

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 651 061 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94116869.2**

51 Int. Cl.⁶: **C21D 8/12**

22 Anmeldetag: **26.10.94**

30 Priorität: **01.11.93 DE 4337605**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.05.95 Patentblatt 95/18

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE DE FR GB IT SE

71 Anmelder: **EKO Stahl GmbH**
Postfach 7252
D-15872 Eisenhüttenstadt (DE)
Anmelder: **Institut für Festkörper- und**
Werkstoffforschung Dresden e.V.
Helmholtzstr. 20
D-01069 Dresden (DE)

72 Erfinder: **Mager, Siegfried, Dr.**

Holbeinstrasse 149
D-01309 Dresden (DE)
Erfinder: **Wieting, Jochen, Dr.**
Goethestrasse 1
D-01109 Dresden (DE)
Erfinder: **Bürger, Rolf, Dr.**
Heinrich-Greif-Strasse 3
D-01217 Dresden (DE)
Erfinder: **Kleine, Horst, Dr.**
Dorfstrasse 16
D-15295 Aurith (DE)

74 Vertreter: **Wenzel, Klaus**
EKO Stahl GmbH,
Postfach 7252
D-15872 Eisenhüttenstadt (DE)

54 **Verfahren zur Erzeugung von kornorientiertem Elektroband und daraus hergestellte Magnetkerne.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von kornorientiertem Elektroband mit in vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit in der Walzebene und daraus hergestellte Magnetkerne für umlaufende und nicht umlaufende Elektromaschinen.

Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß Stahlbrammen mit einem C-Gehalt von < 0,10 % und einem Si-Gehalt von 0 bis 2 % sowie Gehalten an Al, Mn, S, N, O in den für Elektroband üblichen Konzentrationen auf ca. 1250 °C vorgewärmt, in 5 bis 9 Stichen bei geringen Einzelstichabnahmen vorgewalzt und mit einer Einlauftemperatur von 930 °C bis 1100 °C sowie einer Endwalztemperatur von 800 °C bis 950 °C bei Stichabnahmen = 35 % in einer Walzstaffel fertiggewalzt werden und das so erzeugte Warmband ohne Zwangskühlung bei einer Temperatur > 700 °C gehaspelt und nach Abkühlung, unter Einhaltung eines Verformungsgrades > 86 %, einer Kaltverformung unterzogen wird, der sich eine Zwischenglühung unter neutralem Gas bei 500 °C bis 750 °C 0,5 h bis 20 h sowie eine weitere Kaltverformung mit 2 bis 15 % mit nachfolgender Schlußglüfung bei Temperaturen um 800 °C in wenigstens zeitweise entkohlender Atmosphäre anschließt.

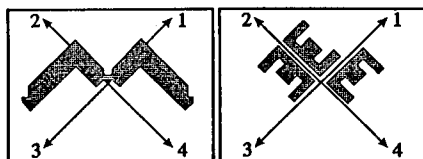


Fig. 1

EP 0 651 061 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von kornorientiertem Elektrobänd mit in vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit in der Walzebene und daraus hergestellte Magnetkerne für umlaufende und nicht umlaufende Elektromaschinen.

Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektrobändern mit sogenannter GOSS-Textur
 5 $\{011\}\langle 100 \rangle$ sind bekannt. Gemäß diesen Verfahren erfolgt die Ausrichtung der Elementarwürfel derart, daß eine Würfelkante eines Elementarwürfels in Walzrichtung liegt und zwei zueinander parallele Flächendiagonale in der Walzebene angeordnet sind. Auf diese Weise hergestelltes Material weist eine gute Magnetisierbarkeit in Walzrichtung auf. Als nachteilig tritt jedoch die schlechte Magnetisierbarkeit des Materials senkrecht zur Walzrichtung in Erscheinung. Zur Herstellung von kornorientiertem Elektrobänd mit anderer
 10 als GOSS-Textur ist in der DE-AS 1212124 ein Verfahren beschrieben, mit dem unter Verwendung eines Vormaterials mit 2 - 5 % Si-Gehalt ein Elektrobänd erzeugt wird, dessen Gefügeorientierung dadurch gekennzeichnet ist, daß zwei Flächen der Elementarwürfel parallel zur Blechoberfläche liegen und die in der Blechebene liegenden Würfelkanten sich um mindestens vier ausgezeichnete Richtungen häufen oder eine nahezu regellose Verteilung aufweisen. Verfahrensgemäß wird das Material gegläht, warmgewalzt, gebeizt
 15 und anschließend in einem oder mehreren Schritten kaltgewalzt, wobei der Kaltwalzschritt oder der letzte Kaltwalzschritt mit einem Verformungsgrad von über >90 % erfolgt. Eine Würfelflächen-textur mit einer nahezu regellosen Würfelkantenverteilung in der Walzebene läßt sich danach erreichen, wenn nach dem Kaltwalzen mit > 90 % Verformungsgrad und einer Zwischenglähbehandlung das Material nochmals in einem Schritt oder in mehreren Stufen um 30 bis 80 % kaltverformt wird. Für die Schlußglühung werden
 20 1100 °C, mehrere Stunden Glühzeit und Wasserstoffatmosphäre angegeben. Die Zwischenglühungen erfolgen verfahrensgemäß bei Temperaturen zwischen 800 und 1100 °C. Dieses Verfahren zur Herstellung von kornorientiertem Elektrobänd ist auf Grund der erforderlichen technologischen Schritte, Zwischenglühungen bei 800 - 1100 °C, mehrere Verformungsstufen sowie der vorgegebenen Materialzusammensetzung sehr aufwendig. Insbesondere das Glühen der Bunde bei Temperaturen bis 1100 °C und einer Glühdauer von 5 Stunden erfordert Maßnahmen zur Vermeidung von Klebern, wodurch das Verfahren zusätzlich in seiner Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst wird. Weiterhin haben Versuche unter Anwendung des Verfahrens gezeigt, daß Kaltwalzgrade > 90 % nicht zwangsläufig zu einer scharfen vierzähligen Orientierungsausbildung im Material führen.

Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zu finden, mit dem die Erzeugung von kornorientiertem
 30 Elektrobänd mit einer Anreicherung von Würfelflächen oder ihnen naher Lagen in der Walzebene sowie eine Häufung der Würfelkanten in Richtungen die etwa 45 ° zur Walzrichtung liegen, möglich ist und die Fertigung daraus hergestellter Magnetkerne für Elektromaschinen verbessert werden kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein Stahl mit einem
 35 Kohlenstoffgehalt von $C < 0,10 \%$
 vorzugsweise mit $C = 0,02 - 0,07 \%$
 einem Si-Gehalt von $Si = 0 - 2 \%$

und Gehalten an Al, Mn, S, N, O in den für Elektrobänd üblichen Konzentrationen verwendet wird. Gemäß diesem Verfahren werden die 200 - 300 mm dicken Stahlbrammen dieser Zusammensetzung auf ca. 1250 °C vorgewärmt und anschließend in 5 bis 9 Stichen bei geringen Einzelstichabnahmen in einer Vorstraße
 40 warmgewalzt, wobei die Stichabnahmen < 20 % für die ersten beiden und < 30 % für die folgenden Stiche betragen. Bei Einlauf in die Fertigstaffel weist das Material eine Temperatur zwischen 930 °C und 1100 °C auf, vorzugsweise < 1000 °C bei Einsatz von unlegiertem Stahl und vorzugsweise zwischen 1000 °C und 1100 °C bei Einsatz von Si-legiertem Stahl. Die Endwalztemperatur liegt verfahrensgemäß zwischen 800 °C und 950 °C, bei unlegiertem Material vorzugsweise zwischen 840 °C und 870 °C und bei legiertem
 45 vorzugsweise bis 920 °C, wobei die Stichabnahmen beim Fertigwalzen 35 % nicht übersteigen. Das so hergestellte Fertigbänd wird ohne Zwangskühlung anschließend bei einer Haspeltemperatur von > 700 °C gehaspelt. In Abhängigkeit von der gewünschten Kaltbänddicke in Bereich von 0,1 bis 0,6 mm ist die Warmbänddicke zu wählen, daß bei der folgenden Kaltverformung Verformungsgrade von > 86 % vorzugsweise > 90 % erreicht werden können. Dünnere Brammen, insbesondere solche nach der Dünnbrammengießwalztechnologie hergestellte, werden analog warmgewalzt, wobei hier aufgrund der geringeren Formänderungsgeschwindigkeiten, die Stichabnahmen jeweils um ca. 10 % höher liegen können. Es wurde gefunden, daß mit einem derart hergestellten Warmbänd die angestrebte Gefügeausbildung durch das anschließende Kaltverformen wesentlich wirtschaftlicher gestaltet werden kann. Verfahrensgemäß ist es vorteilhaft, wenn die nach dem üblichen Beizen in mehreren Stichen erfolgende Kaltverformung bei
 50 erhöhten Temperaturen im Bereich von 150 °C bis 350 °C beginnt, vorzugsweise zwischen 200 °C und 300 °C. Das mit einem Umformgrad > 86 % kaltverformte Bänd wird anschließend 0,5 bis 20 h bei 500 °C bis 750 °C unter neutralem Gas gegläht, vorzugsweise 1 bis 5 h um 550 °C für unlegiertes und bei 620 °C bis 680 °C für Si-legiertes Material. Nach dieser Zwischenglühung wird das Material einer weiteren

