

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 725 152 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.03.2000 Patentblatt 2000/10

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

(21) Anmeldenummer: **96100807.5**

(22) Anmeldetag: **20.01.1996**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Abkühlen von warmgewalzten Profilen**

Method and device for cooling hot-rolled profiles

Procédé et dispositif de refroidissement de profilés laminés à chaud

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE ES FR GB IT LU

(30) Priorität: **04.02.1995 DE 19503747**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.08.1996 Patentblatt 1996/32

(73) Patentinhaber: **SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Meyer, Meindert**
D-40219 Erkrath (DE)
• **Küppers, Klaus**
D-40489 Erkrath (DE)

• **Albedyhl, Manfred**
D-40231 Mettmann (DE)
• **Böhmer, Bruno**
D-40235 Erkrath (DE)

(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse-
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 151 194 **DE-A- 1 433 715**
DE-A- 4 237 991 **DE-B- 1 220 876**
DE-C- 404 127 **DE-C- 2 148 722**
US-A- 4 486 248

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 0 725 152 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen aus der Walzhitze von warmgewalzten Profilen mit im Abstand über den Querschnitt angeordneten Profiltteilen von unterschiedlicher Masse, insbesondere von Schienen auf einem Kühlbett sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Auf Kühlbetten werden Schienen aus der Walzhitze bis auf Temperaturen unter 80 °C abgekühlt. Wegen der unsymmetrischen Anordnung der Massen des Profils ergibt sich zwischen Kopf und Fuß der Schiene ein unterschiedliches Abkühlverhalten, bei dem der Fuß infolge seiner vergleichsweise zur Masse größeren Wärmeabgabeflächen schneller abkühlt als der Kopf. Daraus resultiert, daß sich die Schiene beim Erkalten krümmt. Diesem Krummwerden kann bis zu einem gewissen Maß durch Vorbiegen der noch heißen Schiene begegnet werden. Dies erfordert jedoch nachteilig einen aufwendigen Warmbiegevorgang mit ungewissem Ergebnis. In jedem Falle müssen dabei die Schienen nach dem Abkühlen nachgerichtet werden. Sowohl durch den Kühlprozeß als auch besonders durch das Richten entstehen Eigenspannungen in der Schiene, die deren Festigkeit nachteilig beeinflussen. Es wurden bereits zahlreiche Vorschläge bekannt, um dieser Schwierigkeit wirksam zu begegnen:

[0003] Die DE 42 37 991 A1 beschreibt ein Verfahren zur Abkühlung von in Walzgerüsten warmgewalztem profiliertem Walzgut, insbesondere von Schienen auf einem Kühlbett, mit natürlicher Konvektion oder mit forcierter Luftkühlung. Die Erfindung besteht darin, daß die Schienen mit dem Kopf nach unten hängend, über das Kühlbett transportiert werden. Durch diese Maßnahme werden bereits bei natürlicher Konvektion die Wärmeübergangsverhältnisse so günstig verändert, daß die Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Fuß der Schiene von ca. 140 °C bei liegender Schiene auf ca. 50 °C bei hängender Schiene zurückgeht. Infolge der geringeren Temperaturdifferenz zwischen Kopf und Fuß werden die Nachteile des Krummwerdens wirksam verringert und es wird erreicht, daß eine nahezu gerade Schiene in die Richtmaschine zum Fertigrichten eingeführt wird, wodurch die Endspannungen im Schienenmaterial äußerst gering gehalten werden.

[0004] Aus der DE-PS 21 61 704 ist ein Verfahren sowie eine Einrichtung zum spannungs- und verzugsfreien Abkühlen von Eisenbahnschienen bekannt, welches darin besteht, daß die abzukühlenden gleichartigen Schienenprofile mit ihren Schienenfüßen paarweise symmetrisch und gegenseitig Widerlager bildend, Fuß gegen Fuß zusammengespant und durch einen Querrörderer über ein Kühlbett gefördert werden. Da jeder Schienenkopf zwar eine etwa gleichgroße Masse wie der Schienenfuß hat, jedoch der Umfang des Schienenfußes etwa doppelt so groß ist wie der des Schienenkopfes, wird die Umfangsfläche der zusammengespantten Schienenfüße im Verhältnis zu ihrer Masse et-

wa gleich groß, wie das Verhältnis von Umfangsfläche und Masse am Schienenkopf. Damit wird ein gleichmäßiges Abkühlen von Schienenköpfen und Schienenfüßen erzielt, wobei sich in der Praxis gezeigt hat, daß diese Maßnahme bei den paarweise sich gegeneinander abstützenden Schienenfüßen für ein nahezu verzugsfreies Abkühlen ausreicht.

[0005] In der US-PS 468 788 ist ein Verfahren zum Abkühlen von Schienen offenbart, wobei diese in einer Vorrichtung mit nach unten hängenden Schienenköpfen in ein mit Wasser gefülltes Becken ganz oder teilweise eingetaucht und dadurch abgekühlt werden, wobei sie gleichzeitig mittels Druckschrauben gegen ein festes Wiederlager gedrückt werden.

[0006] In der DE-PS 404 127 ist ein Verfahren zum Richten von Metallstangen unsymmetrischen Querschnitts, insbesondere von Eisenbahnschienen, offenbart, wobei die Erfindung darin besteht, daß die starken Teile des Querschnitts einer derart geregelten künstlichen Abkühlung unterworfen werden, daß alle Teile trotz ihrer ungleichen Stärken um dasselbe Maß schwinden und die Stangen bei Abkühlung bis auf Umgebungstemperatur gerade bleiben. Erzielt wird dieses Ergebnis, dadurch, daß die künstliche Abkühlung entweder durch Eintauchen in eine Flüssigkeit, durch Benetzen oder Berieseln, durch Anblasen mit einer zerstäubten Flüssigkeit, mit Dampf, Luft oder anderen Gasen erzeugt wird, wobei das verwendete Mittel stetig oder mit Unterbrechungen während der ganzen Dauer oder nur während eines Teils der Abkühlungsdauer wirkt. Bemerkenswert ist bei dem Verfahren, daß die künstliche Abkühlung derart geregelt werden kann, daß die Stangen, selbst wenn sie aus Hartstahl oder einer härtbaren Legierung bestehen, während der Abkühlung nicht gehärtet werden.

[0007] Aus der DE-PS 19 42 929 ist ein Verfahren zum Abkühlen von Schienen bekannt, welches auf einem anderen physikalischen Prinzip beruht. Dieses besteht darin, daß die Schienen vor Erreichen der Austenit-Umwandlungstemperatur mit Abstand über einer wärmereflektierenden Schicht auf dem Schienenfuß abgestellt werden. Zusätzlich kann dabei auf die Laufflächen der Schienen im weiteren Verlauf der Abkühlung ein fester Isolierstoff aufgelegt werden. Eine gegenseitige positive Beeinflussung durch Strahlung wird weiterhin bei diesem Verfahren dadurch erreicht, daß die Schienen unmittelbar nebeneinander abgestellt werden, so daß sich die Schienenfüße seitlich berühren. Diese Maßnahmen führen zur positiven Beeinflussung des Abkühlungsverlaufes jeweils eines Teils vom Schienenquerschnitt ohne Zufuhr von Fremdenergie durch Rückstrahlung an einer Reflektionsschicht sowie isolierende Abdeckung der Laufflächen. Es entsteht dabei ein günstiger Spannungsausgleich im Schienenquerschnitt. Das Abstellen der Schienen auf dem Schienenfuß vor dem Erreichen der Austenit-Umwandlungstemperatur mit Abstand über einer wärmereflektierenden Schicht ergibt den Vorteil, daß es das frühere Einsetzen

der Austenit-Umwandlung im Schienenfuß und -steg verhindert. Damit können die technologischen Werte des Schienenmaterials individuell, d.h. je nach Stahlanalyse, durch exakte Temperaturführung so beeinflusst werden, daß höhere Festigkeits-, Dehnungs- und Einschnürungswerte erzielbar sind.

