

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 008 667 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.07.2002 Patentblatt 2002/27

(51) Int Cl.7: **C22C 38/22**, C22C 38/24,
C22C 38/04, C22C 38/06,
C21D 8/02, C21D 1/28

(21) Anmeldenummer: **99123536.7**

(22) Anmeldetag: **26.11.1999**

(54) Verfahren zur Herstellung feuerresistenter Stahlbleche

Method of manufacturing fire-resistant steel sheet

Procédé pour la fabrication d' une tôle d' acier résistant au feu

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **07.12.1998 DE 19856265**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.06.2000 Patentblatt 2000/24

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Stahl AG
47166 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kern, Andreas, Dr.-Ing.
40885 Ratingen (DE)**
• **Gränzdörffer, Gerd, Dr.-Ing.
40489 Düsseldorf (DE)**
• **Schriever, Udo, Dr.-Ing.
45134 Essen (DE)**

(74) Vertreter: **Simons, Johannes, Dipl.-Ing.
Cohausz & Florack
Patentanwälte
Kanzlerstrasse 8 A
40472 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 347 156 EP-A- 0 470 055
EP-A- 0 882 807**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1996, no. 10, 31. Oktober 1996 (1996-10-31) -& JP 08 143954 A (KOBE STEEL LTD), 4. Juni 1996 (1996-06-04)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 016, no. 358 (C-0970), 4. August 1992 (1992-08-04) -& JP 04 110423 A (KOBE STEEL LTD), 10. April 1992 (1992-04-10)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1999, no. 09, 30. Juli 1999 (1999-07-30) & JP 11 092826 A (NKK CORP), 6. April 1999 (1999-04-06)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 008 667 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung feuerresistenter Stahlbleche mit einer Streckgrenze $R_e > 235 \text{ N/mm}^2$ und einem Streckgrenzenverhältnis R_e/R_m (Streckgrenze R_e , Zugfestigkeit R_m) zwischen 0,4 und 0,65, insbesondere zwischen 0,4 und 0,6, für den Einsatz im Stahlbau.

[0002] Feuerresistente Stähle müssen eine hohe Warmfestigkeit aufweisen, damit im Stahlbau eine Verringerung von teuren Brandschutzmaßnahmen ermöglicht wird. Gleichzeitig soll ein feuerresistenter Stahl zur Erzielung eines guten Verformungsverhaltens ein sehr niedriges Streckgrenzenverhältnis R_e/R_m aufweisen. Das erhöht die Sicherheit der Konstruktion gegen Versagen infolge mechanischer Belastung. Die erfindungsgemäß zu schaffenden Stähle haben darüber hinaus die an Baustähle für Stahlkonstruktionen gestellten Anforderungen hinsichtlich Zähigkeit und Verarbeitungsverhalten zu erfüllen und einen erhöhten Widerstand gegen atmosphärische Korrosion (Wetterfestigkeit) zu besitzen.

[0003] Für den Brandschutz von Stahlkonstruktionen werden Stahlteile derzeit z.B. durch Spritzputz oder Platten abgedeckt. Ziel ist es, im Brandfall die Dauer bis zum Erreichen einer kritischen Temperatur möglichst lang zu halten oder diese Temperatur gar nicht zu erreichen.

[0004] Die kritische Temperatur ist erreicht, wenn der bei dieser Temperatur gemessene Streckgrenzenwert unter 2/3 des bei Raumtemperatur gemessenen Streckgrenzenwertes abgesunken ist. Konventionelle Baustähle haben bei etwa 350 °C ihre kritische Temperatur. Durch die Notwendigkeit bei konventionellen Baustählen teure Brandschutzmaßnahmen in erheblichem Umfang vornehmen zu müssen, ist eine kostengünstige Bauabwicklung nicht gewährleistet und eine optimale Raumausnutzung vielfach schwierig.

