



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 263 993 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.08.2005 Patentblatt 2005/35

(21) Anmeldenummer: **01933708.8**

(22) Anmeldetag: **15.03.2001**

(51) Int Cl.7: **C21D 8/12**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/002974

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/068925 (20.09.2001 Gazette 2001/38)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON NICHTKORNORIENTIERTEM ELEKTROBLECH**
METHOD FOR PRODUCING NON GRAIN-ORIENTED ELECTRIC SHEETS
PROCEDE DE FABRICATION DE TOLE ELECTRIQUE A GRAINS NON ORIENTES

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

(30) Priorität: **16.03.2000 DE 10012838**
29.03.2000 DE 10015691

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.12.2002 Patentblatt 2002/50

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

(72) Erfinder:
• **FRIEDRICH, Karl, Ernst**
47447 Moers (DE)
• **HAMMER, Brigitte**
46562 Voerde (DE)
• **KAWALLA, Rudolf**
09627 Niederbobritzsch (DE)

- **FISCHER, Olaf**
44879 Bochum (DE)
- **SCHNEIDER, Jürgen**
44807 Bochum (DE)
- **WUPPERMANN, Carl-Dieter**
47803 Krefeld (DE)

(74) Vertreter: **Simons, Johannes**
COHAUSZ & FLORACK
Patent- und Rechtsanwälte
Bleichstrasse 14
40211 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 263 413 **EP-A- 0 779 369**
BE-A- 659 612 **DE-A- 19 807 122**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no.**
591 (C-1272), 11. November 1994 (1994-11-11) &
JP 06 220537 A (KAWASAKI STEEL CORP), 9.
August 1994 (1994-08-09)

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

EP 1 263 993 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von nichtkornorientiertem Elektroblech. 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.

[0002] Nichtkornorientierte Elektrobleche im Dickenbereich von 0,65 bis 1 mm finden beispielsweise Verwendung bei der Herstellung von Motoren, die jeweils nur für kurze Betriebszeiten eingeschaltet werden. Typischerweise werden solche Motoren im Bereich der Haushaltstechnik oder als Hilfsantriebe in Kraftfahrzeugen eingesetzt. Derartige Motoren sollen eine hohe Leistung liefern, wogegen der Energieverbrauch eine nur untergeordnete Rolle spielt.

[0003] Ein erstes Verfahren zum Herstellen von nichtkornorientiertem warmgewalzten Elektroblech ist aus der DE 198 07 122 A1 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren wird ein (in Masse-%) 0,001 bis 0,1 % C, 0,05 bis 3,0 % Si, bis 0,85 % Al, wobei $\%Si + 2Al \leq 3,0 \%$, und 0,5 - 2,0 % Mn sowie als Rest Eisen und übliche Verunreinigungen enthaltendes Vormaterial direkt aus der Gießhitze oder nach einem Wiedererwärmen auf eine mindestens 900 °C betragende Temperatur warmgewalzt. Im Zuge des Warmwalzens werden dabei gezielt zwei oder mehr Umformstiche im Zweiphasengebiet Austenit/Ferrit durchgeführt. Auf diese Weise läßt sich bei Einsparung von Zeit und Energie ein erforderlichenfalls kaltgewalztes und schlußbehandeltes Elektroblech erzeugen, welches gegenüber herkömmlichen Blechen dieser Art verbesserte magnetische Eigenschaften besitzt.

[0004] Bei der herkömmlichen Herstellung von nichtkornorientiertem Elektroblech, wie sie beispielsweise in der EP 0 897 993 A1 beschrieben ist, wird üblicherweise eine aus einem Stahl bestimmter Zusammensetzung gegossene Bramme oder Dünnbramme zu einem Vorband vorgewalzt. Dieses Vorband wird anschließend in mehreren Stichen warmgewalzt. Sofern erforderlich, wird das warmgewalzte Band geglüht. Anschließend wird es gehaspelt. Nach dem Haspeln erfolgt in der Regel ein Beizen und weiteres Glühen des Warmbandes, welches schließlich in einem Schritt oder in mehreren Schritten mit zwischengeschaltetem Glühen auf Enddicke kaltgewalzt wird. Erforderlichenfalls wird ein ergänzendes Dressierwalzen durchgeführt. Sofern der Endverarbeiter dies fordert, wird das kaltgewalzte Band schließlich auch noch schlußgeglüht.

[0005] Anstelle des Vorwalzens eines Vorbandes aus einer gegossenen Bramme können auch Dünnbrammen oder direkt eingesetzte, gegossene Vorbänder zum Erzeugen von Elektroblechen verwendet werden. Bei der Verwendung von gegossenen Vorbändern besteht zudem die Möglichkeit, extrem dünne Bänder zu gießen, deren Abmessungen den Abmessungen des zu erzeugenden Warmbandes angenähert sind. Indem das Gießen eines solchen Vorbands und das Warmwalzen dieses Bandes in einen kontinuierlichen Prozeß integriert werden, können technologische und kostenmäßige Vorteile erzielt werden.

