

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 412 543 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

02.02.2005 Patentblatt 2005/05

(51) Int Cl.7: **C21D 11/00**, C21D 9/04

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2002/008271

(21) Anmeldenummer: **02776916.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2003/012151 (13.02.2003 Gazette 2003/07)

(22) Anmeldetag: **25.07.2002**

(54) VERFAHREN ZUR KÜHLUNG VON WERKSTÜCKEN INSBESONDERE VON PROFILWALZPRODUKTEN AUS SCHIENENSTÄHLEN

METHOD FOR COOLING WORK PIECES ESPECIALLY SHAPE-ROLLED PRODUCTS FROM RAIL STEEL

PROCEDE DE REFROIDISSEMENT DE PIECES, EN PARTICULIER DE PRODUITS LAMINES PROFILES EN ACIER QUALITE RAIL

(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**

• **NERZAK, Thomas**

45881 Gelsenkirchen (DE)

• **PLOCIENNIK, Uwe**

40882 Ratingen (DE)

(30) Priorität: **01.08.2001 DE 10137596**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

28.04.2004 Patentblatt 2004/18

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing.**

Patentanwälte,

Müller-Grosse-

Pollmeier-Valentin-Gihske,

Hammerstrasse 2

57072 Siegen (DE)

(73) Patentinhaber: **SMS Meer GmbH**

41069 Mönchengladbach (DE)

(72) Erfinder:

• **KÜPPERS, Klaus**

40699 Erkrath (DE)

• **MEYER, Meinert**

40699 Erkrath (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 725 152

US-A- 4 486 248

US-A- 4 638 851

US-A- 4 913 747

US-A- 4 938 460

US-B1- 6 185 970

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 1 412 543 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung von Werkstücken, insbesondere zur Kühlung von Walzprodukten und hier von Profilwalzprodukten aus Schienenstählen mit einem feinperlitischem oder ferritisch/perlitischen Gefüge, wobei das warme Werkstück, d.h. Werkstück mit austenitischem Gefüge, durch eine Kühlstrecke mit einem Eintritts- und einem Austrittsbe-
reich geführt und einem Abkühlprozeß unterworfen wird und hierbei eine Umwandlung in ein perlitisches oder ferritisch/perlitisches Gefüge durchmacht.

[0002] Schienenstähle dienen im wesentlichen zur Herstellung von Schienen sowie deren Verbindungs- bzw. Befestigungselementen. Die über das Rad auf die Schiene einwirkenden senkrechten und seitlichen Kräfte wie Normal-, Führungs-, Beschleunigungs- und Bremskräfte führen im unmittelbaren Einwirkungsbereich zu sehr hohen dynamischen Beanspruchungen und in der Regel zu einer plastischen Verformung des Stahls. Durch diese Belastungen entstehen Verschleißerscheinungen in Form von Materialabschleibungen, Abrieb, Materialausbrüchen, örtlicher Werkstoffermüdung oder Anrissen. Eine Verbesserung des Widerstandes einer Schiene gegen Verschleißerscheinungen kann durch eine Erhöhung ihrer Streckgrenze und Zugfestigkeit sowie ihrer Dauerfestigkeit in Verbindung mit einem möglichst feinstreifigen perlitischen Gefüge erreicht werden.

[0003] Unter normalen Abkühlbedingungen auf einem Kühlbett nach dem Stand der Technik durchlaufen Schienenstähle die Umwandlung in ein perlitisches Gefüge. Hierbei weisen Schienenstähle mit einem ferritisch-perlitischen Gefüge Zugfestigkeiten in einem Bereich von 700 bis 900 N/mm² auf, während Stähle mit rein perlitischer Struktur Zugfestigkeitswerte von über 900 N/mm² erreichen. Die wesentlichen Eigenschaften der Schienenstähle werden durch den Anteil des Gefüges an Ferrit/Perlit sowie durch deren morphologische Ausbildung bestimmt. Sowohl bei den ferritisch/perlitischen als auch bei den perlitischen Stählen spielt der Lamellenabstand eine Rolle.

[0004] Aus der EP 0 725 152 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abkühlen von warmgewalzten Schienen-Profilen bekannt. Mit Hilfe eines Rechnersystems wird eine an die Profilgeometrie angepasste Kühlleistung errechnet, wobei insbesondere die Geometrie des Schienenkopfes im Verhältnis zum Fuß berücksichtigt wird. Die Abkühlung erfolgt dann derart, dass die Umwandlung des Gefüges im Kopf und im Fuß in Ferrit und/oder Perlit mit möglichst geringem Zeitversatz abläuft, um Verzug der Schiene zu verhindern.

[0005] Die US-A-4 486 248 betrifft ebenfalls die Kühlung von Schienenprofilen. Bei diesem Verfahren wird der Schienenkopf im Wesentlichen abgekühlt. In sich anschließenden Zwischenzonen findet eine Wiederaufwärmung durch die Restwärme im Schienenfuß statt. Als Zielgefüge soll perlitisches Gefüge mit einem gerin-

gen Volumenanteil von Bainit eingestellt werden.

