

(19)



(11)

EP 2 573 194 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

veröffentlicht nach Art. 153 Abs. 4 EPÜ

(43) Veröffentlichungstag:
27.03.2013 Patentblatt 2013/13

(51) Int Cl.:
C21D 9/04 (2006.01) **C21D 11/00** (2006.01)
C21D 1/667 (2006.01) **C21D 1/613** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11839429.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/RU2011/000819

(22) Anmeldetag: **21.10.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/064223 (18.05.2012 Gazette 2012/20)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **11.11.2010 RU 2010145748**

(71) Anmelder: **Scientific Manufacturing Enterprise
Tomsk
Electronic Company, Ltd.
Tomsk 634040 (RU)**

(72) Erfinder:

- **KHLYST, Sergey Vasilievich
Tomsk 634062 (RU)**
- **KUZMICHENKO, Vladimir Mikhaylovich
Tomsk 634006 (RU)**
- **SERGEEV, Sergey Mikhaylovich
Tomsk 634062 (RU)**
- **SHESTAKOV, Andrey Nikolaevich
Tomsk 634063 (RU)**

- **KIRICHENKO, Mikhail Nikolaevich
Tomsk 634062 (RU)**
- **PSHENICHNIKOV, Pavel Alexandrovich
Tomsk 634040 (RU)**
- **IVANOV, Alexey Gennadievich
Tomsk 634040 (RU)**
- **KOZHEVNIKOV, Konstantin Gennadievich
Tomsk 634063 (RU)**
- **GONTAR, Alexey Vladimirovich
Tomsk 634049 (RU)**
- **KHLYST, Ilya Sergeevich
Tomsk 634062 (RU)**
- **KIRICHKOV, Anatoly Alexandrovich
Sverdlovskaya obl. 622049 (RU)**
- **KUSHNAREV, Alexey Vladislavovich
Chelyabinskaya obl. 455023 (RU)**

(74) Vertreter: **Sloboshanin, Sergej et al
V. Fünér, Ebbinghaus, Finck, Hano
Mariahilfplatz 3
81541 München (DE)**

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR WÄRMEBEHANDLUNG VON SCHIENEN

(57) Die Erfindung betrifft das Gebiet der Eisenmetallurgie, insbesondere Verfahren und Vorrichtungen zur Wärmebehandlung von Eisenbahnschienen. Das technische Ergebnis besteht in der Universalität des Verfahrens und der Vorrichtung, welche die Durchführung einer Wärmebehandlung von Schienen sowohl aus kohlenstoffhaltigen unlegierten Stählen als auch aus legierten Stählen ermöglichen. Das Verfahren ermöglicht die Durchführung einer Abkühlung der Schienen mit Abkühlungsgeschwindigkeiten im Bereich von 2 bis 20°C/s, eine stufenlose Änderung der Abkühlungsgeschwindigkeit bei dem Wärmebehandlungsvorgang, das Erzielen einer einheitlichen, feindispersen Perlitstruktur (gehärtetes Sorbit) in einer Tiefe von mehr als 22 mm von der Oberfläche sowie das Erzielen einer Härte von bis zu 401 HB

entlang der Lauffläche. Die Regelung der Kühlleistung des Gasmittels erfolgt mittels einer durch ein Programm vorgegebenen quasikontinuierlichen und/oder kontinuierlichen Impulsinjektion von Wasser in einen Luftstrom. Abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls und der Anfangstemperatur der Schiene, die nicht kleiner als die Austenitisierungstemperatur ist, wird der Verbrauch des Gasmittels von 20 bis 60 m³/Min auf 1 laufenden Schienenmeter geregelt, wobei der Verbrauch an injiziertem Wasser bis zu 12 l/Min per laufendem Schienenmeter beträgt. Weiterhin beträgt der Wassergehalt in dem Gasmittel bis zu 0,2 Liter Wasser auf 1 Kubikmeter Luft. Der Gasmitteldruck wird im Bereich von 0,005 bis 0,1 MPa geregelt.

EP 2 573 194 A1

BeschreibungGebiet der Technik

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft das Gebiet der Eisenmetallurgie, insbesondere Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienen, einschließlich Eisenbahnschienen.

Stand der Technik

- 10 **[0002]** Es ist ein Verfahren zum Abkühlen einer Schiene bekannt (Patent RU 2266966 C21D9/04, C21D11/00, C21D1/02), das das Durchleiten der erwärmten Schiene durch einen Abkühlungsabschnitt mit einem Einlass- und einem Auslassbereich sowie die Abkühlung bis zur Umformung der Mikrostruktur der Schiene zu einer Perlit-oder Ferrit-Perlit-Mikrostruktur umfasst und sich dadurch auszeichnet, dass die Schiene durch einen Abkühlungsabschnitt geleitet wird, der aus einzelnen, unabhängigen, in der Länge des Abkühlungsabschnitts aufeinander folgend angeordneten Abkühlungsmodulen mit unabhängig regelbaren Kühlungsparametern und mit Zwischenbereichen besteht, die zur Aufnahme struktureller Spannungen zwischen den Abkühlungsmodulen angeordnet sind, mit Mitteln zur Bestimmung der tatsächlichen Temperatur des Schienenkopfes. Abhängig von dem entsprechenden Wert der tatsächlichen Temperatur eines Bauteils werden in einem Zwischenbereich die Parameter der Kühlungsintensität geregelt, wenigstens entsprechend dem folgenden Abkühlungsmodul, zur Erzielung einer vorgegebenen Temperatur des Schienenkopfes während des gesamten Durchlaufens des Abkühlungsabschnitts, die die kritische Temperatur für die Bildung einer Bainitstruktur übersteigt.

- 15 **[0003]** Ein Nachteil dieses Verfahrens ist der begrenzte Bereich der Regelung der Abkühlungsgeschwindigkeit bei dem Vorgang beim Abkühlungsablaufvorgang. Weiterhin erreicht die Temperatursenkung an der Oberfläche des Schienenkopfes während 4-5 s des Abkühlungsablaufs 350°C-450°C, was zur Bildung von Bainitstrukturen in der Mikrostruktur der Oberflächenschichten der Schiene führen kann. Dadurch besteht der spezielle Nachteil dieses Verfahrens in den starken Schwankungen der Temperatur an der Oberfläche des Schienenkopfes (von 350°C bis 100°C), was zu einer uneinheitlichen Makrostruktur führen kann.

- 20 **[0004]** Ein weiterer Nachteil ist die Uneinheitlichkeit der Wärmebehandlung in der Länge der Schiene, da bei dem Durchleitungs-Ablauf der Wärmebehandlung unter Regelung der Abkühlungsintensität in den einzelnen unabhängigen Modulen die verschiedenen Abschnitte der Schiene verschiedene Abkühlungsabläufe durchlaufen.

