



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer:

**0 275 426
A2**



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG



Anmeldenummer: **87117752.3**



Int. Cl.⁴ **B22D 19/00 , B22D 21/00**



Anmeldetag: **01.12.87**



Priorität: **17.01.87 DE 3701218**



Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.88 Patentblatt 88/30



Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE



Anmelder: **VEREINIGTE ALUMINIUM-WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin - Bonn Postfach 2468
Georg-von-Boeselager-Strasse 25
D-5300 Bonn 1(DE)**



Erfinder: **Woithe, Herbert, Dr.
Rüngsdorfer Strasse 12a
D-5300 Bonn 2(DE)
Erfinder: Penkava, Josef, Dipl.-Ing.
Lennéstrasse 47
D-5300 Bonn 1(DE)
Erfinder: Ibe, Gerhard, Prof. Dr.-Ing. habil.
Phys.
Auweg 12
D-5330 Königswinter 41(DE)**



Vertreter: **Müller-Wolff, Thomas, Dipl.-Ing.
c/o Vereinigte Aluminium-Werke AG
Patentabteilung Postfach 2468
D-5300 Bonn 1(DE)**



Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von faserverstärkten Metallteilen.



1 Bei der unmittelbaren Übertragung der zur Herstellung unverstärkter Gußteile angewandten Vakuumdruckgußtechnik in Kaltkammer-Druckgießmaschinen auf die Herstellung faserverstärkter Gußteile ergeben sich gravierende Nachteile. Durch die Anordnung des Vakuumanschlusses oberhalb des Formhohlraums werden beim Ansaugen der Schmelze die im Schmelzenbehälter und in der Füllkammer vorhandenen Gase durch den gesamten Formhohlraum gesaugt. Dabei können in dem eingelegten Faserkörper Gasreste zurückbleiben, die zur Bildung von Gasblasen oder Lunkern im Gußteil führen. Daneben besteht die Gefahr der Kondensation von z.B. Schmiermitteldämpfen oder leicht flüchtigen Legierungsbestandteilen auf den Fasern. Dadurch wird die Benetzung der Fasern mit der Metallschmelze behindert, und damit die erzielbare

Verbundfestigkeit deutlich herabgesetzt. Diese Nachteile sollen durch das neue Verfahren vermieden werden.

2 Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ist der Vakuumanschluß im Bereich des Gießlaufs (8) zwischen der Füllkammer (1) und dem Formhohlraum (7) angeordnet. Restgase aus der Füllkammer (1) werden dadurch abgesaugt, bevor sie in den Formhohlraum (7) gelangen, wobei gleichzeitig der Faserformkörper entgast wird. Auf diese Weise wird jede Kontamination der Fasern verhindert, so daß hohe Verbundfestigkeiten erzielt werden.

3 Vakuumdruckgießen von faserverstärkten Aluminium-Gußteilen.

EP 0 275 426 A2

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von faserverstärkten Metallteilen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von faserverstärkten Metallteilen nach Vakuumdruckgießtechnik, wobei die Dosierung des Metalls mittels Vakuum über ein Steigrohr und eine Ansaugöffnung in die Füllkammer erfolgt und durch Vorfahren des Gießkolbens das Metall über einen Gießlauf in den Formhohlraum hineingedrückt wird.

Aus "Moderne Druckgußfertigung" 1971 (Brunnhuber), Seite 57 ff. ist die Vakuumdruckgußtechnik für horizontale und vertikale Kaltkammer-Druckgießmaschinen bekannt. Dabei wird die Schmelze über ein Steigrohr in die Füllkammer mittels eines Vakuums gesaugt, das - in Strömungsrichtung der Metallschmelze - oberhalb des Formhohlraums angeordnet ist.