[0006] Die US 4,638,851 schließlich betrifft die Kühlung eines Metallbandes, beispielsweise bei einer kontinuierlichen Band-Vergütung oder Band-Galvanisierung.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Kühlverfahren vorzuschlagen zur Herstellung von Werkstücken, insbesondere Profilwalzprodukten, aus Schienenstahl, mit verbesserten mechanischen Eigenschaften und einem feinstreifigen Perlit- bzw. Ferrit-/Perlitgefüge.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0009] Verfahrensgemäß wird vorgeschlagen, daß das Werkstück, beispielsweise ein Walz- oder ggf. Strangprofilprodukt, aus der (Walz-)hitze kommend, durch eine Kühlstrecke geführt wird, die sich aus einzelnen unabhängigen Kühlmodulen mit unabhängig einstellbaren Kühlparametern zusammensetzt, wobei zwischen den Kühlmodulen Zwischenbereiche zum thermischen Ausgleich bzw. zur thermischen Entspannung vorhanden sind mit Mitteln zur Ist-Temperaturbestimmung des jeweiligen Werkstückes in diesen Zwischenbereichen, und wobei in Abhängigkeit der jeweiligen Ist-Temperaturwerte eines oder eines jeden Zwischenbereichs die spezifischen Kühlparameter, insbesondere die Kühlintensität, mindestens des jeweils nachfolgenden Kühlmoduls zur Einstellung einer definierten (Oberflächen-) Temperatur des Werkstücks während des gesamten Durchlaufs der Kühlstrecke geregelt werden, wobei die definierte Temperatur des Werkstücks jeweils oberhalb einer kritischen Temperatur, bei der sich bainitische Gefügeanteile bilden, liegt.

[0010] Grundgedanke ist damit eine Regelung der Abkühlung eines Werkstücks aus Schienenstahl in einer Kühlstrecke unter der Maßgabe, daß die Oberflächentemperatur des Werkstücks aus einem Schienenstahl so abgekühlt wird, daß sich das gewünschte perlitische bzw. ferritisch/perlitische Gefüge einstellt, wobei durch Durchlaufen von Entspannungsphasen sowie einem stetigen Überprüfen der

[0011] Temperaturverhältnisse in vorzugsweise jedem Zwischenbereich und ggf. Regulierung der Kühlparameter der einzelnen Kühlmodule gewährleistet ist, daß die Temperatur nicht eine kritische Temperatur unterschreitet und damit die Unterkühlung nicht so hoch ist, daß eine Bainitumwandlung stattfindet und somit sich unerwünschte bainitische Gefügeanteile bilden.

[0012] Der Abkühlprozeß setzt sich in Abhängigkeit der durchlaufenden Kühlmodule aus einzelnen Abkühlprozeßschritten und in Abhängigkeit der durchlaufenden Zwischenbereiche zur Gefügeentspannung aus zeitlichen Phasen der Wiederaufwärmung und/oder aus zeitlichen Phasen des thermischen Haltens und/oder aus zeitliche Phasen einer langsamen Abkühlung zusammen. Hierbei kann das Werkstück in allen Zwi-

schenbereichen eine gleiche oder in verschiedenen Zwischenbereichen unterschiedliche zeitliche Phasen der Entspannung durchlaufen. Die Wiedererwärmung geschieht hierbei entweder durch die im Inneren des Werkstücks noch vorhandene Restwärme und/oder durch externe Wärmezufuhr. Auf diese Weise wird ein in etwa sägezahnartiger Abkühlverlauf eingestellt, der sich günstig auf das sich einstellende Endgefüge und damit die mechanischen Eigenschaften auswirkt. Der Bainitbildung wird entgegengewirkt, indem die Parameter der Kühlstrecke so eingestellt werden, daß zu keinem Zeitpunkt des Kühlprozesses die Bainitbildung einsetzen kann.

[0013] Es ist ebenfalls von der Erfindung eingeschlossen, daß die Zwischenbereiche für einen thermischen Ausgleich über das Werkstück, insbesondere Walzprodukt, oder für ein Abkühlen mit langsamen Abkühlgeschwindigkeiten genutzt werden.

[0014] Vorzugsweise werden in Abhängigkeit des jeweiligen gemessenen Ist-Temperaturwertes eines jeden Zwischenbereichs die spezifischen Kühlparameter der jeweils nachfolgenden Kühlzone und gleichzeitig die Kühlparameter des vorherigen Kühlmoduls geregelt. Dies bedeutet, daß ein Werkstück bzw. Walzprodukt, sofern es von einer vorgegebenen Soll-Temperatur, die es zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. in einem Zwischenbereich aufweisen sollte, abweicht, durch eine spezifische Änderung der Kühlparameter im nachfolgenden Kühlmodul wieder auf die Soll-Temperatur eingeregelt und gleichzeitig für nachfolgende Werkstücke das vorherige Kühlmodul eingeregelt wird.