[0005] Um die Brandschutzmaßnahmen zur Kostenreduzierung bei Stahlbauten zu verringern, sind bereits eine Reihe geeigneter feuerresistenter Stähle mit Streckgrenzenwerten von mindestens 270 bis 450 N/mm² und erhöhter Warmfestigkeit bekannt, z.B. aus der EP 0 470 055 A2. Die kritische Temperatur konnte bei ihnen bis max. 600 °C angehoben werden. Dadurch wurde bereits ein verbesserter Brandschutz erreicht. Die Verbesserung des Verformungsverhaltens ist jedoch sehr gering, weil das Streckgrenzenverhältnis dieser Stähle nur um höchstens 10 % niedriger liegt als bei konventionellen Baustählen mit gleich hoher Streckgrenze.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges Verfahren zur Herstellung von Stählen vorzuschlagen, mit denen Brandschutzmaßnahmen durch eine über den Stand der Technik erhöhte kritische Temperatur weiter reduziert werden können und die verbesserte Verformbarkeit durch ein niedriges Streckgrenzenverhältnis von 0,4 bis 0,65 aufweisen. Hierdurch soll eine kostengünstige und moderne Baugestaltung mit hoher Sicherheit gegen mechanisches und thermisches Versagen der Konstruktion ermöglicht und parallel dazu ein erhöhter Widerstand gegen atmosphärische Korrosion geschaffen werden.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Maßnahmen des Anspruchs 1 gelöst. Verarbeitet wird nach diesem Verfahren ein nickelfreier Stahl folgender chemischer Zusammensetzung (in Masse-%):

0,01 bis 0,14 % C,
0,20 bis 1,20 % Mn,
0,020 bis 0,045 % Al_{lös},
0,7 bis 0,9 % Cr,
0,10 bis 0,25 % Mo,
0,01 bis 0,05 % V,

Rest Eisen mit erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

[0008] Dabei können nach einer Ausgestaltung der Erfindung der C-Gehalt auf einen Bereich von 0,01 bis 0,12 % und der Mn-Gehalt auf einen Bereich von 0,20 bis 1,00 % beschränkt sein.

[0009] Wahlweise können dem erfindungsgemäß verwendeten Stahl zusätzlich ein oder mehrere der folgenden Elemente in den angegebenen Mengen (in Masse-%) zugesetzt werden:

bis 0,30 % Si
bis 0,008 % N,
bis 0,50 % Cu,
bis 0,0040 % B,
bis 0,0030 % Ca,
bis 0,02 % Nb,
bis 0,02 % Ti

[0010] Dieser Stahl wird im Stand- oder Strangguß zu Brammen oder Dünnbrammen vergossen. Die Brammen werden mit einer Anfangstemperatur im Bereich von 1000 bis 1350 °C zu Bändern warmgewalzt. Im Falle der Erzeu-

gung von Brammen werden diese auf die Warmwalz-Anfangstemperatur aufgeheizt. Erfolgt dagegen der Abguß von Dünnbrammen, können diese aus der Gießhitze nach Abkühlung auf die Warmwalz-Anfangstemperatur unmittelbar anschließend an den Gießprozeß weiterverarbeitet werden, indem sie zu Bändern ausgewalzt werden.

[0011] Die Warmwalz-Endtemperatur liegt über 850 °C, bevorzugt jedoch nicht höher als 900 °C. Die warmgewalzten Bänder mit Dicken bis max. 15 mm kühlen nach dem Austritt aus der Warmwalzstaffel ausschließlich an Luft ab und werden bei einer Temperatur im Bereich von 720 bis 780 °C gehaspelt, bei der sich in der Praxis besonders gute Ergebnisse einstellen. Nach einer Ausgestaltung der Erfindung kann die Obergrenze der Haspeltemperatur bei 760 °C liegen. Nach dem Haspeln werden von den Bändern Bleche abgetafelt.

[0012] Die so erzeugten Bleche werden vorteilhafterweise im Temperaturbereich von 880 bis 950 °C, bevorzugt bei 920 °C, für maximal 30 Minuten normalgeglüht. Die Bleche können dann zusätzlich im Temperaturbereich von 400 °C bis 700 °C angelassen werden.

