(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 006 010 T2** 2007.12.13

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 677 928 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 006 010.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR2004/002728**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 805 290.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/044487**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.10.2004**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **19.05.2005**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.07.2006**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.12.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***B22D 11/115*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
0312555 **27.10.2003** **FR**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:
Rotelec, Bagnolet, FR

(74) Vertreter:
OFFICE ERNEST T. FREYLINGER S.A., Strassen, LU

(72) Erfinder:
KUNSTREICH, Siebo, F-93400 Saint-Ouen, FR

(54) Bezeichnung: **ELEKTROMAGNETISCHES RÜHRVERFAHREN ZUM STRANGGIESSEN VON METALLPRODUKTEN MIT EINEM LÄNGLICHEN QUERSCHNITT**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Stranggießen von Metallen, insbesondere von Stahl. Sie betrifft Im Besonderen das elektromagnetische Rühren beim Stranggießen von Produkten mit länglichem Querschnitt und genauer noch die Schaffung einer besonderen Verteilung der Ströme innerhalb des noch im flüssigen Zustand befindlichen Teils des gegossenen Metalls mittels angelegter Magnetfelder.

[0002] Es sei darauf hingewiesen, dass unter „Produkt mit länglichem Querschnitt" metallurgische Produkte zu verstehen sind, deren Breite mindestens doppelt so groß ist wie die Dicke, insbesondere Brammen, Vorbrammen, Dünnbrammen, etc.

[0003] Das elektromagnetische Rühren, das im Bereich des Stranggießens von Stahl in den frühen 70er Jahren erschienen ist, hat sich dort rapide als quasi unumgängliches Mittel zur Kontrolle der Ströme im Kern des erstarrenden Flüssigmetalls durchgesetzt. Es wird darauf hingewiesen, dass das am häufigsten angewandte Prinzip die allgemein bekannte Magnethydrodynamik (MHD) ist, die mithilfe eines beweglichen Magnetfeldes (Dreh- oder Gleitfeld), das von einem oder im Allgemeinen mehreren, in unmittelbarer Nähe des gegossenen Produktes angeordneten Mehrphaseninduktoren erzeugt wird, das flüssige Metall in der Feldbewegung mitführt. In geeigneter Weise in Höhe des Metallbadspiegels der Gießmaschine angeordnet, ermöglichen diese mit elektrischem Strom mit einstellbarer Frequenz gespeisten Induktoren dann verschiedene, an die Bedürfnisse des Metallarbeiters anpassbare Rührmodi.

[0004] Zudem zeigen die konstanten Fortschritte, die im Verständnis der Erstarrungsmechanismen des Metalls beim Stranggießen verzeichnet werden, die Bedeutung gerade der Umlaufbewegungen des flüssigen Metalls für die Qualität des erhaltenen erstarrten Produkts im Allgemeinen (d.h. interne Gesundheit, Oberflächen- oder Einschlussreinheit, Erstarrungsstruktur, etc.).

[0005] Diesbezüglich lassen sich die der Metallschmelze beim Stranggießen aufgeprägten Bewegungen schematisch in zwei getrennte Kategorien einordnen, je nachdem, ob man die Kokille oder darunter die Sekundärkühlstufen der Gießmaschine betrachtet.

[0006] Die Bewegungen, die der Metallschmelze in der Kokille da aufgeprägt werden, wo der flüssige Metallanteil bei weitem am größten ist, bezwecken im Wesentlichen eine Kontrolle der Strömungen an dieser empfindlichen Stelle. Denn genau da befindet sich die freie Oberfläche des gegossenen Metalls, dessen innere Reinheit zum Beispiel stark von der geometrischen Form dieser Oberfläche abhängt. Dort entsteht auch insbesondere die erste Erstarrungshaut, deren wichtige Bedeutung sowohl für die Oberflächenqualität des erhaltenen Gießproduktes als auch für die Kontrolle des Gießprozesses selbst bekannt ist.

[0007] Dagegen wird mit einem Rühren des Metalls im Erstarrungsbereich unter der Kokille, also in der Sekundärkühlzone (man sagt eher „in der Sekundärkühlung"), vielmehr eine Verbesserung der internen metallurgischen Struktur des Produktes angestrebt, und zwar durch die Entwicklung einer weitestmöglichen äquiaxialen Erstarrung, von der man weiß, dass sie sowohl für die Mikroseigerung der Legierungselemente als auch insbesondere für die Porenfreiheit in der Mitte des gegossenen Produktes günstig ist. Daher wird immer häufiger auf ein elektromagnetisches Rühren beim Stranggießen von Brammen zurückgegriffen, wenn es darum geht, Produkte herzustellen, die eine porenfreie innere Gesundheit erfordern, wie zum Beispiel dicke Stahlbleche für Kesselplatten oder dicke geschweißte Rohre.

[0008] Zum besseren Verständnis der nachfolgend dargestellten Erfindung ist hier lediglich festzuhalten, dass es allgemein bekannt ist, wie das Schema der aus der Druckschrift FR 72.20546 stammenden Fig. 3 zeigt, in der Sekundärkühlung einer Maschine zum Stranggießen von Brammen über lineare Induktoren **41**, **41'** zu verfügen, die einander gegenüberliegend beiderseits der Breitseiten des gegossenen Produktes angeordnet sind und Magnetfelder erzeugen, die je nach dessen Breite in Querrichtung gleiten. Man bezweckt damit, innerhalb des flüssigen Metalls Strömungen aufzubauen, die sich im Wesentlichen zu zwei aneinander grenzenden, gegensinnig drehenden Schleifen entwickeln. Diese Schleifen **42**, **43** bilden sich parallel zu den Breitseiten und sind je nach Höhe des gegossenen Produktes beiderseits einer gemeinsamen, querverlaufenden Wirkzone des Magnetfeldes abgestuft, wobei die Strömungen jeder Schleife an einer Schmalseite aufsteigen und an der gegenüberliegenden Schmalseite wieder absteigen. Eine solche Bewegungskonfiguration wird klassischerweise mit „Schmetterlingsflügel-Konfiguration" bezeichnet.

[0009] Dabei ist es möglich, wie in der beigefügten Fig. 4 gezeigt, die ihrerseits der Druckschrift FR 2528739 entnommen wurde, die querverlaufenden Wirkzonen **51**, **52**... der Magnetfelder je nach Höhe der Gießmaschine zu vermehren. In diesem Fall erhalten sie paarweise entgegengesetzte Drehrichtungen zwischen den am nächsten beieinander liegenden Schleifen, so dass sie bei einer gegebenen verfügbaren Rührleistung beispielsweise ein größtmögliches Rührvolumen betreffen. Auf diese Weise wird eine Bewegungstopologie in „Drei-Null-Konfiguration" gebildet, die aus drei aneinander grenzenden,

paarweise gegensinnig drehenden Schleifen besteht: einer mittleren Schleife **60**, die zwischen den beiden querverlaufenden Wirkzonen **51** und **52** liegt, und zwei äußeren Schleifen **61** und **62** beiderseits der mittleren Schleife, die gleichsinnig drehen.

[0010] Welche Variante auch immer gewählt wird, sie kann mit Induktoren durchgeführt werden, die sowohl hinter den Stützrollen der Sekundärkühlzone der Gießmaschine als auch zwischen diesen Rollen (FR 2187468) angeordnet oder auch in diesen selbst (FR 2187467) untergebracht sind. Gleiches gilt im Übrigen auch für die Mittel zur Durchführung der Erfindung, die nachstehend ausführlicher beschrieben werden.

[0011] Historisch gesehen sieht es so aus, als sei die Entdeckung dieser Art von Bewegungen, die auf einer schleifenförmigen Rezirkulation des Metalls in einer Ebene parallel zu den Breitseiten der Bramme basiert, darauf zurückzuführen, dass sich im Gegensatz zu länglichen Produkten beim Stranggießen von Flachprodukten die längliche Querschnittsform des Produktes nicht gut für den Aufbau einer stabilen Rotationsbewegung um die Gießachse eignet. Dies liegt vermutlich hauptsächlich an den starken Geschwindigkeitsgradienten, die dafür in der Dicke eines Produktes notwendig sind, welche Dicke, was die dicksten Produkte betrifft, kaum mehr als 20 cm beträgt.

