

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. November 2003 (27.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/097884 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **C21D 8/12**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/05114
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Mai 2003 (15.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 21 793.9 15. Mai 2002 (15.05.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **THYSSENKRUPP ELECTRICAL STEEL GMBH** [DE/DE]; Altendorfer Strasse 120, 45143 Essen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAMMER, Brigitte** [DE/DE]; Zedernweg 28, 46562 Voerde (DE). **FRIEDRICH, Karl, Ernst** [DE/DE]; Ehrenmalstrasse 32, 47447 Moers (DE). **FISCHER, Olaf** [DE/DE]; Hattinger Strasse 689, 44879 Bochum (DE). **SCHNEIDER, Jürgen** [DE/DE]; Ederstrasse 26, 44807 Bochum (DE). **WUPPERMANN, Carl-Dieter** [DE/DE]; Deusstrasse 26 c, 47803 Krefeld (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**  
— mit internationalem Recherchenbericht
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: NON-GRAIN ORIENTED ELECTRICAL STEEL STRIP OR ELECTRICAL STEEL SHEET AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: NICHTKORNIORIENTIERTES ELEKTROBAND ODER -BLECH UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

(57) Abstract: The invention relates to non-grain oriented electrical steel sheets that can be produced as finally annealed or as not finally annealed sheets in such a manner that they have improved magnetic polarization values and reduced magnetic losses as compared to values so far obtained. For this purpose, when a steel having a suitable composition is cooled off, it is subjected to a temperature range, starting from an initial temperature of not more than 1300 °C and with the substantially complete exception of a purely austenitic microstructure ( $\gamma$  phase). In said temperature range, the steel has a austenite/ferrite two-phase mixed structure ( $\alpha$  and  $\gamma$  mixed phases) so that the electrical steel sheet, after hot rolling, pickling, cold rolling and annealing of the hot-rolled strip obtained after hot rolling has a magnetic polarization  $J_{2500} \geq 1.74$  T measured in the longitudinal orientation of the strip or sheet at a magnetic field strength of 2500 A/m and a value  $P_{1.5}$  (50) of the magnetic losses of  $< 4.5$  W/kg measured in the longitudinal orientation of the strip at  $J = 1.5$  T and at a frequency  $f = 50$  Hz.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft nicht kornorientierte Elektrobleche, die sowohl als schlussgeglühte als auch als nicht schlussgeglühte Sorten ohne zusätzlichen Fertigungsaufwand so hergestellt werden können, dass sie eine gegenüber den bisher erzielbaren Werten verbesserte magnetische Polarisierung und verringerte Ummagnetisierungsverluste aufweisen. Dies wird dadurch erreicht, dass ein in geeigneter Weise zusammengesetzter Stahl bei seiner Abkühlung ausgehend von einer höchstens 1300 °C betragenden Anfangstemperatur unter im wesentlichen vollständigem Ausschluss eines rein austenitischen Gefüges ( $\gamma$ -Phase) einen Temperaturbereich durchläuft, in welchem er ein Austenit/Ferrit-Zweiphasenmischgefüge ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -Mischphasen) aufweist, so dass das Elektroblech nach einem Warmwalzen, Beizen, Kaltwalzen und Glühen des nach dem Warmwalzen erhaltenen Warmbands eine in Längsrichtung des Bandes oder Blechs bei einer magnetischen Feldstärke von 2500 A/m gemessene magnetische Polarisierung  $J_{2500\#191} \geq 1,74$  T und einen in Längsrichtung des Bandes bei  $J = 1,5$  T und einer Frequenz  $f = 50$  Hz gemessenen Wert  $P_{1,5}$  (50) der magnetischen Verluste von  $< 4,5$  W/kg besitzt.



WO 03/097884 A1

**NICHTKORNORIENTIERTES ELEKTROBAND ODER -BLECH UND VERFAHREN  
ZU SEINER HERSTELLUNG**

Die Erfindung betrifft ein nichtkornorientiertes Elektroblech oder -band und ein Verfahren zum Herstellen derartiger Produkten.

Unter dem Begriff "nichtkornorientiertes Elektroblech" werden hier unter die DIN EN 10106 ("schlussgeglühtes Elektroblech") und DIN EN 10165 ("nicht schlussgeglühtes Elektroblech") fallende Elektrobleche verstanden. Darüber hinaus werden auch stärker anisotrope Sorten einbezogen, solange sie nicht als kornorientierte Elektrobleche gelten. Insoweit werden hier die Begriffe "Elektroblech" und "Elektroband" synonym verwendet.

"J2500" bzw. "J5000" bezeichnen im Folgenden die magnetische Polarisierung bei einer magnetischen Feldstärke von 2500 A/m bzw. 5000 A/m. Unter "P 1,5" wird der Ummagnetisierungsverlust bei einer Polarisierung von 1,5 T und einer Frequenz von 50 Hz verstanden.

Von der verarbeitenden Industrie wird die Forderung gestellt, nichtkornorientierte Elektrobleche zur Verfügung zu stellen, deren magnetische Polarisationswerte gegenüber herkömmlichen Blechen angehoben sind. Dies gilt insbesondere für den Bereich der Anwendungen, bei denen die elektrischen Maschinen elektrisch erregt werden. Durch die Erhöhung der magnetischen Polarisierung wird der

Magnetisierungsbedarf reduziert. Damit einhergehend gehen auch die Kupferverluste zurück, welche bei einer Vielzahl der elektrischen Maschinen einen wesentlichen Anteil an den beim Betrieb elektrischer Maschinen entstehenden Verlusten haben.

Der wirtschaftliche Wert nicht kornorientierter Elektrobleche mit erhöhter Permeabilität ist erheblich. Elektrische Maschinen mit elektrischer Erregung, speziell Industrieantriebe mit Leistungen, die 1 kW bis 100 kW und darüber hinaus betragen, stellen das Hauptanwendungsgebiet von nichtkornorientiertem Elektroblech dar.

Die Forderung nach höherpermeablen nichtkornorientierten Elektroblechsorten betrifft nicht nur nichtkornorientierte Elektrobleche mit hohen Verlusten ( $P_{1,5} \geq 5 - 6 \text{ W/kg}$ ), sondern auch Bleche mit mittleren ( $3,5 \text{ W/kg} \leq P_{1,5} \leq 5,5 \text{ W/kg}$ ) und niedrigen Verlusten ( $P_{1,5} \leq 3,5$ ). Daher ist man bemüht, das gesamte Spektrum der schwach-, mittel- und hochsilizierten elektrotechnischen Stähle hinsichtlich seiner magnetischen Polarisationswerte zu verbessern. Dabei besitzen die Elektroblechsorten mit Si-Gehalten von bis zu 2,5 Masse-% Si im Hinblick auf ihr Marktpotential eine besondere Bedeutung.