[0008] Das Gegenteil hiervon, nämlich eine Durchhärtung des Schienenkopfes infolge eines entsprechend rapiden Kühlverfahrens wird nach dem FR-PS 543.461 dadurch erreicht, daß die Schiene über Kopf mit dem Schienenfuß nach oben hängend einer Serie definierter Tauchvorgänge von sehr kurzer Dauer in einem mit Wasser gefüllten Trog unterzogen wird.

[0009] Die genannten Verfahren weisen den gemeinsamen Nachteil auf, daß sie mehr oder minder auf Empirie beruhen, d.h. daß durch langwierige Versuche zunächst einmal ermittelt werden muß, welche Parameter bei der Durchführung des Verfahrens eingehalten werden müssen, um das gewünschte Abkühlungsergebnis zu gewährleisten. Dabei werden zumindest bei jeder Charge Versuchsstücke von warmgewalzten Profilen verwendet, die bei nicht sogleich befriedigendem Ergebnis Wiederholungen erfordern und vielfach zunächst zum Anfall von Ausschußmaterial führen.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Abkühlen von warmgewalzten Profilen der im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Art zu verbessern und diese so weit zu vervollkommen, daß damit die vorgenannten Schwierigkeiten überwunden werden und ein verzugsfreies Abkühlungsergebnis beim Abkühlen aus der Walzhitze ohne kosten- und zeitaufwendige Versuche und ohne Anfall von dadurch bedingtem Schrott erreicht wird.

[0011] Die Lösung gelingt mit dem Verfahren nach der Erfindung dadurch, daß zunächst unter Verwendung von meßtechnischen Mitteln, im Zusammenwirken mit einer Recheneinheit mit Hilfe eines Rechenprogramms die den unterschiedlichen Profiltteilen nach Maßgabe ihrer Masse und Temperatur anteilig zu entziehenden Wärmemengen und die hierfür erforderliche Aufgabenmenge von Kühlmedien ermittelt und berechnet und danach die Abkühlung der unterschiedlichen Profiltteile bzw. ihrer Massen derart gesteuert vorgenommen wird, daß diese mit möglichst geringem Zeitversatz die Umwandlungslinie $A_{\gamma 3}/A_{\gamma 1}$ beim Zerfall des Gamma-Mischkristalls in Ferrit und/oder Perlit unter Freisetzung der Umwandlungswärme erreichen.

[0012] Mit großem Vorteil wird durch das Verfahren erreicht, daß bei unterschiedlichen Chargen auch ohne das Erfordernis kostspieliger empirischer Versuche ein einwandfreies Abkühlungs-Ergebnis ohne Krümmung des Profils erhalten wird.

[0013] Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß die weitere Abkühlung von der Umwandlungstemperatur bis auf eine vorgegebene Endtemperatur weiterhin so vorgenommen wird, daß die unterschiedlichen Massenschwerpunkte des Profils mit möglichst geringem

Zeitversatz die Endtemperatur erreichen. Diese Maßnahme sichert über ein einwandfreies Abkühlungsergebnis ohne Abkrümmung der Schiene hinaus einen optimalen Vergütungszustand mit gleichmäßiger Härte über den Profilquerschnitt.

[0014] Zweckmäßigerweise wird bei der Berechnung der den Profiltteilen zu entziehenden Wärmemengen die Umwandlungstemperatur der zugrundeliegenden Stahlqualität berücksichtigt.

[0015] Eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß beim Abkühlen des Walzgutprofils oder von Teilen davon mittels Wasser als Kühlmittel die sich an den unterschiedlichen Profilflächen einstellenden Wärmeübergangszahlen ermittelt und mit diesen die für das Abkühlen der Profilflächen erforderlichen Aufgabenmengen an Kühlmitteln vorbestimmt werden. Dadurch entfallen zeitraubende Versuche ebenso wie verlorenes Versuchsmaterial.

[0016] Eine ferner sehr vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens wird dadurch erreicht, daß die Profile als Schienen ausgebildet sind und die Schienen mit nach unten hängenden Köpfen über ein Kühlbett geführt und dabei eine gesteuerte Kühlung der unterschiedlichen Massenschwerpunkte mindestens zum Teil durch natürliche Konvektion und zusätzlich aufgrund der nach Maßgabe von Masse und Temperatur den Profiltteilen anteilig zu entziehenden Wärmemengen durch zusätzlichen Einsatz von Kühlmedium vorgenommen wird. Dadurch wird eine Krümmung des Profils soweit verringert, daß ein Nachrichten entweder ganz entfallen kann, oder unter Vermeidung von schädlichen Spannungen nur ein geringfügiges Nachrichten erforderlich wird.

[0017] Dabei kann der Wärmeentzug durch gezieltes und bevorzugt intermittierendes Besprühen einzelner Profiltteile mit Kühlmedium vorgenommen werden.

[0018] Um einen fallweise über die Profillänge vorhandenen Temperaturkeil zu kompensieren, kann weiterhin die Maßnahme getroffen sein, daß das Walzgutprofil, über die ausgewalzte Länge gesehen, unterschiedlich intensiv gekühlt wird. Und schließlich kann ein gesteuerter Wärmeentzug durch Eintauchen des gesamten Walzgutprofils oder einzelner Teile desselben in ein Kühlmedium einmal oder mehrfach wiederholt, mit vorgegebenen Zykluszeiten vorgenommen werden.

[0019] Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung sieht vor, daß neben einen warmgewalzten Profil bevorzugt in Abständen entlang ihrer Walzlänge Mittel zum Messen der Wärmestrahlung von unterschiedlichen Profiltteilen, wie Kopf, Steg oder Fußteil angeordnet sind, die über Datenleitungen mit einer Recheneinheit in Verbindung stehen, in welche mit einer Input-Datenleitung die Abmessungen bzw. Massen dieser Profiltteile eingegeben werden, und die so programmiert ist, daß sie das Produkt aus Temperatur und Masse errechnet und nach Maßgabe dieses Produktes KühlmittelAufgabevorrichtung über eine Signalleitung steuert.

[0020] Eine bevorzugte Ausgestaltung der Vorrich-

tung sieht vor, daß ein Kühlbett steuerbare Kühlmittel-
aufgabevorrichtungen für unterschiedliche Kühlmedien,
z. B. Wasser, Luft, Wasser/Luft-Gemische aufweist.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren und eine
beispielhaft ausgeführte Vorrichtung werden anhand
von Zeichnungen erläutert.