[0015] Vorzugsweise wird die Oberflächentemperatur des Werkstücks am Ende des Zwischenbereichs, d.h. nach Ende des Bereichs zur Gefügeentspannung, gemessen. Die Temperaturmessung in den Zwischenbereichen kann auch für die Qualitätsüberwachung genutzt werden.

[0016] Nach einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Oberflächentemperaturmessung mittels einer optischen und berührungslosen Messung, d.h. mittels eines Pyrometers.

[0017] Die Regelung der Kühlparameter und hier insbesondere der Kühlintensität erfolgt bevorzugt mittels Regelung des Druckes, mit dem das Kühlmedium auf die Oberfläche des Werkstücks auftrifft, und/oder mittels regulierter Einstellung der Temperatur des Kühlmediums und/oder mittels regulierter Einstellung des Volumenstroms des Kühlmediums durch Auswahl der Kühldüsengeometrie. Als Kühlmedium kommt vorzugsweise Kühlwasser in Frage.

[0018] Die Druckregelung erfolgt vorzugsweise durch ein Druckregelventil in der Zuleitung zu den Düsen, die an Kühlbalken angeordnet sind. Die Kühlintensität ist auch durch Ansteuerung einer unterschiedlichen Anzahl an Düsen pro Kühlbalken oder Kühlbalkenanordnungen möglich.

[0019] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Temperaturregelung des Kühlmediums

wird vorgeschlagen, daß das Kühlmedium, d.h. insbesondere das Kühlwasser, vor Auftritt auf die Werkstückoberfläche soweit vorgewärmt wird, daß eine Unterschreitung der Leidenfrosttemperatur nicht oder erst sehr spät erfolgt.

[0020] Unter dem Leidenfrost-Phänomen wird das nicht benetzende Verhalten einer Flüssigkeit verstanden, wenn die Temperatur des berührten Körpers oberhalb der Siedetemperatur der Flüssigkeit liegt. Wasser beispielsweise wird durch eine Gashaut aus verdampftem Wasser vor dem weiteren Verdampfen geschützt und verliert damit für eine bestimmte Zeit die Kühlwirkung. Durch die Kühlwasservorlauftemperatur kann die Leidenfrosttemperatur beeinflusst werden. Die Leidenfrosttemperatur steigt mit höherer Kühlwasservorlauf-temperatur, und die Kühlung wird schwächer. Damit eine Unterschreitung der Leidenfrosttemperatur nicht oder erst sehr spät erfolgt, wird vorgeschlagen, das Kühlwasser vorzuwärmen. Dies bietet den Vorteil, daß die Kühlung schwächer wird und damit besser reproduzierbar.

[0021] Nach einem bevorzugten Verfahrensschritt wird die Temperatur des Werkstücks vor Eintritt oder beim Eintritt in die Kühlstrecke gemessen und dieser Temperaturwert zum Presetting der Kühlparameter verwendet, um eine Voreinstellung der Kühlparameter der einzelnen Kühlmodule, insbesondere die Einstellung des Drucks, mit dem das Kühlmedium auf die Werkstückoberfläche auftrifft, zu erreichen.

[0022] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen der Erfindung näher erläutert werden. Dabei sind neben den oben aufgeführten Kombinationen von Merkmalen auch Merkmale alleine oder in anderen Kombinationen erfindungswesentlich. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Übersicht über eine Kühlstrecke, in der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird;

Fig. 2 ein Temperatur-Zeit-Diagramm mit den Abkühlkurven von fünf Meßpunkten in bzw. am Schienenkopf eines üblichen Schienenstahls mit etwa 0,8%C und 1,0% Mn, der in einer Kühlstrecke verfahrensgemäß einem solchen Kühlverlauf unterworfen wird, daß die Bainittemperatur nicht unterschritten wird;

Fig. 3 zum Vergleich ein Temperatur-Zeit-Diagramm der fünf Abkühlkurven eines unregelmäßigen Abkühlverlaufs mit einer Unterschreitung der Bainittemperatur.

[0023] Die in Fig. 1 gezeigte Kühlstrecke 1 schließt sich an eine Profilwalzstrecke (nicht gezeigt), beispielsweise an eine Walzstrecke für Schienenprofile aus

Schienenstählen, an. Die Kühlstrecke 1 setzt sich bei der gezeigten Ausführungsform aus fünf Kühlmodulen 2a-e zusammen, ist aber nicht auf diese Anzahl an Kühlmodulen beschränkt. Die einzelnen Kühlmodule 2a-e sind beispielsweise so aufgebaut, daß sie einen oder mehrere Kühlbalken oder Kühldüsenanordnungen umfassen. Der Druck, mit dem das Kühlwasser aus den einzelnen Düsen austritt, ist über je ein Druckregelventil 3a-e einstellbar. Der aktuelle Druck wird mittels der Druckmeßgeräte 4a-e gemessen. Zwischen den einzelnen Kühlmodulen 2a-e sind Zwischenbereiche 5a-e angeordnet. Jeweils am Ende eines Zwischenbereichs 5a-e ist ein Pyrometer 6a-e zur berührungslosen optischen Messung der Oberflächentemperatur des sich in diesem Zwischenbereich befindlichen Walzproduktes angeordnet, wobei bei einem Schienenprofil die Oberflächentemperatur am Schienenkopf gemessen wird.

