



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 431 502 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **90123040.9**

51 Int. Cl.⁵: **C21D 8/12, C22C 38/02,
C22C 38/06**

22 Anmeldetag: **01.12.90**

30 Priorität: **06.12.89 DD 335290**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.06.91 Patentblatt 91/24

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **EBG GESELLSCHAFT FÜR
ELEKTROMAGNETISCHE WERKSTOFFE MBH
Castroper Strasse 228
W-4630 Bochum(DE)**

72 Erfinder: **Bürger, Rolf, Dr.-Ing.
Heinrich-Greif-Strasse 3
O-8020 Dresden(DE)
Erfinder: Lehmann, Gert, Prof.-Dr. sc. nat.
Ernst-Thälmann-Strasse 9
O-8010 Dresden(DE)
Erfinder: Lindner, Wolfgang
Wilsdruffer Strasse 9
O-8211 Grumbach(DE)
Erfinder: Wich, Harry, Dr.-Ing.
Hübnerstrasse 14
O-8027 Dresden(DE)
Erfinder: Wieting, Jochen, Dr. rer. nat.
Goethestrasse 1
O-8080 Dresden(DE)**

74 Vertreter: **Cohausz & Florack Patentanwälte
Postfach 14 01 61 Schumannstrasse 97
W-4000 Düsseldorf 1(DE)**

54 **Nichtkornorientiertes Elektroband und Verfahren zu seiner Herstellung.**

57 Die Erfindung betrifft ein nichtkornorientiertes Elektroband mit hohen Anteilen an Würfel- oder Würfelflächen-
textur und mit einer Polarisierung $J\ 2500 > 1,7\ T$ und niedrigem Ummagnetisierungsverlust und ein Verfahren zu
seiner Herstellung.

Eine Stahlbramme, enthaltend neben Eisen weniger als 0,025 % C, weniger als 0,1 % Mn, 0 bis 0,15 %
grenzflächenaktive Elemente, Si und Al so, daß die Beziehungen $(\% Si) + 2(\% Al) > 1,6\ \%$ und $(\% Si) + (\% Al)$
 $< 4,5\ \%$ erfüllt sind, wird auf eine Dicke nicht unter 3,5 mm warmgewalzt. Das so erhaltene Warmband wird
dann mit einem Verformungsgrad von mindestens 86 % ohne rekristallisierende Zwischenglühung kaltgewalzt
und gegebenenfalls schlußgeglüht.

EP 0 431 502 A2

NICHTKORNORIENTIERTES ELEKTROBAND UND VERFAHREN SEINER HERSTELLUNG

Die Erfindung bezieht sich auf nichtkornorientiertes Elektroband mit Würfelftextur (100) [001] oder mit Würfelflächentextur (100) [0vw] und einer Enddicke von etwa 0,35 bis 0,65 mm und ein Verfahren zu seiner Herstellung. Unter dem Begriff "nichtkornorientiertes Elektroband" wird hier unabhängig von seiner kristallographischen Textur ein solches nach DIN 46 400 Teil 1 oder 4 verstanden, dessen Verlustanisotropie die in

5 DIN 46 400 Teil 1 festgelegten Höchstwerte nicht überschreitet.

Die Begriffe "Elektroband" und "Elektroblech" werden hier als Synonyme verstanden. Alle %-Angaben sind, sofern nichts anderes angegeben ist, Massenteile in %.

"J 2500" bezeichnet im folgenden die magnetische Polarisierung bei einer magnetischen Feldstärke von 2500 A/m und "P 1,5" den Ummagnetisierungsverlust bei einer Polarisierung von 1,5 T und einer Frequenz

10 von 50 Hz.

Das erfindungsgemäße Elektroband weist im Falle der Würfelftextur ausgezeichnete magnetische Eigenschaften in Längs- und Querrichtung auf, z. B. $J\ 2500 > 1,7\ T$ und $P\ 1,5 < 3,3\ W/kg$ für einen Stahl mit einem mittleren Legierungsgehalt von $(\%Si) + (\%Al) = 1,8\ \%$, und ist deshalb insbesondere für elektromagnetische Kreise geeignet, die hauptsächlich in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen

15 magnetisiert werden, z. B. für Kleintransformatoren, Vorschaltgeräte und Statorbleche von Großgeneratoren.