[0012] Eine Konfiguration mit abgestuften Schleifen in der in den Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten Art, die sich in Badhöhe parallel zu den Breitseiten des Produktes aufbaut, weist hingegen ein solches Handikap nicht auf. Sie hat überdies den Vorteil, dass sie einen besseren Wärmeaustausch zwischen oberem und unterem Bereich der Gießmaschine gewährleistet. Die oben wärmere Metallschmelze wird durch erzwungene Konvektion mit den absteigenden Strömen **42a** und **43a** nach unten transportiert, während durch die aufsteigenden Ströme **42b** und **43b** Kristallite aus erstarrtem Metall, die sich im unteren Bereich angesammelt haben, in den oberen Bereich eingeimpft werden, so dass die vorzeitige Entwicklung einer breitflächigen und regelmäßigen äquiaxialen Erstarrung des Randbereichs bis zur Mitte des gegossenen Produktes gefördert wird. Diese Schleifen **42**, **43** können allerdings nach oben nicht so stark wie gewünscht ausgebildet werden, weil sonst die freie Metalloberfläche in der Kokille beeinträchtigt würde. Man weiß nämlich heute, wie wichtig die Aufrechterhaltung des in diesem Bereich maßgeblichen instabilen, hydrodynamischen Gleichgewichts der Strömungen in der Kokille für die Erzielung der Oberflächenqualität, der Qualität unter der Oberfläche und im Innern des gegossenen Produktes ist.

[0013] Nun hat sich aber gerade das Einfüllen des Gießmetalls von oben in die Kokille mit Hilfe eines Tauchgießrohrs mit seitlichen, zu den Schmalseiten der Kokille offenen Austrittsöffnungen heutzutage fast allgemein verbreitet und das gerade Tauchrohr mit nur einer axialen Austrittsöffnung verdrängt, das seitdem fast nur noch für lange Produkte reserviert ist. Ein wesentlicher Vorteil für die Strömungen in der Kokille besteht darin, wie dies im Schema der Fig. 1 gezeigt ist, dass sich der warme Flüssigmetallstrahl aus jeder seitlichen Austrittsöffnung **27**, **2T** des Gießrohrs **26** infolge eines Abprallvorgangs an den schmalen Stirnwänden der Kokille auf natürliche Weise in zwei Fraktionen teilt. Eine Hauptfraktion **21** ist dabei nach unten in die Abziehrichtung des gegossenen Produktes gerichtet. Die andere Fraktion **22** wird nach oben geleitet, derart, dass dem Nahbereich der freien Oberfläche **23** des Metalls in der Kokille die notwendige Enthalpie zugeführt wird, um Erstarrungsvorgänge des gegossenen Metalls im Bereich des Meniskus zu verhindern, die oftmals Ursache unbeabsichtigter Stillstände beim Gießen sind. Man bezweckt damit, in der Kokille einen sogenannten „zweischleifigen" Umlaufmodus herzustellen, im Gegensatz zum „einschleifigen" Modus.

[0014] Dieser letztgenannte Modus, der in **Fig.** 7 dargestellt ist, äußert sich zunächst darin, dass das Metall nach seinem Austritt aus den Öffnungen des Gießrohrs in Richtung Meniskus aufsteigt, was oftmals die Folge einer verstopfungsverhindernden Argoneinspritzung in das Gießrohr vom darüber liegenden Verteiler aus ist. Dieses sofortige Aufsteigen nach oben setzt sich dann in einer Oberflächenströmung zu jeder Schmalseite und einem Absteigen an dieser fort. Auf diese Weise bildet sich in der Kokille ziemlich schnell eine Kartographie der insgesamt nach unten in Abziehrichtung des Produktes gerichteten Geschwindigkeiten, wobei die obere Schleife **22** zur Zufuhr „warmen" Metalls zum Meniskus fehlt.

[0015] Der zweischleifige Modus ist beim Gießen jedoch nur dann dauerhaft verfügbar, wenn sich die Gießbedingungen dafür eignen (Gießgeschwindigkeit, Brammenbreite, Eintauchtiefe des Gießrohrs, Argondurchsatz als Verstopfungsschutz, etc.). Zufallsbedingte Übergänge zum einschleifigen Modus sind im Verlauf des Gießprozesses möglich, wenn sich die Bedingungen verändern, was im Grunde allgemein der Fall ist.

[0016] Ein wesentlicher Aspekt im Hinblick auf die Kontrolle der zweischleifigen Strömungen in der Kokille besteht ferner darin, in der Kokille beiderseits des Gießrohrs eine sog. Links-Rechts-Symmetrie der Rezirkulationsbewegungen zum Meniskus aufrechtzuerhalten. Es ist nämlich bekannt, dass das Auftreten von Asymmetrien in diesem Bereich Oszillationserscheinungen im Metallbad verursacht, welche zu unerwünschten Rollbewegungen an der Oberfläche führen können, die dem Bedienungspersonal auf der Gießbühne gut bekannt sind. Das heißt, es muss dafür gesorgt werden, dass die Teilrezirkulationsströ-

mungen **22**, **22'** nach oben vor allem zeitlich stabilisiert werden, um das Auftreten sog. Links-Rechts-Asymmetrien zu vermeiden. Diese aufsteigenden Strömungen, die thermisch ausreichend wirksam sein müssen, um dem Meniskus die gewünschten Wärmekalorien zuzuführen, dürfen jedoch in hydrodynamischer Hinsicht nicht zu intensiv sein, damit die Ersterstarrungslinie **25**, die sich im Randbereich des Meniskus an der gekühlten Kupferwand der Kokille bildet, nicht zu stark erschüttert wird. Die Regelmäßigkeit dieser Ersterstarrungslinie ist nämlich eine Garantie für die Homogenität der gebildeten Ersthaut im oberen Kokillenbereich, ohne die man unvermeidbar Gefahr läuft, dass infolge von Verschlackungen oder lokalen Dickenabnahmen der erstarrten Haut Löcher unter der Kokille entstehen.

[0017] Einfacher ausgedrückt können sich beim Gießen mit einem Tauchgießrohr mit seitlichen Austrittsöffnungen während desselben Gießvorgangs zufällig oder jedenfalls in nicht gewünschter Weise Strömungen in der Kokille ergeben, die entweder zweischleifigen Typs oder einschleifigen Typs sind oder bei denen es sich um instabile Strömungen aufgrund sog. Links-Rechts-Asymmetrien handelt.

[0018] Insbesondere wegen dieser Schwierigkeiten bei der Kontrolle der Strömungen im oberen Bereich der Stranggießmaschinen erschienen vor kurzem elektromagnetische Rührvorrichtungen, die in der Kokille bereits auf die seitlichen Gießstrahlen des Gießrohrs einwirken. Wie in den Skizzen der beiliegenden Fig. 2a und Fig. 2b gezeigt, die der Patentschrift JP 57075270 entnommen sind, werden horizontal bewegliche Magnetfelder mit Hilfe von mehrphasigen Linearinduktoren **30a**, **30b** und **30a'**, **30b'** erzeugt, die auf den Breitseiten der Kokille **32** der Austrittsbahn der Gießstrahlen auf beiden Seiten des Gießrohrs **31** gegenüberliegend angeordnet sind. Je nach Einstellung der Gleitrichtung der Felder kann dann die Strömung des jeweiligen Gießstrahls abgebremst werden (Gleiten der Magnetfelder im Gegenstrom von der Schmalseite zum Gießrohr – **Fig.** 3b1) oder im Gegenteil beschleunigt werden (Gleiten mit dem Gleichstrom vom Gießrohr zur Schmalseite – **Fig.** 3b2). Dadurch ist es möglich, die enthalpischen Metallzufuhren zur Oberfläche des gegossenen Metalls zum Beispiel je nach den Gießverhältnissen einzustellen, ohne den Strömungsmodus in der Kokille zu beeinträchtigen, den es prioritär zu bewahren gilt.

