

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 637 477 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **94108061.6**

51 Int. Cl.⁸: **B22D 41/16**, B22D 41/50,
B22D 11/10

22 Anmeldetag: **26.05.94**

30 Priorität: **05.07.93 DE 4322316**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.02.95 Patentblatt 95/06

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR GB GR IT LI

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

72 Erfinder: **Moritz, C.J., Dipl.-Ing.**
Wilhelmsplatz 1
D-53111 Bonn (DE)

74 Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas, Dipl.-Ing. et**
al
HARWARDT NEUMANN
Patent- und Rechtsanwälte,
Brandstrasse 10
D-53721 Siegburg (DE)

54 **Einlaufsystem für eine Aluminiumstranggussanlage.**

57 Die Erfindung betrifft ein Einlaufsystem für Aluminiumstranggussanlagen, bestehend aus einer Rinne, einer in die Rinne (1) eingesetzten Zulaufdüse (2), in die ein Stopfen (3) zur Regulierung des Schmelzezulaufs (4) eingesetzt ist, wobei der Stopfen (3) am engsten Querschnitt der Zulaufdüse (2) den Schmelzezulauf verschließt, und gegebenenfalls einem Regelsystem, mit dem die Eintauchtiefe des Stopfens innerhalb vorgegebener Grenzen steuerbar ist. Vom engsten Querschnitt der Düse zum Düsenein- und Düsenaustritt soll ein Abstand A von mindestens 7 cm eingehalten werden, wobei am Düseneintritt der Raum zwischen Düse (2) und Stopfen (3) auf einer Länge B verengt und wobei von der Stopfenspitze S bis zum Düsenaustritt Y im Betriebszustand ein Mindestabstand von 2 cm verbleibt.

EP 0 637 477 A2

Die Erfindung betrifft Einlaufsysteme für Aluminiumstranggußanlagen, bestehend aus einer Rinne, einer in die Rinne eingesetzten Zulaufdüse, in die ein Stopfen zur Regulierung des Schmelzezulaufs eingesetzt ist und gegebenenfalls einem Regelsystem, mit dem die Eintauchtiefe des Stopfens innerhalb vorgegebener Grenzen steuerbar ist.

Die Regelung des Schmelzezulaufs mit Hilfe von Düse und Stopfen ist aus verschiedenen Veröffentlichungen bekannt. So ist beispielsweise von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde e.V. ein Symposium unter dem Titel "Stranggießen - Schmelzen - Gießen - Überwachen" veranstaltet worden, bei dem das Prinzip der Gießspiegelregelung nach dem Wirbelstromprinzip erläutert wurde. Bei den 1986 herausgegebenen Vortragstexten findet sich auf Seite 331 die Abbildung eines Regelsystems unter Verwendung von Düsen und Stopfen. Die Düse ist am Boden einer Rinne befestigt und ragt mit ihrem unteren Ende in die Kokille hinein.

Ändert sich unter bestimmten Voraussetzungen die Geschwindigkeit der Aluminiumschmelze in der Einlaufdüse, so verändert sich auch der statische Druck. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten der Aluminiumschmelze werden bei den dann auftretenden Unterdrücken am Düsen Eintritt oder Düsenaustritt Oxyd- und Schmutzteilchen von der Metalloberfläche der Rinne oder des Barrens in die Schmelze eingesogen, was sich nachteilig bei der erzeugten Barrenqualität bemerkbar macht.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, das Einlaufsystem bei Aluminiumstranggußanlagen derart zu optimieren, daß unter Beibehaltung der wesentlichen Installationen der Unterdruck am Düsen Eintritt und am Düsenaustritt minimiert wird und die Strömungsverhältnisse in der Zulaufdüse optimiert werden. Ein Verfahren zum Betrieb des Einlaufsystems soll die Wirbelbildung in der Schmelze herabsetzen, so daß sowohl an der Schmelzeoberfläche in der Rinne als auch an der Schmelzeoberfläche in der Kokille keine Wirbelbildungen auftreten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in den Ansprüchen angegebenen Merkmale gelöst. Es hat sich gezeigt, daß durch eine besondere Formgebung der Innenkontur der Düse sowie durch die Einhaltung bestimmter Eintauchtiefen in die oberhalb des Sumpfes sich ausbildende Schmelzzone das Mitreißen von Oxyd- und anderen Schmutzteilchen von der Metalloberfläche vermieden werden kann. Ferner muß für einen ausreichenden Metallstand in der Rinne gesorgt werden. Im ersten Schritt wird der am Düsenaustritt herrschende Unterdruck minimiert und dann die Eintauchtiefe so gemessen, daß eine Metallsäule von mindestens 2 cm den verbleibenden Unterdruck kompensiert.

Die erfindungsgemäße Düsenkontur sieht vor, daß in der Mitte der Zulaufdüse der engste Querschnitt vorliegt und damit die höchste Geschwindigkeit in der Mitte der Düse erzeugt wird. Durch die Düsenform werden Strömungsabrisse, die den durchströmten Querschnitt verringern könnten, vermieden. Die Düse wird somit gleichmäßig über den gesamten Querschnitt durchströmt, wodurch sich ein optimaler Volumenstrom einstellen läßt.

Bei den herkömmlichen Rinnenanordnungen ergeben sich am Einlaufsystem unterschiedliche Strömungsverhältnisse, je nachdem, welche Düsenseite von der in der Rinne fließenden Schmelze zuerst angeströmt wird. Unter bestimmten Voraussetzungen führt dies bei herkömmlichen Einlaufsystemen zu einer ungleichmäßigen Verteilung der Flüssigkeitsströmung an der Düseninnenwand, mit der Folge, daß an bestimmten Düsenquerschnitten sehr große Strömungsgeschwindigkeiten und an anderen Stellen ein Strömungsschatten entsteht. Diese Zustände störten bisher die Gleichmäßigkeit der Strömung und wirkten sich auch auf die Einlauf- und Auslaufverhältnisse an der Zufuhrdüse aus.

