

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 513 729 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92107972.9**

(51) Int. Cl.⁵: **C21D 8/12**

(22) Anmeldetag: **12.05.92**

(30) Priorität: **17.05.91 DE 4116240**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.11.92 Patentblatt 92/47

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

(71) Anmelder: **Thyssen Stahl Aktiengesellschaft**
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
W-4100 Duisburg 11(DE)

(72) Erfinder: **Bölling, Fritz, Dr. Dipl.-Phys.**
Dürerstrasse 64
W-4130 Moers(DE)
Erfinder: **Böttcher, Andreas, Dipl.-Phys.**
Weissdornstrasse 15
W-4100 Duisburg 29(DE)
Erfinder: **Hastenrath, Michael, Dr. Dipl.-Phys.**
Pongser Strasse 181
W-4050 Mönchengladbach 2(DE)
Erfinder: **Brölsch, Dieter, Dipl.-Ing.**
Sperlingstrasse 15
W-4236 Hamminekn(DE)

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

(54) **Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektroblechen.**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke in dem Bereich von 0,1 bis 0,5 mm. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß zunächst ein warmgewalztes Band aus einem Stahl mit der Zusammensetzung nach Anspruch 1 warmgewalzt wird, anschließend ggfs. gegläht wird und in mindestens zwei Stufen mit einer Zwischenglählung des Bandes vor der letzten Kaltwalzstufe bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 1100°C für 30 bis 600 s und mit einem beschleunigten Abkühlen von der Zwischenglühtemperatur mit einer Geschwindigkeit größer als 50 K/s kaltgewalzt wird. Nach einer Anlaßglühbehandlung vor der letzten Kaltwalzstufe, in der eine Dickenreduktion von 40 bis 80% vorgenommen wird, erfolgt ein rekristallisierendes Glühen in feuchter Atmosphäre mit gleichzeitiger Entkohlung des bis auf Enddicke kaltgewalzten Bandes. Nach Aufbringen eines Trennmittels auf die Bandoberflächen erfolgt ein Hochtemperaturglühen.

EP 0 513 729 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke in dem Bereich von 0,1 bis 0,5 mm.

Zunächst wird ein warmgewalztes Band aus einem Stahl hergestellt, der

2,0 bis 4,0 % Si,

5 0,02 bis 0,10 % C,

0,02 bis 0,15 % Mn,

0,008 bis 0,08 % S und/oder Se,

max. 0,005 % Al,

max. 0,3 % Cu,

10 Rest Fe, einschließlich Verunreinigungen, sowie ggf. Korngrenzenseigerungselemente

enthält. Das Warmband mit dieser Legierungszusammensetzung wird ggf. anschließend bei einer Temperatur in dem Bereich von 900 bis 1.100 °C für 60 bis 600 s geglüht.

Im Anschluß daran wird das ggf. zuvor geglühte Warmband in mindestens zwei Kaltwalzstufen kaltgewalzt mit einer Zwischenglühung des Bandes bei einer Temperatur in den Bereich von 800 bis 1.100
15 °C für 30 bis 600 s und mit einer Anlaßglühbehandlung vor der letzten Kaltwalzstufe sowie mit einer Dickenreduktion von 40 bis 80 % in der letzten Kaltwalzstufe. Vor und/oder während der Kaltwalzdurchgänge in der letzten Kaltwalzstufe kann die Temperatur des Bandes ggf. auf einen Wert in dem Bereich von 50 bis etwa 400 °C eingestellt werden.

Das bis auf Enddicke kaltgewalzte Band wird daran anschließend einem rekristallisierenden Glühen in
20 feuchter Atmosphäre mit gleichzeitiger Entkohlung unterworfen. Nach dem Aufbringen eines vorzugsweise MgO enthaltenen Trennmittels auf die Bandoberflächen erfolgt dann das abschließende Hochtemperaturglühen.

Bei dem aus der EP-B 0 047 129 bekannten Verfahren zur Herstellung kornorientierter Elektrobleche mit einer Enddicke in dem Bereich von 0,15 bis 0,25 mm mit mindestens zwei Kaltwalzstufen und einer
25 Zwischenglühung vor der letzten Kaltwalzstufe erfolgt diese Zwischenglühung bei einer Temperatur in dem Bereich von 850 bis 1.100 °C für mindestens 30 s bis max. 15 min. Im Anschluß daran wird das Band von der Zwischenglühtemperatur in dem Temperaturbereich von 700 °C bis auf 200 °C mit einer Geschwindigkeit von mindestens 2,5 K/s abgekühlt und ohne eine sich daran anschließende Anlaßglühbehandlung in der letzten Kaltwalzstufe bis auf Enddicke gewalzt. Dabei kann die Bandtemperatur während der Kaltwalzdurchgänge in dieser letzten Kaltwalzstufe so eingestellt werden, daß sie in dem Bereich von 50 bis 400 °C liegt.
30

Bei dem aus der EP-B 0 101 321 bekannten, vergleichbaren Verfahren zur Herstellung kornorientierter Elektrobleche mit mindestens zwei Kaltwalzstufen und einer Zwischenglühung vor der letzten Kaltwalzstufe, jedoch ebenfalls ohne Anlaßglühbehandlung vor dieser letzten Stufe, ist für die rasche Abkühlung des Bandes von der Zwischenglühtemperatur eine Geschwindigkeit von mindestens 5 K/s vorgesehen. Dabei
35 liegen die Abkühlgeschwindigkeiten bei diesem Verfahren vorzugsweise in der Größenordnung von ca. 20 bis 35 K/s, um das Band nach der Zwischenglühung über den Temperaturbereich von 900 °C bis auf 500 °C abzukühlen. Kennzeichen dieses Verfahrens ist die Erwärmung des Bandes bis auf die Zwischenglühtemperatur mit einer Geschwindigkeit von vorzugsweise ebenfalls ca. 20 bis 35 K/s.

Werden kornorientierte Elektrobleche nach den beiden genannten, vorbekannten Verfahren hergestellt,
40 d. h. mit einer Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 2,5 bis etwa 40 K/s jedoch ohne eine sich daran anschließende Anlaßglühbehandlung, so werden für die magnetischen Eigenschaftswerte, beispielsweise für den Ummagnetisierungsverlust, Werte erzielt, die stark schwanken. Grund dafür sind die bei jedem einzelnen Verfahrensschritt (z. B. Stahlherstellung/Zusammensetzung der Schmelze, Warmwalzen, ggf. Warmbandglühung, Kaltwalzen mit Zwischenglühung sowie Entkohlungs- und
45 Hochtemperaturglühung) auftretenden Toleranzen. Eine solche statistische Verteilung der gemessenen Verlustwerte zeigt Figur 1 für 141 kornorientierte Elektrobleche mit einer Enddicke von 0,23 mm.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs geschilderte vorbekannte Verfahren dahingehend zu verbessern, daß die magnetischen Eigenschaften der Elektrobleche, insbesondere die magnetische Polarisation und der Ummagnetisierungsverlust, günstigere Werte erreichen und daß gleichzeitig eine
50 bessere statistische Verteilung dieser Werte mit einer geringeren Streuung erzielt wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst.

