

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der neuen Patentschrift :
05.04.89

Int. Cl.⁴ : **B 22 D 11/04, B 22 D 11/16**

Anmeldenummer : **79102611.5**

Anmeldetag : **24.07.79**

Verfahren zum Stranggiessen von Metall in eine Kokille und Einwirkung eines elektromagnetischen Feldes.

Priorität : **28.07.78 CH 8134/78**
02.02.79 CH 1029/79
07.02.79 CH 1184/79

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
05.03.80 Patentblatt 80/05

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenter-
teilung : **11.05.83 Patentblatt 83/19**

Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung
über den Einspruch : **05.04.89 Patentblatt 89/14**

Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH DE FR GB IT LU NL SE

Entgegenhaltungen :
DE--A-- 1 583 601
DE--A-- 2 401 145
DE--A-- 2 720 391
DE--A-- 2 810 876
DE--B-- 1 146 622
DE--B-- 1 159 136
DE--B-- 1 962 341
DE--U-- 6 930 213
E. HERMANN "Handbuch der Stranggiessens" 1958,
Aluminium Verlag, Düsseldorf Seiten 417 bis 428

Patentinhaber : **CONCAST HOLDING AG**
Tödistrasse 7
CH-8027 Zürich (CH)

Erfinder : **Lipton, Jan**
Glärnischstrasse 24
CH-8820 Wädenswil (CH)
Erfinder : **Däcker, Carl-Ake**
Nyponvägen 182
S-61300 Oxelösund (SE)
Erfinder : **Thalmann, Armin**
Florastrasse 73
CH-8610 Uster (CH)
Erfinder : **Haefeker, Axel-Ingo**
alte Landstrasse 95
CH-8804 Au-Wädenswil (CH)

Vertreter : **Zeller, Josef**
CONCAST HOLDING AG Tödistrasse 7
CH-8027 Zürich (CH)

EP 0 008 376 B2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung behandelt ein Verfahren zum Stranggiessen von Metall, gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. Anspruch 2.

Das Gefüge eines im Stranggiessverfahren hergestellten Stranges ist neben anderem von der Zusammensetzung des Materials und von der Giesstemperatur abhängig. Bei Giesstemperaturen von nur wenigen Grad Celsius über der Schmelztemperatur überwiegt ein globulitisches, ungerichtetes und bei Giesstemperaturen mit mehr als 15° über Liquidus ein kolumnares, gerichtetes Gefüge mit einer starken, zentralen positiven Seigerung der Begleitelemente. Aus giesstechnischen Gründen muss in der Praxis mit Uebertemperaturen von mehr als 20 °C gegossen werden. Es sind darum schon viele Anstrengungen unternommen worden, auch beim Stranggiessen mit solchen Uebertemperaturen eine Bramme mit überwiegend globulitischem, ungerichtetem Gefüge und geringer zentraler Seigerung zu erhalten.

Beim Stranggiessen von Stahl ist es bekannt, durch magnetisches Rühren der Schmelze im flüssigen Kern Verbesserungen der Qualität des gegossenen Materials mittels einer mehr oder weniger starken turbulenten Strömung zu erhalten. Diese Verbesserungen sind durch verschiedene Verfahren, zum Aufbringen der Schubkräfte auf die Schmelze erzielt worden.

Im Stahl sind Legierungs- und Begleitelemente, wie C, Si, Mn, P, S usw. enthalten, die beim Erstarren zu Seigerungen, insbesondere Zentralseigerungen, führen können. Solche Seigerungen, wie auch die Kristallstruktur, sind bekanntlich u. a. von der Höhe der Uebertemperatur abhängig. Durch das elektromagnetische Rühren bzw. durch die erzeugte turbulente Strömung sollen solche Seigerungen verhindert werden. Das Erstarrungsgefüge soll derart beeinflusst werden, dass eine möglichst grosse Zone von dichter, ungerichteter Kristallstruktur erhalten wird. Es hat sich aber gezeigt, dass durch die lokale starke Bewegung der Schmelze die Erstarrungsfront so beeinflusst wird, dass sich sogenannte weisse Bänder bilden. Diese weissen Bänder sind negative Seigerungen, die sich qualitätsverschlechternd auswirken können.

Beim Vergiessen von Knüppeln oder Vorblöcken ist es zur Verbesserung der Oberflächen- sowie der Innenqualität bekannt, die Schmelze im flüssigen Kern mit Hilfe einer elektromagnetischen Einrichtung in eine um die Stranglängsachse rotierende Bewegung zu versetzen. Hierbei wird die Rotation mit einem unvollkommenen Drehfeld (drei Magnetpole) erzeugt. Wohl wird dabei eine feinkörnigere Struktur erhalten, aber das Entstehen eines grossen weissen Bandes konnte nicht verhindert werden.

Es ist weiter eine Vorrichtung bekannt, bei der um das Kokillenrohr herum eine elektromagnetische Einrichtung mit drei Polpaaren angeordnet

ist, die den flüssigen Kern in eine um die Stranglängsachse rotierende Bewegung versetzt. Diese von einem vollkommenen Drehfeld erzeugte Rotation weist in ihrer Strömung eine ungenügende Turbulenz auf. Die Durchmischung des flüssigen Stahles ist deshalb unvollkommen, weil sich durch die gleichmässige magnetische Beaufschlagung der Schmelze keine quer zum Strang wirkende Kraft ergibt. Diese relativ geringe Turbulenz lässt hinsichtlich der Qualität des gegossenen Produktes in bezug auf die Oberfläche, die Verteilung der Legierungs- und Begleitelemente, aber auch auf die innere Struktur, zu wünschen übrig.

Nach einem bekannten Verfahren werden mit einem elektromagnetischen Wanderfeld Schubkräfte in Richtung der Stranglängsachse erzeugt, wobei die um den Strang verlaufenden Magnete zwischen den Rollenpaaren bis zum Sumpfboden angeordnet sind. Die entlang des Sumpfbodens erzeugte Strömung bringt den gewünschten Bereich von nicht kolumnarem Gefüge und verhindert das Entstehen von massgebenden Seigerungen, insbesondere der Mittenseigerung und weissen Bändern. Eine solche Anordnung benötigt durch die Vielzahl der Magnete einen zu grossen Platz, behindert ein ausreichendes Kühlen des Stranges und ist viel zu aufwendig.

