

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 398 390 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

17.03.2004 Patentblatt 2004/12

(51) Int Cl.7: **C21D 8/02, C21D 8/04**

(21) Anmeldenummer: **02020294.1**

(22) Anmeldetag: **11.09.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Stahl AG**

47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:

• **Nuss, andreas**

47800 Krefeld (DE)

• **Heller, Thomas, Dr.-Ing.**

47229 Duisburg (DE)

• **Engl, Bernhard, Dr.-Ing.**

44267 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: **COHAUSZ & FLORACK**

Patent- und Rechtsanwälte

Bleichstrasse 14

40211 Düsseldorf (DE)

(54) **Ferritisch/martensitischer Stahl mit hoher Festigkeit und sehr feinem Gefüge**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines hochfesten Warmbands mit einer Zugfestigkeit von mindestens 700 MPa und einer ultrafeinen ferritisch/martensitischen und perlitfreien Kornstruktur, bei der der durchschnittliche Durchmesser der Ferritkörner weniger als 2,5 µm beträgt. Dies wird erreicht durch folgende Schritte:

a) Vergießen einer (in Masse-%) C: 0,05 - 0,2 %, Si: < 0,9 %, P: < 0,06 %, Mn: 0,6 - 1,2 %, Al: < 0,05 %, Cr: 0,02 - 0,6 %, Nb: ≤ 0,08 %, Ti: ≤ 0,08 %, V: ≤ 0,08 %, Mo: ≤ 0,4 %, Cu: ≤ 1 %, Ni: ≤ 1 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthaltenden Stahlschmelze zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen,

b) Warmwalzen des Vormaterials zu einem Warmband bei einer 750 °C bis 950 °C betragenden Warmwalzendtemperatur,

c) Kühlen des erhaltenen Warmbands auf eine Raumtemperatur bis 250 °C betragenden Haspeltemperatur mit einer mindestens 10 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit,

d) Haspeln des abgekühlten Warmbands.

Die Veröffentlichung soll ohne Figur erfolgen.

EP 1 398 390 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines hochfesten Warmbands, das eine ultrafeine Kornstruktur besitzt.

[0002] Ein Verfahren zum Herstellen von Warmbändern dieser Art ist aus der EP 1 001 041 A1 bekannt. Gemäß dem bekannten Verfahren wird ein (in Masse-%) 0,01 - 0,3 % C, bis zu 2,0 % Si, bis zu 3,0 % Mn, nicht mehr als 0,05 % P, 0,03 - 0,3 % Ti und als Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen enthaltender Stahl zu Brammen vergossen. Nach der Wiedererwärmung auf nicht mehr als 1150 °C werden die Brammen in mehreren Schritten zu Warmband warmgewalzt. Das Warmwalzen wird bei Temperaturen durchgeführt, bei denen es zu einer dynamischen Rekristallisation des Stahls kommt. Gleichzeitig werden geringe Reduktionsgrade eingestellt, die im letzten Walzschrift 13 % bis 30 % und in allen dem letzten Schritt vorangehenden Walzschriften 4 % bis 20 % betragen sollen. Auf diese Weise soll die gewünscht feinkörnige austenitische Struktur des Warmbandes eingestellt werden können, bei der die Korndurchmesser des Austenits im Bereich von weniger als 4 µm, insbesondere weniger als 2 µm liegen. In möglichst unmittelbarem Anschluss an das Warmwalzen wird das erhaltene Warmband schnell auf eine 350 bis 600 °C betragende Temperatur abgekühlt, um die Bildung von feinkörnigem Ferrit zu bewirken. Die Abkühlrate beträgt dabei nicht weniger als 30 °C/s. Die Temperatur, mit der das Band anschließend gehaspelt wird, ist gemäß dem bekannten Verfahren an die für den jeweiligen Stahl günstigste Temperatur anzupassen.

[0003] Der nach dem bekannten Verfahren erhaltene Stahl zeichnet sich durch eine gute Verformbarkeit bei gleichzeitig vergleichbar hoher Festigkeit aus. So werden bei den in der EP 1 001 041 A1 angegebenen Beispielen Zugfestigkeiten erreicht, die regelmäßig über 500 MPa liegen und bis zu 763 MPa betragen können. Gleichzeitig liegt die Fließgrenze im Bereich von mindestens 420 MPa bis 645 MPa. Das Streckgrenzenverhältnis ("yield ratio") des bekannten Stahls liegt regelmäßig im Bereich von mindestens 0,75.

[0004] Trotz der verbesserten Eigenschaften des nach dem bekannten Verfahren erzeugten Bandes werden immer höhere Anforderungen von den Verarbeitern von Warmbändern der in Rede stehenden Art an die Verformbarkeit einerseits und die Zugfestigkeit andererseits gestellt.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung bestand daher darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich zuverlässig Warmbänder erzeugen lassen, bei welchen die Kombination aus Verformbarkeit und Festigkeit weiter optimiert ist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Herstellen eines Warmbands mit einer Zugfestigkeit von mindestens 700 MPa und einer ultrafeinen ferritisch/martensitischen und perlitfreien Kornstruktur, bei der der durchschnittliche Durchmesser der Ferritkörner weniger als 2,5 µm beträgt, gelöst, welches folgende Schritte umfasst:

a) Vergießen einer (in Masse-%) C: 0,05 - 0,2 %, Si: < 0,9 %, P: < 0,06 %, Mn: 0,6 - 1,2 %, A1: < 0,05 %, Cr: 0,02 - 0,6 %, Nb: ≤ 0,08 %, Ti: ≤ 0,08 %, V: ≤ 0,08 %, Mo: ≤ 0,4 %, Cu: ≤ 1 %, Ni: ≤ 1 %, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthaltenden Stahlschmelze zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen,

b) Warmwalzen des Vormaterials zu einem Warmband bei einer 750 °C bis 950 °C betragenden Warmwalzendtemperatur,

c) Kühlen des erhaltenen Warmbands auf eine Raumtemperatur bis 250 °C betragenden Haspeltemperatur mit einer mindestens 10 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit,

d) Haspeln des abgekühlten Warmbands.

