

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

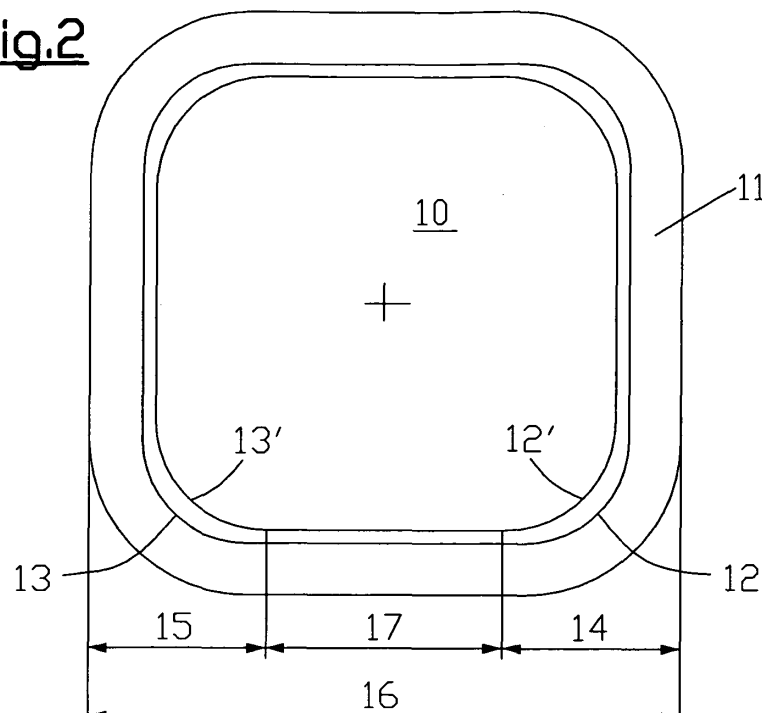
EP 1 676 658 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG(43) Veröffentlichungstag:
05.07.2006 Patentblatt 2006/27(51) Int Cl.:
B22D 11/041^(2006.01) B22D 11/128^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **04030926.2**(22) Anmeldetag: **29.12.2004**(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU(72) Erfinder:
• **Roehrig, Adalbert**
8800 Thalwil (CH)
• **Kawa, Franz**
8134 Adliswil (CH)(71) Anmelder: **CONCAST AG**
8027 Zürich (CH)(54) **Stahlstranggiessanlage für Knüppel- und Vorblockformate**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Stahlstranggiessanlage für Knüppel- und Vorblockformate mit im wesentlichen rechteckigem Strangquerschnitt. Um das Stranggefüge insbesondere in den Eckbereichen zu verbessern, Spiesskantigkeit, Risse und schädliche Massabweichungen des Strangquerschnittes auszuschalten und um hohe Durchsatzleistungen je Strang bei niedrigen Investitions- und Betriebskosten zu erreichen, sollen die Ausrundungen der Hohlkehlbogen (12, 12', 13, 13') im Formhohlraum mindestens 10 %, vorzugsweise 15 % oder mehr der Seitenlänge (16) des Strangquerschnittes

betragen. Im weiteren soll sich in Stranglaufrichtung mindestens entlang einer Teillänge der gesamten Kokilllänge der Krümmungsgrad $1/R$ des Hohlkehlbogens (12, 12', 13, 13') verkleinern. Dadurch soll eine gezielte Spaltaufhebung zwischen der Strangschale und der Kokillwand bzw. eine gezielte Strangschalenumformung im Bereich des Hohlkehlbogens steuerbar sein. Die Stranggiessanlage soll im weiteren unmittelbar an die Kokille anschliessend eine strangabstützungsfreie Sekundärkühlzone oder eine in ihrer Stützbreite und/oder Stützlänge reduzierte Stützföhrung in der Sekundärkühlzone aufweisen.

Fig.2**EP 1 676 658 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Stahlstranggiessanlage für Knüppel- und Vorblockformate gemäss Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Strangguss-Langprodukte werden überwiegend in Rohrkokillen mit Rechteck-, insbesondere mit angenähertem Quadrat- oder Rundquerschnitt vergossen. Die Knüppel- und Vorblockstränge werden anschliessend durch Walzen oder Schmieden weiterverarbeitet.

[0003] Für eine Erzeugung von Stranggiessprodukten mit guter Oberflächen- und Gefügequalität, insbesondere von Knüppel- und Vorblocksträngen, ist ein gleichmässiger Wärmeübergang entlang der Umfangslinie des Strangquerschnittes zwischen dem sich bildenden Strang und der Formhohlraumwand von ausschlaggebender Bedeutung. Viele Vorschläge sind bekannt, die Formhohlraumgeometrie insbesondere in den Bereichen der Eckhohlkehlen des Formhohlraumes so auszubilden, dass zwischen der sich bildenden Strangschale und der Kokillenwand keine schädliche Luftspalte entstehen, die einen ungleichmässigen Wärmeübergang entlang einer Umfangslinie des Strangquerschnittes, und Erstarrungsfehler sowie Durchbrüche verursachen.

[0004] Ecken des Formhohlraumes von Rohrkokillen sind durch Hohlkehlen abgerundet. Je grösser die Hohlkehlen im Formhohlraum der Kokille gestaltet sind, um so schwieriger ist eine gleichmässige Abkühlung zwischen einer sich bildenden Strangschale und den Kokillenwänden, insbesondere über den Formhohlraumumfang, zu erreichen. Die beginnende Erstarrung des Stranges kurz unterhalb des Badspiegels in der Kokille verläuft an geraden Abschnitten des Formhohlraumumfanges unterschiedlich zu den Hohlkehlbereichen. Der Wärmefluss an den geraden oder im wesentlichen geraden Abschnitten ist quasi eindimensional und folgt dem Gesetz des Wärmedurchganges durch eine ebene Wand. Im Gegensatz dazu ist der Wärmefluss in den abgerundeten Eckbereichen zweidimensional und er folgt dem Gesetz des Wärmedurchganges durch eine gekrümmte Wand.

[0005] Die entstehende Strangschale wird in der Regel in den Eckbereichen bei Erstarrungsbeginn unterhalb des Badspiegels dicker als an den geraden Flächen und beginnt zeitlich früher und stärker zu schrumpfen. Dies führt dazu, dass schon nach ca. 2 Sekunden sich die Strangschale in den Eckbereichen von der Kokillenwand unregelmässig abhebt und sich Luftspalte bilden, die den Wärmedurchgang drastisch verschlechtern. Diese Verschlechterung des Wärmedurchganges verzögert nicht nur das weitere Schalenwachstum, es kann sogar zu einem Wiederaufschmelzen von bereits erstarrten inneren Schichten der Strangschale kommen. Dieses Schaukeln des Wärmeflusses - Abkühlen und Wiedererwärmen - führt zu Strangfehlern wie Oberflächen- und inneren Längsrissen an den Kanten bzw. in kantennahen Bereichen, sowie zu Formfehlern wie Rhomboidität, Einziehungen etc. Ein Wiederaufschmelzen der Strangschale oder grössere Längsrisse können auch zu Durchbrüchen führen.