Speziell Elektroblechsorten, die einen hohen Wert der magnetischen Polarisation  $J_{2500}$  bzw.  $J_{5000}$  bei gleichzeitig niedrigen Werten der Ummagnetisierungsverluste  $P_{1,5}$  bei 50 Hz, vorteilhaft  $< 4 \text{ W/kg}$ , sind von Interesse, da mit ihnen sowohl eine Reduzierung des magnetischen Erregerstroms im Falle der elektrisch erregten Maschinen als auch eine Reduzierung der Eisenverluste gegenüber herkömmlichen Elektroblechsorten mit  $P_{1,5} > 4 \text{ W/kg}$  bei 50 Hz erfolgen kann.

Eine Reduzierung der Ummagnetisierungsverluste lässt sich durch eine Erhöhung des Si-Gehaltes erreichen. So stellen sich deutliche verminderte Verluste ein, wenn die aus dem Si-Gehalt und dem Zweifachen des Al-Gehalts gebildete Summe  $\%Si + 2\%Al$  in für die Herstellung von Elektroblechen der in Rede stehenden Art verwendeten Stählen mehr als 1,4 % beträgt.

Es sind verschiedene Wege bekannt, wie derartig hohe Gehalte an Si und Al aufweisenden Elektroblechen hohe  $J_{2500}$  oder  $J_{5000}$  zu erreicht werden können. So ist in der EP 0 651 061 Al vorgeschlagen worden, zu diesem Zweck hohe Umformgrade beim Kaltwalzen zu erzielen, wobei dieses Kaltwalzen zweistufig mit Zwischenglühung durchgeführt werden kann. Ebenso ist es bekannt, dass durch ein Zwischenglühen des Warmbandes höherpermeable Elektroblechsorten erzeugt werden können (EP 0 469 980 B1, DE 40 05 807 C2). Gemäß dem aus der EP 0 431 502 A2 bekannten Verfahren wird schließlich ein nichtkornorientiertes Elektroblech hergestellt, indem ein  $\leq 0,025 \% C$ ,  $< 0,1 \% Mn$ , 0,1 bis 4,4 % Si und 0,1 bis 4,4 % Al (Angaben in Masse-%) enthaltendes Stahlvormaterial zunächst auf eine Dicke von nicht weniger als 3,5 mm warmgewalzt wird. Anschließend wird das so erhaltene Warmband ohne rekristallisierendes Zwischenglühen mit einem Verformungsgrad von mindestens 86 % kaltgewalzt und einer Glühbehandlung unterzogen. Das gemäß dem bekannten Verfahren hergestellte Band weist eine besonders hohe magnetische Polarisierung von mehr als 1,7 T bei einer Feldstärke  $J_{2500}$  von 2500 A/m und niedrige Ummagnetisierungsverluste auf.

In der Praxis zeigt sich allerdings, dass es mit den bekannten Maßnahmen jedoch nicht möglich ist, mit der für

eine großtechnische Herstellung notwendigen Sicherheit Elektrobleche mit in Summe mehr als 1,4 Masse-% betragenden Gehalten an Si und Al nichtkornorientierte Elektrobänder bzw. -bleche herzustellen, die in Längsrichtung des Bandes gemessen eine magnetische Polarisierung  $J_{2500}$  von  $\geq 1,7$  T aufweisen. (Die für  $J_{2500}$  in Querrichtung des Bandes ermittelten Werte sowie die Mischwerte von  $J_{2500}$  sind stets kleiner als die Werte von  $J_{2500}$  gemessen in Bandrichtung.)

Verbesserungen in Bezug auf höhere Werte von  $J_{2500}$  lassen sich für den Fall des Einsatzes von hochsilizierten Legierungen sehr hoher Reinheit, speziell mit sehr geringem Si- und Ti-Gehalt bei gleichzeitig sehr geringem C-Gehalt erzielen. Jedoch erfordert dieser Weg zusätzliche Aufwendungen bei der Stahlerzeugung gegenüber den in der Praxis üblicherweise eingesetzten FeSi-Stählen.

Die Aufgabe der Erfindung bestand nun darin, ausgehend von dem voranstehend erwähnten Stand der Technik hochwertige nicht kornorientierte Elektrobleche herzustellen, die sowohl als schlussgeglühte als auch als nicht schlussgeglühte Sorten ohne zusätzlichen Fertigungsaufwand so hergestellt werden können, dass sie eine gegenüber den bisher erzielbaren Werten verbesserte magnetische Polarisierung und verringerte Ummagnetisierungsverluste aufweisen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein nichtkornorientiertes Elektroband oder -blech mit Nenndicken  $\leq 0,75$  mm, hergestellt aus einem Stahl, der neben Eisen, den üblichen unvermeidbaren Gehalten an Verunreinigungen (beispielsweise S, Ti) und wahlweise vorhandenen Gehalten an Mo, Sb, Sn, Zn, W und / oder V, (in Masse-%) C:  $< 0,005$  %, Mn:  $\leq 1,0$  %, P:  $< 0,8$  %, Al:  $< 1$  %

sowie Si mit der Maßgabe  $1,4 \% < \%Si + 2 \%Al < 2,5 \%$  (mit  $\%Si = Si\text{-Gehalt}$  und  $\%Al = Al\text{-Gehalt}$ ) enthält, wobei der so zusammengesetzte Stahl bei seiner Abkühlung ausgehend von einer höchstens 1300 °C betragenden Anfangstemperatur unter im Wesentlichen vollständigem Ausschluss eines rein austenitischen Gefüges ( $\gamma$ -Phase) einen Temperaturbereich durchläuft, in welchem er ein Austenit/Ferrit-Zweiphasenmischgefüge ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -Mischphasen) aufweist, so dass das Elektroblech nach einem Warmwalzen, Beizen, Kaltwalzen und Glühen des nach dem Warmwalzen erhaltenen Warmbands eine in Längsrichtung des Bandes oder Blechs bei einer magnetischen Feldstärke von 2500 A/m gemessene magnetische Polarisation  $J_{2500} \geq 1,74$  T und einen in Längsrichtung des Bandes bei  $J = 1,5$  T und einer Frequenz  $f = 50$  Hz gemessenen Wert  $P_{1,5}(50)$  der magnetischen Verluste von  $< 4,5$  W/kg besitzt.