[0013] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird in den Stahlblechen ein mehrphasiges Gefüge erzeugt, das vorwiegend aus Ferrit mit eingelagerten bainitisch/martensitischen Inseln besteht und darüber hinaus fein verteilte Carbidausscheidungen aufweist. Auf diesem Gefüge beruht die hohe Warmfestigkeit und das niedrige Streckgrenzenverhältnis als Voraussetzung für eine gute Verformbarkeit der Bleche.

[0014] In Tabelle 1 sind die chemischen Zusammensetzungen von erfindungsgemäßen feuerresistenten nickelfreien Stählen 1 - 4 in Form von 5 und 10 mm dickem Blech sowie die während der Verarbeitung der Stähle jeweils eingehaltenen Endwalz- und Haspeltemperaturen aufgelistet.

[0015] Die Stähle wurden zu Brammen vergossen, die anschließend auf 1200 °C erwärmt und zu Band warmgewalzt, wobei die in Tabelle 1 angegebenen jeweiligen Endwalztemperaturen erreicht wurden. Ausgehend von der jeweiligen Endwalztemperatur wurde das jeweilige Band an Luft auf die in Tabelle 1 angegebene jeweilige Haspeltemperatur abgekühlt. Anschließend wurden von den Bändern Bleche abgetafelt, die einer Normalglühung bei 920 °C mit weniger als 30 Minuten Haltedauer unterzogen wurden.

[0016] Tabelle 2 enthält die an Proben der Bleche aus den feuerresistenten nickelfreien Stählen 1 - 4 der Zusammensetzung gemäß Tabelle 1 gemessenen mechanischen Eigenschaften. Charakteristisch ist insbesondere die deutlich höhere Warmfestigkeit, die hier durch die Streckgrenze Re bei 600 °C gekennzeichnet ist, die zwischen 180 und 217 N/mm² liegt. Das entspricht einer Streckgrenzenverminderung gegenüber Raumtemperatur mit mehr als 3/5. Damit kann die kritische Temperatur auf über 600 °C angehoben und so der Aufwand für zusätzliche Isolierung gegen ein Aufheizen des Stahles im Brandfall deutlich reduziert werden.

[0017] Darüber hinaus wird auch die verbesserte Verformbarkeit der erfindungsgemäß hergestellten Bleche aus feuerresistenten Stählen gegenüber konventionellen Stählen deutlich. So weisen erfindungsgemäß erzeugte Bleche mit 0,48 bis 0,65 ein rd. 15 % niedrigeres Streckgrenzenverhältnis auf als konventionelle Stähle, die gleich hohe Streckgrenzenwerte besitzen.

Tabelle 1

Stahl Nr.	Blechdicke in mm	Chemische Zusammensetzung in Masse-%										Endwalz- temperatur [°C]	Ab- kühlung	Haspel- temperatur [°C]
		C	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	Nb	V					
1	5	0,070	0,24	0,98	0,73	0,46	0,23	-	0,055			890	an Luft	740
2	10	0,070	0,24	0,59	0,74	0,45	0,23	0,018	0,050			890	an Luft	740
3	5	0,080	0,25	0,56	0,71	0,40	0,21	-	0,040			900	an Luft	740
4	5	0,12	0,29	1,16	0,75	-	0,25	-	0,036			930	an Luft	750

Tabelle 2

Stahl Nr.	Prüftemperatur:							600 °C
	RT	Re [N/mm ²]	Rm [N/mm ²]	A5 [%]	Z [%]	Av(-20 °C) [J]	Re [N/mm ²]	
1	287	568	568	30	69	63	188	
2	287	489	489	36	79	156	180	
3	244	521	521	28	72	48	182	
4	323	495	495	33	74	n.b.	217	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stahl blech mit Dicken bis 15 mm mit einer Streckgrenze $Re > 235 \text{ N/mm}^2$ und einem Streckgrenzenverhältnis Re/Rm zwischen 0,4 und 0,65 für den Stahlbau, bestehend aus (in Masse-%):

0,01 bis 0,14 % C,
 0,20 bis 1,20 % Mn,
 0,020 bis 0,045 % Al_{losl} ,
 0,70 bis 0,90 % Cr,
 0,10 bis 0,25 % Mo,
 0,01 bis 0,05 % V,

gegebenenfalls

bis 0,30 % Si,
 bis 0,008 % N,
 bis 0,50 % Cu,
 bis 0,0040 % B,
 bis 0,0030 % Ca,
 bis 0,02 % Nb,
 bis 0,02 % Ti,