Erfindungswesentlich ist dabei, daß das auf eine Zwischendicke kaltgewalzte Band nach der Zwischenglühung von der Glühtemperatur beschleunigt mit einer möglichst hohen Geschwindigkeit größer als 50 K/s, vorzugsweise größer 100 bis etwa 300 K/s, abgekühlt und daß nach max. drei Monaten vor der letzten
55 Kaltwalzstufe eine Anlaßglühbehandlung im Temperaturbereich von 300 bis 700 °C für wenigstens 30 s und aus wirtschaftlichen Gründen vorzugsweise nicht länger als 15 Minuten durchgeführt wird. Die beschleunigte Abkühlung erfolgt dabei vorzugsweise mit einer Spritzwasserabkühlung, um möglichst hohe Kühlraten zu erreichen.

Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Werte für den Ummagnetisierungsverlust im Mittel abgesenkt, wie aus Figur 2 ersichtlich ist. Die in Figur 2 dargestellten Balken zeigen die Verteilung der Verlustwerte von nach dem erfindungsgemäßen verfahren hergestellten 141 Bändern, die, sofern sie alternativ nach dem bekannten Verfahren (geringe Abkühlgeschwindigkeit, keine Anlaßglühbehandlung) hergestellt werden, die Verteilung der Balken in Figur 1 ergeben. In Figur 3 sind zur Verdeutlichung die Ergebnisse aus Figur 1 (bekanntes Verfahren) und Figur 2 (erfindungsgemäßes Verfahren) zusammengefaßt. Wie sich aus der Verschiebung des Maximums der Verteilung ergibt, ist bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Verbesserung des Ummagnetisierungsverlustes um ca. 5 % erkennbar. Gleichzeitig tritt eine Vergleichmäßigung, d. h. eine geringere Streuung der erzielten magnetischen Werte, ein.

Wie Figur 4 zeigt, tritt die Wirkung der erfindungsgemäß geänderten Zwischenglühlung (Zwischenglühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit und mit sich daran anschließender Anlaßglühbehandlung) besonders deutlich bei solchen Bändern auf, die nach dem bekannten konventionellen Herstellungsverfahren eher schlechtere Verlustwert aufweisen. Die größten Absenkungen des Ummagnetisierungsverlustes werden mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens bei solchen Bändern erreicht, die nach dem bekannten Verfahren schlechte Verlustwerte ergeben.

Auf der Abzisse der Figur 4 ist der Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50}$ bei konventioneller Herstellung aufgetragen. Auf der Ordinate ist die Verlustabsenkung (= Qualitätsverbesserung) aufgetragen, die sich einstellt, wenn dieselben Bänder vor der letzten Kaltwalzstufe in der erfindungsgemäßen Weise behandelt wurden. Figur 4 liegt dasselbe Datenmaterial zugrunde wie Figur 3.

Derselbe Effekt wird ebenfalls beobachtet, wenn die erfindungsgemäße Behandlung in direkt aufeinanderfolgenden Schritten vorgenommen wird, indem das Band von der Zwischenglühtemperatur möglichst schnell auf eine Temperatur gleich oder geringfügig unterhalb der Temperatur der Anlaßglühbehandlung abgekühlt wird, um sodann die Anlaßglühbehandlung direkt anzuschließen. Wichtig ist in jedem Falle die Kombination aus schnellabkühlung von der Zwischenglühtemperatur und die sich daran anschließende zusätzlich Anlaßglühbehandlung bei einer Temperatur in dem Bereich von 300 bis 700 °C, vorzugsweise 450 bis 650 °C, vor der letzten Kaltwalzstufe

Im folgenden wird die qualitätsverbessernde Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der in Tabelle 1 angegebenen Ausführungsbeispiele verdeutlicht, indem nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte kororientierte Elektrobleche (1.1), (2.1) und (3.1) den entsprechenden, nach dem bekannten konventionellen Verfahren hergestellten Elektroblechen (1.0), (2.0) und (3.0) gegenübergestellt werden.

(1.0) Aus einer Stranggußbramme mit 3,19 % Si, 0,031 % C, 0,061 % Mn, 0,021 % S, 0,06 % Cu, kleiner 0,002 % Al, kleiner 0,005 % N, Rest Fe wurde zunächst ein Warmband mit einer Dicke von 2,0 mm hergestellt. Dieses Warmband wurde sodann bei 1.030 °C für 150 s in trockener Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre (ca. 5 % H_2 + 95 % N_2) geglüht, anschließend 40 s an ruhender Luft langsam und dann mit Spritzwasser schnell abgekühlt. Nach einer Oberflächenbeizung erfolgte ein erstes Kaltwalzen auf eine Zwischendicke von 0,65 mm. Anschließend wurde die konventionelle Zwischenglühlung bei 980 °C für 180 s ebenfalls in trockener Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre (ca. 5 % H_2 + 95 % N_2) durchgeführt. Die Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur erfolgte an ruhender Luft mit einer Geschwindigkeit von 20 K/s auf Raumtemperatur. Nach dem zweiten Kaltwalzen auf die Enddicke von 0,30 mm wurde die Entkohlungsglühlung in feuchter Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre (ca. 20 % H_2 + 80 % N_2 ; Taupunkt größer 35 °C) bei 840 °C für 120 s vorgenommen. Nach dem Auftragen einer MgO-Trennschicht fand die Hochtemperaturglühlung in einer trockenen, 100 %igen Wasserstoff-Atmosphäre statt. Dabei wurde das Kaltband mit einer Aufheizrate von etwa 20 K/h bis auf 1.200 °C erwärmt, 2 h lang gehalten und anschließend langsam (spannungsfrei) abgekühlt. Die ermittelten magnetischen Werte ergaben für den Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50} = 1,22$ W/kg und für die magnetische Polarisation $B_8 = 1,83$ T.

(1.1) Weitere gemäß (1.0) hergestellte Warmbänder wurden in derselben Weise prozessiert, jedoch mit dem Unterschied, daß nach der Zwischenglühlung erfindungsgemäß die beschleunigte Abkühlung und die anschließende Anlaßglühbehandlung angewendet wurden. Die Zwischenglühlung erfolgte bei einer Temperatur von 1.020 °C für ebenfalls 180 s in einer trockenen Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre (ca. 5 % H_2 + 95 % N_2). Anschließend erfolgte die Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur mittels Spritzwasser mit einer Geschwindigkeit von 110 K/s auf Raumtemperatur. Sodann wurde die erfindungsgemäße Anlaßglühbehandlung bei 600 °C an Luft für etwa 300 s vorgenommen. Dabei betrugen die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeit etwa 10 K/s. Die mit Hilfe dieses Verfahrens erzielten magnetischen Werte ergaben für den Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50} = 1,16$ W/kg und für die magnetische Polarisation $B_8 = 1,87$ T.