Die voranstehend angegebene Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zur Herstellung eines nach einem der voranstehenden Ansprüche beschaffenen nichtkornorientierten Elektrobandes oder -blechs gelöst, bei dem folgende Schritte durchlaufen werden:

- Vergießen eines Stahls, der neben Eisen, den üblichen unvermeidbaren Gehalten an Verunreinigungen (beispielsweise S, Ti) und wahlweise vorhandenen Gehalten an Mo, Sb, Sn, Zn, W und / oder V, (in Masse-%)  $C: < 0,005 \%$ ,  $Mn: \leq 1,0 \%$ ,  $P: < 0,8 \%$ ,  $Al: < 1 \%$  sowie Si mit der Maßgabe  $1,4 \% < \%Si + 2 \%Al < 2,5 \%$  (mit  $\%Si = Si\text{-Gehalt}$  und  $\%Al = Al\text{-Gehalt}$ ) enthält,, zu einem Vorprodukt, wie einer Bramme, einer Dünnbramme oder einem gegossenen Band,

- Verarbeiten des Vorprodukts zu einem Warmband in einem Warmwalzprozess bei Warmwalztemperaturen, die ausgehend von  $\leq 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  so eingestellt werden, dass unter im Wesentlichen vollständigem Ausschluss eines rein austenitischen Gefüges ( $\gamma$ -Phase) ein Temperaturbereich durchlaufen wird, in welchem der verarbeitete Stahl ein Austenit/Ferrit-Zweiphasenmischgefüge ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -Mischphasen) sowie ein Ferritgebiet aufweist,
- so dass das Elektroband oder -blech nach einer ein Beizen umfassenden Oberflächenbehandlung, einem Kaltwalzen und einem Glühen des nach dem Warmwalzprozess erhaltenen Warmbands eine in Längsrichtung des Bandes oder Blechs bei einer magnetischen Feldstärke von  $2500\text{ A/m}$  gemessene magnetische Polarisation  $J_{25} \geq 1,74\text{ T}$  und einen in Längsrichtung des Bandes bei  $J = 1,5\text{ T}$  und einer Frequenz  $f = 50\text{ Hz}$  gemessenen Wert  $P_{1,5}(50)$  der magnetischen Verluste von  $< 4,5\text{ W/kg}$  besitzt.

Überraschend hat sich gezeigt, dass sich durch die Auswahl einer geeignet zusammengesetzten Stahllegierung und die besondere Temperaturführung während der Warmprozessierung des aus dieser Stahllegierung gegossenen Vorproduktes ein Elektroblech herstellen lässt, dass gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbesserte Werte der magnetischen Verluste und der magnetischen Permeabilität besitzt. So kann bei erfindungsgemäß beschaffenen Elektroblechen eine in Längsrichtung gemessene magnetische Polarisation  $J_{2500}$  von mindestens  $1,74\text{ T}$ , im Speziellen sogar mindestens  $1,76\text{ T}$ , gewährleistet werden. Ebenso können magnetische Verluste  $P_{1,5}$  von weniger als  $4,5\text{ W/kg}$ , speziell  $4\text{ W/kg}$ , garantiert werden.

Voraussetzung ist dazu, dass der erfindungsgemäß verwendete Stahl so zusammengesetzt ist, dass er bei einer von 1300 °C ausgehenden Abkühlung zu möglichst keinem Zeitpunkt eine rein austenitische Gefügestruktur aufweist. Stattdessen ist die Zusammensetzung so zu wählen, dass bei der Abkühlung notwendig ein Temperaturgebiet durchlaufen wird, innerhalb dessen das Stahlgefüge aus einer Mischung von  $\gamma$ - und  $\alpha$ -Phasen besteht. Als im Sinne der Erfindung noch tolerierbare Abweichung von dieser Vorschrift wird es dabei angesehen, wenn reines Austenitgefüge über eine Temperaturspanne von maximal 50 °C auftritt. Dies bedeutet, dass für den Fall, dass sich reines Austenitgefüge bildet, spätestens nach einer Temperaturabnahme um weitere 50 °C wieder Zweiphasenmischgefüge vorliegen muss.

Es konnte nachgewiesen werden, dass bei einer 50 °C über den Temperaturtoleranzbereich hinausgehenden Abweichung die durch die Erfindung erzielte Steigerung der Qualität von Elektroblechen nicht erreicht werden kann. Vorzugsweise werden daher während der Herstellung erfindungsgemäßen Elektrobands die Temperaturen so geführt, dass die kritische Temperaturspanne umgangen wird. Dazu kann beispielsweise die Wiedererwärmungstemperatur der Bramme im konventionellen Warmbandherstellungsprozess bzw. die Temperatur der Dünnbramme beim Gießwalzen oder Dünnbandgießen vor dem Warmwalzen so gewählt werden, dass sie oberhalb des Zweiphasengebietes liegt. Die Warmwalzendtemperatur beträgt  $> 800$  °C.

Umfasst das Warmbandprocessing ein Haspeln, so sollte die Haspeltemperatur, mit der das Warmband nach dem Warmwalzprozess aufgehapselt wird,  $< 650$  °C betragen.



Werden bei der Herstellung erfindungsgemäßer Elektrobleche Brammen oder Dünnbrammen größerer Dicke verarbeitet, so umfasst der Warmwalzprozess üblicherweise ein in einer mehrere Walzgerüste umfassenden Warmwalzstaffel erfolgreiches Finalwalzen (Fertigwarmwalzen). Um qualitativ besonders hochwertige Elektrobleche zu erzeugen, sollte der im Zuge des Finalwalzens erzielte Gesamtumformgrad  $> 75\%$  sein. Elektrobleche, die Werte der magnetischen Polarisierung  $J_{2500}$  von mehr als 1,74 T bei besonders geringen Verlusten  $P_{1,5}$  von deutlich weniger als 4 W/kg aufweisen, lassen sich dabei dadurch erzeugen, dass der im Zuge des Finalwalzens im Zweiphasenmischgebiet erzielte Umformgrad mindestens 35 % beträgt.

Ebenso lassen sich Elektrobleche mit erfindungsgemäß guten Eigenschaften herstellen, wenn das jeweils warmgewalzte Vorprodukt vor seinem Eintritt in die Warmwalzstaffel unter Durchlauf des Zweiphasenmischgebiets soweit abgekühlt ist, dass das Finalwalzen beim Warmwalzen im wesentlichen bei ferritischem Gefüge des verarbeiteten Stahls stattfindet.

Vorzugsweise wird dann, wenn das Finalwalzen beim Warmwalzen bei sich im ferritischen Zustand befindenden Stahl durchgeführt wird, mindestens bei einem der letzten Umformstiche mit Schmierung warmgewalzt. Durch das Warmwalzen mit Schmierung treten einerseits geringere Scherverformungen auf, so dass das gewalzte Band im Ergebnis eine homogenere Struktur über den Querschnitt erhält. Andererseits werden durch die Schmierung die Walzkräfte vermindert, so dass über dem jeweiligen Walzstich eine höhere Dickenabnahme möglich ist. Daher kann es vorteilhaft sein, wenn sämtliche im Ferritgebiet erfolgende Umformstiche mit einer Walzschmierung durchgeführt werden.

