsgrad werden diese schädlichen Ausbrüche, nach wie vor, insbesondere in den Außensträngen von engen Gleiskurven, beobachtet.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Schiene mit verbesserter Beständigkeit gegen Ermüdungsschäden an der Fahrkante, wie Fahrkantenausbrüche, zu schaffen, die gestattet, daß das den Schienen innewohnende hohe Verschleißvolumen voll ausgenutzt werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß der Schienenstahl bei einem Sauerstoffgehalt kleiner 0,0015 Gew.-% Schwefelgehalte von 0,06 bis 0,085 Gew.-% aufweist. Der niedrige Sauerstoffgehalt des Schienenstahls von kleiner 0,0015 Gew.-% wird vorzugsweise durch eine Vakuumdesoxidation des Stahles eingestellt.

Das Aufschwefeln kann auf alle heute üblichen Schienenqualitäten angewendet werden, wie sie beispielsweise in den Unteransprüchen 3 bis 6 analysenmäßig aufgeführt sind.

Die erfindungsgemäßen Schienen sind geeignet, die Bildung von Ermüdungsschäden an der Fahrkante, insbesondere die an dem Außenstrang eines Kurvengleises auftretenden Fahrkantenausbrechungen, zu vermeiden und somit die Lebensdauer

der Schienen wesentlich zu steigern. Bei Betriebsversuchen in einer hochbelasteten und kurvenreichen Strecke mit engen Kurvenradien zwischen 250 und 500 m mußten Schienen der üblichen Güte UIC-90 A bereits nach einer Belastung von rund 150.10<sup>6</sup> t wegen Fahrkantenausbrüchen ausgebaut werden, obwohl der eigentliche Verschleiß der Schienenlauffläche nur sehr gering war. Dagegen erreichten erfindungsgemäß hergestellte Schienen der Güte UIC-90 A eine Belastung von 300.10<sup>6</sup> t, ohne daß Fahrkantenausbrüche zu beobachten waren.

Mit der erfindungsgemäßen Schiene ist es somit möglich, die in heutigen Schienenprofilen, wie z.B. dem Profil UIC 60, vorhandene Verschleißreserve besser auszunutzen. Die Fahrkanten können weitgehend abgenutzt werden, ohne daß die Schienen wegen vorzeitiger Fahrkantenausbrüche ausgetauscht werden müssen.

Als Vormaterial für das Walzen der erfindungsgemäßen Schienen werden vorzugsweise rechteckige Stranggußquerschnitte verwendet. Dadurch kann die bei den hohen Schwefel-Gehalten zu erwartende nachteilige Nebenwirkung der Seigerungen in den von den Lieferbedingungen für Schienen verlangten Grenzen gehalten werden, da über das Vergießen im Strangguß eine gleichmäßigere Verteilung bei gleichzeitig kleinerer Größe der einzelnen Sulfide erreicht wird. Die bei Einsatz von rechteckigen Stranggußquerschnitten vorliegende gestreckte Mittenseigerung mit Schwefelanreicherungen kann unschädlich gemacht werden, indem man den Vorblock nicht wie bisher üblich so zu Schienen auswalzt, daß die Seigerungszone in der Symmetrieebene der Schienen liegt, sondern daß sie um 90° versetzt horizontal in Schienenstegmitte zu liegen kommt.

Dazu wird das Vormaterial mit rechteckigem Querschnitt so zu dem jeweiligen Schienenprofil gewalzt, daß die Schmalseiten nicht auf die Fahrfläche und die Fußunterseite der Schiene zu liegen kommen, sondern die Seitenflächen der Schiene bilden. Die im Vormaterial vorliegenden Mittenseigerungen beschränken sich so auf eine schmale Zone im Schienensteg, ohne in den Kopf oder den Fuß der Schiene zu reichen, so daß das Gebrauchsverhalten der Schiene, insbesondere deren Bruchsicherheit, nicht beeinträchtigt wird.

Da die in Bogenstranggießanlagen unten liegende Breitseite von rechteckigen Stranggußquerschnitten einen besseren oxidischen Reinheitsgrad aufweist als die obere Breitseite, wird vorteilhafterweise so gewalzt, daß die untere Breitseite zum Schienenkopf wird.

