(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 432 835 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(21) Anmeldenummer: **02777151.8**

(22) Anmeldetag: **19.09.2002**

(51) Int Cl.[7]: **C21D 9/04**, C21D 1/84

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/010512

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/028912 (10.04.2003 Gazette 2003/15)

(54) **VERFAHREN ZUR THERMISCHEN BEHANDLUNG VON SCHIENEN**

METHOD FOR THERMAL TREATMENT OF RAILS

PROCEDE DE TRAITEMENT THERMIQUE DE RAILS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

(30) Priorität: **29.09.2001 DE 10148305**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.2004 Patentblatt 2004/27

(73) Patentinhaber: **SMS Meer GmbH**
41069 Mönchengladbach (DE)

(72) Erfinder:
- **KÜPPERS, Klaus**
  40699 Erkrath (DE)
- **MEYER, Meinert**
  40699 Erkrath (DE)
- **NERZAK, Thomas**
  45881 Gelsenkirchen (DE)

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte Hemmerich & Kollegen,
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 187 904
EP-A- 0 612 852
EP-A- 0 693 562
US-A- 4 933 024

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 235 (C-136), 20. November 1982 (1982-11-20) & JP 57 137425 A (SHIN NIPPON SEITETSU KK;OTHERS: 01), 25. August 1982 (1982-08-25)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) & JP 08 252602 A (NIPPON STEEL CORP), 1. Oktober 1996 (1996-10-01)**

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).

EP 1 432 835 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Schienen, insbesondere von warmgewalzten Fahr- bzw. Eisenbahnschienen mit Profilteilen unterschiedlicher Masse, wobei die Schienen aus der Walzhitze durch eine gezielte thermische Behandlung und Kühlung im der Profilteile im Profilbereich, insbesondere im Schienenkopf, ein gewünschtes Gefüge mit erhöhter Festigkeit erhalten.

[0002] Es ist bekannt, Schienen aus der Walzhitze bis auf Temperaturen unterhalb 80° auf Kühlbetten abzukühlen. Wegen der asymmetrischen Anordnung der Massen aufgrund der unterschiedlichen Profilteile der Schienen ergibt sich zwischen Kopf und Fuß der Schienen ein unterschiedliches Abkühlverhalten. Der Fuß kühlt sich schneller ab als der Kopf, woraus resultiert, dass sich die Schiene beim Erkalten krümmt. Durch Vorbiegen der noch heißen Schiene oder durch einen unterschiedlichen Abkühlprozess für Kopf und Fuß kann dieser Krümmung vorgebeugt werden. Durch das Vorbiegen oder durch den differenzierten Kühlprozess werden jedoch Eigenspannungen in der Schiene erzeugt, die deren mechanische Eigenschaften und damit die Lebensdauer nachteilig beeinflussen.

[0003] Durch das US-A-4.933 024 ist es bekanntgeworden, eine Schiene aus der Walzhitze heraus auf A_{r3}-Temperatur oder darunter liegend abzukühlen, danach auf einen Temperaturbereich von A_{C3}-Umwandlungstemperatur bis 950°C aufzuheizen und anschließend wieder zu kühlen.

[0004] Um ein gleichmäßiges Abkühlen von Fuß und Kopf der Schiene zu gewährleisten, wird in der DE 42 37 991 A1 vorgeschlagen, die Schiene mit dem Kopf nach unten hängend über das Kühlbett zu transportieren, und weitergehend in der US-PS 468 788, die nach unten hängenden Schienenköpfe in ein mit Wasser gefülltes Becken ganz oder teilweise einzutauchen, wobei sie gleichzeitig mittels Druckschrauben gegen ein festes Widerlager gedrückt werden.

[0005] Die bei der Abkühlung stattfindenden Gefügeumwandlungen werden in der EP 0 693 562 B1 beschrieben, wobei vorgeschlagen wird, dass das Walzgut mit einer durchschnittlichen Temperatur von höchstens 1100°C, mindestens jedoch 750°C gerade ausgerichtet wird, dann in Querrichtung gebracht und in einem ersten Kühlabschnitt mit gleicher örtlicher Kühlintensität auf eine Temperatur zwischen 860°C bis 5 bis 120°C über der Ar-Temperatur gekühlt, danach in einem zweiten Abkühlschritt mit gleicher, im Querschnitt gesehen mit umfänglich unterschiedlicher Kühlintensität, je nach Volumenanteil bezogen auf die Oberfläche, dem Walzgut in Längsrichtung Wärme entzogen und dadurch eine Gefügeumwandlung in eine martensitfreie feinperlitische Struktur erzeugt wird, wonach in einem Folgeschritt wieder mit gleicher örtlicher Kühlintensität die Abkühlung bis Raumtemperatur fortgesetzt wird.

