

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 849 368 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

24.06.1998 Patentblatt 1998/26

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: C21D 9/04

(21) Anmeldenummer: 97890249.2

(22) Anmeldetag: 16.12.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 19.12.1996 AT 2222/96

(71) Anmelder: Voest-Alpine Schienen GmbH

A-8700 Leoben (AT)

(72) Erfinder:

• Jöller, Albin Dr.

A-8700 Leoben (AT)

• Pointner, Peter Dr.

A-8700 Leoben (AT)

• Schiffer, Herbert-Adolf Dipl.-Ing.

A-8700 Leoben (AT)

(74) Vertreter: Wildhack, Helmut, Dipl.-Ing. Dr.

Patentanwälte Dipl.-Ing. Leo Brauneiss,

Dipl.-Ing. Dr. Helmut Wildhack,

Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Jellinek,

Landstrasser Hauptstrasse 50

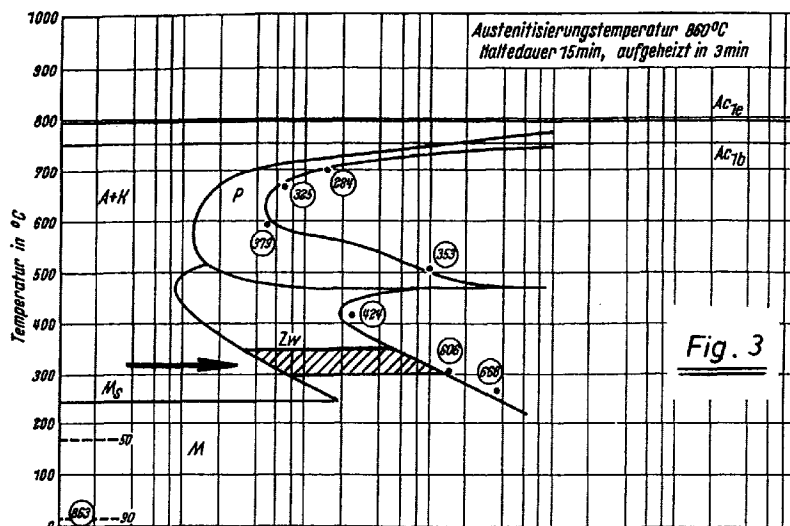
1030 Wien (AT)

## (54) Profiliertes Walzgut und Verfahren zu dessen Herstellung

(57) Die Erfindung betrifft ein profiliertes Walzgut, insbesondere eine Fahr- oder Eisenbahnschne, aus einer Eisenbasislegierung mit über den Querschnitt zumindest teilweise durch beschleunigte Abkühlung gebildeter Gefügestruktur sowie ein Verfahren zur Herstellung des Walzgutes.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die Eisenbasislegierung einen Gehalt von Silizium plus Aluminium von unter 0,99 Gew.-% aufweist und daß zumindest teilweise im Walzgut eine Gefügebildung mit einer

Struktur, die bei im wesentlichen isothermer Gefügeumwandlung vom Austenit im Bereich der unteren Zwischenstufe bzw. unteren Bainitstufe gebildet wird, vorliegt. Diese Gefügestruktur wird mit einem Verfahren erreicht, bei welchem das Umwandlungsverhalten der Legierung festgestellt und anschließend ein Umwandeln des Walzgutmaterials zumindest teilweise bei einer Temperatur zwischen dem Martensitpunkt und einem diesen um höchstens 250°C überschreitenden Wert durchgeführt wird.



EP 0 849 368 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein profiliertes Walzgut, insbesondere Fahr- oder Eisenbahnschiene, aus einer Eisenbasislegierung enthaltend Kohlenstoff, Silizium, Mangan, gegebenenfalls Chrom, sonderkarbidbildende sowie das Umwandlungsverhalten des Werkstoffes beeinflussende Elemente und/oder Mikrolegierungszusätze, Rest Eisen und herstellungsbedingte sowie übliche Verunreinigungen, mit über den Querschnitt zumindest teilweise durch beschleunigte Abkühlung aus dem Austenitgebiet der Legierung gebildeter Gefügestruktur.

Weiters umfaßt die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von profiliertem Walzgut, insbesondere von Fahr- oder Eisenbahnschienen, aus einer Eisenbasislegierung mit über den Querschnitt zumindest teilweise durch beschleunigte Abkühlung aus dem Austenitgebiet der Legierung gebildeter Gefügestruktur, wobei zumindest Teile der Oberfläche des Walzgutes mit Kühlmittel beaufschlagt oder in dieses eingebracht werden.

Walzgut kann als Bauteil entsprechend der jeweiligen Verwendung verschiedenartig belastet sein, wobei auf Grund der allgemeinen Materialeigenschaften im wesentlichen die höchste Einzelbeanspruchung die Dimensionierung des Teiles fordert und/oder dessen Haltbarkeit bestimmt. Technisch und auch wirtschaftlich kann es dafür von Vorteil sein, wenn das Eigenschaftsprofil des Bauteiles an die Anforderungen an diesen angepaßt ist bzw., wenn entsprechend den ausgeprägten Einzelbelastungen an den Teil dieser spezifisch besonders hohe Werkstoffkennwerte aufweist.

Am Beispiel von Fahr- oder Eisenbahnschienen kann eine vielschichtige Materialbelastung deutlich erkannt werden. Für den schienenengebundenen Verkehr sollen die Schienen einerseits einen hohen Verschleißwiderstand im Kopfbereich bzw. an der die Räder tragenden Oberfläche haben und andererseits, der Biegebeanspruchung im Gleis wegen, hohe Zähigkeit, Festigkeit und Bruchsicherheit im übrigen Querschnittsbereich aufweisen.

Um die Gebrauchseigenschaften der Schienen bei steigendem Verkehrsaufkommen und immer größeren Achslasten zu verbessern, wurden eine Vielzahl von Vorschlägen gemacht, deren Kopfhärte zu erhöhen.

Aus der AT- 399346 -B ist zur Erfüllung dieser Erfordernisse ein Verfahren bekannt, bei welchem der Schienenkopf aus dem Austenitgebiet der Legierung in einem einen synthetischen Kühlmittelzusatz aufweisenden Kühlmittel bis zu einer Oberflächentemperatur zwischen 450°C und 550°C eingetaucht und anschließend ausgebracht wird, wodurch im Kopfbereich ein feinperlitisches Gefüge mit erhöhter Materialhärte gebildet wird. Zur Durchführung des Verfahrens ist gemäß EP 441166-A eine Vorrichtung offenbart, die auf einfache Weise ein Eintauchen des Schienenkopfes in ein Kühlmittel beinhaltenes Tauchbecken ermöglicht.

Ein weiteres Verfahren zur Ausbildung einer stabilen Perlitstruktur in Schienen ist aus der EP-186373 -B1

bekannt geworden, bei welchem Verfahren im wesentlichen eine Düsenanordnung für ein Kühlmittel zur beschleunigten Abkühlung der Schiene verwendet und der Abstand zwischen Düsenanordnung und Schienenkopf in Abhängigkeit von dem für den Schienenkopf zu erzielenden Härtegrad und dem Kohlenstoffäquivalent des Stahles eingestellt wird.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Wärmebehandlung von profiliertem Walzgut, insbesondere von Schienen, ist der EP-693562-A zu entnehmen, wobei insbesondere im Schienenkopf ein feinperlitisches Gefüge mit erhöhter Härte und Abriebfestigkeit gebildet wird. Ein weiteres Verfahren zur Erstellung einer feinperlitischen Gefügebildung im Kopfbereich der Schiene ist in der EP-293002 offenbart. Dabei wird der Schienenkopf durch Heißwasserstrahlen bis 420 °C abgekühlt und anschließend mittels eines Luftstromes behandelt.