[0019] Der vorstehende kurze Rückblick auf den vorherigen Stand der Technik macht die Trennung, ja sogar den Widerspruch deutlich, der beim Gießen von Produkten mit länglichem Querschnitt zwischen Rühren des Metalls in der Kokille einerseits und Rühren in der Sekundärkühlung andererseits tatsächlich existiert.

[0020] Die vorliegende Erfindung hat es sich daher zur Aufgabe gestellt, ein solches Handicap zu überwinden. Mit anderen Worten: die auf das Stranggießen von Produkten mit länglichem Querschnit – insbesondere Brammen – anwendbare Erfindung bezweckt, über eine insgesamt entwickelte Rührbewegung der Metallschmelze je nach Badhöhe einen guten Austausch des noch flüssigen Metalls in beiden Richtungen zwischen der Sekundärkühlzone und der Kokille zu verschaffen. Dadurch ergibt sich eine sowohl thermische als auch chemische Homogenität zwischen oberem und unterem Bereich des Erstarrungsraums, ohne den Strömungsmodus in der Kokille zu beeinträchtigen und ohne dabei gegebenenfalls auf die kumulierten günstigen Wirkungen zu verzichten, die jeweils für das Rühren in der Kokille bzw. das Rühren in der Sekundärkühlung charakteristisch sind.

[0021] Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung besteht darin, zur Verbesserung der metallurgischen Qualität von Stahlsorten beizutragen, für die eine gute innere Gesundheit angestrebt wird, wie Stahlsorten für Dickbleche oder dicke, geschweißte Rohre, ferritische Edelstähle oder elektrisch leitende Siliziumstähle.

[0022] Eine andere zusätzliche Aufgabe der Erfindung besteht darin, auf die Strömungen in der Sekundärkühlung einwirken zu können, um sie im Bereich der aus dem Gießrohr austretenden Gießstrahlen entweder als Beschleunigungsmittel oder im Gegenteil als Mittel zum Abbremsen des in die Kokille eintretenden Metalls oder auch als Mittel zu nutzen, um der Tendenz zur sog. Links-Rechts-Asymmetrie der Metallbewegungen innerhalb der Kokille entgegenzuwirken.

[0023] Im Hinblick auf diese Aufgaben betrifft die Erfindung ein elektromagnetisches Rührverfahren in der Sekundärkühlzone einer Anlage zum Stranggießen von Brammen oder gleichartigen anderen Produkten mit länglichem Querschnitt, deren Kokille mit einem Tauchrohr mit seitlichen, zu den Schmalseiten gerichteten Austrittsöffnungen versehen ist, welches Rührverfahren mit Hilfe von gleitenden Magnetfeldern durchgeführt wird, welche von in der Nähe des gegossenen Metalls angeordneten Mehrphaseninduktoren erzeugt werden, dadurch gekennzeichnet, dass in der Sekundärkühlzone die Bildung eines längsgerichteten Flüssigmetallflusses erzwungen wird, welcher im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen lokalisiert ist.

[0024] Dadurch entsteht auf natürliche Weise eine Gesamtzirkulation des Flüssigmetalls in der Sekundärkühlung, die sich in Gestalt eines "vierblättrigen Kleeblatts" aufbaut, welches zwei obere Lappen und zwei untere Lappen hat und dessen obere Lappen in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen des

Tauchgießrohrs heraustretenden Gießstrahlen reichen.

[0025] Gemäß einer Variante werden diese beiden längsgerichteten, gegenläufigen, kolinearen Strömungen im Mittenbereich des Produktes sich voneinander entfernend erzeugt, so dass die oberen Lappen, die in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen des Tauchgießrohrs heraustretenden Gießstrahlen reichen, sich im Gleichstrom mit ihnen vermischen, um sie zu verstärken.

[0026] Gemäß einer weiteren Variante werden diese beiden längsgerichteten, gegenläufigen, kolinearen Strömungen im Mittenbereich des Produktes zueinander konvergierend erzeugt, so dass die oberen Lappen, die in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen des Tauchgießrohrs heraustretenden Gießstrahlen reichen, sich im Gegenstrom über sie legen, um sie abzubremsen.

[0027] Gemäß einer besonderen Ausführung des Verfahrens wird die Lokalisierung der längsgerichteten Strömung in der Sekundärkühlung zu der einen oder der anderen Schmalseite des gegossenen Produktes hin verlagert, um der Tendenz zur Links-Rechts-Asymmetrie der Metallbewegungen innerhalb der Kokille entgegenzuwirken.

[0028] Gemäß einer Durchführungsart wird der längsgerichtete Metallfluss im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen mit Hilfe von kolinearen, beweglichen Magnetfeldern erzeugt, die im Mittenbereich in Längsrichtung gleiten, wobei sie sich entweder einander nähern oder sich voneinander entfernen.

[0029] Gemäß einer bevorzugten Durchführungsart wird der längsgerichtete Metallfluss im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen mit Hilfe von kolinearen, beweglichen Magnetfeldern erzeugt, die je nach Breite des gegossenen Produktes in Querrichtung gleiten, wobei sie sich vom Rand zur Mitte des gegossenen Produktes einander nähern oder sich vom Rand zur Mitte des gegossenen Produktes voneinander entfernen.

[0030] Gemäß einer weiteren bevorzugten Durchführungsart werden die gleitenden Magnetfelder mit Hilfe von mehrphasigen Linearinduktoren erzeugt, die den Breitseiten des gegossenen Produktes gegenüberliegend angeordnet werden.

[0031] Alternativ werden die Induktoren mit elektrischen Strömen unterschiedlicher Stromstärken gespeist, um die Einwirkung auf die beiden gegenläufigen, kolinearen Metallströmungen, die von den von ihnen generierten Magnetfeldern erzeugt werden, unterschiedlich zu regeln.

[0032] Unter „kolinearem" Gleiten der Magnetfelder oder der Metallströmungen ist zu verstehen, dass die Magnetfelder oder die Metallströmungen nicht parallel zueinander, sondern auf der gleichen Linie gleiten, genau wie zwei kolineare Vektoren im Vergleich zu zwei parallelen Vektoren.

[0033] Es versteht sich also, dass die Erfindung hinsichtlich ihrer wesentlichen Grundlagen darin besteht, in der Sekundärkühlzone ein Rührkreuz mit zwei Querbalken und zwei Längsbalken zu bilden. Die Querbalken (oder horizontalen Balken, wenn davon ausgegangen wird, dass die Gießachse vertikal ist) erstrecken sich je nach der Breite des gegossenen Produktes, die beiden Längsbalken (oder vertikalen Balken) erstrecken sich in den (zumeist axialen) Mittenbereich des gegossenen Produktes.

[0034] Und durch die Bildung eines solchen Rührkreuzes in der Sekundärkühlung entsteht aufgrund der vierlappigen Rezirkulationsströmungen im Erstarrungsraum eine Gesamtkonfiguration der Bewegungen, die auch den Bereich der Kokille betrifft, so dass die von der Erfindung angestrebten vorgenannten Aufgaben erfüllt sind.

[0035] Anhand der nachfolgenden Beschreibung soll unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung die Erfindung verständlich gemacht und weitere Aspekte verdeutlicht werden.