[0022] Es zeigen:

Fig. 1 ein ZTU-Schaubild einer kontinuierlichen Ab-
kühlung eines Schienenstücks,

Fig. 2 im Querschnitt eine Schiene mit eingebette-
ten Thermoelementen,

Fig. 3 ein Diagramm des Abkühlungsverlaufs an
einzelnen Meßstellen gemäß Fig. 2 bei Ab-
kühlung eines Schienenstücks mit natürlicher
Konvektion,

Fig. 4 ein Diagramm des Abkühlungsverlaufs nach
der Erfindung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Abkühl-
vorrichtung.

[0023] Figur 1 zeigt im ZTU-Schaubild Kurven unter-
schiedlichen Abkühlungsverlaufes verschiedener Quer-
schnittsteile, die nach Maßgabe ihrer Masse und damit
ihrer Temperaturschwerpunkte zu vergleichsweise un-
terschiedlichen Zeiten die Umwandlungslinie A_{r1} errei-
chen. Die hierbei auftretenden zeitlichen Unterschiede
ergeben Differenzen zwischen 40 und 120 Sekunden.
Das Schaubild betrifft einen Stahl mit folgender metall-
urgischer Zusammensetzung in Gewichts-%: c = 0,63;
Si = 0,29; Mn = 1,72; P = 0,020; S = 0,027; Cr = 0,099.
Dieser Stahl wurde bei 950 °C austenitisiert mit einer
Haltezeit von 15 Minuten nach fünfminütigem Aufheiz-
vorgang.

[0024] Im Schaubild bezeichnet:

A = Austenit

P = Perlit

Zw = Zwischenstufe

M = Martensit

[0025] Aus dem Verlauf der Kurvenschar ist ersicht-
lich, daß nachdem eine Probe fünf Minuten bei 950 °C
austenitisiert wurde, bei niedrigen Abkühlgeschwin-
digkeiten die A_{r1} -Linie bei einer bestimmten Temperatur
und Kühlzeit erreicht wird. Bei höheren Abkühlge-
schwindigkeiten erreicht der Stahl aufgrund eines um-
wandlungsträgen Bereiches die Perlitlinie nicht und
wandelt bei niedrigen Temperaturen im Zwischenstu-
fenbereich (Bainit) oder bei noch höheren Abkühlge-
schwindigkeiten erst beim Erreichen der Martensitlinie
(ca. 260 °C) um. Zur Vervollständigung des Schaubildes
sind die bei Raumtemperatur gemessenen Härtewerte
HV2 in N/mm² in die am Fuß der Kurven befindlichen

Kreise eingetragen.

[0026] Es ist bekannt, daß beim Abkühlen von Stahl
und Erreichen der A_{r3} bzw. der A_{r1} -Umwandlungslinie
durch den Zerfall des Gamma-Mischkristalls in Ferrit
bzw. Perlit die sogenannte Umwandlungswärme frei
wird, die bis zum Erreichen des Eutektoid-Punktes (C =
0,86 %) mit wachsendem C-Gehalt auf ein Maximum
ansteigt.

[0027] Je nach Abkühlungsgeschwindigkeit und C-
Gehalt kann die dabei frei werdende Wärme bis zu 90
kJ/kg betragen. Gleichzeitig tritt bei diesem Umwand-
lungsprozeß ein Längenwachstum von ca. 0,3 % auf.
Es ist anzunehmen, daß die bekannten plastischen Ver-
formungen unsymmetrischer Profile auf dem Kühlbett
zum überwiegenden Teil während der oben beschriebe-
nen Umwandlungsphase stattfinden, während das
Krummwerden des Profils erst am Ende des Kühlbet-
tes beim Ausgleich der Temperaturen über den Quer-
schnitt sichtbar wird. Die damit verbundenen Eigens-
pannungen können durch Richten nicht vollständig ab-
gebaut werden. Am Beispiel der Schiene läßt sich die-
ser Vorgang wie folgt erklären:

[0028] Beim Abkühlen der Schiene nach dem Walzen
erreicht der Fuß (12, Fig.5) aufgrund seiner geringeren
Masse und seiner größeren Abstrahlfläche im Verhält-
nis zur Masse zuerst die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} und
beginnt zu wachsen. Diese Längenänderung führt im
Schielenkopf (10, Fig. 5), der sich noch im Austenit-Be-
reich befindet, zu einer plastischen Längung. Nach der
Umwandlung schrumpft der Fuß (12) mit sinkender
Temperatur, wobei der Kopf (10) aufgrund seiner gerin-
geren Festigkeit nicht wesentlich behindert, sondern ein
wenig gestaucht wird. Wenn dann der Schielenkopf
(10) die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} erreicht, beginnt für
diesen das Längenwachstum infolge der Umwandlung.
Dieses Wachsen wird jedoch durch den schon umge-
wandelten kälteren Fuß (12), dessen Streckgrenze in
diesem Temperaturbereich deutlich höher ist, unter-
drückt, so daß der noch weichere Kopf (10) plastisch
verformt, d.h. gestaucht wird. Wenn sich am Ende des
Kühlbettes (50, Fig.5) die Temperaturen über den
Schielenquerschnitt ausgleichen, beginnt die Schiene,
sich über den gestauchten und damit kürzeren Kopf (10)
zu krümmen. Diese Krümmung kann bei langen Schie-
nen so groß sein, daß erhebliche Schwierigkeiten beim
weiteren Transport über das Kühlbett (50) und beim
anschließenden Einfädeln in die Richtmaschine auftreten
können.

[0029] Am Beispiel einer Schiene wird gezeigt, wie
das erfindungsgemäße Abkühlverfahren berechnet und
durchgeführt wird:

[0030] In der Figur 2 ist der Querschnitt einer Schiene
in annähernd natürlicher Größe gezeigt, wobei das
Schielenstück an den mit 1 bis 5 bezeichneten Stellen
mit Thermoelementen bestückt ist. Das Schienenstück
wird in einem Ofen bei 1000 °C austenitisiert und an-
schließend an Luft bei natürlicher Konvektion abge-
kühlt. Dabei wurde der Abkühlverlauf an den einzelnen

Meßstellen 1 - 5 in einem Diagramm aufgezeichnet.

