

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 615 802 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94101178.5**

51 Int. Cl.⁵: **B22D 11/08**

22 Anmeldetag: **27.01.94**

30 Priorität: **05.03.93 DE 4306943**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.09.94 Patentblatt 94/38

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB NL SE

71 Anmelder: **VAW Aluminium AG**
Georg-von-Boeselager-Strasse 25
D-53117 Bonn (DE)

72 Erfinder: **Schneider, Wolfgang, Dr.-Ing.**
Ernst Moritz Arndt Strasse 18
D-53757 St. Augustin 1 (DE)
Erfinder: **Droste, Werner, Dr.-Ing.**
Rittershaustrasse 7
D-53113 Bonn 1 (DE)

74 Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas et al**
HARWARDT NEUMANN,
Patent- und Rechtsanwälte,
Postfach 14 55
D-53704 Siegburg (DE)

54 **Walzbarren-Stranggussanlage.**

57 Ein üblicher Anfahrkopf für eine Vertikal-Stranggießanlage besteht aus einem eine Kokille im Anfahrzustand nach unten verschließenden Angußstein (3), der aus dem formgebenden Aufsatz (1) eine in vertikaler Richtung auf den Angußstein gerichtete Metallschmelze aufnimmt. Um die Angießsicherheit und die Barrenstandfestigkeit zu vergrößern und um die Ausbildung einer Verwölbung sowie das Auftreten von Fußschrott wesentlich zu reduzieren wird vorgeschlagen, daß der Angußstein (3) aus einem etwa dem Format der Kokille entsprechenden Block besteht, in den eine im wesentlichen wannenförmige Vertiefung (5) eingearbeitet ist, wobei die Vertiefung mit einem umlaufenden Rand (4) abgegrenzt ist und daß in die Vertiefung (5) symmetrisch zu den Mittelachsen (7,8) des Angußsteins mindestens eine Erhebung (6) angeordnet ist, wobei die Seitenwände des umlaufenden Randes (4) und der Erhebung (6) zur Vertiefung (5) hin abgeschrägt sind.

EP 0 615 802 A2

Die Erfindung betrifft eine Walzbarren-Stranggußanlage, bestehend aus einer Kokille mit einem formgebenden Aufsatz 1 und einem die Kokille 2 im Anfahrzustand nach unten verschließenden Angußstein 3, der die in vertikaler Richtung dem formgebenden Aufsatz 1 austretende Metallschmelze aufnimmt.

Vertikal-Stranggießanlagen der eingangs genannten Art sind beispielsweise aus dem Aluminium-Taschenbuch, 14. Auflage, S.22ff bekannt. Die Kokille besteht aus einem niedrigen, wassergekühlten Ring, der vor Gießbeginn durch ein auf dem absenkbaaren Gießtisch befestigtes Bodenstück oder einem Angußstein abgeschlossen wird. Mit einsetzender Erstarrung des aus dem Gießofen bei niedriger Temperatur über eine Rinne einfließenden Metalls wird der Tisch abgesenkt und der austretende Block durch gezielte Wasseranspritzung direkt abgekühlt.

Wenn die Unterkante des gegossenen Barrens in den Bereich der Sekundärkühlung gelangt, wölbt sich der Barrenfuß mit seinen Ecken nach oben vom Angußstein weg. Das Ausmaß dieser Verwölbung wächst mit dem Seitenverhältnis und mit dem Barrenformat. Bedingt durch die Verwölbung verliert der Barren an Standfestigkeit auf dem Angußstein. In den Spalt zwischen Angußstein und Barren läuft Wasser, verdampft und führt zum "Bumping". In Verbindung mit der geringeren Standfestigkeit kann der Barren wackeln und wird schief. Weiter geht durch den Spalt der Wärmekontakt zwischen dem Angußstein und der Barrenunterseite verloren.

Bei ungünstigen Bedingungen kann der Barren auf der Unterseite aufschmelzen oder aufbrechen und Metall kann ausfließen, dies führt zu einer von der Sicherheit her kritischen Gießsituation. Ferner wird durch den Verwölbungsvorgang auf der Barrenschmalseite in der Kokille die dort gebildete Randschale von der kühlenden Kokillenauflfläche abgehoben, das Wachstum der Randschale wird gestört, bei ungünstigen Bedingungen kann die Randschale aufbrechen und aufschmelzen und Schmelze kann nach unten austreten. Dies führt dann einerseits wieder zu einer kritischen Gießsituation, andererseits bilden sich an den Schmalseiten sogenannte Bärte (eng. icicles), die bei der Weiterverarbeitung des Barrens stören. Die sogenannte Barrenfußverwölbung bestimmt auch den Fußschrott mit, den Teil, der vor der Weiterverarbeitung des Barrens von der Unterseite abgesägt werden muß. Der Verwölbungsvorgang läuft in der Praxis häufig unsymmetrisch ab, dies erhöht den Fußschrott zusätzlich und verstärkt die Tendenz zu den oben genannten Fehlern.

Es sind eine Reihe von Maßnahmen bekannt geworden, mit denen versucht wird, den Spannungsabbau im Barrenfuß beim Angießen zu verrin-

gern und damit auch die Barrenfußverwölbung.

A.T.Taylor et. al. (Metal Progress, 1957, S. 70/74) haben mit Hilfe von Preßluft den Wirkungsbereich der Sekundärkühlung in der Angießphase verringert und so versucht den Spannungsaufbau bei großen Abmessungen zu reduzieren.

N.B.Bryson (Canadian Metallurgical Quarterly, 7 (1968, S.55/59) schlägt eine sogenannte Impulswasserkühlung vor, bei der in der Angießphase der Kühlwasserstrom periodisch unterbrochen wird. Dadurch kann sich die Barrenoberfläche zeitweise wieder aufheizen und Abkühlspannungen werden nicht in so starkem Maße aufgebaut, die Barrenfußverwölbung wird verringert. Für große Anlagen werden bei diesem Verfahren aufwendige, schnell-schaltende Ventile notwendig, um die Kühlwassermengen schnell aus- und einschalten zu können, darüber hinaus können durch das schnelle Schalten starke Druckstöße im Leitungsnetz induziert werden.

H.Yu (Light Metals, AIME Proceedings, 1980, S.613/628) versucht den eigentlichen Kühlprozess zu beeinflussen, indem er Gase, vorzugsweise CO₂, im Wasser löst. Beim Auftreffen auf den heißen Barren soll das Gas eine dünne isolierende Dampfschicht bilden, die die Kühlung herabsetzt, so den Spannungsaufbau reduziert und die Barrenfußverwölbung vermindert. Die Löslichkeit des CO₂ im Wasser hängt jedoch stark von der Ausgangstemperatur und der Zusammensetzung des Wassers ab. Eine gezielte Einstellung der Kühlwirkung, d.h. eine auf die Wasserqualität abgestimmte Dosierung der CO₂-Zugabe, ist nur mit aufwendigen Meßverfahren möglich.

F.E. Wagstaff (US Patent 4693298) schlägt in ähnlicher Weise vor, das Kühlwasser kurz vor dem Auftreffen auf den Barren noch in der Kokille mit Luft zu mischen. Die Luftbläschen im Wasser sollen in gleicher Weise wirksam werden wie das gelöste CO₂. Dieses Verfahren ist unter dem Namen TurboCRT (Curl Reduction Tecnology) bekannt. Es unterliegt hinsichtlich der gezielt eingestellten Kühlung in Abhängigkeit von der Wasserqualität ähnlichen Einschränkungen wie das CO₂-Verfahren. Darüber hinaus ist die gleichmäßige Verteilung der Luft im Wasser problematisch.

Alle diese Maßnahmen sind nur mit einem erheblichen technischen Aufwand in der Gießereipraxis anwendbar.

Darüberhinaus verursachen sie einen nicht unerheblichen zusätzlichen Wartungsaufwand und zusätzliche Kosten für die Beschaffung von CO₂ bzw. für die Bereitstellung und den Verbrauch von Energie zur Druckluftherzeugung.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Walzbarrenstranggußanlage der eingangs genannten Art derart zu verbessern, daß die Angießsicherheit und Barrenstandfestigkeit vergrößert und

die Ausbildung einer Verwölbung sowie das Auftreten von Fußschrott wesentlich reduziert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in dem Hauptanspruch angegebenen Merkmale gelöst. Weitere, die Lösung dieser Aufgabe in bevorzugter Weise ergänzende Merkmale sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Durch zahlreiche Versuche hat sich gezeigt, daß das Ausmaß der Barrenverwölbung beim Angießen in einer direkten Beziehung zur Verwölbungsgeschwindigkeit beim Beginn der Verwölbung steht. Es ging nicht allein darum, durch Vertiefen des Angußsteins den Wärmeinhalt durch ein vergrößertes Schmelzeangebot im Barrenfuß während der Angießphase zu erhöhen, sondern um eine gezielte Maßnahme zur Spannungsreduzierung beim Abkühlen des Barrenfußes. Es zeigte sich, daß durch eine Erhöhung der Steifigkeit der auf dem Angußstein erstarrten Randschale der Verwölbungsvorgang entscheidend reduziert werden kann. Zur Erzielung wiederholbar guter Ergebnisse kommt es auf die genaue Geometrie des Angußsteins an, insbesondere auf die Beziehungen zwischen dem Ausmaß der Vertiefung und dem Format des Angußsteins.

Durch die erfindungsgemäß ausgebildeten Abschrägungen zwischen dem umlaufenden Rand des Angußsteins und den Erhebungen, erstarrt in der Angießphase im Angußstein zunächst eine Art Kasten mit mehreren relativ hohen, steil nach oben stehenden Wänden, die aus mechanischen Gründen eine Versteifung des Barrenfußes bilden. Je größer die Höhe h der Vertiefung ausgeführt wird, um so größer ist die mechanische Versteifung des Barrenfußes. Dies führt dazu, daß der Barrenfuß sich beim Stranggießen in der Angießphase langsamer verformt und daß die Verwölbung insgesamt geringer ausfällt.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Erhebung mit einem im wesentlichen trapezförmigen Querschnitt gelingt es dem Barren einerseits einen festen Halt zu geben, so daß er nicht wackeln kann. Andererseits ist die am Gießende erforderliche Kraft zum Abheben des Barrens vom Angußstein durch die konische Ausbildung der Erhebung im Vergleich zur beim rechteckförmigen Querschnitt der Erhebung aufzuwendenden Kraft deutlich reduziert. Diese beiden Vorteile zusammengekommen ergeben eine deutliche Verbesserung bei der Herstellung von Walzbarren auf der erfindungsgemäßen Stranggußanlage.

Durch eine geschickte Gestaltung der Seitenflächen der Erhebung, beispielsweise durch Riffelung oder kontinuierliche Winkeländerung, gelingt es den Wärmefluß von der Schmelze in den Angußstein günstig zu beeinflussen, so daß eine gute Abkühlung des erstarrenden Barren bei hoher Wärmeableitung ermöglicht wird, die Erhebung von

innen gekühlt wird oder aus einem Einsatzteil besteht, daß in den Boden des Angußsteins form-schlüssig eingesetzt ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Einsatzteil aus einer Kupferlegung hergestellt, die besonders günstige Wärmeübertragungseigenschaften aufweist.

Falls trotz dieser Maßnahmen wegen der vom Wärmefluß und der Kühlung her betrachtet ungünstigen und von der Wärmebelastung exponierten Lage der Erhebung beim Füllen der Kokille durch den Schmelzezufluß eine Beschädigung droht, ist es zweckmäßig, daß die Erhebung ganz oder teilweise geschlichtet wird. Es ist auch möglich, die zum Schmelzeinlauf hin gerichtete Oberseite der Erhebung zu verkleinern und mit einem dachartigen Ansatz in die Seitenwände zur Vertiefung zu überführen.

Zusätzlich zu einer Innenkühlung kann auch das aus der Kokille abfließende Kühlwasser am Fuß des Angußsteins über Leitbleche gesammelt und in die Kühlbohrungen geleitet werden. Diese Ausführungsform stellt eine besonders einfache und sichere Vorrichtung zum Kühlen des Angußsteins dar.

Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 Erfindungsgemäßer Angußstein in Draufsicht A und zwei Querschnitten längs B und quer C
- Fig. 2 Erfindungsgemäßer Angußstein gemäß Fig. 1 mit dachartig abgeschrägter Oberseite
- Fig. 3 Erfindungsgemäßer Angußstein mit einer Erhebung von elliptischem Grundriß
- Fig. 4 Erfindungsgemäßer Angußstein gemäß Fig. 3 mit balliger Seitenfläche
- Fig. 5 Erfindungsgemäßer Angußstein mit geriffelter Seitenfläche
- Fig. 6 Erfindungsgemäßer Angußstein mit Einsatzteil
- Fig. 7 Erfindungsgemäßer Angußstein mit nutenförmig ausgebildeter Oberseite der Erhebung
- Fig. 8 Erfindungsgemäßes Angußteil mit zwei parallel verlaufenden Erhebungen
- Fig. 9 Erfindungsgemäßes Angußteil mit innengekühlter Erhebung
- Fig. 10 Erfindungsgemäßes Angußteil mit seitlich angebrachten Leitblechen
- Fig. 11 Erfindungsgemäßes Angußteil mit von Rand zu Rand durchgehender Erhebung
- Fig. 12 Schematische Darstellung des Verwölbungsvorganges und Aufbau einer Walzbarrenstranggußanlage

- Fig. 13 Vergleich der Barrenfußverwölbung
Standard/Erfindung
Fig. 14 Verwölbung bei unterschiedlichen
Wannentiefen Standard/Erfindung
Fig. 15 Abweichung der Barrendicke in Ab-
hängigkeit von der Gießlänge Stan-
dard/Erfindung

In Fig. 1 ist der erfindungsgemäße Angußstein in der Draufsicht gemäß Ansicht A und in zwei Schnitten B, C dargestellt. Der Angußstein (3) weist einen umlaufenden Rand (4) auf, der zur Vertiefung (5) hin abgeschrägt ist. Der Winkel der Abschrägung beträgt $C = 0 - 30^\circ$ und die Höhe des umlaufenden Randes (4) beträgt $h = 60 - 220$ mm. So beträgt beispielsweise bei einem Barren vom Format 600×200 mm die Vertiefung erfindungsgemäß 80 mm während bei einem Barrenformat von 2200×600 mm oder 1050×600 mm die Vertiefung 140 mm ± 40 mm betragen kann. Die Breite S des umlaufenden Randes beträgt vorzugsweise 5 - 40 mm.

Symmetrisch zu den Mittelachsen (7), (8) des erfindungsgemäßen Angußsteins liegt eine Erhebung (6) im Innern der Vertiefung (5). Sie besteht aus einem im Querschnitt gesehen trapezförmigen Konusteil, daß abgeschrägte Seitenflächen (11), (12) und (13) aufweist.

Die Neigung der Seitenwandung (11) und (12) liegt zwischen $30 - 60^\circ$ (Winkel d) während die Neigung der Seitenfläche (13) zwischen $30 - 36^\circ$ (Winkel e) gemessen zur Senkrechten beträgt.

Die Abstände zwischen Rand (4) und Erhebung (6) am Boden der Vertiefung (5) betragen zwischen 0 - 200 mm, wobei der Abstand zur schmalen Seite hin gemessen als a vorzugsweise 100 - 150 mm beträgt und zur Breitseite des Angußsteines hin, gemessen als b vorzugsweise 30 - 100 mm beträgt. Am Boden der Vertiefung (5) befindet sich außerdem ein Ablaufkanal (32) für das sich in der Vertiefung ansammelnde Kühlwasser.

Die Höhe H der Erhebung (6) beträgt vorzugsweise etwa die Hälfte bis zwei Drittel der Höhe h der Vertiefung (5). Es ist vorteilhaft, wenn die Kanten der Seitenwände (11), (12) und (13) der Erhebung (6) abgerundet sind. Im Schnitt B und C sind die Rundungsradien mit R angegeben.

Abb. 1 zeigt die einfachst mögliche Ausführung der Erfindung. Der Angußstein ist aus Vollmaterial herausgearbeitet. Als Grundform hat er eine wannenförmige Innenkontur, wobei die Wannentiefe h von der Barrenbreite abhängig ist. Üblicherweise besitzt eine solche Wanne einen umlaufenden Rand mit der Breite s, wobei diese Breite auf dem Barrenumfang nicht konstant sein muß. Die Wanne ist nicht vollständig aus dem Vollmaterial herausgearbeitet, in der Wanne bleibt der erfindungsgemäße Konus stehen. Die Form des Konus ist im einfachsten Fall rechteckig. Der Abstand a wird so ge-

wählt, daß zusätzlich Entwässerungsbohrungen zur Verhinderung von Bumping zu den Seiten oder nach unten angebracht werden können. Diese Bohrungen werden zum Gießbeginn in bekannter Weise verschlossen.

Die Größe des Konus und der Wanne kann so aneinander abgestimmt werden, daß das Füllvolumen des Steins dem eines herkömmlichen Angußstein entspricht. Dann ist es auch möglich, das Verfahren des Angießens mit einem Angußstein mit Konus mit bereits bekannten Maßnahmen zur Spannungsreduzierung in der Angießphase wie beispielsweise der CO_2 -Technik, der Pulsed-Water-Technik oder der Turbo-Technik zu kombinieren.

Nach Fig. 2 ist die Dachebene (25) der Erhebung in Längsrichtung des Angußsteins zu den Schmalseiten hin abgeflacht. Es ergeben sich dabei schräge Dachflächen (23), (24), die besonders vorteilhaft bei einem flachen Metalleinlauf für die Ausbildung einer stabilen Randschicht sorgen. Die Absenkung der Dachebenen (23), (24) zu den Schmalseiten des rechteckförmigen Angußsteins wird gerade so gewählt, daß die auf dem Dach gebildete Randschale bei und nach dem Verwölben des Barrenfußes in der Angießphase nicht direkt angeströmt wird.

Zur Verdeutlichung der erfindungsgemäßen Effekte werden im folgenden zwei Beispiele gegeben. Bei dem ersten Beispiel handelt es sich um einen Barren der Abmessung 600×200 mm, so daß die Außenabmessung des Angußsteins ebenfalls die Abmessungen 600×200 mm aufweisen. Für diesen Fall kann die Dachfläche (23) der Dachebene (25) folgende Werte aufweisen: L_1 beträgt etwa $1/8$ der Konuslänge und L_2 etwa $1/4$ der Konuslänge, wobei die Länge des Konuses im Fußbereich 480 mm und im Dachbereich 285 mm beträgt. Die Dicke oder Breite betragen bei einer konusförmigen Ausbildung der Erhebung im oberen Bereich 70 mm und im unteren Bereich 100 mm des Konusfußes.

Im zweiten Beispiel wird ein Barren der Abmessung 1000×400 mm mit einer entsprechend bemessenen Kokille gegossen. Der Angußstein weist dabei eine konusförmige Erhebung auf, deren Länge im unteren Bereich (Fußebene) 870 mm und im oberen Bereich 620 mm beträgt. Die Dicke bzw. Breite der konusförmigen Erhebung beträgt im oberen Bereich 95 mm und am Fußbereich 200 mm. Diese Angaben beziehen sich auf die in Abbildung 2 dargestellten Formate des Angußsteines. Die zu den Längen L_1 und L_2 zugehörigen Winkel g und f liegen im Bereich von $30 - 60^\circ$. Bei einer Abrundung der Knickkante müssen die Gegenwinkel zur Bestimmung der richtigen Lage gebildet werden.

In Fig. 3 ist eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Angußsteins dargestellt, bei dem

die Abflachung in Längs- und Querrichtung einen ellipsenförmigen Grundriß aufweist, mit den Radien R1, R2, R3 und R4. Sie haben im Beispiel gemäß Fig. 3 folgende Verhältnisse: Bei einem Radius R3 am Fußende der Erhebung beträgt der Radius R1 etwa 70 % von R3 bei einer Breite R4 am Fußende der Erhebung beträgt R2 etwa 75 % von R4.

Ähnlich wie in Fig. 1 sind auch im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 die Winkel c, d und e so zu wählen, daß der Barren beim Schrumpfen einen festen Halt auf dem konusartigen Sitz der Erhebung (6) hat, jedoch am Ende des Gießvorganges leicht abgenommen werden kann. Bei einem zu steilen Winkel von beispielsweise über 65° rutscht der Barren auf dem Konus nach oben und findet keinen festen Halt. Bei einem zu kleinen Winkel von weniger als 25° verklammert sich der Barren so fest auf dem Konus, daß er nicht mehr vom Angußstein abgehoben werden kann. Die Erhebung mit ellipsenförmigem Grundriß hat den Vorteil, daß für den optimalen Winkel ein größerer Bereich vorgegeben werden kann, ohne daß der Barrenfuß zu fest aufschumpft oder seinen Halt verliert.

Als eine Variante zu Fig. 3 sind in der Figur 4 die Seitenflächen der Erhebung (16) ballig ausgeformt. Vom Boden der Vertiefung (5) aus gesehen steigt der Winkel x der geneigten Seitenflächen (15) kontinuierlich an, so daß sich eine Formschrägung (28) ausbildet. Im Vergleich zu der in Fig. 3 dargestellten Variante besitzt die Stranggußanlage mit dem hier dargestellten Angußstein ein noch günstigeres Betriebsverhalten in der Angußphase und am Gießende.

Nach der in Fig. 5 dargestellten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Angußsteins besitzt die Erhebung (33) Seitenflächen (34), (35) mit geriffelter Struktur. Die Riffelungen (14) weisen alternierende Winkel v, w auf, wobei einer der beiden Winkel kleiner und einer größer als der optimale Winkel ist. Dadurch kann der Barrenfuß auf den konusförmigen Seitenflächen aufschumpfen und gleichzeitig nach oben rutschen. Der Barren hat somit während des Gießens einen festen Halt. Nach Beendigung des Gießvorganges ist die Haftfläche zwischen Barren und geriffelten Seitenwänden (34), (35) so klein, daß der Barren ohne großen zusätzlichen Kraftaufwand vom Angußstein gelöst werden kann.

Bei einer ungünstigen Schmelzezufuhr in die Kokille oder beim Gießen von zum Kleben neigenden Legierungen sowie bei zu heißen Schmelzen besteht die Gefahr, daß die Erhebungen angeschmolzen und der Barrenfuß mit den Seitenflächen der Erhebung verschweißt. Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch das Aufbringen von Beschichtungen oder von Schichten auf die Oberfläche der Erhebung gelöst, wobei die Beschichtungen oder Schichten auch teilweise aufgetragen

werden können. Durch das Beschichten oder das Auftragen von Schichten kann der Wärmeübergang von der Schmelze in die Erhebung so beeinflusst werden, daß die eingebrachte Wärme aus der Erhebung in einer kürzeren Zeit abgeführt wird als sie für die Aufheizung bis zum Anschmelzen erforderlich sein würde. Dieses bewirkt in der Phase des Angießens, in der sich noch keine Randschale auf der Erhebung ausgebildet hat, einen Schutz der Erhebungs-Oberfläche vor der einfließenden Schmelze.

Eine weitere Lösung zur Überwindung des dargestellten Wärmeproblems besteht gemäß Fig. 6 darin, daß der Angußstein nicht aus einem vollen Block herausgearbeitet ist sondern daß die Erhebung aus einem anderen Metall vorzugsweise einer Kupferlegierung gefertigt wird und in den Angußstein formflüssig eingesetzt wird. Zusätzlich kann der Einsatz (26) in den Boden (27) des Angußsteins (3) verschraubt oder eingeschrumpft werden. Bei dieser Lösung kann das Einsatzteil (26) in der Angußphase seine volle Kühlwirkung entfalten, da die Erhebung aus einer Kupferlegierung termisch höher belastet werden kann als bei einem Angußblock aus einer Aluminiumlegierung.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der erfindungsgemäße Angußstein in der wannenförmigen Vertiefung (5) mit einer Erhebung (38) versehen, die auf ihrer Oberseite in Längsrichtung mit einer Nut (26) ausgestattet ist. Die Tiefe der Nut (26) ist so bemessen, daß der Barrenfuß auf dem konusförmigen Teil der Erhebung nach oben rutschen kann ohne aus dem Nuteingriff herauszufallen. Die Breite der Nut ist so bemessen, daß sie mit der Metallschmelze gut ausgefüllt werden kann, so daß sich ein fester Steg am Barrenfuß bildet, der in die Nut (26) eingreift.

Wenn der Winkel e der Seitenfläche der Erhebung auf der Längsseite größer ist als der optimale Winkel, drückt sich der Barren durch die Schrumpfung auf dem Konus nach oben. Dabei kann es dazu kommen, daß der Barren sich auf den beiden Längsseiten unterschiedlich hebt. Dies hat zur Folge, daß der Barren im Fußbereich einen Knick bekommt. Durch die Nut wird der Barren so geführt, daß er auf beiden Seiten gleichmäßig auf dem Konus nach oben rutscht und einen festen Halt hat. Grundsätzlich kann die Nut auch durch eine oder mehrere Bohrungen oder durch eine andere Führung ersetzt werden.

Gemäß Fig. 8 sind mehrere parallel verlaufende Erhebungen (33), (34) in Längsrichtung in der Vertiefung des Angußsteins angeordnet. Im Vergleich zu dem in Fig. 1 dargestellten Angußstein mit nur einer Erhebung kann die Höhe h_s in dem vorliegenden Beispiel kleiner gehalten werden, so daß sich das durch die Umrandung (4) eingeschlossene Volumen im Vergleich zu den vorange-

henden Beispielen vergrößert. Das Schmelzeaufnahmevermögen des Angußsteins gemäß Fig. 8 ist insbesondere für schwer vergießbare Legierungen günstiger.