[0006] Je grösser die Hohlkehlen gegenüber der Seitenlänge des Strangquerschnittes dimensioniert werden, insbesondere wenn die Hohlkehlradien 10 % und mehr der Seitenlänge des Formhohlraumquerschnittes betragen, um so häufiger treten solche Strangfehler auf. Dies ist ein Grund, weshalb die Hohlkehlradien in der Regel auf 5 bis 8 mm begrenzt werden, obwohl für das nachfolgende Walzen grössere Abrundungen an den Strangkanten vorteilhaft wären.

[0007] Beim Giessen mit hohen Giessgeschwindigkeiten verringert sich die Verweilzeit des gegossenen Stranges im Kokillenhohlraum und die Strangschale hat insgesamt weniger Zeit in ihrer Dicke zu wachsen. Je nach dem gewählten Strangformat ist es deshalb notwendig, die Strangschale unmittelbar nach dem Verlassen der Kokille durch Stützrollen abzustützen, um ein Ausbauchen der Strangschale oder sogar Durchbrüche zu vermeiden. Solche Stützrollengerüste direkt unterhalb der Kokille sind einem starken Verschleiss ausgesetzt und können nach einem Durchbruch nur mit einem grossen Zeitund Kostenaufwand wieder instandgestellt werden.

[0008] Aus JP-A-11 151555 ist eine Kokille zum Stranggiessen von Knüppel- und Vorblocksträngen bekannt. Um beim Giessen von rechteckigen Strängen eine rhombische Verformung des Strangquerschnittes zu vermeiden und um zusätzlich die Giessgeschwindigkeit zu erhöhen, werden an den vier Ecken des Formhohlraumes die Hohlkehlen als sogenannte Eckkühlteile speziell ausgeformt. Auf der Eingiessseite sind die Eckkühlteile als kreisförmige Ausnehmungen in der Kokillenwand ausgebildet, die sich in Stranglaufrichtung verkleinern und sich zum Kokillenausgang hin auf eine Eckhohlkehle zurückbilden. Der Krümmungsgrad der kreisförmigen Ausnehmungen nimmt in Stranglaufrichtung zum Kokillenausgang hin zu. Diese Formgebung soll einen ununterbrochenen Kontakt zwischen dem Eckbereich der Strangschale und den speziell ausgeformten Eckkühlteilen der Kokille sicherstellen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Stahlstranggiessanlage für Knüppel- und Vorblockformate vorzugsweise mit im wesentlichen rechteckigem oder rechteckähnlichem Strangquerschnitt zu schaffen, die eine Kombination der nachfolgenden Teilziele erreicht. Sie soll einerseits eine hohe Giessleistung bei möglichst kleiner Strangzahl und dadurch minimale Investitions- und Unterhaltskosten sowie andererseits eine verbesserte Strangqualität sicherstellen. Die Verbesserung der Strangqualität soll insbesondere Strangfehler in den Eckbereichen wie Risse, Erstarrungsfehler und Giesspulvereinschlüsse in der Strangschale, aber auch Massabweichungen wie Spiesskantigkeit, Ausbauchungen und Einziehungen verhindern. Die erfindungsgemässe Stranggiessanlage soll im weiteren Investitions- und Unterhaltskosten für Stützführungsgerüste vermindern sowie zusätzlich die Wirtschaftlichkeit und Strangqualität bei der Anwendung von Kokillenrührreinrichtungen verbessern.

[0010] Gemäss der Erfindung wird diese Zielsetzung durch die Summe der Merkmale von Anspruch 1 erreicht.

[0011] Mit der erfindungsgemässen Stranggiessanlage ist es möglich, grössere Knüppel- und Vorblockformate sowie Vorprofilstränge mit höheren Giessgeschwindigkeiten und ohne bzw. mit einer in ihrer Stützbreite und/oder Stützlänge reduzierten Stützföhrung unmittelbar unterhalb der Kokille zu giessen. Bei einer vorgegebenen Produktionsleistung kann dadurch die Zahl der Stränge reduziert und Investitionskosten eingespart werden. Gleichzeitig vermindern sich die Unterhaltskosten der Anlage sowohl durch die geringere Strangzahl als auch durch die Weglassung bzw. Reduktion von Stützföhrungen für die gegossenen Stränge. Durch eine Vergrösserung der Kantenabrundungen der gegossenen Stränge können kritische Spannungen in der verbleibenden ebenen Strangschale, die durch den ferrostatischen Druck des flüssigen Kernes erzeugt werden, beim Strangaustritt aus der Kokille wesentlich reduziert werden. Eine Verkürzung der zwischen den Eckausrundungen liegenden geraden Abschnitte des Formhohlraumumfanges um beispielsweise 10 % vermindert die für eine Ausbauchung massgebende Biegespannung in diesen Abschnitten um etwa 20 %.

[0012] Neben diesen wirtschaftlichen Vorteilen wird zusätzlich die Strangqualität in vielfältiger Hinsicht verbessert. Durch die Steuerung einer gezielten Spaltaufhebung zwischen der Strangschale und der Kokillenwand bzw. einer gezielten Strangschalenumformung im Bereich des Hohlkehlbogens wird das Strangschalenwachstum über den Strangumfang und über vorbestimmte Teile der Kokillenlänge vergleichmässigt, wodurch das Stranggefüge verbessert und Strangfehler wie Risse etc. in den Kantenbereichen verhindert werden. Zusätzlich können auch geometrische Strangfehler wie Spiesskantigkeit, Ausbauchungen etc. reduziert bzw. eliminiert werden. Die Vergrösserung der Eckausrundungen beeinflusst aber auch die Strömungsverhältnisse im Badspiegelbereich. Bei Anwendung von Giesspulver zur Abdeckung des Badspiegels kann mit steigender Vergrösserung der Eckausrundungen eine Vergleichmässigung der Bedingungen für das Aufschmelzen des Giesspulvers am gesamten Meniskusumfang erreicht werden. Dieser Vorteil wird bei Kokillen mit Röhreinrichtungen noch verstärkt. Strangfehler wie Giesspulver- und Schlackeneinschlüsse, insbesondere in den Eckbereichen, aber auch Strangoberflächenfehler können durch die Vergleichmässigung der Schmierwirkung durch das Giesspulver reduziert werden. Durch Anpassung der Grösse der Strangkantenabrundungen an die Bedürfnisse der nachfolgenden Walz- oder Schmiedeoperationen sind zusätzliche Qualitätsvorteile erreichbar.

