

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 444 372 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

23.02.2005 Patentblatt 2005/08

(21) Anmeldenummer: **02779558.2**

(22) Anmeldetag: **14.11.2002**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/012754

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/042416 (22.05.2003 Gazette 2003/21)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON NICHTKORNORIENTIERTEM ELEKTROBLECH**

METHOD FOR THE PRODUCTION OF ELECTRICAL SHEET WITH NON-ORIENTED GRAINS

PROCEDE POUR PRODUIRE UNE TOLE ELECTRIQUE A GRAINS NON ORIENTES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(30) Priorität: **16.11.2001 DE 10156059**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.08.2004 Patentblatt 2004/33

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

(72) Erfinder:

- **FISCHER, Olaf
44879 Bochum (DE)**
- **FRIEDRICH, Karl, Ernst
47447 Moers (DE)**
- **RASIM, Wolfgang A.
47608 Geldern (DE)**

• **SCHNEIDER, Jürgen
44807 Bochum (DE)**

• **WUPPERMANN, Carl-Dieter
47803 Krefeld (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A- 19 918 484 US-A- 3 935 038
US-A- 5 258 080**

- **DATABASE WPI Section Ch, Week 199148
Derwent Publications Ltd., London, GB; Class
L03, AN 1991-349251 XP002230783 & JP 03
232924 A (NIPPON STEEL CORP), 16. Oktober
1991 (1991-10-16)**

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 1 444 372 B1

Beschreibung

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

[0002] Unter dem Begriff "nichtkornorientiertes Elektroblech" wird in diesem Zusammenhang ein Stahlblech oder ein Stahlband verstanden, welches unabhängig von seiner Textur unter die in DIN 46 400 Teil 1 oder 4 genannten Bleche fällt und dessen Verlustanisotropie die in DIN 46 400 Teil 1 festgelegten Höchstwerte nicht überschreitet. Die Begriffe "Blech" und "Band" werden hier synonym verwendet.

[0003] Konventionell umfaßt die Herstellung von nichtkornorientiertem Elektroblech (NO-Elektroblech) die Schritte:

- Erschmelzen des Stahls,
- Vergießen des Stahls zu Brammen oder Dünnbrammen,
- soweit erforderlich, Wiedererwärmen der Brammen oder Dünnbrammen,
- Einsetzen der Brammen oder Dünnbrammen in einer Warmwalzstraße,
- Vorwalzen der Brammen oder Dünnbrammen,
- Fertigwarmwalzen der Brammen oder Dünnbrammen zu einem Warmband, dessen Enddicke typischerweise zwischen 2 mm und 3 mm liegt,
- soweit erforderlich Glühen und Beizen des Warmbands, wobei diese Warmbandbehandlungen als kombiniertes Glühbeizen ausgeführt werden können,
- ein- oder mehrstufig mit zwischengeschalteter Glühung erfolgendes Kaltwalzen des Warmbands zu einem Kaltband, und
- Schlußglühen solcher Kaltbänder, die mit einem betragenden Gesamtumformgrad $> 65\%$ kaltgewalzt worden sind, oder
- Glühen und Nachwalzen solcher Kaltbänder, die mit einem höchstens 20% betragenden Gesamtumformgrad kalt nachgewalzt worden sind.

[0004] Die Vielzahl der bei solch konventioneller Vorgehensweise durchzuführenden Arbeitsschritte führt zu hohem apparativen und kostenmäßigen Aufwand. Daher wird seit jüngerer Zeit verstärkt daran gearbeitet, das Vergießen des Stahls und die anschließenden Walzprozesse bei der Warmbandherstellung so aufeinander abzustimmen, daß eine kontinuierliche Abfolge des Gieß- und des Walzvorgangs unter Einsparung des Wiedererwärmens und des Vorwalzens ermöglicht ist.

[0005] Zu diesem Zweck sind sogenannte "Gieß-Walz-Anlagen" errichtet worden. In diesen auch "CSP-Anlagen" genannten Vorrichtungen wird der Stahl zu einem kontinuierlich abgezogenen Strang vergossen, von dem "in-line" Dünnbrammen abgeteilt werden, die dann ebenso "in-line" zu Warmband warmgewalzt werden. Die beim Betrieb von Gieß-Walz-Anlagen gewonnenen Erfahrungen und die Vorteile des "in-line" erfolgenden Gieß-Walzens sind beispielsweise in W. Bald u.a. "Innovative Technologie zur Banderzeugung", Stahl und Eisen 119 (1999) Nr. 3, Seiten 77 - 85, oder C. Hendricks u.a. "Inbetriebnahme und erste Ergebnisse der Gießwalzanlage der Thyssen Krupp Stahl AG", Stahl und Eisen 120 (2000) Nr. 2, Seiten 61 - 68, dokumentiert worden. Die üblichen Warmbanddicken liegen hierbei im Bereich $\geq 1,8$ mm.