Aus der EP -358362-A ist ein Verfahren bekannt geworden, bei welchem der Schienenkopf aus dem Austenitgebiet der Legierung mit hoher Intensität und der Maßgabe abgekühlt wird, daß die Oberflächentemperatur über dem Martensitpunkt verbleibt. Nach einem Erreichen einer gewählten Temperatur erfolgt eine Begrenzung der Kühlwirkung, so daß eine vollständige isotherme Umwandlung in der unteren Perlitstufe und zwar Austenit- feiner Perlit abläuft. Entsprechend der chemischen Zusammensetzung des Stahles soll diese Gefügebildung ohne Bainitbildung erfolgen.

Eine Schiene mit hoher Verschleißfestigkeit am Kopf und hoher Bruchsicherheit im Fuß wird gemäß EP-136613-A bzw. DE- 33 36 006-A durch ein Verfahren erreicht, bei welchem die Schiene nach dem Walzen und Abkühlen an Luft bei 810 bis 890 °C austenitisiert und anschließend beschleunigt abgekühlt wird. Dabei erfolgt die Abkühlung derart, daß im Bereich des Kopfes ein feinperlitisches Gefüge und im Bereich des Fußes ein martensitisches Gefüge entsteht, das anschließend angelassen wird.

Um nun ein Walzgut mit vorteilhaften mechanischen Eigenschaften, vorzugsweise eine Fahr- oder Eisenbahnschiene mit hoher Abriebfestigkeit, insbesondere des Kopfes, und hoher Zähigkeit der übrigen Bereiche zu erreichen, ist gemäß dem Stand der Technik im Werkstoff eine feinperlitisches Gefügestruktur einzustellen und ein Zwischenstufengefüge bzw. Bainitgefüge, gegebenenfalls mit Martensitanteilen, zu vermeiden.

Vorgesagtes ist auch wissenschaftlich begründbar, weil bei der Perlitumwandlung, bei welcher eine Diffusion der Atome erfolgt, mit sinkender Temperatur die Keimbildungsgeschwindigkeit für die lamellaren Phasen Karbid und Ferrit zunimmt, wodurch das Gefüge zunehmend feiner und dadurch bei hoher Zähigkeit härter sowie abriebfester wird. Die Perlitbildung erfolgt also über Keimbildung und Wachstum, die durch das Ausmaß der Unterkühlung und die Diffusionsgeschwindigkeit, insbesondere der Kohlenstoff- und Eisenatome,

bestimmt werden.

Wird die Abkühlungsgeschwindigkeit weiter erhöht bzw. die Umwandlungstemperatur weiter gesenkt, erfolgt eine Umwandlung von kohlenstoffhaltigen niedriglegierten Eisenbasiswerkstoffen in das Zwischenstufengefüge. Obwohl eine strenge wissenschaftliche Klärung noch aussteht, wird vielfach angenommen, daß bei einer Zwischenstufen- oder Bainitumwandlung die Grundgitteratome eingefroren sind und die Gefügestrukturänderung durch ein Umklappen des Gitters erfolgt, wobei jedoch die Kohlenstoffatome noch diffundieren können und in der Folge Karbide bilden. Eine unmittelbar unter dem Temperaturgebiet der Umwandlung zu feinem lamellaren Perlit, also bei der Zwischenstufenumwandlung gebildeten Gefügestruktur weist eine wesentlich größere Form auf. Auch die entstandenen Karbide sind deutlich größer ausgebildet, zwischen den Ferritlamellen angeordnet, verschlechtern wesentlich die Materialzähigkeit und begünstigen die Materialermüdung sowie erhöhen die Bruchgefahr des Teiles insbesondere bei stoßartigen Belastungen. Aus diesem Grund sollen Schienen keine Bainitanteile im Gefüge aufweisen.

Ein karbidfreier bainitischer Stahl mit hoher Abriebfestigkeit und verbesserter Kontaktermüdungsbeständigkeit ist aus der WO 96/22396 bekannt geworden. Mittels hoher Silizium und/oder Aluminiumgehalte von 1,0 bis 3,0 Gew.-% in einem niedriglegierten- 0,05 bis 0,5 Gew.-% Kohlenstoff sowie 0,5 bis 2,5 Gew.-% Mangan und 0,25 bis 2,5 Gew.-% Chrom aufweisenden Stahl soll im Walzgut durch kontinuierliches Abkühlen von der Walztemperatur eine im wesentlichen karbidfreie Mikrostruktur des Typs "Oberer Bainit", das ist ein Mischgefüge aus bainitischem Ferrit, Restaustenit und hochkohlenstoffhaltigem Martensit, eingestellt werden. Bei tiefen Temperaturen und/oder bei mechanischen Beanspruchungen können jedoch zumindest Teile des Restaustenits im Gefüge unter Bildung von Martensit und/oder einem sogenannten Verformungsmartensit umklappen, wodurch an den Phasengrenzen die Rißinitiationsgefahr erhöht ist.

Ein Steigen des Verkehrsaufkommens auf den Bahnstrecken sowie höhere Achslasten und Zuggeschwindigkeiten fordern allgemein höhere Materialgüten und sollten auch durch bessere Gebrauchseigenschaften von Schienen erreicht werden.

Dem bisher bekannten Walzgut aus niedrig legierten Eisenbasiswerkstoffen sowie den Verfahren, insbesondere Wärmebehandlungsverfahren, zur Herstellung desselben mit verbesserten Gebrauchseigenschaften liegt allgemein der Nachteil zugrunde, daß dem Stand der Technik gemäß eine weitere Erhöhung der Abriebfestigkeit und Zähigkeit des Werkstoffes nur durch teure legierungstechnische Maßnahmen erreicht werden kann.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen und setzt sich zum Ziel, ein profiliertes Walzgut, insbesondere eine Schiene, mit einer optimalen Kombination von hoher

Abriebfestigkeit bzw. hohem Verschleißwiderstand bei erhöhter Zähigkeit und Materialhärte sowie Beständigkeit gegen Kontaktermüdung anzugeben.

Ferner ist es Aufgabe der Erfindung, ein neues Verfahren zu schaffen, mit welchem die Gebrauchseigenschaften von profiliertem Walzgut bei wirtschaftlichem Legierungseinsatz verbessert werden.

Dieses Ziel wird bei einem gattungsgemäßen Gegenstand der eingangs genannten Art dadurch erreicht, daß die Eisenbasislegierung eine Konzentration der Elemente in Gew.-%

Silizium MAX 0,93, vorzugsweise 0,21 bis 0,69  
Aluminium MAX 0,06, vorzugsweise unter 0,03 und  
Silizium plus Aluminium unter 0,99 aufweist und  
daß zumindest in Teilbereichen des Walzgutquerschnittes über dessen Längserstreckung eine Gefügeausbildung mit einer Struktur, die bei der im wesentlichen isothermen Gefügeumwandlung vom Austenit im Bereich der unteren Zwischenstufe bzw. der unteren Bainitstufe gebildet wird, vorliegt.