Verbesserte Oberflächeneigenschaften erfindungsgemäßer Elektrobleche lassen sich dadurch erzielen, dass das Warmband im Zuge seiner Oberflächenbehandlung vor dem Beizen mechanisch entzundert wird.

Das Schlussglühen des aus dem Warmband fertig kaltgewalzten Elektroband kann grundsätzlich im Durchlauf oder im Haubenofen erfolgen (schlussgeglühtes Elektroband). Alternativ kann das geglühte Band nach der im Durchlauf oder im Haubenofen durchgeführten Glühung mit einem Umformgrad  $< 12\%$  nachverformt und danach einer Referenzglühung bei Temperaturen oberhalb  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  unterzogen werden, so dass dann ein nicht schlussgeglühtes Elektroband erhalten wird.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Das beigefügte Diagramm zeigt das Phasendiagramm einer binären FeSi-Legierung. Analoge Diagramme gelten für technische Legierungen, wobei sich die jeweiligen "Temperaturen" gegenüber denen bei der dargestellten binären Legierung ändern.

In dem Diagramm sind die Gebiete, in denen eine rein ferritische ( $\alpha$ ), eine rein austenitische ( $\gamma$ ) bzw. eine aus Ferrit und Austenit gebildete Zweiphasenmischstruktur ( $\gamma+\alpha$ ) vorliegt, in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur und der aus dem jeweiligen Si-Gehalt und dem Doppelten des Al-Gehalts des jeweils verarbeiteten Stahls gebildeten Summe "%Si + 2%Al" aufgetragen. Zusätzlich ist durch die parallel zur Achse der Temperaturen verlaufenden Linien  $L_U$ ,  $L_O$  der Bereich eingegrenzt, innerhalb dessen erfindungsgemäß ausgewählte Legierungen liegen.

Es zeigt sich, dass die die untere Grenze der Summe "%Si + 2%Al" der Si- und Al-Gehalte erfindungsgemäß verarbeiteter Legierungen markierende Linie  $L_U$  über eine Temperaturspanne  $T_s$  den sich zu geringeren Beträgen der Summe "%Si + 2%Al" erweiternden Austenitphasen-Bereich  $\gamma$  schneidet, in dem es zur Bildung von reinem Austenit kommt. Die Temperaturdifferenz, die zwischen dem oberen Schnittpunkt  $T_{so}$  und dem unteren Schnittpunkt  $T_{su}$  der Linie  $L_U$  mit dem Austenitphasen-Bereich  $\gamma$  liegt, beträgt weniger als 50 °C. Der von dem Austenitphasen-Bereich  $\gamma$  von der Linie  $L_U$  in Richtung der Linie  $L_0$  abgeschnittene Abschnitt  $A_T$  stellt somit den vom Zweiphasenmisch-Bereich ( $\gamma+\alpha$ ) umschlossenen Toleranzbereich dar, innerhalb dessen es bei der Ausführung der Erfindung zur Bildung von reinem Austenit kommen darf.

Die die obere Grenze der Summe "%Si + 2%Al" der Si- und Al-Gehalte erfindungsgemäß verarbeiteter Legierungen markierende Linie  $L_0$  berührt dagegen gerade noch die Grenze des Zweiphasenmisch-Bereichs ( $\gamma+\alpha$ ), innerhalb dessen Zweiphasenmischgefüge entsteht. Somit durchläuft jede erfindungsgemäße Legierung, die eine zwischen den Linien  $L_U$  und  $L_0$  liegenden Wert ihrer Summe "%Si + 2%Al" aufweist, bei einer Abkühlung von einer unterhalb 1300 °C liegenden Anfangstemperatur den Zweiphasenmisch-Bereich ( $\gamma+\alpha$ ).

Zum Nachweis der Wirkung der Erfindung sind zwei Stähle S1 und S2 erschmolzen worden, deren Zusammensetzungen in Tabelle 1 angegeben sind (Angaben in Masse-%, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen).

	C	Si	Mn	Al	N	%Si + 2%Al
S1	0,0019	1,59	0,23	0,126	0,0014	1,842
S2	0,0034	1,67	0,27	0,06	0,002	1,79

	Cu	Sn	P	S	Ti
S1	0,008	<0,002	0,053	0,003	0,0019
S2	-	-	0,048	0,003	0,0012

Tabelle 1

Die Legierung des Stahls S1 ist dabei so gewählt, dass das Gefüge des Stahls S1 bei dessen von 1300 °C ausgehenden Abkühlung zu keinem Zeitpunkt aus reinem Austenit  $\gamma$  besteht. Beim Stahl S2 entsteht dagegen im Zuge seiner Abkühlung aus dem zuvor zweiphasigen Mischgefüge  $\gamma + \alpha$  für eine weniger als 50 °C betragende Temperaturspanne  $T_s$  kurzzeitig rein austenitisches Gefüge, welches sich bei der weiteren Temperaturabnahme unmittelbar anschließend wieder in Zweiphasenmischgefüge  $\gamma + \alpha$  wandelt.

Die Stähle S1 und S2 sind jeweils zu Brammen vergossen worden, welche anschließend auf eine unterhalb 1300 °C jedoch oberhalb der den Übergang zum Zweiphasenmisch-Bereich ( $\gamma + \alpha$ ) markierenden Grenztemperatur zum Übergang liegende Temperatur wiedererwärmt worden sind. Bei dieser Wiedererwärmungstemperatur besaßen die Brammen jeweils eine rein ferritische Gefügestruktur.

Anschließend sind die Brammen vorgewalzt worden und in Rahmen von vier unterschiedlichen Versuchen 1 bis 4 mit einer Warmwalzanfangstemperatur in eine sieben Walzgerüste umfassende Warmwalzstaffel eingelaufen, in der sie zu jeweils einem Warmband fertig gewalzt worden sind.

Beim Versuch 1 lag die Warmwalzanfangstemperatur von vier aus dem Stahl S1 gegossenen Brammen B1.1, B2.1, B3.1, B4.1 beim Eintritt in die Warmwalzstaffel so hoch, dass der Stahl ein aus Austenit und Ferrit gebildetes

Zweiphasenmischgefüge aufwies. In der Warmwalzstaffel sind

die Brammen B1.1 bis B1.4 dementsprechend zunächst im Zweiphasenmischgebiet gewalzt worden. Der während des Walzens im Zweiphasenmischgebiet erzielte Umformgrad betrug 40 % und der Umformgrad im Ferritgebiet 66 %.

An das Walzen im Zweiphasenmischgebiet schloss sich ein Walzen bei ferritischem Gefüge des verarbeiteten Stahls an. Im Zuge dieses Walzens im Ferritgebiet wurde ein Umformgrad von 66 % erreicht. Die aus den Brammen B1.1 bis B1.4 fertig warmgewalzten Warmbänder verließen die Warmwalzstaffel mit einer Warmwalzendtemperatur ET und wurden bei einer Haspeltemperatur HT gehaspelt.

