

(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

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

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

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

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

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

(72) Erfinder:

- **Meyer, Meindert**
D-40219 Erkrath (DE)
- **Küppers, Klaus**
D-40489 Erkrath (DE)

EP 0 725 152 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen aus der Walzhitze von warmgewalzten Profilen mit im Abstand über den Querschnitt angeordneten Profiteilen 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 forcierte 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 Schienensmaterial 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 zusammengespannt und durch einen Querförderer 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 zusammengespannten 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 verzugfreies 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 härzbaren 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 Abkühlungverlaufes jeweils eines Teils vom Schienenumerschnitt ohne Zufuhr von Fremdenergie durch Rückstrahlung an einer Reflektionsschicht sowie isolierende Abdeckung der Laufflächen. Es entsteht dabei ein günstiger Spannungsausgleich im Schienenumerschnitt. 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 Profilteilen 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 Profilteile bzw. ihrer Massen derart gesteuert vorgenommen wird, daß diese mit möglichst geringem Zeitversatz die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} 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 gerin-

gem 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 Profilteilen 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 Profilteilen 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 Profilteile 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 einem warmgewalzten Profil bevorzugt in Abständen entlang ihrer Walzlänge Mittel zum Messen der Wärmestrahlung von unterschiedlichen Profilteilen, 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 Profilteile 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 Abkühlung eines Schienenstücks,

Fig. 2 im Querschnitt eine Schiene mit eingebetteten Thermoelementen,

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

Fig. 4 ein Diagramm des Abkühlungsverlaufs nach der Erfindung,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Abkühlvorrichtung.

[0023] Figur 1 zeigt im ZTU-Schaubild Kurven unterschiedlichen Abkühlungsverlaufes verschiedener Querschnittsteile, die nach Maßgabe ihrer Masse und damit ihrer Temperaturschwerpunkte zu vergleichsweise unterschiedlichen Zeiten die Umwandlungslinie A_{r1} erreichen. Die hierbei auftretenden zeitlichen Unterschiede ergeben Differenzen zwischen 40 und 120 Sekunden. Das Schaubild betrifft einen Stahl mit folgender metallurgischer 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 $950^{\circ}C$ austenitisiert mit einer Haltezeit von 15 Minuten nach fünfminütigem Aufheizvorgang.

[0024] Im Schaubild bezeichnet:

A = Austenit

P = Perlit

Zw = Zwischenstufe

M = Martensit

[0025] Aus dem Verlauf der Kurvenschar ist ersichtlich, daß nachdem eine Probe fünf Minuten bei $950^{\circ}C$ austenitisiert wurde, bei niedrigen Abkühlgeschwindigkeiten die A_{r1} -Linie bei einer bestimmten Temperatur und Kühlzeit erreicht wird. Bei höheren Abkühlgeschwindigkeiten erreicht der Stahl aufgrund eines umwandlungsträgen Bereiches die Perlitlinie nicht und wandelt bei niedrigen Temperaturen im Zwischenstufenbereich (Bainit) oder bei noch höheren Abkühlgeschwindigkeiten erst beim Erreichen der Martensitlinie (ca. $260^{\circ}C$) 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 Umwandlungsprozeß ein Längenwachstum von ca. 0,3 % auf. Es ist anzunehmen, daß die bekannten plastischen Verformungen unsymmetrischer Profile auf dem Kühlbett zum überwiegenden Teil während der oben beschriebenen Umwandlungsphase stattfinden, während das Krummwerden des Profiles erst am Ende des Kühlbettes beim Ausgleich der Temperaturen über den Querschnitt sichtbar wird. Die damit verbundenen Eigenspannungen können durch Richten nicht vollständig abgebaut werden. Am Beispiel der Schiene läßt sich dieser 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 Verhältnis zur Masse zuerst die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} und beginnt zu wachsen. Diese Längenänderung führt im Schienenkopf (10, Fig. 5), der sich noch im Austenit-Bereich befindet, zu einer plastischen Längung. Nach der Umwandlung schrumpft der Fuß (12) mit sinkender Temperatur, wobei der Kopf (10) aufgrund seiner geringeren Festigkeit nicht wesentlich behindert, sondern ein wenig gestaucht wird. Wenn dann der Schienenkopf (10) die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} erreicht, beginnt für diesen das Längenwachstum infolge der Umwandlung. Dieses Wachsen wird jedoch durch den schon umgewandelten kälteren Fuß (12), dessen Streckgrenze in diesem Temperaturbereich deutlich höher ist, unterdrückt, 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 Schienenquerschnitt ausgleichen, beginnt die Schiene, sich über den gestauchten und damit kürzeren Kopf (10) zu krümmen. Diese Krümmung kann bei langen Schienen 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 Schienenstück an den mit 1 bis 5 bezeichneten Stellen mit Thermoelementen bestückt ist. Das Schienenstück wird in einem Ofen bei $1000^{\circ}C$ austenitisiert und anschließend an Luft bei natürlicher Konvektion abgekühlt. 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 erkaltenen 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) erfundungsgemäß 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 erfundungsgemäß behandelte Schiene war nach Beendigung des Abkühlvorganges bei annähernd Raumtemperatur um eine Zehnerpotenz gerauder 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 Profilteile (10, 11, 12) eingegeben, woraus die entsprechend programmierte Recheneinheit das Produkt aus

