

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 958 871 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
17.03.2004 Patentblatt 2004/12

(51) Int Cl.7: **B22D 11/04**

(21) Anmeldenummer: **99108933.5**

(22) Anmeldetag: **05.05.1999**

(54) **Kokille zum Stranggiessen von im wesentlichen polygonalen Metallsträngen.**

Mould for continuous casting of substantially polygonal metallic strands

Lingotière pour la coulée continue des barres métalliques de section essentiellement polygonale

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES GB IT LI LU SE

(30) Priorität: **18.05.1998 CH 109498**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.11.1999 Patentblatt 1999/47

(73) Patentinhaber: **CONCAST STANDARD AG**
8027 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• **Braun, Holger**
8038 Zürich (CH)
• **Stilli, Adrian**
8180 Bülach (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B- 0 498 296 **EP-B- 0 627 968**
WO-A-96/33034 **WO-A-96/35532**
WO-A-96/35533 **DE-A- 2 626 223**
DE-B- 2 616 863

EP 0 958 871 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kokille zum Stranggiessen von im wesentlichen polygonalen Strängen, gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Beim Stranggiessen, insbesondere beim Stranggiessen von Stahl, wird kontinuierlich eine Metallschmelze durch eine Eingiessöffnung in einen Formhohlraum einer Kokille gegossen, durch Abkühlen der Schmelze an den Wänden des Formhohlraums eine Strangschale kontinuierlich wachsender Dicke gebildet und aus einer Austrittsöffnung des Formhohlraums kontinuierlich ein Strang gezogen, der in der Regel einen noch flüssigen Kern aufweist und bis zur vollständigen Durcherstarrung einer Nachkühlung unterzogen werden muss. Von besonderer Bedeutung für die Qualität der hergestellten Stränge und für die Produktivität der Stranggiessanlage ist die Formgebung der Formhohlraumwände. Die Wechselwirkung der sich bildenden Strangschale mit den Formhohlraumwänden bestimmt einerseits den Wärmeübergang zwischen Strangschale und den Formhohlraumwänden und folglich auch das Wachstum der Strangschale. Die Wechselwirkung der Strangschale mit den Formhohlraumwänden hat auch Einfluss auf die Grösse der Reibungskräfte, die beim Ausziehen eines Stranges aus dem Formhohlraum überwunden werden müssen und wegen der limitierten mechanischen Stabilität der Strangschale, abhängig von der chemischen Zusammensetzung der Schmelze, einen bestimmten kritischen Wert nicht überschreiten dürfen, wenn unerwünschte, die Produktivität der Stranggiessanlage herabsetzende Strangabrisse oder Strangdurchbrüche vermieden werden sollen.

[0003] Um beim Stranggiessen eine möglichst hohe Giessgeschwindigkeit zu erreichen und gleichzeitig Strangabrisse bzw. Strangdurchbrüche zu vermeiden, sollten die Formhohlraumwände so geformt sein, dass ein möglichst gleichmässiges Strangschalenwachstum realisiert wird. Verschiedene konstruktive Massnahmen sind bekannt, um das Strangschalenwachstum zu optimieren. Um die Bildung von Spalten zwischen den Formhohlraumwänden und der Strangschale aufgrund der in Richtung auf die Austrittsöffnung zunehmende thermische Kontraktion zu vermeiden, wird der Formhohlraum in Form eines Giesskonus gestaltet, der der thermischen Kontraktion des Stranges Rechnung tragen soll.

[0004] Die optimale Formung des Giesskonus ist ein generelles Problem, wegen der Vielzahl der Parameter, die auf das Strangschalenwachstum bekanntermassen einen Einfluss haben. Beispielsweise spielen die chemische Zusammensetzung der Metallschmelze, die Form und die Grösse des Querschnitts des Formhohlraums und die Giessgeschwindigkeit eine Rolle.

[0005] Bei eckigen Formhohlräumen verdienen die Mechanismen, die das Strangschalenwachstum in den Eckbereichen des Stranges bestimmen, eine besondere Beachtung. Je nach Ausgestaltung des Giesskonus

besteht die Gefahr, dass die Strangschale in den Ecken des Formhohlraums mit einer übermässig grossen Anpresskraft an die Formhohlraumwände gepresst und so ein Verkleben des Stranges im Formhohlraum verursacht wird oder, in einem anderen Extremfall, aufgrund der thermischen Kontraktion der Strangschale in wenigstens einer der Ecken des Formhohlraums der Bildung eines Spaltes zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden Vorschub geleistet und wegen der Spaltbildung die Wärmeabfuhr lokal vermindert wird. Die Reduktion der Wärmeabfuhr in einer Ecke wiederum kann zur Folge haben, dass die Strangschale in der Ecke deutlich langsamer wächst als an den Seitenflächen des Formhohlraums oder - im Extremfall - sogar wieder aufschmilzt und einen Durchbruch erleidet. Die Bildung von Spalten zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden erschwert weiterhin die Herstellung von Strängen mit einer genau kontrollierten Geometrie und führt zu unerwünschten, unkontrollierbaren Strangverzügen und zu Strängen mit Oberflächenfehlern.

[0006] Zusätzlich können Temperaturgradienten, in Verbindung mit der thermischen Kontraktion der Strangschale, eine Veränderung der Form einer Querschnittsfläche eines Strangabschnitts im Formhohlraum auf dem Wege des Strangabschnitts zur Austrittsöffnung fördern. Zur Optimierung eines Giesskonus ist es deshalb sinnvoll, zwei Freiheitsgrade, quantitativ beschrieben durch die räumliche Abhängigkeit der Konizität K , zu nutzen, die die Veränderung der Grösse und der Form einer Querschnittsfläche des Formhohlraums in Stranglaufrichtung in Abhängigkeit von der Position der Querschnittsfläche beschreiben.

[0007] Die Patentschrift US 4 207 941 beschreibt eine Kokille, die für das Stranggiessen von im wesentlichen quadratischen Strängen vorgesehen ist. Der Formhohlraum dieser Kokille wird durch ein über seine gesamte Längserstreckung konisches Rohr gebildet, das drei aneinandergrenzende, hinsichtlich der Grösse und der Ortsabhängigkeit der Konizität unterscheidbare Längsabschnitte umfasst: Einen Eingangsabschnitt, der sich im Giessbetrieb oberhalb des Giessspiegels befindet; einen Mittelabschnitt, an dessen oberen Ende im Giessbetrieb der Giessspiegel positioniert wird und in dem die Anfängerstarrung des Stranges stattfindet; und einen Endabschnitt, der die Strangschale an der Austrittsöffnung stützt.

[0008] Der Eingangsabschnitt weist vier gekrümmte Eckbereiche auf, die jeweils durch ebene Zwischenbereiche verbunden sind, wobei jeweils zwei der Zwischenbereiche an einem der Eckbereiche in einem rechten Winkel aneinandertreffen. Die Konizität ist im Bereich des Eingangsabschnitts konstant, d.h. die lichte Weite des Formhohlraums nimmt linear mit dem Abstand von der Eingiessöffnung ab. Im Mittelabschnitt hängt die Konizität des Formhohlraumes sowohl vom Abstand von der Eingiessöffnung als auch von der Position in einer Ebene quer zur Stranglaufrichtung ab. Der

Mittelabschnitt setzt sich zusammen aus gekrümmten Eckbereichen, die jeweils durch einen aus drei ebenen, in einem stumpfen Winkel aneinanderstossenden Facetten gebildeten Zwischenbereich verbunden sind. Die Konizität ist am grössten in den Eckbereichen des Mittelabschnitts und hier unabhängig von der Position in Stranglaufrihtung. Zwei der drei jeweils einen der Zwischenbereiche bildenden Facetten grenzen jeweils an einen der Eckbereiche an und haben die Form von Dreiecken, die sich in Stranglaufrihtung linear als Funktion des Abstandes von der Eingiessöffnung verbreitern. An jedem der Eckbereiche stossen jeweils zwei der dreieckigen Facetten benachbarter Zwischenbereiche in einem Winkel von ca. 92° aneinander. Bei dieser Konstruktion der Zwischenbereiche des Mittelabschnitts ist die Konizität auf jeder der Facetten konstant, wobei die Konizität auf den dreieckigen, an einen der annähernd rechtwinkligen Eckbereiche angrenzenden Facetten am grössten ist. An den Grenzen zwischen den Facetten treten Sprünge der Konizität auf.