[0036] Die Fig. 1 bis Fig. 4 sind repräsentativ für den bereits vorher betrachteten Stand der Technik. Genauer gesagt zeigen:

– Fig. 1 ein übliches Schema, das in groben Zügen im Vertikalschnitt parallel zu den Breitseiten der Kokille die bekannte Kartographie der Zirkulationsbewegungen des flüssigen Metalls darstellt, welches über ein Tauchgießrohr mit seitlichen, zu den seitlichen Schmalseiten offenen Austrittsöffnungen in eine Kokille zum Stranggießen von Brammen eintritt;

– Fig. 2a, Fig. 2b1 und Fig. 2b2 in zwei Ansichten (links perspektivisch und rechts im Querschnitt) Darstellungen bekannter elektromagnetischer Rührmodi in einer Kokille zum Stranggießen von Brammen mit einem Tauchgießrohr mit seitlichen Austrittsöffnungen unter Verwendung von linearen Mehrphaseninduktoren (cf. Fig. 1), die beiderseits des Tauchgießrohrs auf jeder Breitseite angeordnet sind und Magnetfelder erzeugen, die paarweise gegensinnig auf derselben Breitseite horizontal gleiten, entweder in gleicher Richtung wie der Gießstrahl (Fig. 2b2) oder in entgegengesetzter Richtung (Fig. 2b1, und Fig. 2a);

– Fig. 3 ein vereinfachtes Schema, das perspektivisch eine Bramme während des Stranggießens in der Sekundärkühlzone der Gießmaschine zeigt.

Diese Zone ist mit zwei Linearinduktoren versehen, die beiderseits des Produktes je nach dessen Breite einander gegenüberliegend angeordnet sind und ein horizontal gleitendes Magnetfeld erzeugen für einen elektromagnetischen Rührmodus in der Gestalt von „Schmetterlingsflügeln", der zum Beispiel aus der vorgenannten FR 2187467 bekannt ist;

– Fig. 4 ein analoges Schema zum vorhergehenden der Fig. 3, das jedoch einen elektromagnetischen Rührmodus in Gestalt einer „dreifachen Schleife" zeigt, so wie er zum Beispiel durch die Anwendung der Lehre der oben erwähnten FR 2528739 realisiert ist.

[0037] Die anderen Fig. 5 bis Fig. 9 beziehen sich auf die Erfindung. Genauer gesagt zeigen:

– Fig. 5 ein allgemeines Schema, im vertikalen Axialschnitt parallel zu den Breitseiten einer Kokille zum Stranggießen von Brammen gesehen, welche Kokille mit einem Tauchgießrohr mit seitlichen, zu den seitlichen Schmalseiten offenen Austrittsöffnungen versehen ist; das Schema zeigt das allgemeine Rührprinzip in Gestalt eines vierblättrigen Kleeblatts in der Sekundärkühlzone nach einer der beiden Durchführungsarten der Erfindung, bei der sich die längsgerichteten, gegenläufigen Strömungen voneinander entfernen, sowie die daraus resultierende Kartographie der Zirkulationsbewegungen des flüssigen Metalls innerhalb dieser Zone, unmittelbar unterhalb der Kokille;

Fig. 6 ein Schema analog zu Fig. 5, jedoch bei einem Strömungsmodus in der Kokille in Gestalt einer „einfachen Schleife" und nicht „zweifachen Schleife";

– Fig. 7a ein Schema, das auf der Basis einer Reproduktion der Fig. 5 ein Mittel zur Durchführung des Rührmodus in Gestalt eines vierblättrigen Kleeblatts unter Verwendung von Linearinduktoren mit horizontal gleitendem Magnetfeld zeigt;

– Fig. 7b ein Schema analog zu Fig. 7a, das jedoch eine andere Ausführungsart dieser Durchführung der Erfindung zeigt, und zwar diesmal unter Verwendung von Linearinduktoren mit vertikal gleitendem Magnetfeld;

– Fig. 8 ein Schema, das ebenfalls auf der Basis einer Reproduktion der Fig. 5 eine bevorzugte Ausführungsart der Erfindung zeigt, bei der eine weitere Zirkulation in Gestalt einer „zweifachen Schleife" in der Kokille zustande kommt, und zwar unter Verwendung von Linearinduktoren mit horizontal gleitendem Magnetfeld, das direkt auf die aus den Öffnungen des Gießrohrs austretenden Gießstrahlen einwirkt;

– Fig. 9 die andere Ausführungsvariante der Erfindung, bei der nicht mehr konvergierende, sondern divergierende, gegenläufige, längsgerichtete Strömungen im Mittenbereich des gegossenen Produktes erzeugt werden.

[0038] Es sei darauf hingewiesen, dass die Fig. 1 bis Fig. 4 dazu dienten, den bereits zu Beginn dieser Beschreibung abgehandelten Stand der Technik darzustellen. Im folgenden wird deshalb nicht weiter darauf eingegangen.

[0039] In den Fig. 5 bis Fig. 9, die den Rührmodus in der Sekundärkühlung repräsentieren, der für die Erfindung in den beiden genannten Varianten (im Mittenbereich konvergierend oder divergierend) charakteristisch ist, sind die gleitenden Magnetfelder ebenso wie die Linearinduktoren, die sie erzeugen, durch dicke vertikale oder horizontale Pfeile dargestellt. Die erzeugten Konvektionsbewegungen sind ihrerseits durch ihre Hauptbahnen in Form von Strichen mit Pfeilspitzen dargestellt, die die Zirkuiationsrichtung der Konvektionsbewegungen auf der Bahn angeben. Die durchgezogenen Striche stellen aktive Konvektionszonen dar, d.h. Zirkulationszonen, die der Wirkung gleitender Magnetfelder ausgesetzt sind. Die unterbrochenen Striche stellen passive Konvektionszonen dar, anders ausgedrückt Rezirkulationszonen, die zwangsläufig komplementär zu den vorhergehenden sind, um die Schleifenbildung der Bewegungen zu gewährleisten.

[0040] In diesen Figuren sind gleiche Elemente mit gleichen Zeichen versehen. Um bestimmte Figuren nicht unnötig zu überladen, wurden gegebenenfalls sich wiederholende Zeichen nicht eingetragen, um die in diesen Figuren dargestellten wesentlichen Elemente der Erfindung deutlicher herauszustellen.

[0041] In jeder Figur ist eine Kokille **1** zum Stranggießen von Brammen dargestellt, an die sich unten die Zone **2** zur Sekundärkühlung der Gießmaschine anschließt, die hier absichtlich keine Stützrollen hat, um die Klarheit der Zeichnung nicht zu beeinträchtigen. Da die Ansichten in einer Ebene parallel zu den Breitseitenwänden der Kokille ausgeführt sind, sind in **3** und **3'** nur die Schmalseitenwände sichtbar, die die Schmalseiten **18**, **18'** des gegossenen Produktes **6** bestimmen. Da die Breitseiten in der Ebene der Figuren liegen, sind sie in den Figuren nicht beziffert. Um mehr Klarheit zu verschalten, wird außerdem mit **6** in gleicher Weise sowohl die gegossene Bramme selbst als auch ihr noch flüssiger Kern bezeichnet, der allgemein Erstarrungsbereich genannt wird.

[0042] Ein Tauchgießrohr **4**, das mittig auf der Gießachse A angeordnet ist (welche hier klassischerweise mit der Längsachse des gegossenen Produktes zusammenfällt), versorgt die Kokille mit Metallschmelze aus einem darüber liegenden, nicht dargestellten Verteiler. Dieses Tauchrohr ist mit seitlichen Austrittsöffnungen **5** und **5'** versehen, die jeweils einander gegenüberliegend zu den Schmalseiten **3** bzw.