(2.0) Aus einer Bramme mit 3,16 % Si, 0,032 % C, 0,060 % Mn, 0,021 % S, 0,055 % Cu, kleiner 0,002

% Al, kleiner 0,005 % N, Rest Fe wurde ein Warmband mit einer Enddicke von 2,0 mm hergestellt. Die daran anschließende Warmbandglühung, das Kaltwalzen auf die Zwischendicke von 0,65 mm, die Zwischenglühung und die Abkühlung auf Raumtemperatur erfolgten wie bei dem Beispiel (1.0). Nach dem Kaltwalzen auf die Enddicke von 0,27 mm wurden wie bei dem Beispiel (1.0) die Entkohlungsglühung, das Auftragen des Trennmittels und die Hochtemperaturglühung durchgeführt. Die magnetischen Werte der so hergestellten Bänder ergaben für den Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50} = 1,19$ W/kg und für die magnetische Polarisierung $B_8 = 1,84$ T.

(2.1) Warmbänder gemäß (2.0) wurden in derselben Weise prozessiert, jedoch wiederum mit dem Unterschied, daß vor der letzten Kaltwalzstufe das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wurde. Die Zwischenglühung erfolgte dabei bei einer Temperatur von 1.020°C für ebenfalls 180 s in trockener Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre. Sodann erfolgte die Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur mittels Spritzwasser mit einer Geschwindigkeit von 120 K/s auf Raumtemperatur. Anschließend wurde das Band an Luft mit 10 K/s auf 600°C aufgeheizt, bei dieser Temperatur etwa 200 s lang gehalten und mit der gleichen Geschwindigkeit wieder abgekühlt. Für den Ummagnetisierungsverlust und die magnetische Polarisierung ergaben sich die folgenden verbesserten Werte: $P_{1,7/50} = 1,08$ W/kg und $B_8 = 1,87$ T.

(3.0) Aus einer Stranggußbramme mit 3,23 % Si, 0,030 % C, 0,062 % Mn, 0,020 % S, 0,062 % Cu, kleiner 0,002 % Al, kleiner 0,005 % N, Rest Fe wurde wiederum ein Warmband mit einer Enddicke von 2,0 mm hergestellt. Die daran anschließende Warmbandglühung, das Kaltwalzen auf die Zwischendicke von 0,65 mm und die Zwischenglühung erfolgten wie bei den Beispielen (1.0) und (2.0) und die Abkühlung auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 22 K/s. Daran anschließend wurde das Band auf die Enddicke von 0,23 mm kaltgewalzt. Die Entkohlungsglühung, das Auftragen des MgO-Trennmittels und die daran anschließende Hochtemperaturglühung erfolgten wiederum gemäß (1.0) und (2.0). Als Ergebnis wurden für den Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50} = 1,06$ W/kg und für die magnetische Polarisierung $B_8 = 1,85$ T gemessen.

(3.1) Zunächst warmgewalzte, anschließend geglühte und sodann bis auf die Zwischendicke von 0,65 mm kaltgewalzte Bänder gemäß (3.0) wurden bei einer Temperatur von 1.020°C für 180 s in trockener Wasserstoff-Stickstoff-Atmosphäre geglüht. Sodann erfolgte die Abkühlung von dieser Zwischenglühtemperatur mittels Spritzwasser mit einer Geschwindigkeit von etwa 130 K/s auf Raumtemperatur. Die daran anschließende Anlaßglühbehandlung erfolgte wiederum wie bei dem Beispiel (2.1). Nach der Entkohlungs- und Hochtemperaturglühung gemäß (1.0) wurden als Ergebnis für die so hergestellten Bänder mit einer Enddicke von 0,23 mm für den Ummagnetisierungsverlust $P_{1,7/50} = 1,00$ W/kg und für die magnetische Polarisierung $B_8 = 1,87$ T gemessen.

In Tabelle 2 sind weitere nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte kornorientierte Elektrobleche mit einer Enddicke von 0,30 mm mit ihren erzielten magnetischen Eigenschaften angegeben. Sie werden solchen kornorientierten Elektroblechen mit der gleichen Enddicke gegenübergestellt, die nicht nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt wurden.

Wie den Ausführungsbeispielen 10, 9, 8 und 7 in Tabelle 2 und der entsprechenden Figur 5 zu entnehmen ist, erfolgt ein Wiederanstieg und damit eine Verschlechterung des Ummagnetisierungsverlustes bei weiter ansteigenden Werten für die Abkühlgeschwindigkeit, sofern im Anschluß an die beschleunigte Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur die erfindungsgemäße Anlaßglühbehandlung nicht angewendet wird. Entsprechend ist ein Abfall zu ungünstigeren Werten für die magnetische Polarisierung festzustellen, wenn hohe Abkühlgeschwindigkeiten ohne eine nachfolgende erfindungsgemäße Anlaßglühbehandlung benutzt werden.

Werden demgegenüber und nach dem beanspruchten erfindungsgemäßen Verfahren hohe Abkühlgeschwindigkeiten kombiniert mit der nachfolgenden erfindungsgemäßen Anlaßglühbehandlung in dem Temperaturbereich von 300 bis 700°C , so fallen, wie die Ausführungsbeispiele 3, 1 und 2 in Tabelle 2 und Figur 5 zeigen, die gemessenen Ummagnetisierungsverluste weiter zu kleineren und damit günstigeren Werten hin ab. Entsprechend steigen die gemessenen Werte für die magnetische Polarisierung in vorteilhafter Weise weiter zu höheren Werten hin an.

Ferner ist der Tabelle 2 der erfindungsgemäße Temperaturbereich für die Anlaßglühbehandlung zu entnehmen und in Figur 6 graphisch dargestellt. Demgemäß werden die günstigsten Werte für den Ummagnetisierungsverlust und für die magnetische Polarisierung dann erreicht, wenn im Anschluß an die beschleunigte Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur mit einer Geschwindigkeit von vorzugsweise größer 100 K/s mittels Spritzwasser die Anlaßglühbehandlung des bis auf eine Zwischendicke kaltgewalzten Bandes vorzugsweise im Temperaturbereich von 450 bis 650°C , insbesondere bei einer Temperatur von etwa 600°C , durchgeführt wird.

Die erfindungsgemäße Veränderung der Zwischenglühung mit nachfolgender beschleunigter Abkühlung

und Anlaßglühbehandlung verbessert im Vergleich zur konventionellen Zwischenglühung die Texturbildung bei kornorientierten Elektroblechen mit der angegebenen beanspruchte Legierungszusammensetzung. Die Wirkung der erfindungsgemäß modifizierten Zwischenglühung besteht in einer günstigeren Karbidausscheidung, wie zahlreiche Mikrostrukturuntersuchungen gezeigt haben.