[0006] Aus der DE-C-30 06 695 ist ein Verfahren bekannt, bei welchem die Abkühlung durch einen Zwischenschritt mit Wiederaufheizen unterbrochen und in dem zunächst durch Abkühlung der Schienen aus der Walzhitze im gesamten Querschnitt eine Umwandlung bewirkt, wonach der Schienenkopf, insbesondere durch induktive Erwärmung, reaustenitisiert und daran anschließend weiter gekühlt wird. Als Ergebnis erhält man ein feinlamellares perlitisches Gefüge, es besteht jedoch die Gefahr der Bildung unerwünschter Anteile an Bainit und Martensit im Gefüge.

[0007] Um dieses zu vermeiden, wird in der EP 0 187 904 B1 neben dem Zusatz verschiedener Legierungsstoffe verfahrensmäßig vorgeschlagen, den Schienenkopf zunächst im Durchlauf in hinreichender Tiefe bis zu 50 mm mittels Brenner oder induktiv auf eine Austenitisierungstemperatur von 950 bis 1050°C aufzuheizen, anschließend mit Pressluft den Schienenkopf in einer ersten Abkühlstufe innerhalb von 10 bis 20 Sekunden auf 650 bis 600°C vor den Bereich der Perlitumwandlung zu kühlen und in einer zweiten Abkühlstufe mit gegenüber der ersten Stufe gedrosselter Luftmenge innerhalb von 2 bis 4 Minuten auf ca. 400°C bis zur Beendigung der Perlitumwandlung unter Bildung eines feinlamellaren perlitischen Gefüges abzukühlen. Anschließend wird der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C für einen Zeitraum von 4 bis 6 Minuten erwärmt und sodann schnell auf unter 100°C abgeschreckt.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, durch das eine gezielte thermische Behandlung speziell während der Abkühlung des Schienenkopfes ermöglicht und mit einfachen Mitteln ein Gefüge- erzeugt wird, das einen feinlamellaren Perlit aufweist, der sich durch ein bestimmtes Härteniveau und damit verbunden durch eine hohe Verschieissfestigkeit auszeichnet und wobei während des Abkühlvorgangs insbesondere in den Randzonen des Schienenkopfes kein Bainit entsteht.

[0009] Diese Aufgabe wird bei Schienen der vorstehend genannten Art durch die Maßnahmen des Anspruchs 1 gelöst, die gekennzeichnet sind durch die hintereinander angeordneten Verfahrensschritte:

a) Gezieltes Vorkühlen der Schiene aus der Walzhitze auf eine Kemtemperatur des Schienenkopfes von 750 °C bis 850 °C derart, dass eine zwischenzeitliche Unterkühlung der Randzone des Schienenkopfes und eine dortige vorzeitige Umwandlung verhindert wird,

b) Aufheizen der Randzone des Schienenkopfes auf mindestens Kerntemperatur,

c) Fertigkühlen der Schiene mit so hoher Wärmestromdichte, dass für die Kemzone des Schienenkopfes eine möglichst kurze $t_{8/5}$-Zeit (Abkühlzeit von 800 bis 500°C im ZTU-Schaubild) erreicht wird.

[0010] Durch diese erfindungsgemäß durchgeführten Verfahrensschritte mit zunächst gezielter Kühlung und daran anschließendem Wiederaufheizen, durch das die abgekühlten Randzonen mindestens wieder auf die Kemtemperatur aufgeheizt werden, wird es möglich, in der direkt anschließenden Kühlstrecke eine hohe Wärmestromdichte für die Schienen einzustellen, ohne die Randzonen unter die Bainit-Starttemperatur zu kühlen. Dabei kann gleichzeitig sichergestellt werden, dass für die Kernzone eine möglichst kurze $t_{8/5}$-Zeit erreicht wird: Dies bedeutet insbesondere, dass der gesamte Schienenkopf gerade so schnell in die Umwandlungszone gekühlt wird, dass das gewünschte feinlamellare Perlitgefüge erzeugt wird.

[0011] Eine zwischenzeitliche Unterkühlung der Randzone und eine dortige vorzeitige Umwandlung wird somit verhindert und die Entstehung von Bainit vermieden. Gleichzeitig wird das Temperaturprofil des Schienenkopfes vor Eintritt in die abschließende Kühlstrecke homogenisiert, so dass auch die Kernzone des Schienenkopfes in ein ähnlich feinlamellares perlitisches Gefüge wie in der Randzone umgewandelt wird.