In Fig. 9 ist ein erfindungsgemäßer Angußstein mit mehreren Kühlwasserbohrungen (29) in der Erhebung (6) dargestellt. Als Kühlmedium wird vorzugsweise Wasser verwendet. Das Kühlmedium kann auch mittels üblicher Einsätze gezielt bis in besonders belastete Bereiche der konusförmigen Erhebung gelenkt werden. In Fig. 9 sind als Einsätze Kühlschlangen dargestellt. Der Wasserzulauf ist mit (39) bezeichnet und mündet in eine Wasserkammer (40) von der aus die Kühlschlange mit dem Kühlmedium beaufschlagt werden. Der Wasserablauf ist über eine Leitung (41) direkt aus der Kühlschlange heraus durch die Wandung des Angußsteins geführt.

Falls die Versorgung mit Kühlwasser über die separate Kühlwasserleitung nicht ausreicht, kann zusätzlich auch die Sekundärkühlung der Stranggußanlage genutzt werden. Dabei wird das Sekundärkühlwasser mittels einer Angußstein (3) angebrachten Auffangvorrichtung gesammelt und über Bohrungen (31) in das Innere des Angußsteins abgeleitet. Die Auffangvorrichtung besteht vorzugsweise aus Leitblechen (30), die direkt an der Unterseite des Angußsteins befestigt sind. Der Wasseraustritt erfolgt über eine Leitung (42), die in der Mittelachse (8) unterhalb der Erhebung (6) angeordnet ist. Das Sekundärwasser ist mit Pfeilen (43) angedeutet. Da die Kühlung nur beim Füllen des Angußsteins und der Kokille bis zum Einfahren der Barrenunterkante in den Bereich der Sekundärkühlung erforderlich und sinnvoll ist, reicht es aus, daß die Kühlwasserversorgung auch allein durch das aus der Sekundärkühlung abgezweigte Wasser bewerkstelligt wird.

Die Ausführungsform nach Fig. 11 zeigt einen in Längsrichtung vom umlaufenden Rand (4) durchgehenden Erhebungsteil (17), der einen trapezförmigen Querschnitt aufweist. Die geneigten Seitenflächen (18), (19) lassen relativ breite Rinnen entstehen, so daß hier vorzugsweise leicht vergießbare Legierungen wie z.B. Reinaluminium eingesetzt werden können.

Eine schematische Darstellung des Verhaltens der Randschale im Bereich der Schmalseiten einer Walzbarrenstranggußanlage zeigt die Fig. 12. Der zeitliche Ablauf ist mit T1 - T4 angegeben, wobei die Ausbildung der Verwölbung im Barrenfuß (42) erkennbar ist. Mit Ziffer (1) ist ein Heißkopf mit Überhang F bezeichnet. Der Angußstein (3) ist in die Kokille (2) eingefahren und der Einfüllvorgang beginnt. Bei T2 hat sich die Randschale vollständig ausgebildet und bei T3 knickt der Barren durch den Schrumpfungsvorgang ein. In den gepunkteten Bereichen können Ausseigerungen auftreten.

Fig. 13 zeigt die mit einer beispielhaften Ausführung eines erfindungsgemäßen Angußsteins für ein Format von 1100 x 400 mm erzielte Verringerung der Barrenfußverwölbung gegenüber einem herkömmlichen Angußstein bei gleichen Gießbedingungen. Der herkömmliche Angußstein hatte eine Tiefe von 60 mm, der Angußstein gemäß Fig. 1 eine Tiefe von 160 mm und einen Konus von 100 mm. Die Verwölbung wurde während des Angießens mittels linearer Wegaufnehmer erfaßt, die Meßstellen befanden sich auf den Mitten der Schmalseite, dargestellt ist jeweils der Mittelwert der links und rechts (oder vorne und hinten) gemessenen Werte. Die Verwölbung am Ende der Angießphase wurde von ca. 33 mm auf ca. 18 mm auf jeder Seite reduziert. Wie man aus dem Verlauf der Verwölbungsgeschwindigkeit, das ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Schmalseiten vom Angußstein weg hochheben, ablesen kann, wird durch den Angußstein mit Konus vor allem die Verwölbungsgeschwindigkeit bei Beginn der Verwölbung reduziert. Diese Geschwindigkeit liegt bei dem herkömmlichen Angußstein mit ca. 50 mm/min auf jeder Seite in Höhe der Gießgeschwindigkeit. Bei einer ungleichmäßigen Verteilung der Verwölbung auf die beiden Schmalseiten bedeutet dies, daß sich eine der Schmalseiten entgegengesetzt zur Gießrichtung nach oben in die Kokille bewegen kann. Bei Heißkopfwalzbarrenkokillen kann es dann zu einer Beschädigung des Heißkopfs kommen. Durch den Angußstein mit Konus wird die maximale Verwölbungsgeschwindigkeit auf weniger als 20 mm/min reduziert. Selbst bei einer einseitigen Verwölbung bliebe die resultierende Verwölbungsgeschwindigkeit der anderen Seite mit weniger als 40 mm/min kleiner als die Absenkgeschwindigkeit.

Die geringere Verwölbung hat auch einen kleineren Spalt zwischen Kokille und Angußstein zur Folge. In diesen Spalt dringt Wasser ein, das Wasser verdampft und der Barren kann auf dem Angußstein zu "tanzen" (bumping) anfangen. Diesem Effekt versucht man durch Drainagebohrungen im Bereich der Schmalseiten in der Wanne zu begegnen. Diese Bohrungen werden bei Gießbeginn mit Stopfen aus Aluminium verschlossen. Die Stopfen werden in die Barrenunterseite mit eingegossen und durch die Verformung des Barrenfußes aus den Bohrungen gezogen. Bevor das in den Spalt eindringende Wasser den Barren zum Bumping bringt, kann es durch die Bohrungen abfließen. Durch die geringere Verformung bei dem Angußstein mit Konus dringt in den Spalt weniger Wasser ein, deshalb sind weniger Drainagebohrungen notwendig.

In Fig. 12 ist schematisch angedeutet, wie sich die Randschale 43 im Bereich der Schmalseiten beim Verwölbungsvorgang von der Lauffläche der

Kokille abhebt und einen Spalt mit stark verringertem Wärmeentzug aus der Randschale hervorruft. Als Folge des Wärmestaus können Seigerungen entstehen bis hin zum völligen Aufschmelzen der Schale. Durch die mit dem Angußstein mit Konus verbundene geringere Verwölbung wird dieser Spalt kleiner. Weiter bewirkt die geringere Verwölbungsgeschwindigkeit eine größere absolute Absenkgeschwindigkeit der Randschale in diesem Bereich, der kritische durchbruchgefährdete Bereich wird schneller aus der Kokille bis in den Bereich der Sekundärkühlung abgesenkt. In der Praxis zeigt sich eine deutlich verringerte Neigung zur Bildung von Steigerungen sowie der daraus resultierenden Bärte ergeben.

In Fig. 14 sind die Ergebnisse der Versuche zur Verringerung der Verwölbung bei Verwendung eines Angußsteins mit Konus für ein Format von 600 x 200 mm im Vergleich mit einem herkömmlichen Angußstein dargestellt. Verglichen werden ein herkömmlicher Angußstein mit unterschiedlichen Tiefen zwischen 0 mm und 80 mm und ein erfindungsgemäßer Angußstein mit Konussen von 40 mm, 60 mm und 80 mm Höhe bei einer Wannentiefe von 80 mm sowie ein weiterer erfindungsgemäßer Angußstein mit einer Tiefe von 60 mm und einem Konus von 40 mm. Die Angießbedingungen waren in allen Versuchen gleich, insbesondere wurden die selben Gießgeschwindigkeiten und Kühlwassermengen benutzt. Beim herkömmlichen Angußstein zeigt sich, daß ab einer Wannentiefe von 20 mm die Verwölbung mit zunehmender Wannentiefe abnimmt von über 18 mm auf Werte um 12 mm bei einer Wannentiefe von 80 mm. Durch den Konus kann die Verwölbung weiter verringert werden. Eine zunehmende Konushöhe wirkt sich dabei in einer zusätzlichen Versteifung des Barrenfußes, d.h. in einer weiteren Reduzierung der Verwölbung aus. Bei einem Konus von 80 mm beträgt die Verwölbung nur noch 8 bis 9 mm. Auch bei dem 60 mm tiefen Angußstein wird im direkten Vergleich die Verwölbung durch den Konus um ca. 1 bis 2 mm zusätzlich reduziert. Eine bloße Vertiefung der Wanne ohne Konus führt, wie in Abb. 13 gezeigt wird, in der für die oben beschriebenen Versuche mit dem Angußstein von 80 mm Tiefe sowie mit den Angußsteinen mit Konussen die Barrendicke auf den Mitten der Längsseiten in Gießrichtung aufgetragen sind, zu einem ungünstigeren Schrumpfverhalten des Barren im Fußbereich. Bedingt durch die große Wärmemenge bei dem Stein ohne Konus baut sich in der Angießphase ein tieferer Sumpf auf, der zu einem außerordentlich starken Schrumpfen im Anschluß an die Barrenfußverdickung führt.

Patentansprüche

1. Walzbarren-Stranggußanlage bestehend aus einer Kokille mit einem formgebenden Aufsatz (1) und einem die Kokille (2) im Anfahrzustand nach unten verschließenden Angußstein (3), der aus dem formgebenden Aufsatz (1) eine in vertikaler Richtung auf den Angußstein gerichtete Metallschmelze aufnimmt, dadurch gekennzeichnet, daß der Angußstein (3) aus einem etwa dem Format der Kokille entsprechenden Block besteht, in den eine im wesentlichen wannenförmige Vertiefung (5) eingearbeitet ist, wobei die Vertiefung mit einem umlaufenden Rand (4) abgegrenzt ist, daß in die Vertiefung (5) symmetrisch zu den Mittelachsen (7,8) des Angußsteins mindestens eine Erhebung (6) angeordnet ist, wobei die Seitenwände des umlaufenden Randes (4) und der Erhebung (6) zur Vertiefung (5) hin abgechrägt sind.
2. Walzbarren-Stranggußanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschrägung zwischen dem umlaufenden Rand (4) und der Erhebung (6) im Querschnitt gesehen V-förmig verläuft.
3. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Schenkel der V-förmig geneigten Seitenflächen unsymmetrisch ausgebildet sind, wobei die Seitenflächen (9, 10) des umlaufenden Randes (4) in einem Winkel c von 0° bis 30° zur Senkrechten geneigt sind, während die Seitenflächen (11, 12) der Erhebung (6) in einem Winkel d von 25° bis 65° zur Senkrechten geneigt sind.
4. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Angußstein (3) und die Erhebung (6) einen in der Draufsicht annähernd rechteckförmigen Grundriß aufweisen, wobei in der Vertiefung (5) zwischen der Wandung (4) und der Erhebung (6) ein zur Aufnahme der Schmelze und Ausbildung einer Randschale ausreichendes Wannenvolumen vorhanden ist.
5. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der annähernd rechteckförmige Grundriß ein Maß aufweist, das der Kontur der Kokille entspricht.