[0013] Die Grenze zwischen einer strangabstützungsfreien und einer in ihrer Stützbreite und Stützlänge reduzierten Stützföhrung in der Sekundärkühlzone ist von zahlreichen Parametern, insbesondere vom Ausbauchungsverhalten eines gegossenen Stranges bestimmt. Neben den Hauptparametern Formatgrösse und Gesamtlänge der Ausrundungen der beiden einer Strangseite zugeordneten Hohlkehlbogen bzw. der Länge eines geraden Abschnittes zwischen den beiden einer Strangseite zugeordneten Hohlkehlbogen sind auch die Giessgeschwindigkeit, Formhohlraumlänge, Stahltemperatur und Stahlanalyse etc. massgebend. Für Versuche zur Bestimmung der Grenze zwischen einer abstützungsfreien Sekundärkühlzone und einer reduzierten Stützföhrung in der Sekundärkühlzone werden folgende Richtwerte vorgeschlagen. Bei Strangformaten, die kleiner als etwa $150 \times 150 \text{ mm}^2$ sind und einer Gesamtlänge der beiden Ausrundungen einer Strangseite von etwa 70 % und mehr des Strangseitenmasses kann in der Regel abstützungsfrei gegossen werden. Bei Strangformaten, die grösser als etwa $150 \times 150 \text{ mm}^2$ sind und einen geraden Abschnitt zwischen den beiden Ausrundungen von etwa 30 % und mehr des Strangseitenmasses aufweisen, kann eine in ihrer Stützbreite und Stützlänge reduzierte Stützföhrung in der Sekundärkühlzone angeordnet sein. Mittels der erfindungsgemässen Lehre kann einerseits durch eine Vergrösserung der Ausrundungen, beispielsweise bis 100 % der Seitenlänge des Strangquerschnittes, und andererseits durch die Veränderung der Krümmungsgrade von in Strangaufrichtung sich folgenden Hohlkehlbogen, das Ausbauchungsverhalten des Stranges nach dem Verlassen der Kokille so beeinflusst werden, dass gegenüber dem Stand der Technik wesentlich grössere Strangformate auch bei höheren Giessgeschwindigkeiten stützföhrungsfrei bzw. mit reduzierter Stützföhrung herstellbar sind.

[0014] Hohlkehlbogen in der Umfangslinie des Formhohlraumquerschnittes können aus Kreislinien, zusammengesetzten Kreislinien etc. gestaltet werden. Zusätzliche Vorteile sind erreichbar, wenn die Hohlkehlbogen nicht tangential bzw. punktförmig an die geraden Abschnitte der Umfangslinie anschliessen. Gemäss einem weiteren Vorschlag kann ein Krümmungsverlauf entlang des Hohlkehlbogens gewählt werden, der auf einen maximalen Krümmungsgrad $1/R$ an- und von diesem wieder abschwilt. Der maximale Krümmungsgrad $1/R$ bei in Strangaufrichtung sich folgenden Hohlkehlbogen kann sich stetig oder unstetig verkleinern. Für die Herstellung des Formhohlraumes mittels NC gesteuerten spanabhebenden Bearbeitungsmaschinen ist es zusätzlich vorteilhaft, wenn die Umfangslinien des Strangquerschnittes Hohlkehlbogen mit Krümmungsverläufen aufweisen, die einer mathematischen Funktion folgen und die auf einen maximalen Krümmungsgrad $1/R$ an- und von diesem wieder abschwellen, wie beispielsweise mathematische Funktionen wie Superkreis oder Superellipse.

[0015] Bei Hohlkehlbogen mit Hohlkehlmassen von 25 % und mehr der Seitenlänge des Strangquerschnittes können zusätzliche Vorteile erreicht werden, wenn der im Wesentlichen rechteckige Formhohlraumquerschnitt aus vier Bogenlinien besteht, die je etwa einen Viertel des Querschnittumfanges einschliessen und die Bogenlinien einer mathematischen Funktion folgen. Die mathematische Funktion

$$\left(\frac{|x|}{A}\right)^n + \left(\frac{|y|}{B}\right)^n := 1$$

erfüllt beispielsweise diese Bedingung, wenn ein Exponent "n" zwischen 3 und 50, vorzugsweise zwischen 4 und 10, gewählt wird. A und B sind die Dimensionen der Bogenlinie.

[0016] Die Umfangslinie des Strangquerschnittes kann auch aus mehreren Bogenlinien zusammengesetzt sein, wobei die Hohlkehlbogen einen Krümmungsverlauf aufweisen, der einer mathematischen Funktion, z.B. $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$ folgt. Zwischen den Hohlkehlbogen angeordnete Abschnitte der Umfangslinie können schwach gekrümmte Bogenlinien aufweisen, wie in der EP-Patentschrift 0 498 296 beschrieben ist. In Stranglaufichtung gesehen können sich die Krümmungsgrade $1/R$ sowohl der Hohlkehlbogen als auch der zwischen diesen liegenden relativ gestreckten Bogenlinien derart verkleinern, dass mindestens auf einer Teillänge der Kokille die Strangschale beim Durchlauf über den gesamten Umfang leicht verformt d.h. gestreckt wird.

[0017] Je nach dem gewählten Giessformat und vorgesehener maximaler Giessgeschwindigkeit kann eine optimale Kokillenlänge bestimmt werden. Giessformate zwischen $120 \times 120 \text{ mm}^2$ und $160 \times 160 \text{ mm}^2$ lassen sich mit hohen Giessgeschwindigkeiten mit einer Kokillenlänge von ca. 1000 mm unter Weglassung einer Strangabstützung optimal giessen.

[0018] Grosse Eckausrundungen im Formhohlraum schaffen nicht nur Vorteile beim Giessen mit einer Giesspulverabdeckung des Badspiegels. Mit zunehmender Grösse der Eckausrundung ist es auch möglich, die Rührwirkung im Badspiegel und im flüssigen Sumpf bei gleichbleibender elektrischer Rührerleistung zu erhöhen. Diese Möglichkeit, die Rührleistung durch die geometrische Gestaltung des Formhohlraumes zu verbessern, schafft zusätzliche konstruktive Freiheiten beim Einbau von Rührern in Knüppel- und Vorblockkokillen.

[0019] Im Nachfolgenden werden anhand von Figuren Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert.