Mit einem andern bekannten Verfahren für Brammenformate wird versucht, diese weissen Bänder zu eliminieren, indem mit elektromagnetischen Wanderfeldern, erregt durch zwei an den Längsseiten sich gegenüber befindliche Magnete, Schubkräfte auf den flüssigen Stahl erzeugt werden. Diese Schubkräfte sollen so quer zur Stranglängsachse wirken, dass ein sanftes Anstossen der Strömung an der erstarrten Wand erzielt wird, so dass die umgelenkte Strömung innerhalb eines begrenzten Bereiches gehalten wird. Dieser begrenzte Wirkungsbereich ergibt eine ungenügende Zone von dichter, ungerichteter Kristallstruktur. Im weiteren hat sich gezeigt, dass mit diesem Verfahren die weissen Bänder nur mangelhaft eliminiert werden können, so dass durch diese Nachteile kein optimales Produkt erhalten werden kann, was sich z. B. auf das gewalzte Produkt qualitätsmässig negativ auswirken kann.

Bei Versuchen mit von Symmetrie in den Phasen beeinflussten Schubkräften mit quer zur Stranglängsrichtung geradlinig verlaufender Schubrichtung, erzeugt von einem an der Längsseite einer Bramme angeordneten Rührer, zeigten die Schliffbilder weisse Bänder und eine breite Zone von Dendriten, was eine ungenügende Qualität des gegossenen Stahles erbrachte.

Aus DE-A-1 583 601, die den Oberbegriff von Anspruch 1 und 2 bildet, ist weiter ein Verfahren zum elektromagnetischen Rühren eines einen flüssigen Kern aufweisenden Stranges bekannt. Durch ein Drehfeld werden im flüssigen Kern pulsierende Schubkräfte erzeugt, die eine turbulente Strömung ergeben. Das Drehfeld kann dabei

durch geringfügig asymmetrische Anordnung der Phasen bzw. der Spulen R, S, T unrund sein und unterschiedlich auf die Schmelze wirkende pulsierende Schubkräfte erzeugen. Trotz der asymmetrischen Anordnung der Spulen kann noch keine genügend breite Zone von dichter, ungerichteter Kristallstruktur ohne weisse Bänder erreicht werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mit dem eine optimale Strangqualität erhalten wird. Im besonderen soll eine genügende Zone von dichter, ungerichteter Kristallstruktur vorhanden sein. Das gegossene Material soll keine weissen Bänder aufweisen und seigerungsarm sein, insbesondere in bezug auf die Zentralseigerung.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale von Anspruch 1 bzw. Anspruch 2 gelöst.

Ueberrassenderweise konnte festgestellt werden, dass bei unterschiedlich auf die Schmelze wirkenden Schubkräften innerhalb der Felder eine derartige turbulente Strömung erzeugt wurde, dass trotz hoher Uebertemperatur praktisch keine weissen Bänder im Schliffbild auftraten sowie die gewünschte Zone von dichter, ungerichteter Kristallstruktur ohne massgebende Zentralseigerung erreicht wurde.

In Abhängigkeit der gegebenen Giessparameter kann nach einer vorteilhaften Anwendung des Verfahrens, von den unterschiedlich wirkenden Schubkräften innerhalb der Felder eine geradlinig verlaufende Schubrichtung in der Schmelze quer oder längs zur Stranglängsachse erzeugt werden. Bei grösseren Strangquerschnitten mit quer zur Stranglaufrichtung verlaufender Schubwirkung wird daher der Platzbedarf zur Erzeugung eines in Stranglaufrichtung genügend langen Rührfeldes verringert.

Für Knüppel- und Vorblockformate wird nach einer anderen vorteilhaften Anwendung von den unterschiedlich wirkenden Schubkräften innerhalb der Felder eine bogenförmig um die Stranglängsachse verlaufende Schubrichtung in der Schmelze erzeugt. Bei Anwendung dieses Verfahrens in der Kokille kann neben der besseren Innenstruktur die Strangoberfläche verbessert werden.

Vorteilhaft liegen unterschiedlichen Stromstärken in einem Bereich zwischen ca. 10 %-25 %.

Ueberraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die turbulente Strömung effizienter wird, wenn, gemäss einem weiteren Merkmal der Erfindung, die schwächere Schubkraft der einen Phase vor der stärkeren Schubkraft der in Schubrichtung nachfolgenden Phase wirksam wird.

Bei Giessbeginn verstreicht eine gewisse Zeitspanne, bevor der flüssige Kern in umlaufende Bewegung versetzt werden kann. Um dabei möglichst rasch die angestrebte turbulente Strömung zu erreichen, wird, nach einem zusätzlichen Merkmal, die Asymmetrie in der Strombeaufschlagung der Phasenspulen in der Anfahrperiode von annähernd Null auf einen vorgegebenen Maximalwert eingestellt. Damit konnte erreicht werden, dass

auch der vorderste Strangabschnitt die gewünschte metallurgische Qualität aufweist.

Beim erfindungsgemässen Verfahren ergibt sich auf Grund physikalischer Gesetze zusätzlich zu der in Rührrichtung wirkenden Kraft, eine zwischen Null und einem Maximum pulsierende Querkraft. Diese überlagerte Kraft wirkt sich durch eine zusätzliche Verstärkung der Turbulenz dann vorteilhaft aus, wenn, gemäss einem anderen Merkmal der Erfindung, durch Einstellen der Schubrichtung der Felder die aus der Asymmetrie in den Phasen resultierende, senkrecht zur Rühreroberfläche verlaufende Kraft von der, dem Strang zugekehrten Rührerfläche weg wirksam wird. Hierdurch kann eine zusätzliche Qualitätsverbesserung, insbesondere bei einseitiger Rühreranordnung, erzielt werden.

Beispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher beschrieben, wobei diese Figuren folgendes veranschaulichen:

Fig. 1 die Anordnung eines Rührers mit geradlinig verlaufender Schubrichtung zur Durchführung des Verfahrens in einer Bogenanlage.