Kaltverformung von 2 bis 15 %, vorzugsweise 6 bis 12 % unterzogen (dressiert) und anschließend bei Temperaturen um 800 °C je nach Zusammensetzung bei oder etwas oberhalb AG 1 in wenigstens zeitweise entkohlender Atmosphäre schlußgeglüht. Es hat sich als günstig erwiesen, wenn das so erzeugte Band ein zweites Mal dressiert und schlußgeglüht wird. Die Schlußglühung kann sowohl am Band (fully finished) als auch am Stanzteil bzw. nach dem Paketieren (Semifinished) vorgenommen werden. Das verfahrensgemäß hergestellte kornorientierte Elektroband ist gekennzeichnet durch vier magnetische Vorzugsrichtungen, die unter 45 ° zur Walzrichtung in der Blechebene liegen. Diese unter Vermeidung von Hochtemperaturglühungen erzeugte Gefügebildung kann mit einer Gefügeorientierung (001)⟨110⟩ bezeichnet werden. Das Band ist besonders geeignet für Einsatzfälle, in denen der Magnetfluß in zwei zueinander senkrechten Richtungen geführt wird. Das ist z. B. in Ständerpaketen umlaufender oder nicht umlaufender Elektromaschinen der Fall. Die dazu benötigten Stanzteile werden, unter Beachtung des Verlaufs der vier Vorzugsrichtungen leichter Magnetisierbarkeit, aus dem bandförmigen Material ausgestanzt und zu einem Paket zusammengefügt. Die Kernbleche für Magnetkerne für umlaufende Elektromaschinen können dabei aus Rondeln gefertigt sein, die jeweils so zu einem Paket zusammengefügt sind daß jeweils unmittelbar aufeinanderfolgende Kernbleche zueinander um 45° gedreht angeordnet sind. Beim Einsatz von Segmenten für Magnetkerne für umlaufende Elektromaschinen werden die einzelnen Segmente so aus dem bandförmigen Elektroband ausgestanzt, daß durch sie die Richtungen der leichten Magnetisierbarkeit erfaßt werden. Derartig hergestellte Magnetkerne weisen gegenüber bisher eingesetzten Stanzteilen einen bedeutend geringeren Herstellungs- und Verarbeitungsaufwand sowie bessere magnetische Eigenschaften auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll nachfolgend an drei Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

