



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 288 404 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 21 D 8/06

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD C 21 D / 333 555 3	(22)	13. 10. 89	(44)	28. 03. 91
(71)	siehe (73)				
(72)	Schmitt, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Lankau, Gunther, Dipl.-Ing.; Welfle, Kurt, Dipl.-Ing.; Joachim, Arnold, Dipl.-Met.; Tamm, Franz, Dipl.-Ing., DE				
(73)	VEB Stahl- und Walzwerk „Wilhelm Florin“, Veltener Straße, O - 1422 Hennigsdorf, DE				
(54)	Hochfester, wärmebehandelter Stahl				

(55) Feinstahl; Draht; Walzstahl; Vergütung; Zwischenstufenvergütung; Martensit; Umwandlung; Federstahl; Gefügebau; Abkühlung; Umformwärme; Randzone; Kern; Anlaßtemperatur; Ausgleichtemperatur; Profilierung

(57) Die Erfindung betrifft einen hochfesten, wärmebehandelten Stahl, insbesondere im Abmessungsbereich von Draht und Feinstahl, der als Finalprodukt besonders für Federstähle geeignet ist. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stahl mit speziellem Gefügebau zu entwickeln, dessen mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften weitgehend denen eines konventionell gehärtet und angelassenen bzw. klassisch hochtemperatur-thermomechanisch behandelten Stahls mit homogenem Vergütungsgefüge über den Querschnitt entsprechen, wobei dieser Stahl bei Verzicht auf eine zusätzliche Anlaßbehandlung, unter Beachtung seines Umwandlungsverhaltens, gesteuert aus dem Bereich des stabilen Austenits abgekühlt werden soll. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Stahl einen heterogenen Gefügebau über den Querschnitt besitzt, wobei die Randzone aus einer oder mehreren selbstangelassenen, martensitischen Schichten und der Kern aus Zwischenstufengefüge besteht.

Patentansprüche:

1. Hochfester, wärmebehandelter Stahl im Abmessungsbereich von Draht und Feinstahl, der als Finalprodukt besonders für Federstähle geeignet ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Stahl einen heterogenen Gefügebau über den Querschnitt besitzt, wobei die Randzone aus einer oder mehreren selbstangelaassenen, martensitischen Schichten und der Kern aus Zwischenstufengefüge besteht.
2. Hochfester, wärmebehandelter Stahl gemäß Anspruch 1., **gekennzeichnet dadurch**, daß die Randzone lediglich aus einer martensitischen Schicht besteht und die Anlaß- bzw. Ausgleichtemperatur dieser martensitischen Schicht zwischen der Perlitbildungstemperatur und dem M_s -Punkt des Stahls liegt.
3. Hochfester, wärmebehandelter Stahl gemäß Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Randzone aus mehreren martensitischen Schichten besteht, die Anlaß- bzw. Ausgleichtemperatur dabei in der äußersten martensitischen Schicht maximal kurz unterhalb der A_1 -Temperatur des Stahls liegt, in den in Richtung des Kerns folgenden Schichten stufenweise abnimmt und in der zuletzt gebildeten martensitischen Schicht durch die Perlitbildungstemperatur und den M_s -Punkt des Stahls begrenzt wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen hochfesten, wärmebehandelten Stahl, insbesondere im Abmessungsbereich von Draht und Feinstahl, der als Finalprodukt besonders für Federstähle geeignet ist.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Mit der Anwendung der metallurgischen Verfahrenskombination aus plastischer Verformung und Wärmebehandlung, namentlich der hochtemperatur-thermomechanischen Behandlung (HTMB) von Feinstahl und Draht sowie deren Ausrichtung auf die Verbesserung der Material- und Energieökonomie und die Intensivierung der Produktionsprozesse, wurden in der Vergangenheit eine Reihe von Verfahren zur partiellen und vollständigen Vergütung von Feinstahl und Draht entwickelt und eingeführt.