[0006] Die magnetischen Eigenschaften des Endprodukts werden durch jeden der einzelnen bei der Herstellung durchlaufenen Verarbeitungsschritte beeinflusst. Daher werden beispielsweise beim Warmwalzen die Stichfolge und der Zustand des bei jedem Walzstich im Warmband vorhandenen Gefüges in Abhängigkeit vom durch die Stahlzusammensetzung bestimmten Umwandlungsverhalten des Stahls über die Temperatur beim Beginn des Walzens und die zwischen den einzelnen Walzstichen durchgeführte Kühlung so eingestellt, daß die gewünschten magnetischen Eigenschaften des Endproduktes erreicht werden. Ebenso werden die Eigenschaften des Endprodukts durch die Glühtemperaturen, die Haspeltemperatur und die Verformungen im Zuge des Kaltwalzens bestimmt.

[0007] Die große Anzahl von Fertigungsschritten macht die Produktion von Elektroblechen technisch aufwendig und teuer. Dies erweist sich insbesondere bei größeren Blechdicken als nachteilig.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem sich insbesondere dickere nichtkornorientierte Elektrobleche kostengünstig herstellen lassen, die gute magnetische Eigenschaften besitzen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Herstellen von nichtkornorientiertem warmgewalzten Elektroblech gelöst, bei dem aus einem Vormaterial, wie gegossenen Brammen, Bändern, Vorbändern oder Dünnbrammen, das aus einem Stahl mit (in Gewichts-%)

C: 0,0001 - 0,05 %,

Si: $\leq 1,5 \%$,

Al: $\leq 0,5 \%$, wobei $[\%Si] + 2[\%Al] \leq 1,8$,

Mn: 0,1 - 1,2 %,

wahlweise bis insgesamt 1,5 % an Legierungszusätzen von P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb und / oder B Rest Eisen sowie übliche Verunreinigungen,

hergestellt ist, in einer Fertigwalzstaffel bei oberhalb der A_1 -Temperatur liegenden Temperaturen ein Warmband mit einer Dicke $\leq 1,5$ mm gewalzt wird, wobei mindestens der letzte Umformstich des Warmwalzens im Mischgebiet Austenit / Ferrit durchgeführt wird und die gesamte im Zuge des Walzens im Mischgebiet Austenit / Ferrit erreichte Formänderung $\epsilon_H < 35 \%$ ist.

[0010] Erfindungsgemäß wird ein aus einem austenitbildenden Stahl gegossenes Band aus der Gießhitze direkt eingesetzt zu einem Warmband gewalzt. Dabei sind die Walzbedingungen während des Warmwalzens so gewählt, daß die vollständige Ferritumwandlung bis zum Ende des Walzens nicht abgeschlossen ist. Statt dessen wird mindestens der letzte Stich im Mischgebiet Austenit / Ferrit durchgeführt, während alle anderen Stiche im Austenit gewalzt werden.

[0011] Indem das Erzeugen des Vormaterials und das Warmwalzen des Elektroblechs in einem erfindungsgemäßen Prozeß durchgeführt werden, können nichtkornorientierte Elektroblechbänder erzeugt werden, deren Dicke so gering ist, daß sie, ohne noch einmal zur Dickenreduzierung kaltgewalzt zu werden, dem Endverwender ausgeliefert werden können. Besonders gute Ergebnisse lassen sich mit einem erfindungsgemäßen Verfahren erreichen, wenn das Vormaterial als gegossene Dünnbramme oder gegossenes Band erzeugt wird und das Warmwalzen kontinuierlich auf die Erzeugung des Vormaterials folgt. So weisen Warmbänder, die in erfindungsgemäßer Weise aus einem auf einer Gießwalzanlage erzeugten und kontinuierlich weiterverarbeiteten Vormaterial hergestellt sind, hervorragende Eigenschaften auf.

[0012] Es hat sich gezeigt, daß sich bei Beachtung der erfindungsgemäß vorgesehenen Betriebsbedingungen warmgewalzte nichtkornorientierte Elektrobleche herstellen lassen, die in ihren Eigenschaften denjenigen Elektroblechen mindestens ebenbürtig sind, die in herkömmlicher Weise im Anschluß an die Warmbanderzeugung kaltgewalzt worden sind. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es folglich, unter Einsparung kostenträchtiger und zeitaufwendiger Arbeitsschritte, die im Stand der Technik stets für erforderlich gehalten worden sind, hochwertige Elektrobleche mit guten magnetischen Eigenschaften kostengünstig herzustellen.