Die mit der Erfindung erreichten Vorteile liegen insbesondere darin, daß, wie gefunden wurde, ein Walzgut mit einer Gefügeausbildung entsprechend einer Umwandlung in der unteren Zwischenstufe wesentlich verbesserte mechanische Eigenschaften aufweist. Voraussetzung dafür sind nach oben streng begrenzte Silizium- und/oder Aluminiumgehalte des Werkstoffes. Höhere Silizium- und/oder Aluminiumkonzentrationen wirken in niedrig legierten Eisenbasiswerkstoffen abschnürend auf das Gammagebiet im Zustand des Stoffsystems, so daß eine weitgehend vollständige Umwandlung des Gefüges von Austenit im Bereich der unteren Zwischenstufe nur bei Gehalten an Silizium in Gew.-% von MAX 0,93 und Aluminium von MAX 0,06 sowie Silizium plus Aluminium unter 0,99 ermöglicht wird. Die überraschend große Verbesserung der Materialeigenschaften zwischen oberer und unterer Zwischenstufengefügestruktur ist derzeit noch nicht ausreichend erklärbar und wird von einem Teil der Fachwelt wissenschaftlich damit begründet, daß im oberen Temperaturbereich der Zwischenstufenumwandlung, in welcher zwar eine Selbstdiffusion der Gitteratome eingefroren ist, der Kohlenstoff noch leicht diffundieren kann. Dies bewirkt grobe, lichtmikroskopisch sichtbaren Karbidausscheidungen, die zwischen den Ferritnadeln liegen, was in der Folge zu einer nachteiligen Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften führt. Im Temperaturbereich der unteren Zwischenstufenumwandlung erscheint hingegen die Kohlenstoffdiffusion weitgehend verringert bzw. ebenfalls weitgehend eingefroren, wodurch die Karbide in den Nadeln des Zwischenstufenferrits gebildet und so fein verteilt vorliegen, daß sie lichtmikroskopisch nicht mehr feststellbar, sondern nur noch elektronenmikroskopisch zu erkennen sind. Diese vorteilhafte Karbidausbildung und Karbidverteilung im Gefüge der unteren Zwischenstufe führt offensichtlich zu einer wesentlichen Verbes-

serung der Härte und Festigkeit, der Zähigkeit, der Bruchsicherheit, der Abriebfestigkeit und des Verschleißwiderstandes sowie zu einer hohen Kontaktermüdungsbeständigkeit des Walzgutes.

Besonders vorteilhafte Walzguteigenschaften werden erreicht, wenn die Eisenbasislegierung im wesentlichen die Elemente in Gew.-%Kohlenstoff 0,41 bis 1,3, vorzugsweise 0,51 bis 0,98

Mangan 0,31 bis 2,55, vorzugsweise 0,91 bis 1,95

Eisen als Rest, aufweist.

Die mechanischen Eigenschaftswerte des Walzgutes können weiter gesteigert bzw. verbessert werden, wenn die Eisenbasislegierung weiters die Elemente in Gew.-% Chrom 0,21 bis 2,45, vorzugsweise 0,38 bis 1,95 gegebenenfalls

Molybdän bis 0,88, vorzugsweise bis 0,49

Wolfram bis 1,69, vorzugsweise bis 0,95

Vanadin bis 0,39, vorzugsweise bis 0,19, weiters

Niob und/oder Tantal und/oder Zirkon und/oder Hafnium und/oder Titan einzeln

oder in Summe bis 0,28, vorzugsweise bis 0,19, sowie Nickel bis 2,4, vorzugsweise bis 0,95

Bor bis 0,006, vorzugsweise 0,004

aufweist.

Um eine weitgehend vollständige Umwandlung in der unteren Bainitstufe der Legierung bei Vermeidung von Mischgefügen zu erreichen, kann in günstiger Weise vorgesehen sein, daß die Eisenbasislegierung die Elemente Silizium, Aluminium und Kohlenstoff in derartigen Konzentrationen aufweist, daß der Wert gebildet aus 2,75mal % Silizium

und/oder Aluminium minus % Kohlenstoff gleich oder kleiner ist als 2,2. Durch diese Begrenzung bzw. Relation werden in vorteilhafter Weise die stark ferritbildenden Elemente, Si und Al, und das wirkungsvoll austenitbildende Element C umwandlungskinetisch einander zugeordnet bzw. aufeinander abgestimmt.

Wenn ein profiliertes Walzgut, insbesondere Eisenbahnschiene, bestehend aus einem Schienenkopf, einem Schienenfuß und einem diese Bereiche verbindenden Steg, bei welchem zumindest in einem Bereich des Querschnittes, insbesondere im Kopf der Schiene, die in der unteren Zwischenstufe bzw. im unteren Bainitbereich gebildete Gefügestruktur eine Tiefe von mindestens 10 mm, vorzugsweise von mindestens 15 mm, von der Oberfläche aufweist, können auch besonders hoch belastete Oberflächenbereiche überragende Standfestigkeiten erbringen.

Ein profiliertes Walzgut, insbesondere Eisenbahnschiene, bei welchem die Querschnittsbereiche mit einer unteren Zwischenstufen- oder unteren bainitischen Gefügestruktur axsymmetrisch oder zentrisch-symmetrisch angeordnet sind, besitzt zusätzlich die Vorteile einer hohen Formstabilität in Längsrichtung und geringerer innerer Spannungen.

Besonders vorteilhaft betreffend die Gebrauchseigenschaften ist, wenn das profilierte Walzgut im bzw. in den Bereich(en) mit unterer Zwischenstufen- oder unterer

rer Bainitstruktur eine Härte von mindestens 350 HB, vorzugsweise von mindestens 400 HB, insbesondere von 420 bis 600 HB, aufweist.

Die weitere Aufgabe der Erfindung wird bei einem Verfahren der vorhin genannten Art dadurch gelöst, daß die Zusammensetzung der Legierung in engen Grenzen ausgewählt deren Umwandlungsverhalten bei der Abkühlung aus dem Gebiet der kubisch flächenzentrierten Atomstruktur bzw. aus dem Austenitgebiet ermittelt und aus der ausgewählten Legierung das Walzgut hergestellt werden, wonach in Längsrichtung zumindest Teile des Querschnittes des Walzgutes aus dem Austenitgebiet auf eine Temperatur zwischen dem Martensitpunkt der Legierung und einem diesen um höchstens 250 °C, vorzugsweise um höchstens 190 °C, überschreitenden Wert, insbesondere auf eine Temperatur im Bereich von 5° C bis 110 ° C über dem Martensitpunkt abgekühlt werden und das Gefüge im wesentlichen isotherm umwandeln gelassen wird.

Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß eine genaue Herstell- und Qualitätsplanung für das profilierte Walzgut erstellt werden kann, wobei dessen mechanische Eigenschaften wesentlich verbessert sind. Einerseits kann dabei eine kostengünstige chemische Legierungszusammensetzung, die allenfalls das erforderliche Eigenschaftsprofil des Erzeugnisses sicherstellt, ausgewählt werden, andererseits ist es möglich, eine genaue umfassende Erzeugungs- und Wärmebehandlungstechnologie vorzuschreiben bzw. anzuwenden. Dies ist wichtig, weil die Umwandlungsvorgänge beim Abkühlen aus dem Austenitgebiet der Legierung nicht nur von der Zusammensetzung derselben sondern auch von der Höhe der Endwalz- und/oder Austenitisierungstemperatur, vom Keimzustand sowie der Keimbildungsgeschwindigkeit für Phasen bzw. dem Umklappmechanismus abhängen. Unter Zugrundelegung des jeweiligen Umwandlungsverhaltens bzw. der Martensitstarttemperatur des Werkstoffes für einen in der praktischen Erzeugung gegebenen oder einstellbaren Zustand, ist dabei die erfindungsgemäße Umwandlungstemperaturführung festlegbar.