[0006] Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum kostengünstigen Herstellen von nichtkornorientiertem Elektroblech oder -band zu schaffen.

[0007] Diese Aufgabe wird ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik durch ein Verfahren zum Herstellen von kaltgewalztem nichtkornorientierten Elektroblech oder -band mit einer Enddicke von $\leq 0,75$ mm gelöst, welches folgende Arbeitsschritte umfaßt:

- Erschmelzen eines Stahls mit (in Gew.-%) C: $\leq 0,01\%$, Mn: $\leq 1,5\%$, Si: $0,1 - 4,5\%$, Al: $0,001 - 2,0\%$, P: $\leq 0,1\%$, Sn: $\leq 0,15\%$, Sb: $\leq 0,15\%$, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,
- Vergießen des Stahls zu Dünnbrammen oder gegossenem Band,

- kontinuierlich auf das Vergießen folgendes Wärmebehandeln der gegossenen Dünnbrammen oder des gegossenen Bandes,
- kontinuierlich auf das Wärmebehandeln folgendes Warmwalzen der Dünnbrammen oder des gegossenen Bandes zu einem Warmband mit einer Enddicke von $\leq 1,8$ mm,
- Haspeln des Warmbands,
- Kaltwalzen des Warmbands zu einem Kaltband mit einer Enddicke von $\leq 0,75$ mm, wobei der während des Kaltwalzens erzielte Gesamtumformgrad höchstens 65% beträgt, und
- Schlußwärmebehandeln des Kaltbands.

[0008] Abhängig von den jeweiligen Produktionsbedingungen und / oder der geforderten Beschaffenheit des erhaltenen Kaltbandes kann das Warmband vor dem Kaltwalzen einer Beiz-Behandlung unterzogen und / oder vor dem Kaltwalzen geglüht werden.

[0009] Die Erfindung koppelt die durch den Einsatz einer Gießwalzanlage (In-line Gießen und Walzen) erzielbaren Effekte mit Effekten der Reduzierung des Aufwands beim Kaltwalzen durch Einsatz von Gießwalz-Warmband aus FeSi-Stählen in einer Dicke $\leq 1,8$ mm, vorteilhaft $\leq 1,2$ mm.

[0010] Aufgrund seiner Beschaffenheit läßt sich erfindungsgemäßes Warmband mit gegenüber dem Stand der Technik deutlich vermindertem Aufwand zu kaltgewalztem NO-Elektroblech verarbeiten, dessen Enddicke typischerweise 0,35 mm bis 0,75 mm, insbesondere 0,2 mm, 0,35 mm, 0,50 mm oder 0,65 mm, beträgt. Es hat sich überraschend gezeigt, daß erfindungsgemäß erzeugtes NO-Elektroblech trotz der Einsparung von bei konventioneller Vorgehensweise stets notwendigen Prozeßschritten Eigenschaften aufweist, die mindestens gleich den Eigenschaften von konventionell erzeugten NO-Elektroblechen sind. So weisen erfindungsgemäß erzeugte Elektrobleche auf Basis einer FeSi-Legierung mit 1,3 % Si-Anteil Ummagnetisierungsverluste $P_{1,5}$ von weniger als 5,3 W/kg auf. (Unter " $P_{1,5}$ " wird dabei der Ummagnetisierungsverlust bei einer Polarisierung von 1,5 T und einer Frequenz von 50 Hz verstanden.) Die konventionell auf Basis konventionellen Warmbands erzeugten Sorten der gleichen Legierung ergeben jeweils Werte für $P_{1,5}$ von $> 5,3$ W/kg.