Beispiel A

Eine unlegierte Stahlbramme mit einem C-Gehalt von 0,07 % und einer Dicke von 250 mm wird auf 1250 °C vorgewärmt und in 7 Stichen auf 32 mm vorgewalzt. Das Fertigwalzen erfolgt in 5 Stichen bei einer Einlauftemperatur von 965 °C und einer Endwalztemperatur von 840 °C, bei Einzelstichabnahme < 30 % auf 5,6 mm mit anschließender Luftabkühlung. Das gebeizte Band wird nach dem Kaltwalzen auf 0,55 mm (Verformungsgrad 90 %) bei 560 °C für 2 Stunden zwischengeglüht und anschließend mit 6 % dressiert. Nachfolgend wird dieses Material einer Schlußglühung bei 780 °C, eine Stunde in feuchtem und vier Stunden im trockenem H₂ unterzogen. Das danach hergestellte kornorientierte Elektroband weist für \hat{J} 2500 (T) folgende Werte auf:

Winkelabhängigkeit der magnetischen Polarisation bei $\hat{H} = 2500 \text{ Am}^{-1}$ ($\phi =$ Winkel zur Walzrichtung)

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
\hat{J} 2500 (T)	1,62	1,73	1,86	1,92	1,87	1,71	1,60

Der Mittelwert \bar{J} über alle Richtungen beträgt $\bar{J} \text{ 2500} = 1,78 \text{ T}$.

Beispiel B

Eine Si-legierte Stahlbramme mit einem Si-Gehalt von 1,1 % und einem C-Gehalt von 0,05 % sowie einer Dicke von 250 mm wird auf eine Temperatur von 1250 °C vorgewärmt und in der gleichen Weise bezüglich Stichanzahl und Verformungsgrad warm- und kaltgewalzt wie in Beispiel A, jedoch unter Änderung folgender Parameter:

Einlauftemperatur Fertigwalzen	1080 °C
Endwalztemperatur	895 °C
Zwischengeglühtemperatur	660 °C (2h)

Die Winkelabhängigkeit der magnetischen Polarisation ergibt dich zu

EP 0 651 061 A1

	φ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
5	\bar{J} 2500 (T)	1,64	1,685	1,77	1,795	1,64	1,635	1,56

mit einem Mittelwert \bar{J} über alle Richtungen \bar{J} 2500 = 1,70 T

10 Beispiel C

15 Eine unlegierte Stahlbramme wie nach Beispiel A wird jedoch mit einer etwas höheren Temperatur warmgewalzt, anschließend kaltgewalzt und zwischengeglüht, wobei sich dem 1. Dressieren (10%) eine weitere Zwischenglühung bei $780^\circ\text{C}/2\text{ h}$ in trockenem H_2 anschließt und danach das Band einer weiteren 10 %-igen Kaltverformung unterzogen wird. Die Schlußglühung erfolgt bei $780^\circ\text{C}/1\text{ h}$ in feuchtem und 4 h in trockenem H_2 . Das danach hergestellte kornorientierte Elektroband weist für J 2500 (T) folgende Werte auf:

	ϕ 0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	
20	1 mal dressiert	1,69	1,71	1,77	1,79	1,735	1,675	1,63
	2 mal dressiert	1,63	1,71	1,83	1,87	1,805	1,67	1,58

25 Die Mittelwerte \bar{J} über alle Richtungen betragen im 1. Fall \bar{J} 2500 = 1,72 T im zweiten \bar{J} 2500 = 1,75 T.

30 Das erfindungsgemäß hergestellte kornorientierte Elektroband eignet sich besonders für Einsatzfälle, bei denen der Magnetfluß in zwei zueinander senkrechten Richtungen geführt wird. Dazu werden in nicht umlaufenden elektrischen Maschinen, die für den Aufbau der Magnetkörper erforderlichen Stanzteile entsprechend der in Figur 1 dargestellten Anordnung der Schnittformen aus dem Bandmaterial gefertigt, wobei die Strahlen 1, 2, 3, 4 die vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit kennzeichnen. Die Magnetkerne für umlaufende Elektromaschinen werden so gefertigt, daß entweder jeweils unmittelbar aufeinander folgende Kernbleche zueinander um 45° gedreht angeordnet sind oder daß entsprechend Figur 2 der Magnetkern aus Segmenten aufgebaut ist, wobei die Segmente die Winkel leichter Magnetisierbarkeit erfassen. Bei der erstgenannten alternierenden Schichtung der Ronden wurde für die Winkelabhängigkeit der J 2500-Werte für Ronden nach Beispiel C folgende Ergebnisse gefunden:

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	
40	Pr. 1	1,72	1,76	1,85	1,89	1,835	1,72	1,57
	Pr. 2	1,68	1,73	1,81	1,84	1,79	1,67	1,60
	0° -Schichtung	1,70	1,745	1,83	1,87	1,81	1,705	1,63
	45° -Schichtung	1,79	1,795	1,79	1,77	1,775	1,77	1,75

45 Als Mittelwerte J 2500 über alle Richtungen erhält man für

Pr. 1	Pr. 2	0° -Schichtung	45° -Schichtung
1,79 T	1,75 T	1,77 T	1,78 T

50

Die danach hergestellten Magnetkerne zeichnen sich durch bessere magnetische Eigenschaften aus.

Patentansprüche

55 1. Verfahren zur Erzeugung von kornorientiertem Elektroband mit in vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit in der Walzebene, dadurch gekennzeichnet, daß Stahlbrammen mit einem C-Gehalt von $< 0,10\%$ und einem Si-Gehalt von 0 bis 2 % sowie Gehalten an Al, Mn, S, N, O in den für Elektroband üblichen Konzentrationen auf ca. 1250°C vorgewärmt, in 5 bis 9 Stichen bei geringen Einzelstichab-

EP 0 651 061 A1

- nahmen vorgewalzt und mit einer Einlauftemperatur von 930 °C bis 1100 °C sowie einer Endwalztemperatur von 800 °C bis 950 °C bei Stichabnahmen $\leq 35\%$ in einer Walzstaffel fertiggewalzt werden und das so erzeugte Warmband ohne Zwangskühlung bei einer Temperatur $> 700\text{ °C}$ gehaspelt und nach Abkühlung unter Einhaltung eines Verformungsgrades von $> 86\%$ einer Kaltverformung unterzogen wird, der sich eine Zwischenglühung unter neutralem Gas bei 500 °C bis 750 °C/0,5 h bis 20 h sowie eine weitere Kaltverformung mit 2 bis 15 % mit nachfolgender Schlußglüfung bei Temperaturen um 800 °C in wenigstens zeitweise entkohlender Atmosphäre anschließt.
- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß bei unlegiertem Stahl die Temperatur bei Einlauf in die Fertigstaffel $< 1000\text{ °C}$ und bei Auslauf aus der Fertigstaffel 840 °C bis 870 °C beträgt.
- 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß bei legiertem Stahl die Temperatur bei Einlauf in die Fertigstaffel 1000 °C bis 1100 °C und bei Auslauf aus der Fertigstaffel bis 920 °C beträgt.
- 15
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß zweckmäßigerweise vor der Kaltverformung das Warmband auf eine Temperatur von 150 °C bis 350 °C, vorzugsweise auf 200 °C bis 300 °C vorgewärmt wird.
- 20
5. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 dadurch gekennzeichnet, daß das unlegierte Elektroband nach dem Kaltwalzen vorzugsweise bei 520 °C bis 580 °C, eine bis fünf Stunden unter neutralem Gas einer Zwischenglüfung unterzogen wird.
- 25
6. Verfahren nach Anspruch 1 und 3 dadurch gekennzeichnet, daß das legierte Elektroband nach dem Kaltwalzen vorzugsweise 620 °C bis 680 °C eine bis fünf Stunden unter neutralem Gas einer Zwischenglüfung unterzogen wird.
- 30
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß das kaltgewalzte Elektroband bei 2 - 15 % dressiert und zeitweise unter entkohlender Atmosphäre schlußgeglüht wird, wobei das Elektroband gegebenenfalls einer weiteren Nachwalzung und Schlußglüfung unterzogen wird.
- 35
8. Magnetkern für Elektromaschinen aus kornorientiertem Elektroband mit in vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit in der Walzebene, dadurch gekennzeichnet, daß die Stanzteile für Magnetkerne unter Beachtung des Verlaufs der unter 45 ° zur Walzrichtung verlaufenden vier Richtungen leichter Magnetisierbarkeit ausgestanzt und zu einem Paket zusammengefügt werden.
- 40
9. Magnetkern nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Stanzteile für Magnetkerne für umlaufende Elektromaschinen aus Ronden bestehen, die so zu einem Paket zusammengefügt werden, daß jeweils unmittelbar aufeinanderfolgende Kernbleche zueinander um 45 ° gedreht angeordnet sind.
- 45
10. Magnetkern nach Anspruch 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Stanzteile für Magnetkerne für umlaufende Elektromaschinen aus Segmenten bestehen, die so zu einem Paket zusammengefügt werden, daß jeweils die einzelnen Segmente die Richtungen der leichten Magnetisierbarkeit erfassen.
- 50
- 55