Fig. 2 ein Schliffbild eines halben Querschnittes einer Bramme, deren flüssiger Kern mit einem quer zum Strang wirkenden Wanderfeld gerührt wurde,

Fig. 3 die Verteilung des Schwefels entlang der Linie III-III der Fig. 2.

Fig. 4 ein Schliffbild eines halben Querschnittes einer Bramme, deren flüssiger Kern gemäss der Erfindung gerührt wurde,

Fig. 5 die Verteilung des Schwefels entlang der Linie V-V der Fig. 4 und

Fig. 6 einen Schnitt durch eine Knüppel- oder Vorblockkokille mit einem, die bogenförmig verlaufende Schubrichtung erzeugenden Rührer.

In Fig. 1 ist mit 1 eine gekühlte, gebogenen und oszillierende Kokille zum Giessen einer Bramme bezeichnet, die aus einem nicht dargestellten Giessgefäss über ein in die Kokille 1 reichendes Giessrohr mit flüssigem Stahl versorgt wird. Der in der Kokille 1 entstehende, einen flüssigen Kern 3 aufweisende Strang 2 wird in einer der Kokille 1 folgenden gebogenen Strangbahn 4 mit einem Radius von 10 m mit Hilfe von Rollen 5 geführt und gestützt. Zwischen den Rollen 5 sind Sprühdüsen 6 zur weiteren Kühlung des Stranges 2 angeordnet. Von einem Treib-Richter 7 wird der Strang ausgezogen und gerichtet.

In einem Abstand von ca. 5 m unterhalb des Kokillenendes ist ein Rührer in Form eines Wanderfeld-Magneten 10 bekannter Konstruktion an der Innenseite der Strangbahn 4 angeordnet. Zwischen dem Magneten 10 und der Innenseite des Stranges 2 sind Rollen 5' aus einem antimagnetischen Material, beispielsweise rostfreiem Stahl, angebracht. Der Magnet 10 ist zweiphasig aufgebaut. Auch dreiphasige Magnete können Anwendung finden. Die von Rührer erzeugten Schubkräfte wirken quer zur Stranglängsachse.

Die auf der beschriebenen Anlage gegossenen Brammen hatten ein Format von 1550 mm x 270 mm. Die Auszugsgeschwindigkeit betrug etwa 0,55 m/min. Beide Phasen wurden zunächst bei

einer Spannung von 200 V mit einer Frequenz von 2 Hz und ca. 1000 Ampère, d. h. in bekannter Weise, symmetrisch, beaufschlagt. Fig. 2 zeigt das Schliffbild eines mit einer Uebertemperatur von 29 °C gegossenen Stahles mit 0,15 % C, 0,025 % S und üblichen weiteren Begleitelementen, wobei, wie erwähnt, ein konventionelles Rührverfahren angewendet wurde. Das Schliffbild zeigt eine relativ dünne Randzone 20 mit überwiegend globulitischem Gefüge. An diese Zone 20 schliesst sich eine Zone 21 mit kolumnarem Gefüge zur Mitte gerichteter Dendriten an. Der Zone 21 folgt eine Zone 22, die über eine ungerichtete Kristallstruktur verfügt, heller ist und ein weisses Band darstellt. Dieses Band kann aus einem Stück bestehen, wie das Bezugszeichen 22 verweist, oder in mehrere Bänder 23, 24, 25 unterteilt sein. Der Zone 22 folgt eine Zone 26 mit dichter, ungerichteter Kristallstruktur, die in die Mittenseigerung 27 übergeht.

In Fig. 3 ist das Ergebnis der quantitativen Analyse des Schwefelanteils längs der Linie III-III der Fig. 2 dargestellt. Auf der Ordinate ist der Schwefelgehalt in Prozenten und auf der Abzisse die Brammendicke aufgetragen. Aus dem Diagramm ist zu erkennen, dass der Schwefelgehalt im weissen Band (Zone 23, 24, 25) merklich verringert ist.

Fig. 4 veranschaulicht ein Schliffbild des halben Querschnittes einer nach dem erfindungsgemässen Verfahren gerührten Bramme. Format des Brammenquerschnittes, Stahlqualität, Auszugsgeschwindigkeit, Richtung der Schubkräfte und Frequenz waren gleich wie für Fig. 2 beschrieben. Die Uebertemperatur betrug 43 °C. Die Stärke für den Erregerstrom betrug für die eine Phase 830 A und für die andere Phase 1000 Ampère. Die eine Phase ist also gegenüber der anderen Phase mit einem um ca. 20 % höheren Strom beaufschlagt, d. h. die Phasen der elektromagnetischen Felder sind asymmetrisch. Im Schliffbild ist wiederum eine Zone 31 mit überwiegend globulitischem Gefüge zu erkennen. Daran anschliessend folgt eine Zone 32 mit gegen die Mitte der Bramme gerichteten Dendriten. Eine schwach ausgebildete Zone 33 mit einer Kristallstruktur, die keine Ausrichtung zeigt, schliesst sich der Zone 32 an. Die Mitte der Bramme verfügt über eine Zone 34 mit einer ebenfalls ungerichteten Kristallstruktur, die aber feiner und dichter als diejenige gemäss Fig. 2 ist.

Fig. 5 zeigt das Ergebnis der quantitativen Analyse des Schwefelanteils längs der Linie V-V der Fig. 4. Die Analyse lässt erkennen, dass beim Rühren des flüssigen Kernes nach dem erfindungsgemässen Verfahren mit der dadurch erzeugten turbulenten Strömung eine relativ gleichmässige Verteilung des Schwefels erreicht wird. Sowohl die positive Mittenseigerung als auch die negative Seigerung in der Zone 32 treten zum grossen Teil nicht mehr auf nur noch unbedeutende weisse Bänder sind vorhanden.