Zusammenfassend lassen sich die erfindungsgemäßen Merkmale wie folgt darstellen:

1. Ausbildung der Düse derart, daß am Düsen Eintritt und am Düsenaustritt nur geringe Unterdrücke entstehen.
2. Ausbildung der Düsenkonfiguration derart, daß die Düse über den Querschnitt gleichmäßig durchströmt wird und die Strömung an keiner Stelle abreißt.
3. Drosselung der Strömung im mittleren Bereich der Düse, sodaß die vorhandene Strömungsenergie vermindert wird und an den Eintritts- und Austrittsenden der Düse praktisch keine Turbulenz auftritt.

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

- | | |
|---------|--|
| Figur 1 | Gesamtansicht eines erfindungsgemäßen Einlaufsystem |
| Figur 2 | Erfindungsgemäße Zulaufdüse mit Stopfen im Querschnitt |
| Figur 3 | Druckverlauf in einem erfindungsgemäßen Einlaufsystem (Wassermode) |
| Figur 4 | Düsen/Stopfensystem nach dem Stand der Technik |
| Figur 5 | Druckverlauf bei einem herkömmlichen Einlaufsystem im Wassermode |
| Figur 6 | Schematische Darstellung einer elektronischen Gießspiegelregelung |
| Figur 7 | Gesamtansicht eines Einlaufsystems nach dem Stand der Technik |
| Figur 8 | Schematische Darstellung einer me- |

chanischen Gießspiegelregelung

Nach Figur 1 besteht das Einlaufsystem aus einer in die Rinne 1 eingesetzten Zulaufdüse 2, in die ein Stopfen 3 zur Regulierung des Schmelzezu-
laufs 4 eingesetzt ist. Über die Gießdüse gelangt
die Schmelze in die Kokille 5, wo sie zu einem
Barren 6 geformt wird, der auf dem Angußstein 7
gehalten wird. Durch Absenken eines Gießtisches 8
mittels Absenkvorrichtung 9 wird der Barren 6 nach
unten aus der Kokille 5 herausgezogen.

Die Formen von Düsen 2 und Stopfen 3 sind
aus der Figur 2 zu entnehmen. Man erkennt, daß
die Querschnitte X und Y am Düsenein- und Dü-
senaustritt im Verhältnis zu den übrigen Quer-
schnitten der Einlaufdüse groß gewählt sind, damit
dort geringe Strömungsgeschwindigkeiten auftre-
ten.

Aus Figur 2 ist auch zu erkennen, wie der
Stopfen 3 in die Düse 2 eintaucht. Der zwischen
der Düse 2 und dem Stopfen 3 verbleibende Raum
ist als Ringspalt C anzusehen und ist so ausgelegt,
daß die Strömung den gesamten Querschnitt
gleichmäßig ausfüllt. Von der Einlaufseite X aus
gesehen verjüngt sich der Ringspalt C, sodaß sich
im strömenden Metall ein Staudruck aufbaut, der
einer Verringerung des statischen Drucks in der
Schmelze entgegenwirkt.

Im fast parallelen Teil des Ringspalt C wird
die für die Drosselung nötige Reibung erzeugt. Der
Ringspalt C erweitert sich sodann geringfügig zum
Stopfen 3 hin, sodaß sich die Strömung hier besser
an den Stopfen 3 anlegt. Bei abnehmendem Quer-
schnitt tritt durch die sich verjüngende Düse 2 eine
Vergleichmäßigung der Strömung über den Quer-
schnitt auf.

Hinter der engsten Stelle, etwa in der Düsen-
mitte, erweitert sich der Querschnitt, sodaß die
Strömung ohne Abriß wieder abgebremst wird. Um
auch an dem Stopfen 2 einen Strömungsabriß zu
vermeiden, ist dieser an der Spitze zu einem Radi-
us von im Beispiel 11,5 mm ausgezogen.

Zur Überprüfung der tatsächlichen Strömungs-
verhältnisse in der erfindungsgemäßen Düse wurde
ein Wassermodell des bei der Herstellung eines
Walzbarrens herrschenden Zustandes geschaffen.
In diesem Wassermodell konnten die Verhältnisse
in der Rinne, in der Düse und im Walzbarren, bei
verschiedenen Düsen-Stopfen-Systemen simuliert
werden. Mit diesem Wassermodell wurden die
Druckverläufe im optimierten Einlaufsystem unter-
sucht. Das Ergebnis ist in Figur 3 dargestellt.

Man erkennt, daß am Düsen Eintritt (Düsenlän-
ge = 0) ein positiver oder nur leicht negativer
Druck herrscht. In der Düsenmitte werden durch
die hohen Strömungsgeschwindigkeiten sehr hohe
Unterdrucke erreicht. Am engsten Querschnitt wer-
den hohe Unterdrucke gemessen, die zeigen, daß
die Strömung nicht abreißt, sondern an den Wan-

dungen anliegt. Danach erfolgt innerhalb kürzester
Zeit ein Abbau der sehr hohen Unterdrucke, sodaß
am Düsenaustritt bei etwa 17 cm Düsenlänge nur
noch sehr geringe Unterdrucke verbleiben.

Die Druckverhältnisse werden auch durch ei-
nen vergrößerten Niveauunterschied - im Beispiel
26 cm und 34 cm - kaum verändert. Die dicht
beieinander liegenden Kurven für verschiedene Ni-
veauunterschiede zeigen, daß die Strömungszu-
stände sehr stabil sind und auch bei hohen Unter-
drucken die Strömung in der Düse nicht abreißt.
Daraus folgt, daß der zur Verfügung stehende
Querschnitt relativ gleichmäßig durchströmt wird
und dabei keine Geschwindigkeitsspitzen auftreten.

In den Figuren 6a, b und 5a, b sind die Druck-
verläufe bekannter Einlaufsysteme exemplarisch
dargestellt. Bei einem nach unten schließenden
Einlaufsystem gemäß Figur 4a kann der Unterdruck
am Düsenaustritt nicht mehr abgebaut werden, da
der verfügbare Querschnitt am Düsenaustritt durch
den Strömungsabriß unter dem Stopfen sehr stark
verkleinert wird. Somit entstehen hohe Unterdrucke
am Düsenaustritt, die nicht mehr durch eine Ver-
größerung der Eintauchtiefe der Düse kompensiert
werden können (siehe Figur 5a).