[0013] Üblicherweise wird das fertig warmgewalzte und erforderlichenfalls abgekühlte Warmband gehaspelt. Dabei beträgt die Haspeltemperatur vorzugsweise mindestens 700 °C. Erfahrungsgemäß kann bei Einhaltung dieser Haspeltemperatur eine Warmbandglühung ganz oder zumindest zum wesentlichen Teil eingespart werden. Das Warmband wird nämlich schon im Coil entfestigt, wobei die seine Eigenschaften bestimmenden Merkmale, wie Korngröße, Textur und Ausscheidungen, positiv beeinflusst werden. Besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn das Band unter Nutzung der Coilhitze einer passiven Glühung unterzogen wird. Eine solche aus der Coilhitze "in-line" ausgeführten Glühung des bei hoher Temperatur aufgehaspelten, im Coil nicht wesentlich abgekühlten Warmbandes kann eine andernfalls unter Umständen erforderliche Warmbandhaubenglühung vollständig ersetzen. So lassen sich geglühte Warmbänder mit besonders guten magnetischen und technologischen Eigenschaften herstellen. Der dazu erforderliche Zeit- und Energieaufwand ist erheblich geringer als bei der herkömmlicherweise zur Verbesserung der Eigenschaften von Elektroblech durchgeführten Warmbandglühung.

[0014] Alternativ oder ergänzend zur "passiven" Glühung im Coil kann, sofern die einzustellenden Eigenschaften dies erforderlich machen, das Band im Anschluß an das Haspeln einer Glühung unterzogen werden. Unabhängig davon, in welcher Form die Warmbandglühung durchgeführt wird, kann es vorteilhaft sein, die Glühung in herkömmlicher Weise unter einer sauerstoffreduzierten Atmosphäre durchzuführen.

[0015] Gemäß einer anderen, insbesondere für die Verarbeitung eines Stahls mit einem Si-Gehalt von mindestens 0,7 Gew.-% besonders geeigneten Ausgestaltung der Erfindung wird das Warmband nach dem Walzen in der Fertigstaffel bei einer Haspeltemperatur von weniger als 600 °C, insbesondere weniger als 550 °C, gehaspelt. Das Haspeln bei diesen Temperaturen führt bei den betreffenden Legierungen zu einem verfestigten Warmbandzustand. Dabei können weitere Verbesserungen der Eigenschaften derart gehaspelter und legierter Elektrobleche dadurch erreicht werden, daß das gehaspelte Warmband unmittelbar anschließend an das Haspeln im Coil beschleunigt abgekühlt wird.

[0016] Praktische Versuche haben ergeben, daß sich Elektroblech-Warmband mit besonders guten Eigenschaften erzeugen läßt, wenn der Schwerpunkt der Verformung während des Warmwalzens deutlich im Austenitgebiet liegt. Daher ist eine weitere Ausgestaltung der Erfindung, die diesem Ergebnis Rechnung trägt, dadurch gekennzeichnet, daß die im Zuge des Walzens im Mischgebiet Austenit / Ferrit erreichte Formänderung ϵ_h auf 10 % - 15 % beschränkt ist.

[0017] Unabhängig davon, wie stark das Warmband im Mischgebiet γ/α verformt wird, kann durch eine geeignete Wahl des Verhältnisses von Umformgrad und Umformgeschwindigkeit, d.h. Ausnutzung der bei der Umformung entstehenden Wärme, eine optimale Temperaturführung im Sinne der Vermeidung einer Abkühlung des Walzgutes und damit eine vollständige Umwandlung in Ferrit vermieden werden.

[0018] Unter der "Gesamtformänderung ϵ_h " wird in diesem Zusammenhang das Verhältnis der Dickenabnahme während des Walzens im jeweiligen Phasengebiet zur Dicke des Bandes beim Eintritt in das betreffende Phasengebiet verstanden. Dieser Definition entsprechend weist ein gemäß der Erfindung hergestelltes Warmband beispielsweise nach dem Walzen im Austenitgebiet eine Dicke h_0 auf. Im Zuge des darauffolgenden Walzens im Zweiphasenmischgebiet wird die Dicke des Warmbands auf h_1 reduziert. Definitionsgemäß ergibt sich damit die beispielsweise während des Mischwalzens erreichte Gesamtformänderung ϵ_h zu $(h_0 - h_1) / h_0$ mit h_0 = Dicke beim Eintritt in das erste im Mischzustand Austenit / Ferrit durchlaufene Walzgerüst und h_1 = Dicke beim Verlassen des letzten im Mischzustand durchlaufenen Walzgerüsts.

[0019] Zur Verbesserung der Beschaffenheit der Bandoberfläche und der weiteren Verarbeitbarkeit ist es günstig, wenn das Warmband nach dem Haspeln gebeizt wird.