Durch die beschriebene Asymmetrie entstehen Schubkräfte mit unterschiedlicher Schubwirkung auf die Schmelze, d. h. durch den häufigen, fre-

quenzabhängigen Wechsel zwischen stärkerer und schwächerer Schubkraft wird die Turbulenz innerhalb der Strömung im flüssigen Kern wesentlich erhöht. Durch die zeitliche Reihung der schwächeren vor der stärkeren Schubkraft, d. h. die mit 830 A beaufschlagte Phase wird vor derjenigen mit 1000 A wirksam, kommt es in Wirkrichtung des Wanderfeldes durch die Periodisch pulsierende Schubkraft zu Turbulenzerhöhungen.

Anhand von Schliffbildern hat sich gezeigt, dass im praktischen Giessbetrieb bei Giessbeginn eine wesentlich längere Zeitspanne bis zum Erreichen eines qualitätsmässig einwandfreien Gussgefüges verstreicht, wenn anstelle einer annähernd symmetrischen Betriebsweise des Rührers dieser schon in der Anfahrperiode asymmetrisch betrieben wird. Es müssen nämlich, um die gewünschte Turbulenz in der Schmelze zu erzielen, zunächst im Strangkern geschlossene Strömungskreisläufe, sogenannte Strömungswalzen, ausgebildet werden, in welche sodann auf Grund des Unterschiedes in den Schubkräften beider Phasen bei asymmetrischer Betriebsweise zusätzliche Turbulenzen integriert werden. Dies sieht in der Praxis so aus, dass bei Giessbeginn, bis sich eine ausreichende Strömung im Sumpf des Stranges ausgebildet hat, das Rühren mit nur geringem Unterschied in der Strombeaufschlagung beider Phasen, z. B. wird Phase 1 mit 1000 und Phase 2 mit annähernd 1000 Ampère beaufschlagt, begonnen wird. Nach Ausbilden der notwendigen Strömung, d. h. nach Erreichen einer turbulenten umlaufenden Bewegung im flüssigen Kern, wird auf die schon beschriebene asymmetrische Beaufschlagung umgeschaltet. Auf diese Weise konnte der in der Qualität schlechtere, erste Teil der Bramme deutlich verkürzt werden.

Es hat sich weiterhin gezeigt, dass auch die Laufrichtung des Wanderfeldes einen entscheidenden Einfluss auf die Gussqualität ausübt. Beispielsweise kann einem Rühren quer zum Strang mit einer geradlinig verlaufenden Schubrichtung diese an einer Brammenbreite von links nach rechts oder umgekehrt verlaufen. Der Rührer kann auf einer oder auf beiden Breitseiten angeordnet sein. Mit der Asymmetrie entsteht eine resultierende, naturgegebene, senkrecht zur Hauptbewegungskomponente und ebenfalls senkrecht zur Strangausziehrichtung wirkende Querkraft. Im bevorzugten Fall soll durch Einstellen der Schubrichtung der Felder die aus der Asymmetrie in den Phasen resultierende, senkrecht zur Rühreroberfläche verlaufende Kraft von der dem Strang zugekehrten Rührerfläche weg wirksam sein. Bei gewissen Giessparametern kann ihre Wirkrichtung um 180° gedreht, d. h. von der Strangmitte weg auf die Stranghaut zu gerichtet, sein.

Bei Zusammenwirken zweier, einander gegenüberliegender Rührer, z. B. bei dicken Brammen, können diese vorzugsweise so geschaltet sein, dass ihre Wanderfelder gegeneinander laufen, damit sowohl die Querkraft des einen als auch die des anderen Wanderfeldes zur Strangmitte hin

gerichtet sind.

Die nach dem beschriebenen Verfahren erzeugte dichtere, ungerichtete Kristallstruktur sowie die unbedeutenden weissen Bänder ergeben beim Auswalzen der Brammen wesentlich bessere Eigenschaften des Gewalzen Produktes. Obendrein wird für die Vorrichtung zur Erzeugung der optimalen turbulenten Strömung wenig Platz beansprucht.

Im angeführten Beispiel werden die unterschiedlichen Schubkräfte durch Beaufschlagen der Windungen mit unterschiedlichen Stromstärken erzeugt. Diese unterschiedlichen Schubkräfte können aber auch durch unterschiedliche geometrische Ausbildung der Phasenspulen, z. B. der Windungszahlen, erzeugt werden. Die Wanderfeld-Magnete können auch so angeordnet werden, dass die unterschiedlichen Schubkräfte in Richtung der Stranglängsachse oder schräg zu dieser wirken. Anstelle von einem, von einer Strangseite wirkenden Wanderfeld kann ein zusätzliches Wanderfeld an der anderen Strangseite vorgesehen werden. Bei Strängen mit lange flüssigen Kernen kann in Stranglängsrichtung mehr als ein Wanderfeld wirken. Die turbulente Strömung kann auch in der Kokille wirksam sein, wobei die Strömung vorteilhaft so gehalten wird, dass sie den Badspiegel nicht beeinflusst, um keine negative Wirkung auf die Oberflächenqualität des Stranges hervorzurufen. Die beschriebene Asymmetrie kann auch durch das Zusammenwirken mehrerer Rührsegmente im gleichen Rührer mit unterschiedlicher Beaufschlagung oder geometrischer Ausbildung der Phasenspulen erreicht werden.

Anhand von Fig. 6 wird die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens für eine Knüppelkokille beschrieben, wobei eine bogenförmig verlaufende Schubrichtung eine Drehbewegung der Schmelze um die Stranglängsachse erzeugt. Mit 51 ist im Schnitt eine Kokille bezeichnet. Sie besteht aus einem Kokillenrohr 52 aus Kupfer und einem Kühlmantel 54 angeordnet. Durch den Raum zwischen Kokille 52 und Kühlmantel 54 strömt Kühlwasser. Im Innern der Kokille 52 ist ein Teilerstarter Strang 60 mit einem flüssigen Kern 61 gezeigt. Dieser Strang 60 wird mit bekannten Mitteln aus der Kokille gezogen und weiter gekühlt.