3' gerichtet sind. Das Format des gegossenen Produktes wird durch die Innenmaße der Kokille bestimmt, die den Gießraum definieren, in den die Metallschmelze in Form von Gießstrahlen **7**, **7'** eintritt, welche klassischerweise in einer mehr oder weniger horizontalen oder geringfügig nach unten geneigten Richtung aus den Öffnungen des Tauchrohrs **4** austreten. Das gegossene Produkt bewegt sich also von oben vom Bereich des Meniskus **8** aus nach unten in Abziehrichtung der Gießmaschine senkrecht oder einer bogenförmigen Bahn folgend in einer orthogonalen Ebene zur Ebene der Figur mit einer Abziehgeschwindigkeit (Gießgeschwindigkeit) von gewöhnlich etwa einem Meter pro Minute vorwärts. Im Verlauf seiner Bewegung erstarrt es nach und nach vom Rand bis zur Mitte durch Entzug seiner inneren Wärme, zunächst in der Kokille **1** im Kontakt mit den gekühlten Kupferwänden und dann in der Sekundärkühlzone **2** unter der Einwirkung von Wasserberieselungsrampen.

[0043] Es sei darauf hingewiesen, dass man die Metallbadhöhe (oder Tiefe des Erstarrungsraums) klassischerweise definiert als die Maßdifferenz auf der Vertikalen zwischen der Höhe der freien Oberfläche des gegossenen Metalls in der Kokille (oder Meniskus) und der Höhe des Erstarrungsraumbodens im unteren Bereich der Sekundärkühlzone, dort, wo sich die sich ausbildenden Erstarrungsfronten treffen, die sich auf jeder der Breitseiten des gegossenen Produktes mit fortschreitender Erstarrung bilden.

[0044] Ungefähr drei oder vier Meter unter dem Meniskus **8**, also innerhalb der Sekundärkühlzone **2**, wird auf der Längsachse des Produktes (die mit der Gießachse A zusammenfällt) willkürlich ein Punkt P festgelegt, der als Mittelpunkt des erfindungseigenen Rührkreuzes **9** bezeichnet wird. Dieses Rührkreuz **9** ist ein Kreuz mit vier paarweise kolinearen Balken: zwei Längsbalken (hier vertikal) **10a**, **10b**, die ein mit der Gießachse fluchtendes Paar bilden, und zwei Querbalken (hier horizontal) **11a**, **11b**, die sich je nach der Breite des gegossenen Produktes erstrecken. In jedem der beiden Balken eines Paars fließt das flüssige Metall in paarweise entgegengesetzte Richtungen. Außerdem ist der Metallfluss in einem Paar entgegengesetzt zu dem im anderen Paar.

[0045] Aufgrund des zwangsweise "fertigen" Abmessungscharakters des gegossenen Produktes sind diese Balken wie ersichtlich in gewisser Weise durch Rezirkulationsschleifen miteinander verbunden, um eine Gesamtströmung zu bilden, die sich in der Ebene des Breitseiten des gegossenen Produktes in der Gestalt eines vierblättrigen Kleeblatts ausbildet, wobei die Blätter Lappen L1, L2, L3, L4 darstellen, von denen sich die beiden oberen, L1 und L4, in der Kokille bis in Höhe der austretenden Gießstrahlen **7** und **7'** erstrecken.

[0046] Gemäss dem in den Fig. 5 bis Fig. 8 dargestellten Rührmodus ist die Konvektion im vertikalen Balkenpaar also "divergierend". Die Metallströme gehen ab dem Mittelpunkt P auseinander. Der eine Strom **10a** fließt zur darüber liegenden Kokille **1** hoch, der andere **10b** fließt in Abziehrichtung des gegossenen Produktes nach unten zum Abschluss des Erstarrungsraums hin. Im horizontalen Balkenpaar **11a**, **11b** ist die Konvektion des Metalls "konvergierend": die Metallströme bewegen sich in Richtung Strömungsmittelpunkt P zueinander, indem sie von den seitlichen Schmalseiten des Produktes zur Längsachse A fließen.

[0047] Die diese Balken bildenden Metallströme werden wie bereits gesagt von gleitenden Magnetfeldern erzeugt, die ihrerseits von Linearinduktoren erzeugt werden, welche in unmittelbarer Nähe des gegossenen Produktes seinen Breitseiten (vorzugsweise beiden Seiten) gegenüberliegend angeordnet sind. Selbstverständlich ist es unnötig, dass beide Balkenpaare gleichzeitig von den Magnetfeldern angesteuert werden. Ein Paar genügt, zum Beispiel die vertikalen Balken **10a**, **10b**, wobei das andere Paar auf natürliche Weise zum Sitz einer Rückrezirkulation wird, da der Mittelpunkt P wie ein Stromdurchgangsknoten arbeitet, der die Massenströme und Bewegungsmengen beibehält, und umgekehrt.

[0048] Bei diesem ersten Rührmodus der Erfindung müssen allerdings die vertikalen Balken **10a** und **10b** ein Auseinanderfließen zulassen, wie in den Fig. 5 bis Fig. 8 gezeigt. In den oberen Lappen L1 und L4 in der Nähe der Kokille steigt das Metall dann zur Mitte auf und fließt an den Schmalseiten. herunter, und umgekehrt in den unteren Lappen L2 und L3.

[0049] Unter diesen Bedingungen werden durch die Durchführung der Erfindung die Metallaustausche zwischen oberem und unterem Bereich des Erstarrungsraums maximiert. Denn zum einen findet die schleifenförmige Zirkulation des Metalls in einem beliebigen Lappen in entgegengesetzter Richtung zu der statt, die sich in den beiden am nächsten beieinander liegenden Lappen aufbaut. Zum anderen wird die Stärke der Gießstrahlen **7**, **7'** durch den im Gleichstrom aufsteigenden mittigen Strom **10a** systematisch verstärkt, wobei die Rezirkulationsschleifen L5 und L6 in der Kokille in Richtung Meniskus **8** ihrerseits dann auch verstärkt werden. Somit ist der zweischleifige Modus L5, L1, L4 und L6 in der Kokille darüber hinaus stabilisiert.

[0050] Auf diese Weise wird klar, dass ein beliebiges Flüssigmetallelement (das in Gedanken an einer beliebigen Stelle der Metallbadhöhe isoliert wird), sich durch willkürliche Benutzung sukzessiver aufsteigender oder absteigender Strömungen mit hoher Wahrscheinlichkeit mindestens einmal in der Kokille befinden wird, bevor es wieder absteigt, falls es sich

anfänglich in der Sekundärkühlzone befindet, und umgekehrt, falls es anfänglich in der Kokille gewählt wird, wobei es zwangsweise insgesamt mit einer der Gießgeschwindigkeit entsprechenden mittleren Geschwindigkeit nach unten in die Abziehrichtung bewegt wird. Mit anderen Worten: durch diese Durchführung der Erfindung wird der Metallschmelzeaustausch zwischen den warmen Bereichen der Kokille und den kälteren Bereichen der Sekundärkühlung maximiert, und zwar indem in der Kokille die bekannten Mittel eingesetzt werden, um dort den zweischleifigen Modus zu stabilisieren.

[0051] Ein solcher Austausch trägt insbesondere zu einer besseren Ableitung der überschüssigen Wärme sowie zur Herbeiführung einer frühen und umfassenden äquiaxialen Erstarrung bei, wobei keine Gefahr besteht, dass der Strömungsmodus in der Kokille beeinträchtigt wird, sondern im Gegenteil die Stabilität der Links-Rechts-Asymmetrie der Bewegungen beiderseits des Giessrohrs verstärkt wird, egal, welcher lokale Modus vorliegt: zweifache Schleife (vgl. Fig. 5) oder einfache Schleife (vgl. Fig. 6), d.h. indem dem natürlichen willkürlichen Trend zum Übergang von einem Modus zum anderen entgegengewirkt wird.

[0052] Wie bereits gesagt werden die Balken **10** und **11** des Rührkreuzes **9** durch an diesen Stellen einwirkende gleitende Magnetfelder erzeugt. Deren Kraftlinien sind orthogonal zur Oberfläche des gegossenen Produktes oder weisen zumindest eine orthogonale Hauptkomponente auf, um die elektromagnetische Kopplung mit der Schmelze zu maximieren.

[0053] Es ist allgemein bekannt, dass solche Felder leicht mit herkömmlichen mehrphasigen Linearinduktoren erzeugt werden können.