[0020] Fordert der Endverwender ein schlußgeglühtes Elektrolech, so ist es zweckmäßig, das Warmband nach dem Beizen bei einer Glüh­temperatur von mindestens 740 °C zu einem schlußgeglühten Elektrob­and zu glühen. Wird dagegen das abschließende Glühen nach dem Beizen bei einer niedrigeren Glüh­temperatur von mindestens 650 °C durchgeführt, so wird ein nichtschlußgeglühtes Elektrob­and erhalten, welches erforderlichenfalls einer Schlußglühung beim Endverwender unterzogen werden kann. Beide Glüh­behandlungen können, abhängig von den Eigenarten der jeweiligen Legierung, den gewünschten Eigenschaften des Elektrolechs und den zur Verfügung stehenden Ein­richtungen, entweder im Haubenofen oder im Durchlauf­ofen durchgeführt werden.

[0021] Eine weitere Verbesserung der Verarbeitbarkeit des erfindungsgemäß erzeugten und ausgelieferten Elektrowarmbandes läßt sich dadurch erreichen, daß das gebeizte Warmband bei einem Umformgrad von bis zu 3 % glattgewalzt wird. Bei diesem Walzen werden Unebenheiten der Bandoberfläche geglättet, ohne daß es zu einer nennenswerten Beeinflussung des im Zuge des Warmwalzens erzeugten Gefügestands kommt.

[0022] Alternativ oder ergänzend zu einem reinen Glättstich der voranstehend erläuterten Art kann die Maßhaltigkeit und Oberflächenbeschaffenheit des erfindungsgemäß erzeugten, warmgewalzten Bandes dadurch noch verbessert werden, daß das gebeizte Warmband bei einem Umformgrad von mehr als 3 % bis 15 % dressiergewalzt wird. Auch dieses Nachwalzen führt zu keinen Gefügeänderungen, die vergleichbar wären mit den Veränderungen, die beim Kaltwalzen wegen der dabei erzielten hohen Umformgrade üblicherweise gezielt herbeigeführt werden.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Warmwalzen im Mischgebiet mit Schmierung erfolgt. 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.

[0024] Vorzugsweise beträgt die Enddicke des Warmbandes 0,65 mm bis 1 mm. An kostengünstig produzierten und folglich preisgünstig vermarkt­baren Bändern dieser Dicke besteht ein hoher Bedarf.

[0025] Besonders geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Verarbeitung solcher Stähle, die einen Si-Gehalt von höchstens 1 Gew.-% aufweisen. Derartige Stähle besitzen eine ausgeprägte Austenitphase, so daß sich der Übergang von der Austenit- in die Mischphase Austenit / Ferrit besonders präzise steuern läßt.

[0026] Liegt der Kohlenstoffgehalt des Stahles über 0,005 Gew.-%, so ist es zweckmäßig, wenn das Warmband vor einer Konfektionierung und Auslieferung entkohlend geglüht wird.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert: "J2500", "J5000" bzw. "J10000" bezeichnen im folgenden die magnetische Polarisierung bei magnetischen Feldstärken von 2500 A/m, 5000 A/m bzw. 10000 A/m.

[0028] Unter "P 1,0" bzw. "P 1,5" wird der Ummagnetisierungsverlust bei einer Polarisierung von 1,0 T bzw. 1,5 T und einer Frequenz von 50 Hz verstanden.

[0029] Die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen magnetischen Eigenschaften sind jeweils an Einzelstreifen längs der Walzrichtung gemessen worden.

[0030] In Tabelle 1 sind für zwei zur erfindungsgemäßen Herstellung von Elektrolech verwendete Stähle die Gehalte der für die Eigenschaften wesentlichen Legierungsbestandteile in Gewichts-% angegeben.

Tabelle 1

Stahl	C	Si	Al	Mn
A	0,008	0,10	0,12	0,34
B	0,007	1,19	0,13	0,23

[0031] Entsprechend den in Tabelle 1 angegebenen

Zusammensetzungen gebildete Schmelzen sind in einer Gießwalzanlage kontinuierlich zu jeweils einem Vorband gegossen worden, welches ebenso kontinuierlich in eine mehrere Walzgerüste umfassende Warmwalzstaffel geleitet worden ist.

[0032] In den Tabellen 2a - 2c sind die magnetischen Eigenschaften J_{2500} , J_{5000} , J_{10000} , $P_{1,0}$ und $P_{1,5}$ für jeweils drei aus den Stählen A bzw. B erzeugte Elektroleche A1 - A3 bzw. B1 - B3 angegeben. Beim Warmwalzen dieser Elektroleche A1 - A3 und B1 - B3 ist der Schwerpunkt der Verformung jeweils in den Bereich gelegt worden, in denen das jeweilige Band sich im austenitischen Zustand befand. Im Mischgebiet Austenit / Ferrit ist dagegen nur ein Walzstich durchgeführt worden. Die dabei erzielte Gesamtverformung ϵ_H betrug weniger als 35 %, insbesondere 30 %.

[0033] Im Anschluß an das Walzen sind die Warmbänder bei einer Haspeltemperatur von 750 °C gehaspelt worden.