5 Eine Untersuchung der Kaltwalztexturen der Bänder im Zustand nach dem letzten Kaltwalzen nach vorheriger konventioneller Herstellungsweise bzw. in der erfindungsgemäß hergestellten Weise lieferte nahezu identische Texturverläufe. Die Texturuntersuchung an den entsprechenden entkohlten Kaltbändern ergab jedoch deutliche Unterschiede in der Intensität der Gosslage, die bei kornorientierten Elektroblechen eine besonders wichtige Rekristallisationstexturkomponente beim entkohlten Kaltband darstellt. Sie ist bei
10 Anwendung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens deutlich höher belegt.

Der Kohlenstoff-Ausscheidungszustand wurde anhand von Lackausziehabdrücken direkt nach der konventionellen Zwischenglühung und nach der vorgeschlagenen verbesserten Form der Zwischenglühung untersucht

15 In Verbindung mit der Element-nachweisenden EDX-Analyse (STEM-mode) wurde festgestellt, daß unabhängig von der Art der Zwischenglühung nur auf den Korngrenzen Karbide zu finden sind.

Diese Korngrenzenkarbide weisen bei konventioneller Herstellungsmethode Längen von 200 bis 1.000 nm (typisch 500 nm) auf, wogegen sie nach der erfindungsgemäß durchgeführten Zwischenglühung (mit beschleunigter Abkühlung und Anlaßglühbehandlung) Längen von 50 bis 200 nm (typisch 100 nm) besitzen. Bei den Ausscheidungen im Korninneren handelt es sich in beiden Fällen ausschließlich um Partikel der
20 Inhibitorphase, welche durch die erfindungsgemäße Behandlungsweise nicht beeinflußt wird. Die Feinheit und Gleichmäßigkeit der Verteilung der Korngrenzenkarbide wird durch das erfindungsgemäße Verfahren erheblich gesteigert.

Die vorgeschlagene erfindungsgemäße Form der Zwischenglühung bewirkt, daß der Kohlenstoff, der in den wesentlich feiner verteilten Karbiden gebunden ist, in der Aufheizphase der Entkohlungsglühung (vor
25 Beginn der Rekristallisation) sehr viel schneller in Lösung geht, als beim konventionellen Verfahren. Dieses wird durch die sehr viel gleichmäßigere Verteilung auf den Korngrenzen unterstützt.

Die Karbide beeinflussen nicht den Prozeß der Kaltverformung, sondern wirken auf den Rekristallisationsvorgang. Die Rekristallisationstextur wird verschärft; es werden mehr Goss-orientierte Keime für die nachfolgende Sekundärrekristallisation erzeugt.

30 Zusätzlich zu den beanspruchten erfindungsgemäßen Verfahrensschritten sind bei der Herstellung von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke in dem Bereich von 0,1 bis 0,5 mm noch weitere Maßnahmen bekannt geworden, die zu einer Verbesserung ihrer magnetischen Eigenschaften führen können. So lassen sich beispielsweise die Werte für den Ummagnetisierungsverlust weiter absenken, wenn bei der konventionellen Zwischenglühung des bis auf eine Zwischendicke kaltgewalzten Bandes gleichzeitig
35 eine teilweise Entkohlung des Bandes erfolgt. Ebenso tritt eine Absenkung des Ummagnetisierungsverlustes auf, wenn im Verlaufe der Hochtemperaturglühung während der Aufheizphase zusätzliche Haltestufen von mehreren Stunden Dauer eingefügt werden. Auch Kombinationen aus diesen zusätzlichen Maßnahmen sind bekannt geworden.

Demgegenüber werden bei dem vorgeschlagenen erfindungsgemäßen Verfahren derartige zusätzliche
40 Maßnahmen nicht notwendigerweise benötigt, um insbesondere die beschriebene Stabilität der magnetischen Eigenschaften der kornorientierten Elektrobleche, wie an einer Auswahl von 141 unterschiedlichen Bändern gezeigt, zu erzielen. Um in vorteilhafter Weise die statistische Streuung der erzielten Werte für den Ummagnetisierungsverlust und für die magnetische Polarisation zu vermindern, reicht es nach dem vorgeschlagenen erfindungsgemäßen Verfahren aus, im Anschluß an die konventionelle Zwischenglühung
45 die vorgeschlagene Schnellabkühlung in Kombination mit der nachgeschalteten erfindungsgemäßen Anlaßglühbehandlung vorzusehen. Wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist damit die stabilisierende Wirkung bei der Herstellung kornorientierter Elektrobleche auf ihre magnetischen Eigenschaften wie Ummagnetisierungsverlust und magnetische Polarisation.

50

55

	Zwischengluehung	Haltetem- peratur	Ab- kuehl- rate	Blech- dicke	Magnetische Eigenschaften	kon- ven- tio- nell
1. Stufe in Grad C	2. Stufe in Grad C	1. Stufe in Grad C	2. Stufe in Grad C	1. Stufe in Grad C	2. Stufe in Grad C	1. Stufe in Grad C
1020	Wasser	110	600	0,30	1,16	1,87
980	Luft	20	---	---	1,22	1,83
1020	Wasser	120	600	0,27	1,08	1,87
980	Luft	20	---	---	1,19	1,84
1020	Wasser	130	600	0,23	1,00	1,87
980	Luft	22	---	---	1,06	1,85

Tabelle 1

Magnetische Eigenschaften von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke von 0,30 mm, 0,27 mm und 0,23 mm gemäß den Ausführungsbeispielen (1.0) bis (3.1), die nach dem erfindungsgemäßen und dem bekannten konventionellen Verfahren hergestellt wurden.

Zwischenglüehung									
Haltetem- peratur 1. Stufe in Grad C	Abkueh- lung	Ab- kuehl- rate K/s	Haltetem- peratur 2. Stufe in Grad C	Blech- dicke in mm	Magnetische Eigenschaften Pl,7 B8 in W/kg in T		Er- fin- dung	kon- ven- tion- nell	Nr.
			200		1,22	1,83			
			300		1,21	1,84	X		
			400		1,20	1,85	X		
10	1020	Wasser	110	0,30	1,17	1,87	X		1
			600		1,16	1,87	X		
			700		1,22	1,84	X		
			800		1,25	1,79			
	1020	Wasser	180	0,30	1,15	1,88	X		2
15	1020	Luft	35	0,30	1,20	1,84			3
	1020	Luft	20	0,30	1,22	1,83			4
	1020	Luft	10	0,30	1,24	1,81			5
20	1020	Luft	9	0,30	1,25	1,80			6
	980	Wasser	220	0,30	1,28	1,79			7
	980	Wasser	110	0,30	1,26	1,81			8
25	980	Luft	35	0,30	1,21	1,83		X	9
	980	Luft	20	0,30	1,22	1,83		X	10
	980	Luft	10	0,30	1,23	1,82			11
30	980	Luft	9	0,30	1,24	1,80			12