[0009] Im Bereich des Endabschnitts hat der Formhohlraum die gleiche zwölfkckige Form wie an der Grenze zwischen dem Endabschnitt und dem Mittelabschnitt. Dabei ist die Konizität im gesamten Endabschnitt konstant und kleiner als die Konizität im Bereich der verschiedenen Facetten, die den Mittelabschnitt des Kokillenrohrs bilden. Somit ist bei der in US 4 207 941 beschriebenen Kokille der grösste Teil der Formhohlraumverengung auf den Mittelabschnitt und im Bereich des Mittelabschnitts auf eckennahe, sich in Stranglaufrihtung verbreiternde ebene Bereiche konzentriert. Ein Nachteil dieser Kokille ist darin zu sehen, dass in den zwölfkckigen Bereichen des Formhohlraums nicht verhindert werden kann, dass sich die Strangschale lokal von den Formhohlraumwänden ablöst und eine Form annimmt, die während des Strangauszugs der Form der Formhohlraumwände nicht perfekt folgt und deren Geometrie nur ungenau kontrollierbar ist. Die Folge sind einerseits eine Bildung von Spalten zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden, verbunden mit einer lokalen Reduktion der Wärmeabfuhr. Andererseits können lokale Erhöhungen der Anpresskräfte zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden auftreten, so dass die Reibungskräfte nicht auf ein Minimum reduziert sind. Diese Effekte limitieren die maximale Giessgeschwindigkeit, die im Giessbetrieb routinemässig erzielbar ist.

[0010] Aus EP-B-0 498 296, die den Oberbegriff von Anspruch 1 bildet, ist eine Kokille zum Stranggiessen von im wesentlichen polygonalen Strängen bekannt. Die Kokille weist einen Formhohlraum mit einer Eingiessöffnung und einer Strangäustrittsöffnung auf. Der Formhohlraum ist mindestens im Bereich einer Teillänge der Kokille mit Giesskonizitäten versehen, die entlang des Formhohlraumumfanges in den Eckbereichen und in den Zwischenbereichen zwischen den Eckbereichen unterschiedlich sind. In den Eckbereichen wird vorgeschlagen, die Konizität gering, null oder sogar ne-

gativ auszuführen. Zur Mitte des Zwischenbereiches hin soll entlang einer gebogenen Kurve die Konizität zunehmen, um in den Zwischenbereichen Schwindungsspalte zwischen der Strangoberfläche und der Kokillenwand zu vermeiden.

[0011] Ausgehend von den genannten Nachteilen des Standes der Technik, stellt sich der Erfindung die Aufgabe, zum Stranggiessen von im wesentlichen polygonalen Strängen eine Kokille mit einem Formhohlraum zu schaffen, der eine erhöhte Giessgeschwindigkeit ermöglicht.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Kokille mit der Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1.

[0013] Die erfindungsgemässe Kokille weist einen Formhohlraum auf mit mindestens drei Eckbereichen und drei Zwischenbereichen zwischen den Eckbereichen und mit einem Giesskonus. Die Konizität variiert wenigstens im Bereich einer Teillänge des Giesskonus entlang einer Umfangslinie in einer Querschnittfläche in einem oder mehreren der Zwischenbereiche derart, dass die Konizität zur Mitte des jeweiligen Zwischenbereichs hin abnimmt. Diese Gestaltung des Giesskonus berücksichtigt die Tendenz einer sich im Formhohlraum bildenden Strangschale, aufgrund ihrer mechanischen Stabilität unter dem Einfluss des in die Strangschale eingeprägten Temperaturprofils und des ferrostatistischen Drucks während des Abkühlens beim Strangauszug in den Eckbereichen stärker zu schrumpfen als in der Mitte der Zwischenbereiche. Weiterhin ist bei der erfindungsgemässen Kokille vorgesehen, dass im Bereich der genannten Teillänge die Umfangslinie zwischen den Eckbereichen eine glatte Kurve, d.h. eine Kurve, deren Tangente längs des Kurvenverlaufs nicht unstetig ihre Richtung ändert, bildet. Auf diese Weise wird vermieden, dass sich an der Oberfläche der Strangschale zwischen den Eckbereichen des Formhohlraums Kanten ausbilden, die abhängig von der Form des Giesskonus - Anlass geben können für unerwünschte Spaltbildungen oder für lokal erhöhte Anpresskräfte zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden. Durch diese Massnahmen wird die Spaltbildung auf dem gesamten Umfang des Formhohlraums vermieden, ein auf dem gesamten Umfang des Formhohlraums gleichmässiges Strangschalenwachstum erzielt und die Reibungskräfte zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden reduziert. Dadurch wird das Giessen mit einer erhöhten Giessgeschwindigkeit möglich. Zusätzlich kann wegen der reduzierten Reibung der Abstand des Giessspiegels von der Austrittsöffnung des Formhohlraums vergrössert werden, mit der Folge, dass die Strangschale an der Austrittsöffnung dicker ist und eine verbesserte mechanische Stabilität aufweist.

[0014] Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille ist der Giesskonus in einem Teilabschnitt des Formhohlraums ausgebildet.

[0015] Um die Voraussetzung für ein gleichmässiges Strangschalenwachstum zu schaffen, ist vorgesehen, dass die Konizität mit dem Abstand vom eingiessseiti-

gen Ende des Giesskonus variiert. Bei einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille ist die Konizität in der Mitte der Zwischenbereiche im Bereich der Teillänge unabhängig vom Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus, d.h. die lichte Weite des Formhohlraums ändert sich bezogen auf die Mitte der Zwischenbereiche, linear mit dem Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus. Am eingiessseitigen Ende des Giesskonus ist die Konizität in und/oder an den Eckbereichen zunächst grundsätzlich grösser als in der Mitte der Zwischenbereiche, nimmt aber mindestens stückweise nichtlinear und/oder linear und/oder parabolisch mit dem Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus ab. Am austrittsseitigen Ende des Giesskonus kann die Konizität in und/oder an den Eckbereichen gleich oder sogar kleiner sein als die Konizität in der Mitte der Zwischenbereiche.

[0016] Ein gleichmässiges Strangschalenwachstum ist mit der erfindungsgemässen Kokille beispielsweise bei einer Konizität erzielbar, die in der Mitte der Zwischenbereiche, gemittelt über die gesamte Länge des Giesskonus, 0 - 0.7 %/m, vorzugsweise 0.2 - 0.6 %/m, beträgt und in und/oder an den Eckbereichen, gemittelt über die gesamte Länge des Giesskonus, einen Wert im Bereich 0.7 - 1.5 %/m, vorzugsweise 0.8 - 1.3 %/m, annimmt.

[0017] Zur Minimierung der zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden wirkenden Anpresskräfte, die in der Regel an den Eckbereichen am grössten sind, können mehrere Massnahmen - allein oder in Kombination miteinander angewendet werden. Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille ist die Umfangslinie in einer Querschnittsebene des Formhohlraums im Bereich der Teillänge mindestens stückweise bogenförmig und/oder geradlinig. In jedem der Zwischenbereiche findet zwischen einem der angrenzenden Eckbereiche und der Mitte des Zwischenbereichs eine Umkehr der Krümmung statt. Eine Umfangslinie mit einem kontinuierlichen Verlauf der Krümmung weist deshalb zwischen der Mitte des Zwischenbereichs und den angrenzenden Eckbereichen einen Wendepunkt auf.

[0018] Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille zeichnet sich dadurch aus, dass im Bereich der Teillänge jeder Abschnitt der Umfangslinie in einer Querschnittsfläche des Formhohlraums zwischen den Eckbereichen durch eine universelle Kurve repräsentierbar ist, die - normiert bezüglich ihrer Extremwerte - unabhängig ist vom Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus. Diese Vorgabe einer universellen Kurve hat verschiedene Vorteile. Fertigungstechnisch ergibt sich der Vorteil, dass so der Giesskonus durch nur wenige Parameter charakterisierbar ist. Es genügt beispielsweise die Angabe der universellen Funktion, die eine Ortskoordinate als Variable aufweist, und des Verlaufs der Konizität an den Eckbereichen und in der Mitte des Zwischenbereichs als Funktion des Abstands vom eingiessseitigen Ende des Gies-

skonus. Eine besonders einfache Parametrisierung der Umfangslinie ergibt sich bei einer Darstellung als Parabel vierter Ordnung. Weiterhin zeigt eine Analyse der Anpresskräfte zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden, dass bei dieser Form der Umfangslinie besonders geringe Anpresskräfte resultieren. Eine Voraussetzung für möglichst geringe Anpresskräfte ist eine geringe Krümmung der Umfangslinie. Diese Voraussetzung wird beispielsweise realisiert durch eine Umfangslinie mit einem Wendepunkt zwischen der Mitte eines der Zwischenbereiche und einem der angrenzenden Eckbereiche.

[0019] Ein besonders gleichmässiges Strangschalenwachstum ist erzielbar, wenn zwei der an einem der Eckbereiche anstossende Abschnitte der Umfangslinie einen Winkel bilden, der im Bereich der Teillänge unabhängig vom Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus ist. Eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille weist einen Formhohlraum auf, dessen Querschnittsfläche am eingiessseitigen Ende des Giesskonus Eckbereiche mit einem Eckwinkel von jeweils 90° umfasst und dessen Zwischenbereiche auf der gesamten Länge des Giesskonus in einem rechten Winkel aufeinandertreffen. Dieses Designkonzept ist darin begründet, dass ein Strang, der im Bereich der Anfangserstarrung eine rechteckige Querschnittsfläche aufweist, beim Abkühlen in der Kokille während des Strangauszugs dazu neigt, derart zu schrumpfen, dass in unmittelbarer Umgebung der Ecken die Seitenflächen des Stranges in einem rechten Winkel aufeinandertreffen. Diese Winkelerhaltung im Verlauf des Schrumpfprozesses ist ein Resultat des Zusammenwirkens der mechanischen Eigenschaften der Strangschale mit dem in der Strangschale ausgebildeten Temperaturprofil und dem auf die Strangschale wirkenden ferrostatischen Druck.