- 25 **[0005]** Es sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum differenzierten Härten unter Abkühlung des Schienenkopfes und -fußes durch Pressluft über ein System von Sammlern mit Öffnungen (Düsen) bekannt (Patent US 4913747, internationale Klasse C21 D 9/04). Dieses Patent wurde als nächstgelegener Stand der Technik zu der Vorrichtung zur Wärmebehandlung von Schienen gewählt.

- 30 **[0006]** Die Vorrichtung besteht aus:

- 35 Beschickungs-, Entnahme- und Positioniereinrichtungen, einer Halteeinrichtung zum Befestigen der Schiene so, dass der Schienenkopf oben (auf dem Fuß) angeordnet ist, einem Turbinenkompressor, einem System von Luftleitungen und Sammlern mit Öffnungen (Düsen) für die Kühlmittelförderung an die Schiene, Positioniereinrichtungen für die oberen, unteren und seitlichen Sammler mit einem Luftzufuhrleitungsteil, einem Luftzufuhrregelsystem und einem Temperaturüberwachungssystem.

- 40 **[0007]** Dieses Verfahren und diese Vorrichtung ermöglichen die Durchführung einer Wärmebehandlung nur von Schienen aus legierten oder stark kohlenstoffhaltigen Stählen (übereutektoiden Stählen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,9 bis 1,2 Masseprozent).

- 45 **[0008]** Der Hauptnachteil des Verfahrens und der Vorrichtung liegt in dem kleinen Regelungsintervall der Abkühlungsgeschwindigkeiten, das eine Wärmebehandlung der Schienen mit Geschwindigkeiten bis zu 4,5°C/s ermöglicht, da das Kühlmittel Luft ist, was keine Wärmebehandlung von Schienen aus kohlenstoffhaltigem, unlegiertem Stahl zulässt, da hierfür wesentlich höhere Abkühlungsgeschwindigkeiten erforderlich sind (10°C/s und mehr).

- 50 **[0009]** Ein weiterer Nachteil der Vorrichtung liegt in der Verwendung starker Antriebe und komplexer Metallkonstruktionen, da zur Wärmebehandlung jeder Schiene die Konstruktion oberer und seitlicher Sammler zum Abkühlen der Schienen mit dem Luftzufuhrleitungsteil angehoben und abgesenkt werden muss.

- 55 **[0010]** Es ist ein weiteres Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienen bekannt (Patent RU 2280700 C21 B9/04), das die kontinuierliche Abkühlung eines Schienenkopfes mit einem geregelten Nachkühlen von Schienenprofilkomponenten umfasst und sich dadurch auszeichnet, dass die Schiene aus einer Walzhitze auf eine Temperatur von 820-870°C zwischengekühlt und in zwei Mitteln abgekühlt wird: Zunächst an der Oberfläche des Schienenkopfes mit Pressluft für eine Dauer von 20-30 s mit einer Luftmenge von 3000-4000 m³/h bei einer Lufttemperatur von 10-25°C und einem Druck von 0,55 MPa, anschließend erfolgt eine Abkühlung des Schienenkopfes mit einem Wasser-Luft-Gemisch mit einer

Wassermenge von 25-30 l/Min, einer Wassertemperatur von 10-30°C und einem Druck von 0,3-0,4 MPa, gleichzeitig mit einer Abkühlung des Schienenkopfes erfolgt eine Abkühlung des Schienenfußes mit dem Wasser-Luft-Gemisch bei einer Wassertemperatur von 10-30°C, einer Menge von 6-7 l/Min und einem Druck von 0,08-0,09 MPa.

[0011] Dieses Verfahren ist für die Wärmebehandlung von Schienen aus unlegierten, kohlenstoffhaltigen (untereutektoiden) Stählen anwendbar, ist jedoch für die Wärmebehandlung von übereutektoiden und legierten Stählen begrenzt, was sein wesentlicher Nachteil ist.

[0012] Zu den weiteren Nachteilen dieses Verfahrens zählen: die scharfe Änderung der Abkühlungsgeschwindigkeit der Schiene nach Zufuhr des Wasser-Luft-Gemischs mit einer Wassermenge von 25-30 l/Min auf das Schienenprofil, was dem Prinzip der einheitlichen Abkühlung zuwiderläuft und zur Ausbildung einer Uneinheitlichkeit der Makro- und Mikrostrukturen führen kann. Weiterhin zieht die Verwendung von Luft mit dem hohen Druck von 0,55 MPa bei den genannten Luftmengen die Notwendigkeit zur Verwendung sehr starker Kompressoren und sehr großer Druckgasbehälter nach sich, was die Vorrichtung komplex und energieaufwändig macht.

[0013] Die Aufgaben des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind: die Regelung der Kühlleistung des Gaskühlmittels, sowohl impulsartig quasikontinuierlich als auch kontinuierlich, die Vergrößerung des Bereichs und der Stufenlosigkeit der Regelung der Abkühlungsgeschwindigkeit, die Verkürzung der Dauer der Wärmebehandlung der Schienen, die Möglichkeit der Wärmebehandlung von Schienen aus unlegierten und legierten Stählen, die Erzielung einer hohen Härte entlang der Lauffläche, die Verbesserung der Plastizitäts- und Beständigkeitseigenschaften des wärmebehandelten Stahls, die Vereinfachung der Vorrichtung und die Verringerung des Energieverbrauchs.

[0014] Das technische Ergebnis besteht in der Schaffung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, die Folgendes ermöglichen:

- Regeln der Kühlleistung des Gaskühlmittels sowohl impulsartig quasikontinuierlich als auch kontinuierlich nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf.
- Durchführen einer Wärmebehandlung von Schienen aus kohlenstoffhaltigen unlegierten (untereutektoiden und übereutektoiden) und legierten Stählen.
- Durchführen einer Abkühlung der Schienen mit Abkühlungsgeschwindigkeiten im Bereich von 2 bis 20°C/s.
- Die Abkühlungsgeschwindigkeiten beim Wärmebehandlungsvorgang in verschiedenen Abkühlungsphasen quasikontinuierlich stufenlos oder scharf zu ändern.
- Den Druck im Gaskühlmittelzufuhrsystem zu senken.
- Durch Intensivierung der Kühlleistung des Gasmittels beim Abkühlungsvorgang eine einheitliche, feindisperse Perlitstruktur (gehärtetes Sorbit) in einer Tiefe von mehr als 22 mm von der Oberfläche zu erzielen.
- An der Lauffläche eine Härte bis zu 401 HB zu erzielen und die Plastizitäts- und Beständigkeitseigenschaften des wärmebehandelten Stahls zu verbessern, indem die Dispersität des Perlits verringert wird.
- Die Gesamtzeit der Wärmebehandlung der Schiene zu verringern, die Vorrichtung zu vereinfachen und den Energiebedarf zu senken.

