CH 679586 A5

(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 679586 A5

(51) Int. Cl.[5]: C 21 D 1/02
C 21 D 6/00
C 21 D 9/52
C 22 C 38/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT A5

(21) Gesuchsnummer: 1456/90

(22) Anmeldungsdatum: 28.04.1990

(30) Priorität(en): 06.09.1989 DD 332410

(24) Patent erteilt: 13.03.1992

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.03.1992

(73) Inhaber:
Hennigsdorfer Stahl GmbH, Hennigsdorf (DE)

(72) Erfinder:
Schmitt, Wolfgang, Hennigsdorf (DD)
Tamm, Franz, Hennigsdorf (DD)
Höricke, Bernhard, Falkensee (DD)

(74) Vertreter:
Dipl.-Ing. H.R. Werffeli, Zollikerberg

(54) Wärmebehandelter Stahl und Verwendung desselben.

(57) Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stahl zu entwickeln, dessen mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften dadurch verbessert werden, dass hinsichtlich des Gefüges von Betonstählen ein vorteilhafter Zwischenzustand für die nachfolgende thermische Verfestigung oder hinsichtlich des Gefüges von rein ferritisch-perlitischen Baustählen ein günstiger Einsatzzustand eingestellt wird. Dabei sind diese Gefügezustände in direkter Kombination mit der thermischen Verfestigung oder als alleinige Wärmebehandlung des Stahls im Walzfluss zu realisieren. Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass der Stahl einen heterogenen Gefüge- und Festigkeitsaufbau über den Querschnitt aufweist, bei dem sich allein die Randzone im normalisierten Zustand befindet.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen wärmebehandelten Stahl mit verbesserten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften im Abmessungsbereich von Draht- und Feinstahlsortimenten, sowie eine Verwendung dieses Stahles.

Die bekannte spezielle Verfahrens- und Erzeugnisentwicklung auf dem Gebiet der thermischen und umformungsthermischen Behandlung von Stählen hat dazu geführt, dass nunmehr eine Reihe von Stählen mit abgestimmtem, heterogenem Gefüge- und Festigkeitsaufbau über den Querschnitt, entsprechend den in der Praxis vorherrschenden Einsatz- und Verarbeitungsbedingungen, hergestellt und eingesetzt werden. Dazu gehören z.B. gerippte Betonstähle für schlaffe Bewehrung, insbesondere für Bewehrungsmatten (DD-PS 106 661). Derartige, durch Intensivkühlung aus der Umformwärme thermisch verfestigte Betonstähle bestehen in Abhängigkeit von der Kühlintensität aus einer mehr oder weniger breiten, hoch angelassenen vergüteten Randzone und einem nahezu unbeeinflussten ferritisch-perlitischen Kern. Es handelt sich somit um einen partiell vergüteten Stahl mit günstigen mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften, der sich u.a. durch eine gute Schweisseignung auszeichnet.

Ein gleichfalls im Randbereich partiell vergüteter höherfester Stahl, insbesondere Betonstahl bzw. Ziehereivormaterial mit verbesserten Werkstoffeigenschaften ist dadurch gekennzeichnet, dass der Stahl eine inhomogene Verteilung der Festigkeit über den Querschnitt aufweist, bei der sich eine hochfeste martensitische Schicht im Übergangsbereich zwischen der äusseren Randschicht mit verminderter Festigkeit und dem weicheren Kernbereich befindet (DD-PS 268 258). Der Gefügeaufbau dieses Stahls ist dadurch gegeben, dass die äussere Randschicht, ebenso wie die Schicht des hochfesten Übergangsbereichs vorrangig aus unterschiedlich angelassenem Martensit besteht, während der Kernbereich aus Perlit bzw. Ferrit und Perlit mit definierten Anteilen von Zwischenstufengefüge gebildet wird.