In Tabelle 2 sind für die Brammen B1.1 bis B4.1 bzw. die daraus erzeugten Warmbänder die jeweilige Warmwalzendtemperatur ET in °C, die Haspeltemperatur HT in °C und die Haspel-Haltezeit tH in min sowie die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg,  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  jeweils in T angegeben. Darüber hinaus sind in Tabelle 2 für die Brammen B1.1 bis B4.1 die beim Walzen im Mischgebiet erzielten Umformgrade  $U_{\gamma/\alpha}$  und die beim Walzen im Ferritgebiet erzielten Umformgrade  $U_{\alpha}$  verzeichnet.

	ET	HT	tH	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$	$U_{\gamma/\alpha}$	$U_{\alpha}$
B1.1	850	600	5	3,906	1,746	1,820	40 %	66 %
B2.1	850	600	15	3,865	1,753	1,827	40 %	66 %
B3.1	850	750	5	3,885	1,752	1,825	40 %	66 %
B4.1	850	750	15	3,598	1,742	1,813	40 %	66 %

Tabelle 2, Versuch 1

Beim Versuch 2 lag die Warmwalzanfangstemperatur so niedrig, dass die fünf wiederum aus dem Stahl S1 gegossenen Brammen B1.2 bis B5.2 eine rein ferritische Gefügestruktur

besaßen, nachdem ihr Gefüge im Zuge ihrer Abkühlung zuvor den Zweiphasenmisch-Bereich ( $\gamma+\alpha$ ) durchlaufen hatte.

Demzufolge ist das Warmwalzen in der Warmwalzstaffel ausschließlich im Ferrit durchgeführt worden. Es wurde ein Gesamtumformgrad  $U_g \alpha$  von 80 % erreicht. Dabei ist während des zweiten und dritten Sticks mit Schmierung der Bandoberfläche gearbeitet worden.

In Tabelle 3 sind für die Brammen B1.2 bis B5.2 bzw. die daraus erzeugten Warmbänder jeweils die jeweils eingehaltenen Warmwalzendtemperatur ET in °C, die Haspeltemperatur HT in °C und die Haspel-Haltezeit tH in min sowie die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg,  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  in jeweils T angegeben.

	ET	HT	tH	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$	$U_g \alpha$
B1.2	850	600	5	3,532	1,776	1,825	80 %
B2.2	850	600	15	3,665	1,762	1,831	80 %
B3.2	850	750	5	3,508	1,743	1,813	80 %
B4.2	850	750	15	3,885	1,758	1,827	80 %
B5.2	850	800	5	3,783	1,770	1,839	80 %

Tabelle 3, Versuch 2

Wie beim Versuch 1 lag die Warmwalzanfangstemperatur beim Versuch 3 so hoch, dass die aus dem Stahl S2 gegossenen Brammen B1.3, B2.3, B3.3, B4.3 beim Eintritt in die Warmwalzstaffel ein aus Austenit und Ferrit gebildetes Zweiphasenmischgefüge aufwiesen. In der Warmwalzstaffel sind die Brammen B1.3 bis B4.3 daher zunächst im Zweiphasenmischgebiet gewalzt worden. Der während dieses Walzens erzielte Umformgrad  $U_g \gamma/\alpha$  betrug 70 %. An das Walzen im Zweiphasenmischgebiet schloss sich ein Walzen bei ferritischem Gefüge des verarbeiteten Stahls an. Im Zuge dieses Ferrit-Walzens wurde ein Umformgrad  $U_g \alpha$  von 33 % erreicht.

In Tabelle 4 sind für die Brammen B1.3 bis B4.3 bzw. die daraus erzeugten Warmbänder die jeweilige Warmwalzendtemperatur ET in °C, die Haspeltemperatur HT in °C und die Haspel-Haltezeit tH in min sowie die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg,  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  in jeweils T angegeben.

	ET	HT	tH	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$	Ug $\gamma/\alpha$	Ug $\alpha$
B1.3	900	600	5	3,715	1,757	1,829	70 %	33 %
B2.3	900	600	15	4,186	1,778	1,848	70 %	33 %
B3.3	900	750	5	4,408	1,776	1,846	70 %	33 %
B4.3	900	750	15	4,344	1,781	1,851	70 %	33 %

Tabelle 4, Versuch 3

Auch beim Versuch 4 wurde die Warmwalzanfangstemperatur so gewählt, dass die drei aus dem Stahl S2 gegossenen Brammen B1.4, B2.4, B3.4 beim Eintritt in die Warmwalzstaffel ein aus Austenit und Ferrit gebildetes Zweiphasenmischgefüge aufwiesen. In der Warmwalzstaffel sind die Brammen B1.4 bis B3.4 daher zunächst ebenfalls im Zweiphasenmischgebiet gewalzt worden. Im Gegensatz zum Versuch 3 wurde dabei jedoch ein relativ niedriger Umformgrad Ug  $\gamma/\alpha$  von 40 % eingehalten.

An das Walzen im Zweiphasenmischgebiet schloss sich ein Walzen bei ferritischem Gefüge des verarbeiteten Stahls an. Im Zuge dieses Ferrit-Walzens wurde ein Umformgrad Ug  $\alpha$  von 66 % erreicht. Dabei erfolgten der zweite und der dritte Stich unter Schmierung der Bandoberfläche. Die fertig warmgewalzten Warmbänder verließen die Warmwalzstaffel mit einer Warmwalzendtemperatur ET und wurden bei einer Haspeltemperatur HT gehaspelt.

In Tabelle 5 sind für die Brammen B1.4 bis B3.4 bzw. die daraus erzeugten Warmbänder die jeweilige

Warmwalzendtemperatur ET in °C, die Haspeltemperatur HT in °C und die Haspel-Haltezeit tH in min sowie die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg,  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  in T angegeben.

	ET	HT	tH	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$	Ug $\gamma/\alpha$	Ug $\alpha$
B1.3	850	600	5	3,532	1,776	1,845	40 %	66 %
B2.3	850	600	15	3,665	1,762	1,831	40 %	66 %
B3.3	850	800	5	3,783	1,770	1,839	40 %	66 %

Tabelle 5, Versuch 4

In Tabelle 6 sind zum Vergleich die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg sowie  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  jeweils in T für zwei konventionell erzeugte, unter der Handelsbezeichnung M 800-50 A bzw. 530-50 AP von der Anmelderin angebotene Elektrobleche angegeben, deren Legierung mit einem Si-Gehalt von 1,3 Gew.-% so beschaffen ist, dass sie im Zuge seiner Erzeugung einen ausgeprägten Austenitbereich aufweist. Das Elektroblech M 800-50 A hat dabei eine Standardfertigung durchlaufen, während das Elektroblech 530-50 AP zusätzlich zu den Arbeitsschritten der Standardfertigung einer Warmbandhaubenglühung unterzogen worden ist.