Bei der Anwendung dieses Verfahrens auf die Herstellung von faserverstärkten Druckgußteilen ergibt sich der Nachteil, daß zusammen mit der Metallschmelze auch die im Schmelzenbehälter und in der Füllkammer vorhandenen Gase mit angesaugt werden. Diese Gase müssen bei den herkömmlichen Verfahren durch die Faserlagen hindurchgesaugt werden und erhöhen die Gefahr der Blasenbildung durch im Faserkörper zurückgebliebene Gasreste.

Ferner ist es unter bestimmten Temperaturbedingungen möglich, daß Schmiermitteldämpfe aus der Füllkammer an der Fasereinlage kondensieren, und dadurch die Benetzung durch die nachströmende Metallschmelze verhindert wird. Die Fasern eines faserverstärkten Verbundwerkstoffs sind dann zwar noch formschlüssig, aber nicht mehr vollständig kraftschlüssig in der Matrix eingebunden. Die erreichbare Festigkeit des Verbundes wird merklich verringert.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Herstellung von faserverstärkten Metallteilen die Einschließung von Gasen zu vermeiden und die Benetzung der Fasern durch die einströmende Schmelze zu verbessern. Erfindungsgemäß geschieht dies durch die in den Patentansprüchen angegebenen Merkmale.

Der schematische Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich wie folgt darstellen:

1. Fremdbefüllung

- a) Schmelze einfüllen,
- b) Füllkammer mit vorfahrendem Kolben - schließen,
- c) Dämpfe absaugen,

- d) Formraum durch vorfahrenden Kolben füllen,
- e) Vakuum schließen.

2. Selbstansaugung

- a) Vakuum anlegen,
- b) Schmelze ansaugen,
- c) Gießkolben vorfahren,
- d) Formraum füllen,
- e) Vakuum schließen.

Die Anordnung des Vakuumanchlusses zwischen Füllkammer und Formraum im Bereich des Gießlaufs hat den Vorteil, daß die Dämpfe des vom in die Füllkammer der Druckgießmaschine eingefüllten bzw. angesaugten flüssigen Metalls erhitzten Kolbensmiermittels separat und direkt aus der Füllkammer abgesaugt werden.

Die Dämpfe kommen nicht mehr mit kalten Wänden des Formhohlraums oder der Einlagen in Berührung und können sich nicht an der großen inneren Oberfläche des Faserformkörpers niederschlagen. Eine Kontamination durch alle Bestandteile des Füllkammerngases kann vollständig unterbunden werden.

Die Anwendung des vorliegenden Verfahrens ist insbesondere im Hinblick auf leicht flüchtige Legierungsbestandteile wichtig, wie z.B. Magnesium und dessen Oxide, die bei Überhitzung der Schmelze leicht gebildet und in dem Formhohlraum abgeschieden werden. Mit dem vorliegenden Verfahren ist es möglich, den Formhohlraum der Druckgießmaschine frei von Luft und anderen Restgasen und insbesondere die innere Oberfläche der eingesetzten Faseranordnungen frei von jeder Kontamination durch kondensierte Rückstände bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der automatischen Ansaugung der Metallschmelze für den Schuß zu halten.

Für bestimmte Anwendungsfälle - insbesondere für großvolumige Teile - ist es vorteilhaft, die Fasereinlage etwa auf Gießtemperatur vorzuheizen. Bei diesen Temperaturen können Restverunreinigungen auf den Fasern verdampfen und in den Formhohlraum gelangen. Dieses wird erfindungsgemäß durch einen weiteren zusätzlichen Absaugkanal verhindert, der ringförmig um den Formhohlraum im Bereich der Faserlage gelegt ist.

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

Fig. 1 = Längsschnitt durch eine erfindungsgemäße Druckgießmaschine

Fig. 2 = Querschnitt entlang AA gem. Fig. 1

Fig. 3 = Längsschnitt durch einen Formhohlraum mit magnetischen Haltekörpern.

