

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 052 296 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.11.2000 Patentblatt 2000/46

(51) Int. Cl.⁷: **C21D 9/42**, C21D 8/02,
C22C 38/46

(21) Anmeldenummer: **00109687.4**

(22) Anmeldetag: **08.05.2000**

(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: **08.05.1999 DE 19921327**

(71) Anmelder: **Thyssen Krupp AG
40211 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder: **Kuntze, Christoph
47800 Krefeld (DE)**

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

(54) **Panzerblech und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Die Erfindung betrifft ein warmgewalztes Panzerblech mit Vergütungsgefüge mit einer Streckgrenze > 1100 N/mm² und einer Härte > 400 HB aus einer Stahllegierung mit (in Masse-%): 0,15 bis 0,20 % C, 0,10 bis 0,50 % Si, 0,70 bis 1,70 % Mn, < 0,02 % P, < 0,005 % S, < 0,01 % N, 0,009 bis 0,10 % Al, 0,50 bis 1,00 % Cr, 0,20 bis 0,70 % Mo, 1,00 bis 2,50 % Ni, 0,05 bis 0,25 % V, Rest Eisen einschl. unvermeidbarer Verunreinigungen.

EP 1 052 296 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein warmgewalztes Panzerblech mit Vergütungsgefüge mit einer Streckgrenze > 1100 N/mm² und einer Härte > 400 HB aus einem niedrig legierten Stahl und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

5 **[0002]** Zur Herstellung von Panzerblechen mit einer Mindesthärte von 400 HB und einer Enddicke über 50 mm aus Stahlbrammen durch Warmwalzen, Härten und Anlassen ist aus der DE 42 23 895 C1 eine Stahllegierung bekannt mit 0,25 bis 0,32 % C, 0,05 bis 0,75 % Si, 0,10 bis 1,50 % Mn, 0,90 bis 2,00 % Cr, 0,10 bis 0,70 % Mo, 1,20 bis 4,50 % Ni, 0,01 bis 0,08 % Al, max. 0,050 % Nb, max. 0,10 % V, max. 0,015 % P, max. 0,005 % S, max. 0,012 % N, Rest Fe einschl. üblicher Verunreinigungen und ggf. 0,001 bis 0,004 % B.

10 **[0003]** Nach einem Durcherwärmen auf eine Temperatur von > 1150 °C werden die bevorzugt im Stranggießverfahren erzeugten Brammen zu Grobbändern oder -blechen warmgewalzt. Das auf Enddicke fertiggewalzte Panzerblech wird nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur durch Wiedererwärmen auf oberhalb Ac₃ und Abschrecken mit einer Geschwindigkeit von > 1 K/s in Öl oder Wasser gehärtet. Anschließend kann das Blech im Bedarfsfall im Temperaturgebiet von 180 bis 250 °C angelassen werden. Dadurch wird eine hohe, möglichst nur wenig unter der Anspruchshärte liegende Härte eingestellt. Diese bekannten Panzerbleche zeichnen sich auch bei großer Dicke durch ein homogenes
15 Gefüge sowie hohe Härte und Beschußfestigkeit aus. Die Eindringtiefe von Geschossen kann in der Regel um 30 % verringert werden.

[0004] Weiterhin ist ein Panzerblech aus einem Stahl mit 0,25 - 0,45 % C, 0,08 - 0,50 % Si, 0,30 - 1,50 % Mn, ≤ 0,02 % P, ≤ 0,02 % S, 0,60 - 1,80 % Cr, 0,20 - 0,60 % Mo, ≤ 0,006 % B, 0,02 - 0,15 % Al und/oder Ti und 0,005 - 0,03
20 % Nb aus der CA 1 266 760 C1 bekannt, welches bei 860 bis 960 °C austenitisiert, danach abgeschreckt und bei 160 - 550 °C angelassen wird.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Panzerblech vorzuschlagen, welches einerseits hinsichtlich der Durchschußhemmung mindestens gleich gute Eigenschaften wie Panzerbleche der voranstehend erläuterten Art
25 andererseits jedoch verbesserte Werkstoffeigenschaften, wie eine höhere Streckgrenze, eine höhere Festigkeit bei gleichzeitig höherer Zähigkeit und eine verbesserte Schweißbarkeit aufweist.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird gemäß der Erfindung ein warmgewalztes und vergütetes Panzerblech aus einer Stahllegierung vorgeschlagen, das folgende chemische Zusammensetzung (in Masse-%) aufweist:

30		0,15	-	0,2	%	
						C
		0,1	-	0,5	%	Si
		0,7	-	1,7	%	Mn
35				< 0,02	%	P
				< 0,005	%	S
				< 0,01	%	N
40		0,009	-	0,1	%	Al
		0,5	-	1,0	%	Cr
		0,2	-	0,7	%	Mo

45

1,0 - 2,5 % Ni

50

0,05 - 0,25 % V

Rest Eisen einschl. unvermeidbarer Verunreinigungen.