[0015] Das technische Ergebnis wird durch ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienen erzielt, umfassend eine kontinuierliche Abkühlung eines Schienenkopfes mit einem geregelten Nachkühlen von Schienenprofilkomponenten, wobei die Schiene aus einer Walzhitze zuerst mit Pressluft und dann mit einem Wasser-Luft-Gemisch abgekühlt wird, wobei gleichzeitig mit der Abkühlung des Schienenkopfes die Abkühlung eines Schienenfußes erfolgt, **wobei erfindungsgemäß** die Abkühlung der Schiene aus kohlenstoffhaltigem unlegierten (untereutektoiden, übereutektoiden) oder legierten Stahl aus der Walzhitze und/oder nach der Wiedererwärmung beginnend mit einer Temperatur, die nicht kleiner als die Austenitisierungstemperatur ist, mit einem Gasmittel durchgeführt wird, wobei das Gasmittel ein Luftbad mit einem während der Wärmebehandlung regelbaren Luftfeuchtigkeitsgrad und Druck darstellt, wobei die Regelung der Kühlleistung des Mittels durch eine quasikontinuierliche Impulsinjektion des Wassers in den Luftstrom nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf erfolgt.

[0016] Weiterhin erfolgt die Regelung der Kühlleistung des Mittels kontinuierlich nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf.

[0017] Weiterhin wird die Zufuhr des Gasmittels in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls mit einem Verbrauch von 10 bis 60 m³/Min per laufendem Schienenmeter geregelt, wobei der Verbrauch des injizierten Wassers auf 12 l/Min per laufendem Schienenmeter geändert wird.

[0018] Weiterhin wird die Zufuhr des Gasmittels in Abhängigkeit von der Anfangstemperatur der Schiene, der Feuchtigkeit und der Temperatur der Ausgangsluft sowie der Wassertemperatur geregelt.

[0019] Weiterhin beträgt der Wassergehalt im Gasmittel bis zu 0,2 Liter Wasser pro Kubikmeter Luft.

[0020] Weiterhin wird der Druck des Gasmittels im Bereich von 0,005 bis 0,1 MPa geregelt.

[0021] Weiterhin wird die Abkühlgeschwindigkeit im Bereich von 2 bis 20°C/s geregelt.

[0022] Das technische Ergebnis des Verfahrens zur Wärmebehandlung von Schienen wird durch eine Vorrichtung

durchgeführt, die Folgendes umfasst: Beschickungs-, Entnahme- und Positioniereinrichtungen, eine Halteeinrichtung zur Schienenbefestigung, einen Turbinenkompressor, ein System von Luftleitungen und Sammlern mit Düsenöffnungen zur Kühlmittelförderung an die Schienenprofilkomponenten, Positioniereinrichtungen für Luftleitungen und Sammler mit Düsenöffnungen, ein Kühlmittelregelsystem und ein Temperaturüberwachungssystem, *dadurch gekennzeichnet, dass* die Beschickungs-, Entnahme- und Positioniereinrichtungen, die Halteeinrichtung zur Schienenbefestigung mit einer Möglichkeit der Anordnung der Schiene in der Lage "Kopf nach unten" ausgeführt sind, wobei zusätzlich ein System zur quasikontinuierlichen Impulsinjektion des Wassers in den Gasstrom vorgesehen ist, die Folgendes umfasst: einen Wasserbehälter, ein Wasserrohrleitungssystem, Wasserdurchfluss- und -druckregler, Steuerventile, gesteuerte Regelventile, Impulsinjektoren sowie ein Steuerungssystem, das die quasikontinuierliche Impulsinjektion des Wassers nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf ermöglicht.

[0023] Weiterhin wird die Wasserinjektion kontinuierlich nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf durchgeführt.

[0024] Weiterhin werden der Verbrauch und der Druck des Gaskühlmittels und des injizierten Wassers nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf geregelt.

[0025] Weiterhin bestimmt das Steuerungssystem die Schienentemperatur, die Temperatur und die Feuchtigkeit des ursprünglichen Gasmittels sowie die Wassertemperatur, und der Abkühlablauf wird ausgehend von den erhaltenen Daten korrigiert.

[0026] Weiterhin ist die Vorrichtung mit Verschiebemechanismen zum Verschieben der Schienen und/oder der Sammler bezüglich der senkrechten und/oder der waagerechten Achse ausgestattet.

[0027] Weiterhin werden Schienen mit unterschiedlichen Profilen abgekühlt, indem man den Abstand von Schienenprofilkomponenten zu Düsenöffnungen variiert.

[0028] Weiterhin überwacht das Steuerungssystem den Druck und den Verbrauch des Gasmittels und bestimmt die Betriebsart des Turbinenkompressors.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] Die Durchführung der Erfindung wird durch die unten stehenden Zeichnungen erläutert.

Fig. 1: Beispiel eines Injektorsteuerungsdiagramms.

Fig. 2: Grundschemata der Wärmebehandlungsvorrichtung.

Fig. 3: Grundschemata der Wärmebehandlungsvorrichtung mit Angabe der überwachten technischen Parameter.

Fig. 4: Beispiel der Vorrichtung zur Wärmebehandlung von Schienen. Gesamtansicht.

Durchführung der Erfindung

[0030] Beim Vorgang der Wärmebehandlung von Schienen wird in der Anfangsphase der Abkühlung für eine Dauer von 1 bis 90 s. die Temperatur der Oberfläche des Schienenkopfes stufenlos auf die Mindestbeständigkeitstemperatur von Austenit bei einer Perlitumwandlung gesenkt, wobei diese Dauer die Länge der Inkubationszeit nicht überschreitet. Anschließend wird in der zweiten Phase die Abkühlungsgeschwindigkeit vorgegeben, die zur Bildung einer feindispersen Perlitstruktur in der Oberflächenschicht erforderlich ist, weiterhin wird eine Abkühlungsgeschwindigkeit vorgegeben, bei der die Bildung einer feindispersen Perlitstruktur entsprechend dem Fortschritt der Perlitumwandlung in der Tiefe des Schienenkopfs ermöglicht wird.

[0031] Die Abkühlung wird bei dem Wärmebehandlungsvorgang durch das Gasmittel mit der regelbaren Kühlleistung durchgeführt. Durch die Injektion von Wasser in den Luftstrom und durch Änderung des Gasmitteldrucks wird die Kühlleistung des Gasmittels gesteuert, wodurch die vorgegebene Abkühlungsgeschwindigkeit der Schiene erreicht wird. Die Wasserinjektion wird in einem impulsartigen, quasikontinuierlichen Ablauf unter Änderung der Impulslänge von 20 bis 10000 ms und mehr sowie mit einem Impulsverhältnis von 1 bis 10000 durchgeführt.

[0032] Das Impulsverhältnis ist das Verhältnis der Summe der Länge der Pause zwischen den Impulsen und der Impulslänge zur Impulslänge.

$$Q = (T_{\text{Pause}} + T_{\text{Impuls}})/T_{\text{Impuls}},$$

wobei

T_{Pause} die Pause zwischen den Impulsen ist ;

T_{Impuls} die Impulslänge ist.