Fig. 4-6 = Querschnitt durch 3 verschieden hergestellte faserverstärkte Gußteile

Fig. 7 u. 8 = Querschliffe durch zwei faserverstärkte Druckgußteile

Fig. 9 - 11 = Röntgendurchstrahlungsbilder von drei faserverstärkten Pleuelstangen

In Figur 1 ist die Füllkammer mit 1, der Druckkolben mit 2, der Gießzylinder mit 3, das Steigrohr mit 4 und der Schmelzenbehälter mit 5 bezeichnet.

Zwischen den Formhälften 6a, 6b befindet sich der Formhohlraum 7, der im Bereich des Gießlaufes 8 den Absaugkanal 9 mit Filter 10, Vakuumsteuerventil 11 und den Vakuumbehälter 12 und Vakuumpumpe 13 aufweist.

Figur 2 zeigt die Füllkammer 1 im Querschnitt mit daran anschließendem Gießlauf 8, in den der Vakuumkanal 9 mündet. Der Formhohlraum 7a, b ist an eine ringförmige Absaugung 14a, b, c angeschlossen, die für eine zusätzliche Entgasung des Faserformkörpers vor Eindringen der Schmelze sorgt.

Figur 3 zeigt schematisch einen Formhohlraum 15, der durch zwei Formhälften 16a, 16b gebildet wird. An den äußeren Enden der Formhälften 16a, b sind jeweils 2 Bohrungen 17a, 17b und 18a, 18b zur Aufnahme von magnetischen Körpern 19 - 22 vorgesehen.

In den Formhohlraum 15 ist ein zylindrischer Faserformkörper 23 eingelegt. Dieser weist an den jeweiligen Endpunkten ringförmige Abstandhalter 24, 25 aus ferromagnetischem Werkstoff auf. Es ist möglich, die magnetischen Körper 19 - 22 sowohl aus normalen Magneten als auch in Form von Elektromagneten einzusetzen.

Anhand der vorstehend beschriebenen Vorrichtungen soll nun das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert werden. Die dabei gewählten Voraussetzungen sind als bevorzugte Ausführungsbeispiele aus einer Reihe von vielen Anwendungsmöglichkeiten ausgewählt worden.

Zunächst wird ein Faserformkörper bzw. eine Fasereinlage aus Lang-und/oder Kurzfasern nach bekannten Verfahren hergestellt.

Als Fasermaterial kommen in bevorzugter Weise Al_2O_3 sowie die SiC-Fasern in Betracht, es lassen sich aber auch andere hochfeste Metallfasern und Kohlenstofffasern sowie Borfasern verarbeiten. Die bevorzugten Al_2O_3 -haltigen Fasern sind unmagnetisch und werden nach der bekannten Sintertechnik zu einem festen Verbund vorgeformt. Dabei können bekannte Bindemittel auf Silikatbasis, z.B. "LUDOX" der Fa. DuPont eingesetzt werden.

Der Faserformkörper wird ggf. nach einer Vorheizung in den Formhohlraum 7 eingelegt, der sich in der beweglichen und/oder feststehenden

Formhälfte 6a, b bzw. 16a, b befindet. Der Faserformkörper wird dabei entweder durch Kernteile oder vorzugsweise durch Magnete - wie in Fig. 3 gezeigt - in der Form fixiert, wobei die Fasern zusätzlich ferromagnetische Metallteile enthalten müssen.

Nach dem Schließen der Formhälften 6a, b bzw. 16a, b wird die Füllkammer 1 und der Formhohlraum 7 durch den Vakuumkanal 9 evakuiert. Der Vakuumkanal 9 ist im Bereich des Gießlaufes 8 zwischen dem Ende der Füllkammer 1 und dem Formhohlraum 7 angebunden. Er kann aus einer Leitung oder auch vorzugsweise aus mehreren Leitungen dünnen Querschnitts gebildet werden.

Zusätzlich kann der Formhohlraum 7 zur Ausgangsseite hin über eine Ringleitung 14 evakuiert werden. Diese sorgt insbesondere bei vorgeheizten Faserformkörpern für eine Absaugung flüchtiger Verunreinigungen und gasförmiger Einschlüsse der Fasern.