[0024] Vor dem ersten Kühlmittel 2a am Anfang bzw. Eintrittsbereich (12) der Kühlstrecke 1 ist ein zusätzlicher Pyrometer 6f angeordnet. Die einzelnen Pyrometer 6a-f sind über Signalleitungen 7a-g mit einer Rechereinheit 8 verbunden. Die Rechereinheit 8 ist über entsprechende Steuerleitungen 9a-e zur Änderung der einzelnen Regelventile 3a-e der Kühlmitteldüsen verbunden. Das Kühlmedium, insbesondere Kühlwasser (KW), wird über ein gemeinsames Zuführrohr 10 mit Ableitungen 10a-e an die einzelnen Kühlmodule 2a-e geführt. Zur Einregelung der Druckwerte ist ebenfalls ein Regelkreis der Druckmeßgeräte 4a-e mit der Rechereinheit 8 vorgesehen (Signalleitungen 11a-e).

[0025] Nachfolgend wird der Prozeß beschrieben. Vor Eintritt eines gewalzten Profils aus Stahl, beispielsweise eine Schiene, in die Kühlstrecke wird mittels des ersten Pyrometers 6f, beispielsweise ein Zweifarben-Pyrometer, ein aktueller Oberflächentemperaturwert aufgenommen. Dieser erste Oberflächentemperaturwert wird an die Rechereinheit 8 weitergeleitet, die bereits in Abhängigkeit dieses individuellen Wertes eine Voreinstellung (Presetting) der einzelnen Regelventile zur Einstellung des Kühlwasserdruckes sowie der Kühlwassertemperatur bewirkt. Nach Durchlaufen des ersten Kühlmoduls 2a und erfolgtem ersten Abkühlschritt tritt das Schienenprofil in den ersten Zwischenbereich 5a ein, in dem eine Entspannungsphase für das Gefüge erfolgt. Am Ende des ersten Zwischenbereichs 5a wird mittels eines zweiten Pyrometers 6a, beispielsweise ein Zweifarben-Pyrometer, eine weitere Oberflächentemperaturmessung (T_{IST}) vorgenommen. Dieser aufgenommene Ist-Wert wird über die Signalleitungen 7a und 7g an die Rechereinheit 8 übergeben und dort eine Differenz-Rechnung zwischen einem Soll- (T_{SOLL}) und dem Ist-Wert (T_{IST}) durchgeführt. Hierbei liegt der Soll-Wert immer oberhalb einer werkstoffspezifischen Temperatur, bei der Bainitbildung eintreten kann. Die Sollwerte sind legierungsspezifisch und können aus Versuchen ermittelt werden. Ein Richtwert für diese kritische Temperatur, die bei Schienenstählen bei einem Kühlprozeß nicht unterschritten werden sollte, liegt bei etwa

450-500°C.

[0026] Sofern eine Differenz zwischen dem Ist- und Sollwert vorliegt, wird oder werden das nachfolgende oder mehrere nachfolgende Kühlmittel hinsichtlich ihrer Kühlparameter, hier des Drucks des auftreffenden Kühlwassers, durch Änderung der Druckregelventile 3a-e eingeregelt. Hierbei wird laufend eine Regelung der Druckwerte in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Druckwerte durchgeführt.

[0027] Die beschriebene Regelung wiederholt sich in Abhängigkeit der in jedem weiteren Zwischenbereich 5b-5e aufgenommenen Temperatur-Werte. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß nicht nur das nachfolgende Kühlmodul, sondern auch das oder die vorherigen Kühlmodule für das nachfolgende zu kühlende Walzgut eingeregelt werden.

[0028] Die Fig. 2 und 3 zeigen mit Hilfe von Temperatur-Zeit-Diagrammen die Abkühlungskurven eines Schienenkopfes aus einem Werkstoff mit 0,8% Kohlenstoff mit Regelung und ohne Regelung. Die Bezeichnung C80W60 bzw. C80W65 macht deutlich, daß die Abkühlgeschwindigkeit im Kern des Schienenkopfes (Beispiel Schienenform nach AREA 136 [Liefervorschrift der American Railway Engineering Association]) weniger hoch ist als in den Randbereichen und daß dadurch im Kernbereich die Umwandlung von Austenit in Perlit bzw. Ferrit-Perlit bei höheren Temperaturen stattfindet.