Temperatur und Masse für die einzelnen Profilteile (10, 11, 12) errechnet und nach Maßgabe dieses Produktes die Kühlmittelaufgabevorrichtungen (45 - 47) über die Signalleitung (37) steuert. Diese werden aktiviert und

5 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 15 Fuß (12) etwa zum gleichen Zeitpunkt die Umwandlungslinie A_{r3}/A_{r1} erreichen und die dann eintretende Längenänderung der unterschiedlichen Profilteile 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 erfundungsgemäßen Behandlung im warmgewalzten Zustand war. Dies wird 20 erfundungsgemäß 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 25 dem Vergleich der Figuren 3 und 4 deutlich erkennbar ist.

Patentansprüche

- 40
1. Verfahren zum Abkühlen von warmgewalzten Profilen aus der Walzhitze, wobei diese mit im Abstand über den Querschnitt angeordneten Profilteilen (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 Profilteilen (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 Profilteile (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.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Berechnung der den Profilteilen (10 - 12) zu entziehenden Wärmemengen die Umwandlungstemperatur der zugrunde liegenden Stahlqualität berücksichtigt wird.
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 Kühlmedium (48) vorbestimmt werden.
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 Profilteilen (10 - 12) anteilig zu entziehenden Wärmemengen durch zusätzlichen Einsatz von Kühlmedium (48) vorgenommen wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmeentzug durch gezieltes und bevorzugt intermittierendes Besprühen einzelner Profilteile (10 - 12) mit Kühlmedium (48) vorgenommen wird.
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.
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 Kühlmedium, einmal oder mehrfach 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 Profilteilen 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 Profilteile eingegeben werden und die so programmiert ist, daß sie das Produkt aus Temperatur und Masse errechnet und nach Maßgabe dieses Produktes Kühlmittelauflagevorrichtungen (45 - 47) über eine Signalleitung (37) steuert.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Kühlbett (50) steuerbare Kühlmitellaufgabevorrichtungen (45 - 47) für unterschiedliche Kühlmedien (48), z.B. Wasser, Luft, Wasser/Luft-Gemische aufweist.

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_{r3}/A_{r1} on breakdown of the gamma mixed crystal in ferrite and/or perlite with liberation of the conversion heat.
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.

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.
- 15 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.
- 20 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.
- 25 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-
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

- 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). 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
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. 30
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.