Im Falle der Würfelflächentextur ist das erfindungsgemäße Elektroband bzw. Elektroblech in seiner Ebene weitgehend isotrop und weist in allen Richtungen gute Eigenschaften auf, z. B. $J\ 2500 > 1,66\ T$ und $P\ 1,5 < 3,3\ W/kg$, und ist deshalb insbesondere für elektromagnetische Kreise geeignet, die in allen Richtungen magnetisiert werden, z. B. für Elektromotoren und Generatoren.

20 Bekannt sind Verfahren zur Herstellung von Elektroblechen mit kubischen Texturen mit (100)-Flächen in der Blechebene, die eine hohe magnetische Polarisierung aufweisen, deren kommerzielle Herstellung hat sich jedoch aufgrund der Herstellungsschwierigkeiten und der hohen Kosten bis heute nicht durchgesetzt.

Die Herstellung von Elektroblech mit Würfelftextur als weichmagnetischer Werkstoff wurde hauptsächlich zwischen 1950 und 1970 als Kernwerkstoff für Elektromotoren und Transformatoren untersucht.

25 Bei dem aus der DE-C-1 923 581 bekannten Verfahren wird als Ausgangsmaterial eine Bramme mit den üblichen Silicium- und/oder Aluminiumgehalten, jedoch niedrigen C-Gehalten ($< 0,005\ \%$, vorzugsweise $< 0,003\ \%$), auf eine Dicke von 10 mm warmgewalzt und unter zweimaligem Zwischenglühen in drei Stufen auf 0,35 mm kaltgewalzt. Dieses Verfahren ist wegen der Zwischenglühungen aufwendig. Gemäß der DE-A-1 966 686 wird eine Bramme mit zusätzlich eingeschränktem S-Gehalt ($0,005\ \%$, vorzugsweise $0,003\ \%$)

30 auf 5 mm warmgewalzt, auf ca. 1 mm kaltgewalzt, zwischen 900 und 1050 °C in trockenem H_2 zwischengeglüht, auf 0,35 mm kaltgewalzt und schließlich zwischen 1000 und 1100 °C in nichtoxidierender Atmosphäre schlußgeglüht. Nach diesem Verfahren konnten kommerziell keine Elektroblätter hergestellt werden, welche die typischen Eigenschaften einer Elektroblechsorte nach DIN 46 400 Teil 1 übertreffen, die den gleichen Legierungsgehalt und die gleiche Dicke aufweist.

35 Nach einem weiteren aus der DE-A-3 028 147 bekannten Verfahren zum Kaltwalzen eines Si-Stahlbandes wird zur Erzielung einer großen Dickenverminderung durch Kaltwalzen ein Erholungsglühen eingeschaltet, um Restspannungen abzubauen, ohne daß die magnetischen Eigenschaften des Fertigbandes hierdurch verändert werden. Hierbei wird ein Warmband mit einer Dicke von 1,52 bis 4,06 mm auf eine Zwischendicke von 0,51 bis 1,01 mm kaltgewalzt und anschließend auf 0,152 bis 0,457 mm kalt fertigge-

40 walzt.

Offenbar ist ein hoher Gesamtumformgrad beim Kaltwalzen bis zu 90 % ohne eine Erholungsglühung zwischen den Kaltwalzschritten nicht erzielbar. Dieses Verfahren bezieht sich nicht auf spezielle Legierungen, wird aber was an den Beispielen deutlich wird, für kornorientierte Elektrobleche (Goss-Textur) propagiert. Es gibt keinerlei Hinweis darauf, daß auch in der Querrichtung gute magnetische Eigenschaften

45 erzielbar sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein nichtkornorientiertes Elektroband mit folgenden Eigenschaften zu schaffen:

- hohe magnetische Polarisationswerte von $J\ 2500 > 1,7\ T$ durch Ausbildung geeigneter Texturkomponenten und gleichzeitig
- 50 - einen niedrigen Ummagnetisierungsverlust von z. B. $P\ 1,5 < 3,3\ W/kg$ für einen Stahl mit einem mittleren Legierungsgehalt von $(\%Si) + (\%Al) = 1,8\ \%$.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein nichtkornorientiertes Elektroband mit hohen Anteilen an Würfel- oder Würfelflächentextur und mit einer Polarisierung $J\ 2500 > 1,7\ T$ und niedrigem Ummagnetisierungsverlust gelöst, das aus einem Stahl besteht, der