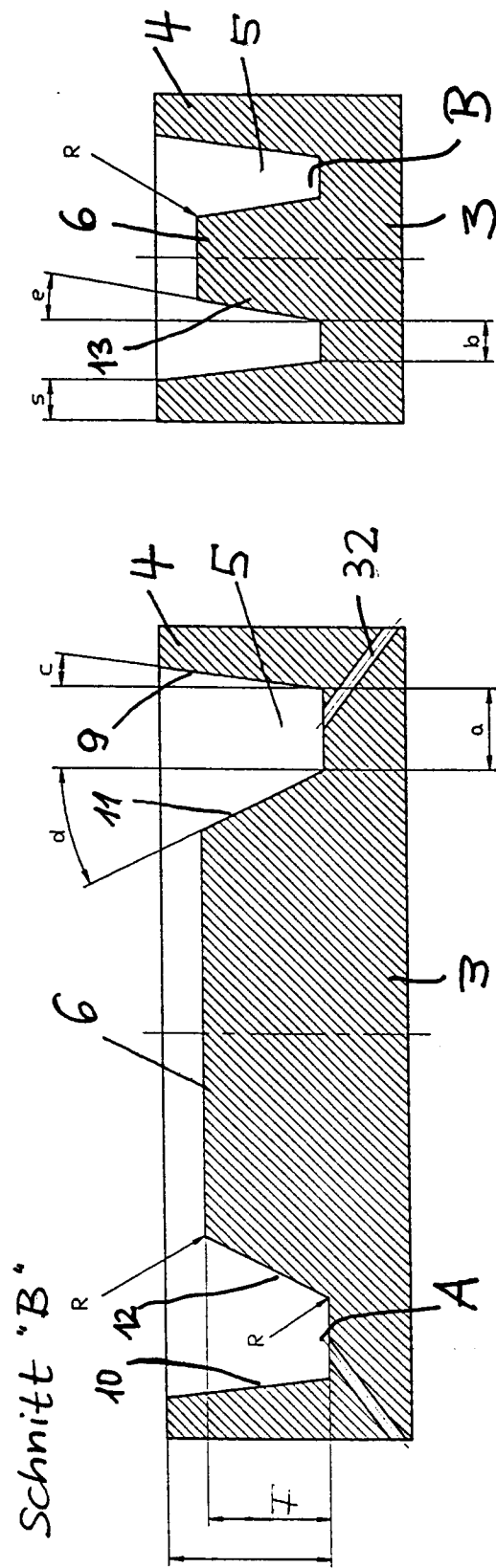
6. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung des Angußsteins und/oder der Erhebung eine Bombierung aufweist, zum Ausgleich der beim Schrumpfen eines rechteckförmigen Barrens auftretenden Querschnittsveränderung. 5
7. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim rechteckförmigen Querschnitt der Winkel ϵ der Seitenflächen 13 auf den Längsseiten der Erhebung (6) zwischen 30° und 36° , gemessen zur Senkrechten, und auf den schmalen Seiten (11,12) zwischen 30° und 60° zur Senkrechten beträgt. 10 15
8. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem rechteckförmigen Querschnitt der Abstand A zwischen den Seitenwänden des Randes (4) und der Erhebung (6) am Boden der Vertiefung (5) an der Schmalseite 100 mm bis 150 mm und der Abstand B an der Längsseite zwischen 30 mm und 100 mm beträgt. 20 25 30
9. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Paar sich gegenüberliegender Seitenflächen der Erhebung (6) stufenförmige Riffelungen (14) aufweisen. 35
10. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die stufenförmig ausgebildeten Riffelungen (14) der Erhebung (6) alternierende Winkel v , w aufweisen. 40
11. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel x der Seitenflächen (15) der Erhebung (16) zur Senkrechten gemessen vom Boden der Vertiefung (5) ausgehend kontinuierlich ansteigt. 45 50
12. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenflächen (18, 19) der Erhebung (17) in Längsrichtung ununterbrochen bis an den Rand der Schmalseiten (20, 21) des Angußsteins verlaufen. 55
13. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der obere Rand (4) eine Breite zwischen 5 mm und 40 mm aufweist.
14. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe H der Erhebung (6, 16, 17) im Querschnitt gesehen zwischen 40 % und 100 % der Höhe h des Randes (4) beträgt.
15. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Höhe h des Randes (4) und der größten Weite der Vertiefung (5) in Längsrichtung zwischen 1:2 bis 1:3 beträgt.
16. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die der Metalleinlauf (22) zugewandte Oberseite (25) der Erhebung (6, 16, 17) von der Mitte ausgehend zu den Seiten hin abgeflacht ist.
17. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mittenbereich der Erhebung (6, 16, 17) auf der Oberseite eben ist und zu der Vertiefung (5) hin über schräge Dachebenen abfällt.
18. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberseite (25) der Erhebung (6, 16, 17) mehrere Bohrungen oder Nuten (26) zur Ausbildung einer formschlüssigen Verbindung mit der erstarrten Metallschmelze aufweist.
19. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhebung (6, 16, 17) und die Oberseite (25) in der Draufsicht einen ellipsenförmigen Grundriß (27) aufweisen.
20. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die umlaufende Seitenfläche (15) der Erhebung (16) nach außen gewölbt bzw. ballig

geformt ist und eine Formschräge (28) aufweist.

21. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erhebung (6, 16, 17) als Einsatzteil (26) ausgebildet ist, das aus einem im Vergleich zum Material des Angußsteins wärmeleitfähigeren und hochtemperaturfesteren Material besteht und in den Boden (27) des Angußsteins (3) formschlüssig eingesetzt ist. 10
22. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet,
daß das Einsatzteil (26) aus einer Kupferlegierung besteht.
23. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 20
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erhebung (6, 16, 17) zumindest an der Dachfläche oberflächenbeschichtet ist. 25
24. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erhebung (6, 16, 17) ganz oder teilweise geschichtet ist.
25. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 35
dadurch gekennzeichnet,
daß der Übergang von der Bodenebene der Vertiefung (5) zur Seitenwand der Erhebung (6) abgerundet ist und einen Rundungsradius kleiner als 5 mm aufweist.
26. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 40
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erhebung (6, 16, 17, 26) mindestens eine Kühlwasserbohrung (29) aufweist. 45
27. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 50
dadurch gekennzeichnet,
daß der Angußstein (3) seitliche Leitbleche (30) zum Auffangen des aus der Kokille (2) abfließenden Kühlwassers aufweist, und daß das am Fuß der Leitbleche (30) angesammelte Kühlwasser in die Kühlbohrungen (31) geleitet wird.
28. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 55
dadurch gekennzeichnet,
daß am Boden der Vertiefung (5) Drainagebohr-

rungen (32) angeordnet sind.

29. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
daß zwei parallel und in Längsrichtung des Angußsteins (3) verlaufende Erhebungen (33, 34) vorhanden sind, die einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen, wobei der Abstand C zwischen den parallel verlaufenden Erhebungen größer ist als der Abstand D, E zum Rand (4) des Angußsteins (3), und
daß die Drainagebohrungen (32, 35) in der Vertiefung (36, 37) zwischen den parallelen Erhebungen angeordnet sind.
30. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 10
dadurch gekennzeichnet,
daß der formgebende Aufsatz (1) aus einem Heißkopfeinsatz besteht, der mit einem Überhang F in den Kokillenraum hineinragt.
31. Walzbarren-Stranggußanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet,
daß als formgebender Aufsatz (1) eine "Luft"-Kokille oder eine elektromagnetische Kokille verwendet wird.



Schritt 'C'

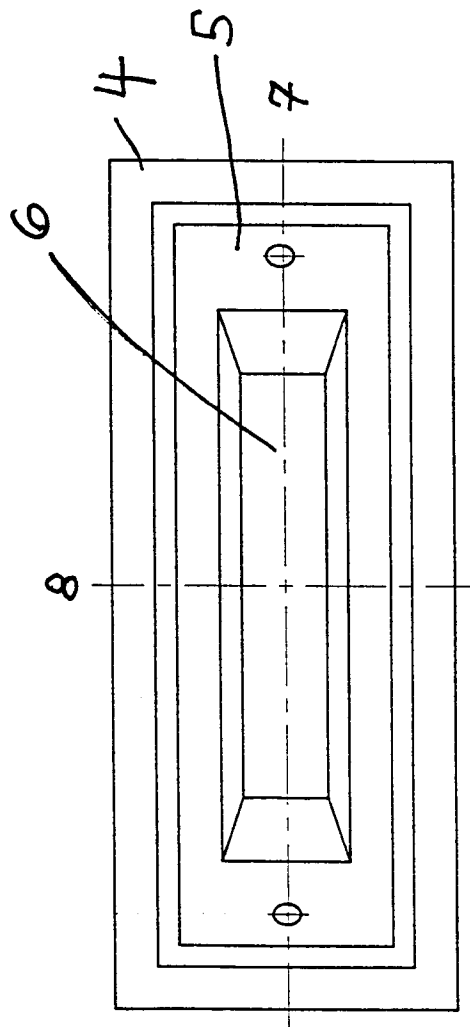


Fig. 1

Ansicht A:

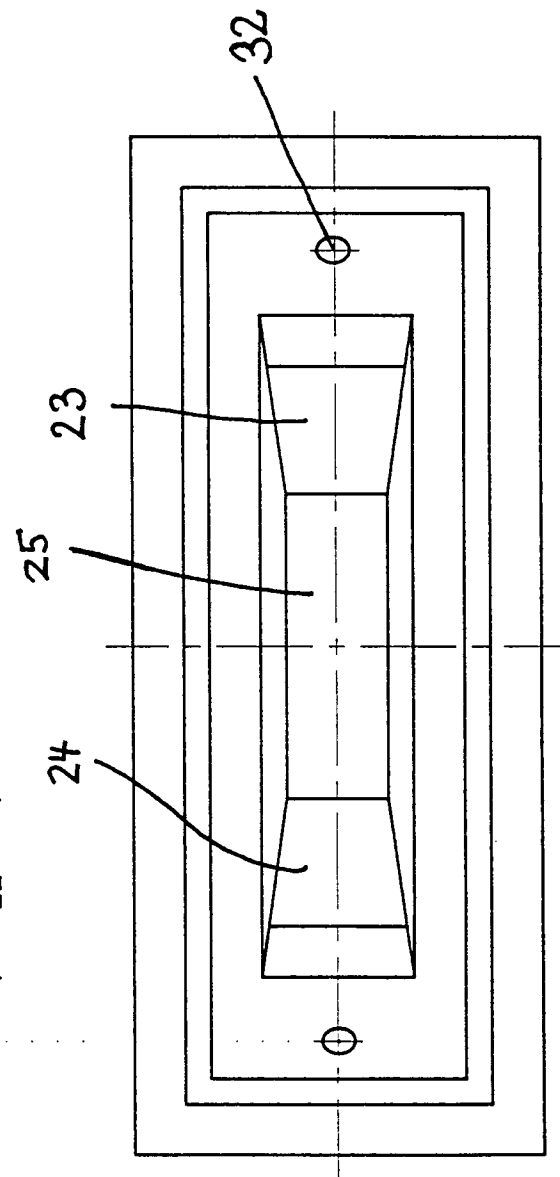
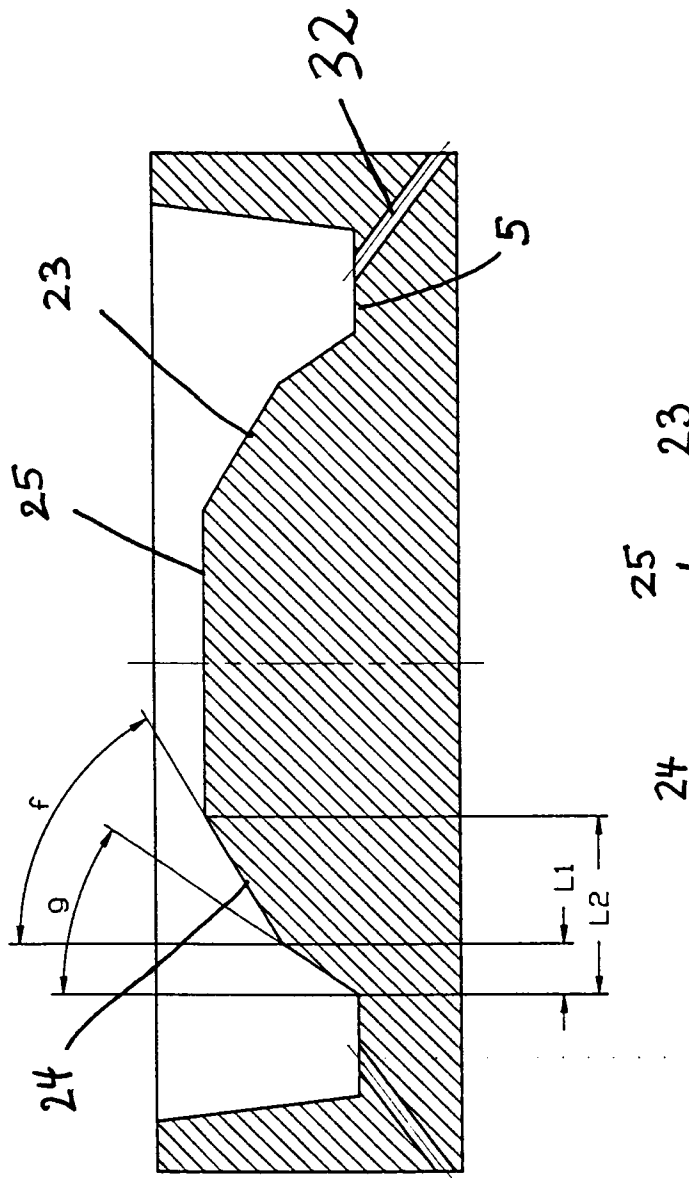
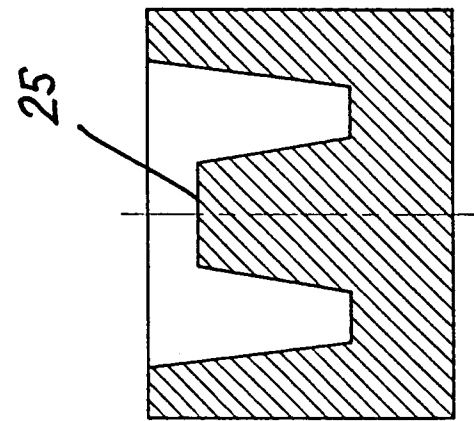