Demgemäß sind Verfahren zur Herstellung von schweißbaren, thermisch verfestigten Betonstählen bekannt (DD-PS 106661, US-PS 4.016015), wobei die partielle Vergütung des Stahls in der Randschicht durch eine kurzzeitige, von der Abmessung des Betonstahls abhängige, einstufige Intensivkühlung aus der Umformwärme erzielt wird. Die damit verbundene Unterschreitung der M_s -Temperatur, im Randbereich des Stahls führt zur Bildung von Martensit, der beim anschließenden Temperatursausgleich zwischen Rand und Kern die notwendige Anlaßbehandlung erfährt. Ein vergleichbares Verfahren zur partiellen Vergütung aus der Umformwärme ist mit der Direktpatentierung von Ziehervormaterial gegeben.

(DE-PS 2345738). Dabei kommen Stähle mit erhöhtem Kohlenstoffgehalt zum Einsatz, so daß infolge der niedrigen M_s -Temperatur bei vergleichbarer einstufiger Intensivkühlung aus der Umformwärme, gegenüber den thermisch verfestigten Betonstählen eine weniger starke Randschicht mit einem Vergütungsgefüge entsteht.

Entsprechend DD-PS 135917 ist außerdem ein partielles Vergütungsverfahren zur Herstellung von Walzstahlerzeugnissen mit mehrschichtigem Gefügebau bekannt, daß dadurch gekennzeichnet ist, daß der Walzstahl von Temperaturen oberhalb A_3 einer mehrstufigen intermittierenden Intensivkühlung mit schichtweiser martensitischer Umwandlung unterzogen wird, wobei die einzelnen Kühlstufen durch definierte Ausgleichzeiten unterbrochen werden, um einen Temperatursausgleich zwischen dem höher temperierten Kern und der jeweils neu gebildeten Martensitschicht herbeizuführen. Hierdurch wird u. a. ein höherfester Stahl, insbesondere Betonstahl bzw. Ziehervormaterial mit verbesserten Werkstoffeigenschaften hergestellt, der dadurch gekennzeichnet ist, daß er eine inhomogene Verteilung der Festigkeit über den Querschnitt besitzt, bei der sich eine hochfeste martensitische Schicht im Übergangsbereich zwischen der äußeren Randschicht mit verminderter Festigkeit und dem weicheren Kernbereich befindet. (DD-PS 268258)

Die bekannten Verfahren zur partiellen Vergütung von Feinstahl- und Drahtsortimenten sind allgemein dadurch gekennzeichnet, daß der Kernbereich der verfahrensgemäß behandelten Stähle vorrangig aus Perlit bzw. Ferrit und Perlit besteht, so daß beim gegebenen Gefügebau z. B. ein Einsatz als Federstahl nicht möglich ist.

Die vollständige Härtung bzw. Vergütung aus der Umformwärme wird als klassische HTMB bezeichnet und kam in Verbindung mit dem Schmiedeprozess wahrscheinlich als ursprüngliches Härteverfahren für Stähle zur Anwendung. Für Draht- und Feinstahlstrahlen scheiterte die Anwendung der klassischen HTMB von Stählen, trotz überzeugender ökonomischer Vorteile gegenüber der konventionellen Vergütung lange Zeit an der Bildung von Spannungsrissen, inhomogenen Werkstoffeigenschaften und starken Verzug des Stabmaterials, weshalb im Fachschrifttum wiederholt nicht anwendbar sei. (Randak, A. u. a., Stahl und Eisen 85 [1965] 22, S. 1452) Auf der Basis eines Verfahrens zur Herstellung von Stählen mit stark verbesserten mechanischen Werkstoffeigenschaften (DD-PS 119438) konnte dieses Vorurteil überwunden und die klassische HTMB mit vollständiger Martensitumwandlung bzw. Vergütung erstmals an einer Drahtstraße zur Anwendung gebracht werden. Ein wichtiges Element dieses Verfahrens ist u. a. mit der kurzzeitigen Induktionsanlaßbehandlung des aus der Umformwärme durchgehend gehärteten Materials im Walzfluß gegeben. Eine vorteilhafte Ausführung der Intensivkühlung ist dabei durch das Verfahren zur Herstellung von Walzstahlerzeugnissen mit entfestigter Randzone und hochfestem Kern gegeben (DD-PS 119270), wobei vergütbare Stähle direkt aus der Walzhitze in einer mindestens zweistufigen Abkühlung derart gehärtet werden, daß die durchgehende Härtung des Kerns erst nach der Härtung der Randzone und dem Temperatursausgleich zwischen Rand und Kern erfolgt.