An jede Seite des Kühlmantels 54 sind Magnetpole 70, 71, 72, 73 angebracht, die mit je einer Windung 74, 75, 76, 77 versehen sind. Diese Magnetpole werden durch Kühlwasser im Raum zwischen Kühlmantel 54 und Kokillenmantel 53 gekühlt. Die Windungen 74, 75, 76, 77 sind so geschaltet, dass eine Wanderfeld entsteht. Diese Magnetpole bilden einen elektromagnetischen Felder in den Strang induzierenden Rührer. Entsprechend der Glessparamater wird dabei die eine Phase gegenüber der anderen, nachfolgenden Phase mit einem um 10-25 % höheren Strom gespeist. Für einen Knüppel von 100 x 100 mm sind die Windungen 74 und 76 bei einer Frequenz von 50 Hz und einer Spannung von 50 V mit 400 A

und die Windungen 75 und 77 mit 320 A beaufschlagt. Das Wanderfeld erzeugt im flüssigen Stahl unterschiedlich wirkende Schubkräfte, die auf Grund der beschriebenen Anordnung der Magnetpole eine Drehbewegung der Schmelze bewirken. Wird tieferes Eindringen der Rührwirkung oder eine kleinere Rührgeschwindigkeit gewünscht, so wird die Frequenz entsprechend verringert, speziell bei grossen Wandstärken des Kokillenrohres.

Die Schaltung kann aber auch so gewählt werden, dass der magnetische Fluss zwischen den Polpaaren 70, 72 bzw. 71, 73 fliesst und mit Hilfe des magnetischen Feldes die Drehbewegung auf diese Weise erzeugt wird. Dabei werden die Polpaare 70, 72 beispielsweise mit 400 A und die Polpaare 71, 73 mit 320 A erregt.

Für grössere Knüppel- und Vorblockformate kann die Anzahl der Pole erhöht werden. Anstelle der asymmetrischen Beaufschlagung der Windungen mit Strom können die unterschiedlich wirkenden Schubkräfte durch unterschiedliche geometrische Ausbildung der Phasenspulen erzeugt werden, z. B. durch unterschiedliche Windungszahl.

Die asymmetrische Beaufschlagung mit Strom oder die unterschiedliche geometrische Ausbildung können auch kombiniert werden. Im angeführten letzten Beispiel ist das Rühren mit bogenförmig verlaufender Schubrichtung in der Kokille beschrieben worden. Dieses Rühren kann aber auch in der Sekundärkühlzone Anwendung finden. Anstelle der bogenförmig verlaufenden Schubrichtung kann in der Kokille auch die geradlinige, in Stranglängsrichtung verlaufende Schubrichtung angewendet werden.

Das erfindungsgemässe Verfahren kann für alle Typen von Stranggiessanlagen mit Durchlaufkokillen Anwendung finden, auch für Anlagen zum Giessen von Träger-Vorprofilen und von Nichtisenmetallen. Bei Strängen mit langen, flüssigen Kernen können mehrere Rührer zusammen wirken.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggiessen von Metall, bei dem Schmelze in eine Kokille (1) gegossen, der entstehende, einen flüssigen Kern (3) aufweisende Strang (2) ausgezogen, geführt sowie weiter gekühlt (6) und durch mindestens einen elektromagnetischen Felder in den Strang induzierenden Rührer (10) mittels auf die Schmelze wirkender, pulsierender Schubkräfte eine turbulente Strömung im flüssigen Kern (3) erzeugt wird, wobei diese unterschiedlich auf die Schmelze wirken, pulsierenden Schubkräfte durch Aufbringen einer vorbestimmten Asymmetrie in den Phasen erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Windungen (74-77) einer Phasenspule (70-73) gegenüber den Windungen (74-77) mindestens einer anderen Phasenspule (70-73) der Felder von unterschiedlichen Stromstärken beaufschlagt werden.

2. Verfahren zum Stranggiessen von Metall, bei dem die Schmelze in eine Kokille (1) gegossen, der entstehende, einen flüssigen Kern (3) aufweisende Strang (2) ausgezogen, geführt, sowie weiter gekühlt (6) und durch mindestens einen elektromagnetische Felder in den Strang induzierenden Rührer (10) mittels auf die Schmelze wirkender, pulsierender Schubkräfte eine turbulente Strömung im flüssigen Kern (3) erzeugt wird, wobei diese unterschiedlich auf die Schmelze wirkenden pulsierenden Schubkräfte durch Aufbringen einer vorbestimmten Asymmetrie in den Phasen erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Asymmetrie in den Phasen durch unterschiedliche Windungszahlen (74-77) einer Phasenspule (70-73) gegenüber mindestens einer andern Phasenspule (70-73) des Rührers (10) erzeugt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass von den unterschiedlich wirkenden Schubkräften innerhalb der Felder eine geradlinig verlaufende Schubrichtung in der Schmelze quer oder längs zur Stranglängsachse erzeugt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass von den unterschiedlich wirkenden Schubkräften innerhalb der Felder eine bogenförmige um die Stranglängsachse verlaufende Schubrichtung in der Schmelze erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Windungen (74-77) der einen Phasenspule (70-73) gegenüber den Windungen (74-77) der anderen Phasenspule (70-73) mit einem um 10 % bis 25 % höheren Strom beaufschlagt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass die schwächere Schubkraft der einen Phase vor der stärkeren Schubkraft der in Schubrichtung nachfolgenden Phase wirksam wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass die Asymmetrie in der Strombeaufschlagung der Phasenspulen in der Anfahrperiode von annähernd Null auf einen vorgegebenen Maximalwert eingestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch Einstellen der Schubrichtung der Felder die aus der Asymmetrie in den Phasen resultierende, senkrecht zur Rühreroberfläche verlaufende Querkraft von der dem Strang zugekehrten Rührerfläche weg wirksam wird.

Claims

1. A method for the continuous casting of metal, wherein molten metal is poured into a mould (1), the resultant strand (2), having a molten core (3), is withdrawn, guided and further cooled (6), and turbulent flow is set up in the molten core (3) by means of pulsating thrust forces acting on the molten metal and produced by at least one stirring device (10) inducing electromagnetic fields in the strand, wherein

these pulsating thrust forces, acting differently on the molten metal, are set up by applying a predetermined asymmetry in the phases, characterised in that the windings (74-77) of one phase coil (70-73) are acted upon by current strengths which are different from those applied to the windings (74-77) of at least one other phase coil (70-73) of the fields.