[0029] Der Temperaturverlauf über die Zeit wird an fünf unterschiedlichen Meßpunkten am Schienenkopf ermittelt. Hierbei ist 1 ein Meßpunkt im Kern des Schienenkopfes, 2 ein Meßpunkt, der 5 mm unterhalb der Oberfläche angeordnet ist, 3 ein Meßpunkt, der 5 mm unterhalb der Seitenfläche angeordnet ist, 4 ein Meßpunkt auf der Seitenoberfläche sowie 5 ein Meßpunkt auf der Kopfoberfläche. Es ist ersichtlich, daß zu keiner Zeit an keinem Meßpunkt das Gefüge des Schienenkopfes durch die Abkühlung eine solche Unterkühlung erfährt, daß sich im Gefüge Bainit bilden kann.

[0030] Die simulierte Kühlstrecke ist mit fünf Modulen einzeln regelbar. Die einzelnen Abkühlungskurven in Fig. 2 zeigen, daß niemals eine kritische Temperatur, bei der Bainitbildung einsetzen würde, unterschritten wird. An den Abkühlkurven 4 und 5, die die Abkühlung an der Oberfläche des Schienenkopfes zeigen, wird der sägezahnartige Abkühlverlauf mit einem Wiedererwärmen in den Zwischen- bzw. Ausgleichszonen deutlich.

[0031] Fig. 3 zeigt im Vergleich eine Kühlstrecke mit fünf Kühlmodulen, die nicht einzeln regelbar sind, so daß es zu einem Unterschreiten der Bainittemperatur in den oberflächennahen Bereichen (Kurven 4 und 5) des Schienenkopfes kommt.

[0032] Durch das vorgeschlagene Verfahren wird erreicht, daß bei der Abkühlung von Schienenstählen aus der Walzhitze ein feinperlitisches bzw. ferritisch/perlitisches Gefüge ohne die mechanischen Eigenschaften, insbesondere die Verschleißfestigkeit, negativ beeinflussende Bainitanteile eingestellt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kühlung von Werkstücken, insbesondere Profilwalzprodukten, aus Schienenstählen mit einem feinperlitischem oder ferritisch/perlitischen Gefüge, wobei das warme Werkstück durch eine Kühlstrecke (1) mit einem Eintritts- (12) und einem Austrittsbereich geführt und einem Abkühlprozeß unterworfen wird und hierbei eine Umwandlung in ein perlitisches oder ferritisch/perlitisches Gefüge durchmacht, wobei das Werkstück durch die Kühlstrecke, die sich aus einzelnen unabhängigen, über die Länge der Kühlstrecke hintereinander angeordneten Kühlmodulen (2a-e) mit unabhängig einstellbaren Kühlparametern zusammensetzt, geführt wird, wobei zwischen den Kühlmodulen (2a-e) Zwischenbereiche (5a-e) zur Gefügeentspannung vorhanden sind mit Mitteln zur Ist-Temperaturbestimmung (T_{IST}) des jeweiligen Werkstückes in diesen Zwischenbereichen (5a-e), und wobei in Abhängigkeit der jeweiligen Ist-Temperaturwerte (T_{IST}) des Werkstückes in einem Zwischenbereich (5a-e) die spezifischen Kühlparameter, insbesondere die Kühlintensität, mindestens des jeweils nachfolgenden Kühlmoduls (2b-e) zur Gewährleistung einer definierten Temperatur des Werkstückes während des gesamten Durchlaufs der Kühlstrecke (1) geregelt werden, wobei die definierte Temperatur (T_{SOLL}) des Werkstückes jeweils oberhalb einer kritischen Temperatur, bei der sich bainitische Gefügeanteile bilden, liegt.
2. Verfahren zur Kühlung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abkühlprozeß sich in Abhängigkeit der durchlaufenden Kühlmodule in einzelne Abkühlprozeßschritte und in Abhängigkeit der durchlaufenden Zwischenbereiche zur Gefügeentspannung in zeitliche Phasen der Wiederaufwärmung und/oder in zeitliche Phasen des thermischen Haltens und/oder in zeitliche Phasen einer langsamen Abkühlung zusammensetzt.
3. Verfahren zur Kühlung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Abhängigkeit des jeweiligen gemessenen Ist-Temperaturwerte (T_{IST}) eines oder eines jeden Zwischenbereichs (5a-e) die spezifischen Kühlparameter des jeweils nachfolgenden Kühlmoduls (2b-e) und gleichzeitig die Kühlparameter des vorherigen Kühlmoduls (2a-d) geregelt werden.
4. Verfahren zur Kühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächentemperatur des Werkstücks

am Ende des Zwischenbereichs (5a-e) gemessen wird.