[0054] Fig. 7a stellt eine erste Durchführungsart der Erfindung dar, bei der beiderseits des Gießrohrs zwei identische Linearinduktoren **12** und **13** horizontal auf gleicher Höhe oben auf der Gießmaschine angeordnet (kolineare Induktoren) und gegensätzlich geschaltet sind, so dass kolineare Magnetfelder erzeugt werden, die je nach Breite des gegossenen Produktes quer von den Schmalseiten **18**, **18'** zur Mitte gleiten. Diese Induktoren sind mit Vorteil so dimensioniert, dass sie jeweils ein gleitendes Magnetfeld an einem aktiven Konvektionsbalken (**11a** oder **11b**) erzeugen, dessen Länge etwas geringer ist als die Hälfte der halben Breite der gegossenen Bramme **6**.

[0055] In diesem Fall wird die Rührkraft von den konvergierenden Querbalken **11a**, **11b** des Rührkreuzes geliefert, während sich die in Längsrichtung fließenden Ströme **10a**, **10b** nach Passieren des Konfluenzpunktes P ergeben.

[0056] Fig. 7b erläutert eine zweite Durchführungsart der Erfindung, die hinsichtlich der erzielten Wirkungen der vorhergehenden entspricht. Bei dieser zweiten Variante sind die entgegengesetzt geschalteten kolinearen Linearinduktoren **14** und **15** vertikal auf der Gießachse angeordnet. Dadurch werden diesmal die Längsbalken **10a** und **10b** direkt angesteuert (deren Anwesenheit innerhalb der Sekundärkühlung die Grundlage selbst der Erfindung darstellt), wobei der obere Induktor **14** ein Magnetfeld erzeugt, das zum oberen Bereich der Gießmaschine in Richtung Kokille gleitet, während der untere Induktor **15** ein Magnetfeld erzeugt, das nach unten in Richtung Boden des Erstarrungsbereichs gleitet.

[0057] Fig. 8 stellt eine bevorzugte Ausführungsart der Erfindung dar. Dabei wird der obere Rand der die Gießstrahlen verstärkenden, oberen Rezirkulationslappen L1 und L4 in aktive Konvektionszonen umgewandelt. Dazu werden den beiden Induktoren, die in der Sekundärkühlung zur Bildung des Rührkreuzes bereits vorhanden sind, zwei weitere Linearinduktoren **16**, **17** mit horizontalen Gleitfeldern hinzugefügt, die kolinear beiderseits des Gießrohrs **4** in Höhe der aus den Öffnungen **5** und **5'** austretenden Gießstrahlen **7** und **7'** angeordnet sind und im Gleichstrom mit diesen Strahlen vom Gießrohr zu den Schmalseiten **3**, **3'** der Kokille **1** gleiten. Der Konvergenzeffekt zwischen den Strahlen und dem von unten aufsteigenden, mittigen Strom wird dadurch weiter verstärkt, und damit auch die örtlichen zweilschleifigen Bewegungsverhältnisse in der Kokille.

[0058] Fig. 9, analog zu Fig. 5, unterscheidet sich jedoch dadurch grundlegend davon, dass die Zirkulationsrichtungen des Metalls in jedem der vier Balken des Rührkreuzes **9** umgekehrt sind. Fig. 9 stellt somit die zweite Hauptvariante bei der Durchführung der Erfindung dar, bei der längsgerichtete, gegenläufige, kolineare Strömungen **20a**, **20b** im Mittenbereich des gegossenen Produktes **6** erzeugt werden, die diesmal in Richtung Punkt P so zueinander konvergieren, dass eine Gesamtzirkulation des flüssigen Metalls entsteht, die sich in der Kokille durch an den Schmalseiten **18**, **18'** aufsteigende Ströme bis in Höhe der aus den Auslassöffnungen **5**, **5'** des Gießrohrs austretenden Gießstrahlen **7**, **7'** erstreckt, denen sie im Gegenstrom entgegenwirken, um sie abzubremsen.

[0059] Es ergibt sich dann insgesamt eine Rührkonfiguration in der Sekundärkühlung mit vier Strömungslappen L1 bis L4, bei der sich die Schleifen im Vergleich zur ersten Variante in entgegengesetzter Richtung drehen. Aufgrund der antagonistischen Wirkung der oberen Lappen L1 und L4 auf die Gießstrahlen **7** und **7'** sind allerdings die Rückströmungen des Metalls nach unten in den Mittenbereich des Erstarrungsraums im Querschnitt des Produktes schwächer kanalisiert und eingegrenzt und viel diffuser und breit gestreuter als in der ersten Variante.

[0060] Es versteht sich, dass diese beiden Hauptva-

rianten in Wirklichkeit nur verschiedene, ergänzende Aspekte derselben Erfindung sind, die bei der Durchführung des Rührverfahrens zusammen vorliegen können. Die Gleitrichtungen der einwirkenden Magnetfelder lassen sich in der Tat leicht dynamisch modifizieren, zum Beispiel durch Umpolung der Induktoren, die sie erzeugen, so dass die Strömungen der Gießstrahlen **7**, **7'** bei einem in der Sekundärkühlung weit von diesen Strahlen entfernt stattfindenden Rührvorgang nach Bedarf abgebremst oder beschleunigt werden können.

[0061] Man sieht also, dass ein wesentliches Interesse der Erfindung darin besteht, dass ein guter Oben-Unten-Austausch im Erstarrungsraum gewährleistet wird und dabei gleichzeitig aus der Ferne auf die Gießstrahlen in der Kokille eingewirkt werden kann, und zwar mit Hilfe eines einfachen, rustikalen Aufbaus einer elektromagnetischen Rühreinrichtung, deren Komponenten im Handel erhältlich sind.

[0062] Die Erfindung besteht demnach letztendlich darin, die derzeit verfügbaren elektromagnetischen Rührmittel sinnvoll zu nutzen, um in der Sekundärkühlzone eine Längsteilung des Produktes in zwei nebeneinander liegende Stränge zu realisieren und in jedem Strang eine schmetterlingsflügelartige Rührkonfiguration aufzubauen. Dadurch entsteht in der Sekundärkühlzone ein vierlappiges Strömungssystem, dessen Herzstück das Rührkreuz **9** mit seinem Mittelpunkt P ist.

[0063] Aus naheliegenden Symmetriegründen erfolgt diese Teilung in zwei Stränge vorzugsweise auf der halben Breite des gegossenen Produktes, d.h. an dessen Längsachse entlang, da diese Achse gewöhnlich mit der Gießachse zusammenfällt.

[0064] Es genügt allerdings, ein Ungleichgewicht in den Rührkräften zwischen den beiden Querbalken **11a**, **11b** herbeizuführen, zum Beispiel durch eine unterschiedliche Regelung der Stromstärken der die Induktoren **12**, **13** speisenden elektrischen Ströme, um die Mittenlage des Mittelpunks P seitlich zu der einen **5** oder anderen Schmalseite **5'** zu verschieben und auf diese Weise auf einer Seite des Gießrohrs eine selektivere Wirkung auf die Bewegungen in der Kokille als auf der anderen Seite zu erzielen.

[0065] Ebenso ermöglicht ein entsprechendes Ungleichgewicht in den Längsbalken **10a**, **10b** bei einer gegebenen Rühreinrichtung eine Verschiebung des Mittelpunkts P des Rührkreuzes nach oben oder nach unten, ohne die Lage dieser Einrichtung auf der Gießmaschine modifizieren zu müssen.

[0066] Will man jedoch auf diese beiden möglichen Verstellungen der Lage des Mittelpunkts P des Rührkreuzes zusammen einwirken, muss die Sekundärkühlung mit einer Rühreinrichtung mit vier Induktoren versehen werden, um jeden der vier Balken **10a**, **10b**, **11a** und **11b** elektromagnetisch ansteuern zu können.