[0007] Mit der Erfindung wird ein Warmband erhalten, dessen Gefüge im Wesentlichen vollständig martensitisch/ferritisch und frei von Perlit ausgebildet ist. Das Warmband weist dabei ein Gefüge auf, dessen Ferritkörner ultrafein sind. Dies wird durch das Zusammenwirken der erfindungsgemäß vorgegebenen Zusammensetzung des verarbeiteten Stahls, der vergleichsweise hohen Warmwalzendtemperatur von 750 °C bis 900 °C und der auf das Warmwalzen folgenden Abkühlung auf eine niedrige Haspeltemperatur erreicht, deren Obergrenze erfindungsgemäß auf 250 °C festgelegt und von dieser Obergrenze bis zur Raumtemperatur reichen kann.

[0008] Aufwändige Walzverfahren, wie sie beim Stand der Technik erforderlich sind, um die erwünschte Feinkörnigkeit des Gefüges zu erhalten, sind beim erfindungsgemäßen Verfahren nicht mehr erforderlich. Vielmehr wirken die einzelnen Parameter der Zusammensetzung des Stahls und des Verfahrens so zusammen, dass ein Warmband mit extrem feinem Gefüge erhalten wird. So lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren sowohl über die eine konventionelle Brammenerzeugung umfassende Warmbandstraßenroute als auch unter Einbeziehung einer Gießwalzanlage durchführen, in der als Vormaterial Dünnbrammen erzeugt werden die anschließend "in line" in einem kontinuierlichen Prozess zu Warmband verarbeitet werden.

[0009] Das extrem feine Gefüge erfindungsgemäß erzeugter Warmbänder führt zu deren besonders guten Dehnungskennwerten. Erfindungsgemäß wird dazu ein durchschnittlicher Ferritkorndurchmesser eingestellt, der unter Berücksichtigung der jeweils geforderten Eigenschaften möglichst gering ist. Er liegt bei erfindungsgemäßen Warmbändern, deren Zugfestigkeit im Bereich von 700 MPa bis 900 MPa liegt, im Mittel bevorzugt bei 2,5 µm. Bei höherfesten erfindungsgemäßen Warmbändern wird die durchschnittliche Ferritkorngroße dagegen bevorzugt auf unter 2 µm, insbesondere unter 1 µm, eingestellt, um auch bei den hohen Festigkeiten eine optimale Verformbarkeit zu gewährleisten.

[0010] Wesentlichen Einfluss auf die Ausbildung derart ultrafeiner Ferritkörner im Gefüge erfindungsgemäß erzeugter Warmbänder hat die Anwesenheit von Niob. So zeigen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte, Niob enthaltende Warmbänder ein deutlich feineres Ferritkorn als in gleicher Weise erzeugte Warmbänder, die kein Niob enthalten.

[0011] Gleichzeitig wirkt sich die Anwesenheit von Niob in der erfindungsgemäß verwendeten Stahlszusammensetzung günstig auf die Festigkeit des erhaltenen Warmbands aus. Erfindungsgemäß ist daher vorgesehen, dass im verwendete Stahl mindestens 0,03 Masse-% Niob vorhanden sind. Die positiven Einflüsse von Niob machen sich dabei insbesondere dann bemerkbar, wenn höher kohlenstoffhaltige Stähle verarbeitet werden.

[0012] Entscheidend beeinflusst wird die Festigkeit erfindungsgemäß erzeugten Warmbands auch durch die Höhe seines Martensitgehalts. Durch eine Erhöhung der Martensitanteile bei gleichzeitiger Verminderung der Ferritanteile lassen sich Zugfestigkeiten im Bereich von 700 MPa bis 1000 MPa erhalten. So weist erfindungsgemäßes Warmband, das eine Zugfestigkeit von bis zu 800 MPa besitzt, typischerweise ein zu 60 % bis 90 % ferritisches Gefüge auf. Bei Zugfestigkeiten, die im Bereich von 800-900 MPa liegen, ist der Ferritgehalt dagegen schon auf ca. 40 % bis 60 % beschränkt. Werden Festigkeiten von mehr als 900 MPa benötigt, so wird dazu der Ferritgehalt erfindungsgemäß auf 10 % bis ca. 45 % eingestellt. Über den Martensitgehalt kann so die gewünschte Festigkeit gezielt hergestellt werden.

[0013] Die gute Verformbarkeit einerseits und die hohen Festigkeiten andererseits führen zu einem besonders guten Verhältnis von Verformbarkeit und Zugfestigkeit der erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder. Dementsprechend liegt das als Verhältnis von Dehngrenze zur Zugfestigkeit gebildete Streckgrenzverhältnis bei erfindungsgemäß erzeugten Warmbändern regelmäßig unter 0,7, also deutlich unter dem Wert, der sich bei den nach dem bekannten Verfahren erzeugten Warmbändern feststellen lässt.

[0014] Kennzeichnend für die optimierte Eigenschaftskombination erfindungsgemäßer Warmbänder ist ebenfalls, dass ihr Produkt aus Zugfestigkeit (R_m) und Bruchdehnung (A₅) in Längsrichtung des erhaltenen Warmbands gemessen regelmäßig mindestens 15.000 MPa*% beträgt.