Mit Hilfe dieses Verfahrens sind durchgehend vergütete, hochfeste Stähle mit verbesserten Werkstoffeigenschaften herstellbar. (DD-PS 267 513) Voraussetzung ist jedoch in jedem Fall eine primäre Abschreckung des Walzstahls auf Temperaturen unter 50°C mit anschließender Anlaßbehandlung im Walzfluß, d. h., die Herstellung von derart vergüteten Stählen kommt für Hochleistungsdraht- und feinstahlstraße, wegen der begrenzten technologischen Freiheit, in Kombination mit der Umformung nicht in Betracht. Zwar ist entsprechend DD-PS 144 424 ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Walzstahl aus der Umformwärme bekannt, mit dem ausgewählte Stähle unter bestimmten anlagentechnischen Voraussetzungen auch auf modernen, kontinuierlichen Walzstraßen zu vergüten sind; dieses Verfahren ist jedoch ausschließlich für Ringbundmaterial bestimmt, daß dann in einer gesonderten Anlage, außerhalb der Walzlinie anzulassen ist.

Neben der normalen, aus Härten mit nachfolgendem Anlassen bestehenden Vergütung von Stählen sind außerdem Verfahren der Zwischenstufenvergütung bekannt, bei denen die mechanischen Eigenschaften eines Stahls dadurch verbessert werden, daß er auf Härtetemperatur gebracht und anschließend in einem entsprechend temperierten Salz- oder Metallbad abgeschreckt wird. Mit dem Zwischenstufenvergüten des Stahls werden die Umwandlung in der Martensit- und Perlitstufe unterdrückt und das Anlassen verfahrenstechnisch vorteilhaft mit der Zwischenstufenumwandlung in einem Arbeitsgang vereinigt. Bei Anwendung der Zwischenstufenvergütung aus der Umformwärme könnte somit auf das spezielle, im Walzfluß äußerst problematische, nochmalige Erwärmen des Stahls zum Zwecke des Anlassens verzichtet werden. Entsprechend DE-AS 1 284 978 wurde demgemäß ein Verfahren zum Vergüten von unlegierten und legierten Stählen unmittelbar aus der Umformwärme entwickelt, das dadurch gekennzeichnet ist, daß Schmiedestücke nach definierter Umformung mittels mild wirkender Abschreckmittel, wie Preßluft, Sprühregen oder Warmluft in den Temperaturbereich der Zwischenstufe abgekühlt und dort umgewandelt werden. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß sich seine Anwendung auf Schmiedeteile beschränkt und eine analoge Zwischenstufenvergütung von Walzstahl in Form von Feinstahl- und Drahtsortimenten, infolge der begrenzten technologischen Freiheit an derartigen Walzstraßen, nicht möglich ist. Außerdem wird bei Anwendung dieses Verfahrens über den gesamten Querschnitt des Schmiedestückes ausschließlich Zwischenstufengefüge erzeugt, d. h., die Herstellung eines vorteilhaften heterogenen Gefügebau ist verfahrenstechnisch nicht möglich.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist ein wärmebehandelter Stahl mit einer vorteilhaften Kombination von Festigkeit und Zähigkeit, der selbst bei der an Draht- und Feinstahlstraßen vorherrschenden begrenzten technologischen Freiheit direkt aus der Umformwärme herstellbar ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stahl mit speziellem Gefügebau zu entwickeln, dessen mechanisch-technologische Werkstoffeigenschaften weitgehend denen eines konventionell gehärtet und angelassen bzw. klassisch hochtemperatur-thermomechanisch behandelten Stahls mit homogenem Vergütungsgefüge über den Querschnitt entsprechen, wobei dieser Stahl bei Verzicht auf eine zusätzliche Anlaßbehandlung, unter Beachtung seines Umwandlungsverhaltens, gesteuert aus dem Bereich des stabilen Austenits abgekühlt werden soll.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß der Stahl eines heterogenen Gefügebau über den Querschnitt besitzt, wobei die Randzone aus einer oder mehreren selbstangelassenen, martensitischen Schichten und der Kern aus Zwischenstufengefüge besteht. Besteht die Randzone lediglich aus einer martensitischen Schicht, so liegt der Anlaß- bzw. Ausgleichstemperatur dieser martensitischen Schicht zwischen der Perlitbildungstemperatur und dem M_s -Punkt des Stahls. Besteht die Randzone aus mehreren martensitischen Schichten, so liegt die Anlaß- bzw. Ausgleichstemperatur der äußersten martensitischen Schicht maximal kurz unterhalb der A_1 -Temperatur des Stahls, nimmt in den in Richtung des Kerns folgenden Schichten stufenweise ab und wird in der zuletzt gebildeten martensitischen Schicht durch die Perlitbildungstemperatur und den M_s -Punkt des Stahls begrenzt. Des weiteren ist der Gefügebau dieses Stahls dadurch gekennzeichnet, daß das Zwischenstufengefüge des Kerns im Bereich der oberen oder unteren bzw. der oberen und unteren Zwischenstufe gebildet wurde.