[0067] Unabhängig von der jeweils gewählten Durchführungsart sorgt die Erfindung für ein komplettes Rühren des Metalls über die Metallbadhöhe, das sowohl eine thermische als auch chemische Homogenität zwischen oberem und unterem Bereich des Erstarrungsraums gewährleistet, ohne dabei auf die günstigen Wirkungen zu verzichten, die für Rührvorgänge in der Kokille bzw. in der Sekundärkühlzone charakteristisch sind, und ohne den örtlichen Strömungsmodus in der Kokille zu beeinträchtigen, der gegebenenfalls sogar stabilisiert wird.

[0068] Es versteht sich von selbst, dass sich die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen Beispiele beschränkt, sondern vielmehr eine Vielzahl von Varianten und äquivalenten Ausführungen betrifft, wenn ihre in den nachfolgenden Ansprüchen gegebene Definition eingehalten wird.

[0069] So haben zum Beispiel die einzusetzenden Linearinduktoren klassischerweise eine ebene Struktur, aber dieser Anordnung wird lediglich ein Vorzug gegeben. In Frage kommen können auch bogenförmig ausgebildete Induktoren, die sich möglichst gut an die Oberflächenform der Bramme anschmiegen lassen, da, wo die Induktoren über die Metallbadhöhe verteilt angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Elektromagnetisches Rührverfahren in der Sekundärkühlzone einer Anlage zum Stranggießen von Metallprodukten mit länglichem Querschnitt, deren Kokille mit einem Tauchrohr mit seitlichen, zu den Schmalseiten gerichteten Austrittsöffnungen versehen ist, welches Rührverfahren mit Hilfe von gleitenden Magnetfeldern durchgeführt wird, welche von in der Nähe des gegossenen Metalls angeordneten Mehrphaseninduktoren erzeugt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Förderung der Flüssigmetallaustausche innerhalb des Erstarrungsraums (**6**) zwischen der Sekundärkühlzone (**2**) und der Kokille (**1**) in der Sekundärkühlzone die Bildung eines längsgerichteten Metallflusses erzwungen wird, welcher im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen (**10a**, **10b**, oder **20a**, **20b**) lokalisiert ist und eine Gesamtzirkulation des Flüssigmetalls in Gestalt eines "vierblättrigen Kleeblatts" herbeiführt, welches zwei obere Lappen und zwei untere Lappen hat und dessen obere Lappen (L1, L4) in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen (**5**, **5'**) des Tauchrohrs (**4**) heraustretenden Gießstrahlen (**7**, **7'**) reichen.

2. Rührverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die längsgerichteten, gegenläufi-

gen, kolinearen Strömungen (**10a**, **10b**) im Mittenbereich des gegossenen Produktes sich voneinander entfernend erzeugt werden, so dass die oberen Lappen (L1, L4), die in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen (**5**, **5'**) des Tauchrohrs heraustretenden Gießstrahlen (**7**, **7'**) reichen, sich im Gleichstrom mit ihnen vermischen, um sie zu verstärken.

3. Rührverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die längsgerichteten, gegenläufigen, kolinearen Strömungen (**20a**, **20b**) im Mittenbereich des gegossenen Produktes zueinander konvergierend erzeugt werden, so dass die oberen Lappen (L1, L4), die in der Kokille bis an die aus den Austrittsöffnungen (**5**, **5'**) des Tauchrohrs heraustretenden Gießstrahlen (**7**, **7'**) reichen, sich im Gegenstrom über sie legen, um sie abzubremsen.

4. Rührverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lokalisierung des längsgerichteten, mittigen Metallflusses in der Sekundärkühlzone zu der einen oder der anderen Schmalseite des gegossenen Produktes hin verlagert wird.

5. Rührverfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der längsgerichtete Metallfluss im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen mit Hilfe von kolinearen, beweglichen Magnetfeldern erzeugt wird, die im Mittenbereich in Längsrichtung gleiten, wobei sie sich entweder einander nähern oder sich voneinander entfernen.

6. Rührverfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der längsgerichtete Metallfluss im Mittenbereich des gegossenen Produktes in Form von zwei gegenläufigen, kolinearen Strömungen mit Hilfe von kolinearen, beweglichen Magnetfeldern erzeugt wird, die je nach Breite des gegossenen Produktes in Querrichtung gleiten, wobei sie sich vom Rand zur Mitte des gegossenen Produktes einander nähern oder sich vom Rand zur Mitte des gegossenen Produktes voneinander entfernen.

7. Rührverfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gleitenden Magnetfelder mit Hilfe von mehrphasigen, linearen Induktoren erzeugt werden, die den Breitseiten des gegossenen Produktes gegenüberliegend angeordnet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Induktoren mit elektrischen Strömen unterschiedlicher Stromstärken gespeist werden.

9. Verfahren nach irgendeinem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zudem gleitend-bewegliche Magnetfelder verwendet werden, die in der Kokille (**1**) direkt auf die aus den Öffnungen (**5**, **5'**) des Tauchrohrs (**4**) austretenden Gießstrahlen (**7**, **7'**) einwirken.

10. Metallprodukt mit länglichem Querschnitt aus einer Stranggießanlage, deren Sekundärkühlzone Sitz eines elektromagnetischen Rührvorgangs gemäß dem in Anspruch 1 definierten Rührvorgang ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

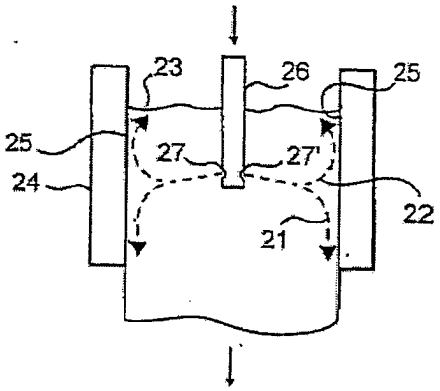


Fig. 1
(Stand der Technik)

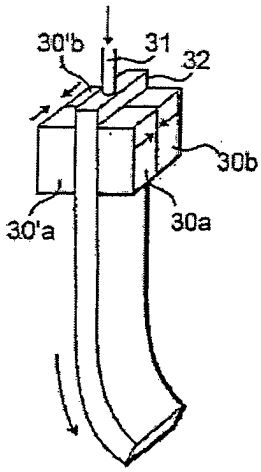


Fig. 2a
(Stand der Technik)

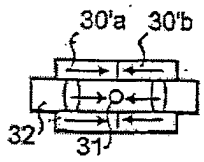


Fig. $2b_1$

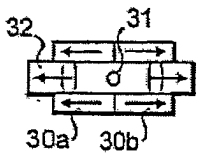


Fig. $2b_2$

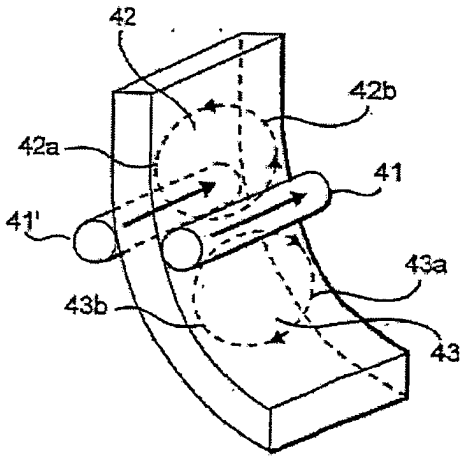


Fig. 3
(Stand der Technik)

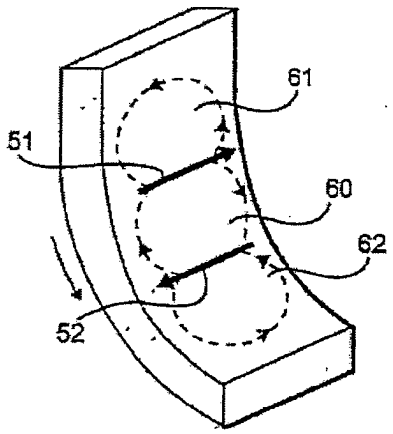


Fig. 4
(Stand der Technik)