[0020] Der Formhohlraum der erfindungsgemässen Kokille kann in den Eckbereichen Hohlkehlen mit einem Radius von 2 - 8 % der lichten Weite der Austrittsöffnung aufweisen.

[0021] Anhand der folgenden Figuren wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert.

[0022] Es zeigen:

- 45 Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemässe Kokille mit einem einen Formhohlraum bildenden Kokillenrohr,
- Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Längsabschnitt der erfindungsgemässen Kokille längs der Ebene II - II in Fig. 1,
- 50 Fig. 3 eine schematische funktionelle Darstellung eines Abschnitts einer Umfangslinie eines Querschnitts durch den Formhohlraum der Kokille in Fig. 1 längs der Ebene 25,
- 55 Fig. 4 die Ortsabhängigkeit der Konizität der Kokille gemäss Fig. 1 in Längsrichtung der Kokille längs verschiedener Wege,
- Fig. 5 eine normierte Darstellung eines Abschnitts

der Umfangslinien verschiedener Querschnitte durch den Formhohlraum der Kokille in Fig. 1 und

Fig. 6 einen Vergleich einer Umfangslinie gemäss Fig. 5 mit einer entsprechenden Umfangslinie eines quadratischen Stranges nach einer vorgegebenen thermischen Kontraktion.

[0023] Die Fig. 1 und 2 stellen einen Längs- und einen Querschnitt durch dasselbe Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kokille dar. Die Kokille weist ein Kokillenrohr 5 auf, das einen Formhohlraum 10 mit einem Giessskonus 10', einer Eingiessöffnung 11 und einer Austrittsöffnung 12 bildet. Der Einfachheit halber konzentrieren sich die Darstellungen in den Fig. 1 und 2 - der vorliegenden Problemstellung entsprechend - auf das Kokillenrohr 5, insbesondere die Geometrie des Giessskonus 10'. Zusätzliche Komponenten, die eine im Giessbetrieb verwendbare Kokille ausmachen, sind in den Figuren 1 und 2 weggelassen.

[0024] Der Giessskonus 10' ist in einem Längsabschnitt 15' des Formhohlraumes 10 zwischen einer Querschnittsfläche 24 in der Nähe der Eintrittsöffnung 11 und der Austrittsöffnung 12 ausgebildet. Zur Veranschaulichung der Geometrie des Giessskonus 10' ist in den Fig. 1 und 2 die in Richtung auf die Austrittsöffnung 12 zunehmende Verengung des Formhohlraums 10 übertrieben gross eingezeichnet. Dabei zeigt Fig. 2 eine Draufsicht auf einen Längsabschnitt des Kokillenrohrs 5, der begrenzt ist auf der einen Seite durch die Querschnittsfläche 24 und auf der anderen Seite durch eine Querschnittsfläche 25 zwischen der Querschnittsfläche 24 und der Austrittsöffnung 12. Fig. 1 wiederum veranschaulicht einen Längsschnitt längs der Linie I - I in Fig. 2.

[0025] Der Formhohlraum 10 weist vier Eckbereiche 13 in Form von Hohlkehlen auf. Die Eckbereiche 13 sind durch Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' in Form von gekrümmten Flächen verbunden. In Fig. 1 ist der Verlauf der Eckbereiche 13 jeweils durch eine Linie 13 angedeutet, die sich als Schnittlinie der den Formhohlraum begrenzenden Fläche und der Diagonalfächen des Formhohlraums 10 ergeben.

[0026] Wie Fig. 2 zu entnehmen ist, sind die Abschnitte der Umfangslinie des Formhohlraums 10, die in der Querschnittsfläche 24 jeweils zwei Eckbereiche 13 verbinden, gerade Linien. Die entsprechenden Abschnitte 26', 26'', 26''', 26'''' der Umfangslinie 26 des Formhohlraums 10 in der Querschnittsfläche 25 sind stückweise bogenförmige Linien. Jeweils zwei der Abschnitte 26', 26'', 26''', 26'''' stossen an einem der Eckbereiche 13 in einem rechten Winkel, bestimmt als Schnittwinkel der Tangenten der jeweiligen Abschnitte an dem betreffenden Eckbereich 13, zusammen.

[0027] Wie in Fig. 1 und 2 angedeutet ist, nimmt die lichte Weite des Formhohlraums 10 in der Mitte 32 in Richtung auf die Austrittsöffnung 12 linear mit dem Abstand Z vom einseitigen Ende des Giessskonus 10' ab.

In und/oder an den Eckbereichen 13 nimmt die lichte Weite des Formhohlraums 10 am eingiessseitigen Ende 24 des Giessskonus 10' zunächst wesentlich stärker mit dem Abstand vom eingiessseitigen Ende 24 des Giessskonus 10' ab als in der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' . Bei Annäherung an die Austrittsöffnung nimmt jedoch die relative Aenderung der lichten Weite des Formhohlraums 10, bestimmt in und/oder an einem der Eckbereiche 13, als Funktion des Abstandes Z ab und erreicht Werte von der gleichen Grössenordnung wie die relative Aenderung der lichten Weite, bestimmt in der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' .

[0028] Der Giessskonus 10' kann quantitativ charakterisiert werden durch Angabe der Konizität K, welche in diesem Zusammenhang definiert ist als Quotient aus dem Betrag des Gradienten der lichten Weite des Formhohlraums 10 und der lichten Weite, jeweils ermittelt für einen bestimmten Ort in den Eckbereichen 13 bzw. den Zwischenbereichen 14', 14'', 14''', 14'''' in Einheiten von %/m. Gemäss dieser Definition ist die Konizität K auf einem der Abschnitte 26', 26'', 26''', 26'''' für die Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' bzw. die Eckbereiche 13 charakterisierbar durch

$$K_M(Z) = \frac{100}{W_M} \frac{d}{dZ} W_M(Z) \quad [\%/m] \quad \text{für } Z = Z_2$$

bzw.

$$K_E(Z) = \frac{100}{W_E} \frac{d}{dZ} W_E(Z) \quad [\%/m] \quad \text{für } Z = Z_2$$

wobei die Indizes "M" bzw. "E" sich auf die Mitte 32 bzw. die Eckbereiche 13 beziehen, die Grössen W_M bzw. W_E gemäss Fig. 2 die halbe lichte Weite des Formhohlraums 10 in der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' bzw. in und/oder an einem der Eckbereiche 13 angeben und Z_2 den Abstand der Querschnittsfläche 25 vom eingiessseitigen Ende 24 des Giessskonus 10' bezeichnen.

[0029] Fig. 3 dient der Einführung von Koordinaten X und Y zur Darstellung eines Abschnittes 26' der Umfangslinie 26 in der Ebene 25 in Form einer Funktion $Y = Y(X, Z = Z_2)$ mit dem Abstand Z_2 der Querschnittsfläche 25 vom eingiessseitigen Ende 24 des Giessskonus 10' als Parameter. Die anderen Abschnitte 26'', 26''', 26'''' können analog behandelt werden. In Fig. 3 sind rechte Winkel 13' eingezeichnet, die jeweils den Winkel markieren, den der Abschnitt 26' mit einem der benachbarten Abschnitten 26'' bzw. 26'''' in den Eckbereichen 13, jeweils definiert durch die als gestrichelte, horizontale bzw. vertikale Linien dargestellten Tangenten, bilden. Der Ursprung des Koordinatensystems ist so gelegt, dass der Abschnitt 26' beschränkt ist auf das Intervall $[-\Delta Y_{\max}, 0]$ in Y-Richtung und das Intervall $[-L/2,$

$L/2$] in X-Richtung, wobei $L = 2 W_E (Z_2)$. Durch Pfeile P_W sind in Fig. 3 Wendepunkte auf dem Abschnitt 26' der Umfangslinie 26 angedeutet, die eine Umkehr des Vorzeichens der Krümmung längs der Umfangslinie 26 markieren.

[0030] Mittels Computersimulationen wurde die Geometrie der erfindungsgemässen Kokille wie folgt optimiert. Die Simulationen basierten auf einem Modell, das das Wachstum einer Strangschale in eine Stahlschmelze beschreibt unter Berücksichtigung des Wärmeflusses durch die Strangschale, der mechanischen Eigenschaften der Strangschale und des ferrostatischen Druckes. Untersucht wurden verschiedene Formen $Y = Y(X, Z = Z_2)$ der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''''. Zur Optimierung wurden verschiedene Kriterien berücksichtigt:

- (a) Die Bildung von Spalten zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden sollte vermieden werden.
- (b) Das Strangschalenwachstum sollte auf dem gesamten Umfang einer Querschnittsfläche möglichst gleichmässig erfolgen.
- (c) Bei vorgegebenen Strangauszugsgeschwindigkeiten sollte die Strangschale an der Austrittsöffnung möglichst dick sein.
- (d) Die Anpresskräfte zwischen der Strangschale und den Formhohlraumwänden sollten möglichst gering sein.