[0015] Aufgrund dieser besonderen Eigenschaftskombination eignen sich erfindungsgemäß erzeugte Warmbänder in besonderer Weise zur Herstellung von dünnwandigen Bauelementen mit komplexer Formgebung, die dennoch in der Lage sind, große Kräfte aufzunehmen. So lassen sich aus erfindungsgemäßen Warmbändern gewonnene Bleche besonders gut zur Herstellung von Bauteilen und Strukturelementen von Fahrzeugkarosserien einsetzen, die bei geringen Wandstärken, dementsprechend geringem Gewicht und aufwändiger Gestaltung in der Lage sind, hohe Belastungen aufzunehmen.

[0016] Über die Art und Weise, in der das Warmband nach dem Verlassen der Fertigwarmwalzstaffel abgekühlt wird, lässt sich die Ausprägung des ultrafeinkörnigen Gefüges erfindungsgemäß erzeugter Warmbänder direkt beeinflussen. Gleichzeitig hat die Abkühlung unmittelbaren Einfluss auf den Martensitanteil und damit einhergehend auf die Festigkeit der Warmbänder.

[0017] Höchste Festigkeiten bei gleichzeitig feinsten Kornausbildung werden erreicht, wenn die Abkühlung des Warmbands auf Haspeltemperatur in einem Schritt unterbrechungsfrei erfolgt. Soll dagegen ein Warmband erzeugt werden, das im Rahmen der Erfindung ein höheres Streckgrenzverhältnis besitzt, kann dies dadurch erreicht werden, dass das Warmband beim Abkühlen auf Haspeltemperatur zunächst mit einer 10 bis 200 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit auf eine 600 - 700 °C betragende Zwischentemperatur abgekühlt wird, dass daraufhin die Abkühlung für 2 bis 6 Sekunden unterbrochen wird und dass das Warmband anschließend mit einer 10 bis 200 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit auf die Haspeltemperatur gekühlt wird. Die Wahl eines geeigneten Verfahrens zur Abkühlung des nach dem Warmwalzen erhaltenen Warmbands auf die niedrige Haspeltemperatur ermöglicht so auf einfache Weise die optimale Anpassung der jeweiligen Eigenschaften des erfindungsgemäß erzeugten Warmbands an die vom Verwender gestellten Anforderungen.

[0018] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0019] Die Figuren 1 und 2 zeigen Schlißbilder von vier nach unterschiedlichen Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens erzeugten Warmbändern.

[0020] In den Diagrammen 1 und 2 sind die Ergebnisse der nachfolgend erläuterten Versuche graphisch dargestellt.

[0021] Es wurden zahlreiche Laborwalzversuche durchgeführt, bei denen vier Stahlschmelzen S1, S2, S3, S4 verwendet wurden, deren Zusammensetzungen in Tabelle 1 angegeben sind.

Tabelle 1

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen, Angaben in Masse-%,									
	C	Mn	P	S	Si	Al	N	Cr	Nb
S1	0,188	1,05	0,004	0,004	0,82	0,030	0,0031	0,42	-
S2	0,181	1,02	0,004	0,003	0,81	0,032	0,0022	0,42	0,047
S3	0,077	1,02	0,005	0,003	0,81	0,030	0,0020	0,41	0,045
S4	0,073	1,02	0,032	0,003	0,11	0,025	0,0022	0,41	0,057

[0022] Bei den Schmelzen S1, S2 handelte es sich um Stähle mit hohem Kohlenstoffgehalt. Mit Ausnahme der Niob-Gehalte sind die Legierungen beider Stähle S1, S2 im Wesentlichen identisch. Der Stahl S1 enthält jedoch kein Niob, während der Stahl S2 Gehalte an Niob aufweist. Anhand der Stähle S1 und S2 konnte somit nachgewiesen werden, welche positiven Wirkungen die Anwesenheit von Niob in einer erfindungsgemäß verarbeiteten, höherkohlenstoffhaltigen Stahllegierung hat.

[0023] In vergleichbarer Weise ist die Wirkung von Silizium anhand der Stähle S3 und S4 nachgewiesen worden. Bis auf den Si-Gehalt sind deren Zusammensetzungen im Wesentlichen gleich. Beim Stahl S3 ist jedoch der Si-Gehalt auf ein Minimum reduziert, während der Stahl S4 nennenswerte Gehalte an Silizium aufweist.

[0024] Aus den Stählen S1 - S4 gegossene Brammen sind in vier unterschiedlichen Versuchsreihen V1 - V4 jeweils zu Warmband verarbeitet worden.

[0025] In der Versuchsreihe V1 sind die Brammen in einer Walzstaffel jeweils zu 3,5 mm dicken Warmbändern warmgewalzt worden. Nach dem Verlassen der Warmwalzstaffel sind die erhaltenen Warmbänder in zwei Stufen mit zwischengeschalteter Kühlpause gesteuert auf die Haspeltemperatur abgekühlt worden, bevor sie zu Coils gehaspelt worden sind. Die Kühlung erfolgte im ersten Abschnitt mit einer ersten Abkühlgeschwindigkeit K1 bis zu einer Abkühlungsstoptemperatur Ts, wurde dann für eine Pause mit der Dauer P unterbrochen, bevor sie im zweiten Kühlabschnitt mit einer zweiten Abkühlgeschwindigkeit K2 bis auf die Haspeltemperatur HT fortgesetzt worden ist.

[0026] Die Abkühlungsstoptemperatur Ts wurde in den Temperaturbereich gelegt, bei dem es zur Ferritbildung kommt. Auf diese Weise wurde jeweils gezielt ein bestimmter Ferritgehalt in dem erhaltenen Warmband eingestellt.