[0031] Dieses ist in der Figur 3 gezeigt. Darin sind die den Meßstellen 1 - 5 gemäß Fig. 2 zugeordneten Abkühlungsverläufe mit einzelnen Kurven eingezeichnet. Aus dem Diagramm ist bei Abkühlung mittels natürlicher Konvektion ohne zusätzliche Kühlung z. B. des Kopfes (10) ersichtlich, daß der Massenschwerpunkt (4) des Fußes (12) nach ca. 6,5 Minuten die A_{r3}/A_{r1} -Linie erreicht und nach 10 Minuten die Umwandlung beendet hat. Der Massenschwerpunkt (1) des Kopfes (10) beginnt erst nach ca. 8,5 Minuten die Umwandlung und hat sie nach 12 Minuten beendet. Zu diesem Zeitpunkt ist der Schienenfuß (12) schon um ca. 100 °C kälter und hat damit eine wesentlich höhere Warmstreckgrenze als der Schienenkopf (10). Demnach ist zu erwarten, daß die mit der Umwandlung verbundene Längenzunahme des Schienenkopfes (10) vom Fuß (12) ganz bzw. teilweise unterdrückt wird und dadurch der Schienenkopf (10) plastisch verformt, d.h. gestaucht wird. Bei der erkalteten Schiene wurde dies durch eine deutliche Krümmung über den Schienenkopf (10) sichtbar. Mit Hilfe eines Rechenprogrammes wurde nun berechnet, welche Wärmemenge dem Schienenkopf (10) entzogen werden muß, um sicherzustellen, daß er zum gleichen Zeitpunkt wie der Schienenfuß (12) die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} erreicht. Hierbei wurde die Umwandlungswärme des entsprechenden Stahls (0,8 % C) erfindungsgemäß mit berücksichtigt. Aufgrund der Berechnung wurde nun zusätzlich zur natürlichen Konvektion der Schienenkopf (10) durch zusätzliches Besprühen mit Wasser gekühlt.

[0032] Das Ergebnis ist in der Kurvenschar des Diagramms der Figur 4 dargestellt. Dabei betrug die Zeitdifferenz bei Erreichen der Umwandlungstemperatur $t_4 - t_1$ der beiden Kurven 4 und 1 lediglich 25 Sekunden. Das bedeutet, daß Schienenkopf (10) und Schienenfuß (12) annähernd gleichzeitig die A_{r3}/A_{r1} -Linie erreichen und auch gleichzeitig die Umwandlung beenden. In einem Großversuch wurde dieses im Labor erprobte Verfahren bestätigt. Dabei stellte sich auch das erwartete Ergebnis ein: Die erfindungsgemäß behandelte Schiene war nach Beendigung des Abkühlvorganges bei annähernd Raumtemperatur um eine Zehnerpotenz gerader und spannungsärmer als eine unbehandelte Schiene.

[0033] In Figur 5 ist ein mögliches Ausführungsbeispiel der Erfindung rein schematisch dargestellt. Dabei ist die Schiene über Kopf (10) hängend mit dem Fuß (12) in einer Halterung (21) angeordnet. Meßköpfe (30, 31, 32) sind so angeordnet, daß der Meßkopf (30) die Wärmestrahlung des Schienenfußes (12), der Meßkopf (31) die Wärmestrahlung des Steges (11) und der Meßkopf (32) die Wärmestrahlung des Schienenkopfes (10) erfaßt und die gemessenen Werte über die Datenleitungen (33, 34, 35) an die Recheneinheit (40) meldet. Dieser werden zusätzlich mit der Input-Datenleitung (36) die Abmessung bzw. Massen der zugeordneten Profilverteile (10, 11, 12) eingegeben, woraus die entsprechend programmierte Recheneinheit das Produkt aus

Temperatur und Masse für die einzelnen Profilverteile (10, 11, 12) errechnet und nach Maßgabe dieses Produktes die Kühlmittelaufgabevorrichtungen (45 - 47) über die Signalleitung (37) steuert. Diese werden aktiviert und sprühen Kühlmittel in gezielten Strahlen (48) gegen den hängenden Schienenkopf (10). Mit der strichpunktierten Linie (50) ist beispielhaft ein Kühlbett angedeutet, welches steuerbare Kühlmittelaufgabevorrichtung (45 - 47) für unterschiedliche Kühlmedien (48) aufweist. Diese Kühlmedien können Wasser, Luft, Wasser/Luft-Gemische sein.

[0034] Mit der Erfindung wird durch gezielte Maßnahmen der Abkühlprozeß der Schiene so vergleichsmäßig, daß die Hauptmassen, Kopf (10), Steg (11) und Fuß (12) etwa zum gleichen Zeitpunkt die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} erreichen und die dann eintretende Längenänderung der unterschiedlichen Profilverteile ebenfalls gleichzeitig stattfindet. Dadurch wird verhindert, daß ein Bereich des Schienenprofils gestaucht bzw. gedehnt wird. Beim anschließenden Abkühlen auf dem Kühlbett (50) können sich zwar wieder Temperaturunterschiede über dem Querschnitt einstellen, die dadurch erzeugten Spannungen befinden sich jedoch deutlich unterhalb der jeweiligen Streckgrenze, so daß die entstehenden Verformungen im elastischen Bereich stattfinden mit dem Ergebnis, daß eine so behandelte Schiene nach dem Abkühlen nahezu spannungsfrei und etwa so gerade ist, wie sie vor der erfindungsgemäßen Behandlung im warmgewalzten Zustand war. Dies wird erfindungsgemäß erreicht durch Entzug einer vorher rechnerisch ermittelten Wärmemenge, so daß die bis zum Erreichen der Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} im ZTU-Schaubild verstrichene Zeit für alle Hauptmassen des Profils zumindest weitgehend gleich ist, wie dies aus dem Vergleich der Figuren 3 und 4 deutlich erkennbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abkühlen von warmgewalzten Profilen aus der Walzhitze, wobei diese mit im Abstand über den Querschnitt angeordneten Profilverteilen (10 - 12) von unterschiedlicher Masse (1 - 5) beispielsweise als Schienen ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß zunächst unter Verwendung von meßtechnischen Mitteln (30 - 32) im Zusammenwirken mit einer Recheneinheit (40) mit Hilfe eines Rechenprogramms die den unterschiedlichen Profilverteilen (10 - 12) nach Maßgabe ihrer Masse (1 - 5) und Temperatur anteilig zu entziehenden Wärmemengen und die hierfür erforderliche Aufgabemenge von Kühlmedien (48) ermittelt und berechnet und danach die Abkühlung der unterschiedlichen Profilverteile (10 - 12) bzw. ihrer Massen (1 - 5) derart gesteuert vorgenommen wird, daß diese mit möglichst geringem Zeitversatz die Umwandlungslinien A_{r3}/A_{r1} beim Zerfall des Gamma-Mischkri-

stalls in Ferrit und/oder Perlit unter Freisetzung der Umwandlungswärme erreichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weitere Abkühlung von der Umwandlungstemperatur bis auf eine vorgegebene Endtemperatur weiterhin so vorgenommen wird, daß die unterschiedlichen Massenschwerpunkte (1 - 5) des Profils mit möglichst geringem Zeitversatz die Endtemperatur erreichen. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Berechnung der den Profiltteilen (10 - 12) zu entziehenden Wärmemengen die Umwandlungstemperatur der zugrunde liegenden Stahlqualität berücksichtigt wird. 10
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Abkühlen des Walzgutprofiles oder von Teilen (10 - 12) davon mittels z. B. Wasser die sich an den unterschiedlichen Profilflächen einstellenden Wärmeübergangszahlen ermittelt und mit diesen die für das Abkühlen der Profilflächen erforderlichen Aufgabemengen an Kühlmittel (48) vorbestimmt werden. 15
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Profile als Schienen ausgebildet sind und die Schienen mit nach unten hängenden Köpfen (10) über ein Kühlbett (50) geführt und dabei eine gesteuerte Kühlung der unterschiedlichen Massenschwerpunkte (1 - 5) mindestens zum Teil durch natürliche Konvektion und zusätzlich aufgrund der nach Maßgabe von Masse und Temperatur den Profiltteilen (10 - 12) anteilig zu entziehenden Wärmemengen durch zusätzlichen Einsatz von Kühlmittel (48) vorgenommen wird. 20
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmeentzug durch gezieltes und bevorzugt intermittierendes Besprühen einzelner Profiltteile (10 - 12) mit Kühlmittel (48) vorgenommen wird. 25
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Walzgutprofil über die ausgewalzte Länge gesehen, unterschiedlich intensiv gekühlt wird, um einen fallweise über die Profillänge vorhandenen Temperaturkeil zu kompensieren. 30
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gesteuerte Wärmeentzug durch Eintauchen des gesamten Walzgutprofils oder einzelner Teile (10 - 12) desselben in ein Kühlmittel, einmal oder mehr- 35