[0033] Ein Beispiel eines Injektorsteuerungsdiagramms ist in Fig. 1 dargestellt.

[0034] Die impulsartige Wasserzufuhr und der schnelle Luftauslass in der Vorrichtung erzeugen ein einheitliches Gaskühlmittel mit regelbarer Kühlleistung, das eine Änderung der Abkühlungsgeschwindigkeit der Schiene im Bereich von 2 bis 20°C/s ermöglicht. Die Temperatur des injizierten Wassers kann im Bereich von 10 bis 45°C geändert werden.

[0035] Die Temperatur der Ausgangsluft kann im Bereich von minus 30°C bis plus 50°C und die Feuchtigkeit im Bereich von 40 bis 100% geändert werden. Bei einem minimalen Feuchtigkeitsgehalt von 10 g/m³ wird bei 1 Impuls von 50 ms 0,008 g/m³ Wasser zugefügt, d.h. weniger als 0,1%. Bei einem maximalen Feuchtigkeitsgehalt von 200 g/m³ wird bei 1 Impuls von 1000 ms 3,33 g Wasser zugefügt, d.h. weniger als 1,7%. Bei einem Impuls zur Injektion von Wasser in den Luftstrom wird 0,008 bis 3,33 g/m³ zugeführt, was zu einer stufenlosen, quasikontinuierlichen Änderung des Feuchtigkeitsgehalts in der Luft führt (weniger als 1,7%), dadurch wird die Stufenlosigkeit der Änderung der Abkühlungsgeschwindigkeit erreicht.

[0036] In Tabelle 1 sind die experimentell gewonnenen Daten zur Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit des Schienenkopfes von dem Druck des Gasmittels dargestellt.

Tabelle 1 Daten zur Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit des Schienenkopfes von dem Druck des Gasmittels						
Kühlmittel/Druck in den Sammlern	Gasmittel					
	Druck 0,005 MPa	Druck 0,015 MPa	Druck 0,025 MPa	Druck 0,04 MPa	Druck 0,05 MPa	Druck 0,1 MPa
Anfangs-Abkühlungsgeschwindigkeit, °C/s	2,0	4,34	4,55	4,82	4,91	4,99

Der Druck des Gaskühlmittels wird entsprechend der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls im Bereich von 0,005 bis 0,1 MPa bestimmt.

[0037] Bei einer Erhöhung des Luftdrucks auf über 0,1 MPa erhöht sich Abkühlungsgeschwindigkeit nicht wesentlich, eine weitere Erhöhung ist wirtschaftlich nicht sinnvoll.

[0038] Der untere Bereich der Abkühlungsgeschwindigkeit von 2°C/s wird durch die Zufuhr des Gasmittels mit einem Druck von 0,005 MPa ohne Injektion von Wasser erreicht.

[0039] In Tabelle 2 sind die experimentell gewonnenen Daten zur Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit des Schienenkopfes vom Luftverbrauch und der injizierten Wassermenge dargestellt.

Tabelle 2 Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit vom Gasmitteldruck und der injizierten Wassermenge						
Gasmitteldruck, MPa	0,005	0,015	0,025	0,04	0,05	0,1
Gasmittelverbrauch, m ³ /Min auf 1 lfd. Schienenm.	8	20,0	35,0	45,0	50,0	60,0
Wasserverbrauch, l/Min auf 1 lfd. Schienenmeter	---	0,2-4,0	0,35-7,0	0,45-9,0	0,5-10,0	0,6-12,0
Abkühlungsgeschwindigkeit, °C/s	2	4,5-10,0	4,7-15,0	4,9-17,0	5,6-18,0	6,0-20,0

[0040] Schienen aus einer Walzhitze oder Wiedererwärmung werden durch differenzierte Zufuhr des Gasmittels auf verschiedene Schienenprofilkomponenten bis auf eine Austenitisierungstemperatur gekühlt: auf die Lauffläche des Schienenkopfes, die Seitenflächen des Schienenkopfes und den Schienenfuß.

[0041] Die Wärmebehandlungsabläufe werden auf der Grundlage der experimentellen Daten entsprechend der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls, den erforderlichen physikalisch-mechanischen Eigenschaften, der Anfangstemperatur der Schiene vor der Abkühlung, der Temperatur und der Feuchtigkeit des Ausgangs-Gasmittels sowie der Wassertemperatur durch ein Programm vorgegeben.

[0042] Es wird ein zur Erzielung der geringstmöglichen Verbiegung der Schiene erforderlicher Ablauf der Abkühlung des Schienenfußes ausgewählt, abhängig vom Ablauf der Abkühlung des Schienenkopfes.

[0043] Die Abkühlung wird bis zu einer Temperatur von 150 bis 500°C durchgeführt, abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls.

[0044] Dieses Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienen wird mit einer Vorrichtung durchgeführt, deren Grundschema in Fig. 2 dargestellt ist, worin gezeigt sind:

1. Schiene
2. Unterer Sammler in Form eines Behälters mit Düsenöffnungen zur Abkühlung der Lauffläche des Schienenkopfes
3. Seitliche Sammler in Form von Behältern mit Düsenöffnungen zur Abkühlung der Seitenflächen des Schienenkopfes
4. Oberer Sammler in Form eines Behälters mit Düsenöffnungen zur Abkühlung des Schienenfußes
5. Turbinenkompressor
6. Druckminderungsventil zum Aufrechterhalten des vorgegebenen Drucks des Gasmittels oder des Wassers
7. Drucksensoren
8. Regelungsventile zum Regeln des Verbrauchs an Wasser oder Gasmittel
9. Injektor
10. Wasserzufuhrvorrichtung
11. Behälter mit Wasser
12. Steuerungssystem
13. Positionier- und Halteeinrichtung
14. Luftvorbereitungssystem
15. Filtersystem
16. Wasserleitung
17. Gasmittleitung

I Abkühlungsbereich der Lauffläche des Schienenkopfes (LFS)

II Abkühlungsbereich der Seitenflächen des Schienenkopfes

III Abkühlungsbereich der Fläche des Schienenfußes

[0045] In Fig. 3 ist das Grundschema der Wärmebehandlungsvorrichtung unter Angabe der überwachten technischen Parameter dargestellt, worin gezeigt ist:

- 1 - Gasmitteldruck
- 2 - Wasserdruck
- 3 - Gasmittelverbrauch
- 4 - Wasserverbrauch
- 5 - Gasmitteltemperatur
- 6 - Wassertemperatur
- 7 - Schienentemperatur
- 8 - Gasmittelfeuchtigkeit

[0046] In Fig. 4 ist ein Beispiel einer Vorrichtung zur Wärmebehandlung von Schienen in der Gesamtansicht dargestellt, worin gezeigt ist:

- 1 - Greifeinrichtung
- 2 - Beschickungseinrichtung
- 3 - Entnahmeeinrichtung
- 4 - Halteeinrichtung zur Schienenbefestigung
- 5 - Positioniereinrichtung für den oberen Sammler
- 6 - Positioniereinrichtung für den unteren und die seitlichen Sammler
- 7 - Schienenaufnahmerollgang
- 8 - Schienenabgaberollgang

[0047] Dieses Verfahren wird in der beschriebenen Vorrichtung wie folgt durchgeführt:

Nachdem die Schiene aus der Walzhitze oder Wiedererwärmung in eine seitliche Position gelangt ist, greift die Greifeinrichtung 1 (Fig. 4) an dem Aufnahmerollgang 7 an (Fig. 4). Die Beschickungseinrichtung 2 legt die Schiene in die Positionier- und Halteeinrichtung 4 um, wobei die Positioniereinrichtung des oberen Sammlers 5 den oberen Sammler anhebt. Nach der Befestigung der Schiene in der Lage "Kopf nach unten" wird der obere Sammler abgesenkt und das Abkühlen der Schiene wird durchgeführt.

[0048] Beim Umrichten auf unterschiedliche Schienenarten regelt die Positioniereinrichtung 6 des unteren Sammlers und der seitlichen Sammler den Abstand von der Oberfläche des Schienenkopfes zu den Sammlern.

[0049] Die in das Gasmittelverdichtungssystem gelangende Luft durchläuft ein Filtersystem 15 (Fig. 2) und ein Luftvorbereitungssystem 14 zur Verhinderung des Einflusses von saisonalen Schwankungen der Temperatur der Ausgangsluft.

[0050] Weiterhin wird die Luft von dem Turbinenkompressor 5 (Fig. 2) durch das Druckminderungsventil 6 und die Regelventile 8 in die Sammler 2, 3, 4 zugeführt. Dabei regelt das Steuerungssystem 12 mit Hilfe der Ventile 6 und 8 den Druck und den Verbrauch des Gasmittels.

[0051] Wasser aus dem Behälter 11 oder aus einer beliebigen anderen Quelle wird mittels der Wasserzufuhrvorrichtung 10 durch die Regelventile 8 zu den Injektoren 9 geleitet. Durch die Wasserinjektion mittels der Injektoren 9 in den Gasmittelstrom wird die Kühlleistung des Gasmittels geändert.

[0052] Anschließend wird das Gasmittel in die Sammler 2, 3, 4 zugeführt und in die Schienenoberflächenabkühlungsbereiche I, II und III geleitet. Dabei gibt das Steuerungssystem 12 automatisch die Betriebsart der Ventile 8 so vor, dass die Injektoren 9 im impulsartigen quasikontinuierlichen und/oder kontinuierlichen Ablauf arbeiten, wodurch die Änderung der Kühlleistung des Gasmittels stufenlos erfolgt.

[0053] Das Steuerungssystem 12 (Fig. 2) steuert nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf die Wärmebehandlung der Schiene unter Korrektur des Ablaufs entsprechend den überwachten Parametern 1-8 (Fig. 3).

[0054] Nach Beendigung des Kühlablaufs wird die Positioniereinrichtung der oberen Sammler 5 (Fig. 4) in die obere Position angehoben, die Entnahmeeinrichtung 3 verschiebt die Schiene auf den Abgaberollgang 8.

[0055] Die Versuche wurden an der in Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Abkühlungsvorrichtung an Vollprofilproben einer R65-Schiene mit einer Länge von 1200 mm durchgeführt. Die Proben wurden aus Stählen mit den in Tabelle 3 aufgeführten chemischen Zusammensetzungen entnommen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Lfd Nr.	C	Mn	Si	P	S	Al	V	Cr	Ni	Cu	Ti	Mo	N
1	0,78	0,97	0,37	0,010	0,009	0,004	0,056	0,277	0,115	0,009		<0,005	
2	0,76	0,95	0,37	0,012	0,005	0,005	0,052	0,037	0,107	0,013	0,0034	<0,005	0,0086

[0056] Entsprechend den Ergebnissen der durchgeführten Versuche wurde jede gehärtete Probe Laborversuchen unterzogen. Untersucht wurde die Härte, die Mikrostruktur und die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Schiene.

[0057] In Tabelle 1 sind die Versuchsdaten über die Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit der Schiene von dem Druck des Gasmittels dargestellt.

[0058] In Tabelle 2 sind die Versuchsdaten zur Abhängigkeit der Abkühlungsgeschwindigkeit der Schiene vom Luftdruck und der injizierten Wassermenge dargestellt.

[0059] Aus Tabelle 1 und Tabelle 2 wurden die technischen Parameter und die Abkühlungsgeschwindigkeitsintervalle für Schienenproben aus legiertem Chromstahl mit der chemischen Zusammensetzung Nr. 1 und aus kohlenstoffhaltigem Stahl Nr. 2 aus Tabelle 3 ausgewählt.

[0060] Die Daten zu den technischen Wärmebehandlungsparametern der Proben der R65-Schienen aus Stahl mit der chemischen Zusammensetzung Nr. 1 und Nr. 2 aus Tabelle 3 und die Ergebnisse der physikalisch-mechanischen Versuche und Untersuchungen der Mikrostruktur sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 4: Technische Wärmebehandlungsparameter der Proben von R65-Schienen aus Stahl mit der chemischen Zusammensetzung Nr. 1 aus Tabelle 3 und die Ergebnisse der physikalischmechanischen Versuche und Untersuchungen der Mikrostruktur										
Lfd. Nr.	Gasmitteldruck, MPa	Gasmittelverbrauch, m ³ /Min auf 1 lfd. Schienenm.	Wasserverbrauch, l/Min auf 1 lfd. Schienenm.	Abkühlungsgeschwindigkeit, °C/s	Abkühlungszeit, s	Mikrostruktur d. gehärteten Schienenkopfs	Härte d. Schienenquerschnitts, HB			σ_B , N/mm ²
							LFS	10mm	22 mm	
1	0,025	30	0,35	4,7	150	Gehärtetes Sorbit	363	351	331	1210
2	0,025	30	0,45	4,8	140	Gehärtetes Sorbit	375	363	341	1280
3	0,025	30	0,55	5,0	120	Gehärtetes Sorbit	388	375	363	1320
4	0,025	35	0,65	5,1	110	Gehärtetes Sorbit	401	388	378	1350
nächstgelegener Stand der Technik des Verfahrens	Wärmebehandlung von Schienen mit dieser chemischen Zusammensetzung nicht möglich									