In Figur 4b ist ein bekanntes nach oben schlie-
ßendes Einlaufsystem dargestellt. Hier steigt der
Unterdruck bei zunehmendem Niveauunterschied
stark an (siehe Figur 5b). Dies hat zur Folge, daß
die über dem Düsen Eintritt in der Rinne stehende
Metallsäule und der damit verbundene statische
Druck nicht ausreicht, um den am Düsen Eintritt
entstehenden Unterdruck zu kompensieren. Ferner
entsteht unter dem Stopfen ein Strömungsabriß,
der den zur Verfügung stehenden Querschnitt ver-
mindert. Bei größerem Niveauunterschied kann
sich dieser Strömungsabriß bis zum Düsenaustritt
hin auswirken, sodaß dort eine Verstärkung des
Unterdruckes mit den eingangs genannten nachtei-
ligen Folgen auftritt.

Die zu den vorstehenden Betrachtungen heran-
gezogenen Druckverläufe sind von der jeweiligen
Lage der Meßpunkte abhängig. Die Darstellungen
in Figur 5a, b sind als zweidimensionale Darstellun-
gen anzusehen und sagen daher nichts über die
Gleichmäßigkeit der Strömung über den Umfang
der Einlaufdüse aus. Wie eingangs dargestellt, kön-
nen aber bei üblichen Einlaufsystemen Ungleich-
mäßigkeiten über den Umfang der Zulaufdüse auf-
treten, wodurch Geschwindigkeitsspitzen entstehen,
die wiederum den Unterdruck erhöhen.

Hinzu kommt, daß in der Praxis häufig schief
stehende oder krumme Stopfen die Strömungsver-
hältnisse noch weiter beeinflussen, in der Weise,
daß die Inhomogenitäten vergrößert werden. Bei
den bekannten Systemen kommt es vor, daß nur
eine Hälfte des Düsenumfangs durchströmt wird.
Somit ergeben sich auch Probleme bei der Regu-

lierung des Volumenstroms, die sich insbesondere bei einer automatischen Niveauregelung nachteilig bemerkbar machen.

Bei der erfindungsgemäßen Veränderung der Querschnitte kann der Volumenstrom sehr viel genauer dosiert und das Auftreten von Instabilitäten vermieden werden. Es zeigte sich am Glasmodell, daß eine optimierte Düse auch über den Umfang relativ gleichmäßig durchströmt wird.

Im Gegensatz dazu neigt das bekannte Einlaufsystem zur Turbulenzbildung. Dies ist anhand der Figur 7 dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Die Schmelze 4 gelangt in Pfeilrichtung durch die Rinne 1 zur Zulaufdüse 2. Durch die an Düsenein- und austritt entstehenden Unterdrucke wird die Schmelzeoberfläche vom Luftdruck eingedellt, wodurch die Oxydschicht aufreißen kann und Oxyd- oder Schmutzteilchen in die Schmelze gesogen werden können. Die nicht verformbaren Verunreinigungen werden in die Erstarrungsfront eingebaut. Beim späteren Walzprozeß gelangen sie an die Oberfläche und führen zum Aufreißen des Walzbandes oder zu Beschädigungen der Walzen.

In Figur 8 ist eine mechanische Regelung des Kokillengießsystems für Aluminiumwalzbarren schematisch dargestellt. Über einen Schwimmer 14, der auf der Metalloberfläche des Barrens positioniert ist, wird über eine mechanische Umlenkung 15 der Stopfen 3 mittels einer Druckstange 16 nach oben oder unten bewegt. Der Begriff "Schwimmer" steht dabei für ein Stück Feuerfestmaterial, das auf der Metalloberfläche schwimmt und über einen Hebel den Metallstand meldet. Im vorliegenden Fall wird damit der Ringspalt zwischen Düse und Stopfen vergrößert oder verkleinert, je nachdem in welche Richtung das Schmelzeniveau vom Sollwert abweicht. Die Zulaufmenge der Metallschmelze wird somit durch unterschiedliche Stopfenhöhen geregelt.

Andere Methoden bestehen in der Laserabtastung des Metallstandes in der Kokille. Das entstehende Signal wird hier auf elektronischem Wege verarbeitet und zu einer Stellgröße für den Stopfen 3 umgebildet (siehe Figur 6).

Der Metallstand in der Kokille 5 kann aus verschiedenen Gründen schwanken. Beispielsweise erfolgt die Neigung des Schmelzeofens nicht kontinuierlich, sodaß eine Schwallbildung in der Rinne 1 auftritt. Auch der Metallstand in der Rinne wird üblicherweise mit einem Schwimmer geregelt, sodaß im Normalfall zwei Regelsysteme miteinander gekoppelt sind. Dies führt zu einem dynamischen Regelverhalten, das während der Gießphase einer ständigen Korrektur der jeweiligen Stopfenhöhe bedarf.

Schwankungen des Metallstands verändern die thermischen Bedingungen, was zu einer ungünstigen Ausbildung der Barrenoberfläche führt. Die

Dicke der Randschale, die vor dem Walzen vollständig abgefräst werden muß, vergrößert sich.

Patentansprüche

- 5 1. Einlaufsystem für Aluminiumstranggußanlagen, bestehend aus einer Rinne, einer in die Rinne (1) eingesetzten Zulaufdüse (2), in die ein Stopfen (3) zur Regulierung des Schmelzezulaufs (4) eingesetzt ist, wobei der Stopfen (3) am engsten Querschnitt der Zulaufdüse (2) den Schmelzezulauf verschließt, und gegebenenfalls einem Regelsystem, mit dem die Eintauchtiefe des Stopfens innerhalb vorgegebener Grenzen steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß vom engsten Querschnitt der Düse zum Düsenein- und Düsenaustritt ein Abstand A von mindestens 7 cm eingehalten ist, daß am Düseneintritt der Raum zwischen Düse (2) und Stopfen (3) auf einer Länge B verengt wird, die zwischen 0 bis 10 cm liegt.
- 10 2. Einlaufsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verengung über eine Länge von 1 - 10 cm erfolgt.
- 15 3. Einlaufsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sich oberhalb des engsten Düsenquerschnittes zwischen Düse (2) und Stopfen (3) ein sich verengender Ringraum D ausbildet, während unterhalb des engsten Düsenquerschnittes der Raum zwischen Düse (2) und Stopfen (3) mit einem Öffnungswinkel von mindestens 4° erweitert wird, wobei die Stopfen-
20 spitze S mit einem Radius von 10 - 14 mm abgerundet ist.
- 25 4. Einlaufsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanten am Ein- und Auslauf mit einem Radius von 5 - 25 mm gerundet sind.
- 30 5. Einlaufsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringraum D von einem Ringspalt zwischen Düse (2) und Stopfen (3) gebildet wird, wobei die den Ringspalt bildenden Seitenwände nahezu parallel verlaufen.
- 35 6. Einlaufsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- 40
- 45
- 50
- 55

daß die nahezu parallel verlaufenden Seitenwände des Ringraumes D sich mit einer Winkeldifferenz von ca. 1° in Strömungsrichtung verengen.