In Fig. 1 ist ein bogenförmiger Abschnitt einer Schiene in perspektivischer Ansicht dargestellt mit Schienenkopf 1, Fahrfläche 2, Fahrkante 3, Schienensteg 4 und Schienenfuß 5.

### Patentansprüche

1. Schiene mit hoher Beständigkeit gegen Ermüdungsschäden an der Fahrkante, wie Fahrkantenausbrüche, aus Stahl,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß der Schienenstahl bei einem Sauerstoffgehalt kleiner 0,0015 Gew.-% Schwefelgehalte von 0,06 bis 0,085 Gew.-% aufweist.

2. Schiene nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Schienenstahl nach der Erschmelzung unter Vakuum auf Sauerstoffgehalte kleiner 0,0015 Gew.-% desoxidiert ist.

3. Schiene nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Schienenstahl entsprechend der Güte UIC-90 A (mindestens 900 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit) aus 0,6 bis 0,8 Gew.-% Kohlenstoff, 0,10 bis 0,50 Gew.-% Silizium, 0,80 bis 1,30 Gew.-% Mangan, max. 0,05 Gew.-% Phosphor, Rest Eisen und üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

4. Schiene nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Schienenstahl entsprechend der Güte UIC-90 B (mindestens 900 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit) aus 0,55 bis 0,75 Gew.-% Kohlenstoff, 0,10 bis 0,50 Gew.-% Silizium, 1,30 bis 1,70 Gew.-% Mangan, max. 0,05 Gew.-% Phosphor, Rest Eisen und üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

5. Schiene nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Schienenstahl entsprechend der Güte S 1100 (mindestens 1100 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit) aus 0,60 bis 0,80 Gew.-% Kohlenstoff, 0,60 bis 1,20 Gew.-% Silizium, 0,80 bis 1,30 Gew.-% Mangan, max. 0,030 Gew.-% Phosphor, 0,70 bis 1,20 Gew.-% Chrom, Rest Eisen und üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

6. Schiene nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß der Schienenstahl entsprechend der Güte S 1200 (mindestens 1200 N/mm<sup>2</sup> Festigkeit) aus 0,70 bis 0,80 Gew.-% Kohlenstoff, 0,80 bis 1,20 Gew.-% Silizium, 0,80 bis 1,30 Gew.-% Mangan, max. 0,030 Gew.-% Phosphor, 0,80 bis 1,20 Gew.-% Chrom, bis 0,25 Gew.-% Titan und/oder Vanadium, Rest Eisen und üblichen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen besteht.

### Claims

1. A steel rail having high resistance to fatigue damage, such as shelling, at the running edge, characterized in that the rail steel has sulphur contents of 0.06 to 0.085% by weight for an oxygen content lower than 0.0015% by weight.

2. A rail according to claim 1, characterized in that the rail steel is after melting in vacuo deoxidized to oxygen contents lower than 0.0015% by weight.

3. A rail according to either of claims 1 and 2, characterized in that the rail steel of quality UIC-90 A (strength at least 900 N/mm<sup>2</sup>), comprises 0.6 to 0.8% by weight carbon, 0.10 to 0.50% by weight silicon, 0.80 to 1.30% by weight manganese, max. 0.05% by weight phosphorus, residue iron and the usual impurities due to melting.

4. A rail according to either of claims 1 and 2, characterized in that the rail steel of quality UIC-90 B (strength at least 900 N/mm<sup>2</sup>), comprises 0.55 to

0.75% by weight carbon, 0.10 to 0.50% by weight silicon, 1.30 to 1.70% by weight manganese, max. 0.05% by weight phosphorus, residue iron and the usual impurities due to melting.

5. A rail according to either of claims 1 and 2, characterized in that the rail steel of quality S 1100 (strength at least 1100 N/mm<sup>2</sup>), comprises 0.60 to 0.80% by weight carbon, 0.60 to 1.20% by weight silicon, 0.80 to 1.30% by weight manganese, max. 0.030% by weight phosphorus, 0.70 to 1.20% by weight chromium, residue iron and the usual impurities due to melting.