fach wiederholt, mit vorgegebenen Zykluszeiten vorgenommen wird.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß neben einem warmgewalzten Profil bevorzugt in Abständen entlang ihrer Walzlänge Mittel (30 - 32) zum Messen der Wärmestrahlung von unterschiedlichen Profiltteilen wie Kopf (10), Steg (11) oder Fußteil (12) angeordnet sind, die über Datenleitungen (33 - 35) mit einer Recheneinheit (40) in Verbindung stehen, in welche mit einer Input-Datenleitung (36) die Abmessungen bzw. Massen dieser Profiltteile eingegeben werden und die so programmiert ist, daß sie das Produkt aus Temperatur und Masse errechnet und nach Maßgabe dieses Produktes Kühlmittelaufgabevorrichtungen (45 - 47) über eine Signalleitung (37) steuert. 40
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Kühlbett (50) steuerbare Kühlmittelaufgabevorrichtungen (45 - 47) für unterschiedliche Kühlmedien (48), z.B. Wasser, Luft, Wasser/Luft-Gemische aufweist. 45

Claims

1. Method of cooling down hot-rolled profile members from the rolling heat, wherein these are formed with profile member parts (10 to 12), which are arranged at a spacing above the cross-section, of different masses (1 to 5), for example as rails, characterised in that initially with use of measurement technology means (30 to 32) in co-operation with a computer unit (40) and with the aid of a computer program the heat quantities, which are to be proportionally drawn off the different profile member parts (10 to 12) in dependence on their masses (1 to 5) and temperature, and the delivery quantities of coolant (48) required therefor are ascertained and calculated and thereafter the cooling down of the different profile member parts (10 to 12) or their masses (1 to 5) is carried out in controlled manner in such a way that these reach, with smallest possible time displacement, the transformation lines A_{T3}/A_{T1} on breakdown of the gamma mixed crystal in ferrite and/or perlite with liberation of the conversion heat. 50
2. Method according to claim 1, characterised in that the further cooling from the transformation temperature to a predetermined final temperature is moreover so undertaken that the different mass centres of gravity (1 to 5) of the profile member reach the final temperature with a smallest possible time displacement. 55

3. Method according to claim 1 or 2, characterised in that in the calculation of the heat quantities to be withdrawn from the profile member parts (10 to 12) the conversion temperature of the basic steel quantity is taken into consideration.
4. Method according to one or more of claims 1 to 3, characterised in that on cooling down of the roll stock profile member or of parts (10 to 12) thereof by means of, for example, water the coefficients of heat transfer setting in at the different profile surfaces are ascertained and by these the delivery quantities of coolant (48) required for cooling down the profile member surfaces are predetermined.
5. Method according to one or more of claims 1 to 4, characterised in that the profile members are constructed as rails and the rails are guided, with heads (10) hanging downwardly, over a cooling bed (50) and in that case a controlled cooling of the different centre of gravity points (1 to 5) is carried out at least in part by natural convection and additionally, by reason of the heat quantities to be proportionally drawn off the profile member parts (10 to 12) in dependence on mass and temperature, by additional use of coolant (48).
6. Method according to one or more of claims 1 to 5, characterised in that the heat extraction is carried out by targeted and preferably periodic spraying of individual profile member parts (10 to 12) with coolant (48).
7. Method according to one or more of claims 1 to 6, characterised in that the roll stock profile member, seen over the rolled length, is cooled with different intensity in order to compensate for a temperature gradient possibly present over the profile member length.
8. Method according to one or more of claims 1 to 7, characterised in that the controlled heat extraction is carried out by immersion, repeated once or several times, of the entire roll stock profile member or individual parts (10 to 12) of same in a coolant.
9. Device for carrying out the method according to one or more of the preceding claims, characterised in that means (30 to 32) for measuring the heat emission of different profile member parts such as head (10), web (11) or pedestal (12) are arranged adjacent to a hot-rolled profile member, preferably at intervals along the rolled length thereof, which means (30 to 32) are connected by way of data lines (33 to 35) with a computer unit (40), in which the dimensions or masses of these profile member parts are input by an input data line (36) and which is so programmed that it calculates the product of tempera-

ture and mass and in dependence on this product controls coolant delivery devices (45 to 47) by way of a signal line (37).

- 5 10. Device according to claim 9, characterised in that a cooling bed (50) comprises controllable coolant delivery devices (45 to 47) for different coolants (48), for example water, air, water/air mixture.

10

Revendications

1. Procédé pour le refroidissement de profilés laminés à chaud, lesdits profilés étant réalisés avec des parties de profilé (10 - 12) agencées à distance sur la section transversale et présentant des masses différentes (1 - 5), par exemple sous la forme de rails, caractérisé en ce que l'on détermine et l'on calcule tout d'abord, par utilisation de moyens de métrologie (30 - 32) et en coopération avec une unité de calcul (40) à l'aide d'un programme de calcul, les quantités de chaleur à prélever proportionnellement aux différentes parties de profilé (10- 12) dans la mesure de leur masse (1 - 5) et de leur température, ainsi que la quantité d'apport nécessaire à cet effet de fluide de refroidissement (48), et en ce que l'on procède ensuite au refroidissement des différentes parties de profilé (10 - 12), c'est-à-dire de leur masse (1 - 5) de façon commandée, de telle sorte que celles-ci atteignent, avec le plus faible de décalage temporel possible, les lignes de conversion Ar3/Ar2 lors de la décomposition du cristal mixte gamma en ferrite et/ou en perlite avec libération de la chaleur de conversion.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la poursuite du refroidissement depuis la température de conversion jusqu'à une température finale prédéterminée est exécutée de telle manière que les différents barycentres de masse (1 - 5) du profilé atteignent la température finale avec le décalage temporel le plus faible possible.
3. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que lors du calcul des quantités de chaleur à enlever des parties de profilé (10 - 12), on tient compte de la température de conversion de la qualité d'acier sur laquelle on se base.
4. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lors du refroidissement du profilé laminé, ou bien de parties (10 - 12) de celui-ci, par exemple avec de l'eau, on détermine les paramètres de transmission thermique qui s'établissent au niveau des différentes surfaces de profilés, et l'on prédétermine au moyen de ces paramètres les quantités d'apport de fluide de refroidissement (48) nécessaires pour le refroidisse-

ment des surfaces de profilés.

5. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les profilés sont formés à la manière de rails, et en ce que lesdits rails sont menés au-dessus d'un lit de refroidissement (50) avec leurs têtes (10) suspendues vers le bas, et en ce que l'on procède ici à un refroidissement commandé des différents barycentres de masse (1 - 5) au moins partiellement par convection naturelle et en employant additionnellement un fluide de refroidissement (48) en se basant sur les quantités de chaleur à enlever, proportionnellement à la masse et à la température des parties de profilé (10 - 12). 5 10 15
6. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'enlèvement de chaleur est exécuté par pulvérisation ciblée, et de préférence par intermittence, de fluide de refroidissement (48) sur les parties de profilé individuelles (10 - 12). 20
7. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le profilé laminé est refroidi avec des intensités différentes, considéré sur la longueur laminée, afin de compenser un coin de température éventuellement présent sur la longueur du profilé. 25 30
8. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'enlèvement de chaleur commandé est exécuté en plongeant la totalité du profilé laminé, ou bien des parties individuelles (10 - 12) de celui-ci, dans un fluide de refroidissement, en une seule fois ou par répétitions multiples, avec des temps de cycle prédéterminés. 35
9. Appareil pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, caractérisé en ce que, à côté d'un profilé laminé à chaud, et de préférence à des distances le long de la longueur de laminage, sont agencés des moyens (30 - 32) pour mesurer le rayonnement thermique de différentes parties de profilé telles que la tête (10), l'âme (11), ou la partie de pied (12), ces moyens étant en communication par des lignes de données (33 - 35) avec une unité de calcul (40), dans laquelle on introduit par une ligne d'entrée de données (36) les dimensions ou les masses de ces parties de profilé, et ladite unité de calcul étant ainsi programmée qu'elle calcule le produit de la température et de la masse, et qu'elle commande par une ligne de signal (37) des dispositifs de distribution de fluide de refroidissement (45 - 47) en se basant sur ce produit. 40 45 50 55

10. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce

qu'un lit de refroidissement (50) comprend des dispositifs de distribution de fluide de refroidissement (45 - 47) commandés, pour différents fluides de refroidissement (48), comme par exemple de l'eau, de l'air, ou bien des mélanges eau/air.