[0011] Die dem bekannten Gieß-Walzen eigene kontinuierliche Aufeinanderfolge von Vergießen des Stahls zu Dünnbrammen und Warmwalzen der Dünnbrammen zu Warmband gestattet auch bei der Herstellung erfindungsgemäßer Warmbänder die Einsparung von Arbeitsschritten, wie die Wiedererwärmung der Brammen und das Vorwalzen. Darüber hinaus zeigt sich, daß die Einsparung der betreffenden Arbeitsschritte Auswirkungen hat auf den Werkstoffzustand in den verschiedenen Herstellungsphasen. Dieser unterscheidet sich zum Teil erheblich von dem Zustand, der bei der konventionellen Erzeugung von Warmband erreicht wird, bei der mit einer Wiedererwärmung der abgekühlten Brammen begonnen wird. Insbesondere sind es die Makro-Seigerungen sowie der Lösungs- und Ausscheidungszustand, die erfindungsgemäß erzeugte Warmbänder von konventionell erzeugten unterscheidet. Zudem erfolgt beim In-Line-Gieß-Walzen der Umformvorgang während des Warmwalzens bei günstigen thermischen Bedingungen. So können die Walzstiche mit höheren Umformgraden aufgebracht und die Umformbedingungen gezielt für die Steuerung der Gefügeentwicklung genutzt werden.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird, wenn aufgrund der jeweils verarbeiteten Stahlzusammensetzung die Übergangstemperatur vom Mischgebiet zum Ferritgebiet $A_{r1} \geq 900$ °C ± 20 °C beträgt und insbesondere dann, wenn die Dicke des fertig warmgewalzten Warmbands nicht mehr als 1,2 mm beträgt, während des Warmwalzens mindestens 30 % der Dickenabnahme im Ferritgebiet erzielt. In solchen Fällen, wenn die Übergangstemperatur vom Mischgebiet zum Ferritgebiet $A_{r1} \leq 900$ °C ± 20 °C beträgt und die Dicke des fertig warmgewalzten Warmbands insbesondere nicht mehr als 1,2 mm beträgt, ist es dagegen günstig, wenn mindestens 35 % der Dickenabnahme während des Warmwalzens im Zweiphasengebiet γ/α erzielt werden.

[0013] Durch das derart gezielt in den einzelnen Phasenzustandsbereichen vorgenommene Walzen lassen sich insbesondere bei der Verarbeitung von umwandelnden Legierungen Warmbänder erzeugen, die in Bezug auf die an NO-Elektrobleche gestellten Anforderungen optimierte Eigenschaften besitzen. Es hat sich beispielsweise gezeigt, daß sich durch eine geeignete Kombination der Phasenabfolge beim Warmwalzen in Verbindung mit bestimmten Endwalz- und Haspeltemperaturen eine entscheidende Anhebung der magnetischen Polarisierung erreichen läßt.

[0014] Sofern ein Walzen im Mischgebiet durchgeführt ist, kann es ebenfalls zweckmäßig sein, mindestens einen Stich im reinen Ferritgebiet durchzuführen. Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die durch das Walzen im Mischgebiet erzielten Vorteile mit den positiven Auswirkungen kombiniert, die ein Walzen im Ferritgebiet mit sich bringt. Dabei beträgt die Dickenabnahme beim Walzen im Ferritgebiet vorzugsweise mindestens 10 % und höchstens 33 %, so daß der Schwerpunkt der Umformung trotz des abschließenden Walzens im Ferritgebiet unverändert im Mischgebiet Austenit / Ferrit liegt.

[0015] Vorzugsweise wird dann, wenn wenigstens die letzten Stiche des Warmwalzens im Ferrit durchgeführt werden, während des Warmwalzens mindestens bei einem der letzten Umformstiche mit Schmierung gewalzt. 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, je nach den gewünschten Eigenschaften des zu erzeugenden Elektroblechs, vorteilhaft sein, wenn sämtliche im Ferritgebiet erfolgenden Umformstiche mit einer Walzschmierung durchgeführt werden.

[0016] Die Haspeltemperatur sollte so gewählt werden, daß sie mindestens um 300 °C niedriger ist als die Warmwalzendtemperatur oder höher ist als die um 150 °C verminderte Warmwalztemperatur. Bei Einhaltung der hohen Haspeltemperatur kann in der Regel auf eine zusätzliche Warmbandglühung ganz oder zumindest zum wesentlichen Teil verzichtet werden. So unterstützt das Haspeln bei hohen Temperaturen die weitergehende Entfestigung des Warmbands schon im Coil, wobei die seine Eigenschaften bestimmenden Merkmale, wie Korngröße, Textur und Ausscheidungen, zusätzlich positiv beeinflußt werden.

[0017] Die niedrigen Haspeltemperaturen ergeben insbesondere bei höher silizierten Elektroblechsorten gute Arbeitsergebnisse, da in diesem Fall sich im Zuge des Haspelns ein Gefügezustand einstellt, der beim nachfolgenden Kaltwalzen zur Ausprägung einer im Hinblick auf die Eigenschaften von NO-Elektroblechen günstigen Kornstruktur führt.

[0018] Insbesondere dann, wenn ein Haspeln bei niedrigen Temperaturen durchgeführt wird, ist es zur Unterstützung der weiteren Entfestigung des erfindungsgemäß erzeugten Warmbands günstig, eine Warmbandglühung durchzuführen. So lassen sich geglühte Warmbänder mit besonders guten magnetischen und technologischen Eigenschaften herstellen.