Fig. 2

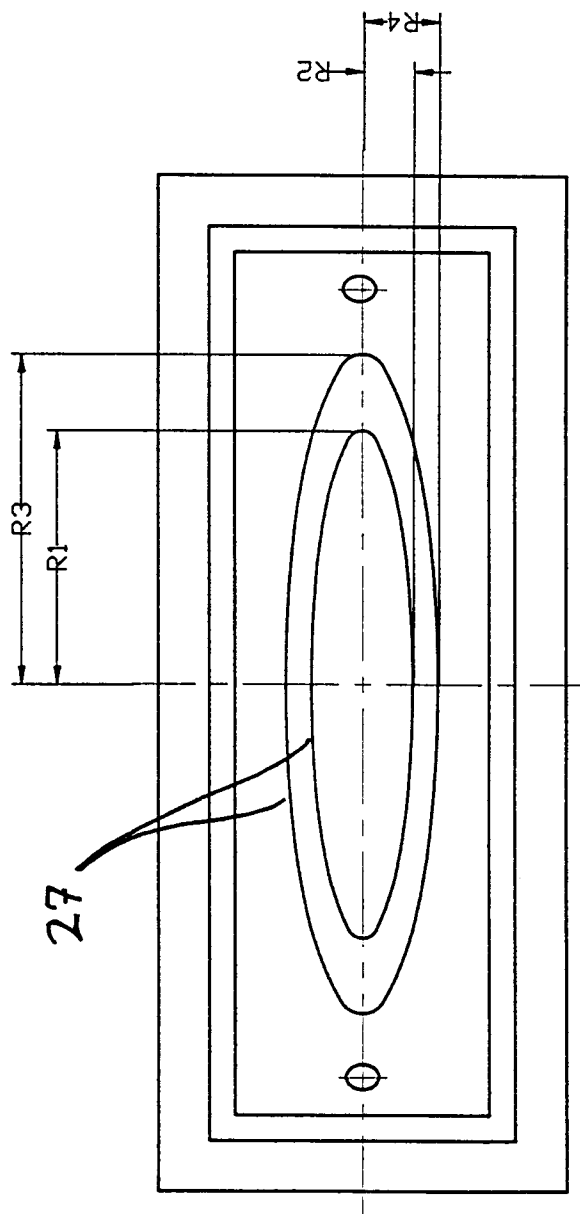
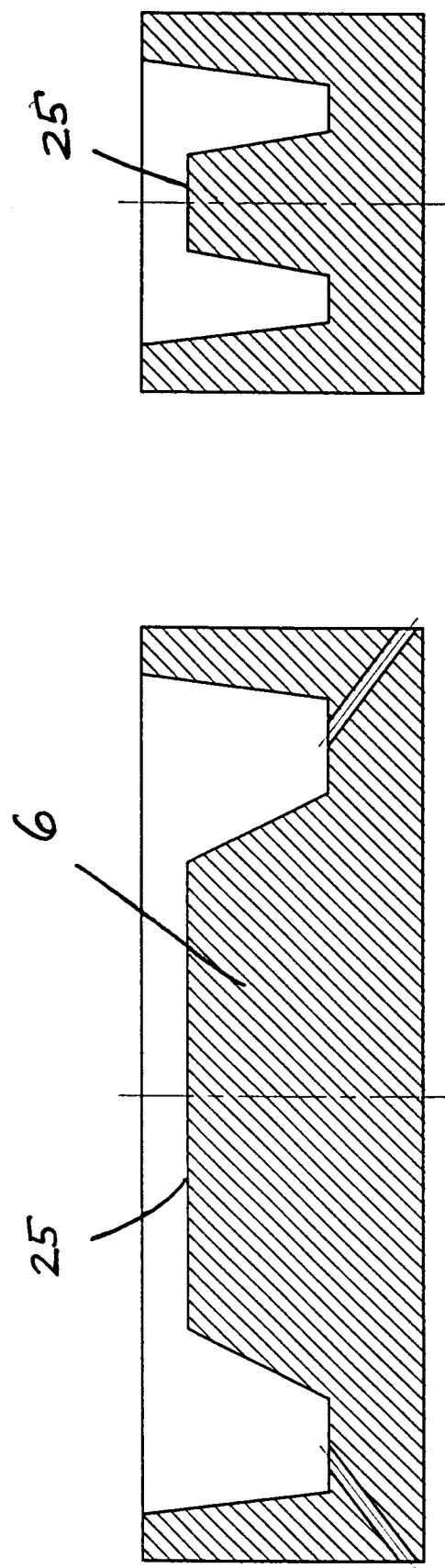


Fig. 3

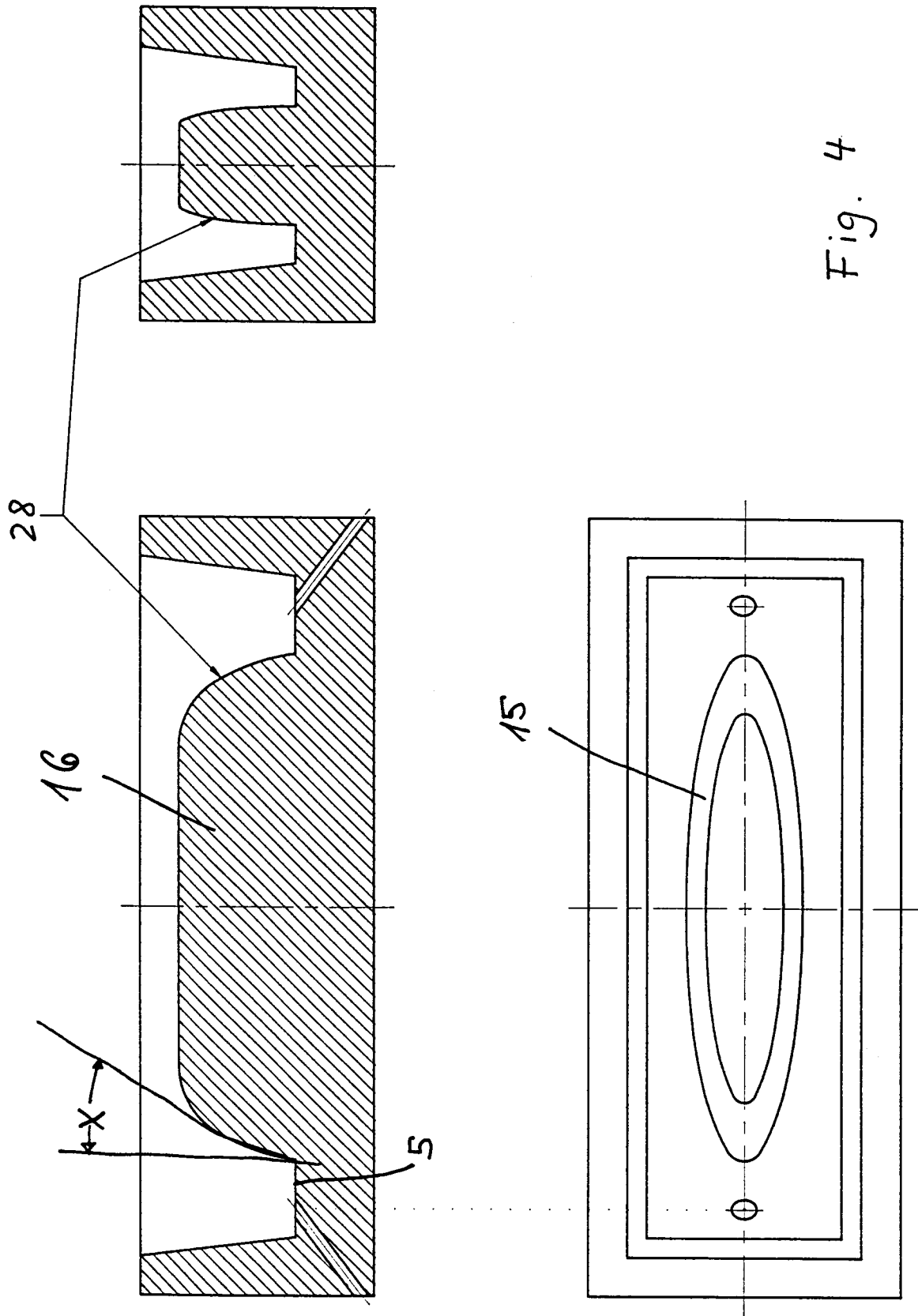


Fig. 4

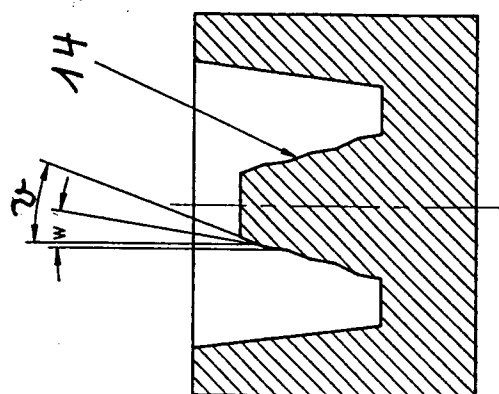
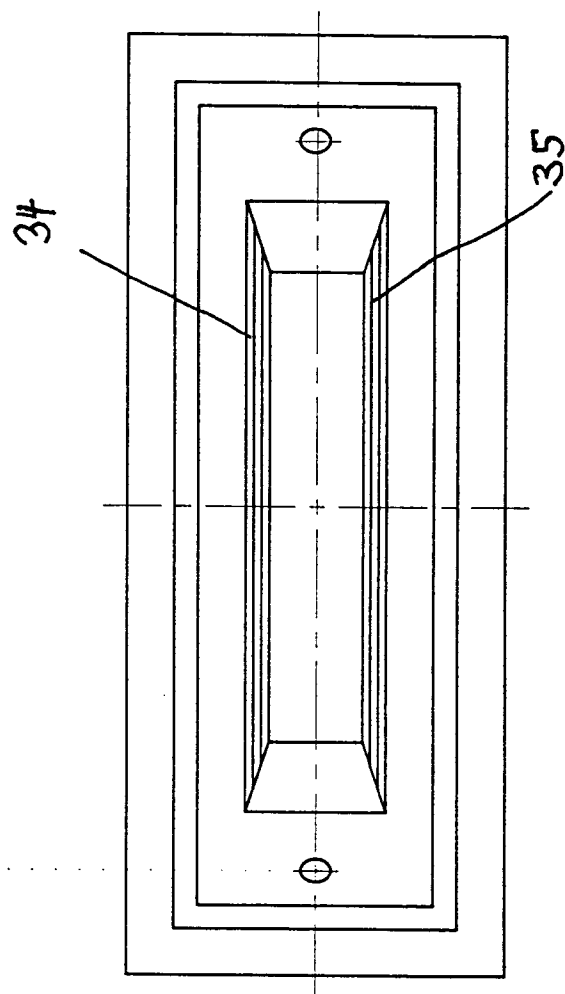
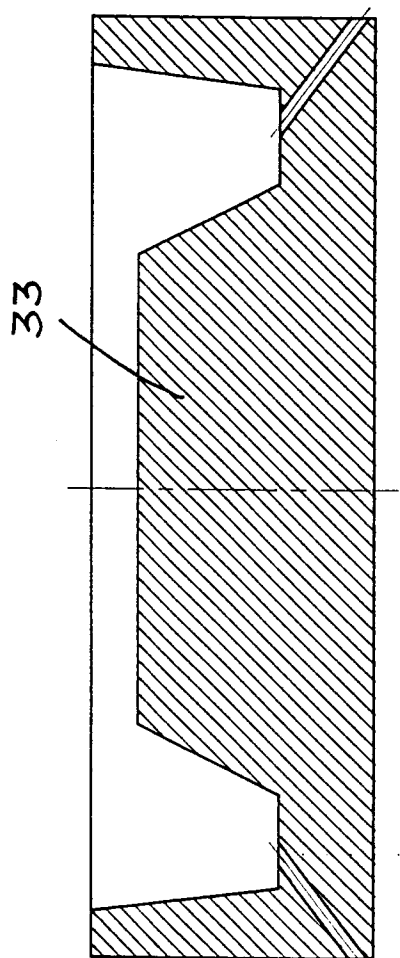