55

[0007] Innerhalb des erfindungsgemäßen Zusammensetzungsbereichs wird eine Stahllegierung folgender Zusammensetzung (in Masse-%) bevorzugt:

	0,16	-	0,18	% C
5	0,2	-	0,4	% Si
	0,9	-	1,1	% Mn
		<	0,015	% P
10		<	0,005	% S
		<	0,008	% N
	0,015	-	0,05	% Al
15	0,6	-	0,8	% Cr
	0,5	-	0,6	% Mo
	1,9	-	2,0	% Ni
20	0,06	-	0,1	% V

Rest Fe einschl. unvermeidbarer Verunreinigungen.

25

[0008] Die Stahllegierung kann zusätzlich bis 0,005 % Bor enthalten. Der Stickstoffgehalt der Stahllegierung soll bevorzugt auf 0,004 bis 0,008 % begrenzt sein.

30 **[0009]** Die neue Stahllegierung zeichnet sich gegenüber den eingangs erläuterten bekannten Stahllegierung zum einen durch einen niedrigeren Kohlenstoffgehalt und zum anderen durch den Karbonitridbildner Vanadium als ausschheidungshärtendes Element aus. Überraschenderweise erreicht ein aus der erfindungsgemäßen Stahllegierung erzeugtes Panzerblech im vergüteten Zustand trotz des niedrigeren Kohlenstoffgehaltes gegenüber bekannten Panzerblechen eine deutlich höhere Streckgrenze und Festigkeit, aber auch eine höhere Zähigkeit und eine höhere Bruchdehnung.

35 **[0010]** Durch die verbesserte Zähigkeit in Kombination mit der verbesserten Bruchdehnung kann ein aus erfindungsgemäß zusammengesetztem Stahl erzeugtes Panzerblech die schockartige Beanspruchung bei Minenexplosionen ohne die Gefahr einer Bruch- oder Rißbildung aufnehmen. Auch die Sicherheit gegen die Entstehung von Sprüngen und gegen die Ausbildung von Rissen oder Abplatzungen bei direktem Beschuß ist bei erfindungsgemäßigem Stahl gegenüber herkömmlichen Stählen der gattungsgemäßen Art verbessert. Daher sind die Gebrauchseigenschaften von erfindungsgemäßigem Panzerblech gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbessert.

40 **[0011]** Die Streckgrenze des erfindungsgemäßen Panzerblechs liegt über 1100 N/mm² gegenüber nur 950 N/mm² des bekannten Panzerblechs. Die Mindestzugfestigkeit beträgt 1200 N/mm², insbesondere 1250 N/mm², und ist folglich deutlich höher als die beim Stand der Technik erreichte Mindestzugfestigkeit von 1150 N/mm². Die Zähigkeit erfindungsgemäßer Panzerbleche gemessen an einer ISO-V-Querprobe bei -40 °C liegt bei $A_v \geq 27$ Joule. Ihre Bruchdehnung liegt bei mehr als 10 %.

45 **[0012]** Erfindungsgemäßes Panzerblech besitzt vorzugsweise ein überwiegend martenistisches Gefüge mit einer feinen Körnung. Besonders gute Materialeigenschaften ergeben sich, wenn der Anteil des martensitischen Gefüges mindestens 98 % beträgt.

50 **[0013]** Bei der Vergütungsbehandlung des Panzerblechs wird eine zweifache Austenitisierung im Temperaturbereich von 880 bis 980 °C mit Luftabkühlung zwischen den Austenitisierungsvorgängen, Abschrecken nach der zweiten Austenitisierung auf Raumtemperatur und ein abschließendes Anlassen bei 150 bis 550 °C bevorzugt. Durch die Abschreckung bis zur Raumtemperatur, d.h. bis deutlich unterhalb der Martensitstarttemperatur, wird ein feinkörniges martensitisches Gefüge erzeugt. Dessen Feinkörnigkeit kann dadurch noch verbessert werden, daß die Abschreckung auf Raumtemperatur nach der zweiten Austenitisierung im Temperaturbereich von 800 - 500 °C mit einer auf den Blechkern bezogenen Abkühlgeschwindigkeit vom mindestens 5 K/s erfolgt, wobei für die derart schnelle Abkühlung vorzugsweise Druckwasser eingesetzt wird. Indem ein erfindungsgemäß zusammengesetztes, in der Regel in Grobblechdicke ausgeführtes Blech im Zuge seiner Vergütung bis hinein in seinen Kern mit derart hohen Geschwindigkeiten abgekühlt wird, wird ein Panzerblech erhalten, das einen Anteil an sehr feinkörnigem Martensit von mehr als 98 % besitzt. Ein solches Panzerblech hat, wie voranstehend schon erwähnt, hervorragende Eigenschaften und erfüllt die

an Bleche der in Rede stehenden Art gestellten Anforderungen zuverlässig.

