(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 882 807 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.12.1998 Patentblatt 1998/50

(21) Anmeldenummer: **98110023.3**

(22) Anmeldetag: **02.06.1998**

(51) Int. Cl.[6]: **C22C 38/04**, C22C 38/22, C21D 8/02, C21D 1/28, C22C 38/24

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY 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: **07.06.1997 DE 19724051**

(71) Anmelder:
Thyssen Stahl Aktiengesellschaft
47166 Duisburg (DE)

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

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patentanwälte
Kanzlerstrasse 8a
40472 Düsseldorf (DE)

(54) Feuerresistente nickelfreie Stähle für den Stahlbau und Verfahren zur Herstellung von Grobblech daraus

(57) Die Erfindung betrifft einen feuerresistenten nickelfreien Stahl, insbesondere in Form von Grobblech, mit einer Streckgrenze Re > 280 N/mm^2 und einem Streckgrenzenverhältnis Re/Rm zwischen 0,4 und 0,6 für den Stahlbau mit folgender chemischen Zusammensetzung (in Masse-%):
0,06 bis 0,20 % C, 0,20 bis 0,30 % Si, 0,5 bis 1,6 % Mn, 0,02 bis 0,045 % $A_{lösl}$, 0,5 bis 0,9 % Cr, 0,1 bis 0,4 % Mo, 0,01 bis 0,05 % V, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen und ein Verfahren zur Herstellung von Grobblechen aus dem genannten Stahl.

EP 0 882 807 A1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf feuerresistente nickelfreie Stähle mit einer Streckgrenze Re > 280 N/mm^2 und einem Streckgrenzenverhältnis Re/Rm (Streckgrenze R_e: Zugfestigkeit R_m) zwischen 0,4 und 0,6, insbesondere in Form von Grobblechen für den Einsatz im Stahlbau sowie ein Verfahren zur Herstellung von Grobblechen daraus.

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 Re/Rm aufweisen. Das erhöht die Sicherheit der Konstruktion gegen Versagen infolge mechanischer Belastung. Die erfindungsgemäß zu schaffenden Stähle haben darüberhinaus die an Baustähle für Stahlkonstruktionen gestellten Anforderungen hinsichtlich Zähigkeit und Verarbeitungsverhalten zu erfüllen und einen erhöhten Widerstand gegen atmosphärische Korrosion (Wetterfestigkeit) zu besitzen.

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.

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.

Um die Brandschutzmaßnahmen zur Kostenreduzierung bei Stahlbauten zu verringern, sind bereits eine Reihe geeigneter feuerresistenter Stähle mit Streckgrenzenwerten von mindestens 270 bis 450 N/mm^2 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.

Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, Stähle vorzuschlagen, mit denen Brandschutzmaßnahmen durch eine über den Stand der Technik erhöhte kritische Temperatur weiter reduziert werden können und die gleichzeitig eine gegenüber bekannten Stählen verbesserte Verformbarkeit durch ein geringeres Streckgrenzenverhältnis aufweisen. Hierdurch soll eine kostengünstige und moderne Baugestaltung mit hoher Sicherheit gegen mechanisches Versagen der Konstruktion ermöglicht und parallel dazu ein erhöhter Widerstand gegen atmosphärische Korrosion geschaffen werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen nickelfreien Stahl folgender chemischer Zusammensetzung (in Masse-%) gelöst:

0,06	bis 0,20 %	C,
0,20	bis 0,30 %	Si,
0,50	bis 1,60 %	Mn,
0,020	bis 0,045 %	$Al_{lösl}$,
0,50	bis 0,90 %	Cr,
0,10	bis 0,40 %	Mo,
0,01	bis 0,05 %	V,

Rest Eisen mit erschmelzungsbedingten Verunreinigungen.

Wahlweise kann dieser Stahl zusätzlich ein oder mehrere der folgenden Elemente in den angegebenen Mengen (in Masse-%) enthalten:

bis 0,008 %	N,
bis 0,75 %	Cu,

(fortgesetzt)

bis 0,0040 %	B,
bis 0,0030 %	Ca.

Der erfindungsgemäße Stahl wird im Stand- oder Strangguß zu Brammen vergossen, die nach dem Erwärmen auf 1050 bis 1200 °C warmgewalzt werden bei Endwalztemperaturen im Bereich von 920 bis 1000 °C. Anschließend erfolgt die Abkühlung an Luft. Die so erzeugten Grobbleche mit Dicken bis 50 mm werden danach im Temperaturbereich von 880 bis 950 °C nicht länger als 30 min normalgeglüht und können zusätzlich im Temperaturbereich von 400 bis 700 °C angelassen werden.

Das Normalglühen ähnlich zusammengesetzter Baustähle mit hoher Feuerbeständigkeit und geringem Streckgrenzenverhältnis war aus der EP 0 347 156 A2 (Tabelle 13, Stähle 13 und 21) bereits an sich bekannt. Die in dieser Schrift offenbarten Stähle haben jedoch einen höheren Molybdängehalt von 0,4 bis 0,7 %. Sie erreichen im übrigen nicht das erfindungsgemäß angestrebte niedrige Streckgrenzenverhältnis von 0,4 bis 0,6. Der einzige in dieser Schrift offenbarte Stahl Nr. 13, der ein Streckgrenzenverhältnis von 0,6 aufweist und auch bei 600 °C ein noch nicht auf 2/3 abgesunkenes Streckgrenzenverhältnis aufweist, ist mit Niob und Titan statt mit Vanadium legiert und hat einen höheren Molybdängehalt von 0,48 % als der erfindungsgemäße Stahl, bei dem der Molybdängehalt maximal 0,40 % ist.