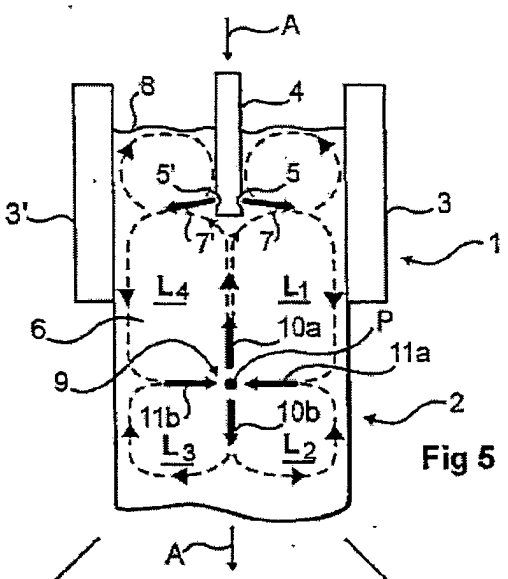


Fig 5

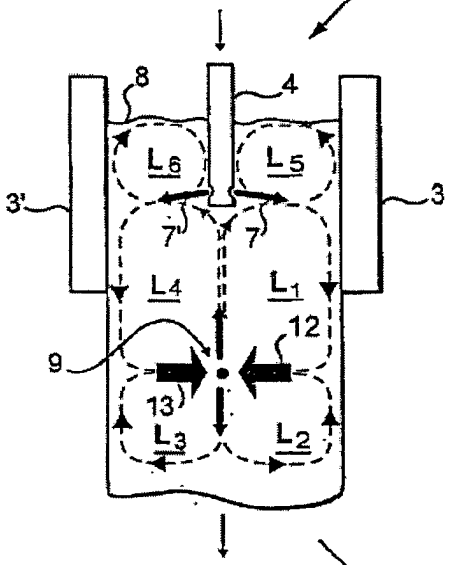


Fig 7a

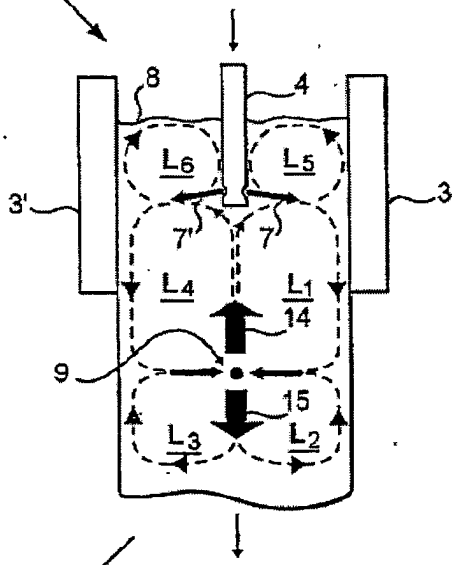


Fig 7b

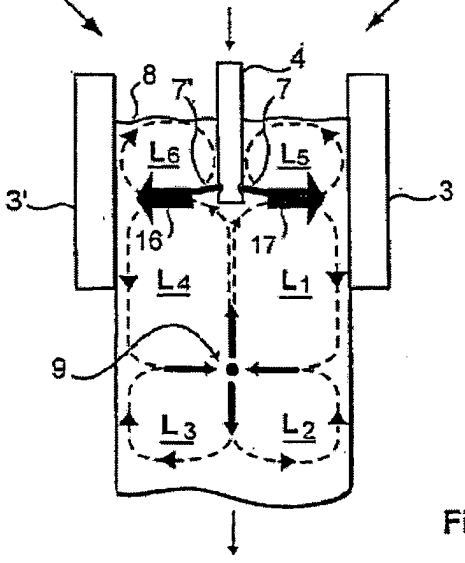


Fig 8

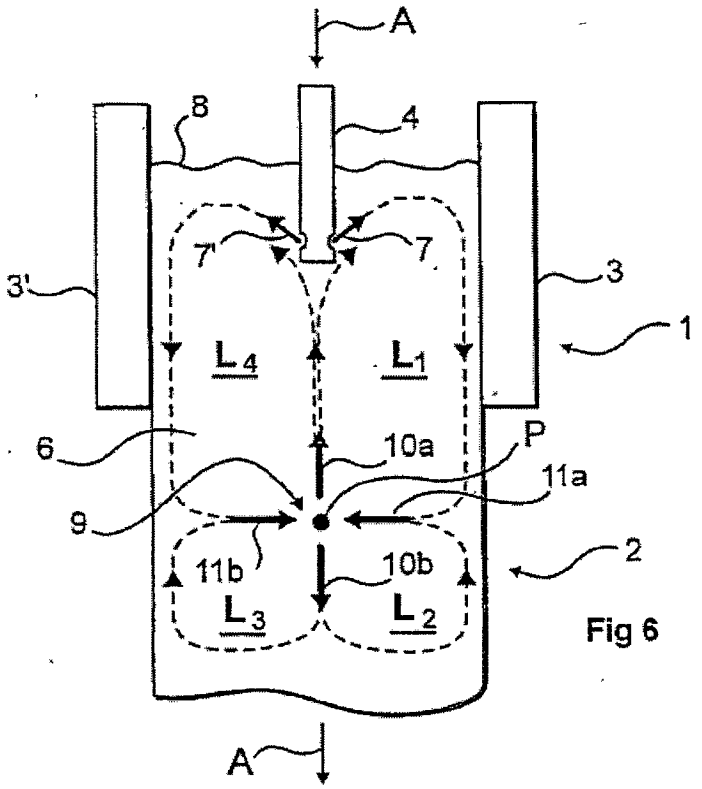

A
8
4
7'
7
3'
3
1
L4
L1
6
10a
P
11a
9
11b
10b
2
L3
L2
A

Fig 6

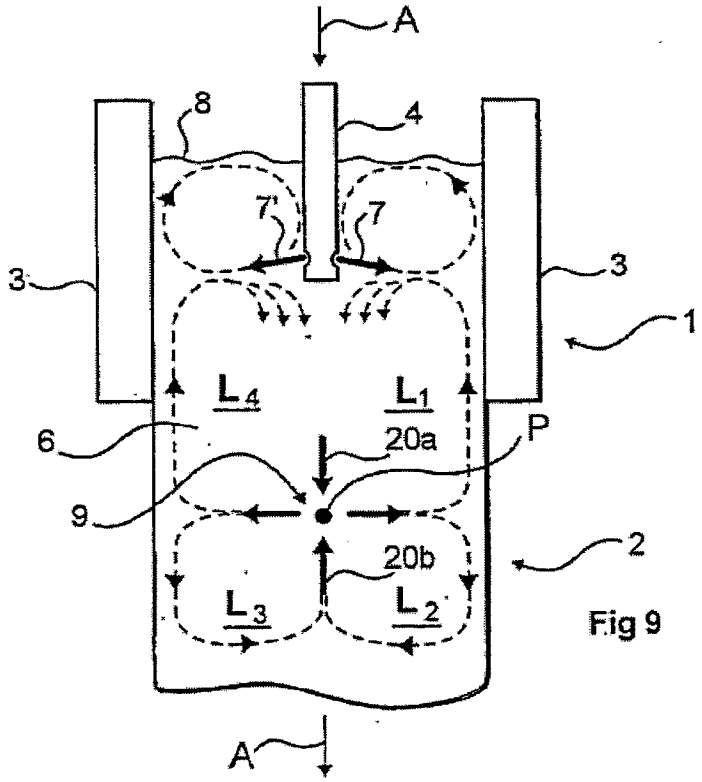

A
8
4
7'
7
3
3
1
L4
L1
6
20a
P
9
2
20b
L3
L2
A

Fig 9