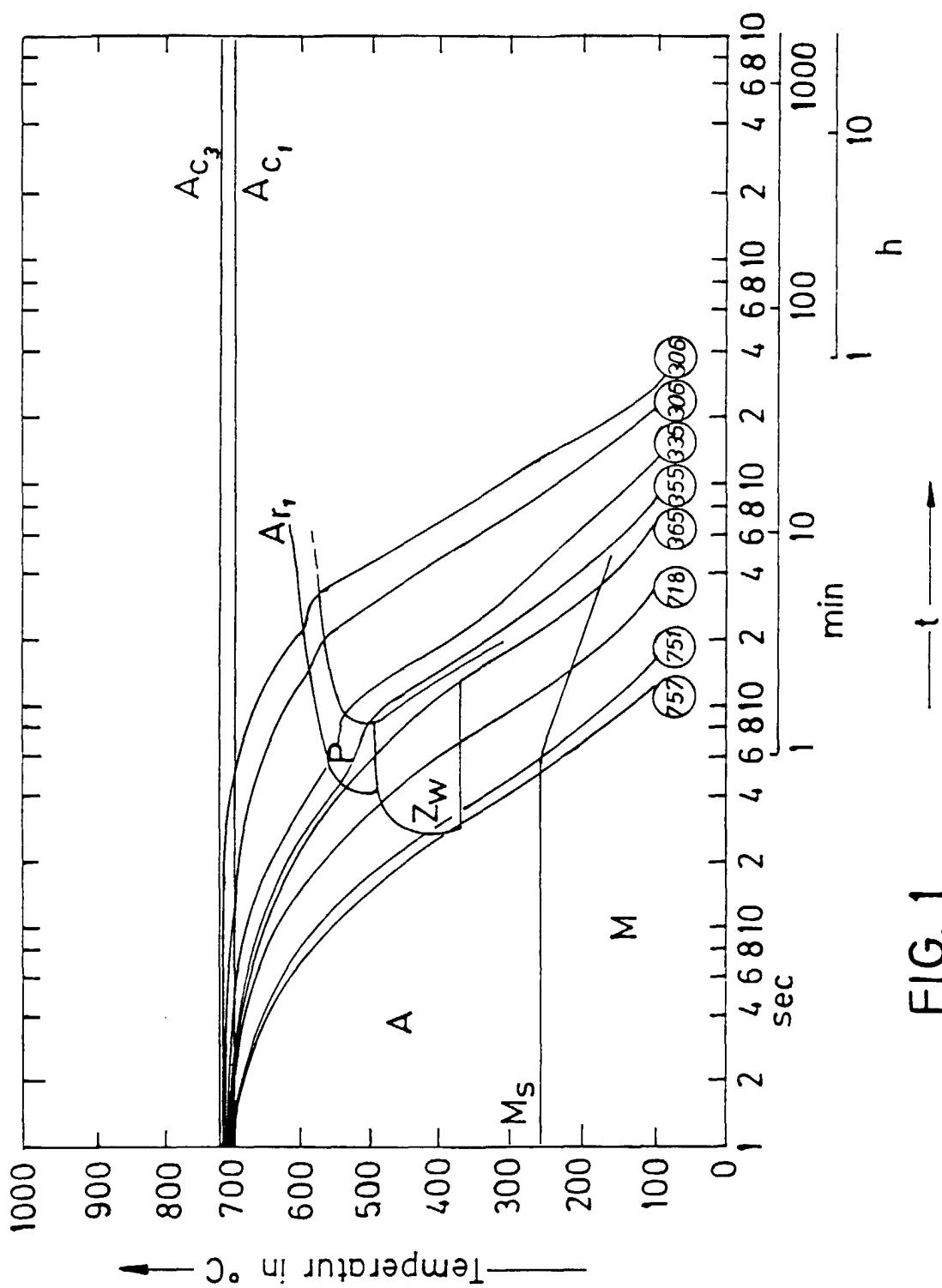