- 5
7. Einlaufsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Metallstand H in der Rinne (1) von mindestens 5 cm über dem Düsen Eintritt X
10 und eine Eintauchtiefe T der Düse (2) von mindestens 2 cm vorgesehen ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

Fig. 1

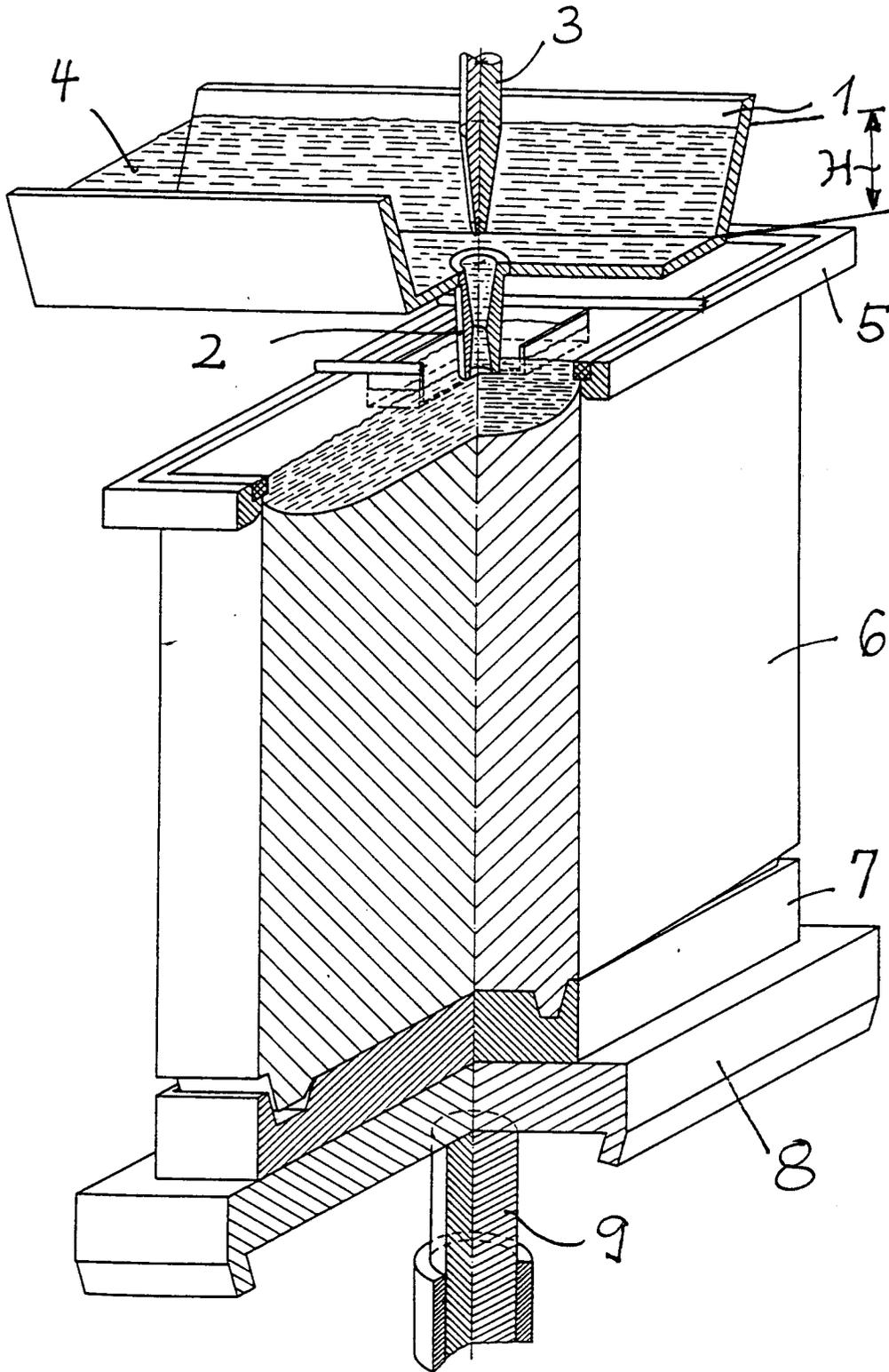


Fig2

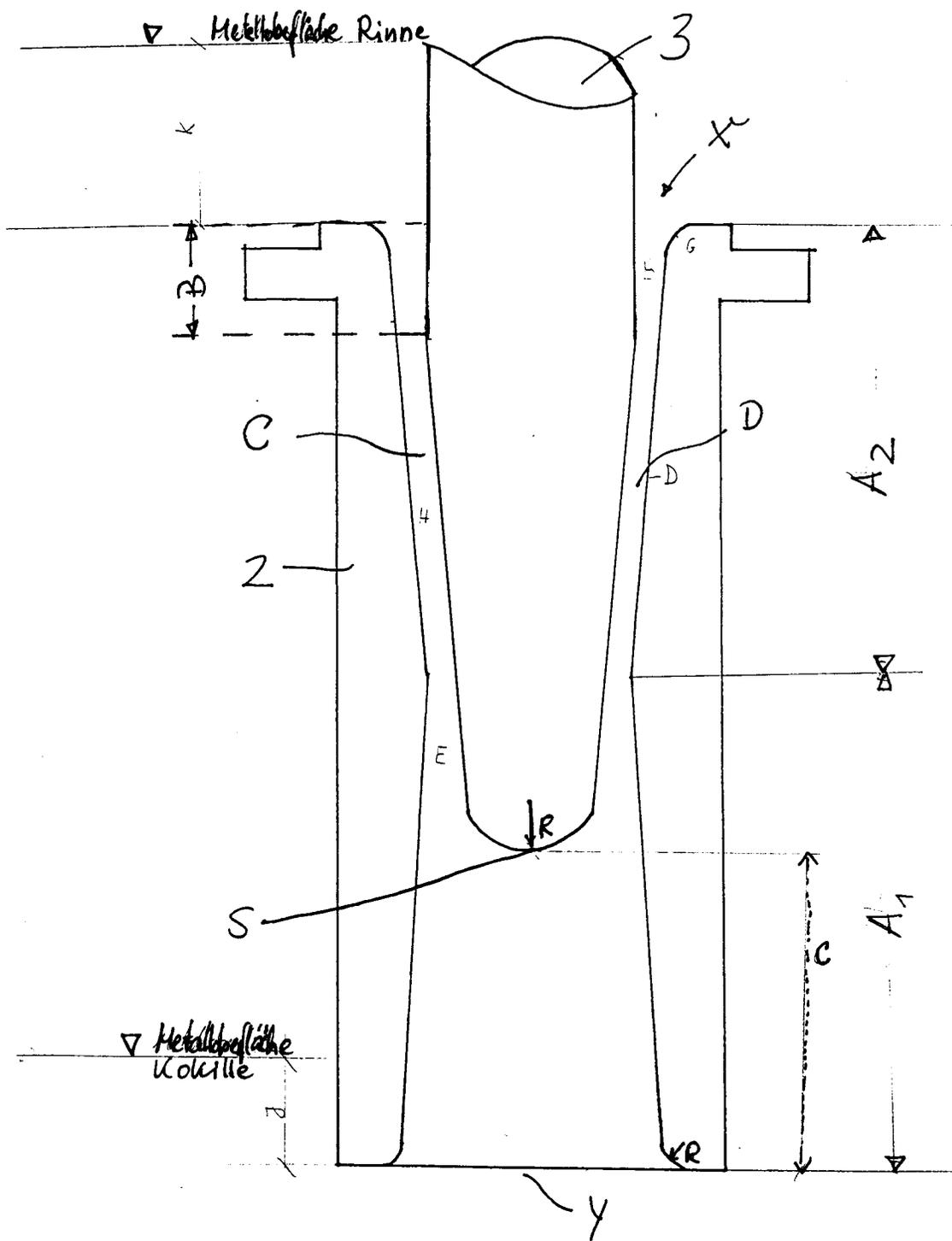


Fig. 3

Druckverlauf im Einlaufsystem