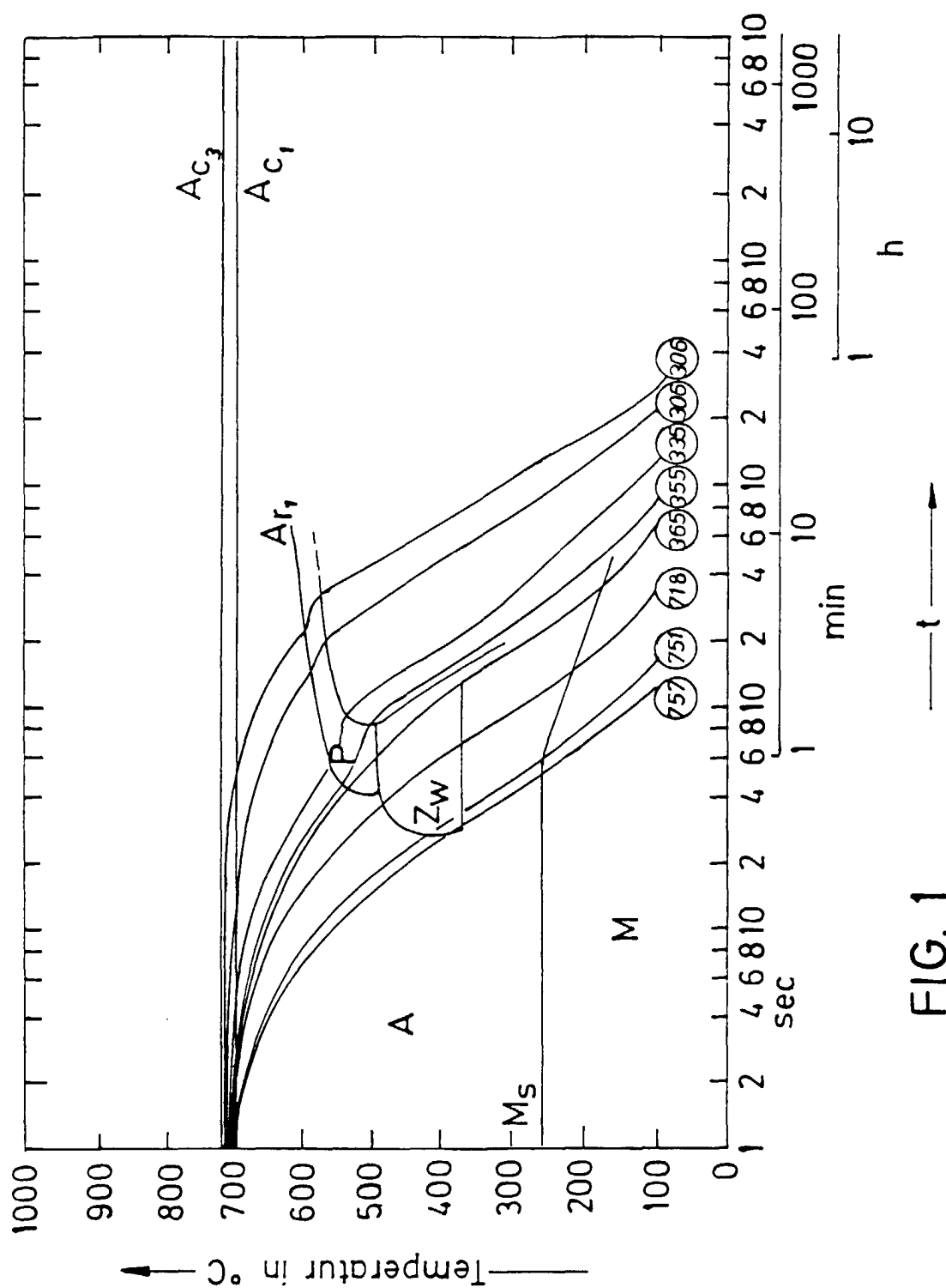


FIG. 1

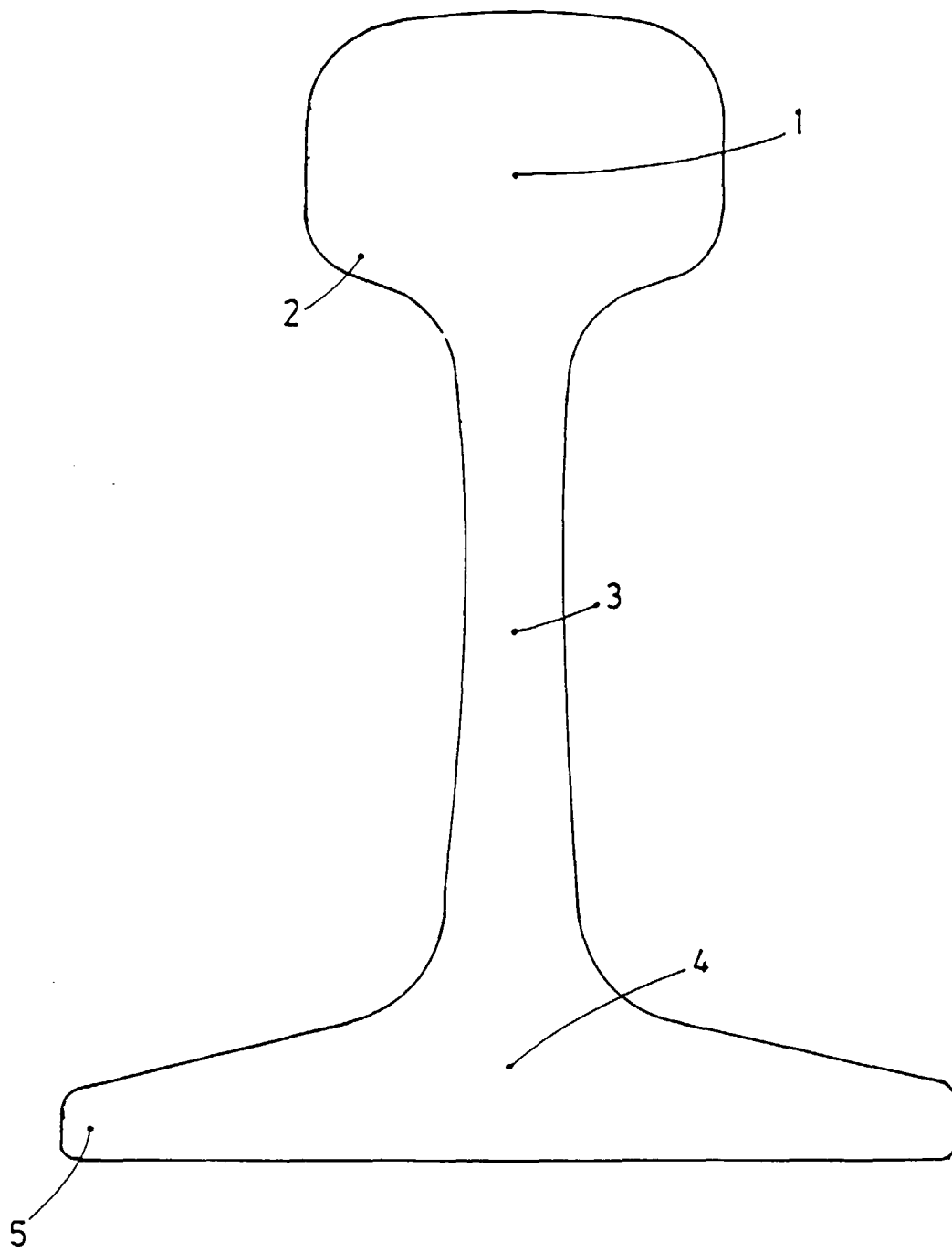
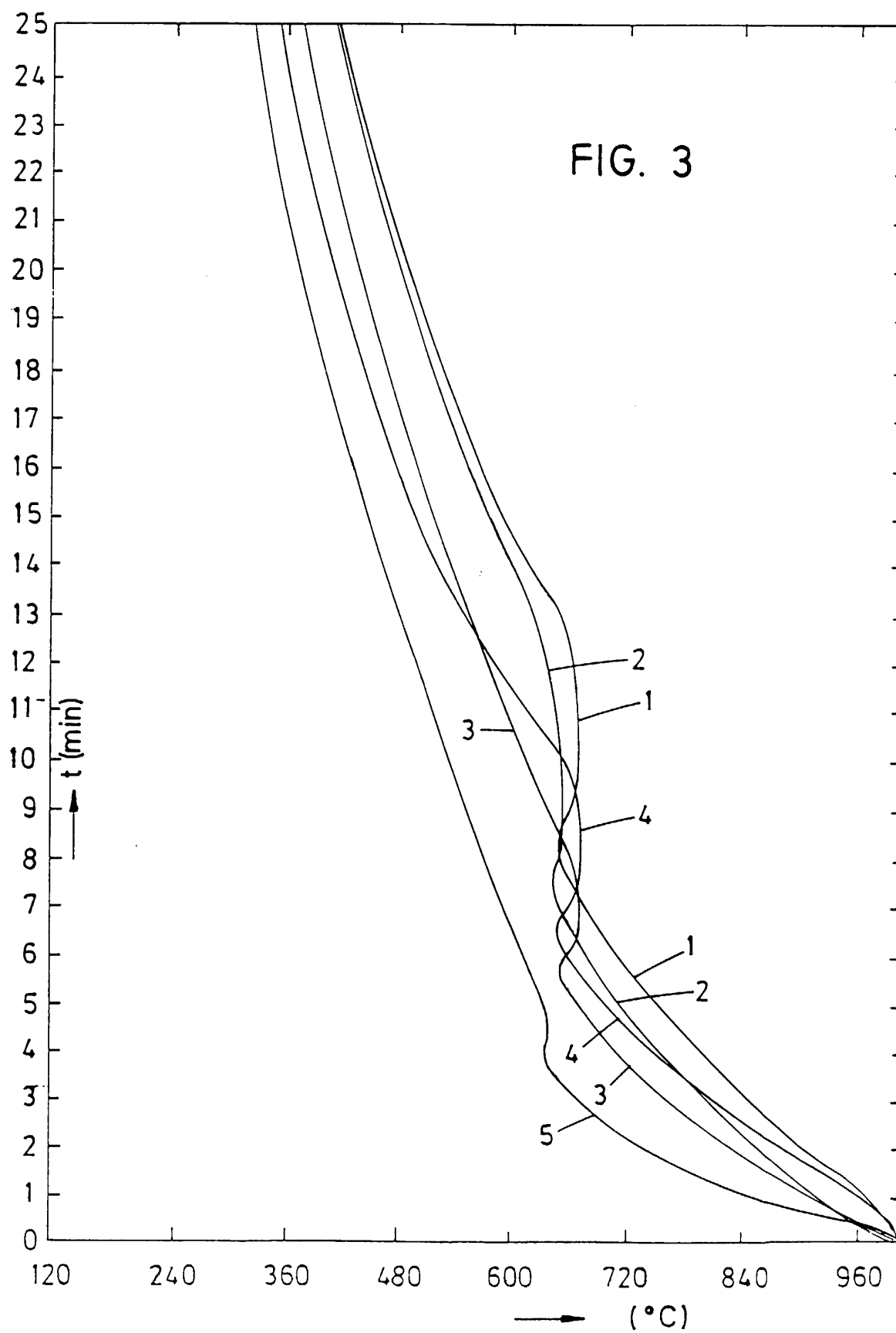