2. A method for the continuous casting of metal, wherein the molten metal is poured into a mould (1), the resultant strand (2), having a molten core (3), is withdrawn, guided and further cooled (6), and turbulent flow is set up in the molten core (3) by means of pulsating thrust forces acting on the molten metal and produced by at least one stirring device (10) inducing electromagnetic fields in the strand, wherein these pulsating thrust forces, acting differently on the molten metal, are set up by applying a predetermined asymmetry in the phases, characterised in that the predetermined asymmetry in the phases is produced in that one phase coil (70-73) has a different number of windings (74-77) from at least one other phase coil (70-73) of the stirring device (10).

3. A method according to claim 1 or 2, characterised in that a rectilinear thrust direction, transverse of or along the longitudinal axis of the strand is produced in the molten metal by the differently acting thrust forces within the fields.

4. A method according to claim 1 or 2, characterised in that a thrust direction, extending along an arc about the longitudinal axis of the strand, is produced in the molten metal by the differently acting thrust forces within the fields.

5. A method according to claim 1, characterised in that the windings (74-77) of one phase coil (70-73) are acted upon by a current which is 10 % to 25 % higher than that applied to the windings (74-77) of the other phase coil (70-73).

6. A method according to any one of claims 1 to 5, characterised in that the lower thrust force of one of the phases becomes effective before the higher thrust force of the next phase occurring in the thrust direction.

7. A method according to any one of claims 1 to 6, characterised in that the asymmetry of the current load of the phase coils is adjusted in the start-up period from approximately zero to a predetermined maximum value.

8. A method according to claim 3, characterised in that, by adjusting the thrust direction of the fields, the transverse force, occurring at right angles to the surface of the stirring means and resulting from the asymmetry in the phases, becomes effective in the direction away from that face of the stirring means that is presented to the strand.

Revendications

1. Procédé pour la coulée continue de métal, selon lequel on coule du métal en fusion dans une lingotière (1), on extrait la barre (2) formée,

présentant un cœur (3) liquide, on la guide et la refroidit (6) davantage et, par des forces de propulsion pulsatoires agissant sur le métal en fusion, on crée un écoulement turbulent dans le cœur liquide (3) au moyen d'au moins un agitateur (10) induisant des champs électromagnétiques dans la barre, ces forces de propulsion pulsatoires, agissant de façon différenciée sur le métal en fusion, étant produites par application d'une asymétrie préfixée dans les phases, caractérisé en ce que l'on fait circuler, dans les spires (74-77) d'une bobine de phase (70-73), un courant d'une intensité qui diffère de l'intensité du courant parcourant les spires (74-77) d'au moins une autre bobine de phase (70-73) des champs.

2. Procédé pour la coulée continue de métal, selon lequel on coule le métal en fusion dans une lingotière (1), on extrait la barre (2) formée, présentant un cœur (3) liquide, on la guide et la refroidit (6) davantage et, par des forces de propulsion pulsatoires agissant sur le métal en fusion, on crée un écoulement turbulent dans le cœur liquide (3) au moyen d'au moins un agitateur (10) induisant des champs électromagnétiques dans la barre, ces forces de propulsion pulsatoires, agissant de façon différenciée sur le métal en fusion, étant produites par application d'une asymétrie préfixée dans les phases, caractérisé en ce que l'on crée l'asymétrie préfixée dans les phases par des nombres de spires (74-77) d'une bobine de phase (70-73) qui diffèrent par rapport à au moins une autre bobine de phase (70-73) de l'agitateur (10).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les forces de propulsion à action

différenciée déterminent, à l'intérieur des champs, une direction de propulsion rectiligne qui passe transversalement à l'axe longitudinal de la barre ou le long de cet axe par le métal en fusion.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les forces de propulsion à action différenciée déterminent, à l'intérieur des champs, une direction de propulsion courbe qui passe dans le métal en fusion autour de l'axe longitudinal de la barre.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les spires (74-77) d'une bobine de phase (70-73) sont parcourues d'un courant dont l'intensité est supérieure de 10 à 25 % à l'intensité du courant dans les spires (74-77) de l'autre bobine de phase (70-73).

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la force de propulsion plus faible de l'une des phases agit avant la force de propulsion plus forte de la phase suivante dans la direction de propulsion.

7. Propulsion selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que, dans la période de démarrage de la coulée, on ajuste l'asymétrie dans l'alimentation électrique des bobines des phases de pratiquement zéro à une valeur maximale préfixée.

8. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, par l'ajustement de la direction de propulsion des champs, on fait agir la force transversale, résultant de l'asymétrie dans les phases et qui est perpendiculaire à la surface de l'agitateur, dans le sens de l'éloignement de la face d'agitateur tournée vers la barre.