[0012] Ohne die erfindungsgemäße Verfahrensweise müsste die Kühlstrecke mit einer deutlich geringeren Wärmestromdichte betrieben werden, bzw. die einzustellende Wärmeübergangszahl wäre ca. 30 bis 40 % niedriger anzusetzen, um die Bainit-Bildung in den Randzonen des Schienenkopfes zu vermeiden. Hierdurch würden sich dann für den Kembereich eine erheblich längere $t_{8/5}$-Zeit, ein größerer Lamellenabstand und damit verbunden geringere Härtewerte im Perlitgefüge ergeben.

[0013] Das gezielte Vorkühlen auf eine Kemtemperatur des Schienenkopfes von 750 bis 850°C kann gemäß der Erfindung durch Abkühlen an Luft mit natürlicher Konvektion oder forciert mit Hilfe von Ventilatoren erfolgen. Es ist aber auch möglich, mit Hilfe von Düsen mit einem Wasser-Luft-Gemisch (Aerosol-Kühlung) zu kühlen, wobei diese Kühlung vorzugsweise auf einem Querschlepper mit entsprechender Anzahl von Liegeplätzen vorgenommen wird.

[0014] Während des Abkühlvorgangs wird die Oberflächentemperatur beispielsweise an der Schienenkopfmitte berührungslos mit Hilfe eines Pyrometers gemessen. Die hier ermittelte Randzonentemperatur liegt dann je nach der Abkühlart und Intensität ca. 30 bis 60°C unterhalb der noch vorhandenen Kemtemperatur.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Temperatur des Schienenkopfes während der gesamten thermischen Behandlung, ausgehend vom Eintritt in die Vorkühleinrichtung bis zum Verlassen der Fertigkühleinrichtung gemessen. Die gemessenen Werte werden in eine Mess- und Regeleinrichtung eingespeist und dienen zur Steuerung der einzelnen durchzuführenden Verfahrensschritte, einschließlich der der Fertigkühlung vorgeschalteten Aufheizung.

[0016] Eine schematisierte Anlage zur thermischen Behandlung nach dem Walzprozess einer beispielhaften Schiene ist nachfolgend in schematischen Zeichnungsfiguren dargestellt.

[0017] Es zeigen:

Fig.1 eine Schiene in Querschnitt,

Fig. 2 eine thermische Behandlungsanlage als Ablaufschema.

[0018] In Figur 1 ist der Querschnitt einer Schiene 1 dargestellt. Die Schiene 1 besteht aus Profilteilen unterschiedlicher Masse, dem Schienenkopf 2 mit Randzone 5 und Kernzone 6, dem Mittelteil 3 und dem Schienenfuß 4. Die Randzone 5 des Schienenkopfes 2 ist in Fig. 1 gestrichelt dargestellt; es ist der Bereich, der primär durch gezielte thermische Behandlung in ein feinlamellares Perlitgefüge umgewandelt werden soll, ohne dass bei der thermischen Behandlung in dieser Randzone bzw. in diesen Bereich 5 Bainit entsteht.

[0019] In Figur 2 ist eine schematisierte Anlage 10 zur Durchführung der thermischen Behandlung nach der Erfindung dargestellt. Die Anlage 10 besteht - in der Walzlinie x-x hinter dem letzten Walzgerüst 11 hintereinander angeordnet - aus einer Vorkühleinrichtung 12, einer vorzugsweise induktiven Aufheizvorrichtung 13 und einer Fertigkühleinrichtung 14, die von der Schiene 1 nach ihrem Austritt aus dem Walzgerüst 11 nacheinander durchlaufen werden. Die Steuerung der thermischen Behandlung - umfassend die Intensität der Kühlung bzw. der Aufheizung sowie die Durchlaufgeschwindigkeit durch die einzelnen Anlagenteile 12, 13, 14, geschieht in Abhängigkeit von der jeweils gemessenen Temperatur durch eine Mess- und Regeleinrichtung 15, die über entsprechende Leitungen 16, 17, 18 für die Temperaturmesswerte und die Steuersignale mit den jeweiligen Anlagenteilen 12, 13, 14 verbunden sind.

[0020] Das dargestellte Ausführungsbeispiel einer thermischen Behandlungsanlage kann selbstverständlich je nach Art und Größe der Schienen sowie der Art der gewählten Vor - und Fertigkühlung sowie dem Umfang der Mess- und Regeleinrichtung weitestgehend variiert werden, wenn die Einhaltung der hintereinander angeordneten erfindungsgemäßen Verfahrensschritte voll inhaltlich gewahrt bleibt.