$\leq 0,025 \% \text{ C},$

$< 0,10 \% \text{ Mn},$

0,1 bis 4,4 % Si und

0,1 bis 4,4 % Al mit der Maßgabe, daß

folgende Beziehungen erfüllt sind:

$(\% \text{ Si}) + 2 (\% \text{ Al}) > 1,6 \% \text{ und}$

$(\% \text{ Si}) + (\% \text{ Al}) < 4,5 \%,$

Rest Eisen,

einschließlich unvermeidbarer Verunreinigungen

enthält.

Bevorzugt liegt der Si-Gehalt im Bereich von 0,5 bis 4,0 %, insbesondere im Bereich von 0,5 bis 2,0 %. Während mit der Wahl der nach der Erfindung vorgesehenen Stahlzusammensetzung mit $(\% \text{ Si}) + 2(\% \text{ Al}) > 1,6 \%$ eine weitgehende α - γ -Umwandlungsfreiheit des Stahles festgelegt wird, ist es vorteilhaft, daß die Stahlbramme Si und Al in einer solchen Menge enthält, daß die Beziehung $(\% \text{ Si}) + 2(\% \text{ Al}) > 2 \%$ erfüllt wird. Dabei liegt der Aluminiumgehalt bevorzugt im Bereich von 0,3 bis 2,0 %.

Überraschend hat sich gezeigt, daß niedrige Mangangehalte $< 0,1 \%$, bevorzugt weniger als 0,08 % Mn, zur Einstellung der (100)-Texturkomponenten notwendig sind. Im Warmband entsteht bei Einhalten der erfindungsgemäßen Zusammensetzung eine Schichtstruktur mit rekristallisiertem Gefüge in oberflächennahen Bereichen mit Orientierungen vorwiegend (110) [001] und $(11\bar{2})$ [111] und im Bandinneren ein polygonisiertes Gefüge mit langgestreckten größeren Körnern, vorwiegend der stabilen Orientierung (100) [011] sowie $(11\bar{1})$ [112].

Der Kohlenstoffgehalt sollte zweckmäßigerweise auf maximal 0,015 % begrenzt sein und bevorzugt zwischen 0,001 und 0,015 % liegen. Dieser niedrige Ausgangskohlenstoffgehalt ist unter anderem von Vorteil hinsichtlich der Zeitdauer der Entkohlungsglühung zur Erzielung eines alterungsfreien Elektrobandes bzw. -bleches mit einem C-Gehalt von weniger als 0,002 %. Die zusätzliche vorteilhafte Zugabe von grenzflächenaktiven Elementen, wie z.B. Antimon und/oder Zinn, führt nämlich zu einer erheblichen Verzögerung der Entkohlungsreaktion.

Ferner wird durch die Begrenzung des Kohlenstoffgehaltes auf maximal 0,015 %, insbesondere in Verbindung mit der Einstellung des Si- und Al-Gehaltes gemäß $(\% \text{ Si}) + 2 (\% \text{ Al}) > 2 \%$, eine vollständige Umwandlungsfreiheit des Stahles sichergestellt, welche bezüglich der angestrebten Eigenschaften des Elektrobandes bzw. -bleches besonders vorteilhaft ist. Die Umwandlungsfreiheit des Stahls ist von Bedeutung für die Schlußglüfung, da beim Überschreiten der Alpha-Gamma-Phasengrenze die eingestellte Textur verlorengeht, und für die Warmumformung, da zur gezielten Ausbildung kubischer Texturkomponenten während des Warmwalzens das ferritische Einphasengebiet notwendig ist.