FIG. 1

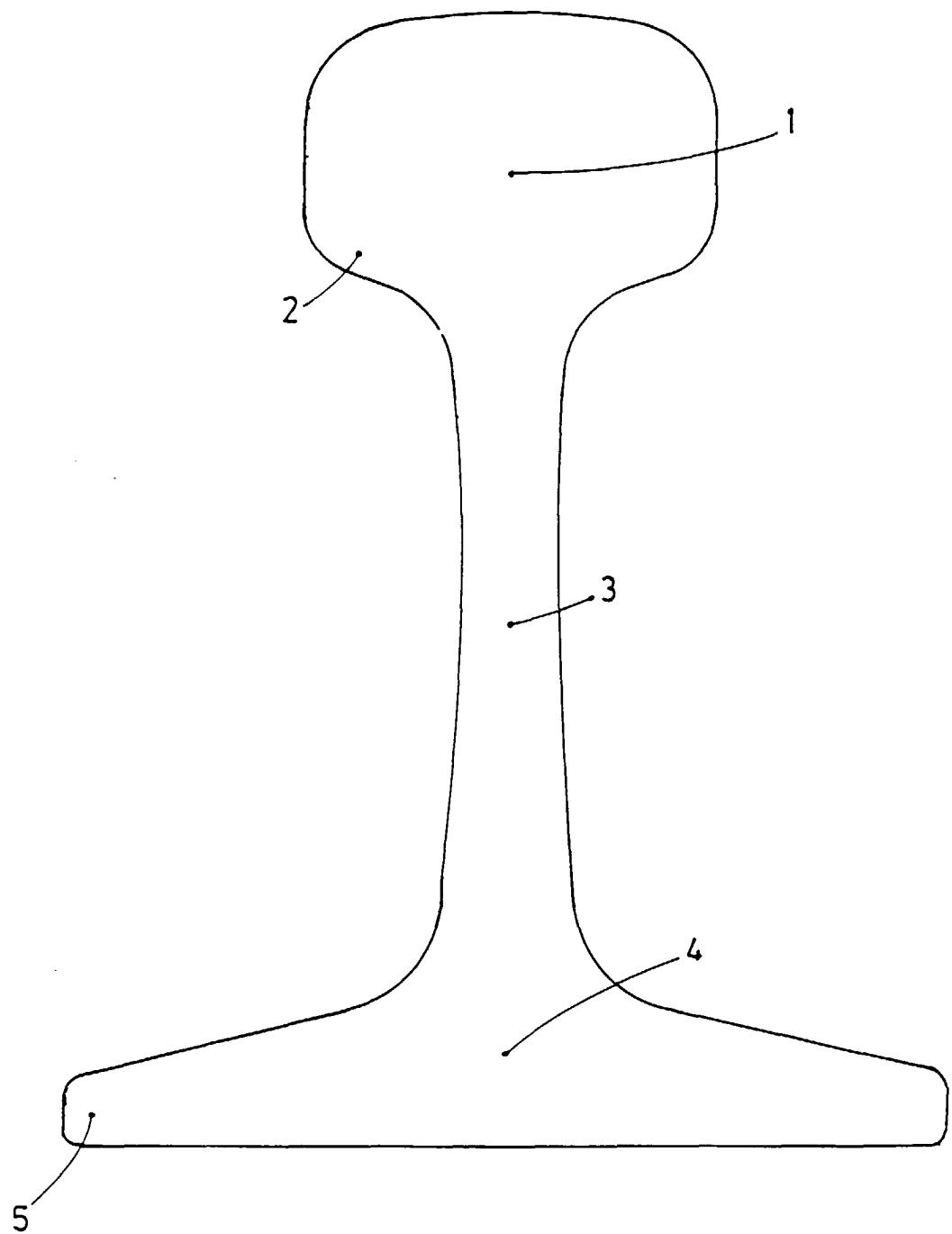