Bezugszeichenliste

[0021]

1 Schiene
2 Schienenkopf
3 Mittelteil
4 Schienenfuß
5 Randzone
6 Kemzone

10 thermische Behandlungsanlage

11 Walzgerüst
12 Vorkühleinrichtung
13 Aufheizvorrichtung
14. Fertigkühleinrichtung
15 Regeleinrichtung
16 Leitung
17 Leitung
18 Leitung

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Behandlung von Schienen (1), insbesondere von warmgewalzten Fahr- bzw. Eisenbahnschienen mit Profilteiten unterschiedlicher Masse, wobei die Schienen (1) aus der Walzhitze durch eine gezielte thermische Behandlung und Kühlung der Profilteile im Profilbereich, insbesondere im Schienenkopf (2), ein gewünschtes Gefüge mit erhöhter Festigkeit erhalten, **gekennzeichnet durch** die hintereinander angeordneten Verfahrensschritte:

a) Gezieltes Vorkühlen der Schiene (1) aus der Walzhitze auf eine Kerntemperatur des Schienenkopfes (2) von 750 °C bis 850 °C derart, dass eine zwischenzeitliche Unterkühlung der Randzone (5) des Schienenkopfes (2) und eine dortige vorzeitige Umwandlung verhindert wird,

b) Aufheizen der Randzone (5) des Schienenkopfes (2) auf mindestens Kerntemperatur,

c) Fertigkühlen der Schiene (1) mit so hoher Wärmestromdichte, dass für die Kemzone (6) des Schienenkopfes (2) eine möglichst kurze $t_{8/5}$-Zeit (Abkühlzeit von 800 bis 500°C im ZTU-Schaubild) erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Fertigkühlen der gesamte Schienenkopf (2) gerade so schnell durch die Umwandlungszone gekühlt wird, dass ein gewünschtes feinlamellares Perlitgefüge erzeugt wird, ohne dabei die Randzone (5) unter die Bainit-Starttemperatur zu kühlen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Vorkühlung der Schiene (1) je nach der Schienenquerschnittsgröße mit Luft durch natürliche Konvektionskühlung oder forciert mit Hilfe von Ventilatoren oder aber über Düsen mit einem Wasser-Luftgemisch (Aerosol-Kühlung) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des Abkühlvorgangs der Vorkühlung die Oberflächentemperatur - vorzugsweise an der Schienenkopfmitte - berührungslos, beispielsweise mit einem Pyrometer gemessen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich zur Temperaturmessung während der Vorkühlung die Oberflächentemperatur - vorzugsweise an der Schienenkopfmitte - auch während des Aufheizens und des Fertigkühlens gemessen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die gemessenen Temperaturwerte mit Hilfe einer Mess- und Regeleinrichtung (15) zur Steuerung des zeitlichen Verlaufs und der Intensität der gesamten thermischen Behandlung der Schiene (1) für die einzelnen Verfahrensschritte verwendet werden.

Claims

1. A method for thermally treating rails (1), particularly hot-rolled carriageway or railway rails with profile sections of different mass, wherein rails (1) having the hot-forming temperature are subjected to a targeted thermal treatment and cooling of the profile sections such that a desired structure with increased strength is achieved in the profiled region, particularly in the rail head (2), **characterized in that** the following steps are carried out successively:

a) targeted precooling of the rail (1) from the hot-forming temperature to a core temperature of the rail head (2) between 750°C and 850°C, namely such that an interim undercooling of the edge zone (5) of the rail head (2), as well as a premature transformation thereof, is prevented,

b) heating the edge zone (5) of the rail head (2) to at least the core temperature,

c) finish-cooling the rail (1) with such a high heat flow density that the shortest $t_{8/5}$-time (cooling time from 800 to 500°C in the time-temperature transformation diagram) possible is achieved for the core zone (6) of the rail head (2).

2. The method according to claim 1,
characterized in that,
during the finish-cooling step, the entire rail head (2) is cooled through the transformation zone so rapidly that a desired fine-lamellar perlite structure

is produced without cooling the edge zone (5) below the bainite starting temperature.

3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the precooling of the rail (1) is realized, depending on the cross-sectional dimensions of the rail, by means of air in the form of either natural convection cooling or forced cooling with the aid of fans or by means of a water-air mixture ejected from nozzles (aerosol cooling).

4. The method according to claim 3, **characterized in that** the surface temperature is measured--preferably at the rail head center-in a contactless fashion, for example, with a pyrometer during the cooling phase of the precooling step.