FIG. 2



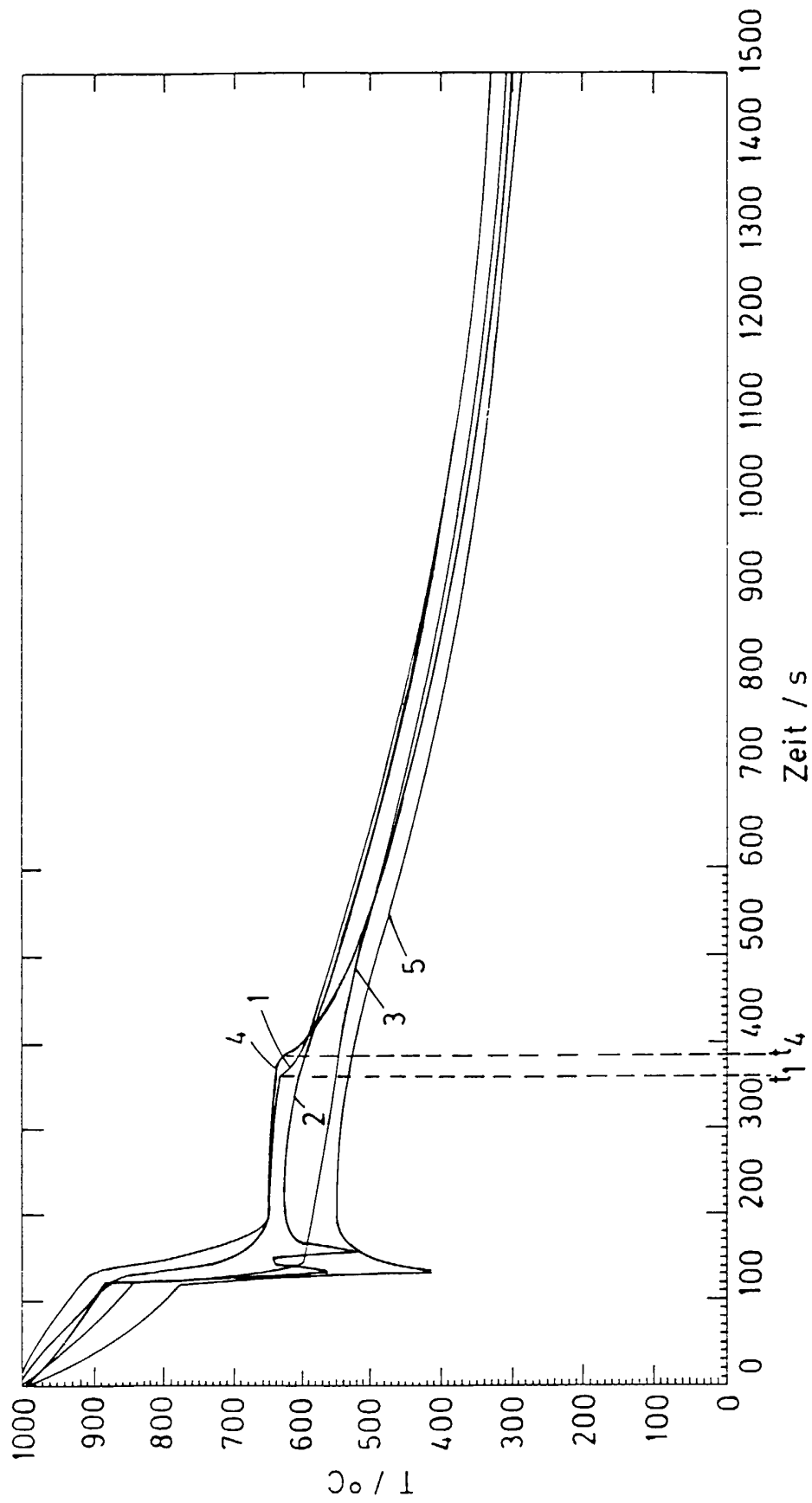


FIG. 4

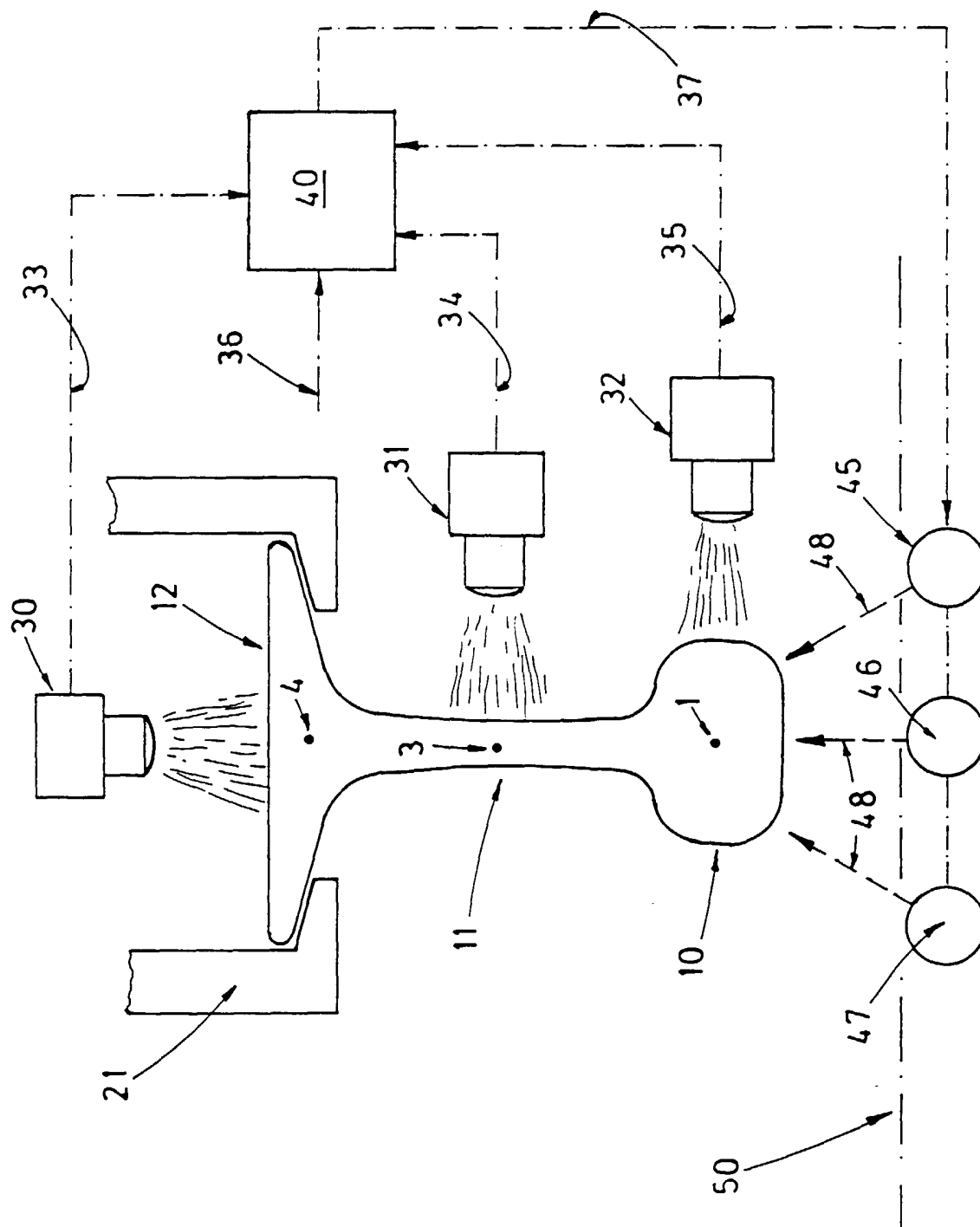


FIG. 5