Tabelle 2

Magnetische Eigenschaften von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke von 0,30 mm in Abhängigkeit von

- a) der Geschwindigkeit der beschleunigten Abkühlung von der Zwischen-
 schenglühtemperatur
 - ohne nachfolgende Anlaßglühbehandlung
 - mit nachfolgender Anlaßglühbehandlung
 b) der Temperatur der nachfolgenden erfindungsgemäßen Anlaßglühbe-
 handlung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von kornorientierten Elektroblechen einer Enddicke in dem Bereich von 0,1 bis 0,5 mm, durch Warmwalzen einer Bramme, die

2,0 bis 4,0 % Si,
 0,02 bis 0,10 % C,
 0,02 bis 0,15 % Mn,
 0,008 bis 0,08 % S und/oder Se,
 max. 0,005 % Al,
 max. 0,3 % Cu

Rest Fe, einschließlich Verunreinigungen, sowie ggf. Korngrenzenseigerungselemente

enthält, zu einem Band, Kaltwalzen des Warmbandes in mindestens zwei Kaltwalzstufen mit einer Zwischenglüehung des Bandes bei einer Temperatur im Bereich von 800 bis 1.100 °C für 30 bis 600 s und beschleunigtes Abkühlen vor der letzten Kaltwalzstufe, rekristallisierendes Glühen in feuchter Atmosphäre mit gleichzeitiger Entkohlung des bis auf Enddicke kaltgewalzten Bandes, Aufbringen eines

Trennmittels auf die Bandoberfläche und abschließendes Hochtemperaturglühen,

dadurch gekennzeichnet,

daß von der Zwischenglühtemperatur mit einer Geschwindigkeit größer als 50 K/s abgekühlt und unmittelbar anschließend oder maximal 3 Monate danach vor der letzten Kaltwalzstufe, in der eine Dickenreduktion von 40 bis 80 % vorgenommen wird, im Temperaturbereich von 300 bis 700 °C für wenigstens 30 s eine Anlaßglühbehandlung durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das Band von der Zwischenglühtemperatur beschleunigt auf die Temperatur der sich unmittelbar daran anschließenden Anlaßglühbehandlung abgekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß das Band beschleunigt mit einer Geschwindigkeit im Bereich von 100 bis 300 K/s abgekühlt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anlaßglühbehandlung im Temperaturbereich von 450 bis 650 °C für 100 bis 600 s durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4

dadurch gekennzeichnet, daß das Band auf die Temperatur der Anlaßglühbehandlung mit einer Geschwindigkeit von 2,5 bis 20 K/s erwärmt und mit der gleichen Geschwindigkeit wieder abgekühlt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß das warmgewalzte Band bei einer Temperatur im Bereich von 900 bis 1.100 °C für 60 bis 600 s geglüht wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß das Band in der letzten Kaltwalzstufe bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C gewalzt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß MgO enthaltendes Trennmittel verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, daß die Anlaßglühbehandlung für höchstens 15 Minuten durchgeführt wird.

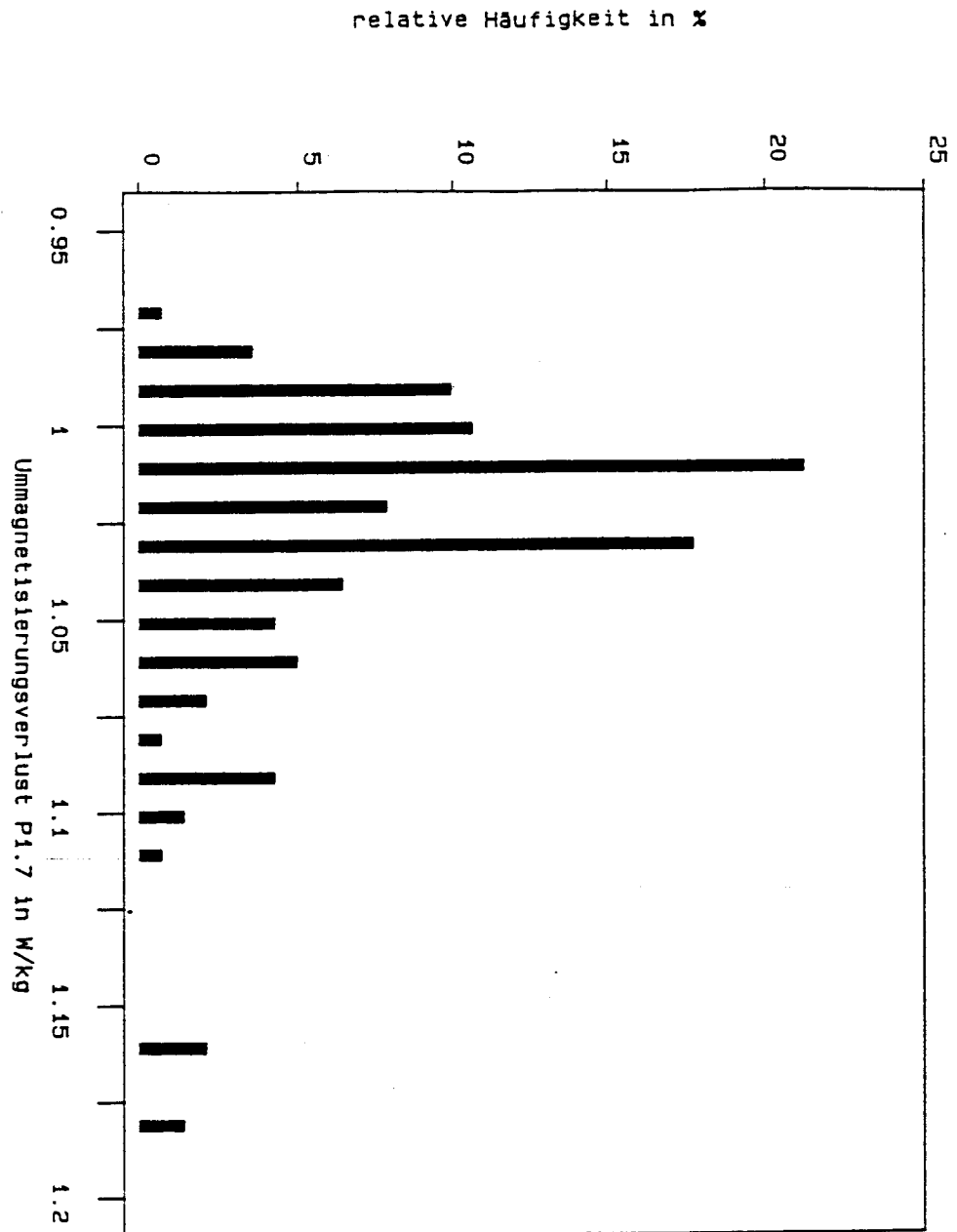


Fig. 1:
 Statistische Verteilung des Ummagnetisierungsverlustes von 141 BHN-
 dern kornorientierter Elektrobleche mit einer Enddicke von 0,23 mm,
 die nach dem bekannten konventionellen Verfahren hergestellt wurden.