Besonders vorteilhafte Materialeigenschaften werden erreicht, wenn die Umwandlung des Gefüges im wesentlichen isotherm in einem Temperaturbereich von höchstens PLUS-MINUS 110 °C, vorzugsweise von höchstens PLUS-MINUS 60 °C, erfolgt. Daraus ergibt sich für die meisten Stähle, die für hochbelastbare Walzprodukte, insbesondere für Eisenbahnschienen, verwendet werden, eine Umwandlungstemperatur von höchstens 450°C, vorzugsweise von höchstens 400°C, insbesondere von 300 bis 380°C, um ein erfindungsgemäßes Gefüge der unteren Zwischenstufe einzustellen.

Wenn, wie vorteilhaft vorgesehen sein kann, zumindest ein Teil des Querschnittes des profilierten Walzgutes mit erhöhter Massekonzentration einer beschleunigten Abkühlung unterworfen wird, ist eine günstige gleichmäßige Abkühlung bezogen auf die Längsaxe

des Walzgutes erreichbar.

Die Gleichmäßigkeit der Abkühlung über den Querschnitt kann weiter, insbesondere bei Schienenprofilen, verbessert werden, wenn das Walzgut in einem ersten Schritt in eine Kühlflüssigkeit vollumfangsmäßig getaucht, nach einem Erreichen einer Temperatur eines Oberflächenbereiches von mindestens 2°C, insbesondere jedoch etwa 160°C über dem Martensitpunkt der Legierung aus dem Kühlmittel zumindest teilweise ausgebracht und in einem zweiten Schritt ausschließlich der Bereich mit hoher Massekonzentration gegebenenfalls zeitweise im Tauchbad belassen oder in dieses zeitweise eingebracht wird.

Wird die Abkühlung des Walzgutes durch eine auf die Massekonzentration des Profils abgestimmte Kühlmittelbeaufschlagung der Oberfläche durchgeführt, so kann die Wärmebehandlungstechnologie für die üblichen legierten Schienenstähle derart festgelegt werden, daß eine Gefügeumwandlung im Bereich der unteren Zwischenstufe über im wesentlichen den gesamten Querschnitt erfolgt.

Insbesondere im Hinblick auf eine gleichmäßige Kühlmittelbeaufschlagung sowie eine Verschiebung des Umwandlungsbeginnes der Legierung zu längeren Zeiten ist es bevorzugt, wenn das Walzgut unmittelbar nach der Verformung unter Ausnutzung der Walzhitze achsfluchtend gerichtet und einem durch Umwandlung in der unteren Zwischenstufe des Werkstoffes besondere Materialeigenschaften über den Querschnitt erstellenden Abkühlverfahren zugeführt wird.

Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar, wenn Eisenbahnschienen, insbesondere für Hochleistungsstrecken, mit hoher Abriebfestigkeit bzw. hoher Verschleißfestigkeit, hoher Zähigkeit und geringer Kontaktermüdung bei großer spezifischer Belastung hergestellt werden, wobei nach dem Walzen und zumindest teilweise thermischem Einstellen eines Gefüges der unteren Zwischenstufe ein anschließendes Richtverfahren, insbesondere Biegerichtverfahren bei Raumtemperatur oder geringfügig erhöhter Temperatur, zur Erhaltung der besonderen Materialeigenschaften bei stabiler Ausrichtung der Schiene durchgeführt wird.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Untersuchungsergebnissen der Entwicklung und Ausführungsbeispielen näher dargelegt.

Ein Walzgut mit im wesentlichen H-förmigem Profil sollte mit einer Härte zwischen 550 und 600 HV und höchstmöglicher Zähigkeit hergestellt werden. Dafür erfolgte die Auswahl einer Eisenbasislegierung, die mit folgender Zusammensetzung in Gew.-% untersucht und hergestellt wurde:

C = 1,05, Si = 0,28, Mn = 0,35, Cr = 1,55, Rest Eisen und Verunreinigungen. Mittels Dilatometererprobung erfolgte die Erstellung von einerseits kontinuierlichen Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubildern (kont. ZTU-Schaubildern) bei Austenitisierungstemperaturen von 860°C (Fig. 1); 950°C; und 1050°C (Fig. 2) sowie

andererseits von isothermischen ZTU-Schaubildern bei einer Austenitisierung von wiederum 860°C (Fig. 3); 950°C; und 1050 °C (Fig. 4) der Legierung. Die Schaubilder decken sich mit denjenigen, die für diese Stahltypen aus der Literatur bekannt sind.

An Proben, die von einer Austenitisierungstemperatur von 860°C (Fig. 1) beschleunigt abgekühlt wurden, war ein Erreichen der geforderten Materialhärte (Zahlenwert im Kreis) von 530 - 600 HV durch entsprechendes Abkühlen nur schwer möglich, wobei das Gefüge als Mischgefüge mit im wesentlichen oberer Zwischenstufe, unterer Zwischenstufe und Martensit vorlag und der Werkstoff schlechte Zähigkeitswerte besaß.

Durch eine Erhöhung der Austenitisierungstemperatur letztlich auf 1050°C (Fig. 2) wurde die Zwischenstufenumwandlung weitestgehend unterbunden, so daß das Gefüge bei kontinuierlicher Abkühlung im gewünschten Härtebereich aus Perlit und Martensit gebildet war und ebenfalls nicht die erwarteten hohen Zähigkeitswerte des Werkstoffes erbrachte.

Proben der vorher genannten Legierung, die von einer Temperatur von 860°C (Fig. 3) beschleunigt abgekühlt und erfindungsgemäß zwischen 350 °C und 300°C (siehe Pfeil), also 155°C bzw. 105°C oberhalb des Martensitpunktes, umwandeln gelassen wurden, erbrachten reproduzierbar eine Materialhärte von 550 bis 600 HV, ein homogenes Gefüge der unteren Zwischenstufe sowie wesentlich erhöhte Werkstoffzähigkeitswerte.

Es wurde weiters festgestellt, daß mit steigender Austenitisierungstemperatur die Bereiche der Perlitumwandlung und insbesondere jene der Zwischenstufenumwandlung zu längeren Zeiten verschoben werden, so daß eine erfindungsgemäße isotherme Umwandlung im unteren Zwischenstufenbereich, die eine Materialhärte von 550 bis 600 HV erbringt, zwischen 330 °C und 280°C (siehe Pfeil) 20 bis 340 Minuten erfordert und außerordentlich hohe Materialzähigkeitswerte bewirkt.

Aus obigen Untersuchungen ist deutlich entnehmbar, daß eine erfindungsgemäße isotherme Umwandlung von Walzgut, vorzugsweise von Schienen, im Bereich der unteren Zwischenstufe der Legierung einerseits hohe Materialhärte bei großer Zähigkeit erbringt und daß andererseits durch eine entsprechende Wärmeleitung bzw. Temperaturwahl die Herstellbedingungen bzw. die erforderlichen Zeitspannen beim Materialfluß für ein sicheres Erreichen besonderer Gütewerte des Erzeugnisses berücksichtigt werden können.