Die Zugabe von grenzflächenaktiven Elementen, wie Antimon und/oder Zinn, in Mengen von insgesamt 0,005 bis 0,15 %, bevorzugt 0,02 bis 0,06 %, führt bei der Schlußglüfung zur Unterdrückung des Wachstums von Körnern mit ungünstigen (111)-Texturkomponenten. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei Langzeitglühungen im Haubenofen oder im Stanzteilofen bei der Verarbeitung von nicht schlußgeglühtem Elektroband.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines nichtkornorientierten Elektrobandes mit hohen Anteilen an Würfel- oder Würfelflächentextur und mit einer Polarisation $J\ 2500 > 1,7\ \text{T}$ und niedrigem Ummagnetisierungsverlust, bestehend aus einem Stahl mit

$\leq 0,025 \% \text{ C},$

$< 0,10 \% \text{ Mn},$

0,1 bis 4,4 % Si,

0,1 bis 4,4 % Al mit der Maßgabe, daß

folgende Beziehungen erfüllt sind:

$(\% \text{ Si}) + 2 (\% \text{ Al}) > 1,6 \% \text{ und}$

$(\% \text{ Si}) + (\% \text{ Al}) < 4,5 \%,$

Rest Eisen, einschließlich unvermeidbarer
Verunreinigungen

ist dadurch gekennzeichnet, daß die Stahlbramme auf eine Dicke von nicht unter 3,5 mm warmgewalzt wird, worauf das so erhaltene Warmband ohne rekristallisierendes Zwischenglühen mit einem Verformungsgrad von mindestens 86 % kaltgewalzt und das Kaltband gegläht wird.

Wie bereits dargelegt, tritt infolge der erfindungsgemäßen Stahlzusammensetzung eine Phasenumwandlung weitgehend nicht auf, was einmal von Bedeutung ist, weil beim Überschreiten der Alpha-Gamma-Phasengrenze die erzeugte Textur verlorengehen würde, zum anderen hat das für die Warmumformung ebenfalls Bedeutung, weil zur gezielten Ausbildung kubischer Texturkomponenten während des Warmwalzens das ferritische Einphasengebiet notwendig ist. Zur Ausbildung kubischer Texturkomponenten trägt im Rahmen der Primärrekristallisation und des normalen Kornwachstums auch wesentlich die erfindungsgemäß vorgesehene Kaltumformung mit einem Gesamtumformgrad von mindestens 86 % unter Vermeidung von rekristallisierendem Zwischenglühen bei.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens ist es zweckmäßig, daß beim Warmwalzen in der Fertigstraße die Verformung maximal 30 % pro Stich beträgt, wenn die Brammentemperatur im Bereich zwischen 1000 und 1060 °C liegt. Die Endwalztemperatur sollte bevorzugt zwischen 900 und 960 °C liegen. Dadurch wird die vorerwähnte Schichtstruktur begünstigt.

Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens soll ein erster Abschnitt der Kaltumformung bis zu einer Banddicke von 1,3 bis 1,9 mm bei erhöhter Temperatur von 180 bis 300 °C durchgeführt werden. Auf diese Weise kann zusammen mit dem erfindungsgemäß festgelegten Kohlenstoffgehalt von $< 0,025 \%$, insbesondere $< 0,015 \%$, und der in diesem Temperaturbereich auftretenden dynamischen Verformungsalterung infolge der Kohlenstoff-Versetzung-Wechselwirkung eine Blockierung oder Verankerung gleitfähiger Versetzungen und damit die Aktivierung anderer Gleitsysteme bzw. eine inhomogene Deformation (Scherbänder) erreicht werden, die besonders zu einer Erhöhung der magnetischen Polarisation in Querrichtung beiträgt.

Eine bessere Isotropie der magnetischen Eigenschaften in der Banebene bei Elektrobänder mit Würfelflächentextur kann in weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch erfolgen, daß das kaltgewalzte Band bei einer Banddicke, die noch das 1,12- bis 1,2-fache der Enddicke beträgt, einer nichtrekristallisierenden Erholungsglühung, insbesondere zwischen 400 und 500 °C für 1 bis 10 h, unterworfen und anschließend kalt fertiggewalzt und gegläht wird. Das so hergestellte Blech ist besonders für rotierende Maschinen geeignet.

Zur Herstellung eines schlußgeglühten Bandes wird das auf die Enddicke gewalzte Band in einem Durchlaufofen, gegebenenfalls in diesem Ofen entkohlend vorgeglüht und anschließend in demselben Ofen bei Temperaturen zwischen 900 und 1100 °C schlußgeglüht. Die Schlußglühtemperatur sollte nicht unter 900 °C liegen, weil dann die Korngröße des Materials nicht genügend groß ist, um einen niedrigen Ummagnetisierungsverlust zu erzielen.