Tabelle 5: Technische Wärmebehandlungsparameter der Proben von R65-Schienen aus Stahl mit der chemischen Zusammensetzung Nr. 2 aus Tabelle 3 und die Ergebnisse der physikalischmechanischen Versuche und Untersuchungen der Mikrostruktur										
Lfd. Nr.	Gasmitteldruck, MPa	Gasmittelverbrauch, m ³ /Min auf 1 lfd. Schienenm.	Wasserverbrauch, l/Min auf 1 lfd. Schienenm.	Abkühlungsgeschwindigkeit, °C/s	Abkühlungszeit, s	Mikrostruktur d. gehärteten Schienenkopfs	Härte d. Schienenquerschnitts, HB			σ _B , N/mm ²
							LFS	10mm	22 mm	8 %
1	0,04	45	2,5	8,3	90	Gehärtetes Sorbit	363	351	330	12
2	0,04	45	5	10,4	80	Gehärtetes Sorbit	375	363	345	12
3	0,04	45	7	13,1	70	Gehärtetes Sorbit	390	383	375	13
4	0,04	45	12	14,9	60	Gehärtetes Sorbit	401	395	388	14
5	0,04	45	13	15,3	60	Gehärtetes Sorbit+Bainit	415	400	388	10
nächstgelegener Stand der Technik des Verfahrens	0,55	44,5	20		140	Gehärtetes Sorbit	388	388	375	12
										34

[0061] Dadurch ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Durchführung einer Wärmebehandlung von Schienen sowohl aus legierten als auch aus unlegierten (kohlenstoffhaltigen untereutektoiden und übereutektoiden) Stählen bei unterschiedlichen vorgegebenen Abkühlungsabläufen.

[0062] Das Verfahren und die Vorrichtung zur Wärmebehandlung von Schienen ermöglichen die Erzielung einer Struktur aus feinkörnigem gehärtetem Sorbit in einer großen Tiefe, die Verbesserung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Stahls und dadurch eine Erhöhung der Beständigkeit der Schienen im Betrieb.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienen, umfassend eine kontinuierliche Abkühlung eines Schienenkopfes mit einem geregelten Nachkühlen von Schienenprofilkomponenten, wobei die Schiene von einer Walzhitze zuerst mit Preßluft und dann mit einem Wasser-Luft-Gemisch abgekühlt wird, wobei gleichzeitig mit der Abkühlung des Schienenkopfes die Abkühlung eines Schienenfußes erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung der Schiene aus kohlenstoffhaltigem unlegierten (untereutektoiden, übereutektoiden) oder legierten Stahl von der Walzhitze und/oder nach der Wiedererwärmung beginnend mit einer Temperatur, die nicht kleiner als die Austenitisierungstemperatur ist, mit einem Gasmittel durchgeführt wird, wobei das Gasmittel ein Luftmedium mit einem während der Wärmebehandlung regelbaren Luftfeuchtigkeitsgrad und Druck darstellt, wobei die Regelung der Kühlleistung des Mittels mittels einer quasikontinuierlichen Impulsinjektion von Wasser in den Luftstrom nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung der Kühlleistung des Mittels kontinuierlich nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr des Gasmittels in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahls mit einem Verbrauch von 10 bis 60 m³/Min per laufenden Schienenmeter geregelt wird, wobei der Verbrauch des injizierten Wassers auf 12 l/Min per laufenden Schienenmeter geändert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhr des Gasmittels in Abhängigkeit von der Anfangstemperatur der Schiene, der Feuchtigkeit und der Temperatur der Ausgangsluft sowie der Wassertemperatur geregelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wassergehalt im Gasmittel bis zu 0,2 Liter Wasser pro Kubikmeter Luft beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck des Gasmittels im Bereich von 0,005 bis 0,1 MPa geregelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlgeschwindigkeit im Bereich von 2 bis 20°C/s geregelt wird.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 mit Beschickungs-, Entnahme- und Positioniereinrichtungen, einer Halteeinrichtung zur Schienenbefestigung, einem Turbinenkompressor, einem System von Luftleitungen und Sammlern mit Düsenöffnungen zur Kühlmittelförderung an die Schienenprofilkomponenten, Positioniereinrichtungen für Luftleitungen und Sammler mit Düsenöffnungen, einem Kühlmittelregelsystem und einem Temperaturüberwachungssystem, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschickungs-, Entnahme- und Positioniereinrichtungen, die Halteeinrichtung zur Schienenbefestigung mit einer Möglichkeit der Anordnung der Schiene in der Lage "Kopf nach unten" ausgeführt sind, wobei zusätzlich ein System zur quasikontinuierlichen Impulsinjektion von Wasser in den Gasstrom vorgesehen ist, die folgendes umfasst: einen Wasserbehälter, ein Wasserrohrleitungssystem, Wasserdurchfluß- und -druckregler, Steuerventile, gesteuerte Regelventile, Impulsinjektoren sowie ein Steuerungssystem, das die quasikontinuierliche Impulsinjektion des Wassers nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf ermöglicht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wassereinjektion kontinuierlich nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf durchgeführt wird.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrauch und der Druck des Gaskühl-

mittels und des injizierten Wassers nach einem durch ein Programm vorgegebenen Ablauf geregelt werden.

- 5
11. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem die Schienentemperatur, die Temperatur und die Feuchtigkeit des ursprünglichen Gasmittels, die Wassertemperatur bestimmt und der Abkühlablauf ausgehend von den erhaltenen Daten korrigiert wird.
- 10
12. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung mit Verschiebemechanismen zum Verschieben der Schienen und/oder der Sammler bezüglich der senkrechten und/oder der waagerechten Achse ausgestattet ist.
- 15
13. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schienen mit unterschiedlichen Profilen abgekühlt werden, indem man den Abstand von Schienenprofilkomponenten zu Düsenöffnungen variiert.
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
14. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuerungssystem den Druck und den Verbrauch des Gasmittels überwacht und die Betriebsart des Turbinenkompressors bestimmt.