Weiters wurden aus einem Stahl mit der Zusammensetzung in Gew.-% C=0,30, Si=0,30, Mn=1,08, Cr=1,11, Ni=0,04 Mo= 0,09, V=0,15, Al=0,016 Rest Eisen und Begleitelemente Eisenbahnschienen hergestellt, wobei eine Walzendtemperatur der Oberfläche von im Mittel 1045°C vorlag. Nach dem Walzen erfolgte ein genaues längsachsfluchtendes Richten des Walzgutes und ein Verbringen der Schiene zu einer Kühleinrichtung. In dieser Kühleinrichtung wurde in einer ersten Stufe eine vollumfangliche Kühlung der Schiene mit hoher Intensität so lange vorgenommen, bis Teile dieses wa-

ren die peripheren Bereiche am Schienenfuß- eine Oberflächentemperatur von 290°C aufwiesen. Danach erfolgte in diesen Bereichen ein Absetzen der hohen Kühlintensität bzw. eine Abschaltung der Kühlmittelbeaufschlagung. Darauf wurde in einer zweiten Stufe des Verfahrens nur in den Bereichen hoher Volumskonzentration und vergleichsweise höherer Temperatur, dies ist insbesondere der Schienenkopf, die intensive Kühlung bzw. eine beschleunigte Abkühlung so lange weitergeführt, bis deren Oberflächentemperatur ebenfalls 290°C aufwies. Diese Abkühlungsart erfordert gegebenenfalls eine intermittierende Kühlung bzw. eine Intervallkühlung oder eine Intensitätsregelung der Kühlmittelbeaufschlagung zumindest für Bereiche der Querschnittsoberfläche.

In einer dritten Stufe wurde dann die so abgekühlte Schiene in einen Ofen bzw. eine Warmhaltekommer mit einer Temperatur im Bereich von 340°C verbracht, umwandeln gelassen und in der Folge auf Raumtemperatur abgekühlt.

An dieser Stelle sei vermerkt, daß mittels Voruntersuchungen isotherme ZTU-Schaubilder jeweils in Abhängigkeit von der Austenitisierungstemperatur von 850°C (Fig. 5) sowie von 1050°C (Fig. 6) und jeweils der Martensitpunkt obiger Legierung, der 300°C bzw. 260°C betrug, ermittelt wurden. Zusage dieser Ergebnisse war die Kühltechnologie und die Umwandlungstemperatur mit 340°C festgelegt worden.

Nachfolgende Materialuntersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

Über den gesamten Querschnitt lag ein Gefüge mit einer Struktur der unteren Zwischenstufe bzw. Bainitstufe vor.

Die Härte am Schienenkopf betrug 475 HB und war über den gesamten Schienenquerschnitt nur geringfügig unterschiedlich.

Die Werkstoffzähigkeit, gemessen an Kerbschlagproben, war ebenfalls wesentlich verbessert.

Die Reißbruchzähigkeitsuntersuchung erbrachte Werte  $K_{Ic}$  von über 2300 N/mm<sup>3/2</sup>.

## Patentansprüche

1. Profiliertes Walzgut, insbesondere Fahr- oder Eisenbahnschiene, aus einer Eisenbasislegierung enthaltend Kohlenstoff Silizium, Mangan, gegebenenfalls Chrom, sonderkarbidbildende sowie das Umwandlungsverhalten des Werkstoffes beeinflussende Elemente und/oder Mikrolegierungszusätze, Rest Eisen und herstellungsbedingte sowie übliche Verunreinigungen, mit über den Querschnitt zumindest teilweise durch beschleunigte Abkühlung aus dem Austenitgebiet der Legierung gebildeter Gefügestruktur, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Eisenbasislegierung eine Konzentration der Elemente in Gew.-%

Silizium MAX 0,93, vorzugsweise 0,21 bis 0,69  
Aluminium MAX 0,06, vorzugsweise unter 0,03 und  
Silizium plus Aluminium unter 0,99 aufweist und daß

- 5 zumindest in Teilbereichen des Walzgutquerschnittes über dessen  
Längserstreckung eine Gefügeausbildung mit einer Struktur, die bei der im wesentlichen isothermer Gefügeumwandlung vom Austenit im Bereich der unteren Zwischenstufe oder der unteren Bainitstufe gebildet wird, vorliegt.

2. Profiliertes Walzgut nach Anspruch 1, bei welchem die Eisenbasislegierung im wesentlichen die Elemente in Gew.-%  
Kohlenstoff 0,41 bis 1,3, vorzugsweise 0,51 bis 0,98  
Mangan 0,31 bis 2,55, vorzugsweise 0,91 bis 1,95  
Eisen als Rest, aufweist.

3. Profiliertes Walzgut nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem die Eisenbasislegierung weiters die Elemente in Gew. %  
Chrom 0,21 bis 2,45, vorzugsweise 0,38 bis 1,95, gegebenenfalls  
Molybdän bis 0,88, vorzugsweise bis 0,49  
Wolfram bis 1,69, vorzugsweise bis 0,95  
Vanadin bis 0,39, vorzugsweise bis 0,19, weiters  
Niob und/oder Tantal und/oder Zirkon und/oder Hafnium und/oder Titan einzeln oder in Summe bis 0,28, vorzugsweise bis 0,19, sowie  
Nickel bis 2,4, vorzugsweise bis 0,95  
Bor bis 0,006, vorzugsweise 0,004 aufweist.

4. Profiliertes Walzgut nach Anspruch 1 bis 3, bei welchem die Eisenbasislegierung die Elemente Silizium, Aluminium, und Kohlenstoff in derartigen Konzentrationen aufweist, daß der Wert gebildet aus  $2,75 \times \% \text{ Si}$  und/oder  $\text{Al}$  minus  $\% \text{ Kohlenstoff}$  gleich oder kleiner ist als 2,2.

5. Profiliertes Walzgut nach Anspruch 1 bis 4, insbesondere Eisenbahnschiene bestehend aus einem Schienenkopf, einem Schienenfuß und einem diese Bereiche verbindenden Steg, bei welchem zumindest in einem Bereich des Querschnittes, insbesondere im Kopf der Schiene, die in der unteren Zwischenstufe bzw. im unteren Bainitbereich gebildete Gefügestruktur eine Tiefe von mindestens 10 mm, vorzugsweise von mindestens 15 mm, von der Oberfläche aufweist.