[0020] Dabei zeigen:

- Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch einen Teil einer Stranggiessanlage,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf ein Kupferrohr einer Vorblockkokille,
- Fig. 3 eine Draufsicht auf eine Eckausbildung eines Formhohlraumes mit Hohlkehlbogen,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf ein Kupferrohr mit Umfangslinien des Formhohlraumquer-Schnittes,
- Fig. 5 eine Draufsicht auf ein Kupferrohr mit Umfangslinien eines weiteren Form-Hohlraumquerschnittes,
- Fig. 6 einen Horizontalschnitt durch einen halben Strang in der Sekundärkühlzone,
- Fig. 7 einen Horizontalschnitt durch ein anderes Beispiel eines halben Stranges in der Sekundärkühlzone und
- Fig. 8 einen Horizontalschnitt durch einen halben Vorprofilstrang in der Sekundärkühl-Zone.

[0021] In Fig. 1 fliesst durch eine Ausgussdüse 2 eines Zwischengefässes 3 flüssiger Stahl in vertikaler Richtung einer Kokille 4 zu. Die Kokille 4 hat einen rechteckigen Formhohlraum für einen Knüppelquerschnitt von beispielsweise $120 \times 120 \text{ mm}^2$. Mit 5 ist ein teilweise erstarrter Strang mit einer Strangschale 6 und einem flüssigen Kem 7 dargestellt. Eine höhenverstellbare elektromagnetische Rührereinrichtung 8 ist schematisch ausserhalb der Kokille 4 dargestellt. Sie kann auch innerhalb der Kokille 4, beispielsweise im Wassermantel, angeordnet sein. Die Rührereinrichtung 8 erzeugt eine horizontal kreisende Drehbewegung im Badspiegelbereich und im flüssigen Sumpf. Unmittelbar an die Kokille 4 anschliessend folgt eine strangabstützungsfreie erste Sekundärkühlzone, die mit Sprühdüsen 9 versehen ist.

[0022] In Fig. 2 ist mit 10 ein Formhohlraum eines Kokillenrohres 11 mit Hohlkehlbogen 12, 12', 13, 13' in den Eckbereichen ausgestattet. Die Ausrundung 14, 15 der Hohlkehlbogen 12, 12', 13, 13' beträgt in diesem Beispiel je ca. 20 % einer Seitenlänge 16 des Strangquerschnittes. Der Krümmungsgrad $1/R$ des eingiessseitigen Hohlkehlbogens 12, 13 ist unterschiedlich gegenüber dem Krümmungsgrad $1/R$ des Hohlkehlbogens 12', 13' am Kokillenausgang. Mindestens entlang einer Teillänge der gesamten Kokillenlänge verkleinert sich der Krümmungsgrad $1/R$ des Hohlkehlbogens 12, 13 von beispielsweise $1/R = 0,05$ auf einen Krümmungsgrad $1/R$ des Hohlkehlbogens 12', 13' von beispielsweise $1/R = 0,046$. Durch die Wahl der Grösse der Verkleinerung des Krümmungsgrades kann gezielt eine Spaltaufhebung zwischen der sich bildenden Strangschale und der Formhohlraumwand bzw. eine gezielte Strangschalenumformung und damit der Wärmeffluss zwischen der Strangschale und der Formhohlraumwand gesteuert werden. Neben dem erhöhten und über den Umfang gesehen Vergleichsmässigen Wärmeffluss trägt auch die Grösse der Ausrundung 14, 15 dazu bei, dass trotz hoher Giessgeschwindigkeit der teilweise erstarrte Strang unmittelbar nach dem Verlassen des Formhohlraumes ohne oder mit reduzierter Strangabstützung durch die Sekundärkühlzone geführt werden kann. Bei einem vorgegebenen Format kann durch eine Vergrösserung der Ausrundungen 14, 15 gezielt ein gerader Abschnitt 17 zwischen den Ausrundungen 14, 15 so verkleinert werden, dass schädliche Ausbauchungen der Strangschale trotz strangabstützungsfreier Sekundärkühlzone vermieden werden können. Bei grossen Formaten oder wenn aus techni-

schen Gründen die Grösse der Abrundungen limitiert ist, kann eine in ihrer Stützbreite reduzierte Strangabstützung vorgesehen werden.

[0023] In Fig. 3 ist eine Ecke 19 eines Formhohlraumes in vergrössertem Massstab dargestellt. Fünf Hohlkehlbogen 23 - 23''' stellen im Sinne von Höhenkurven die Geometrie der Eckausbildung dar. Die Anschlusspunkte der Hohlkehlbogen 23 - 23''' an die geraden Abschnitte 24 - 24''' von Umfangslinien des Kokillenquerschnittes können entlang der Linien R, R₄ oder R₁, R₄ gewählt werden. Die Abstände 25 - 25''' zeigen in diesem Beispiel eine stetige Konizität entlang der geraden Seitenwände. Die Hohlkehlbogen 23 - 23''' sind durch eine mathematische Kurvenfunktion $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$ definiert, wobei durch Wahl des Exponenten "n" unterschiedliche Krümmungsgrade festlegbar sind. Der Krümmungsgrad der Hohlkehlbogen 23 - 23''' ist entlang des Bogens unterschiedlich. Er schwillt auf einen maximalen Krümmungsgrad im Punkt 30 - 30''' an und von diesem wieder ab. In Stranglaufrichtung verkleinert sich der maximale Krümmungsgrad von Hohlkehlbogen zu Hohlkehlbogen. Der Hohlkehlbogen 23''' ist in diesem Beispiel ein Kreisbogen. Die Exponenten der Hohlkehlbogen sind in diesem Beispiel wie folgt gewählt:

Hohlkehlbogen 23	Exponent "n" = 4,0
Hohlkehlbogen 23'	Exponent "n" = 3,5
Hohlkehlbogen 23''	Exponent "n" = 3,0
Hohlkehlbogen 23'''	Exponent "n" = 2,5
Hohlkehlbogen 23''''	Exponent "n" = 2,0 (Kreisbogen)

[0024] Durch die Auswahl der Exponenten wird der Krümmungsgrad der sich in Stranglaufrichtung folgenden Hohlkehlbogen 23 - 23''' so verändert bzw. verkleinert, dass gezielt eine Spaltaufhebung zwischen der Strangschale und der Kokillenwand bzw. eine gezielte Strangschalenverformung im Bereich der Hohlkehlbogen 23, 23''' steuerbar ist. Diese Steuerung der Spaltaufhebung bzw. einer leichten Strangschalenumformung erlaubt es, den Sollwärmedurchgang zu kontrollieren, insbesondere wird aber eine Vergleichsmässigung des Sollwärmedurchganges entlang der Hohlkehlbogen in allen Eckbereichen des Stranges beim Durchlauf durch den Formhohlraum erreicht.