Zur Herstellung eines nichtschlußgeglühten Bandes wird das kaltgewalzte Band in einem Haubenofen unter Wasserstoffatmosphäre zwischen 600 bis 900 °C oder in einem Durchlaufofen zwischen 750 bis 900 °C für weniger als 5 min. rekristallisierend gegläht. Im Falle der Haubenofenglühung muß das Band anschließend gerichtet oder mit einem Umformgrad von weniger als 7 % nachgewalzt werden. Aus den so hergestellten nicht schlußgeglühten Bändern werden dann in üblicher Weise Stanzteile hergestellt und einer Stanzteillüftung, z. B. nach DIN 46 400 Teil 4, unterzogen. Zur Erzielung besonders guter magnetischer Eigenschaften sollten jedoch Zeitdauer und Temperatur der Stanzteillüftung auf z. B. 15 h und 950 °C bei Stahlzusammensetzungen mit grenzflächenaktiven Elementen erhöht werden.

Anhand der folgenden Beispiele wird die Erfindung erläutert.

BEISPIEL 1

Als Ausgangsmaterial dienten 8 Warmbänder mit unterschiedlichen Zusammensetzungen und Banddicken (Tabelle 1). Diese wurden auf die Enddicke von 0,5 mm kaltgewalzt, anschließend bei 840 °C entkohlt und 1 h bei 950 °C geglüht. Das magnetische Ergebnis ist in Tabelle 2 wiedergegeben.

TABELLE 1

Warmband	%Si	% Al	% Mn	% P	% C	% S	% Sb	Warmband-
								dicke (mm)
A	0,60	0,60	0,04	0,013	0,008	0,012	-	5,0
B	0,90	-	0,02	0,013	0,005	0,011	-	5,0
C	1,26	0,13	0,23	0,044	0,007	0,007	-	5,0
D	1,79	0,36	0,24	0,009	0,007	0,005	-	5,0
E	1,04	0,70	0,05	0,008	0,009	0,002	-	5,0
F1	1,04	0,68	0,05	0,010	0,016	0,003	0,04	3,5
F2	1,04	0,68	0,05	0,010	0,016	0,003	0,04	4,0
F3	1,04	0,68	0,05	0,010	0,016	0,003	0,04	4,5

TABELLE 2

Warmband	J 2500 längs	J 2500 quer	P 1,5 misch*)
	(T)	(T)	(W/kg)
A	1,75	1,70	3,3
B	1,60	1,54	3,9 (Vergleich)
C	1,68	1,66	4,4 (Vergleich)
D	1,62	1,61	3,5 (Vergleich)
E	1,74	1,73	2,6
F1	1,70	1,70	2,9
F2	1,71	1,70	3,0
F3	1,73	1,72	2,8

*) 50 % der Proben längs und 50 % quer zur Walzrichtung genommen.

Die Bänder B, C und D sind nicht zur Erfindung gehörende Vergleichsbeispiele. Die Si- und Al-Anteile der Bänder B und C genügen nicht der Beziehung $(\% \text{ Si}) + 2 (\% \text{ Al}) > 1,6$. Bänder C und D besitzen einen zu hohen Mn-Gehalt.

BEISPIEL 2

Die Warmbänder A und E aus Tabelle 1 wurden in drei verschiedenen Varianten abgewalzt:

a) Kaltwalzen auf eine Banddicke von 0,5 mm;

b) Vorwärmen des Warmbandes auf 230 °C und Kaltwalzen bei dieser Temperatur auf 1,5 mm, dann Fertigwalzen auf 0,5 mm Enddicke;

c) wie b), jedoch mit einer Erholungsglühung 480 °C/4 h bei einer Zwischendicke von 0,58 mm.

Anschließend wurden die Bänder entkocht und 1 Minute bei 1050 °C (Warmband E, Tabelle 3) bzw. 1 h bei 950 °C (Warmband A, Tabelle 4) geglüht.

TABELLE 3

Warm- band	Verformungs- variante	J 2500 längs (T)	J 2500 quer (T)	P 1,5 misch*) (W/kg)

E	a	1,72	1,70	3,3
	b	1,73	1,72	3,5

*) 50 % der Proben längs und 50 % quer zur Walzrichtung genommen.