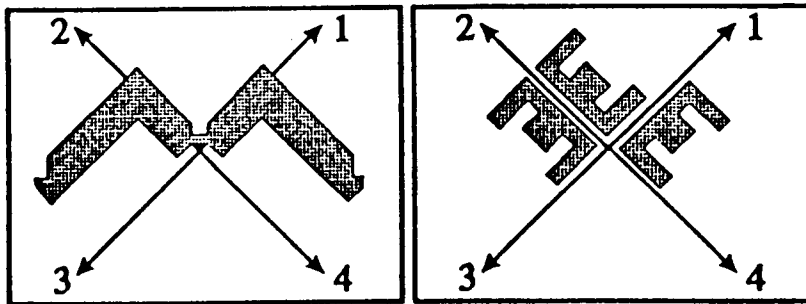


Fig. 1

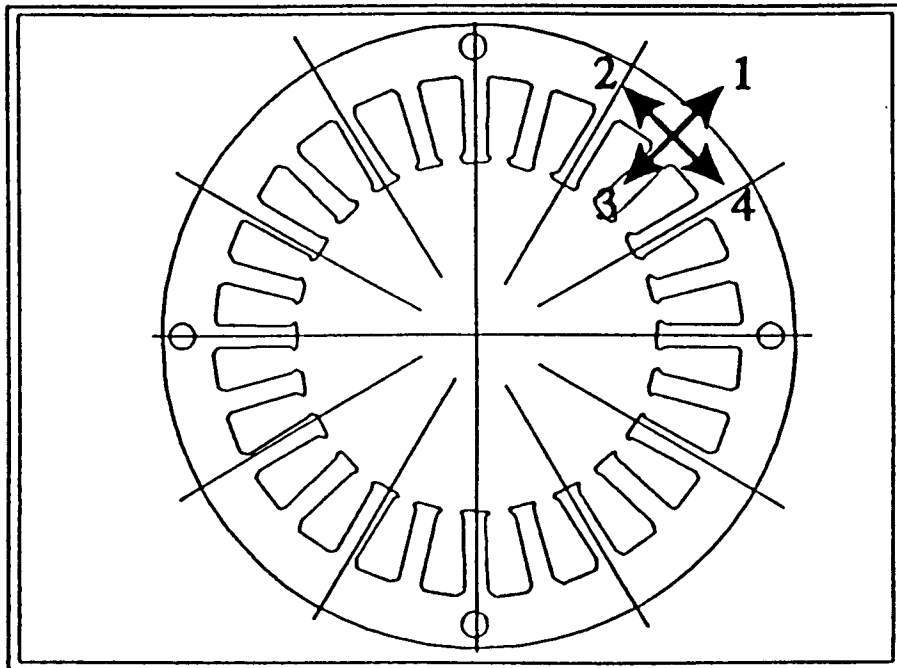


Fig. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A,D	DE-B-12 12 124 (VACUUMSCHMELZE) * Ansprüche 1-6 *	1	C21D8/12
X,P	EP-A-0 609 190 (CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES) * Anspruch 1 *	1	
A	EP-A-0 431 502 (EBG) * Ansprüche 10-18 *	1	
A	EP-A-0 434 641 (CENTRO SVILUPPO MATERIALI) * Anspruch *	1	
A	US-A-4 427 462 (H. SENNO ET AL.) * Abbildungen 4,6 *	8	
A	DE-B-12 56 239 (WESTINGHOUSE ELECTRIC) * Abbildungen 2-5 *	8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	13. Februar 1995	Sutor, W	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	