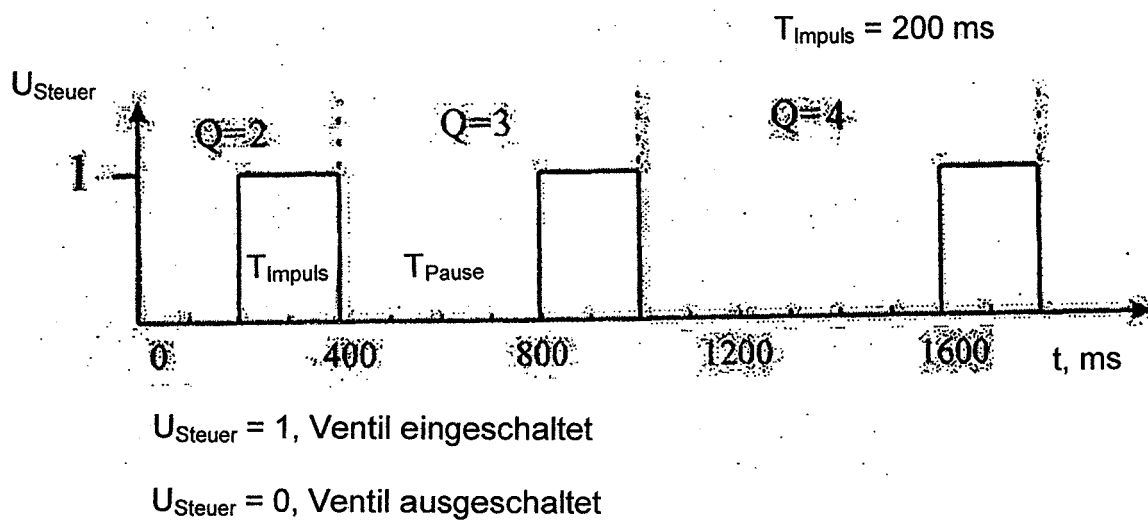


Fig. 1

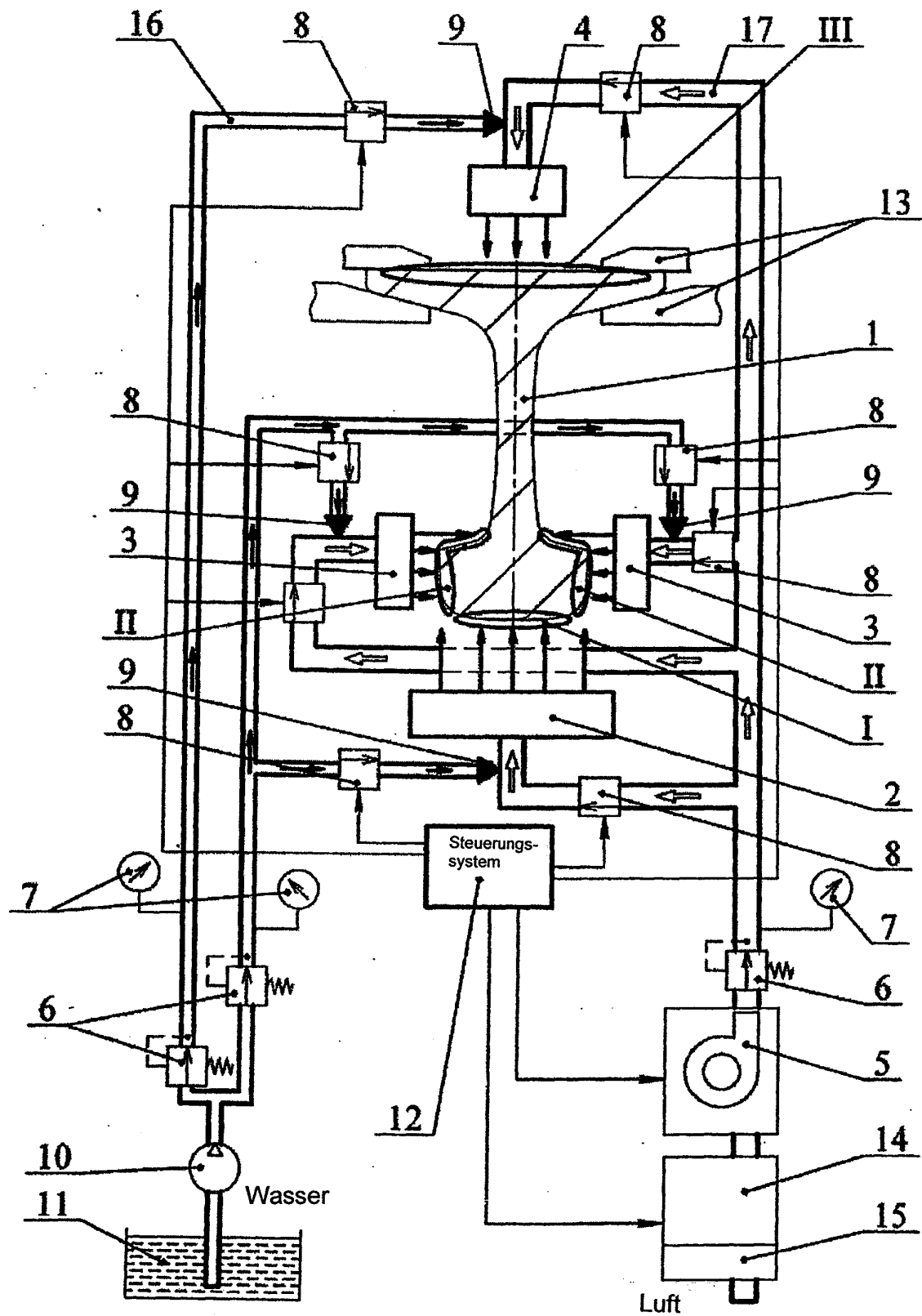


Fig. 2

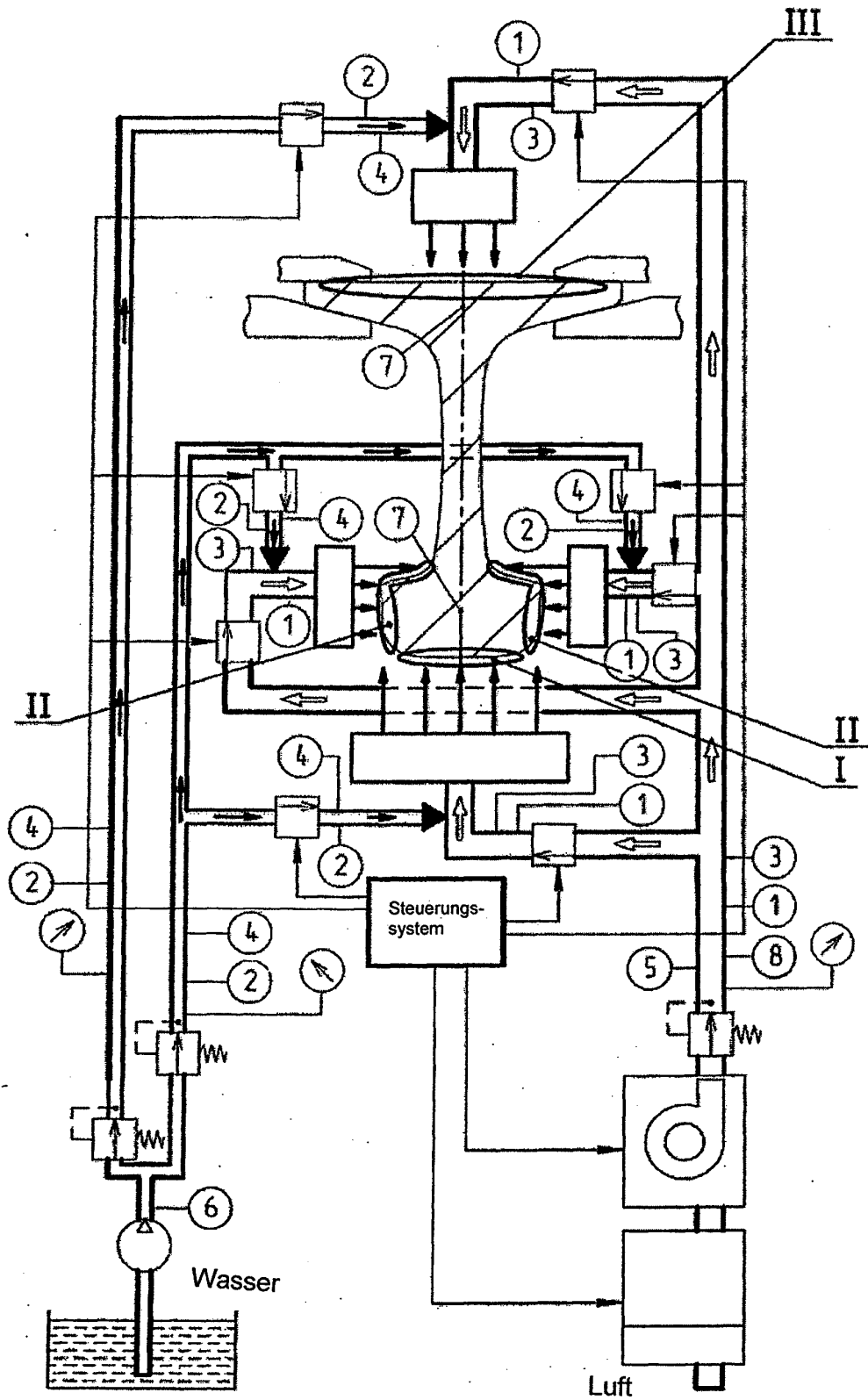


Fig. 3

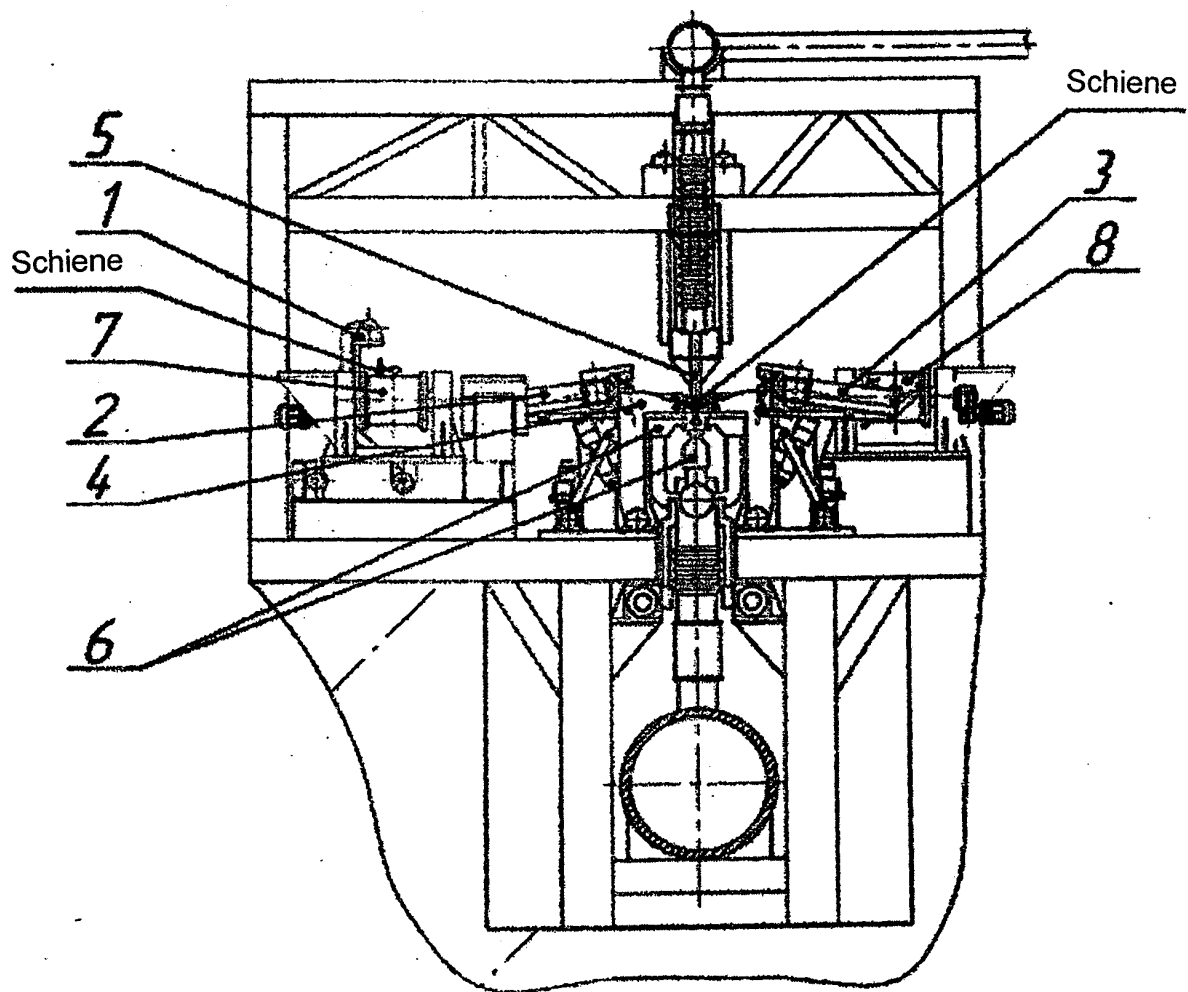


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2011/000819

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
F01K 17/02 (2006.01) F24D 3/00 (2006.01) F01K 13/00 (2006.01)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
C21D 9/04, 1/02, 11/00, 1/613, 1/667, B21B 45/02,		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
Esp@cenet, PAY, PatSearch		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2369646 C1 (SCIENTIFIC MANUFACTURING ENTERPRISE TOMSK ELECTRONIC COMPANY, LTD.) 10.10.2009, p. 4, 5, the claims	1-14
A	US 4913747 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 03.04.1990, the abstract	1-7
A	EA 6413 B1 (ZHELUDKEVICH MECHESLAV STANISLAVOVICH et al.) 29.12.2005, the claims	1-14
A	UA 41983 C2 (SOZHEREL) 15.10.2001, the claims	1-14
A	EP 1900830 B1 (PANZHIHUA IRON AND STEEL (GROUP) CORPORATION) 10.11.2010, the claims	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
14 March 2012 (14.03.2012)		23 March 2012 (23.03.2012)
Name and mailing address of the ISA/		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- RU 2266966 [0002]
- US 4913747 A [0005]
- RU 2280700 [0010]