Tabelle 2a

Blech	J ₂₅₀₀ [T]	J ₅₀₀₀ [T]	J ₁₀₀₀₀ [T]	P _{1,0} [W/kg]	P _{1,5} [W/kg]
A1	1,623	1,704	1,513	5,494	12,457
B1	1,646	1,717	1,556	4,466	9,593

Tabelle 2b

Blech	J ₂₅₀₀ [T]	J ₅₀₀₀ [T]	J ₁₀₀₀₀ [T]	P _{1,0} [W/kg]	P _{1,5} [W/kg]
A2	1,651	1,726	1,564	5,354	13,548
B2	1,638	1,716	1,550	3,614	8,554

Tabelle 2c

Blech	J ₂₅₀₀	J ₅₀₀₀	J ₁₀₀₀₀	P _{1,0}	P _{1,5}
	[T]	[T]	[T]	[W/kg]	[W/kg]
A3	1,658	1,728	1,578	4,892	11,073
B3	1,611	1,690	1,532	3,062	7,641

[0034] Im Fall der Beispiele A1, B1 (Tabelle 2a) sind die Warmbänder nach der Abkühlung direkt zu handelsüblichen Elektroblechen konfektioniert und an den Endverwender ausgeliefert worden. Im Fall der Beispiele A2, B2 (Tabelle 2b) sind die Warmbänder vor ihrer Auslieferung an den Endverwender gebeizt und zusätzlich einem Glättstich unterworfen worden. Bei diesem Glättstich ist eine Verformung ϵ_H von maximal 3 % erreicht worden. Die Bänder A3, B3 (Tabelle 2c) sind vor ihrer Auslieferung nach einem Beizen jeweils dressiergewalzt worden.

[0035] Vergleichsuntersuchungen, die an 1 mm dicken, nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Elektroblechen und Elektroblechen durchgeführt worden sind, die in konventioneller Weise warm- und kaltgewalzt worden sind, zeigen, daß die erzielbaren Werte der magnetischen Polarisierung und die erzielbaren Werte des spezifischen Ummagnetisierungsverlustes der erfindungsgemäß erzeugten Elektrobleche in engen Bereichen mit denjenigen Werten übereinstimmen, die für die betreffenden Eigenschaften an herkömmlich erzeugten Elektroblechen ermittelt werden konnten.

[0036] In Diagramm 1 ist logarithmisch für drei erfindungsgemäß erzeugte Elektrobleche a, b, c und ein in herkömmlicher Weise erzeugtes Blech d der jeweilige Verlauf der magnetischen Polarisierung über die magnetische Feldstärke aufgetragen worden. Das Blech a wurde direkt eingesetzt, Blech b geglättet und Blech c dressiert.

[0037] In Diagramm 2 ist logarithmisch für die drei erfindungsgemäß erzeugten Elektrobleche a, b, c und das in herkömmlicher Weise erzeugte Blech d der jeweilige Verlauf des spezifischen Ummagnetisierungsverlustes über der magnetischen Polarisierung aufgetragen worden.

[0038] Es ist ohne weiteres erkennbar, daß die Eigenschaften der erfindungsgemäß erzeugten Bleche a,b,c nur geringfügig von den Eigenschaften des herkömmlich erzeugten Elektroblechs abweichen. Dies zeigt, daß sich mit der erfindungsgemäß vorgenommenen Optimierung der beim Warmwalzen gewählten Walzstrategie unter Einsparung des kostspieligen Kaltwalzens hochwertige, marktfähige Elektrobleche herstellen lassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von nichtkornorientiertem warmgewalzten Elektroblech, bei dem aus einem Vormaterial, wie gegossenen Brammen, Bändern, Vorbändern oder Dünnbrammen, das aus einem Stahl mit (in Gewichts-%)

C: 0,0001 - 0,05 %,
 Si: ≤ 1,5 %,
 Al: ≤ 0,5 %, wobei [%Si] + 2[%Al] ≤ 1,8,
 Mn: 0,1 - 1,2 %,

wahlweise bis insgesamt 1,5% an Legierungszusätzen von P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb und/oder B,