Fig. 5



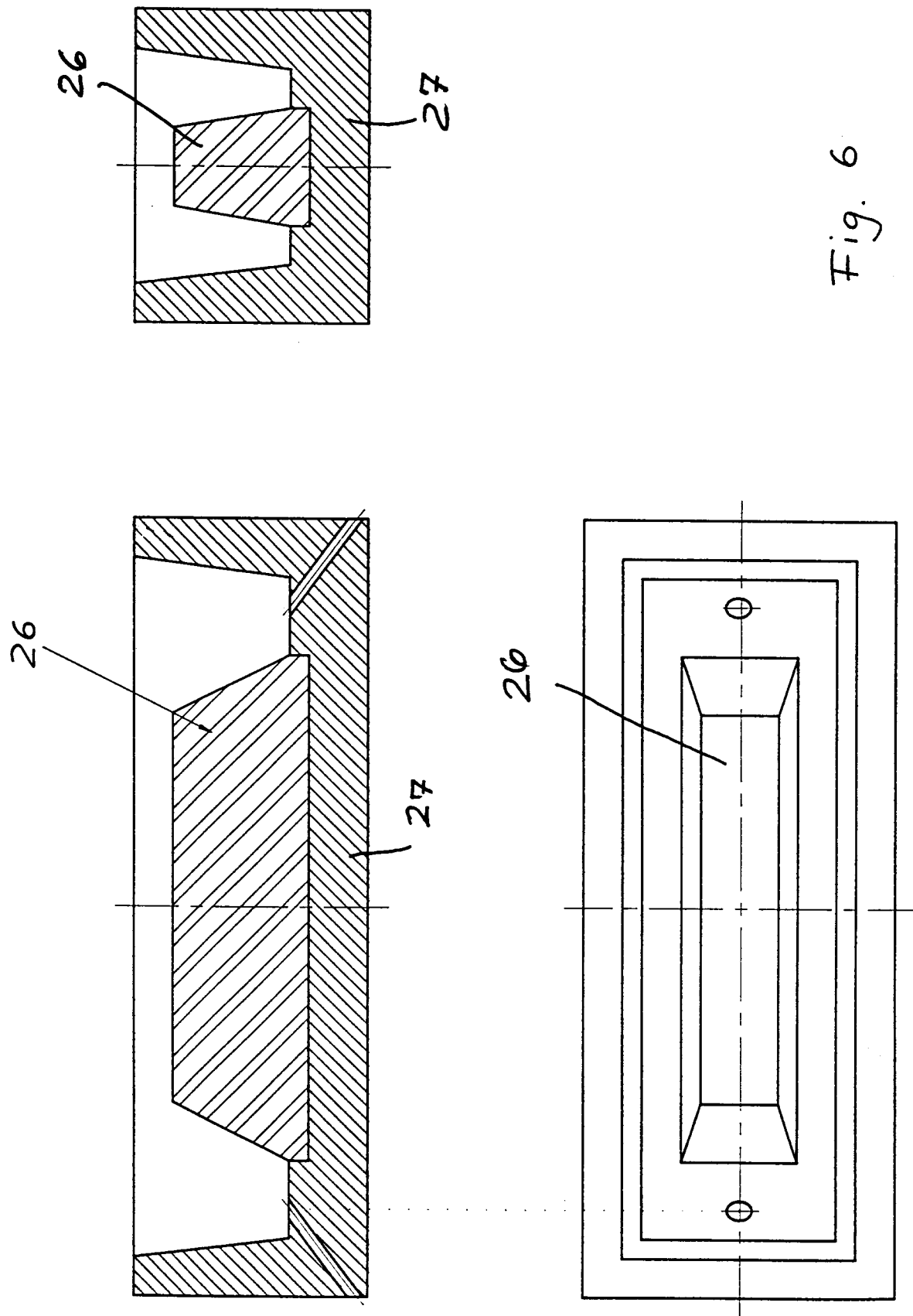


Fig. 6

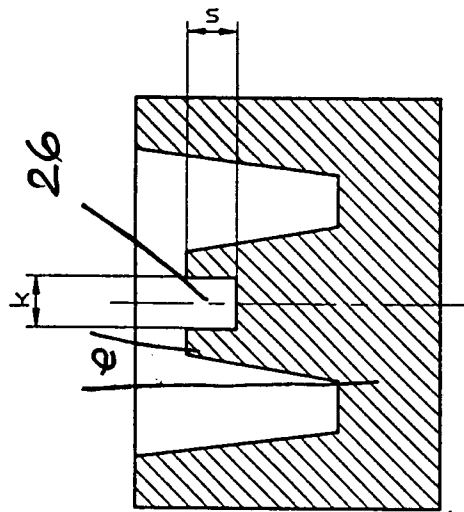
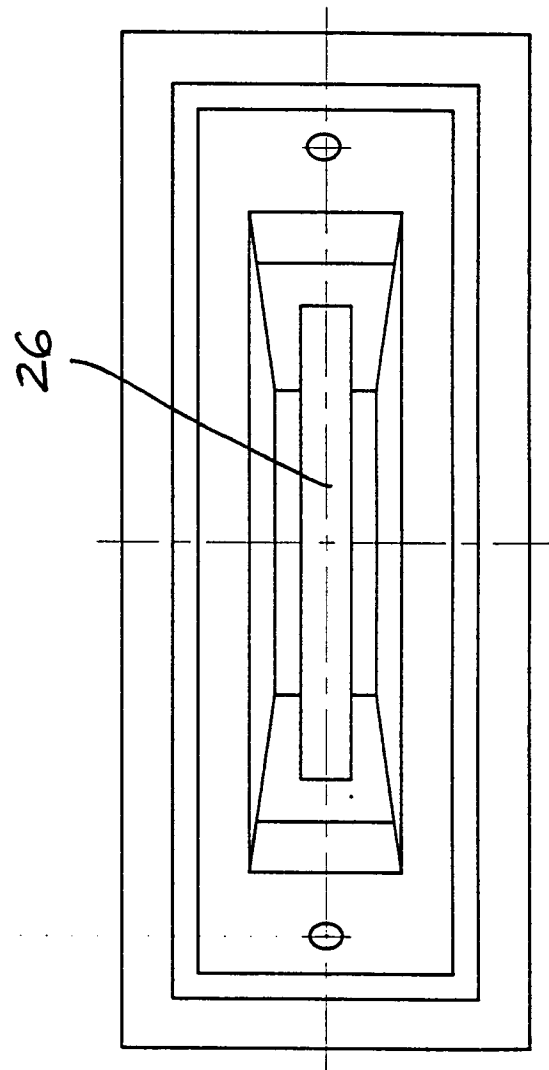
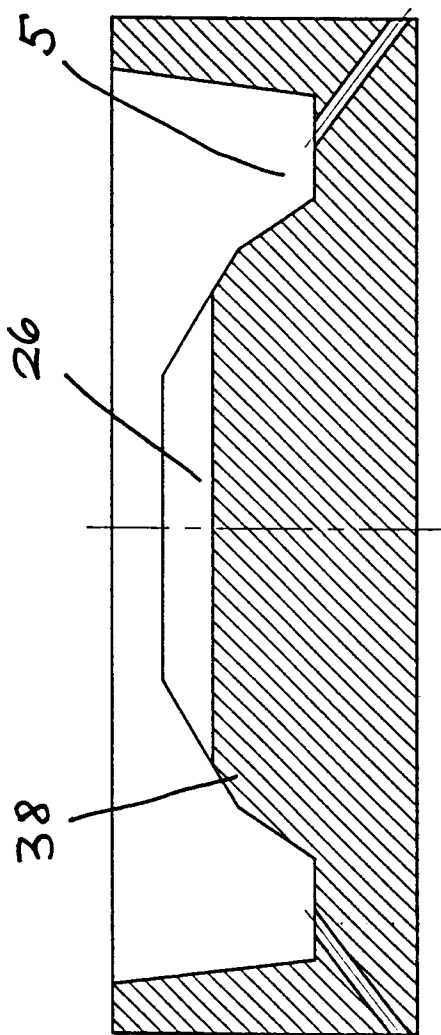


Fig. 7



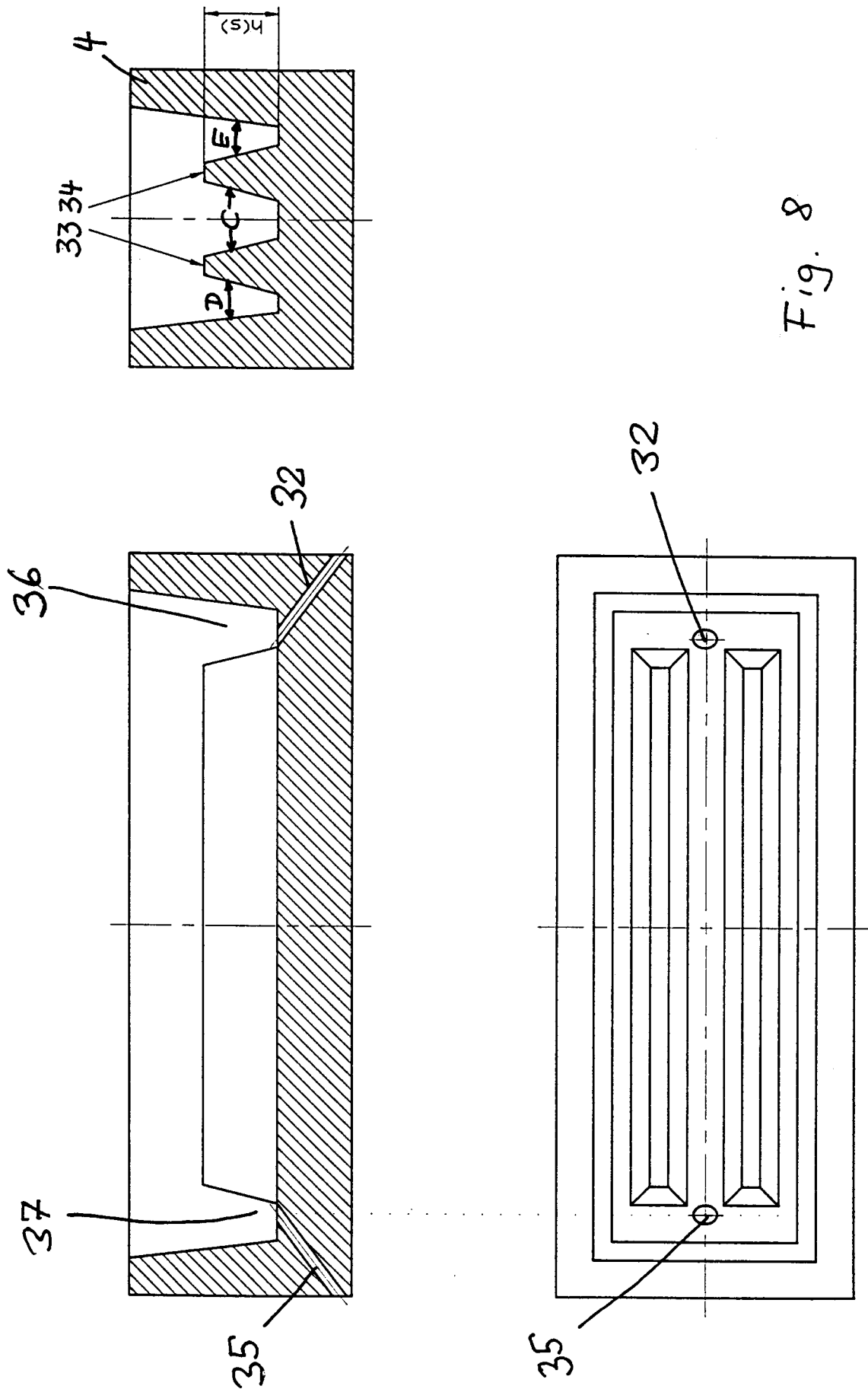


Fig. 8

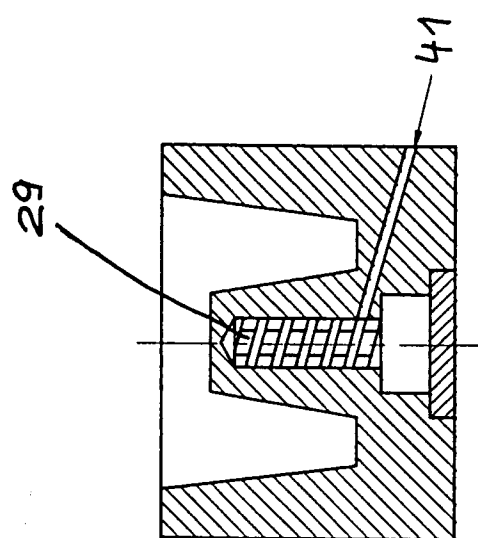
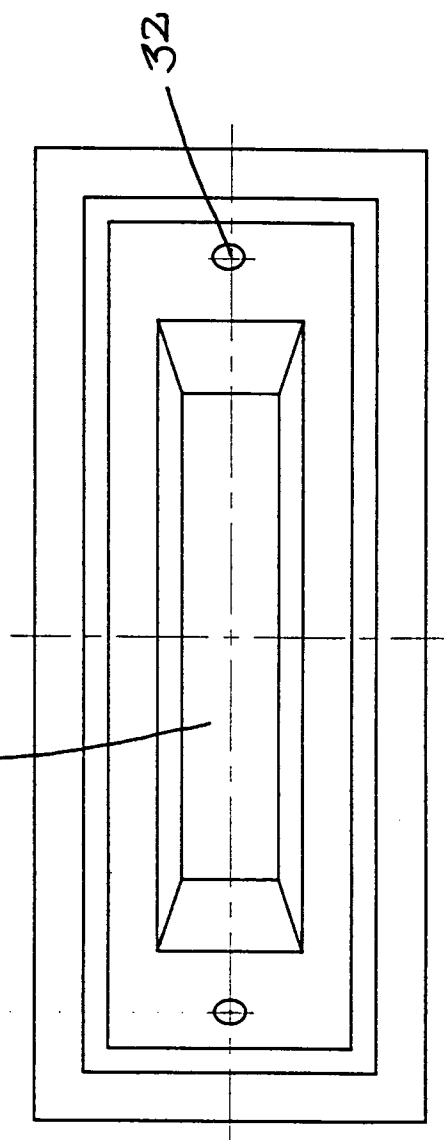
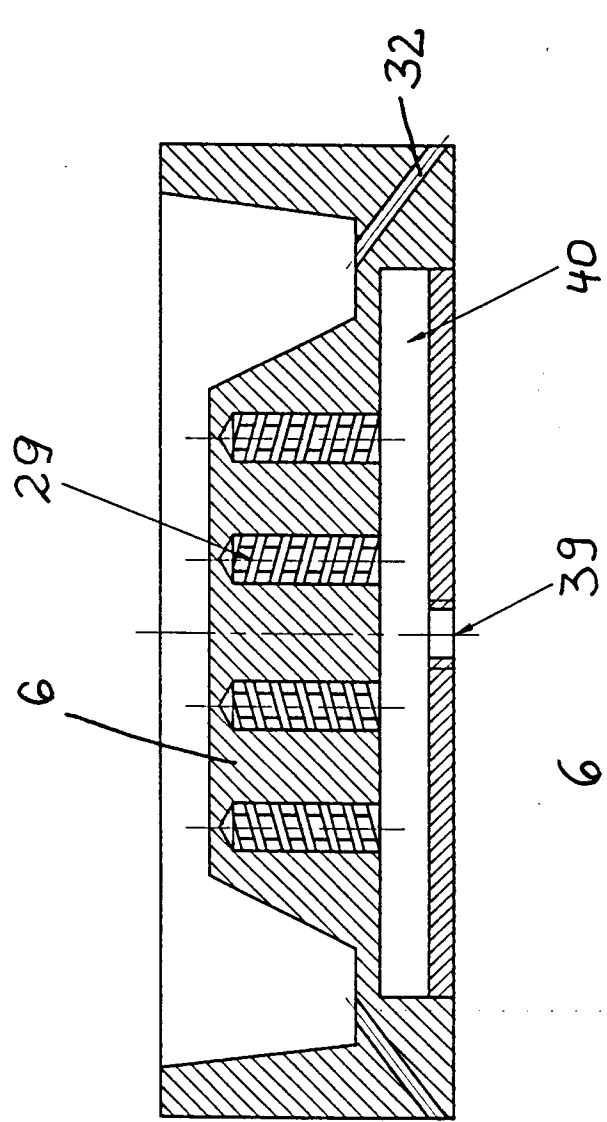