[0031] Die Simulationen wurden am Beispiel eines Kokillenrohres 5 aus Kupfer durchgeführt, wobei angenommen wurde, dass der Giesspiegel am oberen Ende 24 des Giesskonus 10' liegt und die Länge des Teilabschnitts 15', welche den Giesskonus 10' bildet, zwischen 600 - 1000 mm liegt.

[0032] Quantitative Resultate der Simulationen sind in Fig. 4 - 6 für ein nach den obigen Kriterien optimiertes Kokillenrohr 5 dargestellt. Die durchgezogene Linie (a) beschreibt die Konizität $K = K_E(Z)$ in und/oder an den Eckbereichen 13 und die gestrichelte Linie (b) die Konizität $K = K_M(Z)$ in der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''' als Funktion des Abstands Z vom eingiessseitigen Ende 24 des Giesskonus 10'. Die beiden Kurven sind jeweils normiert bezüglich $K_M(Z)$. Z ist in Einheiten der Länge L_K des Teilabschnitts 15', d.h. der Längserstreckung des Giesskonus 10' in Giessrichtung, angegeben. Wie Fig. 4 zu entnehmen ist, ist die Konizität $K_M(Z)$ konstant. Die Konizität $K_E(Z)$ ist am eingiessseitigen Ende 24 des Giesskonus 10' ungefähr um einen Faktor 8 grösser als $K_M(Z)$ und nimmt mit wachsendem Abstand Z mindestens stückweise nicht-linear und/oder parabolisch und/oder linear ab. Der Verlauf von $K_M(Z)$ ist vereinbar mit $K_E(Z) < K_M(Z)$ für $Z > 0.6 L_K$. Somit legt die Simulation nahe, dass die Konizi-

tät K wenigstens im Bereich einer Teillänge 15 des Giesskonus 10' (siehe Fig. 1) entlang einer Umfangslinie einer beliebigen Querschnittsfläche, beispielsweise der Querschnittsfläche 25, derart variiert, dass die Konizität K zur Mitte der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''' hin abnimmt.

[0033] Fig. 5 zeigt die an die Parameter in Fig. 4 angepasste Form $Y = Y(X, Z = Z_2)$ der Umfangslinie 26 der Querschnittsfläche 25 mit dem Abstand Z_2 der Querschnittsfläche 25 vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus 10' als Parameter. In Fig. 5 sind die Kurven $Y = Y(X, Z = Z_2)$ für verschiedene Z_2 normiert bezüglich der in Fig. 3 eingeführten Grössen $\Delta Y_{\max}$ und $L = 2 W_E(Z_2)$ dargestellt, wobei $\Delta Y_{\max}$ für die Parameter in Fig. 4 offensichtlich mit Z_2 variiert. In dieser normierten Form ergibt sich, wie Fig. 5 zeigt, für die Umfangslinie einer beliebigen Querschnittsfläche des Formhohlraumes 10 eine Form, die durch eine einzige universelle Funktion mit einer variablen X/L darstellbar ist und den obigen Optimierungskriterien genügt. Die Kurve in Fig. 5 kann durch eine Parabel vierter Ordnung approximiert werden. Sie ist eine glatte Funktion von X , d.h. sie weist keine abrupten Änderungen der Steigung als Funktion von X auf und hat Wendepunkte P_W etwa in der Mitte zwischen der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''' ($X = 0$) und den Eckbereichen 13 ($X = \pm L/2$).

[0034] Die durchgezogene Linie in Fig. 6 stellt die Kurve aus Fig. 5 dar für den Fall, dass $Z_2 = 300$ mm und die Querschnittsfläche 24 am eingiessseitigen Ende des Giesskonus 10' ein Quadrat mit einer lichten Weite $L = 108$ mm ist. Dabei liegt $\Delta Y_{\max}$ im Bereich $\Delta Y_{\max} < 1$ mm.

[0035] Im Rahmen der genannten Optimierungskriterien können die in den Fig. 4 - 6 veranschaulichten Parameter in einem gewissen Rahmen modifiziert werden, ohne die Eigenschaften der erfindungsgemässen Kokille wesentlich zu beeinflussen. Beispielsweise könnte auf die von Fig. 5 nahegelegte Forderung verzichtet werden, dass die Form der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''' durch eine einzige, geeignet normierte Funktion einer Variablen und die Angabe der Konizitäten $K_E(Z)$ und $K_M(Z)$ repräsentiert wird. Ein Verzicht auf diese Forderung führt in einem gewissen Rahmen zu tolerierbaren Änderungen, die durch eine entsprechende Änderung der Verläufe von $K_E(Z)$ und $K_M(Z)$ kompensiert werden können. Ein Vorteil der in Fig. 5 dargestellten Lösung ist jedoch darin zu sehen, dass sich die vorgeschlagene Form der Zwischenbereiche 14', 14", 14''' und 14'''' mit besonders wenigen Parametern charakterisieren lässt und die Fertigung entsprechender Formhohlraumwände, beispielsweise mit Hilfe numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, vereinfacht wird.

[0036] Vergleiche verschiedener Geometrien des Giesskonus 10' zeigen, dass die erfindungsgemässe Kokille ein gleichmässiges Strangschalenwachstum erwarten lässt, wenn die Konizität K_M in der Mitte zwischen 14', 14", 14''' und 14'''' , gemittelt über die gesamte

Länge des Giesskonus 10', 0 - 0.7 %/m, vorzugsweise 0.2 - 0.6 %/m, beträgt und die Konizität K_E in und/oder an den Eckbereichen 13, gemittelt über die gesamte Länge des Giesskonus 10', einen Wert im Bereich 0.7 - 1.5 %/m, vorzugsweise 0.8 - 1.3 %/m, annimmt.

[0037] Wesentlich ist die Forderung, dass die Umfangslinie einer Querschnittsfläche des Formhohlraums 10 im Bereich des Giesskonus 10' zwischen den Eckbereichen 13 eine glatte Kurve sein soll. Untersuchungen haben gezeigt, dass punktuelle abrupte Änderungen der Richtung der Tangente beim Durchlaufen eines Punktes zwischen den Eckbereichen 13 die Bildung von Spalten zwischen der Formhohlraumwand und der Strangschale in der Umgebung dieses Punktes fördern und das Wachstum der Strangschale lokal stören, selbst wenn die Richtung der Tangente sich beim Durchschreiten dieses Punktes abrupt um lediglich 2° ändert.

[0038] Die gestrichelte Linie in Fig. 6 beschreibt einen Abschnitt einer Umfangslinie des Formhohlraums einer Kokille, deren Giesskonus der "natürlichen Schrumpfung" der Strangschale folgt. Diese gestrichelte Linie ist insofern mit der durchgezogenen Kurve in Fig. 6 vergleichbar, als sich beide Kurven sowohl auf Kokillen, deren Formhohlräume am Giesspiegel dieselbe quadratische Querschnittsfläche mit der lichten Weite $L = 108$ mm aufweisen, als auch auf den gleichen Abstand $Z = Z_2$ vom oberen Ende des jeweiligen Giesskonus beziehen. Im Falle der die natürliche Schrumpfung der Strangschale nachbildenden Kokille wurde ermittelt, in welchem Masse eine sich am Giesspiegel bildende Strangschale mit quadratischer Kontur beim Strangauszug sich aufgrund der Temperaturgradienten, der mechanischen Eigenschaften der Strangschale und des ferrostatistischen Druckes ihre Form verändert und die Form des Giesskonus iterativ derart angepasst, dass keine Spaltbildung auftritt und an allen Stellen der Strangschale der Wärmefluss gleich gross ist. Wie die gestrichelte Linie in Fig. 6 zeigt, verlangt die natürliche Schrumpfung ebenso eine grössere Konizität an den Eckbereichen 13 im Vergleich mit der Konizität in der Mitte 32 der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''. Der Vergleich mit der durchgezogenen Linie in Fig. 6 weist aber auf eine Reihe von Besonderheiten hin. Das Konzept der "natürlichen Schrumpfung" führt zu Zwischenbereichen 14', 14'', 14''', 14''', die in der Mitte 32 über einen weiten Bereich im wesentlichen eben sind (in Fig. 6 für $-0.3 < X/L < 0.3$). In der Nähe der Eckbereiche 13 (in Fig. 6 für $X/L > 0.3$) sind die Zwischenbereiche S-förmig gekrümmt, wobei eine Umfangslinie in einer Querschnittsfläche des Formhohlraumes 10 im Bereich der S-förmig gekrümmten Abschnitte der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' jeweils einen Wendepunkt aufweist. Die Position der Wendepunkte und die Breite der S-förmig gekrümmten Abschnitte der Zwischenbereiche 14', 14'', 14''', 14'''' hängt stark vom Abstand Z_2 vom eingiessseitigen Ende 24 des Giesskonus 10' ab, insbesondere für kleine Z_2 . Im Vergleich zu der durch die Parameter in den Fig. 4 und 5 bzw. die durchgezogene

Linie in Fig. 6 repräsentierte optimierte Kokille führt das Konzept der natürlichen Schrumpfung zu Formen der Zwischenbereiche, die in einer Querschnittsfläche des Formhohlraums 10 an den Eckbereichen 13 in einem sich mit wachsendem Abstand Z_2 verbreiterndem Bereich wesentlich stärker gekrümmt und demzufolge auch eine grössere relative Veränderung der Konizität K längs der Umfangslinie einer Querschnittsfläche aufweisen, bezogen auf die Breite der S-förmig gekrümmten Abschnitte. Untersuchungen deuten darauf hin, dass bei einer die natürliche Schrumpfung nachbildenden Kokille das Strangschalenwachstum empfindlich auf kleine Änderungen der Form der Zwischenbereiche reagiert. Die Folge ist eine verstärkte Tendenz zur Spaltbildung an den Eckbereichen 13 und, gemittelt über die gesamte Länge des Giesskonus 10', höhere Anpresskräfte im Vergleich zu der durch die Parameter in den Fig. 4 und 5 repräsentierten Kokille. Eine durch die Parameter in den Fig. 4 und 5 repräsentierten Kokille ist deshalb für höhere Ausziehgeschwindigkeiten geeignet.