[0019] Um eine möglichst einwandfreie Oberflächenbeschaffenheit des erhaltenen NO-Elektroblechs zu gewährleisten und Betriebsstörungen während der Kaltbandbearbeitung zu vermeiden, kann es darüber hinaus sinnvoll sein, das Warmband einer Oberflächenbehandlung zu unterziehen. Diese Oberflächenbehandlung umfaßt üblicherweise ein Beizen des Warmbands, bei dem auf dem Warmband haftender Zunder entfernt wird. Ergänzend oder alternativ kann die Oberflächenbehandlung elektrolytisch, chemisch und / oder physikalisch mechanisch erfolgen. Im Ergebnis wird dabei eine zunderfreie, möglichst ebene Oberfläche erhalten, die ein störungsfreies Kaltwalzen sicherstellt und die Erzeugung eines hochwertiges Kaltwalzproduktes unterstützt.

[0020] Die erfindungsgemäße Vorgehensweise bei der Herstellung von für die Erzeugung von Elektroblechen bestimmten Warmbändern wirkt sich insbesondere dann vorteilhaft aus, wenn die Dicke des Warmbands beim Verlassen der Warmbandstraße höchstens 1,2 mm beträgt. Derart dünnes erfindungsgemäß erzeugtes Warmband läßt sich schon aufgrund seiner geringen Dicke in besonders einfacher Weise zu einem kaltgewalzten Elektroblech verarbeiten, dessen Enddicke typischerweise 0,35 mm bis 0,75 mm, insbesondere 0,2 mm, 0,35 mm, 0,50 mm oder 0,65 mm, beträgt.

[0021] Hinzukommt, daß erfindungsgemäß auf einer Gieß-Walz-Anlage erzeugtes Warmband dieser Dicke schon im warmgewalzten Zustand eine mindestens teilentfestigte Gefügestruktur aufweist, so daß hohe Gesamtumformgrade und dementsprechend hohe Umformkräfte bei seiner Kaltumformung vermieden werden können. Statt dessen ist es dadurch, daß das Warmband erfindungsgemäß so dünn wie möglich erzeugt, insbesondere auf Dicken unter 1,2 mm warmgewalzt wird, bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise regelmäßig ausreichend, das Kaltwalzen mit einem 20 % bis 65 % betragenden Gesamtumformgrad durchzuführen, um die vom Anwender geforderten Enddicken zu erreichen.

[0022] Das Kaltwalzen kann in bekannter Weise mehrstufig erfolgen. Erforderlichenfalls kann dabei in ebenso bekannter Weise zwischen mindestens einer der Stufen des Kaltwalzens eine Zwischenglühung des kaltgewalzten Bandes durchgeführt werden. Diese Zwischenglühung kann in einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt werden, um möglichst geringe Kohlenstoffgehalte des erhaltenen NO-Blechs einzustellen.

[0023] Nach Abschluß des Kaltwalzens kann das erhaltene Kaltband in konventioneller Weise einer Schlußwärmebehandlung unterzogen werden, um in dem Kaltband eine optimale magnetische Textur und Kornverteilung sowie -größe zu erzielen. Dabei kann auch die Schlußwärmebehandlung in einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt werden, um einen möglichst geringen und dementsprechend der magnetischen Alterung vorbeugenden Kohlenstoffgehalt des fertigen NO-Elektroblechs einzustellen.

[0024] Um eine optimale Oberflächenbeschaffenheit zu gewährleisten, kann im Anschluß an die Schlußwärmebehandlung eine elektrolytische, chemisch und/oder physikalische Oberflächenbehandlung des Kaltbandes durchgeführt werden.

[0025] Alternativ oder ergänzend kann es zur Verbesserung der Maßhaltigkeit und der Verformbarkeit des fertigen NO-Elektroblechs vorteilhaft sein, das Kaltband nach der Schlußwärmebehandlung nachzuwalzen, wobei der Gesamtumformgrad < 20 % beträgt.

[0026] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Im Diagramm ist für verschiedene nichtkornorientierte Elektrobleche die magnetische Polarisierung J2500 über dem Ummagnetisierungsverlust $P_{1,5}$ aufgetragen. In der ebenso beigefügten Tabelle 1 sind die Eigenschaften und Verarbeitungsparameter für unter La-

borbedingungen aus Warmbändern W1 bis W16 erzeugte nichtkornorientierte Elektrobleche und in Tabelle 2 die Eigenschaften und Verarbeitungsparameter für unter Betriebsbedingungen aus Warmbändern W17 bis W22 erzeugte nichtkornorientierte Elektrobleche angegeben.