Fig. 9



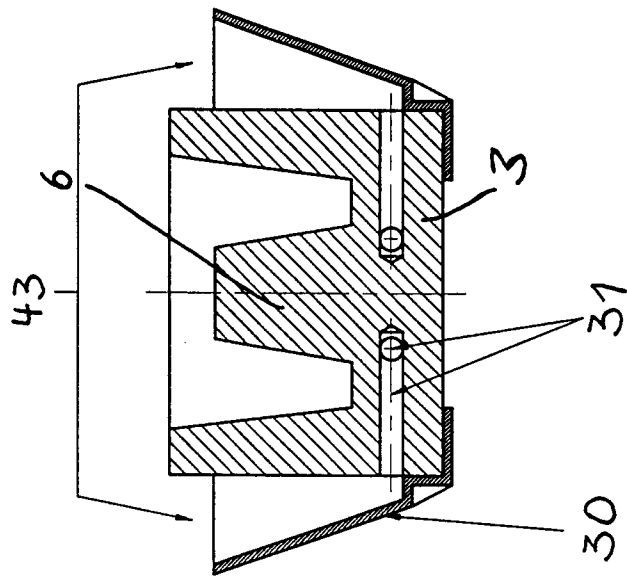
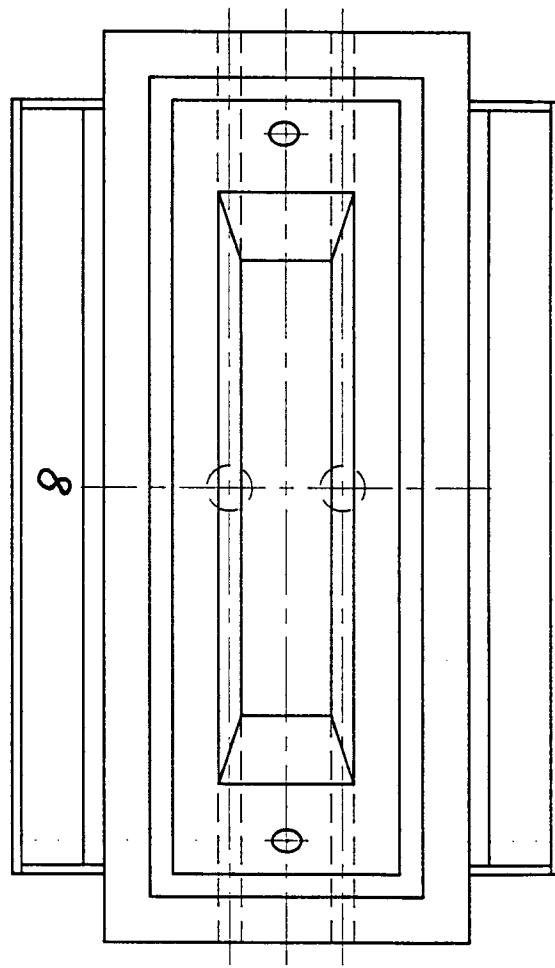
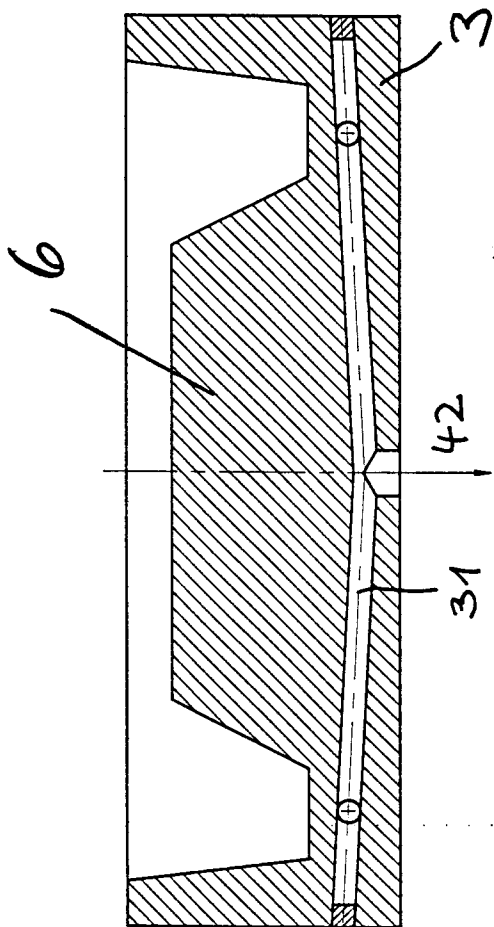


Fig. 10



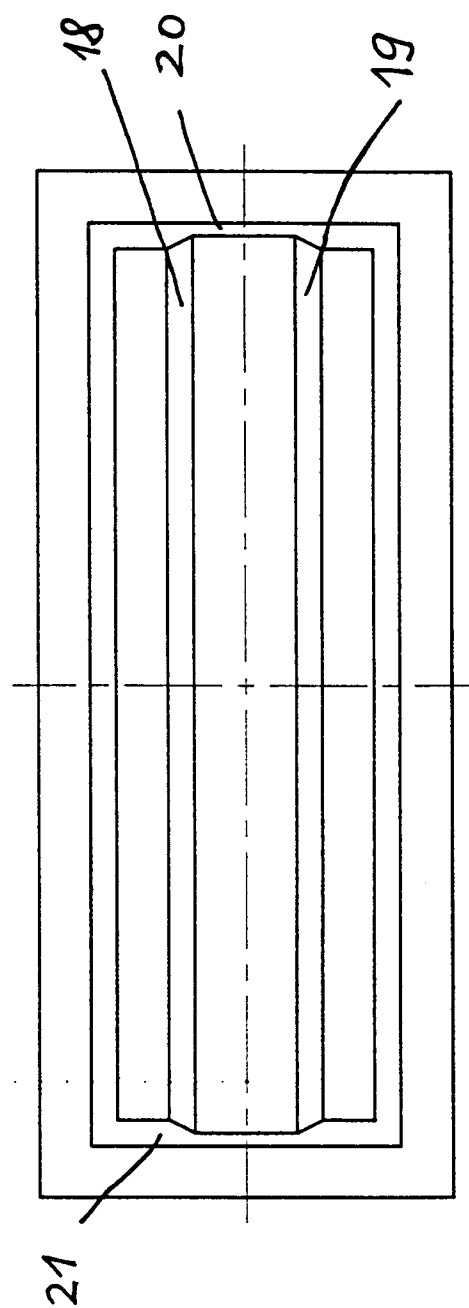
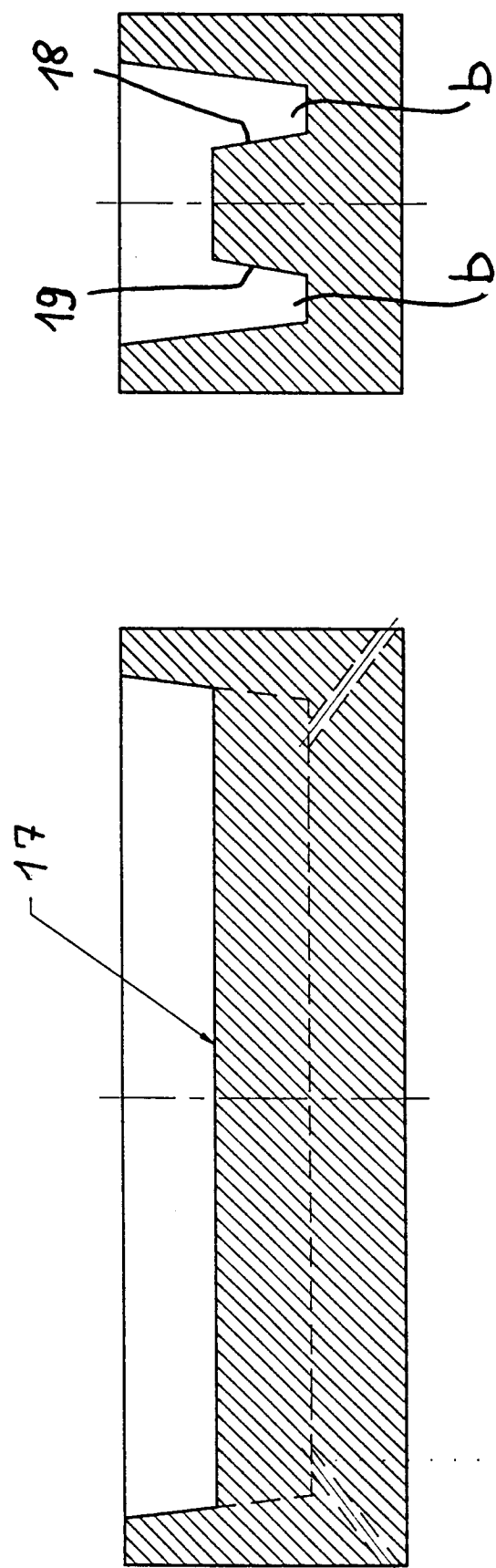