5. Verfahren zur Kühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ist-Temperaturmessung (T_{IST}) mittels einer optischen und berührungslosen Messung vorgenommen wird.
6. Verfahren zur Kühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Regelung der Kühlparameter, insbesondere der Kühlintensität, mittels Druckregelung und/oder Temperaturregelung des Kühlmediums erreicht wird.
7. Verfahren zur Kühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kühlmedium, insbesondere Kühlwasser, vor Auftritt auf die Werkstückoberfläche soweit vorgewärmt wird, daß eine Unterschreitung der Leidenfrosttemperatur nicht oder später als bei nicht vorgewärmten Kühlmedium erfolgt.
8. Verfahren zur Kühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur des Werkstücks vor Eintritt oder beim Eintritt in die Kühlstrecke (1) gemessen wird und dieser Temperaturwert zum Presetting der Kühlparameter der einzelnen Kühlmodule verwendet wird.

Claims

1. A method for cooling work pieces, particularly profile-rolled products, of rail steels with a fine-pearlitic or ferritic/pearlitic structure, with the warm work piece being guided through a cooling stretch (1) with an inlet (12) and an outlet region and subjected to a cooling process, and with the structure of the work piece being transformed into a pearlitic or ferritic/pearlitic structure during the cooling process, wherein the work piece is guided through a cooling stretch that is composed of several independent cooling modules (2a-e) with independently adjustable cooling parameters that are successively arranged over the length of the cooling stretch, wherein intermediate regions (5a-e) for stress-relieving the structure are provided between the cooling modules (2a-e), with said intermediate regions also being provided with means for determining the actual temperature (T_{IST}) of the respective work

piece in these intermediate regions (5a-e), and wherein the specific cooling parameters, particularly the cooling intensity, of at least the respectively following cooling module (2b-e) is regulated in dependence on the respective actual temperature values (T_{IST}) of the work piece in an intermediate region (5a-e) in order to ensure a defined temperature of the work piece during its entire passage through the cooling stretch (1), with the defined temperature (T_{SOLL}) of the work piece respectively lying above a critical temperature, at which bainitic structure parts are formed.

2. The cooling method according to Claim 1, **characterized in that**

the cooling process is divided into individual cooling process steps in dependence on the continuous cooling modules and divided into time phases of reheating and/or time phases of temperature maintenance and/or time phases of slow cooling in dependence on the continuous intermediate regions for stress-relieving the structure.

3. The cooling method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**

the specific cooling parameters of the respectively following cooling module (2b-e), as well as the cooling parameters of the preceding cooling module (2a-d), are controlled in dependence on the respectively measured actual temperature values (T_{IST}) of one or each intermediate region (5a-e).

4. The cooling method according to one of Claims 1-3, **characterized in that**

the surface temperature of the work piece is measured at the end of the intermediate region (5a-e).

5. The cooling method according to one of Claims 1-4, **characterized in that**

the actual temperature (T_{IST}) is measured by means of an optical and contactless measuring arrangement.

6. The cooling method according to one of Claims 1-5, **characterized in that**

the cooling parameters, particularly the cooling intensity, are regulated by adjusting the pressure and/or the temperature of the cooling medium.

7. The cooling method according to one of Claims 1-6, **characterized in that**

the cooling medium, particularly cooling water, is heated to such a degree before it comes in contact with the work piece surface that a temperature drop below the Leidenfrost temperature occurs, if at all, at a later time than in instances in which the cooling medium is not preheated.

8. The cooling method according to one of Claims 1-7, **characterized in that**

the temperature of the work piece is measured before or during its introduction into the cooling stretch (1), and **in that** this temperature value is used for presetting the cooling parameters of the individual cooling modules.

10 Revendications

1. Procédé de refroidissement de pièces usinées, notamment de produits laminés profilés composés d'aciers à rails à structure perlitique fine ou ferrito-perlitique, la pièce usinée chaude étant guidée à travers un segment de refroidissement (1) comportant une zone d'entrée (12) et une zone de sortie et étant soumise à un processus de refroidissement et subissant alors une transformation en une structure perlitique ou ferrito-perlitique, la pièce usinée étant guidée à travers le segment de refroidissement qui est composé de différents modules de refroidissement (2a-e) indépendants disposés les uns derrière les autres sur la longueur du segment de refroidissement et présentant des paramètres de refroidissement réglables indépendamment, étant prévus, entre les modules de refroidissement (2a-e), des intervalles (5a-e) pour la détente de la structure ainsi que des moyens de définition de la température réelle ($T_{réel}$) de la pièce usinée respective dans ces intervalles (5a-e) et les paramètres de refroidissement spécifiques, notamment l'intensité de refroidissement au moins du module de refroidissement respectivement suivant (2b-e) étant réglés en fonction des valeurs de température réelle ($T_{réel}$) respectives de la pièce usinée dans un intervalle (5a-e) afin de garantir une température définie de la pièce usinée pendant tout le passage à travers le segment de refroidissement (1), la température définie (T_{then}) de la pièce usinée se situant respectivement au dessus d'une température critique à laquelle se forment des portions de structure bainitiques.