[0025] In Fig. 4 sind für eine klare Uebersicht nur drei in Stranglaufrichtung sich folgende Umfangslinien mit Hohlkehlbogen 51 - 51''' eines quadratischen Formhohlraumes 50 dargestellt. Die Umfangslinien sind aus je vier Hohlkehlbogen 51 - 51'', die einen Winkel von 90° einschliessen, zusammengesetzt.

[0026] Für die Berechnung der Umfangslinien 51 - 51''' ist folgende mathematische Funktion verwendet worden: $|X|^n + |Y|^n = |R-t|^n$.

[0027] Diesem Beispiel sind folgende Zahlenwerte zu Grunde gelegt:

Umfangslinie	Exponent n	R-t	t
51	4	70	0
51'	5	66,5	3,5
51''	4,5	65	5

[0028] Zur Erreichung einer Strangschalenverformung, insbesondere entlang der im Wesentlichen geraden Seitenwände zwischen den Eckbereichen (Convex Technology) entlang einer eingiesseitigen oberen Teillänge der Kokille, wird ein Exponent "n" bei der Bogenlinie 51 von 4 und bei der in Stranglaufrichtung sich folgenden Bogenlinie 51' von 5 gewählt. In einer unteren Teillänge der Kokille wird der Exponent 5 der Bogenlinie 51' auf 4,5 bei der Bogenlinie 51'' verkleinert und damit eine optimale Eckkühlung erreicht.

[0029] Diese Vergrösserung des Exponenten "n" von 4 auf 5 zeigt an, dass in der oberen Teillänge der Kokille eine Strangschalenverformung an den im Wesentlichen geraden Seitenwänden zwischen den Eckbereichen und in der unteren Teillänge der Kokille durch Verkleinerung des Exponenten "n" von 5 auf 4,5 ein optimaler Strangschalenkontakt und eventuell eine geringe Strangschalenverformung in den Eckbereichen des Formhohlraumes stattfindet.

[0030] Fig. 5 zeigt eine Rohrkokille 62 zum Stranggiessen von Knüppel- oder Vorblockformaten mit einem Formhohlraum 63. Der Querschnitt des Formhohlraumes 63 ist am Kokillenausgang quadratisch und zwischen benachbarten Seitenwänden 64 - 64''' sind Eckbereiche 65 - 65''' angeordnet. Die Hohlkehlbogen 67, 68 sind keine Kreislinien sondern Kurven, gemäss der mathematischen Funktion $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$, wobei der Exponent "n" einen Wert zwischen 2 und 2,5 aufweist. Im oberen Kokillenteil sind auf einer Teillänge von 40 % - 60 % der Kokillenlänge die Seitenwände 64 - 64''' zwischen den Eckbereichen 65 - 65''' konkav gestaltet. Auf dieser Teillänge nimmt eine Bogenhöhe 66 in Stranglaufrichtung ab. Eine in der Kokille sich bildende konvexe Strangschale wird entlang der oberen Teillänge der Kokille geglättet. Die Bogenlinie 70 kann aus einer Kreislinie, einer zusammengesetzten Kreislinie oder aus einer Kurve auf der Grundlage einer mathematischen Funktion gebildet sein. In der unteren Teillänge der Kokille sind die geraden

Seitenwände 71 der Kokille mit einer der Schwindung des Strangquerschnittes entsprechenden Formhohlraumkonizität versehen.

[0031] Alle Formhöhlräume in den Fig. 1 - 5 sind zur Vereinfachung mit einer geraden Längsachse versehen. Die Erfindung ist aber auch für Kokillen mit gebogener Längsachse für Kreisbogenstranggiessanlagen anwendbar. Die erfindungsgemässe Ausgestaltung des Formhohlraumes ist im weiteren nicht auf Rohrkokillen eingeschränkt. Sie ist auch bei Platten- oder Blockkokillen etc. anwendbar.

[0032] In Fig. 6 ist die Hälfte eines im wesentlichen rechteckigen Strangquerschnittes 60 mit einer erstarrten Strangschale 61 und einem flüssigen Kern 62 dargestellt. Die Umfangslinie des halben Strangquerschnittes 60 ist aus 2 Teilkurven 65, die einen Winkel von 90° einschliessen, zusammengesetzt, deren Form dem Ausgangsquerschnitt des Formhohlraumes der Kokille entspricht. Die Teilkurven 65 folgen der mathematischen Beziehung

$$\left(\frac{|x|}{A}\right)^n + \left(\frac{|y|}{B}\right)^n = 1$$

[0033] Die Länge jeder Ausrundung 64 der Teilkurven 65 beträgt 50 %, bzw. beide Ausrundungen 64 zusammen entsprechen 100 % des Strangseitenmasses 66. Pfeile 68 deuten den ferrostatischen Druck, der auf die Strangschale 61 wirkt, an. Die Summe der beiden Ausrundungen 64 der Teilkurven 65 sind grösser als 70 % des 66 und eine Strangabstützung in der Sekundärkühlzone ist somit in diesem Beispiel nicht erforderlich.

[0034] In Fig. 7 ist gegenüber Fig. 6 die Umfangslinie des halben Strangquerschnittes aus zwei Kreisbogen 75 mit einem Ausrundungsmass 76 von 30 % und geraden Abschnitten 77 von 40 % des Strangseitenmasses 78 zusammengesetzt. Die geraden Abschnitte 77 zwischen den Kreisbogen 75 sind in diesem Beispiel grösser als 30 % des Strangseitenmasses 78 und eine in ihrer Stützbreite und Stützlänge reduzierte Stützföhrung in der Form von Stützrollen 79 kann angeordnet werden. In der Regel genügt eine Stützrollenbreite, die der Länge des geraden Abschnittes entspricht oder etwas kürzer als dieser ist. Pfeile 79 deuten den ferrostatischen Druck, der auf die Strangschale 71 wirkt, an.