Des weiteren ist ein hochfester Stahl, insbesondere Spannbetonstahl, mit verbesserter Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion und verzögerten Brüchen bekannt (DD-PS 267 513). Bei technisch homogener chemischer Zusammensetzung und durchgehender Vergütung über den Querschnitt (einschliesslich des Kerns) ist der Stahl dadurch gekennzeichnet, dass er im Kernbereich eine um 50 bis 450 MPa höhere Festigkeit als in der Randzone besitzt und das Verhältnis der Elastizitätsgrenze $Rp_{0,01}$ zur Zugfestigkeit Rm 0,70 bis 0,85 beträgt. Die Randschicht besitzt demgegenüber hinsichtlich des Verhältnisses $Rp_{0,01}$ zu Rm einen um 0,05 höheren Wert. Eine vorteilhafte Weiterentwicklung dieses hochfesten Stahls mit einem über den Querschnitt durchgehend martensitischen Gefüge ist dadurch gegeben, dass dieser Stahl in seinem Randbereich mehrschichtig aufgebaut ist, wobei die Festigkeit des Stahls in Richtung des Kerns stufenweise zunimmt und im Kern ihr Maximum erreicht (C 21 D/316 556.8). Dabei sind die Anzahl der Schichten im Randbereich sowie deren Ausdehnung in Verbindung mit dem Flächenanteil des Kernquerschnitts und dem abgestuften Anlasstemperaturniveau in Grenzen frei wählbar.

Da die vorstehend erläuterten Stähle mit ihrem heterogenen Gefügeaufbau aus der Umformwärme herstellbar sind, ist damit gleichzeitig die im Fachschriftstum wiederholt vertretene Auffassung, wonach die klassische hochtemperatur-thermomechanische Behandlung von Stählen trotz überzeugender ökonomischer Vorteile gegenüber der konventionellen Vergütung offensichtlich nicht anwendbar sei (Randak, A.u.a., Stahl und Eisen 85 (1965) 22, S. 1452), widerlegt. Nachteilig ist dabei jedoch, dass, speziell bei hohen Endwalztemperaturen, das Ausgangsgefüge für die Härtung der Stähle, in Abhängigkeit von ihrer chemischen Zusammensetzung, nicht in jedem Fall optimal ist. Im Hinblick auf die Austenitkorngrösse und -homogenität wäre es günstig, den zur Vergütung vorgesehenen Walzstahl einer vorhergehenden Normalisierung zu unterziehen. Der dabei erzielbare definierte Gefügezustand der Perlitstufe wäre sowohl als Zwischenstadium für folgende thermische Behandlungen (z.B. für das Vergüten) anzustreben, als auch als Einsatzzustand (z.B. für Baustähle) günstig, da mit der Kornfeinung, entsprechend der Hall-Petch-Beziehung, u.a. ein nicht unerheblicher Streckgrenzenzuwachs verbunden ist. Dem steht jedoch die objektiv begründete Auffassung entgegen, dass ein aus der Walzhitze im Sinne der Begriffsbestimmung normalgeglühter Stahl nicht herstellbar ist (Randak, A.u.a., Stahl und Eisen 85 (1965) 22, S.1457).

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften, insbesondere von thermisch verfestigten Betonstählen und Baustählen, zu verbessern, die werkstofftechnisch, technologisch und ökonomisch begründeten Einsatzmöglichkeiten derartiger Stähle zu erweitern und deren Produktion auf Draht- und Feinstahlstrassen zu ermöglichen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stahl zu entwickeln, dessen mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften dadurch verbessert werden, dass hinsichtlich des Gefüges von Betonstählen ein vorteilhafter Zwischenzustand für die nachfolgende thermische Verfestigung oder hinsichtlich des Gefüges von rein ferritisch-perlitischen Baustählen ein günstiger Einsatzzustand eingestellt wird, wobei diese Gefügezustände in direkter Kombination mit der thermischen Verfestigung oder als alleinige Wärmebehandlung des Stahls im Walzfluss zu realisieren sind.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass der Stahl einen heterogenen Gefüge- und Festigkeitsaufbau über den Querschnitt aufweist, bei dem sich allein die Randzone im normalisierten Zustand befindet. Es ist zweckmässig, wenn der als Baustahl einen nicht normalisierten, ferritisch-perlitischen Kernbereich aufweist, der von einer normalisierten, ferritisch-perlitischen Randzone umschlossen wird. Es kann auch vorteilhaft sein, wenn der Stahl als thermisch verfestigter Be-