[0039] Mit der erfindungsgemässen Kokille ist es beispielsweise möglich, Stahlstränge mit einem quadratischen Querschnitt mit einer Kantenlänge von 108 mm bei einer Ausziehgeschwindigkeit von mehr als 6 m/min zu produzieren.

[0040] Die oben diskutierten Ergebnisse sind für gerade und gebogene Formhohlräume anwendbar. Die genannten Resultate sind nicht nur anwendbar auf Kokillen zum Stranggiessen von im wesentlichen quadratischen Strängen. Sie sind übertragbar auf Kokillen für das Giessen von im wesentlichen polygonalen Strängen mit mindestens drei Eckbereichen und drei Zwischenbereichen. Bei solchen Kokillen ist es vorteilhaft, wenn zwei der an einem der Eckbereiche angrenzende Zwischenbereiche einen Eckwinkel bilden, der unabhängig vom Abstand vom eingiessseitigen Ende des Giesskonus ist. Bezüglich der Form der Zwischenbereiche sind die im Zusammenhang mit den Fig. 4, 5 und 6 diskutierten Aussagen anwendbar.

[0041] Die zuvor erwähnte Ausführungsform der erfindungsgemässen Kokille bezieht sich auf einen Giesskonus, dessen Umfangslinien zwischen den Eckbereichen am eingiessseitigen Ende des Giesskonus 10' aus geraden Linien gebildet sind und die mit zunehmendem Abstand vom eingiessseitigen Ende 24 des Giesskonus 10' eine zunehmend konvexe Krümmung aufweisen. Im Rahmen des der Erfindung zugrunde liegenden Konzepts ist es auch denkbar, dass die Umfangslinien des Formhohlraums an der Austrittsöffnung 12 zwischen den Eckbereichen 13 geradlinig und am eingiessseitigen Ende 24 des Giesskonus konkave gekrümmt sind. Im Rahmen des erfindungsgemässen Konzepts ist es - abweichend von dem Design der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform - nicht zwingend, dass alle Zwischenbereiche eines Formhohlraums mit einer im wesentlichen polygonalen Querschnittsfläche eine mit zunehmendem Abstand vom eingiessseitigen Ende des

Giesskonus zunehmende konvexe Krümmung aufweisen. Bei einem Formhohlraum mit im wesentlichen rechteckiger Querschnittsfläche sind Verbesserungen im Sinne der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabenstellung bereits erzielbar, wenn mindestens ein Zwischenbereich oder beispielsweise zwei gegenüberliegende Zwischenbereiche eine in Stranglaufrichtung zunehmende konvexe Krümmung nach dem Vorbild der Fig. 4 und 5 aufweisen.

Patentansprüche

1. Kokille zum Stranggiessen von im wesentlichen polygonalen Metallsträngen, mit einem Formhohlraum (10), wobei der Formhohlraum (10) eine Eingiessöffnung (11), eine Austrittsöffnung (12), einen Giesskonus (10') und, entlang seines Umfangs, mindestens drei Eckbereiche (13) und drei Zwischenbereiche (14', 14'', 14''', 14''') mit unterschiedlicher Konizität (K) aufweist und die Konizität (K) wenigstens im Bereich einer Teillänge (15) des Formhohlraums (10) entlang einer Umfangslinie (26) in einer Querschnittsfläche (25) derart variiert, dass jeder Abschnitt (26', 26'', 26''', 26''') der Umfangslinie (26) zwischen den Eckbereichen (13) eine glatte Kurve bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) in einem oder mehreren der Zwischenbereiche (14', 14'', 14''', 14''') der Umfangslinie (26) von den an den jeweiligen Zwischenbereich (14', 14'', 14''', 14''') angrenzenden Eckbereichen (13) zur Mitte (32) des Zwischenbereiches (14', 14'', 14''', 14''') hin abnimmt.
2. Kokille nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Giesskonus (10') in einem Teilabschnitt (15') des Formhohlraums (10) ausgebildet ist.
3. Kokille nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) mit dem Abstand ($Z_2 - Z_1$) der Querschnittsfläche (25) vom eingiessseitigen Ende (24) des Giesskonus (10') variiert.
4. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) in der Mitte (32) der Zwischenbereiche (14', 14'', 14''', 14''') im Bereich der Teillänge (15) unabhängig vom Abstand ($Z_2 - Z_1$) der Querschnittsfläche (25) vom eingiessseitigen Ende (24) des Giesskonus (10') ist.
5. Kokille nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) in und/oder an den Eckbereichen (13) mindestens stückweise nichtlinear und/oder linear und/oder parabolisch mit dem Abstand ($Z_2 - Z_1$) der Querschnittsfläche (25) vom eingiessseitigen Ende (24) des Giesskonus (10') abnimmt.
6. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) in der Mitte (32) der Zwischenbereiche (14', 14'', 14''', 14'''), gemittelt über die gesamte Länge (15') des Giesskonus (10'), 0 - 0.7 %/m, vorzugsweise 0.2 - 0.6 %/m, beträgt.
7. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konizität (K) in und/oder an den Eckbereichen (13), gemittelt über die gesamte Länge (15') des Giesskonus (10'), 0.7 - 1.5 %/m, vorzugsweise 0.8 - 1,3 %/m, beträgt.
8. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt (26', 26'', 26''', 26''') der Umfangslinie (26) mindestens stückweise bogenförmig und/oder geradlinig bogenförmig ist.
9. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abschnitt (26', 26'', 26''', 26''') der Umfangslinie (26) zwischen einem der Eckbereiche (13) und der Mitte (32) einen Wendepunkt (P_w) aufweist.
10. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Abschnitt (26', 26'', 26''', 26''') der Umfangslinie (26) in der Querschnittsfläche (25) zwischen den Eckbereichen (13) durch eine Kurve ($Y(X)$) repräsentiert ist, die - normiert bezüglich ihrer Extremwerte ($\pm L/2, \Delta Y_{\max}$) - unabhängig ist vom Abstand ($Z_2 - Z_1$) der Querschnittsfläche (25) vom eingiessseitigen Ende (24) des Giesskonus (10').
11. Kokille nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kurve eine Parabel vierter Ordnung ist.
12. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei der an einem der Eckbereiche (13) anstossende Abschnitte (26', 26'', 26''', 26''') der Umfangslinie (26) einen Winkel (13') bilden, der im Bereich - der Teillänge (15) unabhängig vom Abstand ($Z_2 - Z_1$) der Querschnittsfläche (25) vom eingiessseitigen Ende (24) des Giesskonus (10') ist.
13. Kokille nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zahl der Eckbereiche (13) vier beträgt und der Winkel (13') ein rechter Winkel ist.
14. Kokille nach einem der Ansprüche 1 - 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formhohlraum (10) in den Eckbereichen (13) Hohlkehlen mit einem Radius von 2 - 8 % der lichten Weite (L) der Austrittsöffnung (12) aufweist.