Beispiel:

5 **[0014]** Eine Schmelze der Zusammensetzung gemäß Tabelle 1 wurde zu einer 260 mm dicken Bramme abgegossen. Die Bramme wurde, ausgehend von einer Stoßfentemperatur von 1250 °C, mit einer Anstichtemperatur von etwa 1100 °C bei einer Endwalztemperatur von 950 °C auf Enddicken von 10, 40 und 50 mm warmgewalzt. Danach erfolgte die Vergütungsbehandlung. Bei den Blechen 1, 3 und 4 in Tabelle 2 bestand diese aus Austenitisieren (940 °C / Wasser) mit nachfolgendem Anlassen auf 320 °C/Luft. Das Blech 2 wurde zweifach austenitisiert, abgeschreckt und ange-

10 lassen. Die an Proben der so gewonnenen Panzerbleche ermittelten Eigenschaften sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

[0015] Die Streckgrenze und Zugfestigkeit liegt deutlich oberhalb der vorgenannten Mindestgrenzwerte. Die Dehnwerte sind mit rd. 11 bis 12 % außerordentlich gut, und die Kerbschlagzähigkeitswerte liegen ebenfalls deutlich über der vorgenannten Mindestgrenze von 27 J. Die Härtewerte liegen alle oberhalb 400 HB. Das zweifach austenitisierte

15 Blech 2 erzielte nochmals erhöhte Werte der mechanischen Eigenschaften.

Tabelle 1

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni	V
0,16	0,29	0,98	0,012	0,003	0,025	0,66	0,51	1,93	0,07

Tabelle 2

Blech Nr.	Dicke (mm)	Re (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	A (%)	ISO-V-quer -40°C	Härte HB10/3000
1	10	1125	1339	10,9	35,32,28	415
2	10	1166	1386	12,0	39,39,39	420
3	40	1124	1345	11,0	28,35,29	412
4	50	1120	1317	11,7	42,38,34	408

Patentansprüche

1. Warmgewalztes Panzerblech mit Vergütungsgefüge und einer Streckgrenze > 1100 N/mm² und einer Härte > 400 HB aus einer Stahllegierung mit (in Masse-%)

5
 0,15 bis 0,20 % C
 0,10 bis 0,50 % Si
 0,70 bis 1,70 % Mn
 < 0,02 % P
 10 < 0,005 % S
 < 0,01 % N
 0,009 bis 0,10 % Al
 15 0,50 bis 1,00 % Cr
 0,20 bis 0,70 % Mo
 1,00 bis 2,50 % Ni
 20 0,05 bis 0,25 % V
 Rest Eisen einschl. unvermeidbarer Verunreinigungen.

25

2. Panzerblech nach Anspruch 1 aus einer Stahllegierung mit (in Masse-%)

30 0,16 bis 0,18 % C
 0,20 bis 0,40 % Si
 0,90 bis 1,10 % Mn
 35 < 0,015 % P
 < 0,005 % S
 < 0,008 % N
 40 0,015 bis 0,050 % Al

45 0,60 bis 0,80 % Cr
 0,50 bis 0,60 % Mo
 1,90 bis 2,00 % Ni
 50 0,06 bis 0,10 % V
 Rest Eisen einschl. unvermeidbarer Verunreinigungen.

55

3. Panzerblech nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stahllegierung zusätzlich bis 0,0050 % B enthält.

EP 1 052 296 A2

4. Panzerblech nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stickstoffgehalt der Stahllegierung auf 0,0040 bis 0,0080 % begrenzt ist.
- 5 5. Panzerblech nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** es ein überwiegend martensitisches Gefüge besitzt.
6. Panzerblech nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Martensitanteil des Gefüges mindestens 98 % beträgt.
- 10 7. Verfahren zur Herstellung eines Panzerblechs bei dem aus einer Stahllegierung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 ein Vormaterial erzeugt wird, welches anschließend warmgewalzt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach dem Warmwalzen ein zweifaches Austenitisieren bei 880 bis 980 °C, anschließend ein Abschrecken und abschließend ein Anlassen im Bereich von 150 bis 550 °C erfolgt.
- 15 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl im Zuge des nach dem zweiten Austenitisieren erfolgenden Abschreckens auf Raumtemperatur abgekühlt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die auf den Blechkern bezogene Abkühlgeschwindigkeit während des Abschreckens im Temperaturbereich von 800 bis 500 °C mindestens 5 K/s beträgt.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abschreckung mittels druckbeaufschlagtem Wasser erfolgt.

25

30

35

40

45

50

55