Die Stärke der selbstangelassenen, ein- oder mehrschichtigen martensitischen Randzone ist, ebenso wie der Flächenanteil des aus Zwischenstufengefüge gebildeten Kern, eine Funktion der technologischen Einflußgrößen, der Profilierung des Abkühlverlaufes und des Umwandlungsverhaltens des Stahls.

Ausführungsbeispiel

Die erfindungsgemäßen Gestaltungsmöglichkeiten für den Gefügebau und die damit erreichbaren Werkstoffeigenschaften werden am Beispiel des Federstahls 50 SiMn 7 mit einem Durchmesser von 10 mm verdeutlicht. Der Stahl besitzt folgende chemische Zusammensetzung:

0,55 % C; 1,71 % Si; 0,85 % Mn; 0,028 P; 0,024 % S und 0,32 % Cr

Nachdem der Stahl im Walzfluß einer einstufigen, intensiven Druckwasserabschreckung unterzogen und dabei, ausgehend von einer Entwalztemperatur von ca. 1000°C eine Ausgleichstemperatur des Materials von ca. 400°C erreicht wurde, ergibt sich im Ergebnis der weiteren Luftabkühlung dieses Stahls auf dem Kühlbett ein Gefügebau, der durch eine bei 400°C angelassene, weitgehend martensitische Randschicht von ca. 1,5 mm Stärke und einem daran anschließenden Kern aus Zwischenstufengefüge gegeben ist. Dieser Federstahl besitzt insgesamt folgende Werkstoffeigenschaften:

R_m = 1 880 MPa
 $R_{p0,01}$ = 1 150 MPa
 A_{10} = 2,8 %

Wird der Stahl einer zweistufigen intensiven Druckwasserabschreckung auf eine analoge Ausgleichstemperatur unterzogen, so wird die angelassene martensitische Randzone des Stahls z. B. aus zwei Schichten gebildet. Die Zugfestigkeit nimmt dann zusammen mit dem den Härtewerten in der äußersten martensitischen Schicht geringfügig ab und die plastischen Eigenschaften werden verbessert.