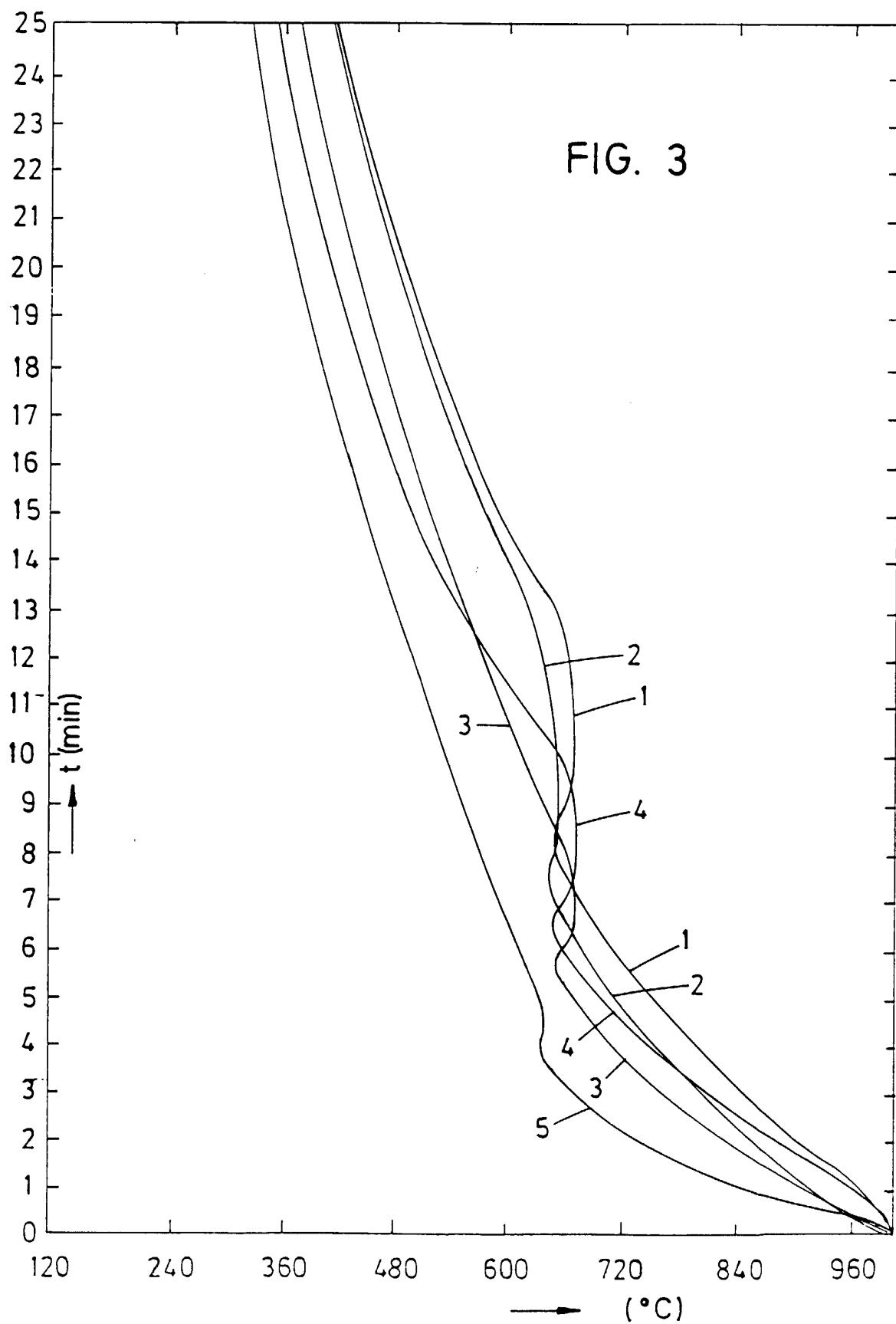