	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$
M 800-50 A	5,772	1,654	1,737
530-50 AP	4,150	1,692	1,772

Tabelle 6, Vergleichsbeispiel

In Tabelle 7 sind ebenfalls zum Vergleich die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg sowie  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  für ein Elektroblech V.1 angegeben, das nach dem in der DE 199 30 519 A1 beschriebenen Verfahren erzeugt worden ist. Die Besonderheit dieses Verfahrens besteht darin, dass das



Warmwalzen mindestens teilweise im Zweiphasenmischgebiet durchgeführt wird und dabei eine Gesamtformänderung  $\epsilon_h$  von mindestens 35 % erreicht wird.

Zusätzlich sind in Tabelle 7 die magnetischen Eigenschaften  $P_{1,5}$  in W/kg sowie  $J_{2500}$  und  $J_{5000}$  für ein Elektroblech V.2 angegeben, das nach dem in der DE 199 30 518 A1 beschriebenen Verfahren erzeugt worden ist. Die Besonderheit dieses Verfahrens besteht darin, dass während des Warmwalzens mindestens der erste Umformstich im Austenitgebiet gewalzt wird und anschließend mit einer Gesamtformänderung  $\epsilon_h$  von mindestens 45 % ein oder mehrere Umformstiche im Ferritgebiet durchgeführt werden.

Blech	$P_{1,5}$	$J_{2500}$	$J_{5000}$
V1.1	5,304	1,689	1,765
V1.2	5,243	1,724	1,799

Tabelle 7, Vergleichsbeispiel

Es zeigt sich, dass weder die konventionell erzeugten Elektroblechgüten M 800-50 A oder 540-50 AP noch die Vergleichsbleche V1.1 und V1.2 die magnetischen Werte, die erfindungsgemäße Produkte aufweisen und die sich bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise gezielt erreichen lassen, auch dann nicht erreichen, wenn über die konventionelle Herstellweise hinausgehende Maßnahmen beim Warmwalzen ergriffen werden.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Nichtkornorientiertes Elektroband oder -blech mit Nenndicken  $\leq 0,75$  mm, hergestellt aus einem Stahl, der neben Eisen, den üblichen unvermeidbaren Gehalten an Verunreinigungen und wahlweise vorhandenen Gehalten an Mo, Sb, Sn, Zn, W und/oder V, (in Masse-%)  
C:  $< 0,005$  %,  
Mn:  $\leq 1,0$  %,  
P:  $< 0,8$  %,  
Al:  $< 1$  %  
sowie  
Si mit der Maßgabe  $1,4 \% < \%Si + 2 \%Al < 2,5$  % (mit  $\%Si = Si\text{-Gehalt}$  und  $\%Al = Al\text{-Gehalt}$ ) enthält,  
wobei der so zusammengesetzte Stahl bei seiner Abkühlung ausgehend von einer höchstens  $1300$  °C betragenden Anfangstemperatur unter im wesentlichen vollständigem Ausschluss eines rein austenitischen Gefüges ( $\gamma$ -Phase) einen Temperaturbereich durchläuft, in welchem er ein Austenit/Ferrit-Zweiphasenmischgefüge ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -Mischphasen) aufweist, so dass das Elektroblech nach einem Warmwalzen, Beizen, Kaltwalzen und Glühen des nach dem Warmwalzen erhaltenen Warmbands eine in Längsrichtung des Bandes oder Blechs bei einer magnetischen Feldstärke von  $2500$  A/m gemessene magnetische Polarisation  $J_{2500} \geq 1,74$  T und einen in Längsrichtung des Bandes bei  $J = 1,5$  T und einer Frequenz  $f = 50$  Hz gemessenen Wert  $P_{1,5}(50)$  der magnetischen Verluste von  $< 4,5$  W/kg besitzt.

2. Nichtkornorientiertes Elektroband oder -blech nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Temperaturbereich, in dem während Warmwalzens in dem Stahl ein ausschließlich austenitisches Gefüge ( $\gamma$ -Phase) auftritt, auf eine weniger als 50 °C große Temperaturspanne beschränkt ist.
3. Nichtkornorientiertes Elektroband oder -blech nach einem der voranstehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s seine in Längsrichtung gemessene magnetische Polarisation  $J_{2500} \geq 1,76$  T beträgt.
4. Verfahren zur Herstellung eines nach einem der voranstehenden Ansprüche beschaffenen nichtkornorientierten Elektrobandes oder -blechs, umfassend folgende Schritte:
  - Vergießen eines Stahls, der neben Eisen, unvermeidbaren Verunreinigungen und wahlweise vorhandenen Gehalten an Mo, Sb, Sn, Zn, W und/oder V, (in Masse-%) C: < 0,005 %, Mn:  $\leq 1,0$  %, P: < 0,8 %, Al: < 1 % sowie Si mit der Maßgabe  $1,4 \% < \%Si + 2 \%Al < 2,5$  % (mit  $\%Si$  = Si-Gehalt und  $\%Al$  = Al-Gehalt) enthält, zu einem Vorprodukt, wie einer Bramme, einer Dünnbramme oder einem gegossenen Band,
  - Verarbeiten des Vorprodukts zu einem Warmband in einem Warmwalzprozess bei Warmwalztemperaturen, die ausgehend von  $\leq 1300$  °C so eingestellt werden, dass

unter im wesentlichen vollständigem Ausschluss eines rein austenitischen Gefüges ( $\gamma$ -Phase) ein Temperaturbereich durchlaufen wird, in welchem der verarbeitete Stahl ein Austenit/Ferrit-Zweiphasenmischgefüge ( $\alpha$ -,  $\gamma$ -Mischphasen) aufweist,

- so dass das Elektroband oder -blech nach einer ein Beizen umfassenden Oberflächenbehandlung, einem Kaltwalzen und einem Glühen des nach dem Warmwalzprozess erhaltenen Warmbands eine in Längsrichtung des Bandes oder Blechs bei einer magnetischen Feldstärke von 2500 A/m gemessene magnetische Polarisation  $J_{2500} \geq 1,74$  T und einen in Längsrichtung des Bandes bei  $J = 1,5$  T und einer Frequenz  $f = 50$  Hz gemessenen Wert  $P_{1,5}(50)$  der magnetischen Verluste von  $< 4,5$  W/kg besitzt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Spanne des Temperaturbereichs, innerhalb dessen der verarbeitete Stahl ein rein austenitisches Gefüge ( $\gamma$ -Phase) besitzt, weniger als 50 °C groß ist, und d a s s die Temperaturen während des Warmwalzprozesses unter Umgehung dieser Temperaturspanne geführt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Temperatur des Vorprodukts vor dem Beginn des Warmwalzprozesses bis 1150 °C reicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die beim