[0027] In gleicher Weise sind die Versuchsreihen V2 und V3 durchgeführt worden. Allerdings lag die Warmwalzendtemperatur bei der Versuchsreihe V2 niedriger als bei der Versuchsreihe V1 und bei der Versuchsreihe V3 niedriger als bei der Versuchsreihe V2.

[0028] Bei der Versuchsreihe V4 ist das Warmwalzen bei der gleichen Warmwalzendtemperatur beendet worden wie in der Versuchsreihe V2. Allerdings schloss sich an das Warmwalzen keine mehrstufige Abkühlung an, sondern die Abkühlung auf Haspeltemperatur erfolgte mit einer einzigen hohen Abkühlgeschwindigkeit K1 kontinuierlich in einem Zuge.

[0029] Die bei den Versuchsreihen V1 - V4 jeweils eingehaltenen Betriebsparameter "Warmwalzendtemperatur ET", "Abkühlgeschwindigkeit K1", "Abkühlungsstoptemperatur Ts", "Pausendauer P", "Abkühlgeschwindigkeit K2" und "Haspeltemperatur HT" und "Warmbanddicke d" sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2

	ET	K1	Ts	P	K2	HT	mm
	°C	K/s	°C	s	K/s	°C	mm
V1	860	80	660	3	80	RT	3,5
V2	820	80	660	3	80	RT	3,5
V3	780	80	660	3	80	RT	3,5
V4	820	200	Abkühlung in einem Zug			RT	3,5

[0030] Die in "Längsrichtung L" und "Querrichtung Q" ermittelten mechanischen Eigenschaften "Dehngrenze $R_{p0,2}$ ", Zugfestigkeit R_m ", "Streckgrenzverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ ", "Gleichmaßdehnung A_g ", "Dehnung A_5 ", "Produkt aus Zugfestigkeit R_m und Dehnung A_5 $R_m \cdot A_5$ " sowie die jeweiligen Anteile des Gefüges an "Ferrit FA", "Bainit BA", "Martensit MA", "Reaustenit RA" und der jeweils ermittelte durchschnittliche "Ferritkorndurchmesser $F\bar{0}$ " der in den Versuchsreihen V1 - V4 erhaltenen Warmbänder sind in den Tabellen 3a bis 3d angegeben.

[0031] In Fig. 1 ist das Schlifffbild eines Warmbands dargestellt, das aus der sowohl einen hohen Kohlenstoffgehalt

als auch einen Gehalt an Niob aufweisenden Schmelze S2 in der Versuchsreihe V4 mit einer unterbrechungsfreien Abkühlung nach dem Warmwalzen erzeugt worden ist. Die durch eine konventionelle Bildanalyse ermittelte durchschnittliche Größe der Ferritkörner beträgt bei diesem Beispiel 1 µm.

[0032] Fig. 2 zeigt das Schliffbild eines aus der einen niedrigen Kohlenstoffgehalt und einen minimierten Siliziumgehalt aufweisenden Schmelze S4 ebenfalls in der Versuchsreihe V4 erzeugten Warmbands. Die durchschnittliche Größe der Ferritkörner beträgt bei diesem Beispiel 1,6 µm.

[0033] Bei einem Warmband, das aus der einen hohen Kohlenstoffgehalt jedoch keinen Niobanteil besitzenden Schmelze S1 in der Versuchsreihe V2 (Abkühlung mit Kühlpause) erzeugt worden ist, betrug die durchschnittliche Größe der Ferritkörner 2,6 µm.

[0034] Bei einem Warmbands, das aus der einen niedrigen Kohlenstoffgehalt bei einem erhöhten Siliziumgehalt aufweisenden Schmelze S3 in der Versuchsreihe V1 hergestellt worden ist, konnte eine durchschnittliche Größe der Ferritkörner von 2 µm ermittelt werden.

[0035] Es zeigte sich, dass die feinsten Gefüge und größten Festigkeiten bei den Warmbändern vorlagen, die in der Versuchsreihe V4 ausgehend von der Warmwalzendtemperatur in einem Zuge mit hoher Abkühlgeschwindigkeit auf die Haspeltemperatur HT abgekühlt worden sind. Eine weitere Verfeinerung des Gefüges stellt sich ein, wenn noch höhere Abkühlgeschwindigkeiten eingestellt werden. Dementsprechend sieht die Erfindung gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung einen Bereich der Abkühlgeschwindigkeit vor, der von 10 K/s bis 1000 K/s reicht. Insbesondere sieht die Erfindung vor, dass mit Abkühlgeschwindigkeiten von mindestens 50 K/s gearbeitet wird. Die Einhaltung dieser Mindestkühlrate stellt sicher, dass die jeweils gewünschte Feinkörnigkeit immer erreicht wird.

[0036] Gleichzeitig geht aus den Versuchsergebnissen der günstige Einfluss der Gehalte an Silizium und Niob auf die Feinkörnigkeit des Gefüges hervor. Dies wird insbesondere durch die Fig. 1 und 2 belegt.

[0037] Die Ergebnisse der Versuchsreihen V1 bis V4 sind im Diag. 1 noch einmal graphisch dargestellt.

[0038] Im Diag. 2 ist die Zugfestigkeit der in erfindungsgemäßer Weise aus den Schmelzen S1 - S4 erzeugten Warmbänder in Abhängigkeit vom Ferritgehalt dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass mit zu Gunsten von steigenden Martensitgehalten sinkenden Ferritgehalten höhere Zugfestigkeiten erreicht werden. Gleichzeitig geht aus Diag. 2 das Potential der einzelnen Legierung hervor. So lassen sich aus den hochkohlenstoffhaltigen Schmelzen S1 und S2 sicher Warmbänder erzeugen, die im hohen Zugfestigkeitsbereich von 900 MPa bis 1100 MPa liegen. Mit den niedrigen Kohlenstoffgehalte aufweisenden Stahlzusammensetzungen S3 und S4 dagegen lassen sich Warmbänder mit Zugfestigkeiten von mindestens 700 MPa herstellen. Damit ist klar, dass neben den Verfahrensparametern "Kühlgeschwindigkeit" und "Kühlpause" die Legierungselemente Kohlenstoff, Niob und Silizium in dieser Reihenfolge die wichtigsten Steuergrößen sind, mit denen sich über ein hinsichtlich der Ferritkörner ultrafeinen martensitisch/ferritischen Gefüge die Werkstoffeigenschaften der gemäß der Erfindung erzeugten Warmbänder einstellen lassen.