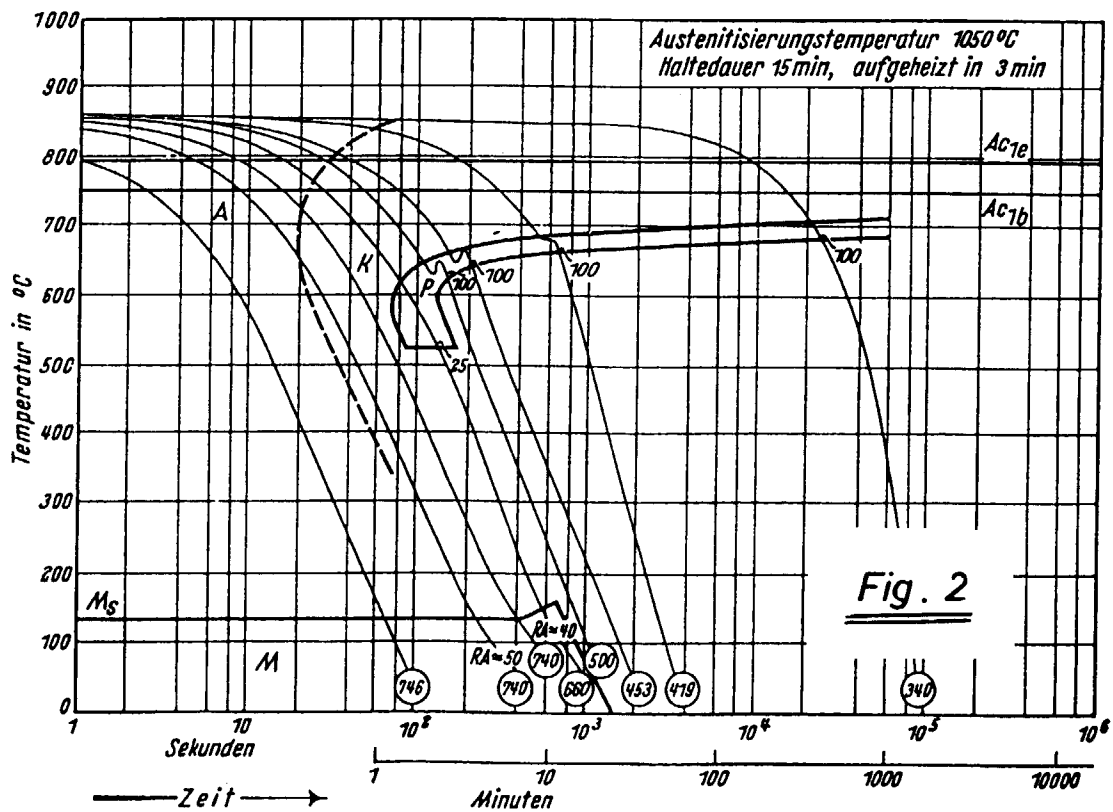
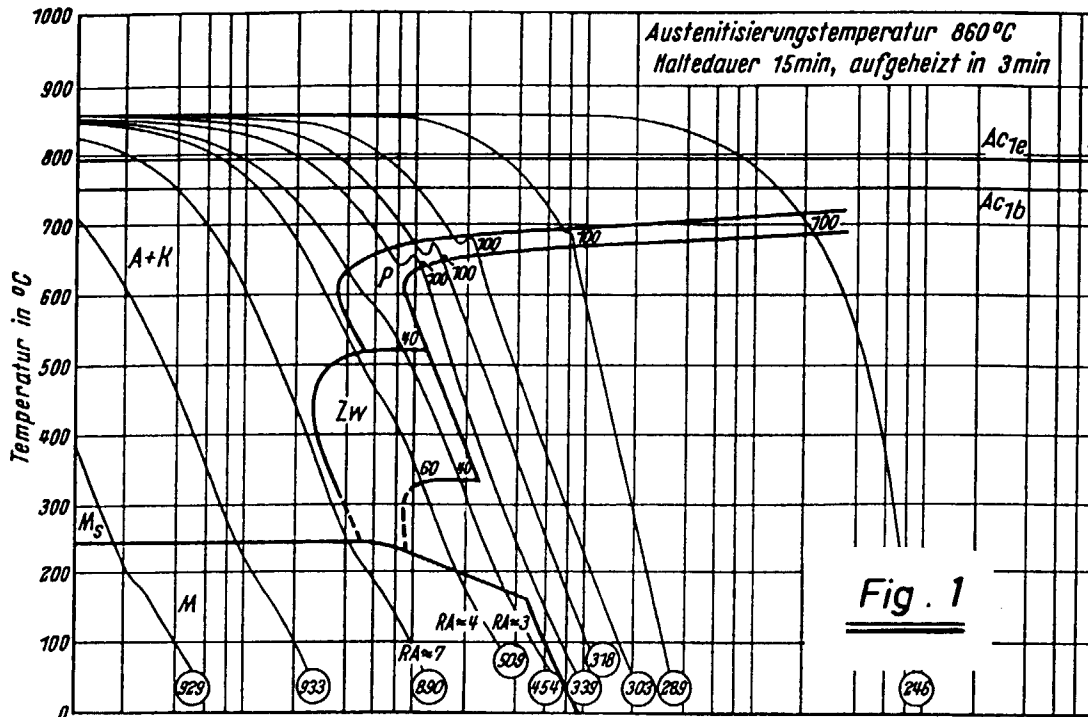
6. Profiliertes Walzgut nach Anspruch 1 bis 5, insbesondere Eisenbahnschiene, bei welchem die Querschnittsbereiche mit einer unteren Zwischenstufen- oder unteren bainitischen Gefügestruktur axsym-

metrisch oder zentrisch-symmetrisch angeordnet sind.