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,
dadurch gekennzeichnet, daß der zu Brammen oder Dünnbrammen vergossene Stahl mit einer Anfangstemperatur im Bereich von 1000 °C bis 1350 °C zu Bändern bei Endwalztemperaturen über 850 °C warmgewalzt wird, **daß** die Bänder anschließend an Luft auf Haspeltemperatur im Bereich von 720 °C bis 780 °C abgekühlt werden und daß das gehaspelte Band dann zu Blechen abgetafelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bleche bei einer Temperatur im Bereich von 880 °C bis 950 °C normalgeglüht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Bleche bei Temperaturen im Bereich von 400 bis 700 °C angelassen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Endwalztemperatur im Bereich von 850 bis 900 °C liegt.

Claims

1. A method for producing steel sheet with thicknesses up to 15 mm, with a yield strength $Re > 235 \text{ N/mm}^2$ and a yield strength ratio Re/Rm between 0.4 and 0.65 for steel construction, comprising (in mass %):

0.01 to 0.14 % C,
 0.20 to 1.20 % Mn,
 0.020 to 0.045 % Al_{soluble} ,
 0.70 to 0.90 % Cr,
 0.10 to 0.25 % Mo,
 0.01 to 0.05 % V;

and optionally

up to 0.30 % Si
 up to 0.008 % N,
 up to 0.50 % Cu,
 up to 0.0040 % B,
 up to 0.0030 % Ca,
 up to 0.02 % Nb,

up to 0.02 % Ti,

with the remainder being iron with unavoidable impurities, **characterised in that** the steel which has been cast to form slabs or thin slabs, is hot rolled to strip at an initial temperature ranging from 1000 °C to 1350 °C at finishing temperatures above 850 °C; **in that** the strip is subsequently cooled by exposure to air to a coiling temperature ranging from 720 °C to 780 °C; and **in that** the coiled strip is then cut into sheets.

2. A method according to claim 1 **characterised in that** the sheets are normalised at a temperature ranging from 880 °C to 950 °C.

3. A method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the sheets are reheated at a temperature ranging from 400 to 700 °C.

4. A method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the finishing temperature ranges from 850 to 900 °C.

Revendications

1. Procédé pour la préparation d'une tôle d'acier pour construction métallique présentant une épaisseur jusqu'à 15 mm et une limite d'étrirage $Re > 235 \text{ N/mm}^2$ ainsi qu'un rapport de limites d'étrirage Re/Rm compris entre 0,4 et 0,65, constituée de (en pourcentage en masse):

- 0,01 à 0,14% de C,
- 0,20 à 1,20% de Mn,
- 0,020 à 0,045% de Al_{soluble},
- 0,70 à 0,90% de Cr,
- 0,10 à 0,25% de Mo,
- 0,01 à 0,05% de V,
- éventuellement jusqu'à 0,30% de Si,
- jusqu'à 0,008% de N,
- jusqu'à 0,50% de Cu,
- jusqu'à 0,0040% de B,
- jusqu'à 0,0030% de Ca
- jusqu'à 0,02% de Nb,

et jusqu'à 0,02% de Ti,
le restant étant constitué de fer et d'impuretés inévitables,

ledit procédé étant **caractérisé en ce que** l'acier coulé en brames ou en brames minces à une température initiale comprise dans la plage allant de 1000°C à 1350°C est laminé à chaud en forme de bandes à une température de fin de laminage supérieure à 850°C, **en ce que** les bandes sont ensuite refroidies à l'air à une température de bobinage située dans la plage allant de 720°C à 780°C, et, **en ce que** la bande embobinée est ensuite coupée en forme de tôles.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les tôles sont normalisées à une température située dans la plage allant de 880°C à 950°C.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on fait revenir les tôles à une température comprise dans la plage allant de 400 à 700°C.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la température de laminage final est comprise dans la plage allant de 850°C à 900°C.