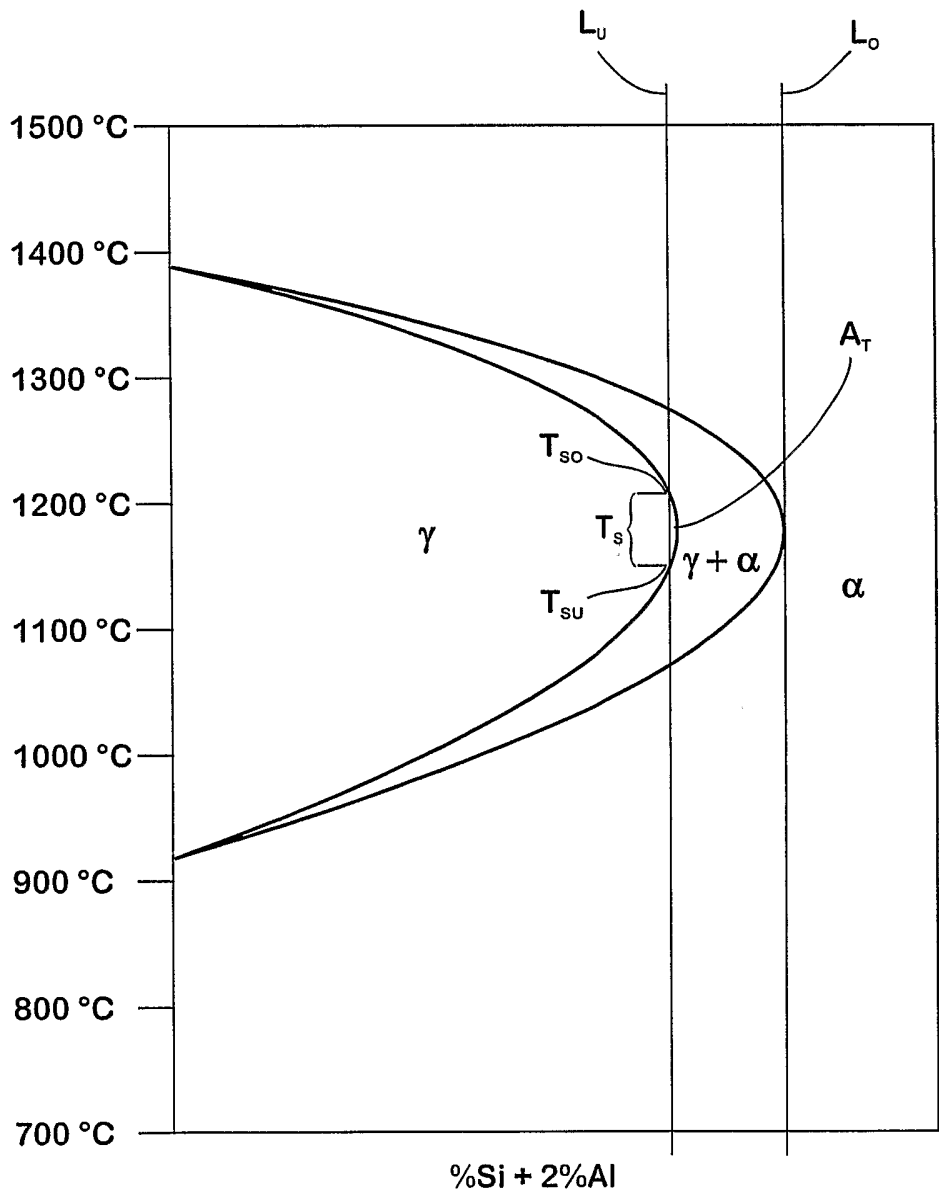
Warmwalzprozess erreichte Endwalztemperatur  $> 800\text{ }^{\circ}\text{C}$  ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Haspeltemperatur, mit der das Warmband nach dem Warmwalzprozess aufgehapselt wird,  $< 650\text{ }^{\circ}\text{C}$  beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Warmwalzprozess ein in einer mehrere Walzgerüste umfassenden Warmwalzstaffel erfolgendes Finalwalzen umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der im Zuge des Finalwalzens erzielte Gesamtumformgrad  $> 75\%$  ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der im Zuge des Finalwalzens im Zweiphasenmischgebiet erzielte Umformgrad  $< 45\%$  ist.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der im Zuge des Finalwalzens im Zweiphasenmischgebiet erzielte Umformgrad mindestens  $35\%$  beträgt.
13. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Finalwalzen

ausschließlich bei Temperaturen erfolgt, in denen der jeweils verarbeitete Stahl ausschließlich ein Ferrit-Gefüge aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 9 und einem der Ansprüche 12 oder 13, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die bei ferritischem Gefüge des verarbeiteten Stahls durchgeführten Warmwalzstiche mit Schmierung erfolgen.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s das Warmband im Zuge seiner Oberflächenbehandlung vor dem Beizen mechanisch entzundert wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s das nach dem Kaltwalzen erhaltene Kaltband einer Glühung in einem Durchlaufofen unterzogen wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s die Glühung in einer nicht entkohlenden Atmosphäre erfolgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s das nach dem Kaltwalzen erhaltene Kaltband einer Glühung in einem Haubenglühofen unterzogen wird

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s  
das geglühte Band mit einem Umformgrad  $< 12\%$   
nachverformt und danach einer Referenzglühung bei  
Temperaturen oberhalb  $700\text{ }^{\circ}\text{C}$  unterzogen wird, so dass  
ein schlussgeglühtes Elektroband erhalten wird.





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/05114

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C21D8/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2001/020497 A1 (MATSUZAKI AKIHIRO ET AL) 13 September 2001 (2001-09-13) paragraphs '0017!', '0020!', '0021!', '0031!', '0084!; examples II,7; tables 2,3 page 7, paragraph 91; examples 10B,11B; table 4 page 11, paragraph 30; examples 4,7; tables 10,11	1,2,4-7
A	---	8-19
X	EP 0 431 502 A (EBG ELEKTROMAGNET WERKSTOFFE) 12 June 1991 (1991-06-12) cited in the application	1-3
Y	page 3, line 19 - line 42  page 7; claim 1; example 4; tables 6,7 ---	4-7,9, 13,16,18
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 July 2003

Date of mailing of the international search report

06/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lilimpakis, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/05114