Vergleich bei zwei Niveaunterschieden

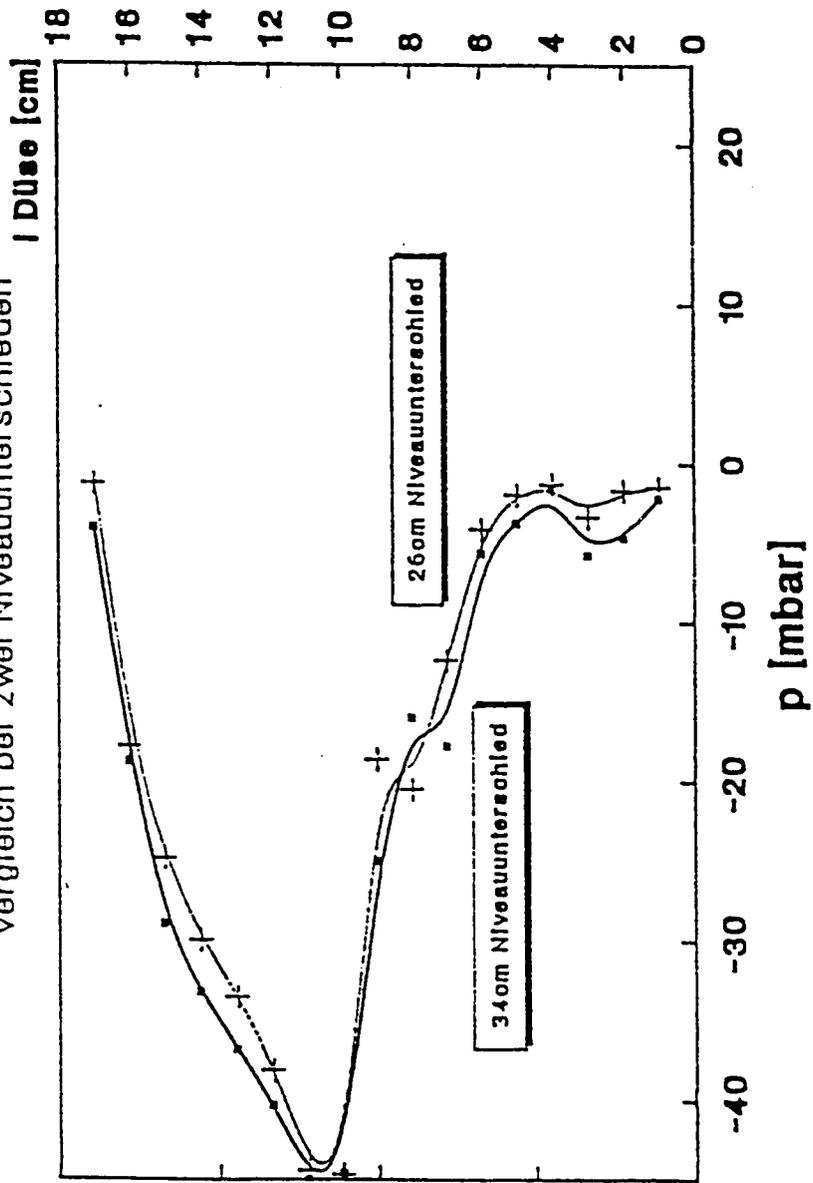


Fig. 4 a

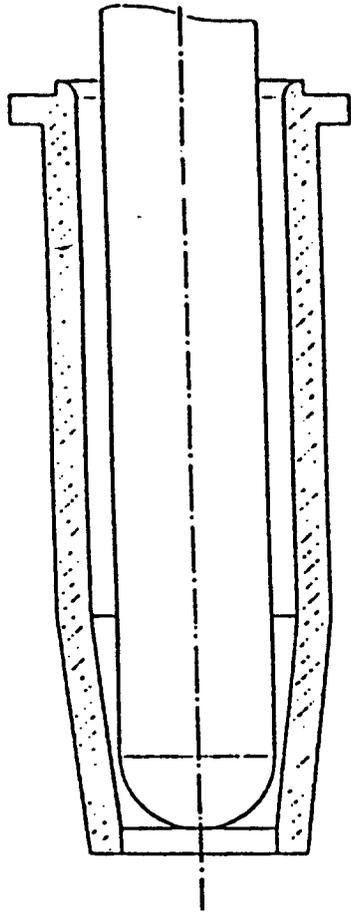


Fig. 4b

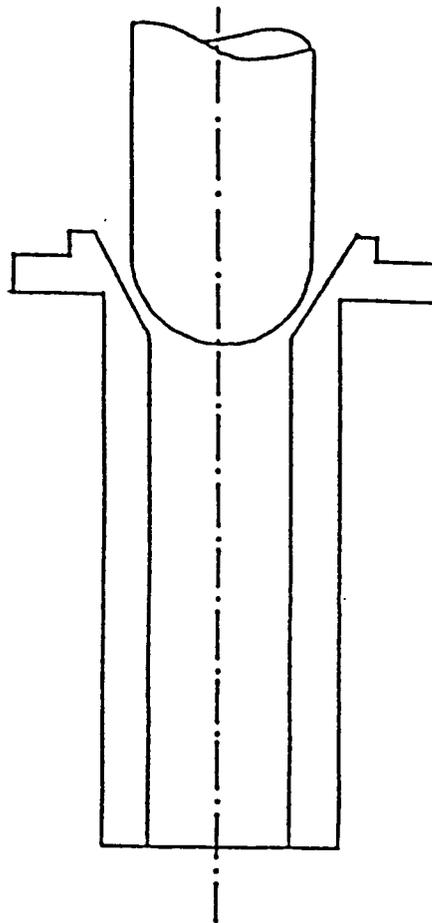
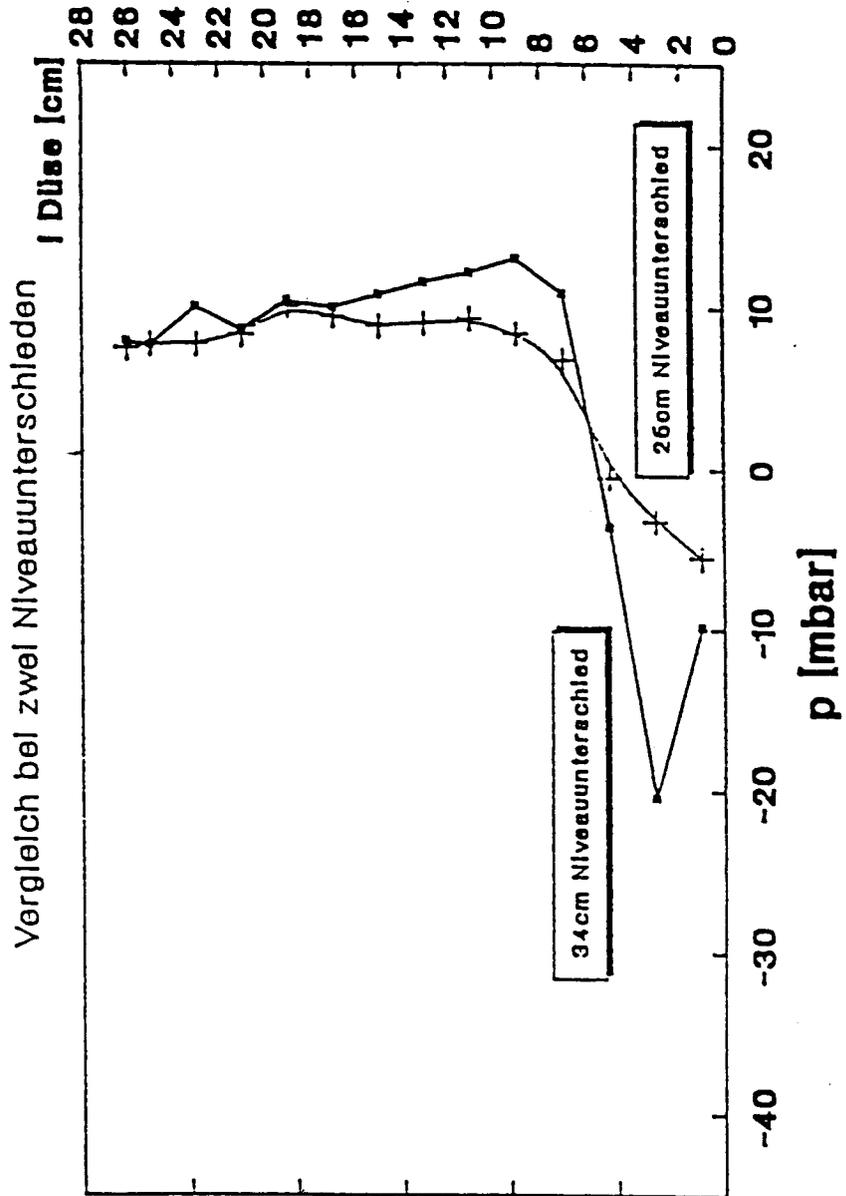