[0027] Zur Ermittlung der Eigenschaften von erfindungsgemäß erzeugten nichtkornorientierten Elektroblechen ist eine FeSi1.3-Legierung mit (in Gew.-%) 0,0017 % C, 0,195 % Mn, 1,286 % Si, 0,039 % P und 0,128 % Al, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen erschmolzen worden.

[0028] Die erhaltene Stahlschmelze ist in einer Gieß-Walz-Anlage zunächst zu einem Strang vergossen worden, von dem dann in einem kontinuierlich abfolgenden Arbeitsgang Dünnbrammen abgeteilt wurden, welche anschließend ebenso "in-line" in mehreren Stichen zu Warmbändern W1-W22 warmgewalzt und dann gehaspelt worden sind. Die jeweilige Enddicke WBd der Warmbänder W1-W22 ist in Tabelle 1 und 2 angegeben. Die Warmbandenddicke WBd der erfindungsgemäß erzeugten Warmbänder W1-W9 und W17 bis W20 lag dabei jeweils unterhalb von 1,8 mm. Bei den Warmbändern W3, W6, W9 und W17 betrug sie sogar weniger als 1,2 mm.

[0029] Die Warmbänder W10-W16 sowie W21 und W22 sind demgegenüber auf konventionelle, nicht erfindungsgemäße Weise hergestellt worden, indem der Stahl zu Brammen vergossen wurde, die dann zunächst zu Brammen abgekühlt, dann wiedererwärmt und anschließend vorgewalzt wurden, bevor sie in der Warmwalzstaffel auf eine Enddicke von 2 mm warmgewalzt wurden.

[0030] Die Warmbänder W1, W2, W3 und das Warmband W10 sind nach dem Haspeln zu Kaltbändern mit einer Dicke von 0,35 mm, die Warmbänder W4, W5, W6 und die Warmbänder W11, W12, W13 sowie die Warmbänder W17 bis W22 zu Kaltbändern mit einer Dicke von 0,5 mm und die Warmbänder W7, W8, W9 sowie die Warmbänder W14, W15 und W16 zu Kaltbändern mit einer Dicke von 0,65 mm kaltgewalzt worden. Die dabei erreichten Umformgrade sind in der Spalte UG in den beigefügten Tabellen eingetragen.

[0031] Ebenso sind in die Tabellen 1, 2 die elektromagnetischen Eigenschaften $P_{1,0}$, $P_{1,5}$, $P_{1,7}$, J_{800} , J_{1000} , J_{2500} , J_{5000} und J_{10000} angegeben. Unter " $P_{1,0}$ ", " $P_{1,5}$ " bzw. " $P_{1,7}$ " wird dabei der Ummagnetisierungsverlust bei einer Polarisation von 1,0 T, 1,5 T bzw. 1,7 T und einer jeweiligen Frequenz von 50 Hz verstanden. " J_{800} ", " J_{1000} ", " J_{2500} ", " J_{5000} " bzw. " J_{10000} " bezeichnen die magnetische Polarisation bei einer magnetischen Feldstärke von 800 A/m, 1000 A/m, 2500 A/m, 5000 A/m bzw. 10000 A/m.

[0032] Es zeigt sich, daß sich bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise trotz oder gerade wegen der durch den Einsatz einer Gieß-Walz-Anlage ermöglichten Einsparung von Arbeitsschritten bei der Warmverarbeitung und den geringen Umformgraden bei der Kaltbänderzeugung nichtkornorientierte Elektrobleche herstellen lassen, deren Eigenschaften mindestens gleich denen konventionell erzeugter Bleche oder diesen sogar überlegen sind, wie das Diagramm zeigt.