Gleichzeitig wird über das Steigrohr 4 Schmelze aus dem Behälter 5 in die Füllkammer 1 angesaugt. Der Enddruck liegt im Bereich von 100 mbar - vorzugsweise zwischen 95 und 110 mbar - .

Je nach Art der Legierung und der Gießtemperatur wird die Evakuierungszeit über ein Vakuumventil 11 im Bereich von 2-10 Sekunden eingestellt. Danach schießt der Druckkolben 2 die Schmelze mit einer Geschwindigkeit von 0.3 bis 6 m/s in die Form.

Nach einer Erstarrungszeit von 8 bis 60 Sekunden öffnet sich die Form 6a, b bzw. 16a, b, so daß das Gußstück entnommen und das Trennmittel erneut für den nächsten Schuß aufgespritzt werden kann.

In den Figuren 4 bis 6 sind 3 auf verschiedene Weise hergestellte faserverstärkte Gußteile dargestellt. Fig. 4 zeigt ein Gußteil, das nach herkömmlicher Vakuumdruckgießtechnik hergestellt wurde, wobei der Vakuumkanal am oberen Ende des Formhohlraums hinter der Fasereinlage angebunden wurde.

Fig. 5 zeigt ein faserverstärktes Druckgußteil, das nach einer modifizierten Vakuumdruckgießtechnik hergestellt wurde, wobei das Vakuum im Bereich des Gießlaufes und am oberen Ende des Formhohlraums hinter der Fasereinlage abgezogen wurde.

Fig. 6 zeigt ein faserverstärktes Druckgußteil, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer Vakuumanbindung im Bereich des Gießlaufes hergestellt wurde.

Die Gießdaten für alle drei Herstellungsverfahren lauten:

Legierung: AlSi12CuNiMg nach DIN 1725, Blatt 2

Gießtemperatur: 730 °C

Formtemperatur: 200 - 250 °C

Faserformkörper: aus Al_2O_3 auf > 650 °C vor-

gewärmt

Gießdruck: variierte zwischen 980 und 1020 bar.

Nach dem Herausnehmen wurden die Gußteile an Luft abgekühlt und bei Temperaturen von 500 °C eine Stunde lang lösungsgeglüht. Danach erfolgte ein Abschrecken in heißem Wasser mit einer anschließenden Warmauslagerung bei 180 - 250 °C für 4 Stunden.

Das in Fig. 4 dargestellte Gußteil weist Mikrolunker mit Durchmessern von 10 bis 200 µm sowie gasgefüllte Poren auf, die Restgase aus der Atmosphäre sowie dampfförmige Anteile des Schmiermittels enthalten. Die Porosität betrug bei diesem Teil mehr als 1,5 %, berechnet aus der Differenz zwischen tatsächlicher Dichte und theoretisch vorhandener Dichte.

Teile aus dem im Zusammenhang mit Fig. 5 beschriebenen Herstellungsverfahren weisen Porositäten zwischen 0,5 und 1,0 % auf. Es ist erkennbar, daß insbesondere in den Fasereinlagen noch sehr viele gasförmige Einschlüsse vorhanden sind.

Die Porosität eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Gußteils lag unter 0,3 %. Das Gefüge ist homogen und ohne Störstellen.

Fig. 7 und 8 zeigen Querschnitte durch ein mit und ohne Wärmebehandlung (Anspruch 4) hergestelltes Gußteil. Es handelt sich um energiedispersive Röntgenaufnahmen zur Magnesiumverteilung bei einer AlSi12CuNiMg-Legierung mit einem Vergrößerungsfaktor von 3600.

Man erkennt in Fig. 7 eine relativ gleichmäßige Magnesiumverteilung zwischen den Fasern 27, 28, während in Fig. 8 nach einer Wärmebehandlung von 500 °C für 3,5 Stunden und einer anschließenden Abschreckung mit heißem Wasser eine ringförmige Reaktionsschicht 29 um die Al₂O₃ Fasern 30 entstanden ist.