[0035] In Fig. 8 ist ein Beispiel eines Vorblockstranges in der Form eines Vorprofils 80 für einen Doppel-T-Träger dargestellt. Auch ein Formhohlraum für Vorprofile 80 weist Ecken auf, die mit Hohlkehlbogen 81 versehen sind. Ein Strangseitenmass 82 ist aus zwei Hohlkehlbogen 81 mit Ausrundungen 83 von beispielsweise 40 % und einem im wesentlichen geraden Abschnitt 84 von beispielsweise 20 % zusammengesetzt ist. Der durch Pfeile 85 angedeutete ferrostatische Druck auf die Strangschale 86 erzeugt bei Doppel-T-Träger-Strängen gemäss Stand der Technik eine Ausbauchung, wenn nicht, wie in diesem Beispiel, durch besondere Massnahmen die Formgebung durch eine Wahl entsprechender Hohlkehlbogen 81 oder eine entsprechende Stützföhrung angeordnet ist. Im dargestellten Beispiel ist durch die Wahl der Länge und Geometrie der Ausrundungen 83 in der Form einer Superellipse eine Strangschale entstanden, die dem ferrostatischen Druck ohne Stützföhrung standhält. Bei zunehmendem Strangseitenmass 82 kann bei einer entsprechenden Dimensionierung der beiden Ausrundungen eine reduzierte Stützföhrung in der Sekundärkühlzone genügen.

[0036] In den Fig. 6 - 8 sind die Horizontalschnitte durch die Stränge unmittelbar nach dem Kokillenaustritt dargestellt. Zur Vereinfachung und für eine bessere Uebersicht sind die in einer Sekundärkühlzone angeordneten Sprühdüsen weggelassen worden.

Patentansprüche

1. Stahlstranggiessanlage für Knüppel- und Vorblockformate, vorzugsweise mit im wesentlichen rechteckigem Strangquerschnitt, wobei die Umfangslinie des Formhohlraumquerschnittes der Kokille in Ecken mit Hohlkehlbogen versehen und der flüssige Stahl im wesentlichen vertikal dem Formhohlraum zuföhrbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausrundung der Hohlkehlbogen mindestens 10 %, vorzugsweise 20 % oder mehr der Seitenlänge des Strangquerschnittes beträgt und dass sich in Stranglaufrihtung mindestens entlang einer Teillänge der gesamten Kokillenlänge der Krümmungsgrad 1/R der Hohlkehlbogen verkleinert und **dadurch** eine gezielte Spaltaufhebung zwischen der Strangschale und der Kokillenwand bzw. eine gezielte Strangschalenumformung im Bereich des Hohlkehlbogens steuerbar ist, und dass unmittelbar an die Kokille anschliessend format- und giessgeschwindigkeitsabhängig eine strangabstützungsfreie Sekundärkühlzone oder eine in ihrer Stützbreite und/oder Stützlänge reduzierte Stützföhrung in der Sekundärkühlzone angeordnet ist.
2. Stranggiessanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise bei Strangformaten kleiner als etwa 150 x 150 mm² und einer Gesamtlänge der Ausrundungen der beiden einer Strangseite zugeordneten

EP 1 676 658 A1

Hohlkehlbogen von etwa 70 % und mehr des Strangseitenmasses die strangabstützungsfreie Sekundärkühlzone unmittelbar an die Kokille anschliessend angeordnet ist.

- 5
3. Stranggiessanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorzugsweise bei Strangformaten grösser als etwa 150 x 150 mm² und einer Länge eines geraden Abschnittes zwischen den beiden einer Strangseite zugeordneten Hohlkehlbogen von etwa 30 % und mehr des Strangseitenmasses die in ihrer Stützbreite und/oder Stützlänge reduzierte Stützföhrung in der unmittelbar an die Kokille anschliessenden Sekundärkühlzone angeordnet ist.
- 10
4. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Krümmungsverlauf entlang des Hohlkehlbogens auf einen maximalen Krümmungsgrad 1/R an- und von diesem wieder abschwilt und dass sich in Stranglaufichtung der maximale Krümmungsgrad 1/R des Hohlkehlbogens stetig oder unstetig verkleinert.
- 15
5. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der im Wesentlichen rechteckige Formhohlraumquerschnitt aus vier Hohlkehlbogen besteht, die je etwa einen Viertel des Querschnittumfanges einschliessen und dass die Hohlkehlbogen der mathematischen Funktion

20

$$\left(\frac{|x|}{A}\right)^n + \left(\frac{|y|}{B}\right)^n = 1$$

25 folgen, sowie der Wert des Exponenten "n" zwischen 3 und 50, vorzugsweise zwischen 4 und 10, beträgt.

- 30
6. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlkehlbogen Krümmungsverläufe aufweisen, die der mathematischen Funktion $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$ folgen und dass zwischen den Hohlkehlbogen angeordnete Abschnitte der Umfangsline schwach gekrümmte Bogenlinien aufweisen, deren Krümmungsgrad sich mindestens auf einer Teillänge der Kokille in Stranglaufichtung verkleinern und **dadurch** die Strangschale beim Durchlauf durch die Teillänge verformen.
- 35
7. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formhohlraum zum Kokillenausgang hin mit einer Giesskonizität gemäss der mathematischen Formel $|X|^n + |Y|^n = |R - t|^n$ versehen ist, wobei t ein Mass für die Konizität ist.
- 40
8. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kokillenhohlraum eine Länge von etwa 1000 mm aufweist.
- 45
9. Stahlstranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** Sprühdüsen unmittelbar anschliessend an die Kokille angeordnet sind, die den Strang gleichmässig kühlen.
- 50
10. Stranggiessanlage nach einem der Ansprüche 1 - 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kokille mit elektromagnetischen Röhreinrichtungen versehen ist, insbesondere solche, die das Stahlbad im Kokillenberg in eine horizontal kreisende Drehbewegung versetzen.
- 55