6. A rail according to either of claims 1 and 2, characterized in that the rail steel of quality S 1200 (strength at least 1200 N/mm<sup>2</sup>), comprises 0.70 to 0.80% by weight carbon, 0.80 to 1.20% by weight silicon, 0.80 to 1.30% by weight manganese, max. 0.030% by weight phosphorus, 0.80 to 1.20% by weight chromium, up to 0.25% by weight titanium and/or vanadium, residue iron and the usual impurities due to melting.

poids de manganèse, au maximum 0,030% en poids de phosphore, 0,80 à 1,20% en poids de chrome, jusqu'à 0,25% en poids de titane et/ou de vanadium, le reste étant du fer et les impuretés usuelles dues à l'élaboration de l'acier.

## Revendications

1. Rail en acier à stabilité élevée vis-à-vis des endommagements par fatigue sur les côtés de roulement, comme des ébrèchements des côtés de roulement, caractérisé en ce que l'acier à rail, pour une teneur en oxygène inférieure à 0,0015% en poids présente des teneurs en soufre de 0,06 à 0,085% en poids.

2. Rail selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'acier à rail, après élaboration de l'acier, est désoxydé sous vide à des teneurs en oxygène inférieures à 0,0015% en poids.

3. Rail selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'acier à rail selon la qualité UIC-90 A (résistance mécanique d'au moins 900 N/mm<sup>2</sup>) est constitué de 0,6 à 0,8% en poids de carbone, 0,10 à 0,50% en poids de silicium, 0,80 à 1,30% en poids de manganèse, au maximum 0,05% en poids de phosphore, le reste étant du fer et les impuretés usuelles dues à l'élaboration de l'acier.

4. Rail selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'acier à rail selon la qualité UIC-90 B (résistance mécanique d'au moins 900 N/mm<sup>2</sup>) est constitué de 0,55 à 0,75% en poids de carbone, 0,10 à 0,50% en poids de silicium, 1,30 à 1,70% en poids de manganèse, au maximum 0,05% en poids de phosphore, le reste étant du fer et les impuretés usuelles dues à l'élaboration de l'acier.

5. Rail selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'acier à rail selon la qualité S 1100 (résistance mécanique d'au moins 1100 N/mm<sup>2</sup>) est constitué de 0,60 à 1,30% en poids de carbone, 0,60 à 1,20% en poids de silicium, 0,80 à 1,30% en poids de manganèse, au maximum 0,030% en poids de phosphore, 0,70 à 1,20% en poids de chrome, le reste étant du fer et les impuretés usuelles dues à l'élaboration de l'acier.

6. Rail selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'acier à rail selon la qualité S 1200 (résistance mécanique d'au moins 1200 N/mm<sup>2</sup>) est constitué de 0,70 à 0,80% en poids de carbone, 0,80 à 1,30% en poids de silicium, 0,80 à 1,30% en

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

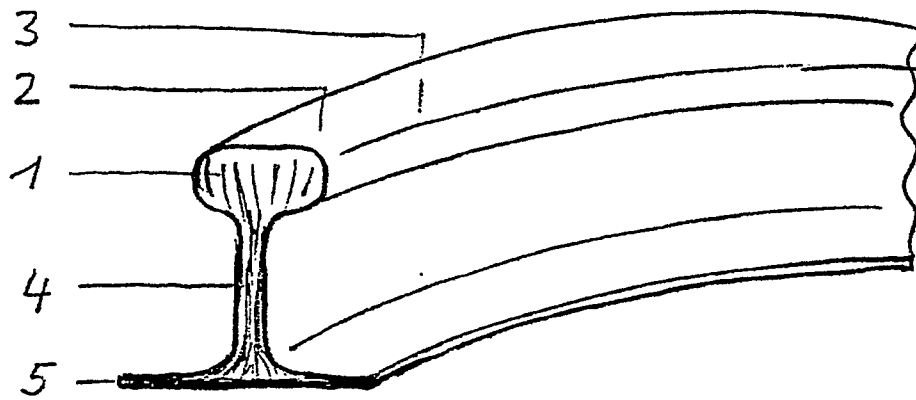


Fig. 1