Bei Anwendung des erfindinngsgemäßen Verfahrens wird im Stahl ein mehrphasiges Gefüge erzeugt, das vorwiegend aus Ferrit und Perlit mit eingelagerten bainitisch/martensitischen Inseln besteht und darüberhinaus fein verteilte Carbidausscheidungen aufweist. Auf diesem Gefüge beruht die hohe Warmfestigkeit und das niedrige Streckgrenzenverhältnis als Voraussetzung für eine gute Verformbarkeit des Grobblechs.

In Tabelle 1 sind die chemischen Zusammensetzungen und die mechanischen Eigenschaften dreier erfindungsgemäßer feuerresistenter nickelfreier Stähle in Form von 20, 25 und 40 mm dickem Grobblech aufgelistet.

Die Stähle wurden zu Brammen vergossen, die anschließend auf 1150 °C erwärmt und zu Grobblechen ausgewalzt wurden. Die Endwalztemperatur lag bei 950 °C. Nach dem Walzen werden die Bleche an Luft abgekühlt und anschließend einer Normalglühung bei 910 bis 930 °C mit weniger als 30 min Haltedauer unterzogen.

Tabelle 2 enthält die mit den neuen feuerresistenten nickelfreien Stählen erreichten mechanischen Eigenschaften. Charakteristisch ist insbesondere die deutlich höhere Warmfestigkeit der erfindungsgemäßen Stähle, die hier durch die Streckgrenze Re bei 600 °C gekennzeichnet ist, die zwischen 250 und 283 N/mm^2 liegt. Das entspricht einer Streckgrenzenverminderung gegenüber Raumtemperatur mit mehr als 2,34/3 deutlich über 2/3. Damit kann die kritische Temperatur auf über 600 °C angehoben werden. Dadurch kann der Aufwand für zusätzliche Isolierung gegen ein Aufheizen des Stahles im Brandfall deutlich reduziert werden. Darüberhinaus wird auch die verbesserte Verformbarkeit der erfindungsgemäßen feuerresistenten Stähle gegenüber konventionellen Stählen deutlich. So weisen erfindungsgemäße Stähle mit 0,48 bis 0,54 ein rd. 15 bis 20 % niedrigeres Streckgrenzenverhältnis auf als konventionelle Stähle, die gleich hohe Streckgrenzenwerte besitzen.

Tabelle 1

Stahl Nr.	Blechdicke in mm	Chemische Zusammensetzung*) in Masse-%								
		C	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	V	Al	N
1	25	0,13	0,25	0,87	0,67	0,44	0,35	0,05	0,040	0,0049
2	20	0,14	0,26	1,32	0,73	-	0,32	0,05	0,024	0,0046
3	40	0,13	0,26	1,56	0,75	-	0,37	0,05	0,022	0,0046

Tabelle 2

Prüftemperatur: 20 °C					600 °C
Re	Rm	Re/Rm	A5	Z	Re
N/mm^2	N/mm^2		%	%	N/mm^2
321	594	0,54	22	64	251
325	672	0,48	26	64	278
354	691	0,51	21	63	283

Re - Streckgrenze
Rm - Zugfestigkeit
Re/Rm - Streckgrenzenverhältnis
A5 - Dehnung
Z - Einschnürung

Patentansprüche

1. Feuerresistenter nickelfreier Stahl, insbesondere in Form von Grobblech, mit einer Streckgrenze Re > 280 N/mm^2 und einem Streckgrenzenverhältnis Re/Rm zwischen 0,4 und 0,6 für den Stahlbau, gekennzeichnet durch folgende chemische Zusammensetzung (in Masse-%):

0,06	bis 0,20 %	C,
0,20	bis 0,30 %	Si,
0,50	bis 1,60 %	Mn,
0,020	bis 0,045 %	$Al_{lösl}$,
0,50	bis 0,90 %	Cr,
0,10	bis 0,40 %	Mo,
0,01	bis 0,05 %	V,

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen.

2. Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet , daß er zusätzlich mindestens eines der folgenden Elemente in den angegebenen Mengen (in Masse-%) enthält:

bis 0,008 %	N,
bis 0,75 %	Cu,
bis 0,0040 %	B,
bis 0,0030 %	Ca.

3. Verfahren zur Herstellung von Grobblech mit Dicken bis 50 mm aus einem der Stahl der Zusammensetzung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl im Stand- oder Strangguß zu Brammen vergossen wird, die nach dem Erwärmen auf 1050 bis 1200 °C warmgewalzt werden bei Endwalztemperaturen zwischen 920 und 1000 °C mit anschließender Abkühlung an Luft und daß die Grobbleche im Temperaturbereich von 880 bis 950 °C nicht länger als 30 min normalgeglüht werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die warmgewalzten und normalgeglühten Grobbleche bei Temperaturen im Bereich von 400 bis 700 °C angelassen werden.

Europäisches Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 98 11 0023

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	EP 0 470 055 A (ILVA) 5. Februar 1992 * das ganze Dokument *	1-4	C22C38/04 C22C38/22 C21D8/02
A	EP 0 411 515 A (MITSUBISHI JUKOGYO K.K.) 6. Februar 1991 * Ansprüche 1,2 * *"Table 1", Seiten 8 und 9*	1-4	C21D1/28 C22C38/24
A	EP 0 347 156 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 20. Dezember 1989 * Ansprüche 1-10 *	1-4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 249 (C-948), 8. Juni 1992 & JP 04 056723 A (NIPPON STEEL CORP.), 24. Februar 1992 * Zusammenfassung *	1-4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 197 (C-833), 21. Mai 1991 & JP 03 053045 A (KAWASAKI STEEL CORP.), 7. März 1991 * Zusammenfassung *	1,2	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
C22C C21D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
DEN HAAG	7. Oktober 1998	Lippens, M

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 03.82 (P04C03)