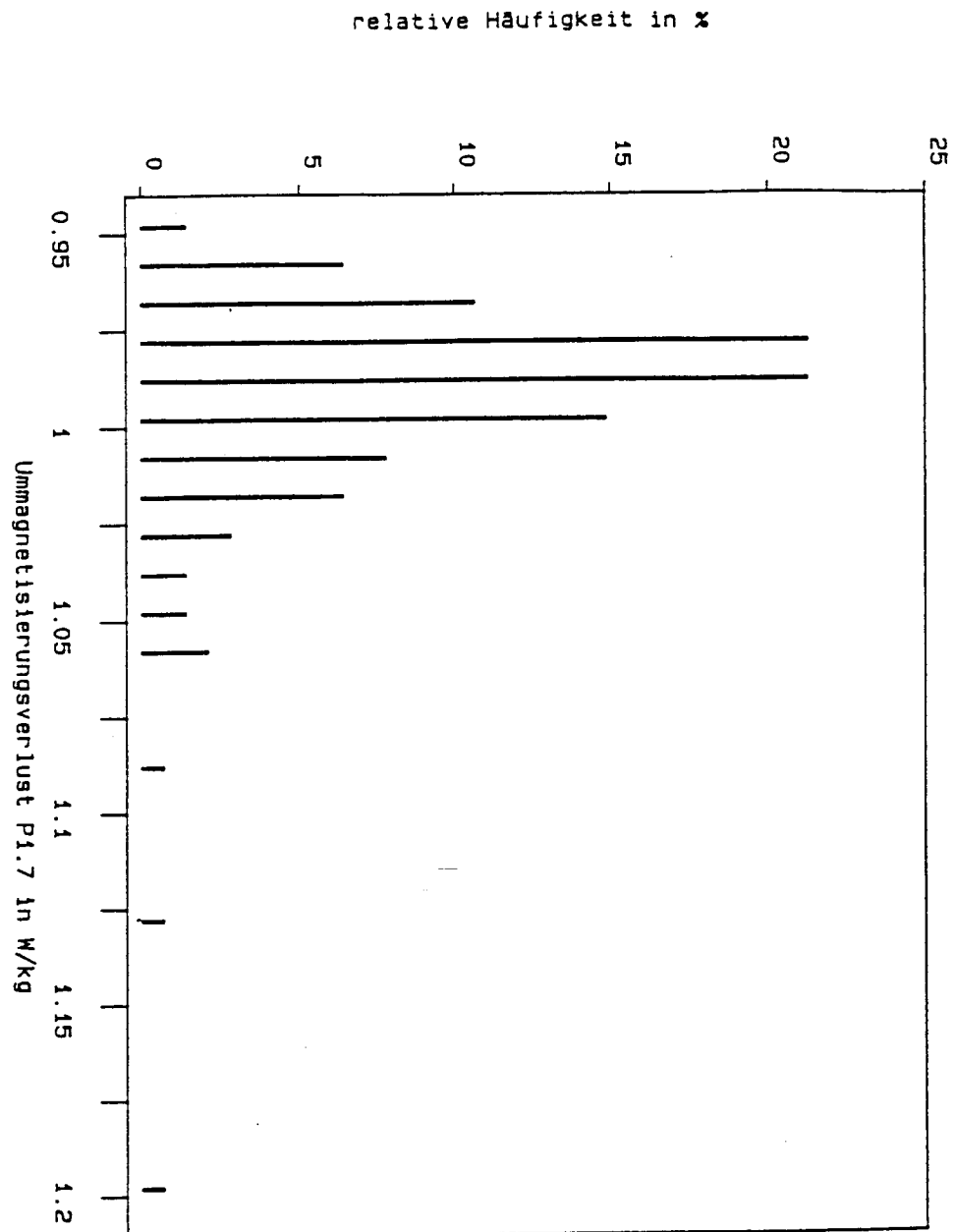


Fig. 2:
 Statistische Verteilung des Ummagnetisierungsverlustes von 141 Bändern
 kornorientierter Elektrobleche mit einer Enddicke von 0,23 mm (gemäß
 Fig. 1), die alternativ nach dem erfindungsgemäßen modifizierten Ver-
 fahren hergestellt wurden.