[0039] Mit den Versuchen konnte ebenso nachgewiesen werden, dass sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren sicher Warmbänder erzeugen lassen, deren Zugfestigkeit regelmäßig mehr als 700 MPa betrug. Gleichzeitig lag die Dehngrenze regelmäßig unterhalb von 500 MPa, so dass ein für die den erfindungsgemäß erzeugten Warmbändern zugeordneten Anwendungen besonders günstiger Wert der Streckgrenzverhältnis von 0,65 bei keinem der untersuchten Warmbänder überschritten wurde.

L/Q	R _{p0,2}		R _m	R _{p0,2} /R _m		A _g	A ₅		R _m *A ₅	FA	BA	MA	RA	FØ
	MPa	MPa		%	%		%	MPa*%						
S1	L	453	917	0,49	10,2	19,0	17.423	40	-	-	-	58	2	2,6
S1	Q	453	910	0,50	9,4	16,0	14.560	30	-	-	-	69	1	1,5
S2	L	549	1103	0,50	9,4	15,6	17.207	73	-	-	-	27	-	2,0
S2	Q	549	1063	0,52	9,1	14,0	14.882	66	-	-	-	34	-	1,9
S3	L	466	735	0,63	14,0	28,0	20.580							
S3	Q	469	754	0,62	12,8	25,4	19.152							
S4	L	465	712	0,65	12,6	20,8	14.810							
S4	Q	481	729	0,66	13,4	25,0	18.225							

Tabelle 3a (Versuchsreihe V1)

L/Q	R _{p0,2}		R _m	R _{p0,2} /R _m		A _g	A ₅		R _m *A ₅	FA	BA	MA	RA	FØ
	MPa	MPa		%	%		%	MPa*%						
S1	L	407	851	0,48	12,8	23,2	19.743	54	-	-	-	45	1	2,6
S1	Q	395	819	0,48	7,7	20,8	17.035	48	-	-	-	52	-	1,6
S2	L	538	1047	0,51	10,6	15,4	16.124	80	-	-	-	15	-	2,4
S2	Q	520	963	0,54	5,8	15,4	14.830	76	-	-	-	24	-	1,8
S3	L	411	699	0,59	15,0	28,7	20.061							
S3	Q	402	669	0,60	11,2	23,0	15.387							
S4	L	450	712	0,63	13,1	25,0	17.800							
S4	Q	456	714	0,64	12,4	23,6	16.850							

Tabelle 3b (Versuchsreihe V2)

	L/Q	R _{p0,2}		R _m	R _{p0,2} /R _m	A _g	A ₅	R _m *A ₅	FA	BA	MA	RA	FØ
		MPa	MPa			%	%	MPa*%					
S1	L	403	856	0,47	11,1	18,4	15.750	60	40	-	-	-	2,8
S1	Q	394	850	0,46	12,3	17,8	15.130	45	20	-	-	-	1,6
S2	L	522	1029	0,51	8,4	12,6	12.965	84	-	-	-	-	2,9
S2	Q	536	993	0,54	6,0	15,4	15.292	74	-	-	-	-	2,1
S3	L	420	698	0,60	13,9	25,0	17.450	62	-	-	-	-	1,4
S3	Q	395	665	0,59	14,5	26,4	17.556	62	-	-	-	-	1,4
S4	L	435	705	0,62	14,9	26,4	18.612	62	-	-	-	-	1,4
S4	Q	427	674	0,63	9,3	19,4	13.076	62	-	-	-	-	1,4

Tabelle 3c (Versuchsreihe V3)

	L/Q	R _{p0,2}		R _m	R _{p0,2} /R _m	A _g	A ₅	R _m *A ₅	FA	BA	MA	RA	FØ
		MPa	MPa			%	%	MPa*%					
S1	L	618	1146	0,54	8,3	11,0	12.606	12	15	-	-	-	1,1
S1	Q	654	1058	0,62	5,2	12,6	13.331	13	-	-	-	-	1,0
S2	L	679	1212	0,56	7,6	14,6	17.695	66	-	-	-	-	1,5
S2	Q	636	1022	0,62	2,6	14,2	14.512	62	-	-	-	-	1,4
S3	L	438	748	0,59	12,4	23,2	17.354	62	-	-	-	-	1,4
S3	Q	447	772	0,58	11,8	22,4	17.293	62	-	-	-	-	1,4
S4	L	449	718	0,63	11,4	24,2	17.376	62	-	-	-	-	1,4
S4	Q	462	736	0,63	12,0	24,8	18.253	62	-	-	-	-	1,4

Tabelle 3d (Versuchsreihe V4)

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines hochfesten Warmbands mit einer Zugfestigkeit von mindestens 700 MPa und einer ultrafeinen ferritisch/martensitischen und perlitfreien Kornstruktur, bei der der durchschnittliche Durchmesser der Ferritkörner weniger als 2,5 µm beträgt, umfassend folgende Schritte:

a) Vergießen einer (in Masse-%)