Rest Eisen sowie übliche Verunreinigungen,
hergestellt ist, in einer Fertigwalzstaffel bei oberhalb der A_{r1} -Temperatur liegenden Temperaturen ein Warmband
mit einer Dicke $\leq 1,5$ mm gewalzt wird, wobei mindestens der letzte Umformstich des Warmwalzens im Mischgebiet
Austenit / Ferrit durchgeführt wird und die gesamte im Zuge des Walzens im Mischgebiet Austenit / Ferrit erreichte
Formänderung $\epsilon_H < 35$ % ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Stahl bis insgesamt 1,5 % an Legierungszusätzen
von P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb und / oder B enthält.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Vormaterial als gegossene Dünnbramme
oder gegossenes Band erzeugt wird und **daß** das Warmwalzen kontinuierlich auf die Erzeugung des Vormaterials
folgt.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Warmband gehaspelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Haspeltemperatur mindestens 700 °C beträgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband unter Nutzung der Coilhitze einer
passiven Glühung unterzogen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband im Anschluß an das Haspeln geglüht
wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Warmbandglühung unter einer
sauerstoffreduzierten Atmosphäre durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Haspeltemperatur ≤ 600 °C beträgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** das gehaspelte Warmband unmittelbar anschließend
an das Haspeln im Coil beschleunigt abgekühlt wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die gesamte Formände-
rung ϵ_H während des Walzens im Mischgebiet Austenit / Ferrit 10 % - 15 % beträgt.
12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband nach dem
Haspeln gebeizt wird.
13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband bei einer
Glühtemperatur von mindestens 740 °C zu einem schlußgeglühten Elektroband geglüht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband bei einer Glühtemperatur
von mindestens 650 °C zu einem nichtschlußgeglühten Elektroband geglüht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Glühen im Haubenofen durchgeführt
wird.
16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Glühen im Durchlaufofen durchgeführt
wird.
17. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband ohne kalt-
gewalzt zu werden konfektioniert und ausgeliefert wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband bei einem Um-
formgrad von ≤ 3 % glattgewalzt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** das glattgewalzte Band konfektioniert und ausge-
liefert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband bei einem Umformgrad von $> 3\%$ - 15% dressiergewalzt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** das dressierte Band konfektioniert und ausgeliefert wird.
22. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Enddicke des Warmbandes 0,65 bis 1 mm beträgt.
23. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmwalzen im Mischgebiet mit Schmierung erfolgt.
24. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Si-Gehalt des Stahles höchstens 1 Gew.-% beträgt.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17, 19 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der C-Gehalt des Stahles mehr als 0,005 Gew.-% beträgt und **daß** das Warmband vor seiner Konfektionierung und Auslieferung entkohlend geglüht wird.

Claims

1. A method for producing non-grain-oriented hot-rolled magnetic steel sheet in which from a raw material such as cast slabs, strip, roughed strip or thin slabs produced from a steel comprising (in weight %)
- C: 0.0001 - 0.05 %;
 Si: $\leq 1.5\%$;
 Al: $\leq 0.5\%$, wherein $[\%Si] + 2[\%Al] \leq 1.8$;
 Mn: 0.1 - 1.2 %;
- optionally up to a total of 1.5 % alloying additions of P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb and / or B; with the remainder being iron and the usual impurities;
 in a finishing roll line at temperatures above the A_{r1} temperature, a hot strip with a thickness ≤ 1.5 mm is rolled, wherein at least the last forming pass of hot rolling is carried out in the mixed region austenite / ferrite and wherein the total deformation ϵ_H achieved during rolling in the mixed region austenite / ferrite is $< 35\%$.
2. The method according to claim 1, **characterised in that** the steel comprises up to a total of 1.5 % alloying additions of P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb and / or B.
3. The method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the raw material is produced as cast thin slab or cast strip and **in that** hot rolling follows continuously after the production of the raw material.
4. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is coiled.
5. The method according to claim 4, **characterised in that** the coiling temperature is at least 700°C .
6. The method according to claim 5, **characterised in that** using the coil heat, the hot strip is subjected to passive annealing.
7. The method according to claim 5, **characterised in that** after coiling, the hot strip is annealed.
8. The method according to one of claims 4 to 7, **characterised in that** hot-strip annealing takes place in an oxygen-reduced atmosphere.
9. The method according to claim 4, **characterised in that** the coiling temperature is $\leq 600^\circ\text{C}$.
10. The method according to claim 9, **characterised in that** the coiled hot strip is cooled in the coil at an accelerated

rate immediately following coiling.

11. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** total deformation ε_H achieved during rolling in the mixed region austenite / ferrite, is 10 % - 15 %. SI/cs 991169EPX
12. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is pickled following coiling.
13. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is annealed at an annealing temperature of at least 740 °C to obtain a finally annealed magnetic steel strip.
14. The method according to claim 1 or 12, **characterised in that** the hot strip is annealed at an annealing temperature of at least 650 °C to obtain a magnetic steel strip which has not been subjected to final annealing.
15. The method according to claim 13 or 14, **characterised in that** annealing takes place in a hood-type furnace.
16. The method according to claim 13 or 14, **characterised in that** annealing takes place in a continuous furnace.
17. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is finished and shipped without having been cold-rolled.
18. The method according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** the hot strip is smooth-rolled at a degree of forming of ≤ 3 %.
19. The method according to claim 18, **characterised in that** the smooth-rolled strip is finished and shipped.
20. The method according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** the hot strip is skin pass rolled at a degree of forming of > 3 % - 15 %.
21. The method according to claim 20, **characterised in that** the skin pass rolled strip is finished and shipped.
22. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the final thickness of the hot strip is 0.65 to 1 mm.
23. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** hot rolling in the mixed region is accompanied by lubrication.
24. The method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the Si content of the steel is max. 1 % by weight.
25. The method according to one of claims 17, 19 or 21, **characterised in that** the C content of the steel exceeds 0.005 weight % and **in that** the hot strip is annealed in a decarburising medium prior to finishing and shipment.