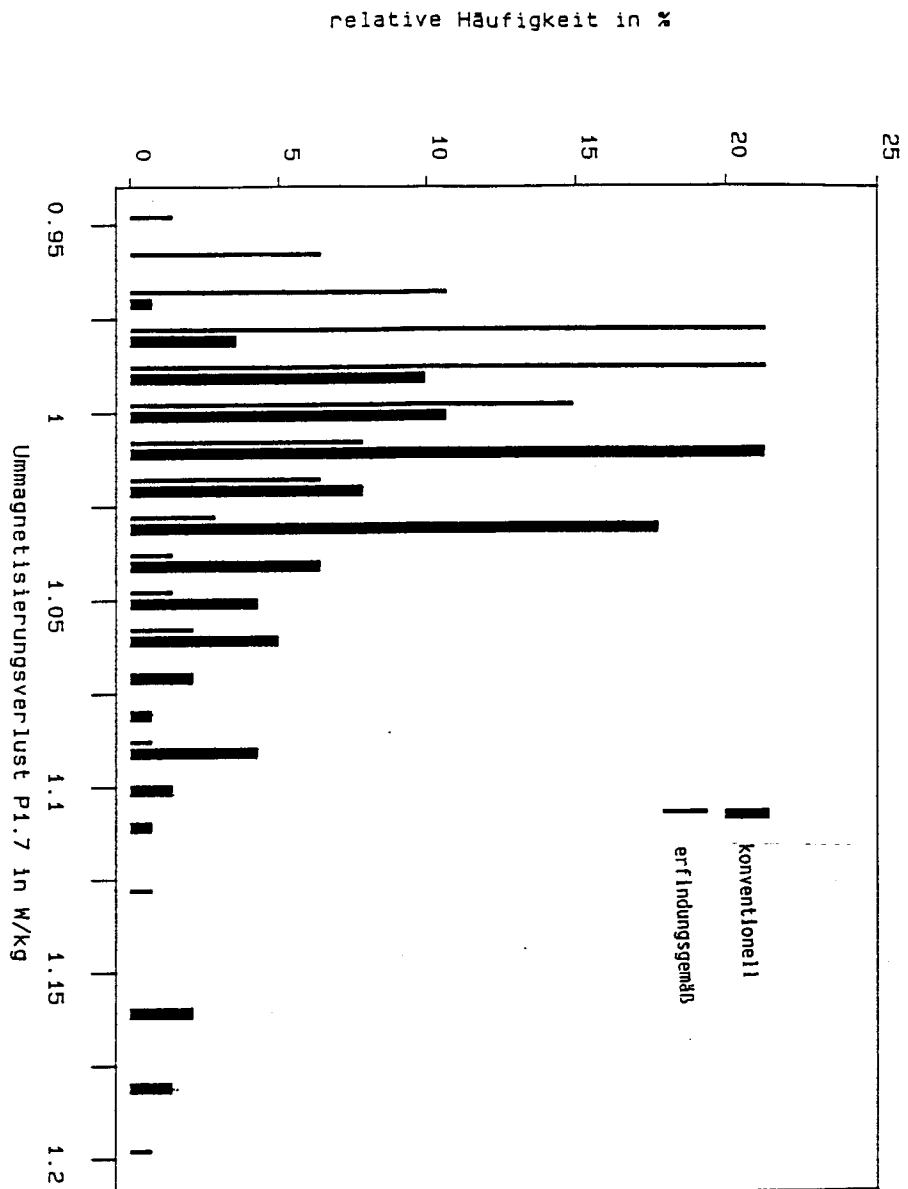
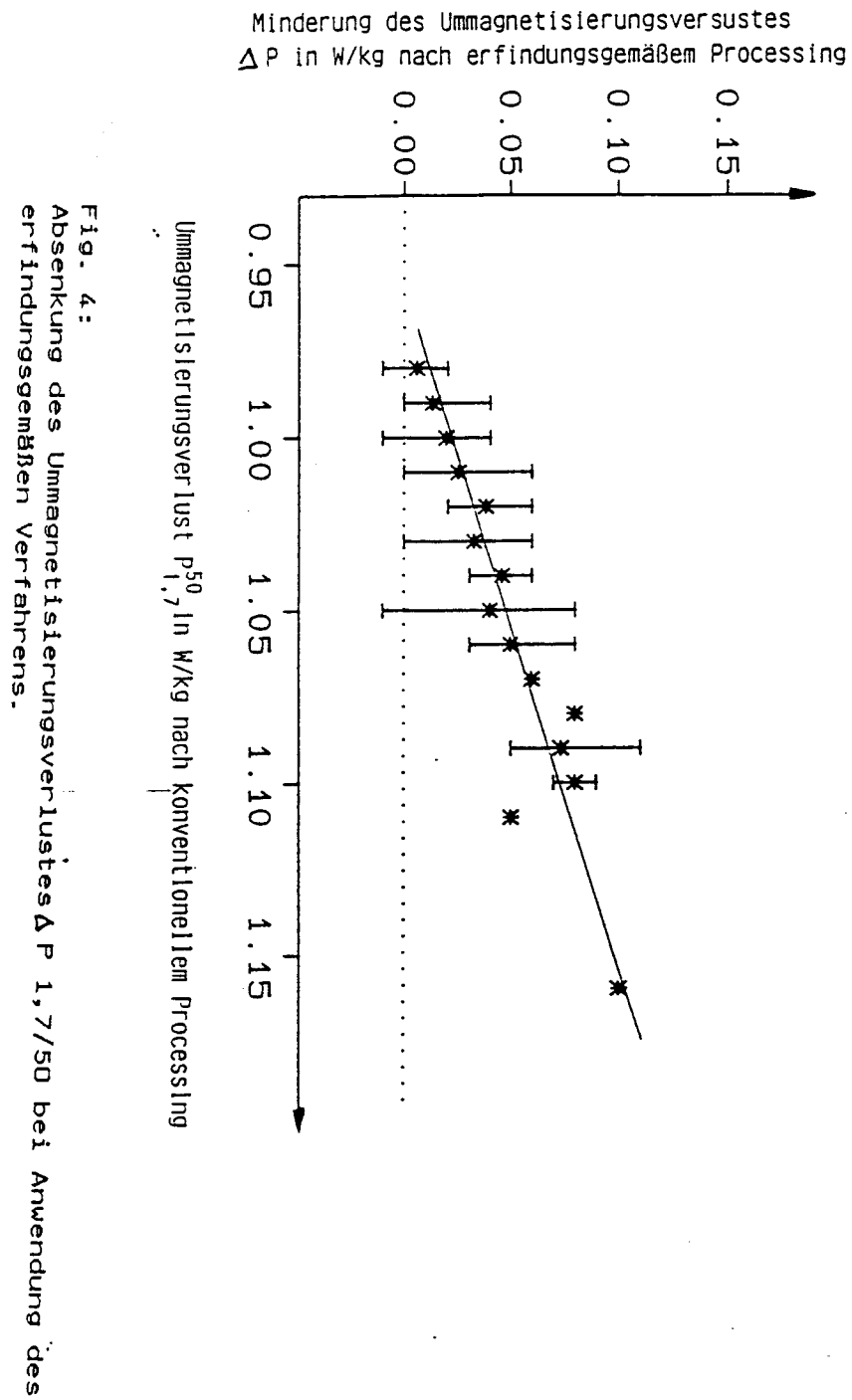


Fig. 3:

Vergleich der statistischen Verteilung des Ummagnetisierungsverlustes von 141 Bändern korriorientierter Elektrobleche mit einer Enddicke von 0,23 mm, die

- nach dem bekannten konventionellen Verfahren hergestellt wurden (dicke Balken, s. Fig. 1),
- nach dem erfindungsgemäßen modifizierten Verfahren hergestellt wurden (dünne Balken, s. Fig. 2).