Fig. 5a

Druckverlauf im Einlaufsystem



Druckverlauf im Einlaufsystem

Vergleich bei zwei Niveaunterschieden

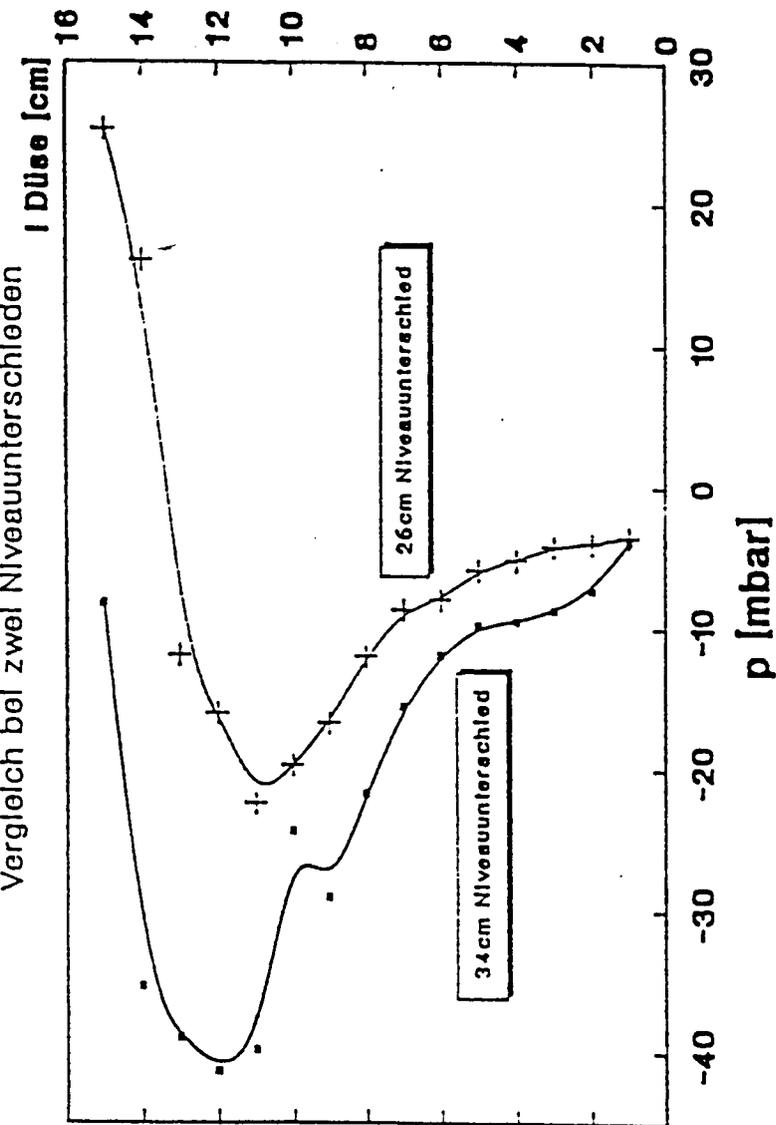


Fig. 56

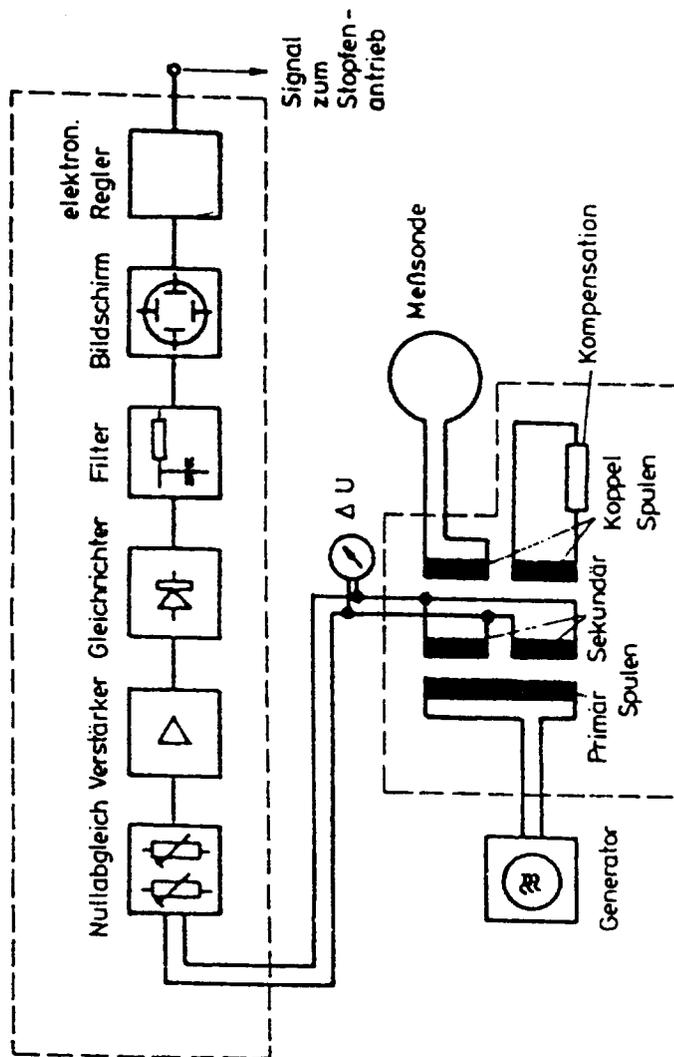
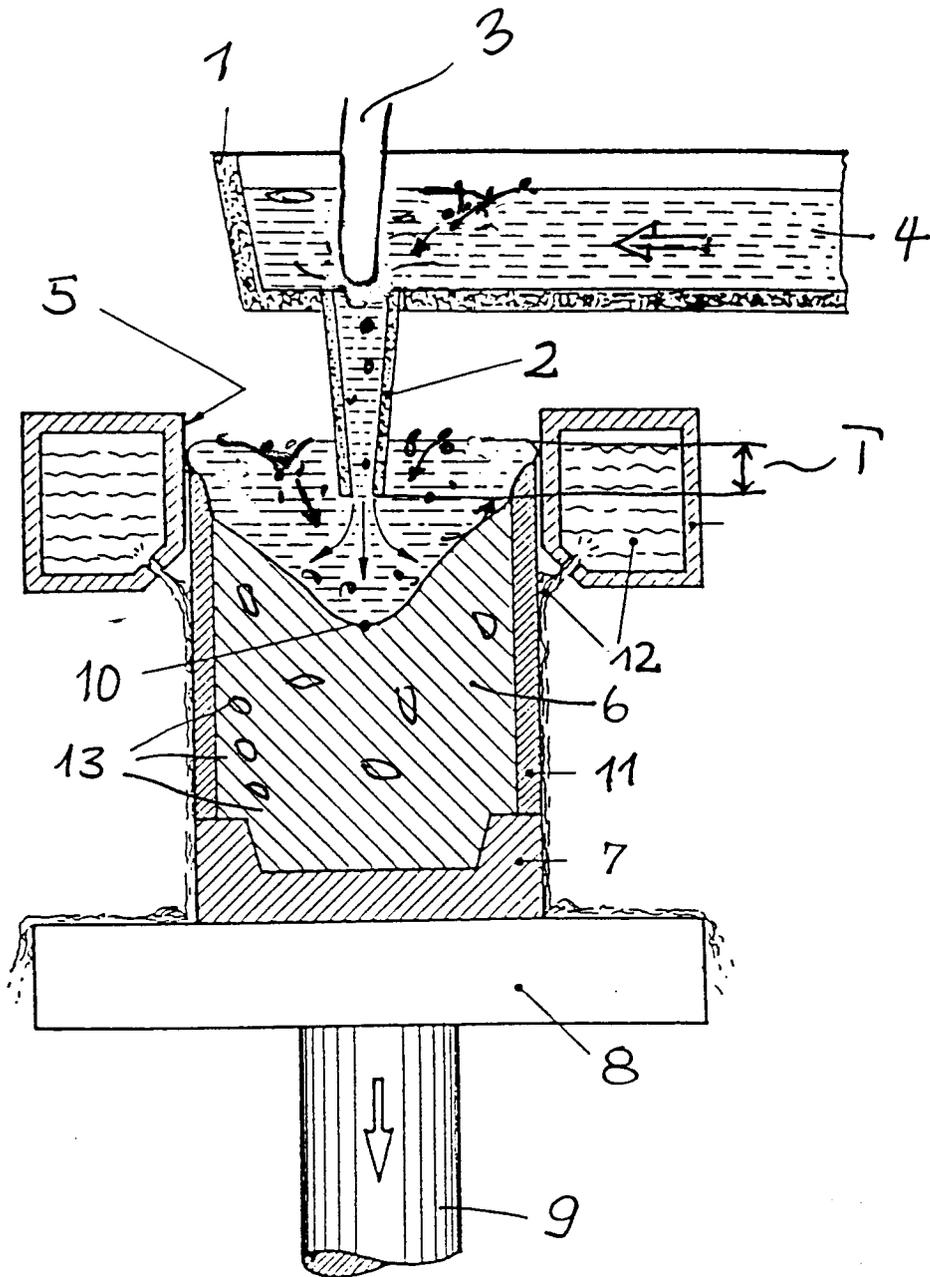