Revendications

1. Procédé de production de tôle magnétique à grains non orientés, laminée à chaud, dans lequel, au départ d'un matériau brut tel que brames coulées, feuillards, ébauches de feuillards ou brames minces, qui est produit en un acier contenant (en % en poids)

C: 0,0001 - 0,05 %
 Si: $\leq 1,5\%$
 Al: $\leq 0,5$ %, avec $[\% \text{ Si}] + 2[\% \text{ Al}] \leq 1,8$
 Mn: 0,1 - 1,2 %

A volonté jusqu'à 1,5 % en tout, des additifs d'alliage de P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb et/ou B
 Solde fer de même que les impuretés habituelles,
 on lamine dans un train de finissage, à des températures supérieures à la température A_{r1} , un feuillard à chaud d'une épaisseur $\leq 1,5$ mm, dans lequel au moins la dernière passe du laminage à chaud est réalisée dans une

région mixte d'austénite/ferrite, et la déformation totale résultant du laminage dans la région mixte d'austénite/ferrite $\epsilon_H < 35 \%$.

- 5 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'acier contient en tout jusqu'à 1,5 % d'additifs d'alliage de P, Sn, Sb, Zr, V, Ti, N, Ni, Co, Nb et/ou B.
- 10 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le matériau brut est produit sous la forme d'une brame mince coulée ou d'un feuillard coulé, et **en ce que** le laminage à chaud suit en continu la production du matériau brut.
- 15 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud est bobiné.
- 20 5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est d'au moins 700 °C.
- 25 6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud subit un recuit passif utilisant la chaleur de la bobine.
- 30 7. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud est recuit après le bobinage.
- 35 8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** le recuit du feuillard chaud est effectué sous une atmosphère d'oxygène réductrice.
- 40 9. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est ≤ 600 °C.
- 45 10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud bobiné subit un refroidissement accéléré en bobine, immédiatement après le bobinage.
- 50 11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la déformation totale ϵ_H pendant le laminage dans la région mixte d'austénite/ferrite fait 10 % - 15 %.
- 55 12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud est décapé après bobinage.
- 60 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud est recuit à une température de recuit d'au moins 740 °C en un feuillard magnétique dont le recuit est final.
- 65 14. Procédé selon la revendication 1 ou 12, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud est recuit à une température de recuit d'au moins 650 °C en un feuillard magnétique à recuit non final.
- 70 15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** le recuit est effectué dans un four à cloche.
- 75 16. Procédé selon la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce que** le recuit est effectué dans un four continu.
- 80 17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud subit un finissage et est livré sans avoir été laminé à froid.
- 85 18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud subit un brunissage par laminage avec un degré de déformation $\leq 3 \%$.
- 90 19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** le feuillard bruni subit un finissage et est livré.
- 95 20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** le feuillard chaud subit un dressage par laminage avec un degré de déformation $> 3 \%$ - 15 %.
- 100 21. Procédé selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** le feuillard dressé subit un finissage et est livré.
- 105 22. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur finale du feuillard chaud est de 0,65 à 1 mm.

EP 1 263 993 B1

23. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le laminage à chaud dans la région mixte se fait avec lubrification.
24. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la teneur en Si de l'acier est au plus de 1 % en poids.
25. Procédé selon l'une des revendications 17, 19 ou 21, **caractérisé en ce que** la teneur en C de l'acier est supérieure à 0,005 % en poids et **en ce que** le feuillard chaud subit un recuit de décarburation avant son finissage et sa livraison