Fig.1

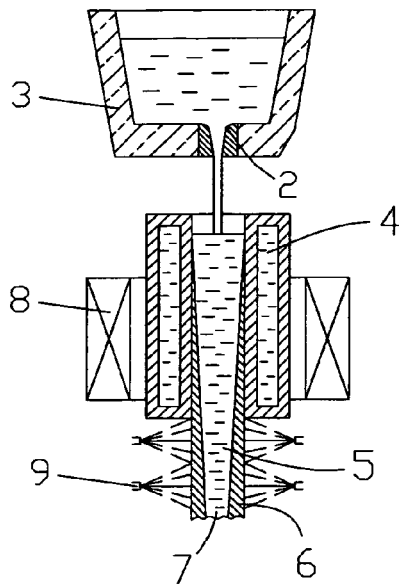


Fig.2

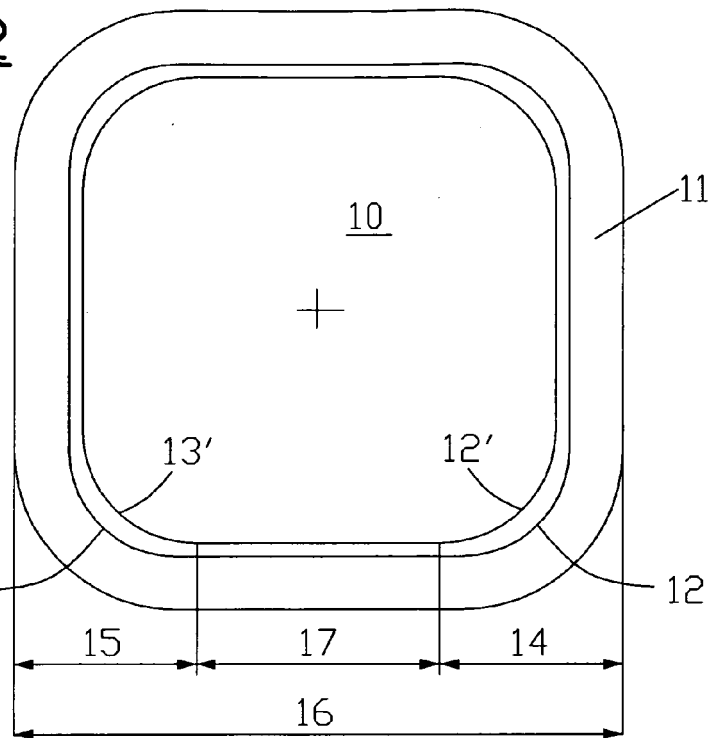


Fig.3

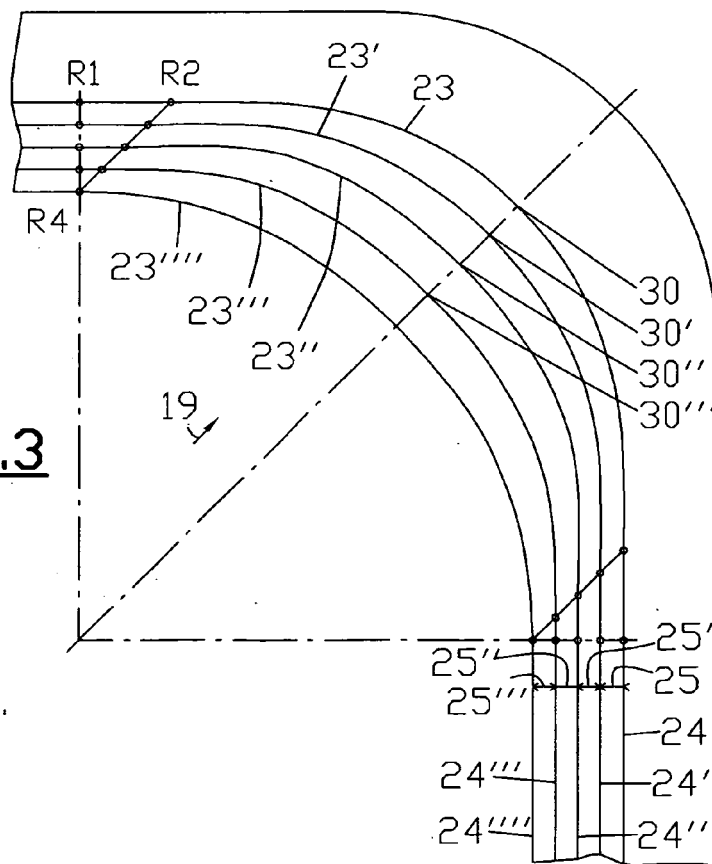


Fig.4

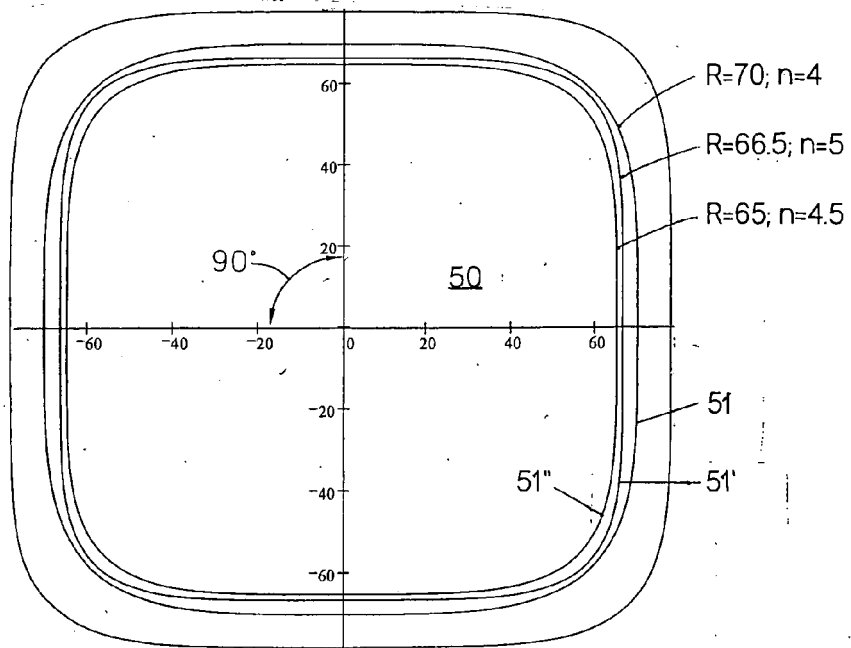


Fig.5

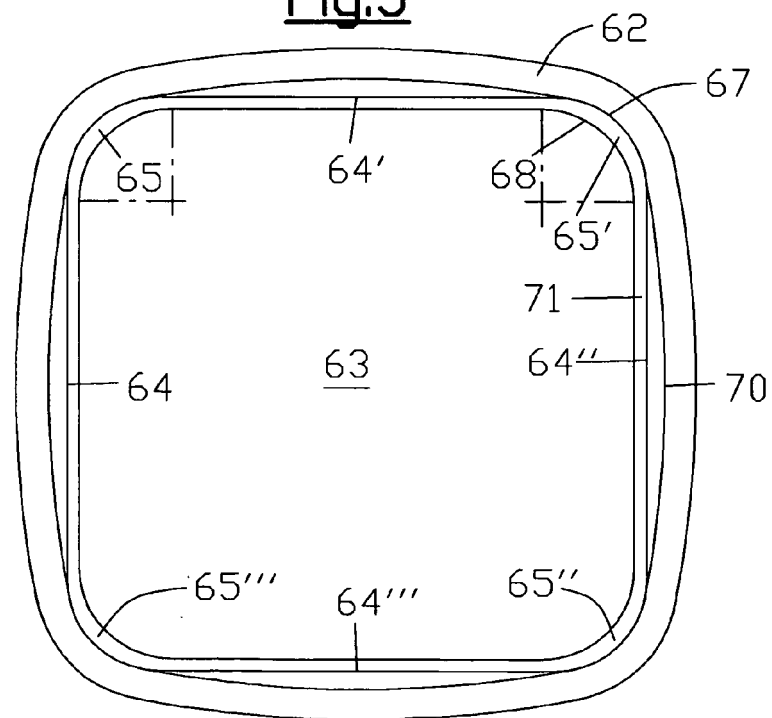


Fig.6

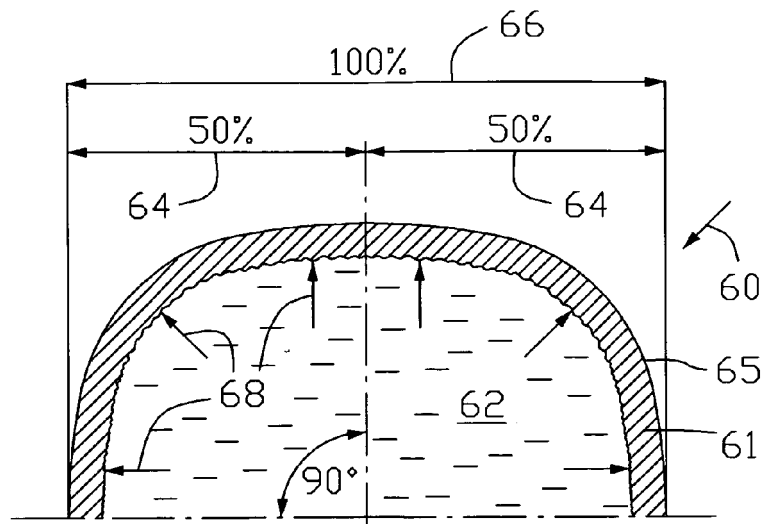


Fig.7

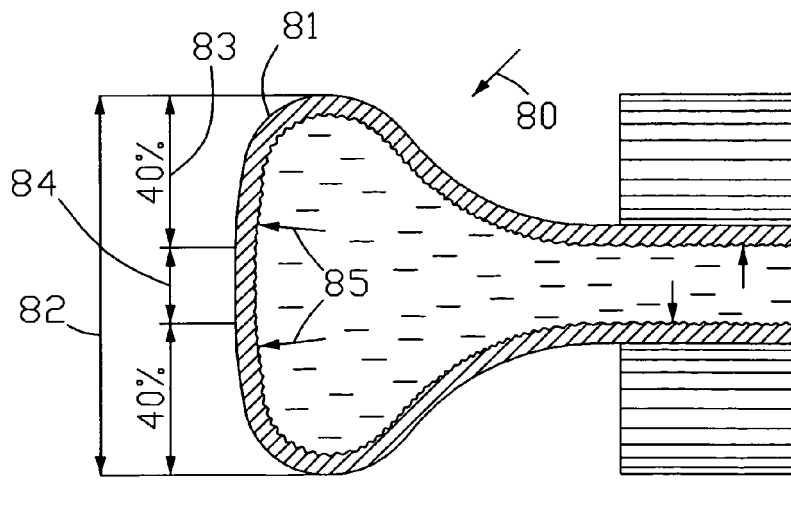
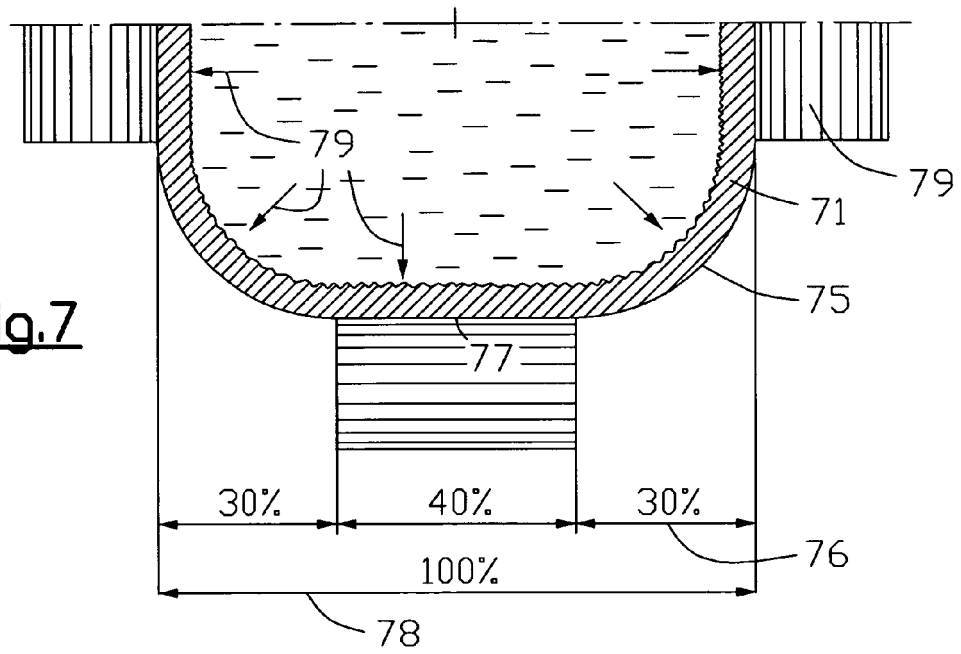


Fig.8



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 03 0926

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 520 (M-1482), 20. September 1993 (1993-09-20) & JP 05 138300 A (HITACHI METALS LTD), 1. Juni 1993 (1993-06-01) * Zusammenfassung *	1-3,8-10	B22D11/041 B22D11/128
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 02, 30. Januar 1998 (1998-01-30) -& JP 09 262641 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD), 7. Oktober 1997 (1997-10-07) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 *	1-10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2002, Nr. 06, 4. Juni 2002 (2002-06-04) -& JP 2002 035896 A (CHUETSU METAL WORKS CO LTD), 5. Februar 2002 (2002-02-05) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 *	1-10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 10, 8. Oktober 2003 (2003-10-08) -& JP 2003 170248 A (KOBE STEEL LTD), 17. Juni 2003 (2003-06-17) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-10 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) B22D
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 20, 10. Juli 2001 (2001-07-10) -& JP 2001 079650 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD), 27. März 2001 (2001-03-27) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 2. Februar 2005	Prüfer Baumgartner, R
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 03 0926

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-02-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 05138300	A	01-06-1993	KEINE		
JP 09262641	A	07-10-1997	KEINE		
JP 2002035896	A	05-02-2002	KEINE		
JP 2003170248	A	17-06-2003	KEINE		
JP 2001079650	A	27-03-2001	JP	3320040 B2	03-09-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82