C: 0,05 - 0,2 %,

Si: < 0,9 %,

P: < 0,06 %,

Mn: 0,6 - 1,2 %,

Al: < 0,05 %,

Cr: 0,02 - 0,6 %,

Nb: ≤ 0,08 %,

Ti: ≤ 0,08 %,

V: ≤ 0,08 %,

Mo: ≤ 0,4 %,

Cu: ≤ 1 %,

Ni: ≤ 1 %,

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen enthaltenden Stahlschmelze zu einem Vormaterial, wie Brammen oder Dünnbrammen,

b) Warmwalzen des Vormaterials zu einem Warmband bei einer 750 °C bis 950 °C betragenden Warmwalzendtemperatur,

c) Kühlen des erhaltenen Warmbands auf eine Raumtemperatur bis 250 °C betragenden Haspeltemperatur mit einer mindestens 10 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit,

d) Haspeln des abgekühlten Warmbands.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung des Warmbands auf Haspeltemperatur in einem Schritt erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Warmband beim Abkühlen auf Haspeltemperatur zunächst mit einer 10 bis 200 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit auf eine 600 - 700 °C betragende Zwischentemperatur abgekühlt wird, dass daraufhin die Abkühlung für 2 bis 6 Sekunden unterbrochen wird und dass das Warmband anschließend mit einer 10 bis 200 K/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit auf die Haspeltemperatur gekühlt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze mindestens 0,03 Masse-% Nb enthält.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durchschnittliche Durchmesser der Ferritkörner weniger als 2 µm beträgt.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der durchschnittliche Durchmesser der Ferritkörner weniger als 0,1 µm beträgt.

7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlgeschwindigkeit 10 K/s bis 1000 K/s beträgt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlgeschwindigkeit mindestens 50 K/s beträgt.

9. Warmband hergestellt durch das nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildete Verfahren **dadurch gekennzeichnet, dass** Produkt aus Zugfestigkeit (Rm) und Bruchdehnung (A5) mindestens 15.000 MPa*% beträgt.

10. Warmband nach Anspruch 9, **dadurch**

EP 1 398 390 A1

gekennzeichnet, dass seine Zugfestigkeit (Rm) mehr als 900 MPa beträgt.

11. Warmband nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Zugfestigkeit bis zu 1100 MPa beträgt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