5. The method according to claim 4, **characterized in that** the surface temperature--preferably at the rail head center--is not only measured during the precooling step, but also during the heating and the finish-cooling step.

6. The method according to claim 4 or 5, **characterized in that** the measured temperature values are used by a measuring and control unit (15) for controlling the course in time and the intensity of the entire thermal treatment of the rail (1) in the individual steps.

Revendications

1. Procédé pour le traitement thermique de rails (1), notamment de rails de voies, respectivement de voies ferrées laminés à chaud avec des pièces de profilés de masse différente, dans lequel les rails (1) acquièrent une texture souhaitée avec une dureté accrue à partir de la chaleur de laminage par un traitement thermique ciblé et un refroidissement des pièces de profilé au niveau du profilé, notamment dans la tête de rail (2), **caractérisé par** les étapes de procédé qui se succèdent :

   a) Pré-refroidissement ciblé du rail (1) de la chaleur de laminage à une température de noyau de la tête de rail (2) comprise entre 750°C et 850°C, de telle sorte qu'une surfusion intermédiaire de la zone de bord (5) de la tête de rail (2) et une conversion anticipée à cet endroit soient empêchées,

   b) Chauffage de la zone de bord (5) de la tête de rail (2) à au moins la température de noyau,

   c) Refroidissement de finition du rail (1) avec une densité de courant de chaleur si élevée que, pour la zone de noyau (6) de la tête de rail (2), un temps $t_{8/5}$ le plus court possible (temps de refroidissement de 800 à 500 °C dans le graphique ZTU) est atteint.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lors du refroidissement de finition de l'ensemble de la tête de rail (2), la zone de conversion est refroidie précisément si vite qu'une texture de perlite finement lamellaire souhaitée est produite, sans refroidir ainsi la zone de bord (5) en dessous de la température de départ de bainite.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le pré-refroidissement du rail (1) s'effectue avec de l'air en fonction de la grandeur de la section transversale du rail, par refroidissement par convection naturel ou par forçage à l'aide de ventilateurs ou avec un mélange eau-air pulvérisé par des becs (refroidissement par aérosol).

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** pendant le processus de refroidissement du pré-refroidissement, la température de surface- de préférence au milieu de la tête de rail- est mesurée sans contact, par exemple avec un pyromètre.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** en plus de la mesure de température pendant le pré-refroidissement, la température de surface - de préférence au milieu de la tête de rail- est également mesurée pendant le chauffage et le refroidissement de finition.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce qu** les valeurs de température mesurées à l'aide d'un dispositif de mesure et de réglage (15) sont utilisées pour commander le déroulement temporel et l'intensité des étapes de procédé individuelles de l'ensemble du traitement thermique du rail (1).

Fig. 1

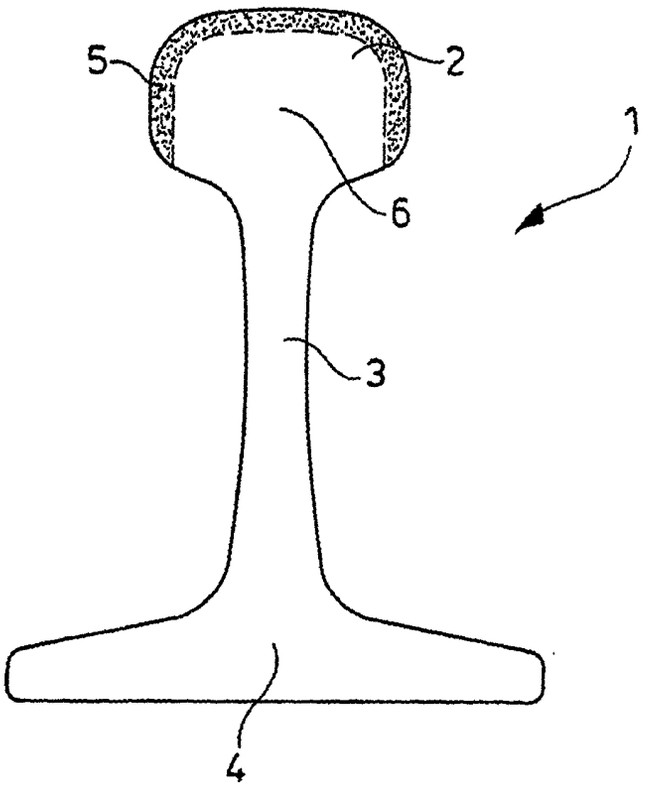


Fig. 2