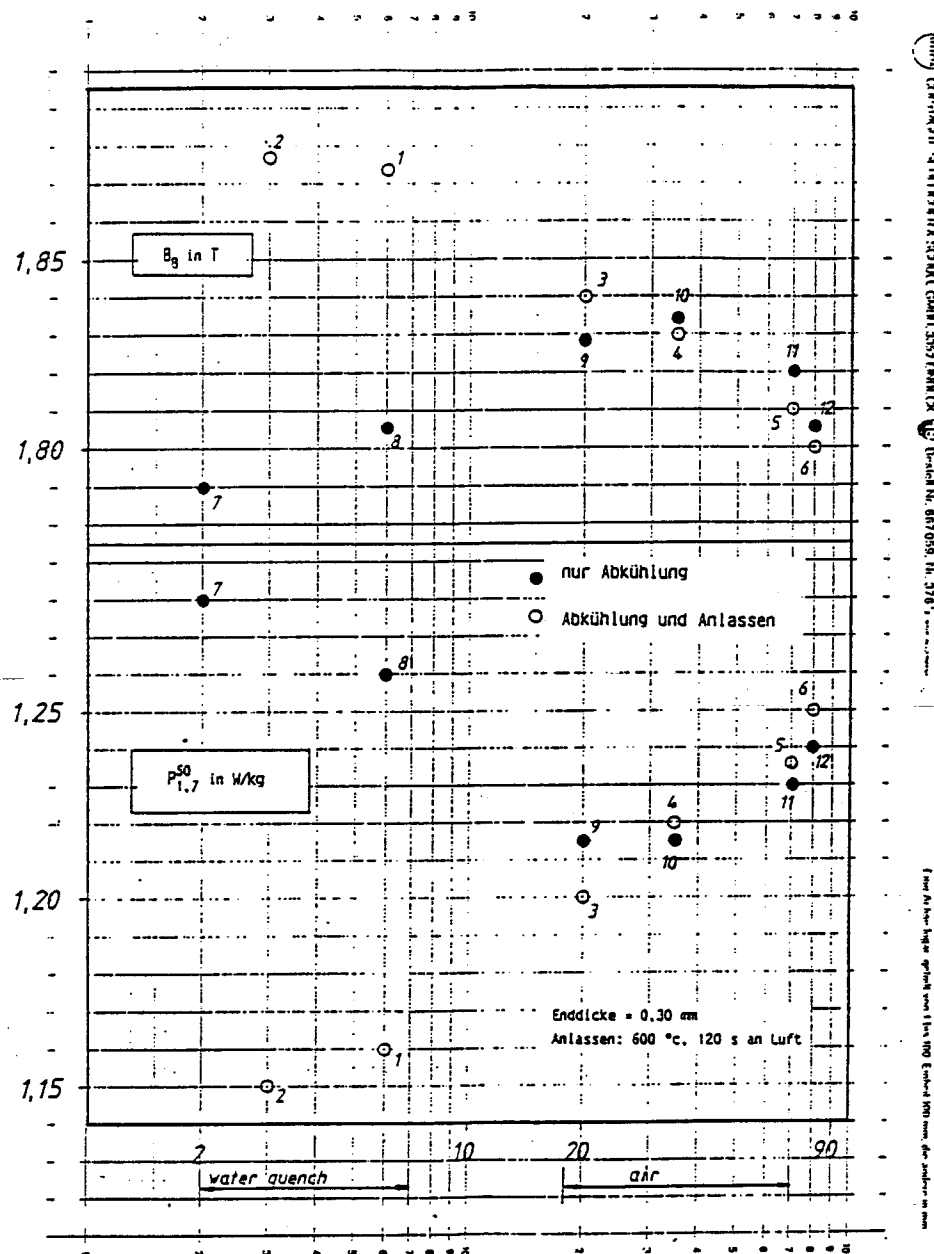


Fig. 5:
Magnetische Eigenschaften von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke von 0,30 mm in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der beschleunigten Abkühlung von der Zwischenglühtemperatur
- ohne nachfolgende Anlaßglühbehandlung,
- mit nachfolgender Anlaßglühbehandlung

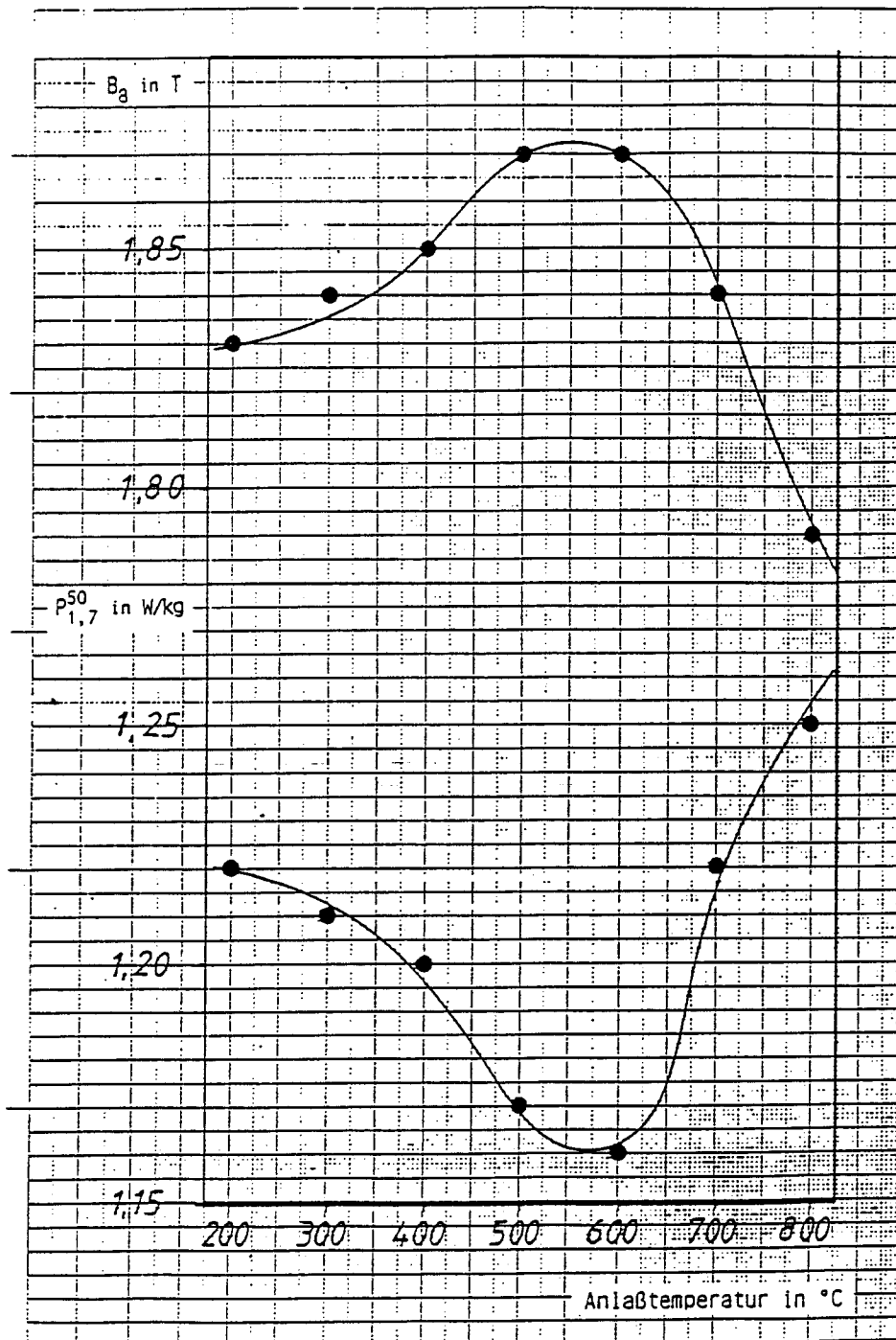


Fig. 6:
Magnetische Eigenschaften von kornorientierten Elektroblechen mit einer Enddicke von 0,30 mm in Abhängigkeit von der Temperatur der erfindungsgemäßen Anlaßglühbehandlung nach beschleunigter Abkühlung von der Zwischen glühtemperatur.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 7972

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A, D	EP-B-0 047 129 (KAWASAKI STEEL) * Anspruch 2 *		C2108/12
A, D	EP-B-0 101 321 (KAWASAKI STEEL) * Anspruch 1 *	1	
			RECHERCHIERTESACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			C210
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	31 JULI 1992	SUTOR W.	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			