TABELLE 4

Warm- band	Verformungs- variante	0°	Winkel zur Walzrichtung 22,5°	45°	67,5°	90°
J 2500 (T)						

A	a	1,75	1,69	1,61	1,65	1,70
	b	1,80	1,73	1,65	1,71	1,79
	c	1,71	1,70	1,69	1,69	1,70

Bei der Kurzzeitglüfung (Tabelle 3) bewirkt Variante b eine geringe Verbesserung der Polarisierung, die nach der Langzeitglüfung (Tabelle 4) noch deutlicher erkennbar wird. Die nahezu gleich großen Werte in Längsrichtung (0°) und Querrichtung (90°) weisen auf einen besonders hohen Anteil von Körnern mit Würfelorientierung hin.

Durch Variante c läßt sich eine ausgeprägte Isotropie der Polarisierung in der Blechebene erzielen.

BEISPIEL 3

Die Warmbänder E und F3 aus Tabelle 1 wurden auf 230 °C vorgewärmt, bei dieser Temperatur auf 1,5 mm abgewalzt, dann auf 0,5 mm fertiggewalzt. Nach der Entkohlung bei 840 °C erfolgte eine Glüfung in drei verschiedenen Varianten:

- a) 1 Minute bei 1050 °C
- b) 1 Stunde bei 950 °C
- c) 15 Stunden bei 950 °C

Variante a) ist zur Herstellung eines schlußgeglühten Elektrobleches erforderlich; die Varianten b) und c) stellen die Stanzteilglüfung eines nicht schlußgeglühten Bleches dar.

Tabelle 5 zeigt den Einfluß der unterschiedlichen Glühvarianten auf das magnetische Ergebnis.

TABELLE 5

	Warm- band	Glühvariante	J 2500 längs (T)	J 2500 quer (T)	P 1,5 misch*) (W/kg)
5					
	E	a	1,73	1,72	3,4
10		b	1,77	1,77	2,7
		c	1,74	1,73	3,0
15	F3	a	1,73	1,73	3,4
		b	1,76	1,77	2,9
		c	1,77	1,79	2,6

20 *) 50 % der Proben längs und 50 % quer zur Walzrichtung genommen.

In Variante c) ergibt sich im Warmband F3 durch den Zusatz von Antimon eine deutlich höhere Polarisation als im Warmband E ohne Antimon.

25

BEISPIEL 4

Eine Schmelze wurde zu Warmband verarbeitet (Zusammensetzung in Tabelle 6).

30

TABELLE 6

	Legierung	% Si	% Al	% Mn	% Cr	% Cu	% P	% C	% S
35									
	G	0,93	0,64	0,01	0,03	0,04	0,005	0,001	0,015

Das Fertigwalzen der Warmbänder auf 4,8 mm Banddicke erfolgte bei zwei verschiedenen Endwalztemperaturen:

40 a) Endwalztemperatur: 920 °C

b) Endwalztemperatur: 850 °C

Anschließend wurden die Warmbänder einheitlich auf 0,5 mm Enddicke kaltgewalzt, entkohlt und 1 h bei 950 °C geglüht. Das Ergebnis zeigt Tabelle 7.

45

50

55

TABELLE 7

5	Legierung	Verformungs- variante	J 2500 längs (T)	J 2500 quer (T)	P 1,5 misch*) (W/kg)

	G	a	1,78	1,77	2,9
10		b	1,72	1,68	3,8

*) 50 % der Proben längs und 50 % quer zur Walzrichtung genommen.

15

Die Endwalztemperatur der Variante a liegt in dem bevorzugten Bereich von 900 bis 960 °C und führt damit zu einer erheblich höheren Polarisierung.

20 Ansprüche

1. Nichtkornorientiertes Elektrobild mit hohen Anteilen an Würfel- oder Würfelflächentextur und mit einer Polarisierung $J\ 2500 > 1,7\ T$ und niedrigem Ummagnetisierungsverlust, bestehend aus einem Stahl mit

25

$\leq 0,025\ \% C,$

$< 0,10\ \% Mn,$

$0,1\ \text{bis}\ 4,4\ \% Si,$

30

$0,1\ \text{bis}\ 4,4\ \% Al,$

Aluminium mit der Maßgabe, daß folgende Beziehungen erfüllt sind:

35

$(\% Si) + 2 (\% Al) > 1,6\ \% \text{ und}$

$(\% Si) + (\% Al) < 4,5\ \%,$

Rest Eisen, einschließlich unvermeidbarer Verunreinigungen.