Claims

1. A mould for the continuous casting of substantially polygonal metal strands, comprising a mould cavity (10), the mould cavity (10) having an inlet aperture (11), an outlet aperture (12), a casting cone (10') and, along its periphery, at least three corner areas (13) and three intermediate zones (14', 14'', 14''', 14''') with different conicity (K) and the conicity (K), at least in the area of a partial length (15) of the mould cavity (10), varying along a periphery (26) in a cross-sectional plane (25) in such a way that each section (26', 26'', 26''', 26''') of the periphery (26) forms a smooth curve between the corner areas (13), **characterised in that** the conicity (K) in one or more of the intermediate zones (14', 14'', 14''', 14''') of the periphery (26) decreases from the corner areas (13) adjacent to the respective intermediate zone (14', 14'', 14''', 14''') towards the centre (32) of the intermediate zone (14', 14'', 14''', 14''').
2. Mould according to Claim 1, **characterised in that** the casting cone (10') is formed in a partial section (15') of the mould cavity (10).
3. Mould according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the conicity (K) varies with the distance (Z_2-Z_1) of the cross-sectional plane (25) from the inlet end (24) of the casting cone (10').
4. Mould according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the conicity (K) at the centre (32) of the intermediate zones (14', 14'', 14''', 14''') in the area of the partial length (15) is independent of the distance (Z_2-Z_1) of the cross-sectional plane (25) from the inlet end (24) of the casting cone (10').
5. Mould according to either of claims 3 or 4, **characterised in that** the conicity (K) in and/or adjacent to the corner areas (13) decreases at least in sections nonlinearly and/or linearly and/or parabolically with the distance (Z_2-Z_1) of the cross-sectional plane (25) from the inlet end (24) of the casting cone (10').
6. Mould according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the conicity (K) at the centre (32) of the intermediate zones (14', 14'', 14''', 14'''), averaged over the entire length (15') of the casting cone (10'), is 0-0.7 %/m, preferably 0.2-0.6 %/m.
7. Mould according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the conicity (K) in and/or adjacent to the corner areas (13), averaged over the entire length (15') of the casting cone (10'), is 0.7-1.5 %/m, preferably 0.8-1.3 %/m.
8. Mould according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the section (26', 26'', 26''', 26''') of

the periphery (26) is curved, being at least zonally curved and/or rectilinear.

9. Mould according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** the section (26', 26'', 26''', 26''') of the periphery (26) between one of the corner areas (13) and the centre (32) has a reversal point (P_w).
10. Mould according to any one of claims 1 to 9, **characterised in that** each section (26', 26'', 26''', 26''') of the periphery (26) in the cross-sectional plane (25) between the corner areas (13) is represented by a curve (Y(X)) which - normalised with respect to its extreme values ($\pm L/2$, $\Delta Y_{\max}$) - is independent of the distance (Z_2-Z_1) of the cross-sectional plane (25) from the inlet end (24) of the casting cone (10').
11. Mould according to Claim 10, **characterised in that** the curve is a fourth-order parabola.
12. Mould according to any one of claims 1 to 11, **characterised in that** two of the sections (26', 26'', 26''', 26''') of the periphery (26) which meet at one of the corner areas (13) form an angle (13') which in the area of the partial length (15) is independent of the distance (Z_2-Z_1) of the cross-sectional plane (25) from the inlet end (24) of the casting cone (10').
13. Mould according to Claim 12, **characterised in that** the number of corner areas (13) is four and the angle (13') is a right angle.
14. Mould according to any one of claims 1 to 13, **characterised in that** the mould cavity (10) has in the corner areas (13) concavities having a radius of 2-8% of the clear width (L) of the outlet aperture (12).

Revendications

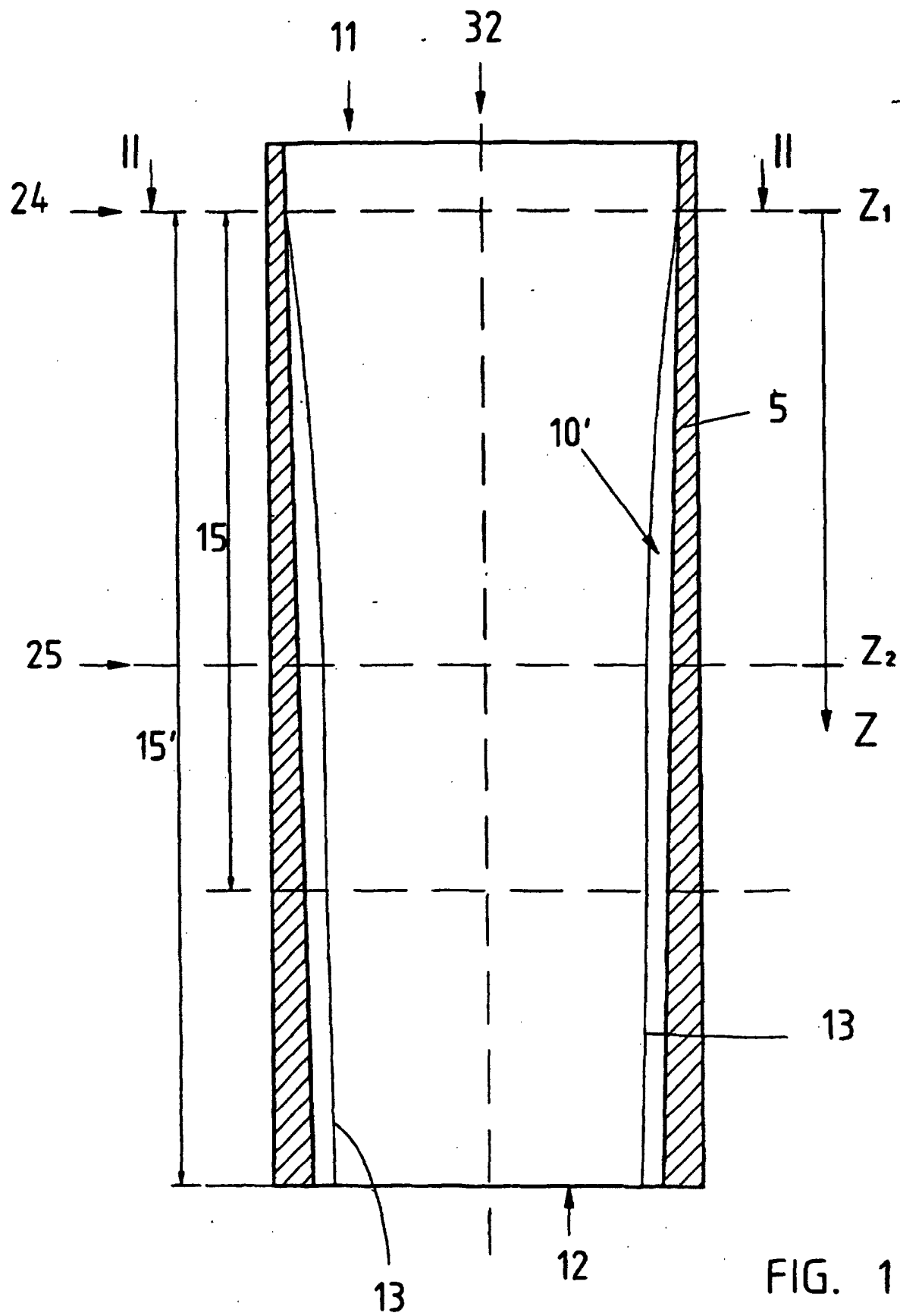
1. Lingotière pour la coulée continue de barres métalliques essentiellement polygonales, comprenant une cavité de moulage (10), ladite cavité de moulage (10) présentant une ouverture d'entrée de coulée (11), une ouverture de sortie (12), un cône de coulée (10') et, le long de sa périphérie, au moins trois zones en coin (13) et trois zones intermédiaires (14', 14'', 14''', 14''') avec des conicités différentes (K) et la conicité (K) varie dans au moins une zone d'une longueur partielle de la cavité de moulage (10) le long d'une ligne périphérique (26) dans une surface de section transversale (25) de telle façon que chaque tronçon (26', 26'', 26''', 26''') de la ligne périphérique (26) forme une courbe lisse entre les zones en coin (13), **caractérisée en ce que** la conicité (K) diminue dans une ou plusieurs des zones intermédiaires (14', 14'', 14''', 14''') de la ligne