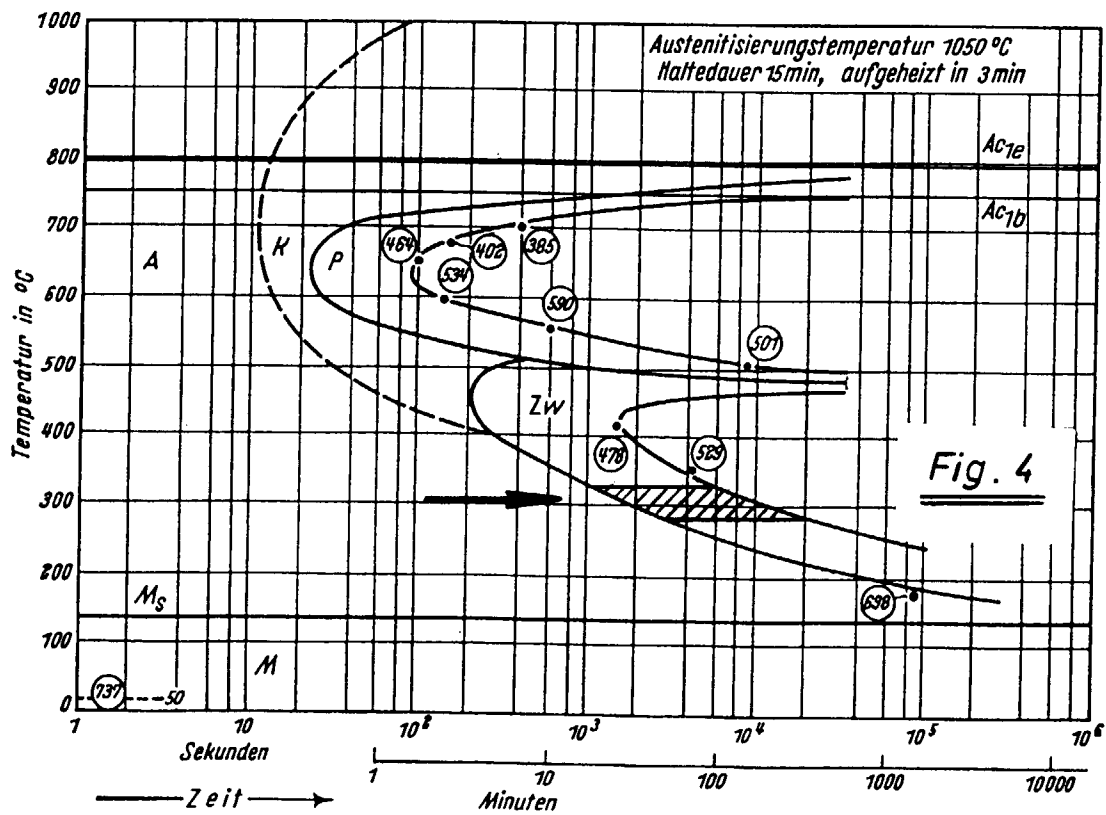
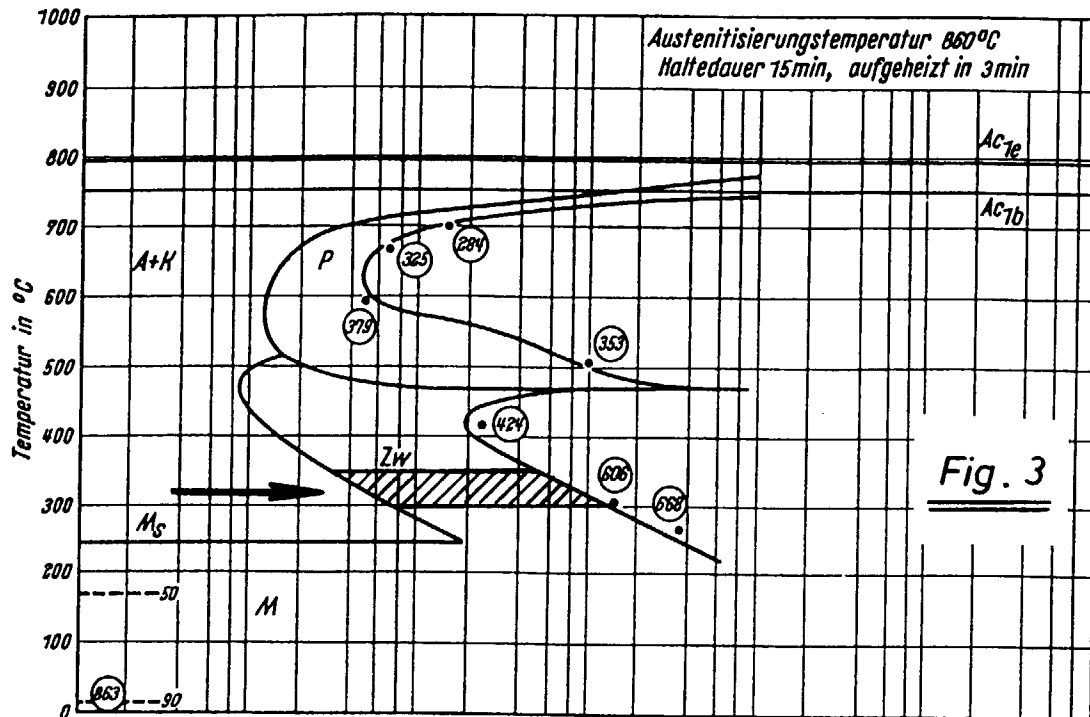
7. Profiliertes Walzgut nach einem der Ansprüche 1 bis 6, welches in bzw. in den Bereich(en) mit unterer Zwischenstufen- oder unterer Bainitstruktur eine Härte von mindestens 350 HB, vorzugsweise von mindestens 400 HB, insbesondere von 420 bis 600 HB, aufweist.
8. Verfahren zur Herstellung von profiliertem Walzgut, insbesondere von Fahr- oder Eisenbahnschienen, aus einer Eisenbasislegierung enthaltend Kohlenstoff, Silizium, Mangan, gegebenenfalls Chrom, sonderkarbidbildende sowie das Umwandlungsverhalten des Werkstoffes beeinflussende Elemente und/oder Mikrolegierungszusätze, Rest Eisen und herstellungsbedingte sowie übliche Verunreinigungen, mit über den Querschnitt zumindest teilweise durch beschleunigte Abkühlung aus dem Austenitgebiet der Legierung gebildeter Gefügestruktur, wobei zumindest Teile der Oberfläche der im Austenitgebiet bereitgestellten Schiene mit Kühlmittel beaufschlagt oder in dieses eingebracht werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zusammensetzung der Legierung in engen Grenzen ausgewählt deren Umwandlungsverhalten bei einer Abkühlung aus dem Gebiet der kubisch-flächenzentrierten Atomstruktur bzw. aus dem Austenitgebiet ermittelt und aus der ausgewählten Legierung das Walzgut hergestellt werden, wonach in Längsrichtung zumindest Teile des Querschnittes des Walzgutes aus dem Austenitgebiet auf eine Temperatur zwischen dem Martensitpunkt der Legierung und einem diesen um höchstens 250° C, vorzugsweise um höchstens 190° C, überschreitenden Wert, insbesondere auf eine Temperatur im Bereich von 5° C bis 110° C über dem Martensitpunkt abgekühlt werden und das Gefüge im wesentlichen isotherm umwandeln gelassen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei welchem die Umwandlung des Gefüges im wesentlichen isotherm in einem Temperaturbereich von höchstens PLUS-MINUS 110° C, vorzugsweise von höchstens PLUS-MINUS 60° C, erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 9, bei welchem eine Umwandlungstemperatur von höchstens 450° C, vorzugsweise von höchstens 400° C, insbesondere von 300 bis 380° C, verwendet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8 bis 10, bei welchem zumindest ein Teil des Querschnittes des profilierten Walzgutes mit erhöhter Massekonzentration einer beschleunigten Abkühlung unterworfen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei

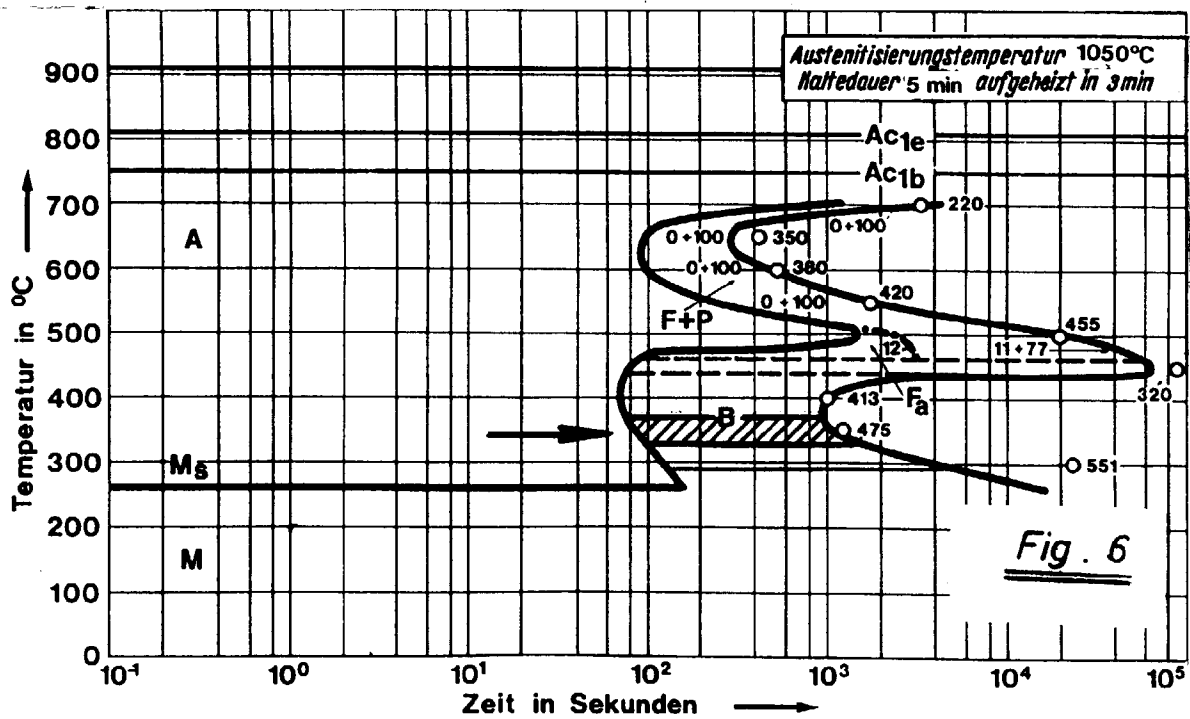
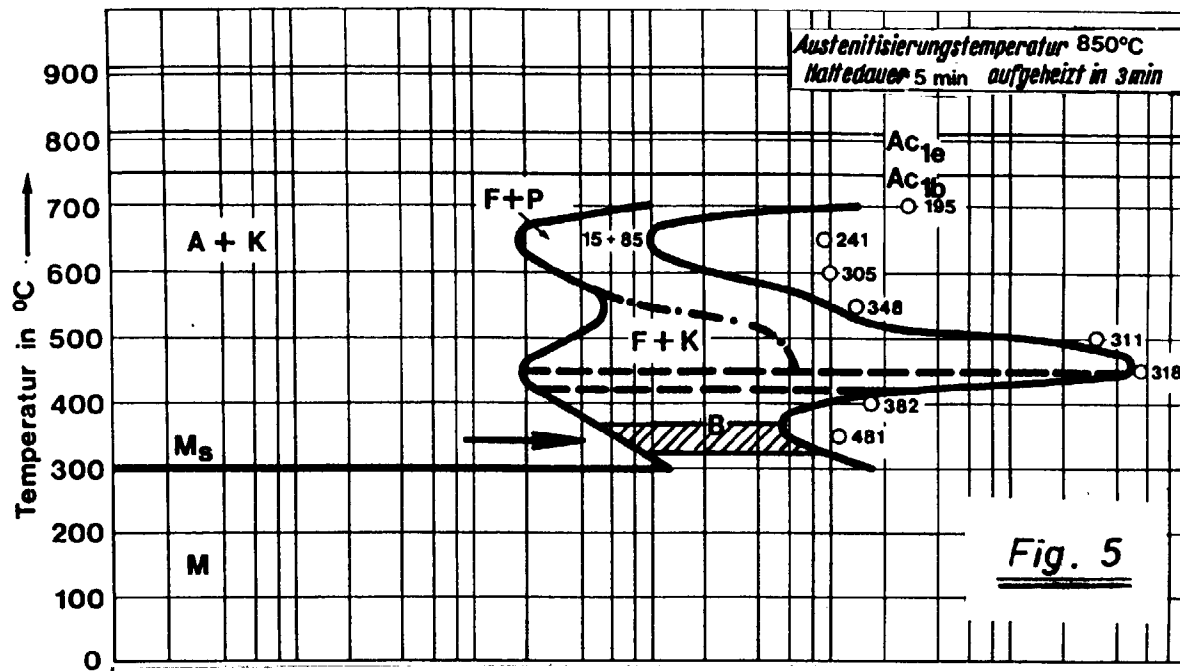
welchem die Abkühlung durch eine auf die Massekonzentration des Profils abgestimmte Kühlmittelbeaufschlagung der Oberfläche durchgeführt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, bei welchem das Walzgut in einem ersten Schritt in eine Kühlflüssigkeit vollumfangsmäßig getaucht, nach einem Erreichen einer Temperatur eines Oberflächenbereiches von mindestens 2° C, insbesondere jedoch etwa 160° C über dem Martensitpunkt der Legierung aus dem Kühlmittel zumindest teilweise ausgebracht und in einem zweiten Schritt ausschließlich der Bereich mit hoher Massekonzentration gegebenenfalls zeitweise im Tauchbad belassen oder in dieses zeitweise eingebracht wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, bei welchem das Walzgut unmittelbar nach der Verformung unter Ausnutzung der Walzhitze achsfluchtend gerichtet und einem durch die Umwandlung in der unteren Zwischenstufe des Werkstoffes besondere Materialeigenschaften über den Querschnitt erstellenden Abkühlverfahren zugeführt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14, mit welchem Eisenbahnschienen, insbesondere für Hochleistungsstrecken, mit hoher Abriebfestigkeit bzw. hoher Verschleißfestigkeit, hoher Zähigkeit und geringer Kontaktermüdung bei großer spezifischer Belastung hergestellt werden, wobei nach dem Walzen und zumindest teilweisen thermischen Einstellen eines Gefüges der unteren Zwischenstufe ein anschließendes Richtverfahren, insbesondere Biegerichtverfahren bei Raumtemperatur oder geringfügig erhöhter Temperatur, zur Erhaltung der besonderen Materialeigenschaften bei stabiler Ausrichtung der Schiene durchgeführt wird.











Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 97 89 0249

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	AT 399 346 B (VOEST-ALPINE SCHIENEN GMBH) * Anspruch 1 *	1,8	C21D9/04
A,D	EP 0 441 766 A (VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GESELLSCHAFT M.B.H.) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1	
A,D	EP 0 186 373 B (NIPPON STEEL CORPORATION) * Anspruch 1 *	1	
A,D	EP 0 693 562 A (VOEST-ALPINE SCHIENEN GMBH) * Anspruch 1 *	1	
A,D	EP 0 293 002 A (NIPPON KOKAN KABUSHIKI KAISHA) * Anspruch 1 *	1	
A,D	EP 0 358 362 A (THE ALGOMA STEEL CORPORATION, LIMITED) * Anspruch 1 *	1	
A,D	EP 0 136 613 A (KRUPP STAHL AG) * Anspruch 1 *	1	
A,D	WO 96 22396 A (BRITISH STEEL PLC) * Anspruch 1 *	1	
X	EP 0 612 852 A (NIPPON STEEL CORPORATION) * Ansprüche 1,6; Tabellen 1-8 *	1,8	
A	DE 15 33 982 B (LORRAINE- ESCAUT) * Ansprüche 1,3,12 *	1	
A	DE 23 02 865 B (FRIED. KRUPP HÜTTENWERKE AG ) * Ansprüche 1,5 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6) C21D
<div style="text-align: center;">-/-</div>			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort BERLIN		Abschlußdatum der Recherche 3.April 1998	Prüfer Sutor, W
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 97 89 0249

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	DE 24 16 055 A (FRIED. KRUPP HÜTTENWERKE AG) * Seite 1, Zeile 20-28; Ansprüche 1,6 * ---	1	
A	H. DE BOER ET AL.: "NATURHARTE BAINITISCHE SCHIENEN MIT HOHER ZUGFESTIGKEIT" STAHL UND EISEN, Bd. 115, Nr. 2, 16. Februar 1995, DÜSSELDORF, DE, Seiten 93-98, 138, XP000496383 * das ganze Dokument * ---	1	
A	JP 06 017 135 A (NIPPON STEEL CORP.) * Abbildungen 1,2 * & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 226 (C-1194), 25. April 1994 & JP 06 017135 A (NIPPON STEEL CORP), 25. Januar 1994, * Zusammenfassung * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
Recherchenort <b>BERLIN</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>3. April 1998</b>	Prüfer <b>Sutor, W</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)