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 007 642 A (GALLO ERIC E) 28 December 1999 (1999-12-28) column 3, line 19 - line 35 column 3, line 50 - line 56; claim 1 ----	4-7, 9, 13, 16, 18
A	WO 99 42626 A (ESPENHAHN MANFRED ; SCHNEIDER JUERGEN (DE); HAMMER BRIGITTE (DE); K) 26 August 1999 (1999-08-26) claim 1 ----	1, 4
A	DE 100 15 691 C (THYSSEN KRUPP STAHL AG) 26 July 2001 (2001-07-26) abstract; claim 1 ----	1, 4
A	WO 01 02610 A (SCHNEIDER JUERGEN ; FISCHER OLAF (DE); HAMMER BRIGITTE (DE); KAWALL) 11 January 2001 (2001-01-11) claims 1, 5; tables 3, 4 -----	1, 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/05114

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2001020497	A1	13-09-2001	JP 11071649 A	16-03-1999
			JP 11080834 A	26-03-1999
			JP 11172382 A	29-06-1999
			EP 0897993 A2	24-02-1999
			US 6248185 B1	19-06-2001
EP 0431502	A	12-06-1991	DD 299102 A7	02-04-1992
			AT 112326 T	15-10-1994
			AU 632876 B2	14-01-1993
			AU 6784190 A	13-06-1991
			BR 9006197 A	24-09-1991
			CA 2031579 A1	07-06-1991
			DE 4038373 A1	27-06-1991
			DE 59007334 D1	03-11-1994
			EP 0431502 A2	12-06-1991
			JP 4218647 A	10-08-1992
			KR 177801 B1	18-02-1999
			US 5258080 A	02-11-1993
			ZA 9009748 A	30-10-1991
US 6007642	A	28-12-1999	NONE	
WO 9942626	A	26-08-1999	DE 19807122 A1	09-09-1999
			AT 204917 T	15-09-2001
			AU 2927699 A	06-09-1999
			BR 9908106 A	31-10-2000
			CA 2320124 A1	26-08-1999
			DE 59900223 D1	04-10-2001
			WO 9942626 A1	26-08-1999
			EP 1056890 A1	06-12-2000
			ES 2163329 T3	16-01-2002
			JP 2002504624 T	12-02-2002
			PL 342361 A1	04-06-2001
			US 6503339 B1	07-01-2003
DE 10015691	C	26-07-2001	DE 10015691 C1	26-07-2001
			AU 6012701 A	24-09-2001
			BR 0109285 A	17-12-2002
			WO 0168925 A1	20-09-2001
			EP 1263993 A1	11-12-2002
WO 0102610	A	11-01-2001	DE 19930519 C1	14-09-2000
			AT 230803 T	15-01-2003
			AU 3965500 A	22-01-2001
			BR 0012227 A	02-04-2002
			DE 50001064 D1	13-02-2003
			WO 0102610 A1	11-01-2001
			EP 1192287 A1	03-04-2002
			JP 2003504508 T	04-02-2003
			SI 1192287 T1	30-04-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/05114

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 C21D8/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C21D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2001/020497 A1 (MATSUZAKI AKIHIRO ET AL) 13. September 2001 (2001-09-13) Absätze '0017!', '0020!', '0021!', '0031!', '0084!; Beispiele II,7; Tabellen 2,3 Seite 7, Absatz 91; Beispiele 10B,11B; Tabelle 4 Seite 11, Absatz 30; Beispiele 4,7; Tabellen 10,11	1,2,4-7
A	---	8-19
X	EP 0 431 502 A (EBG ELEKTROMAGNET WERKSTOFFE) 12. Juni 1991 (1991-06-12) in der Anmeldung erwähnt	1-3
Y	Seite 3, Zeile 19 - Zeile 42  Seite 7; Anspruch 1; Beispiel 4; Tabellen 6,7  ---	4-7,9, 13,16,18
	---	
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

<sup>a</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. Juli 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/08/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lilimpakis, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/05114

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 007 642 A (GALLO ERIC E) 28. Dezember 1999 (1999-12-28) Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 35 Spalte 3, Zeile 50 - Zeile 56; Anspruch 1 ----	4-7,9, 13,16,18
A	WO 99 42626 A (ESPENHAHN MANFRED ;SCHNEIDER JUERGEN (DE); HAMMER BRIGITTE (DE); K) 26. August 1999 (1999-08-26) Anspruch 1 ----	1,4
A	DE 100 15 691 C (THYSSEN KRUPP STAHL AG) 26. Juli 2001 (2001-07-26) Zusammenfassung; Anspruch 1 ----	1,4
A	WO 01 02610 A (SCHNEIDER JUERGEN ;FISCHER OLAF (DE); HAMMER BRIGITTE (DE); KAWALL) 11. Januar 2001 (2001-01-11) Ansprüche 1,5; Tabellen 3,4 -----	1,4

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/05114

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2001020497 A1	13-09-2001	JP 11071649 A	16-03-1999
		JP 11080834 A	26-03-1999
		JP 11172382 A	29-06-1999
		EP 0897993 A2	24-02-1999
		US 6248185 B1	19-06-2001
EP 0431502 A	12-06-1991	DD 299102 A7	02-04-1992
		AT 112326 T	15-10-1994
		AU 632876 B2	14-01-1993
		AU 6784190 A	13-06-1991
		BR 9006197 A	24-09-1991
		CA 2031579 A1	07-06-1991
		DE 4038373 A1	27-06-1991
		DE 59007334 D1	03-11-1994
		EP 0431502 A2	12-06-1991
		JP 4218647 A	10-08-1992
		KR 177801 B1	18-02-1999
		US 5258080 A	02-11-1993
		ZA 9009748 A	30-10-1991
US 6007642 A	28-12-1999	KEINE	
WO 9942626 A	26-08-1999	DE 19807122 A1	09-09-1999
		AT 204917 T	15-09-2001
		AU 2927699 A	06-09-1999
		BR 9908106 A	31-10-2000
		CA 2320124 A1	26-08-1999
		DE 59900223 D1	04-10-2001
		WO 9942626 A1	26-08-1999
		EP 1056890 A1	06-12-2000
		ES 2163329 T3	16-01-2002
		JP 2002504624 T	12-02-2002
		PL 342361 A1	04-06-2001
		US 6503339 B1	07-01-2003
DE 10015691 C	26-07-2001	DE 10015691 C1	26-07-2001
		AU 6012701 A	24-09-2001
		BR 0109285 A	17-12-2002
		WO 0168925 A1	20-09-2001
		EP 1263993 A1	11-12-2002
WO 0102610 A	11-01-2001	DE 19930519 C1	14-09-2000
		AT 230803 T	15-01-2003
		AU 3965500 A	22-01-2001
		BR 0012227 A	02-04-2002
		DE 50001064 D1	13-02-2003
		WO 0102610 A1	11-01-2001
		EP 1192287 A1	03-04-2002
		JP 2003504508 T	04-02-2003
		SI 1192287 T1	30-04-2003