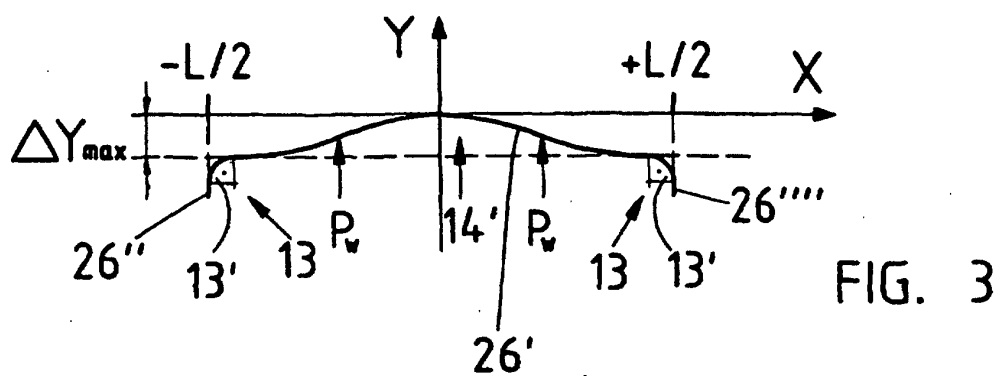
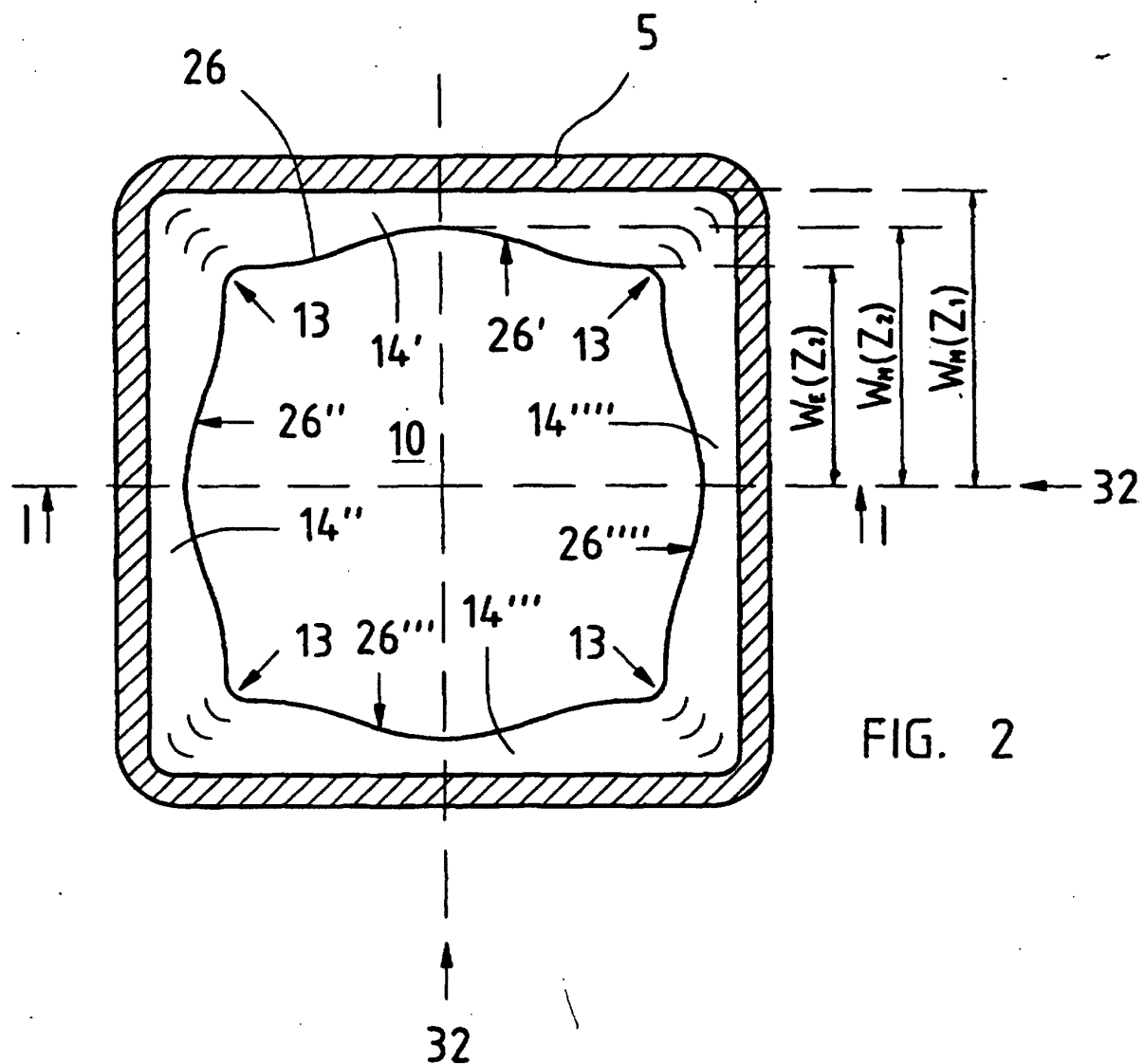
périphérique (26) depuis les zones en coin (13) adjacentes à la zone intermédiaire respective (14', 14'', 14''', 14''') vers le milieu (32) de la zone intermédiaire (14', 14'', 14''', 14''').

2. Lingotière selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le cône de coulée (10') est réalisé dans un tronçon partiel (15') de la cavité de moulage (10). 5
3. Lingotière selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** la conicité (K) varie avec la distance ($Z_2 - Z_1$) de la surface de section transversale (25) depuis l'extrémité (24) du cône de coulée (10') côté entrée. 10
4. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** la conicité (K) dans le milieu (32) des zones intermédiaires (14', 14'', 14''', 14''') dans la zone de la longueur partielle (15) est indépendante de la distance ($Z_2 - Z_1$) de la surface de section transversale (25) depuis l'extrémité (24) du cône de coulée (10') côté entrée. 15 20
5. Lingotière selon l'une ou l'autre des revendications 3 et 4, **caractérisée en ce que** la conicité (K) dans et/ou au niveau de des zones en coin (13) diminue au moins par tronçon de façon non linéaire et/ou linéaire et/ou parabolique avec la distance ($Z_2 - Z_1$) de la surface de section transversale (25) depuis l'extrémité (24) du cône de coulée (10') côté entrée. 25 30
6. Lingotière selon l'une des revendications 115, **caractérisée en ce que** la conicité (K) au milieu (32) des zones intermédiaires (14', 14'', 14''', 14''') s'élève à 0 à 0,7 %/m, de préférence 0,2 à 0,6 %/m, moyennée sur la longueur totale (15') du cône de coulée (10'). 35
7. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la conicité (K) dans et/ou au niveau des zones en coin (13) s'élève à 0,7 à 1,5 %/m, de préférence 0,8 à 1,3 %/m, moyennée sur la longueur totale (15') du cône de coulée (10'). 40
8. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le tronçon (26', 26'', 26''', 26''') de la ligne périphérique (26) est au moins par tronçon en forme d'arc et/ou en forme d'arc et en ligne droite. 45 50
9. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** le tronçon (26', 26'', 26''', 26''') de la ligne périphérique (26) présente un point de rebroussement (P_w) entre le l'un l'une des zones en coin (13) et le milieu (32). 55
10. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** chaque tronçon (26', 26'',

26''', 26''') de la ligne périphérique (26) est représenté dans la surface de section transversale (25) entre les zones en coin (13) par une courbe ($Y(X)$) qui, normée par référence à ses valeurs extrêmes ($\pm L/2, \Delta Y_{\max}$), est indépendante de la distance ($Z_2 - Z_1$) de la surface de section transversale (25) depuis l'extrémité (24) du cône de coulée (10') côté entrée.

11. Lingotière selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** la courbe est une parabole du quatrième degré.
12. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisée en ce que** deux des tronçons (26', 26'', 26''', 26''') de la ligne périphérique (26) qui viennent buter dans l'une des zones en coin (13) forment un angle (13') qui, dans la zone de la longueur partielle (15), est indépendant de la distance ($Z_2 - Z_1$) de la surface de section transversale (25) depuis l'extrémité (24) du cône de coulée (10') côté entrée.
13. Lingotière selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** le nombre des zones en coin (13) est égal à quatre, et **en ce que** l'angle (13') est un angle droit.
14. Lingotière selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisée en ce que** la cavité de moulage (10) présente dans les zones de coin (13), des congés creux avec un rayon de 2 à 8 % de la largeur libre (L) de l'ouverture de sortie (12).