Fig. 11

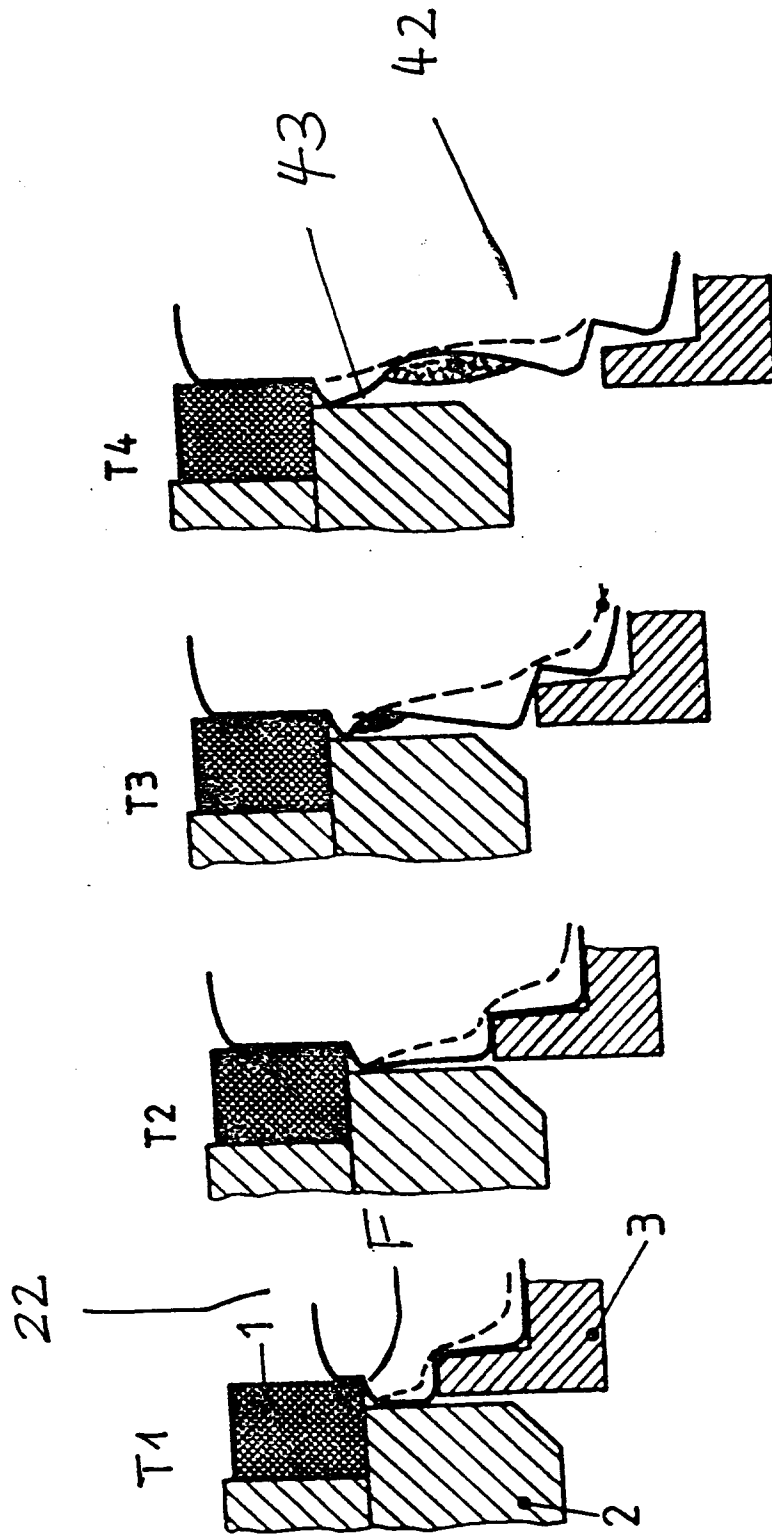


Fig. 12

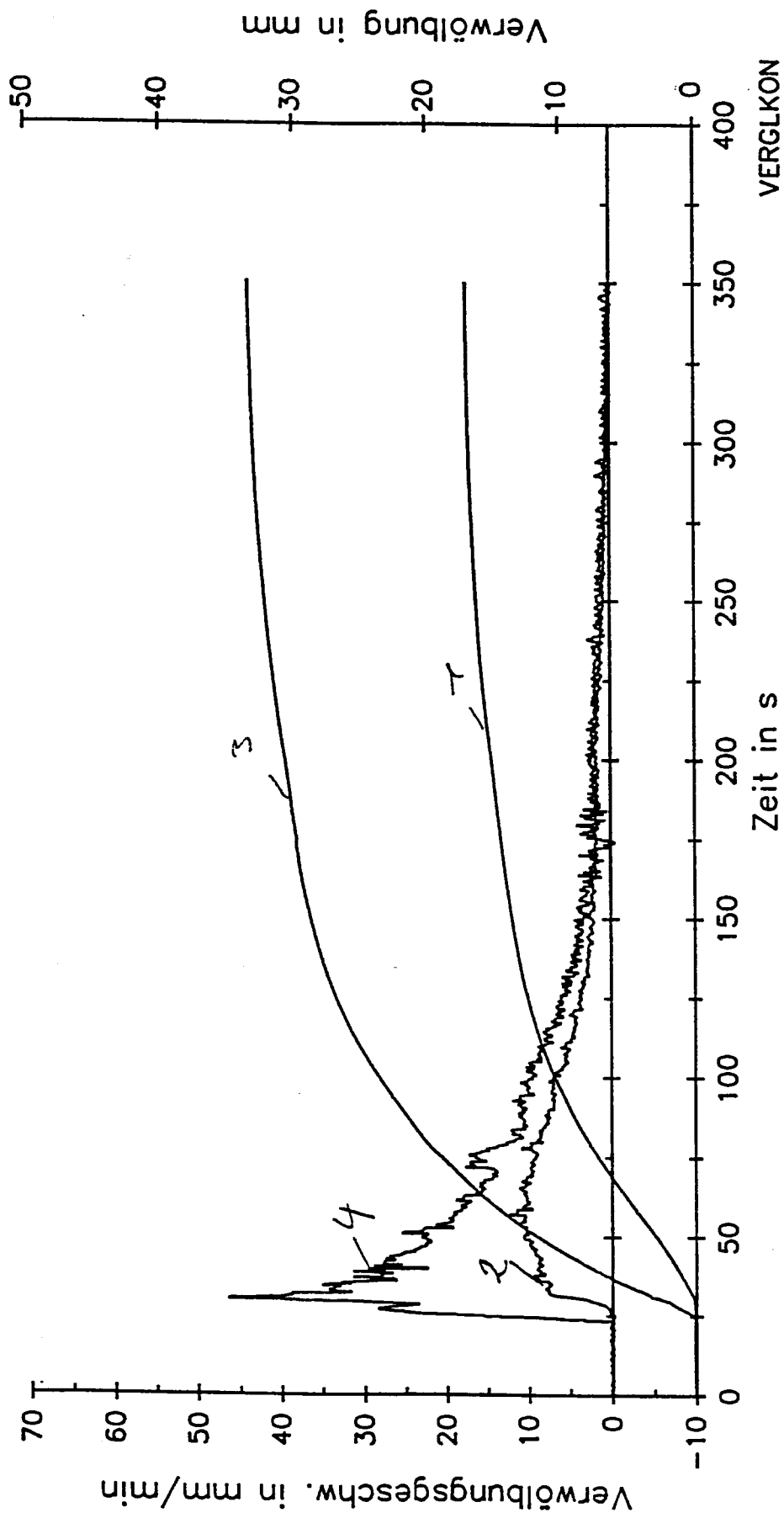


Fig. 13

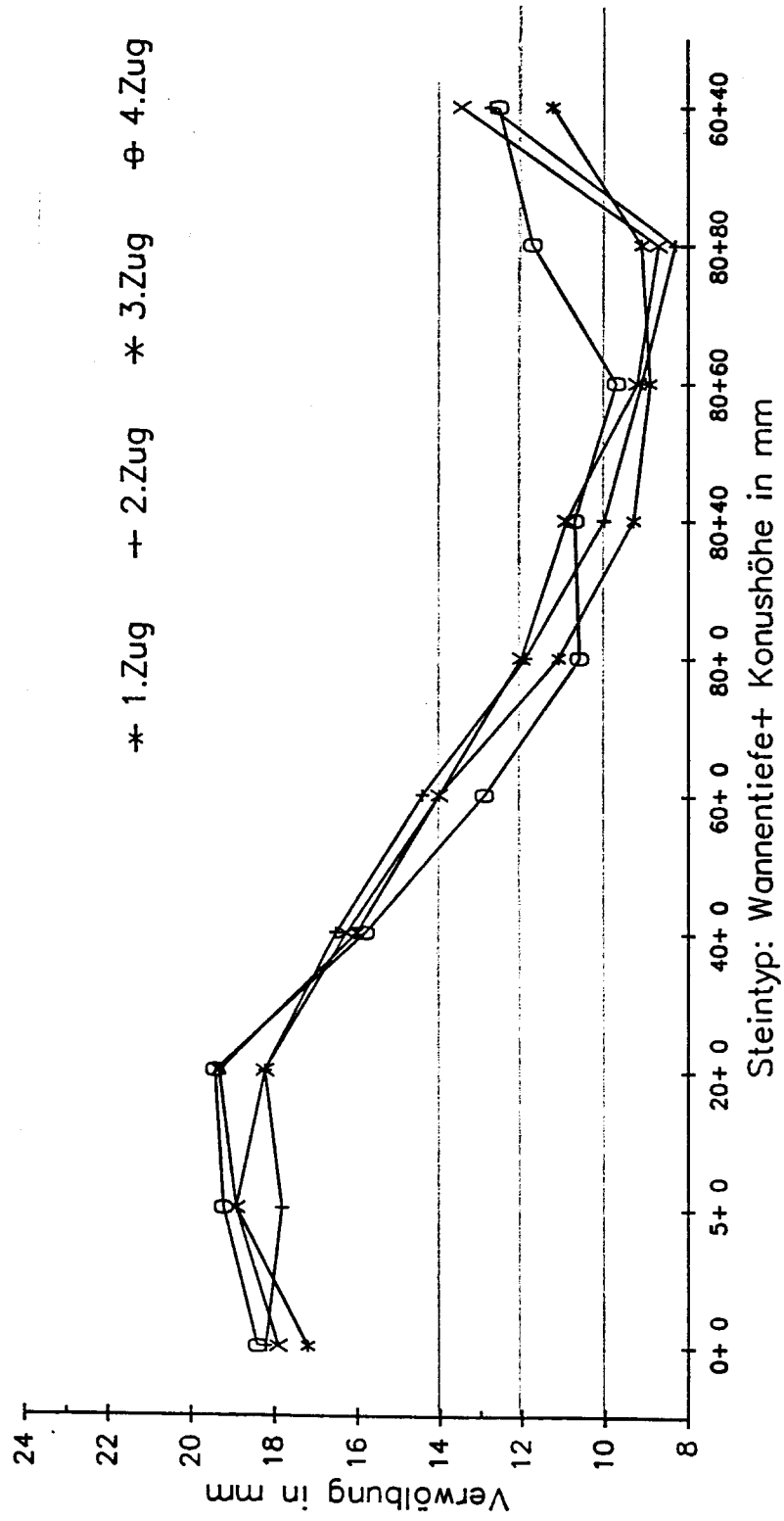
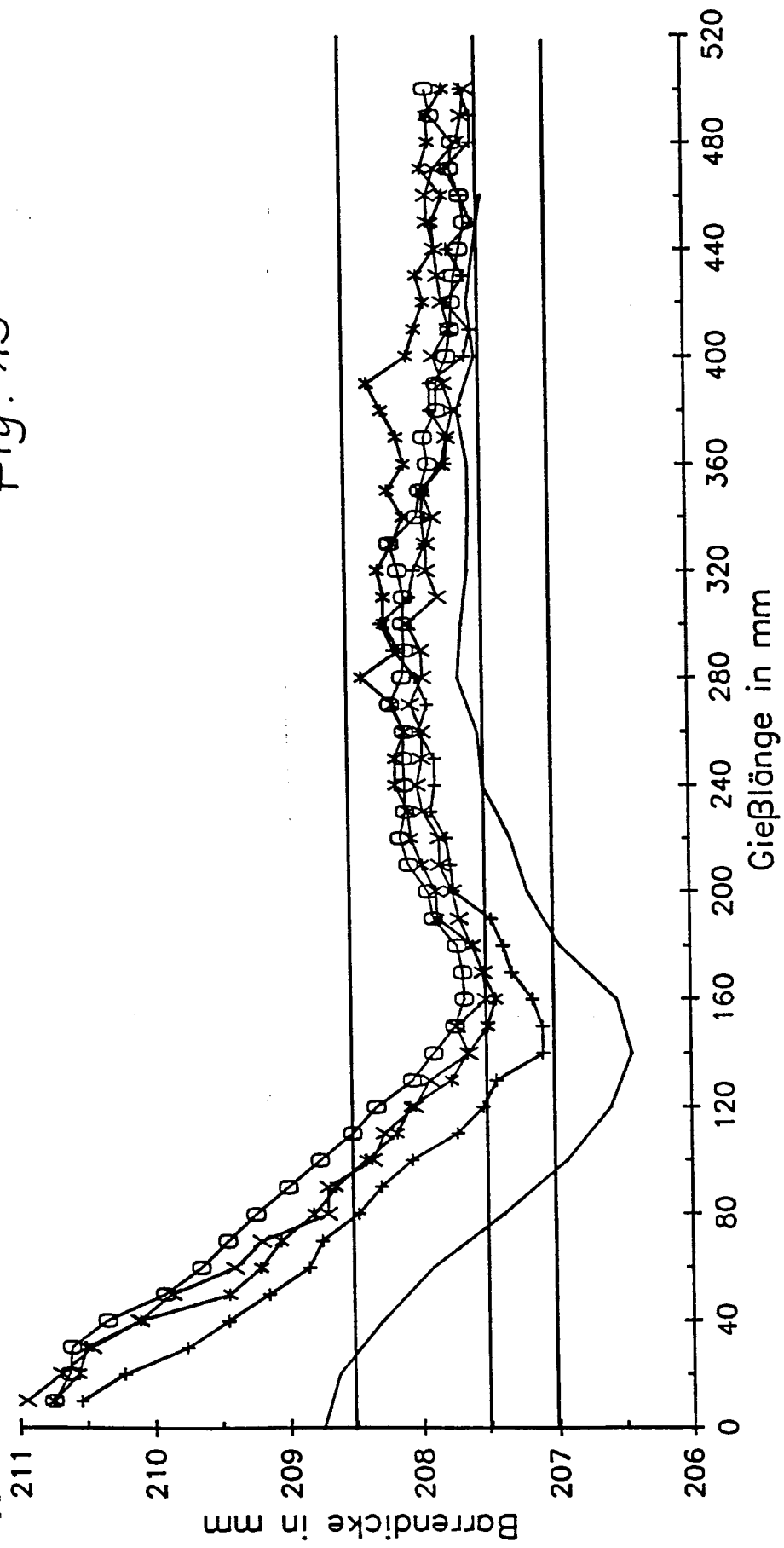


Fig. 14

Fig. 15



Agenda zu Fig. 13

Vergleich der Barrenfußverwölbung Standard/Erfindung

1 — Verwölbung
(Konus)

2 — Verw.Geschw..
(Konus)

3 — Verwölbung
(Standard)

4 — Verw.Geschw.
(Standard)

Agenda zu Fig. 15

Abweichung der Barrendicke in Abhängigkeit von der Gießlänge
Standard/Erfindung

— 80mm Rand + 0mm
Konus

+ 80mm Rand + 40mm
Konus

* 80mm Rand + 60mm
Konus

⊕ 80mm Rand + 80mm
Konus

* 60mm Rand + 40mm
Konus