40

45

50

55

60

65

7

Fig.1

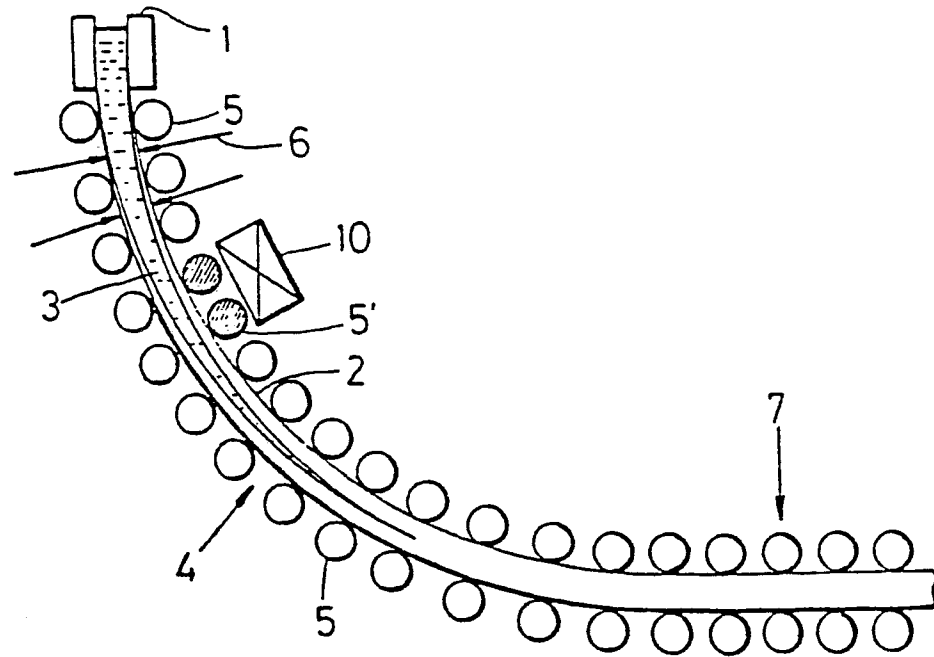


Fig.4

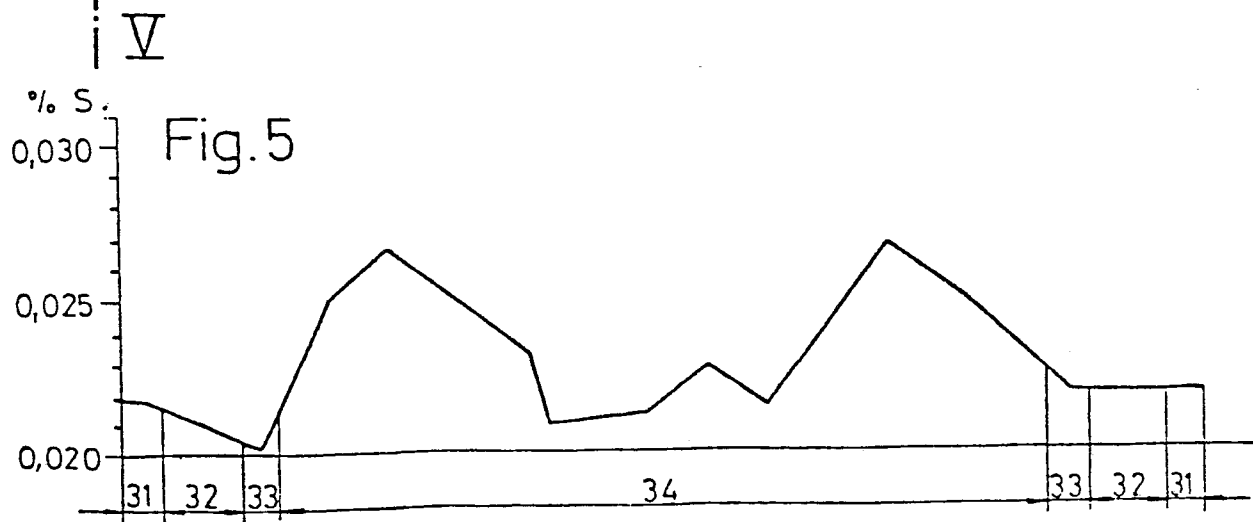
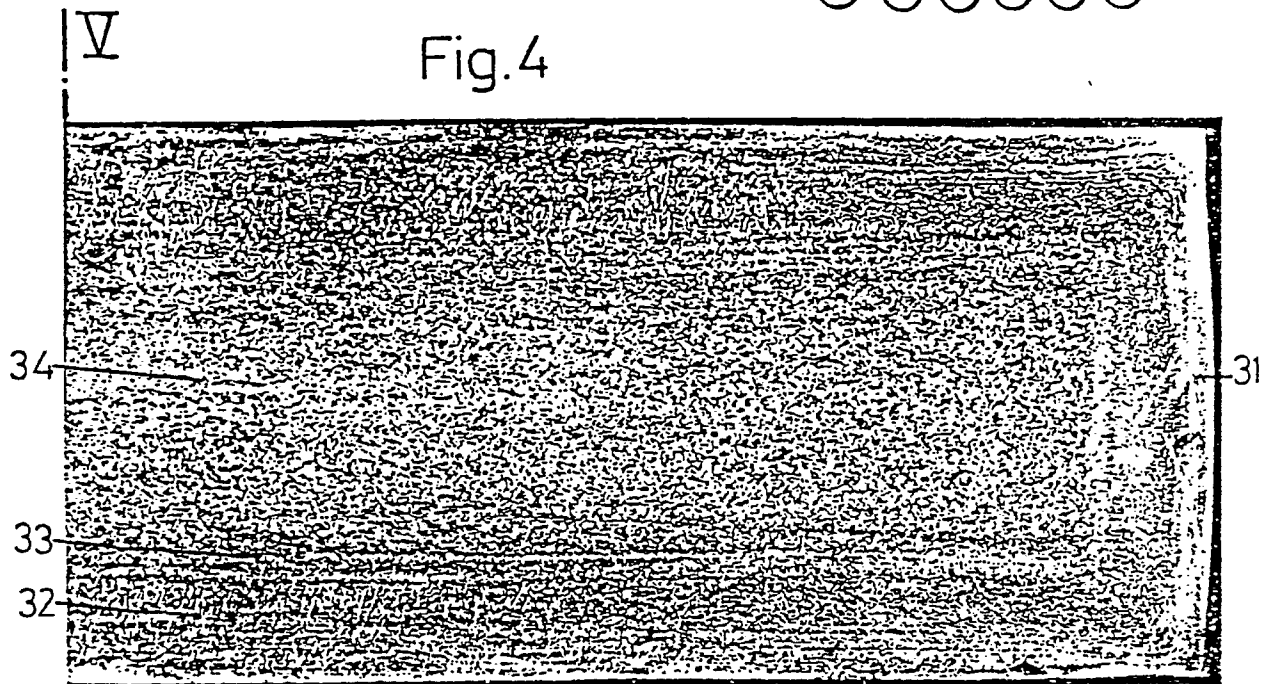