FIG. 2



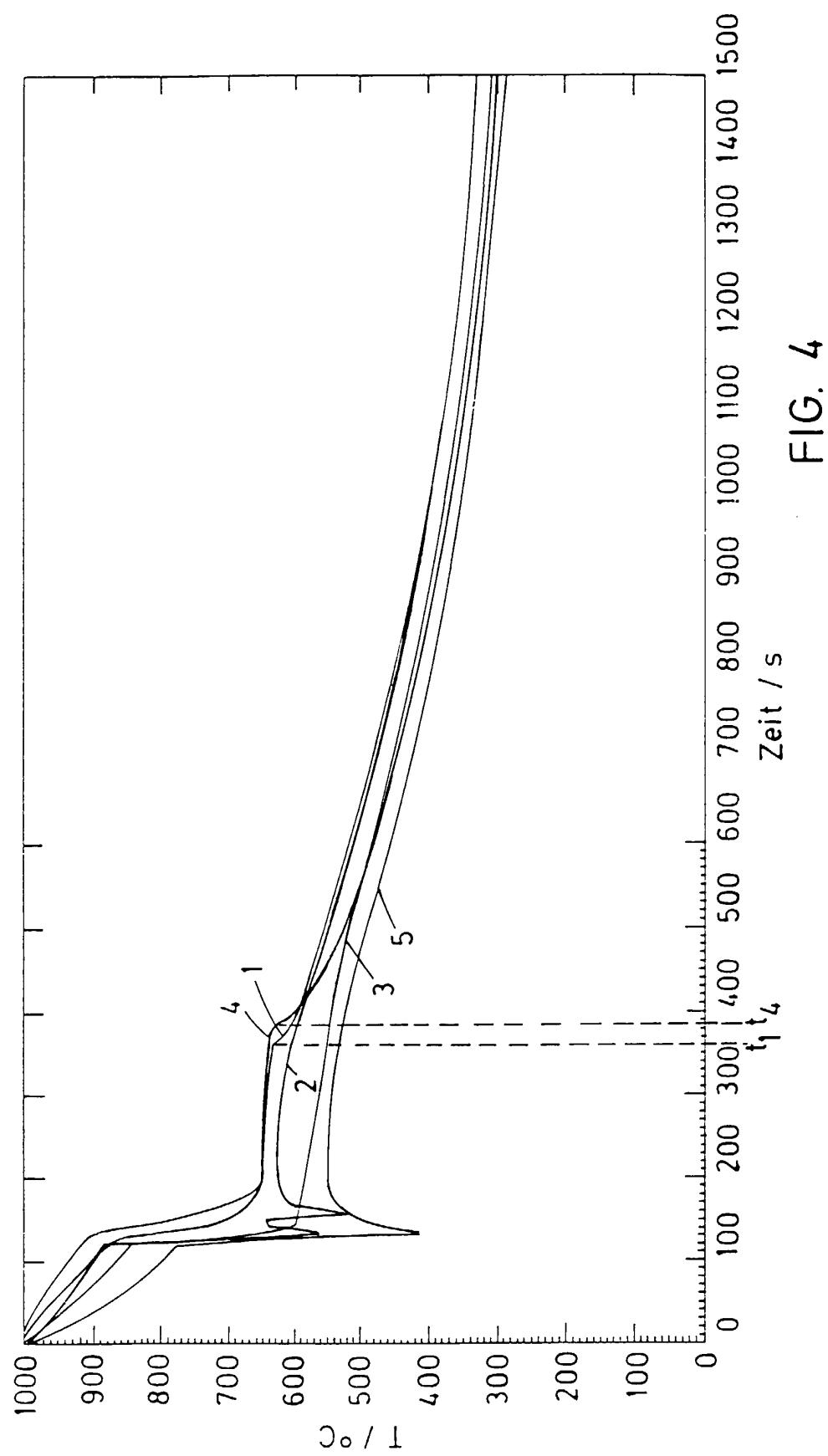