Fig. 6

Fig. 7



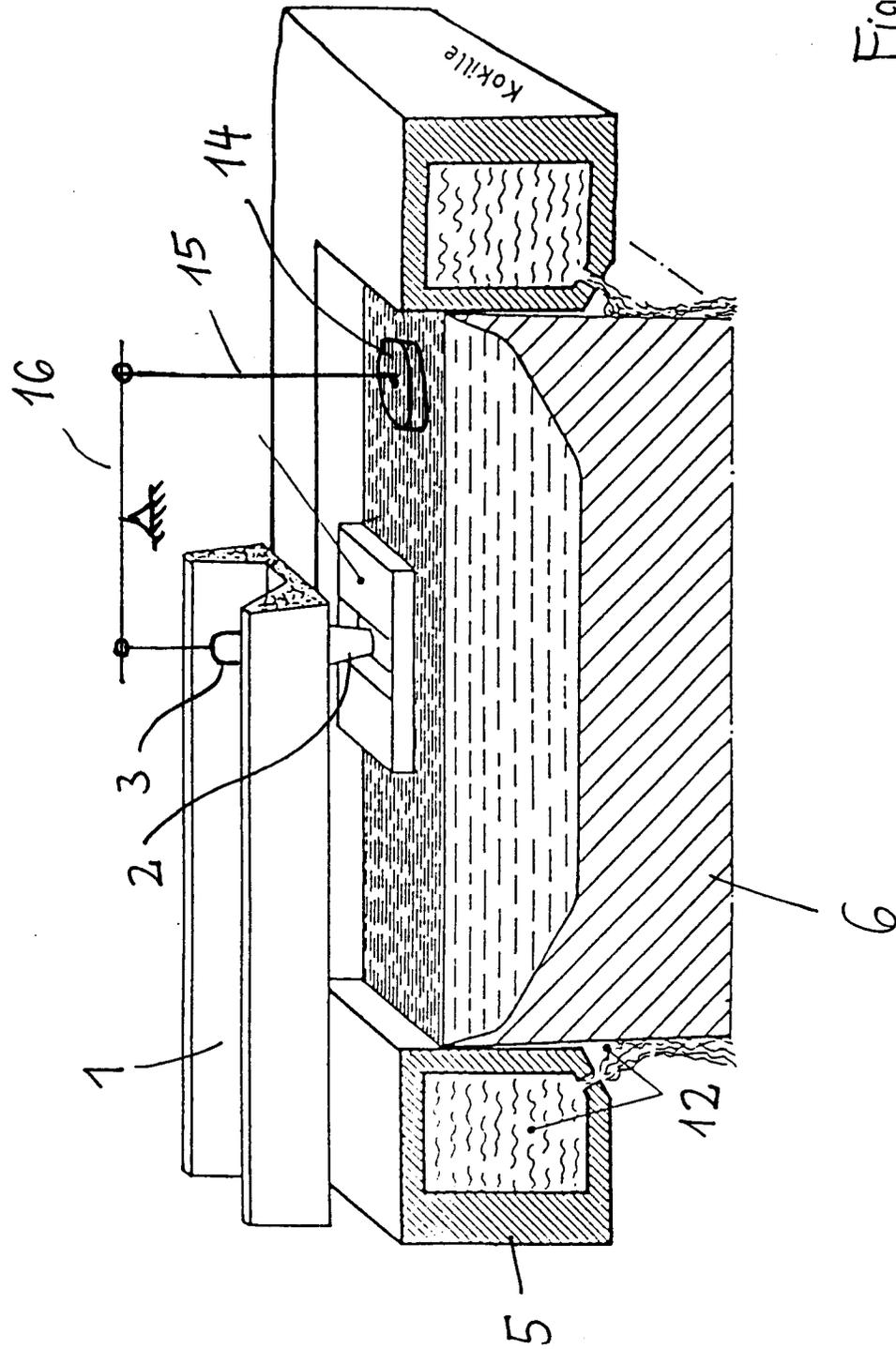


Fig. 8