40

2. Elektrobild nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es mit 0,5 bis 4,0 % Si legiert ist.

45

3. Elektrobild nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es mit 0,5 bis 2,0 % Si legiert ist.

4. Elektrobild nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es mit 0,3 bis 2,0 % Al legiert ist.

50

5. Elektrobild nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es mit einer solchen Menge an Si und Al legiert ist, daß die Beziehung $(\% Si) + 2 (\% Al) > 2\ \%$ erfüllt ist.

55

6. Elektrobild nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß es mit weniger als 0,08 % Mn legiert ist.

7. Elektrobild nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, daß es mit maximal 0,015 % C legiert ist.
8. Elektrobild nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß es mit 0,001 bis 0,015 % C legiert ist.
9. Elektrobild nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß es mit insgesamt 0,005 bis 0,15 % Sn und/oder Sb als grenzflächen-
aktiven Elementen legiert ist.
10. Verfahren zur Herstellung von nichtkornorientiertem Elektrobild mit hohen Anteilen an Würfel- oder
Würfelächentextur und mit einer Polarisation $J\ 2500 > 1,7\ \text{T}$ und niedrigem Ummagnetisierungsverlust
aus einem Stahl mit
- $\leq 0,025\ \% \text{ C},$
 $< 0,10\ \% \text{ Mn},$
 $0,1\ \text{bis}\ 4,4\ \% \text{ Si},$
 $0,1\ \text{bis}\ 4,4\ \% \text{ Al},$
 Aluminium mit der Maßgabe, daß folgende
 Beziehungen erfüllt sind:
 $(\% \text{ Si}) + 2 (\% \text{ Al}) > 1,6\ \% \text{ und}$
 $(\% \text{ Si}) + (\% \text{ Al}) < 4,5\ \%,$
 Rest Eisen,
- einschließlich unvermeidbarer Verunreinigungen, der auf eine Dicke nicht unter 3,5 mm warmgewalzt
wird, worauf das so erhaltene Warmbild ohne rekristallisierendes Zwischenglühen mit einem Verfor-
mungsgrad von mindestens 86 % kaltgewalzt und das Kaltbild gegläht wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß beim Warmwalzen in der Fertigstraße, wenn die Brammentemperatur
im Bereich von 1000 bis 1060 °C liegt, höchstens mit 30 % pro Stich verformt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, daß mit einer Endwalztemperatur im Bereich von 900 bis 960 °C
warmgewalzt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß bei dem Kaltwalzen bis zu einer Dicke von 1,3 bis 1,9 mm eine
Bandtemperatur von 180 bis 300 °C eingehalten wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß das kaltgewalzte Band bei einer Banddicke, die noch das 1,12- bis
1,20-fache der Enddicke beträgt, einer nichtrekristallisierenden Erholungsgläht unterworfen wird,
bevor es anschließend auf Enddicke kaltgewalzt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, daß die Gläht im Temperaturbereich von 400 bis 500 °C für 1 bis 10 h
vorgenommen wird.
16. Verfahren zur Herstellung eines schlußgeglähten Elektrobildes nach einem der Ansprüche 10 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das auf Enddicke gewalzte Band in einem Durchlaufofen, gegebenen-
falls entkohlend vorgegläht und anschließend im Temperaturbereich von 900 bis 1100 °C schlußge-

glüht wird.

17. Verfahren zur Herstellung eines nichtschlußgeglühten Elektrobandes nach einem der Ansprüche 10 bis 15,

5 **dadurch gekennzeichnet**, daß das kaltgewalzte Band in einem Haubenglühofen unter H_2 -Atmosphäre rekristallisierend geglüht und anschließend gerichtet oder mit einem Umformgrad von weniger als 7 % nachgewalzt wird.

18. Verfahren zur Herstellung eines nichtschlußgeglühten Elektrobandes nach einem der Ansprüche 10 bis 15,

10 **dadurch gekennzeichnet**, daß das kaltgewalzte Band in einem Durchlaufofen bei einer Temperatur im Bereich von 750 bis 900 °C für weniger als 5 min rekristallisierend geglüht wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55