FIG. 4

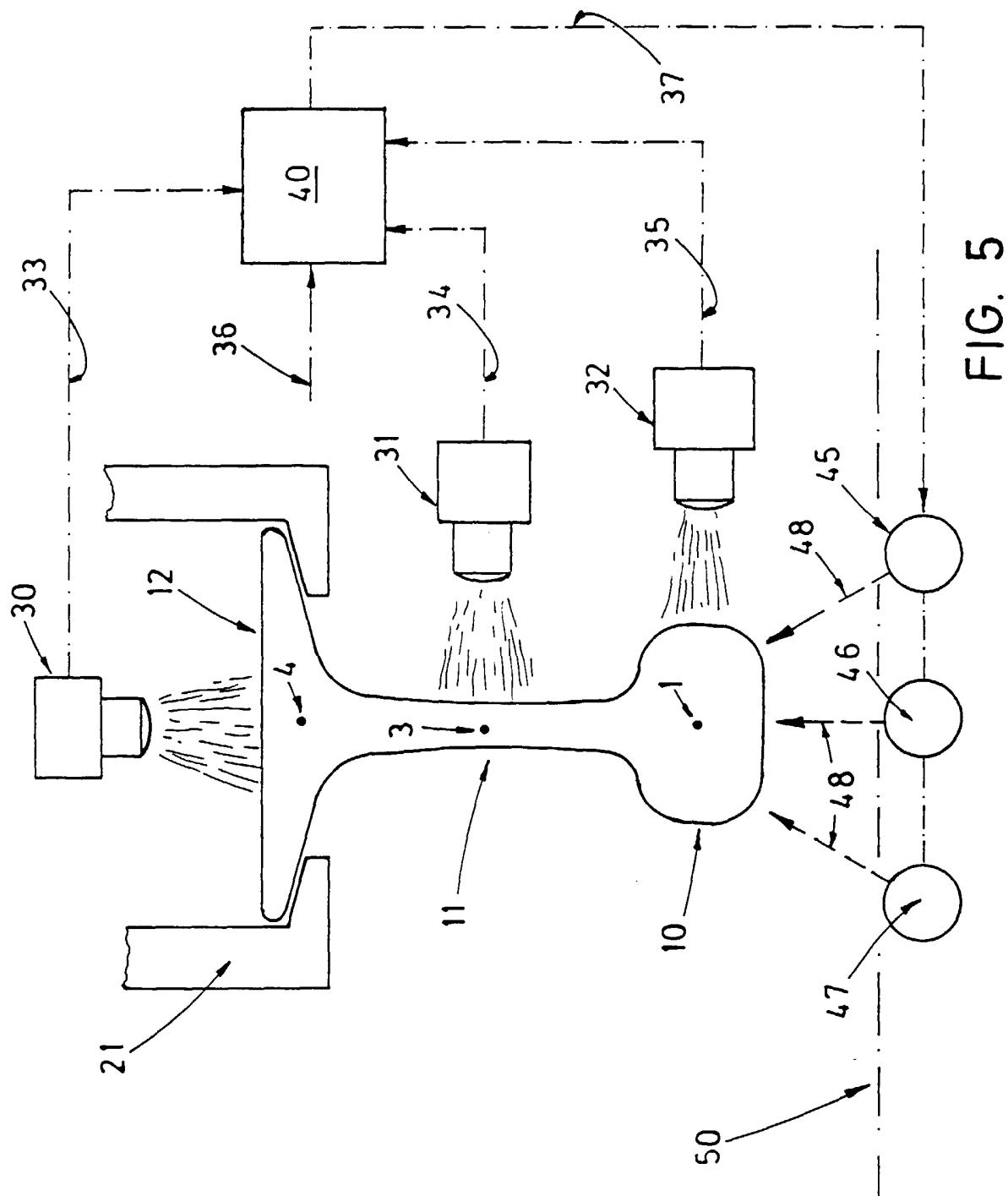


FIG. 5