Fig.2

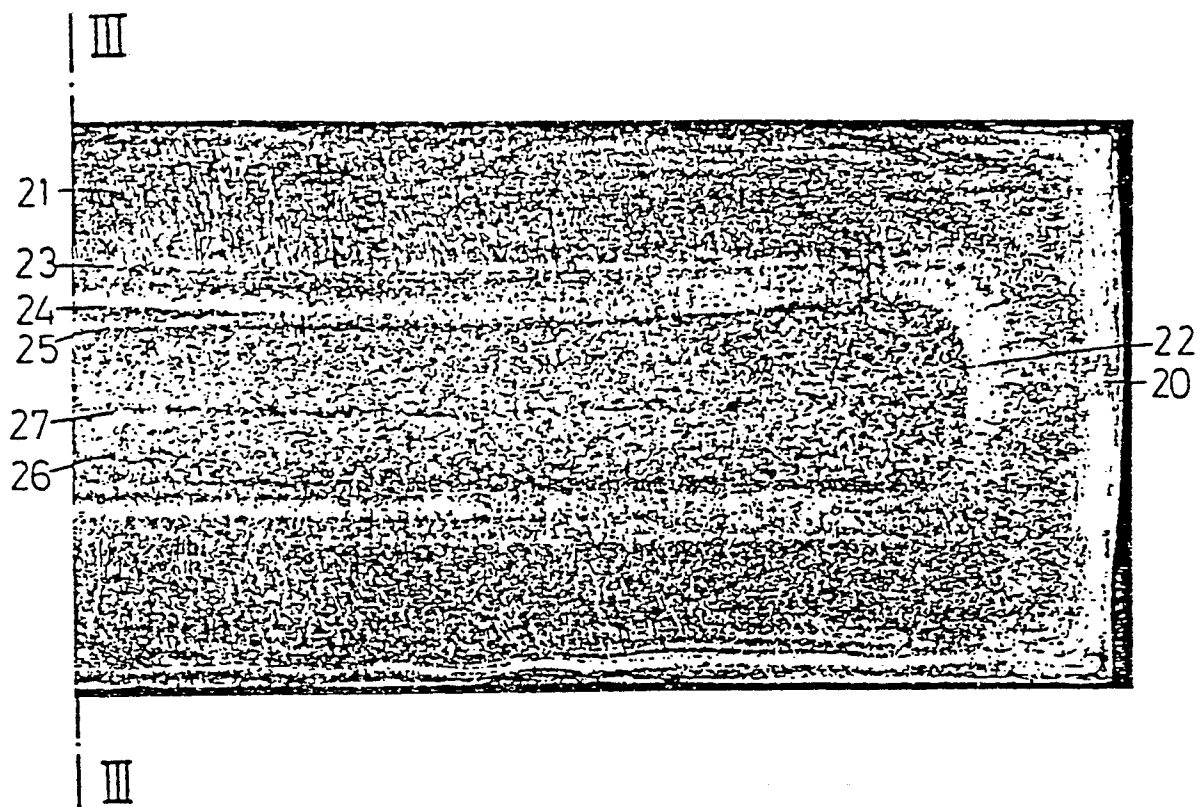


Fig.3

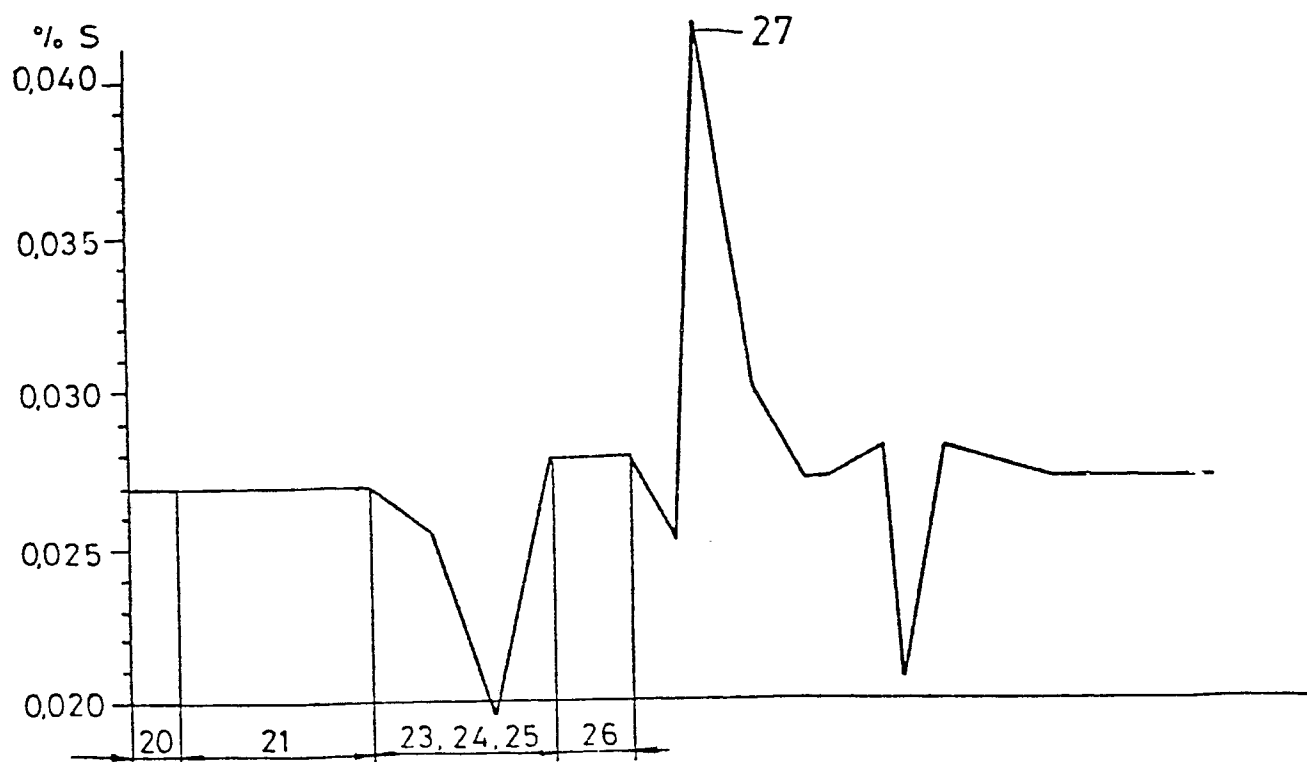


Fig. 6