2. Procédé de refroidissement selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le processus de refroidissement, en fonction des modules de refroidissement traversés, se compose de différentes étapes de processus de refroidissement et, en fonction des intervalles destinés à la détente de structure traversés, en phases temporelles de réchauffement et/ou en phases temporelles de maintien thermique et/ou en phases temporelles de refroidissement lent.

3. Procédé de refroidissement selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que,
 en fonction des valeurs de température réelle ($T_{\text{réel}}$) respectives mesurées d'un ou de chaque intervalle (5a-e), on règle les paramètres de refroidissement spécifiques du module de refroidissement respectivement suivant (2b-e) et en même temps les paramètres de refroidissement du module de refroidissement précédent (2a-d). 5 10

4. Procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,
caractérisé en ce que,
 la température de surface de la pièce usinée est mesurée au bout de l'intervalle (5a-e). 15

5. Procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que, 20
 la mesure de température réelle ($T_{\text{réel}}$) est assurée au moyen d'une mesure optique et sans contact.

6. Procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, 25
caractérisé en ce que,
 le réglage des paramètres de refroidissement, notamment de l'intensité de refroidissement, est obtenu par régulation de pression et/ou régulation de température du fluide de refroidissement. 30

7. Procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce que,
 le fluide de refroidissement, notamment l'eau de refroidissement, est préchauffé avant d'arriver sur la surface de la pièce usinée de manière telle qu'on ne passe pas en dessous de la température de gel critique ou alors plus tard que si le fluide de refroidissement n'était pas préchauffé. 35 40

8. Procédé de refroidissement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,
caractérisé en ce que,
 la température de la pièce usinée est mesurée avant son entrée ou à son entrée dans le segment de refroidissement (1) et que cette valeur de température est utilisée pour préfixer les paramètres de refroidissement des différents modules de refroidissement. 45 50