Warm- band Nr.	Erfin- dungs- gemäß	WBd [mm]	End- dicke [mm]	UG [%]	P _{1,0} [W/kg]	P _{1,5} [W/kg]	P _{1,7} [W/kg]	J ₈₀₀ [T]	J ₁₀₀₀ [T]	J ₂₅₀₀ [T]	J ₅₀₀₀ [T]	J ₁₀₀₀₀ [T]
WB1	JA	1,76	0,35	≥ 82	1,738	3,680	*)	1,566	1,589	1,670	1,747	1,589
WB2	JA	1,21	0,35	70	1,875	3,962	*)	1,566	1,587	1,668	1,746	1,587
WB3	JA	1,08	0,35	70	1,616	3,418	*)	1,574	1,591	1,689	1,737	1,591
WB4	JA	1,76	0,50	70	2,101	4,411	5,742	1,577	1,603	1,685	1,761	1,603
WB5	JA	1,21	0,50	60	2,073	4,316	5,602	1,573	1,597	1,679	1,759	1,597
WB6	JA	1,08	0,50	50	2,201	4,626	5,948	1,550	1,581	1,666	1,743	1,581
WB7	JA	1,76	0,65	60	2,720	5,722	7,394	1,576	1,599	1,682	1,757	1,599
WB8	JA	1,21	0,65	50	2,354	4,958	6,441	1,570	1,592	1,671	1,746	1,592
WB9	JA	1,08	0,65	40	2,601	5,485	7,095	1,557	1,578	1,657	1,734	1,578
WB10	NEIN	≥ 2	0,35	83	1,630	3,547	4,879	1,562	1,586	1,684	1,766	1,586
WB11	NEIN	≥ 2	0,50	≥ 75	1,897	4,150	5,510	1,583	1,604	1,692	1,772	1,604
WB12	NEIN	≥ 2	0,50	≥ 75	2,611	5,772	7,328	1,540	1,562	1,655	1,737	1,562
WB13	NEIN	≥ 2	0,50	≥ 75	2,269	5,125	6,589	1,530	1,553	1,646	1,729	1,553
WB14	NEIN	≥ 2	0,65	≥ 67	2,199	5,014	6,670	1,602	1,626	1,720	1,801	1,626
WB15	NEIN	≥ 2	0,65	≥ 68	2,624	6,128	7,833	1,546	1,569	1,663	1,746	1,569
WB16	NEIN	≥ 2	0,65	≥ 69	2,789	6,392	8,171	1,549	1,573	1,667	1,749	1,573

Längswerte bei 50 Hz

*) nicht ermittelt

Legierung FeSi1.3 (in Gew.-%):

0,0017 % C, 0,195 % Mn, 1,286 % Si, 0,039 % P und 0,128 % Al, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen

TABELLE 1

Warm- band Nr.	Erfin- dungs- gemäß	WBd [mm]	End- dicke [mm]	UG [%]	P _{1,0} [W/kg]	P _{1,5} [W/kg]	P _{1,7} [W/kg]	J ₈₀₀ [T]	J ₁₀₀₀ [T]	J ₂₅₀₀ [T]	J ₅₀₀₀ [T]	J ₁₀₀₀₀ [T]
WB17	JA	1,040	0,50	52	2,030	4,400	*)	*)	*)	1,630	1,708	1,815
WB18	JA	1,230	0,50	59	2,220	4,960	*)	*)	*)	1,632	1,710	1,815
WB19	JA	1,730	0,50	71	2,070	4,450	*)	*)	*)	1,646	1,723	1,830
WB20	JA	1,800	0,50	72	2,400	5,090	*)	*)	*)	1,647	1,726	1,831
WB21	NEIN	≥2	0,50	≥ 75	2,789	6,023	7,606	1,500	1,529	1,630	1,715	1,529
WB22	NEIN	≥2	0,50	≥ 75	2,098	4,464	5,816	1,547	1,570	1,663	1,744	1,570

Mischwerte bei 50 Hz

*) nicht ermittelt

Legierung FeSi1.3 (in Gew.-%):

0,0017 % C, 0,195 % Mn, 1,286 % Si, 0,039 % P und 0,128 % Al, Rest Fe und unvermeidbare Verunreinigungen

TABELLE 2

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von kaltgewalztem nichtkornorientierten Elektroblech oder -band mit einer Enddicke von $\leq 0,75$ mm umfassend folgende Arbeitsschritte:

- Erschmelzen eines Stahls mit (in Gew.-%)

C	$\leq 0,01$ %,
Mn	$\leq 1,5$ %,
Si	0,1 - 4,5 %,
Al	0,001 - 2,0 %,
P	$\leq 0,1$ %,
Sn	$\leq 0,15$ %,
Sb	$\leq 0,15$ %,

Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen,

- Vergießen des Stahls zu Dünnbrammen oder gegossenem Band,
- kontinuierlich auf das Vergießen folgendes Wärmebehandeln der gegossenen Dünnbrammen oder des gegossenen Bandes,
- kontinuierlich auf das Wärmebehandeln folgendes Warmwalzen der Dünnbrammen oder des gegossenen Bandes zu einem Warmband mit einer Enddicke von $\leq 1,8$ mm,
- Haspeln des Warmbands,
- Kaltwalzen des Warmbands zu einem Kaltband mit einer Enddicke von $\leq 0,75$ mm, wobei der während des Kaltwalzens erzielte Gesamtumformgrad höchstens 65 % beträgt, und
- Schlußwärmebehandeln des Kaltbands.

2. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Dicke des Warmbands höchstens 1,2 mm beträgt und das Kaltwalzen mit einem Gesamtumformgrad von 20 % bis 65 % erfolgt.

3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband einer Oberflächenbehandlung unterzogen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächenbehandlung allein ein Beizen des Warmbands umfaßt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Oberflächenbehandlung aus einer Kombination einer physikalischen, insbesondere einer mechanischen Vorbehandlung mit einer chemischen Behandlung, wie Beizen, besteht.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens 30 % der Dickenabnahme während des Warmwalzens im Ferritgebiet erzielt werden, wenn die Übergangstemperatur vom Mischgebiet zum Ferritgebiet $A_{r1} \geq 900$ °C ± 20 °C beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens 35 % der Dickenabnahme während des Warmwalzens im Zweiphasengebiet γ/α erzielt werden, wenn die Übergangstemperatur vom Mischgebiet zum Ferritgebiet $A_{r1} \leq 900$ °C ± 20 °C beträgt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens ein Stich im reinen Ferritgebiet durchgeführt wird und daß die Dickenabnahme beim Walzen im Ferritgebiet mindestens 10 % und höchstens 33 % beträgt.

9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** beim Warmwalzen im Ferritgebiet mindestens ein Stich mit Schmierung durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Haspeltemperatur gilt:

Haspeltemperatur > Warmwalzendtemperatur - 150 °C.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** für die Haspeltemperatur gilt:

$$\text{Haspeltemperatur} < \text{Warmwalzendtemperatur} - 300 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Warmband einer Warmbandglühung unterzogen wird.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltwalzen mehrstufig erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen mindestens einer der Stufen des Kaltwalzens eine Zwischenglühung des kaltgewalzten Bandes durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zwischenglühung in einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schlußwärmebehandlung in einer entkohlenden Atmosphäre durchgeführt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schlußwärmebehandlung in einer nichtentkohlenden Atmosphäre erfolgt.

18. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Anschluß an die Schlußwärmebehandlung eine elektrolytische, chemische und/oder physikalische Oberflächenbehandlung des Kaltbandes durchgeführt wird.

19. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kaltband nach der Schlußwärmebehandlung mit einem Gesamtumformgrad von $< 15 \%$ nachgewalzt wird.

Claims

1. Method for producing cold-rolled non-grain oriented electrical sheet or strip with an end thickness of $\leq 0.75 \text{ mm}$ comprising the following working steps:

- melting a steel with (in % by weight)

C	$\leq 0.01\%$
Mn	$\leq 1.5\%$
Si	0.1 - 4.5%
Al	0.001 - 2.0%
P	$\leq 0.1\%$
Sn	$\leq 0.15\%$
Sb	$\leq 0.15\%$

the remainder iron and unavoidable impurities,

- casting the steel to form thin slabs or cast strip,
- heat treatment of the cast thin slabs or the cast strip continuously following the casting,
- hot-rolling of the thin strips or the cast strip continuously following the heat treatment to form a hot strip with an end thickness of $\leq 1.8 \text{ mm}$,
- coiling the hot strip,
- cold-rolling the hot strip to form a cold strip with an end thickness of $\leq 0.75 \text{ mm}$, wherein the degree of total

deformation achieved during the cold-rolling is at most 65%, and

- final heat treatment of the cold strip.

2. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the thickness of the hot strip is at most 1.2 mm and cold-rolling takes place with a degree of total deformation of 20% to 65%.
3. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is subjected to a surface treatment.
4. Method according to Claim 3, **characterised in that** the surface treatment solely comprises pickling the hot strip.
5. Method according to one of Claims 3 or 4, **characterised in that** the surface treatment consists of a combination of a physical, in particular a mechanical treatment with a chemical treatment, such as pickling.
6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least 30% of the reduction in thickness is achieved during hot-rolling in the ferritic area, when the transition temperature from the mixed area to the ferritic area is $A_{r1} \geq 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.
7. Method according to any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** at least 35% of the reduction in thickness is achieved during hot-rolling in the two-phase area γ/α , when the transition temperature from the mixed area to the ferritic area is $A_{r1} \leq 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.
8. Method according to Claim 6 or 7, **characterised in that** at least one pass is carried out in the pure ferritic area and **in that** the reduction in thickness during rolling in the ferritic area is at least 10% and at most 33%.
9. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** at least one pass is carried out with lubrication during hot-rolling in the ferritic area.
10. Method according to any one of Claims 6 to 9, **characterised in that** for the coil temperature:
coil temperature > hot rolling end temperature - 150°C applies.
11. Method according to any one of Claims 6 to 9, **characterised in that** for the coil temperature:
coil temperature < hot rolling end temperature - 300°C applies.
12. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the hot strip is subjected to a hot strip annealing.
13. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cold-rolling is carried out in a multi-stage manner.
14. Method according to Claim 13, **characterised in that** an intermediate annealing of the cold-rolled strip is carried out between at least one of the stages of the cold-rolling.
15. Method according to Claim 14, **characterised in that** the intermediate annealing is carried out in a decarbonising atmosphere.
16. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the final heat treatment is carried out in a decarbonising atmosphere.
17. Method according to any one of Claims 1 to 15, **characterised in that** the final heat treatment is carried out in a non-decarbonising atmosphere.
18. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** an electrolytic, chemical and/or physical surface treatment of the cold strip is carried out following the final heat treatment.

19. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the cold strip is after-rolled after the final heat treatment with a degree of total deformation of < 15%.

Revendications

1. Procédé de fabrication de tôles ou de feuillards magnétiques à grains non orientés, d'une épaisseur finale $\leq 0,75$ mm, qui comprend les étapes de travail suivantes :

- mise en fusion d'un acier qui contient (en % en poids)

C	$\leq 0,01$ %
Mn	$\leq 1,5$ %
Si	0,1 - 4,5 %
Al	0,001 - 2,0 %
P	$\leq 0,1$ %
Sn	$\leq 0,15$ %
Sb	$\leq 0,15$ %

le reste étant du fer et les impuretés inévitables,

- coulée de l'acier en brames minces ou en bandes coulées,
- traitement thermique en continu des brames minces coulées ou de la bande coulée après la coulée,
- laminage à chaud réalisé en continu après le traitement thermique des brames minces ou de la bande coulée pour obtenir un feuillard à chaud d'une épaisseur $\leq 1,8$ mm,
- bobinage de la bande à chaud,
- laminage à froid de la bande à chaud pour obtenir un feuillard à froid d'une épaisseur finale $\leq 0,75$ mm, le taux de déformation total réalisé lors du laminage à froid étant d'au plus 65 % et
- traitement thermique final du feuillard à froid.

2. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'épaisseur du feuillard à chaud est d'au moins 1,2 mm et **en ce que** le laminage à froid est réalisé à un degré total de déformation de 20 % à 65 %.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard à chaud subit un traitement de surface.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le traitement de surface comprend uniquement un décapage du feuillard à chaud.

5. Procédé selon l'une des revendications 3 ou 4, **caractérisé en ce que** le traitement de surface est constitué d'une combinaison d'un prétraitement physique et en particulier mécanique et d'un traitement chimique, par exemple le décapage.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins 30 % de la diminution d'épaisseur pendant le laminage à chaud sont réalisés dans le domaine ferritique si la température de transition entre le domaine mixte et le domaine ferritique A_{r1} est $\geq 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**au moins 35 % de la diminution d'épaisseur pendant le laminage à chaud sont réalisés dans le domaine biphasique γ/α si la température de transition du domaine mixte au domaine ferritique A_{r1} est $\leq 900^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$.

8. Procédé selon les revendications 6 ou 7, **caractérisé en ce qu'**on réalise au moins une passe dans le domaine purement ferritique et **en ce que** la diminution d'épaisseur lors du laminage dans le domaine ferritique est d'au moins 10 % et d'au plus 33 %.

9. Procédé selon les revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lors du laminage à chaud dans le domaine ferritique, on réalise au moins une passe avec lubrification.

10. Procédé selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** pour la température de bobinage, on a :

température de bobinage > température finale de laminage -150°C.

11. Procédé selon l'une des revendications 6 à 9, **caractérisé en ce que** pour la température de bobinage, on a :

température de bobinage < température finale de laminage -300°C.

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard à chaud subit un recuit de feuillard à chaud.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le laminage à froid s'effectue en plusieurs étapes.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce qu'**entre au moins l'une des étapes du laminage à froid, on réalise un recuit intermédiaire du feuillard laminé à froid.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le recuit intermédiaire est réalisé dans une atmosphère décarburisante.

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le traitement thermique final est réalisé dans une atmosphère décarburisante.

17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** le traitement thermique final est réalisé dans une atmosphère non décarburisante.

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**après le traitement thermique final, on réalise un traitement électrolytique, chimique et/ou physique de la surface du feuillard à froid.

19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le feuillard à froid reçoit un laminage final à un degré total de déformation < 15 % après le traitement thermique final.