tonstahl einen nicht normalisierten, ferritisch-perlitischen Kernbereich aufweist, der von einer normalisierten und anschliessend vergüteten Randzone umschlossen wird.

Die Stärke dieser Randschicht wird ausser von den technologischen Einflussgrössen werkstofftechnisch insbesondere von der Relation des M_S-Punktes zur A_{c3}-Temperatur bestimmt. Zwar nimmt die A_3-Temperatur mit zunehmendem C-Gehalt der Stähle ab, da dies gleichermassen jedoch auch für die M_S-Temperatur zutrifft, sind die werkstofftechnischen Möglichkeiten zur Einstellung der Schichtstärke dann begrenzt, wenn allein auf die Martensitumwandlung orientiert wird. Der maximal realisierbare Flächenanteil der normalisierten Schicht liegt dann etwa bei 15 bis 20%.

Gegenstand der Erfindung ist ferner eine Verwendung des erfindungsgemässen Stahles als Baustahl.

Die erfindungsgemässen werkstofftechnischen Möglichkeiten und Grenzen werden nachfolgend am Beispiel eines unlegierten, schweissbaren Stahls mit einem C-Gehalt von 0,23%, einer A_{c3}-Temperatur von 840°C, einer M_S-Temperatur von 430°C und einem Durchmesser von 25 mm verdeutlicht.

Die Ausbildung der normalisierten Randschicht wurde an diesem Stahl direkt im Walzfluss dadurch realisiert, dass der Walzstahl kurzzeitig mit grosser Intensität oberflächlich abkühlt, wodurch es, ausgehend von einer Endwalztemperatur von 1080°C im Randbereich zu einer definierten $\gamma - \alpha - \gamma$ Umwandlung mit anschliessendem Temperaturausgleich von Rand und Kern bei 870°C kommt. Nach der darauffolgenden Luftabkühlung ist der Gefügeaufbau dieses Stahls durch eine ca. 1 mm starke normalisierte, ferritisch-perlitische Randschicht und einen nicht normalisierten ferritisch-perlitischen Kernbereich gegeben.

Eine andere Probe dieses Stahls wurde nach dem Temperaturausgleich bei 870°C erneut kurzzeitig oberflächlich intensiv abgeschreckt, wobei die Ausgleichstemperatur nunmehr einen Wert von 600°C erreicht. Die ursprünglich bereits normalisierte Randschicht besteht danach aus feinstrukturiertem, angelassenem Martensit.

Patentansprüche

1. Wärmebehandelter Stahl mit verbesserten mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften im Abmessungsbereich von Draht- und Feinstahlsortimenten, gekennzeichnet dadurch, dass der Stahl einen heterogenen Gefüge- und Festigkeitsaufbau über den Querschnitt aufweist, bei dem sich allein die Randzone im normalisierten Zustand befindet.

2. Wärmebehandelter Stahl gemäss Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass er einen nicht normalisierten, ferritisch-perlitischen Kernbereich aufweist, der von einer nomalisierten, ferritisch-perlitischen Randzone umschlossen wird.

3. Wärmebehandelter Stahl gemäss Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass er als thermisch verfestigter Betonstahl einen nicht normalisierten, ferritisch-perlitischen Kernbereich aufweist, der von einer normalisierten und anschliessend vergüteten Randzone umschlossen wird.

4. Verwendung des wärmebehandelten Stahles nach Anspruch 1 als Baustahl.