55

Fig. 1

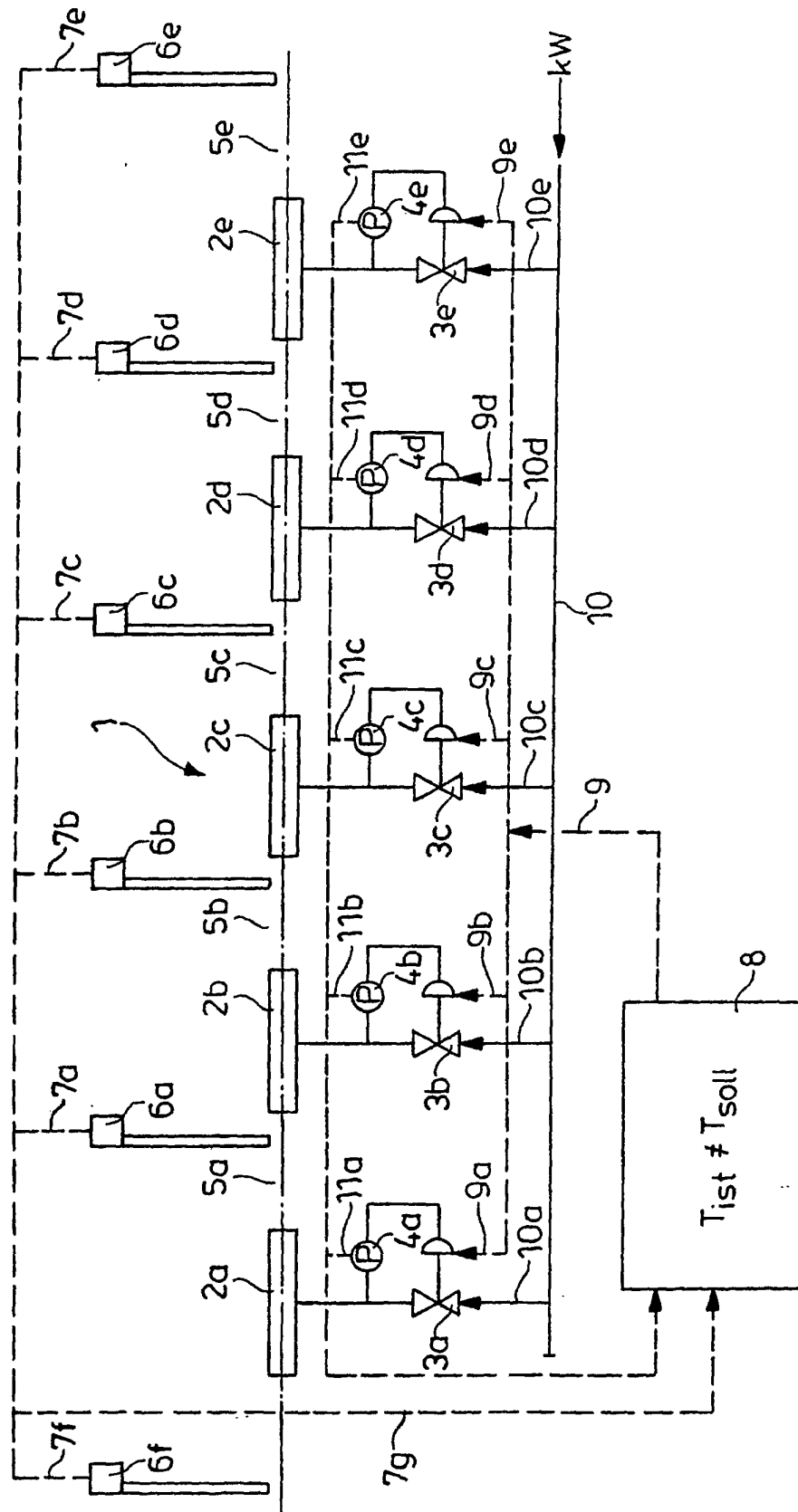


Fig. 2

TEMPERATURVERLAUF OHNE UNTERSCHREITUNG DER BAINITTEMPERATUR

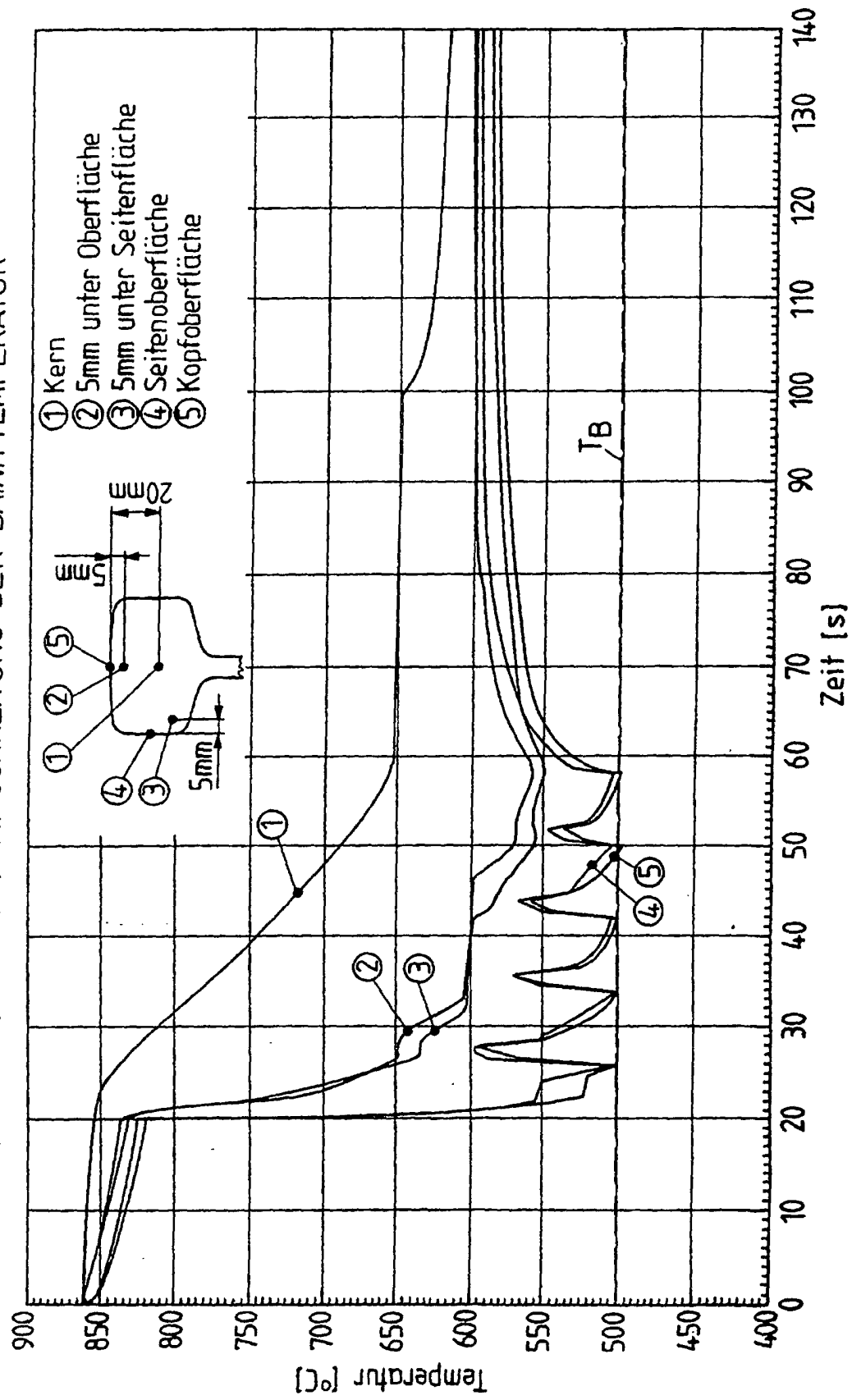


Fig. 3

TEMPERATURVERLAUF MIT UNTERSCHREITUNG DER BAINITTEMPERATUR