5

10

15

20

25

30

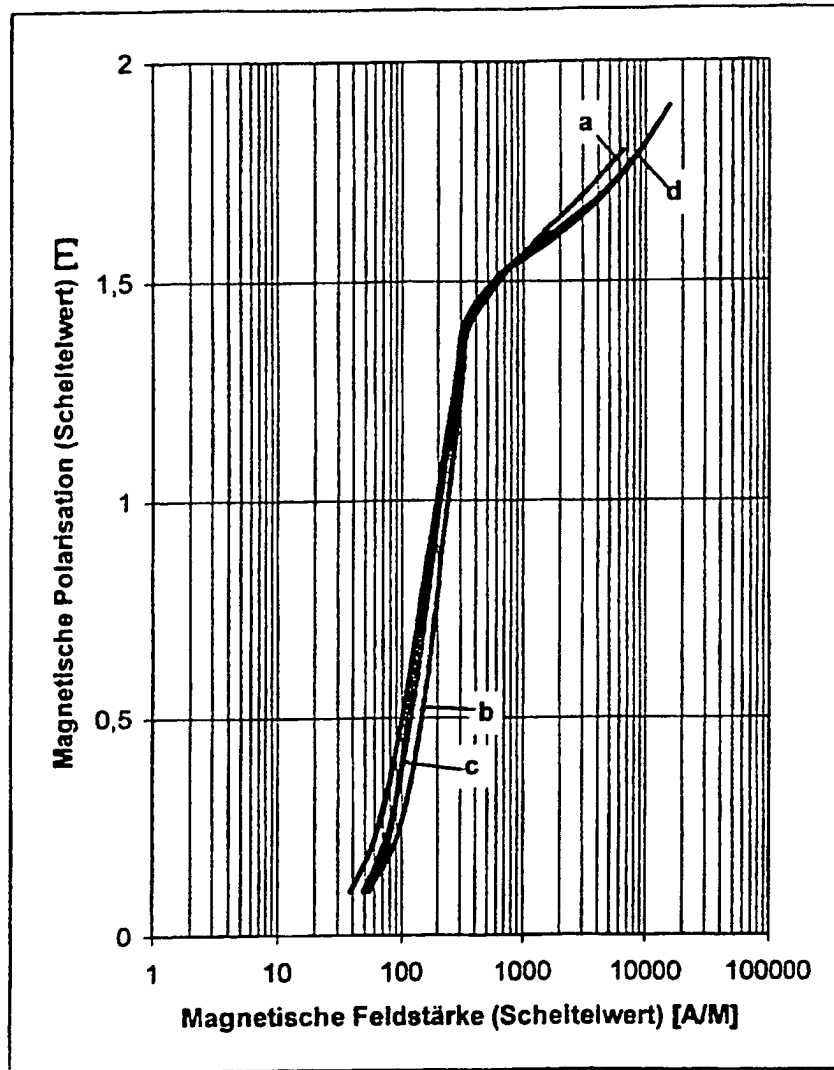
35

40

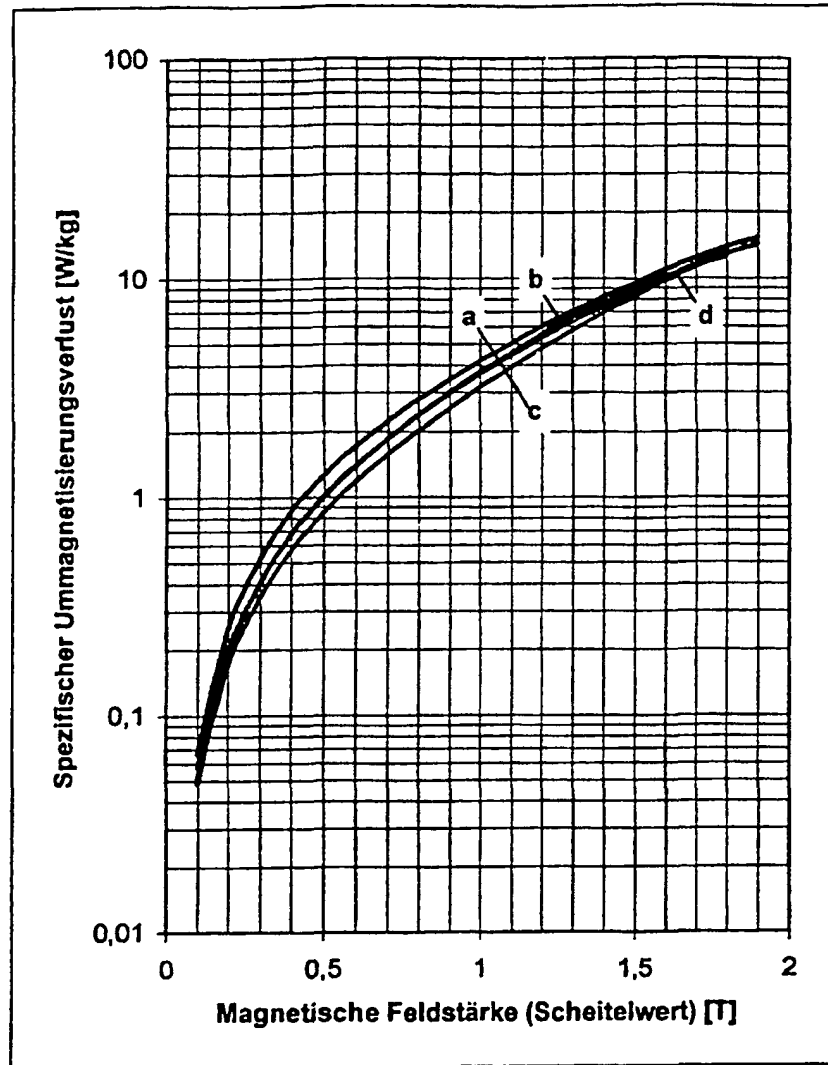
45

50

55



Diag. 1



Diag. 2