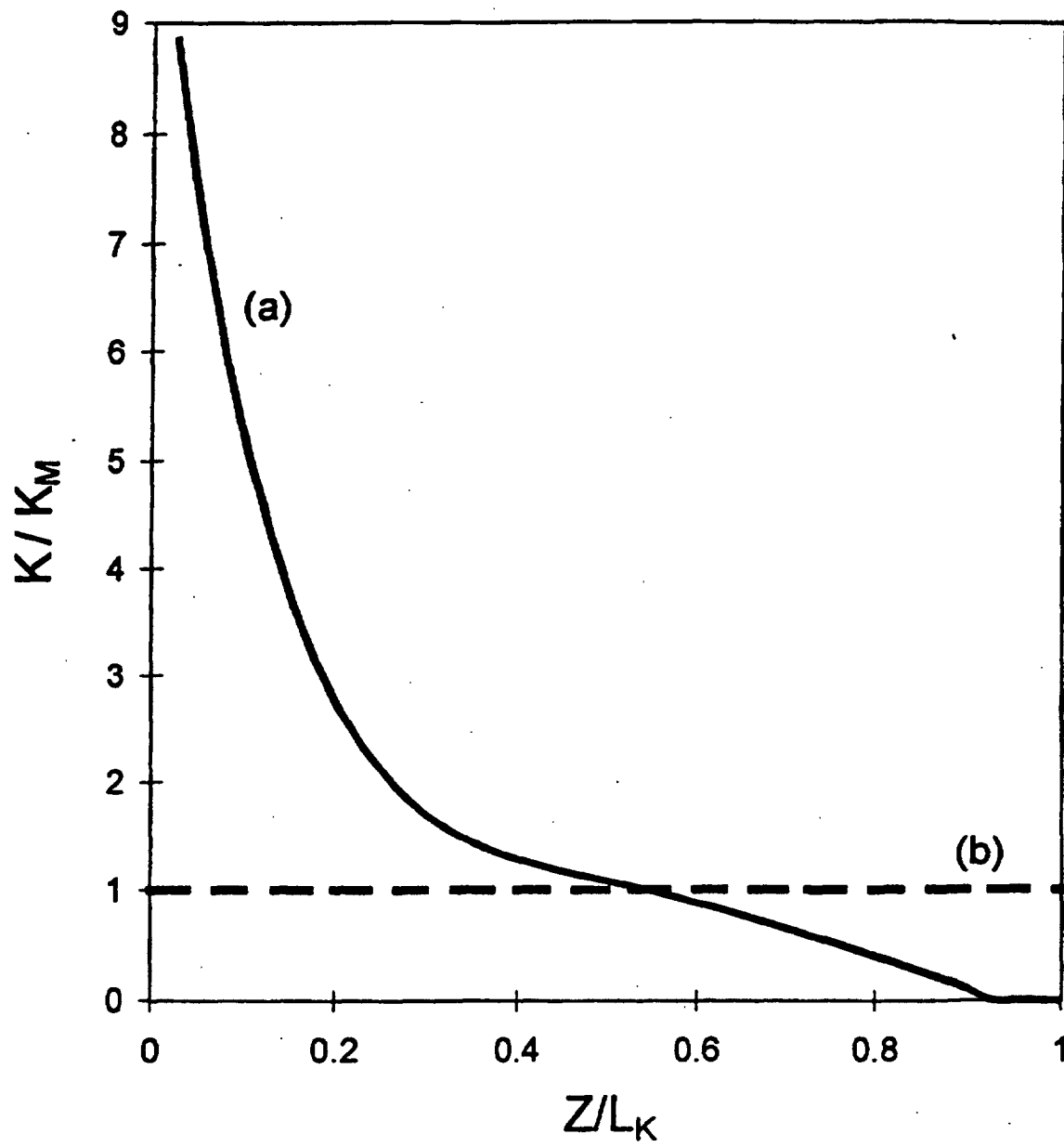


Fig. 4

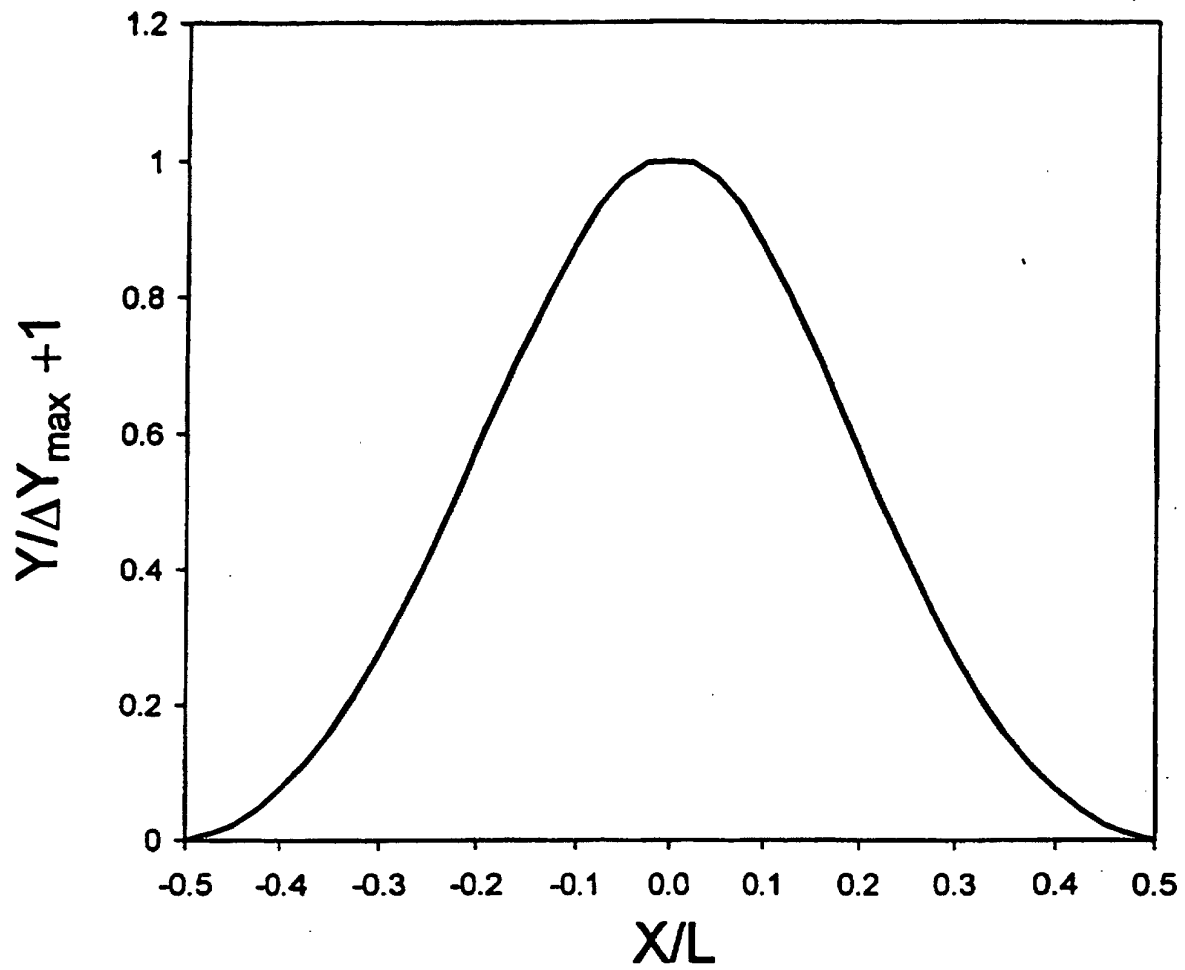


Fig. 5

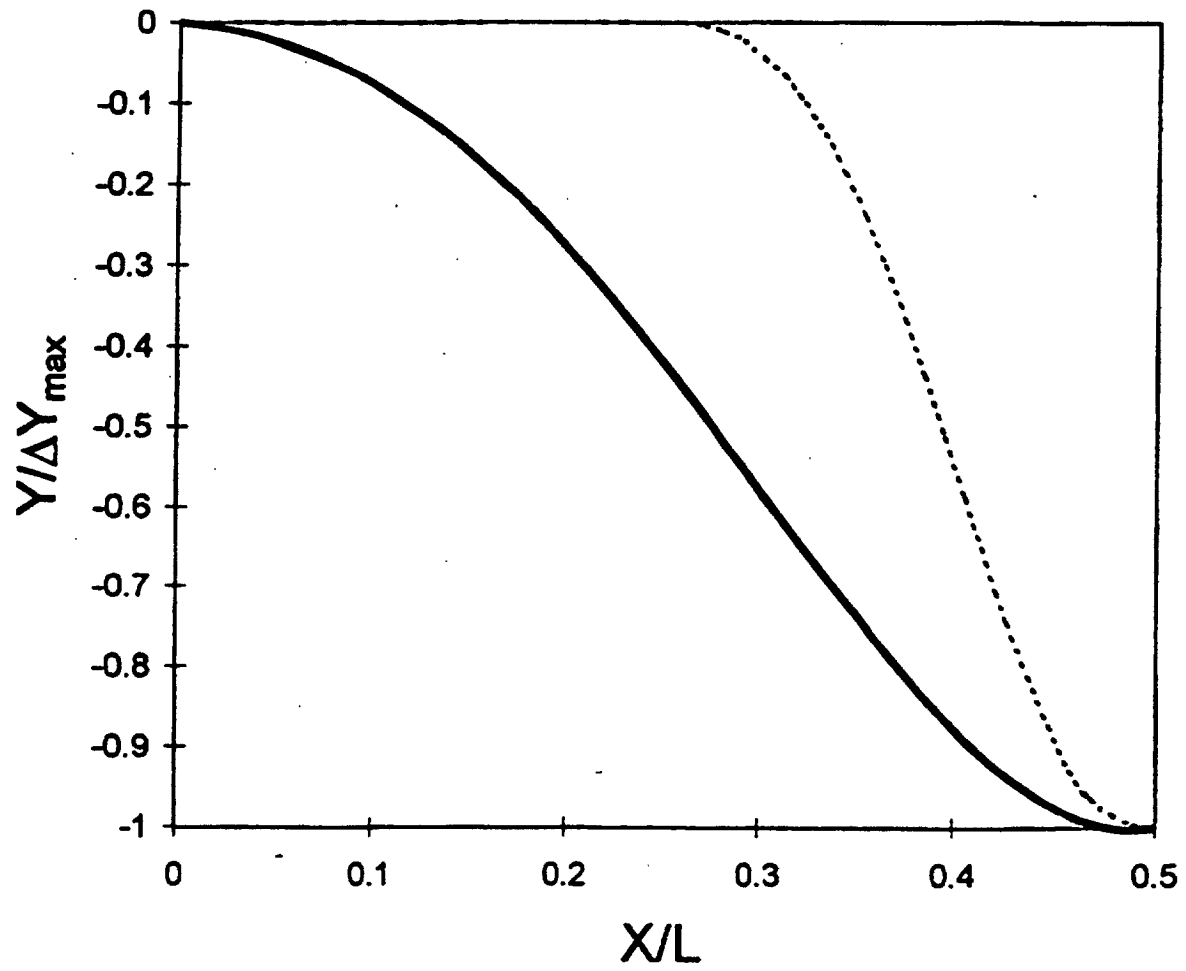


Fig. 6