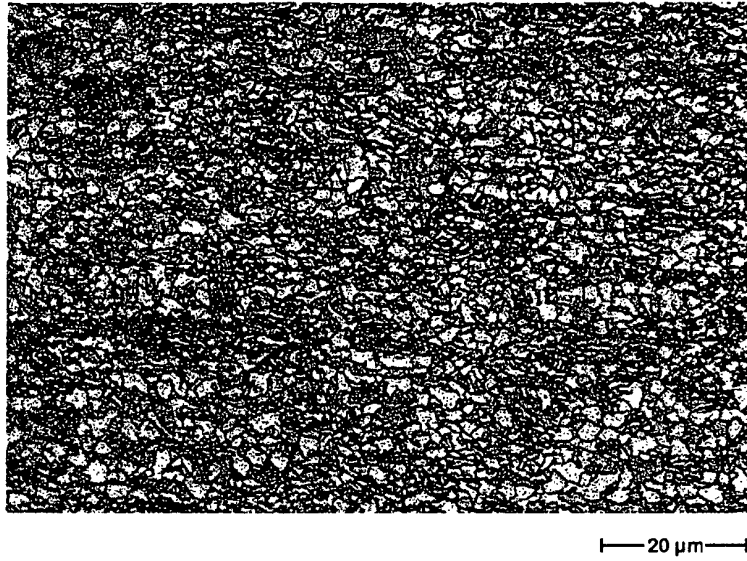


Fig. 1

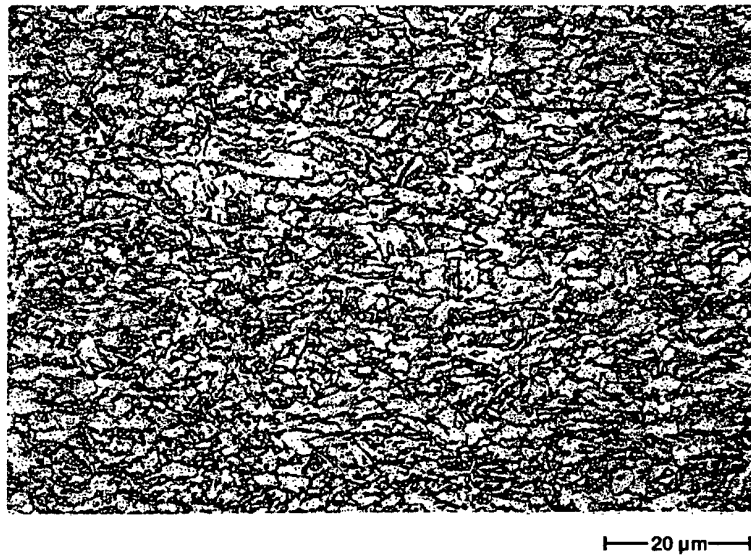
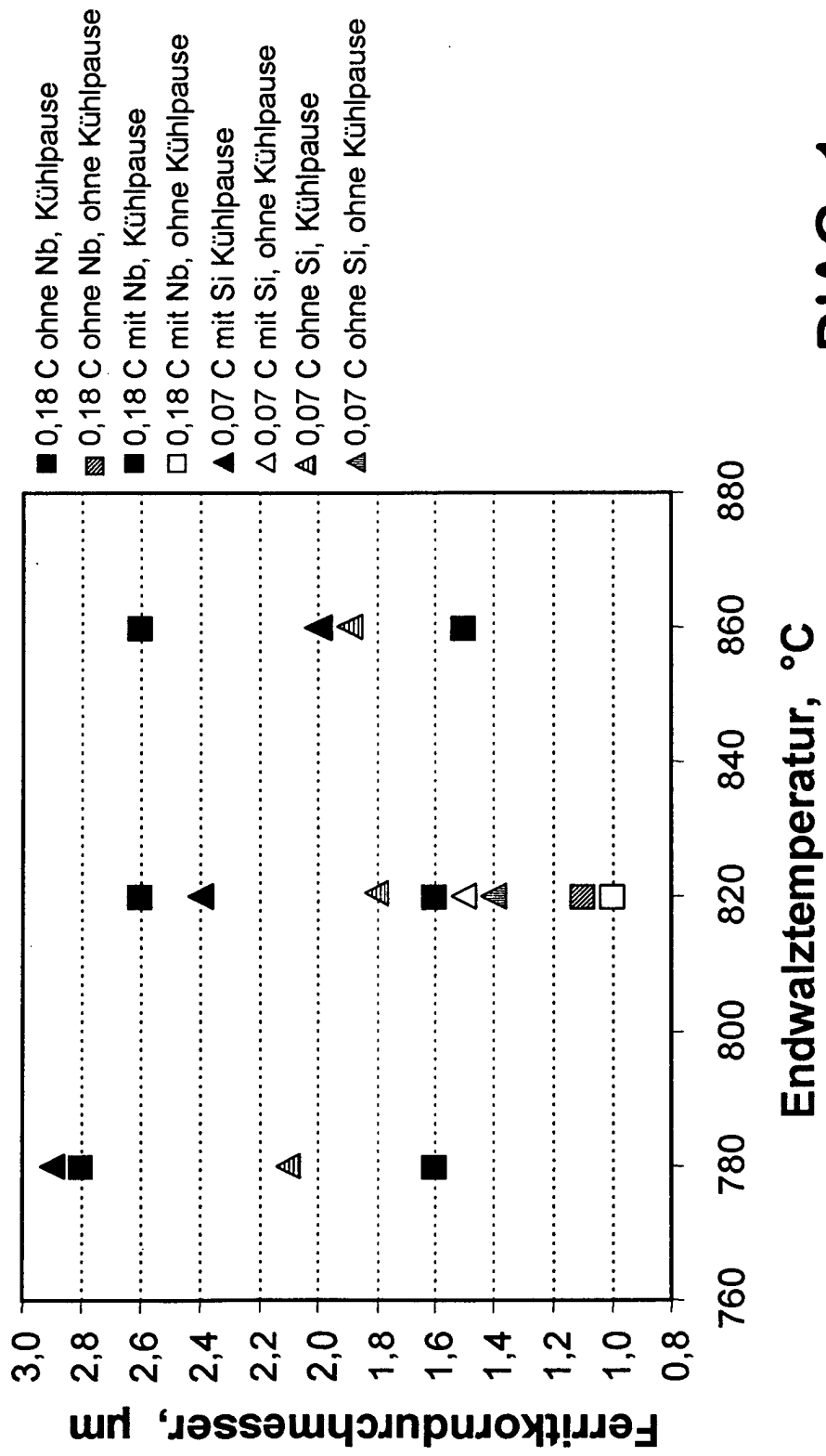
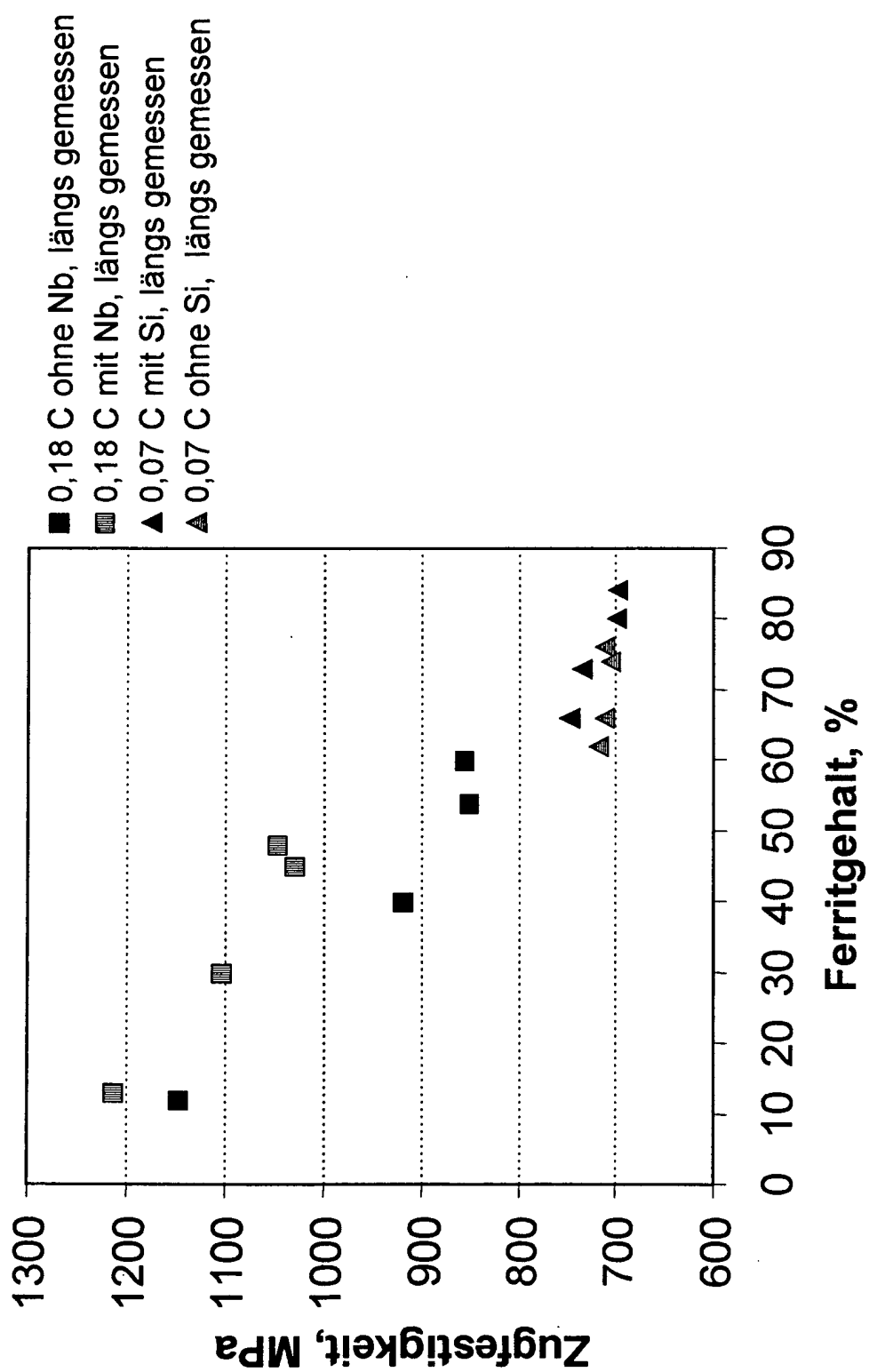


Fig. 2





DIAG. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 02 0294

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 199 11 287 C (THYSSEN KRUPP STAHL AG) 31. August 2000 (2000-08-31) * Seite 2, Zeile 60-65 - Seite 5, Zeile 55-57; Tabelle 1 *	1-11	C21D8/02 C21D8/04
X	EP 0 969 112 A (NIPPON STEEL CORP) 5. Januar 2000 (2000-01-05) * Ansprüche 7-12; Abbildung 11; Tabellen 1-4 *	1-11	
X	EP 0 952 235 A (NIPPON STEEL CORP) 27. Oktober 1999 (1999-10-27) * Ansprüche 4-14; Abbildung 6; Tabellen 1-4 *	1-11	
X	US 4 466 842 A (YADA HIROSHI ET AL) 21. August 1984 (1984-08-21) * Spalte 4, Zeile 40-68; Abbildungen 5,6 *	1-11	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 185 (C-357), 27. Juni 1986 (1986-06-27) & JP 61 034116 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 18. Februar 1986 (1986-02-18) * Zusammenfassung; Beispiel K; Tabellen 1,2 *	1-11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) C21D
X	EP 0 945 522 A (KAWASAKI STEEL CO) 29. September 1999 (1999-09-29) * Ansprüche 1-10; Tabellen 2-7 *	9-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 12. Mai 2003	Prüfer Badcock, G
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 : mündliche 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)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 02 0294

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-05-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19911287 C	31-08-2000	DE 19911287 C1	31-08-2000
		WO 0055381 A1	21-09-2000
		EP 1169486 A1	09-01-2002
		JP 2002539330 T	19-11-2002
EP 0969112 A	05-01-2000	JP 11036039 A	09-02-1999
		JP 11061327 A	05-03-1999
		JP 11080878 A	26-03-1999
		AU 717294 B2	23-03-2000
		AU 6311898 A	12-10-1998
		EP 0969112 A1	05-01-2000
		CN 1251140 T	19-04-2000
		JP 10317096 A	02-12-1998
		WO 9841664 A1	24-09-1998
		TW 426742 B	21-03-2001
		AU 716203 B2	24-02-2000
		AU 5576798 A	18-08-1998
		CN 1246161 T	01-03-2000
		EP 0974677 A1	26-01-2000
		WO 9832889 A1	30-07-1998
		US 6544354 B1	08-04-2003
EP 0952235 A	27-10-1999	JP 10158735 A	16-06-1998
		JP 11061326 A	05-03-1999
		JP 11100635 A	13-04-1999
		JP 11100640 A	13-04-1999
		AU 711873 B2	21-10-1999
		AU 5067998 A	22-06-1998
		EP 0952235 A1	27-10-1999
		US 6319338 B1	20-11-2001
		CN 1241219 A ,B	12-01-2000
		WO 9823785 A1	04-06-1998
		KR 2000057266 A	15-09-2000
		TW 384313 B	11-03-2000
		AU 716203 B2	24-02-2000
		AU 5576798 A	18-08-1998
		CN 1246161 T	01-03-2000
		EP 0974677 A1	26-01-2000
		JP 10273752 A	13-10-1998
		WO 9832889 A1	30-07-1998
		US 6544354 B1	08-04-2003
US 4466842 A	21-08-1984	JP 1430096 C	09-03-1988
		JP 58174544 A	13-10-1983
		JP 62039228 B	21-08-1987
		JP 1622738 C	25-10-1991

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 02 0294

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-05-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4466842 A		JP 58174523 A	13-10-1983
		JP 62007247 B	16-02-1987
		JP 1432368 C	24-03-1988
		JP 58221258 A	22-12-1983
		JP 62039229 B	21-08-1987
		DE 3312257 A1	20-10-1983
		FR 2524493 A1	07-10-1983

JP 61034116 A	18-02-1986	JP 1008685 B	15-02-1989
		JP 1522012 C	12-10-1989

EP 0945522 A	29-09-1999	BR 9806204 A	15-02-2000
		EP 0945522 A1	29-09-1999
		US 6221179 B1	24-04-2001
		WO 9913123 A1	18-03-1999
		JP 3386726 B2	17-03-2003
		JP 11152544 A	08-06-1999
		TW 426744 B	21-03-2001

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82