Die Reaktionsschicht besteht im vorliegend gewählten Beispiel aus AlMg-Spinellen vom Typ MgO × Al₂O₃, die die Haftung zwischen der Matrix und den Fasern durch chemische Bindung um einen Faktor 2 bis 10 verstärken, wobei die höheren Werte mit einer anschließenden Warmauslagerung bei 200 °C für 4 Stunden erzielt wurden.

Weitere Versuche haben gezeigt, daß Gußteile mit einer ringförmigen Reaktionsschicht zwischen Fasern und Matrix ca. 90 % und mehr der maximal erzielbaren Verbundfestigkeit erreichen. Die theoretische Verbundfestigkeit wird dabei ermittelt aus den Festigkeitswerten der Fasern und des Matrixwerkstoffes im Verhältnis zu ihrem jeweiligen Volumenanteil.

Ohne die erfindungsgemäße Reaktionsschicht lassen sich nur ca. 50 % der theoretisch möglichen Verbundfestigkeit erreichen. Dieses liegt daran, daß durch Adhäsionskräfte nur ein Teil der Zugspannungen zwischen Fasern und Matrix übertragen

werden können.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß durch die große Porenfreiheit auch aushärtbare Aluminiumlegierungen als Matrixwerkstoff verwendet werden können. Bisher wurden durch die bei der Aushärtung erforderlichen hohen Temperaturen die Gefüge durch gasförmige Einschlüsse und Mikrolunker derart gedehnt, daß große Risse und Blasen auf der Oberfläche entstanden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann daher nicht nur die Einbettung der Fasern mittels einer reaktionsfähigen Zwischenschicht verbessert, sondern gleichzeitig die Festigkeit der Matrix an sich und damit die Gesamtfestigkeit des Verbundwerkstoffs erhöht werden.

Die Fig. 9 bis 11 zeigen Aufnahmen der Röntgendurchstrahlung im Maßstab 1:1 von faserverstärkten Pleueln, wobei analog zu den Figuren 4 bis 6 drei verschiedene Herstellungsverfahren verwendet wurden. Das Teil in Fig. 9 wurde nach herkömmlicher Vakuumdruckgießtechnik hergestellt, wobei der Vakuumkanal am oberen Ende des Formhohlraums hinter der Fasereinlage angebunden war. Beim Teil nach Fig. 5 wurde ein modifiziertes Vakuumdruckgießverfahren angewendet, bei dem das Vakuum im Bereich des Gießlaufs und am oberen Ende des Formhohlraums hinter der Fasereinlage gleichzeitig abgezogen wurde. Das Teil in Fig. 11 wurde nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer Vakuumanbindung im Bereich des Gießlaufs hergestellt. Die Gießdaten sind im Zusammenhang mit den Figuren 4 bis 6 näher erläutert worden.

Man erkennt in Fig. 9 zahlreiche Gasporen und Lunker im Bereich des Angusses, während im Schaftbereich nur einzelne Poren erkennbar sind. Nach Fig. 10 sind im Bereich des Pleuellagers noch einige Gasporen und Lunker vorhanden, während in Fig. 11 diese Stelle keinerlei Unregelmäßigkeiten mehr aufweist. Die Unregelmäßigkeiten (Lunker und Glasblasen) im Gefüge sind Ansatzpunkte für Rißbildungen, die zu einer Schwächung der Festigkeitswerte insbesondere der Kerbschlagzähigkeit führen. Vergleichende Untersuchungen zeigen, daß die Festigkeit etwa proportional zur Menge des Porenvolumens abnimmt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung faserverstärkter Aluminium-Druckgußteile mittels Vakuumdruckgießtechnik in einer horizontalen Kaltkammer-Druckgießmaschine, bestehend aus Füllkammer mit Druckkolben und mindestens einem Formhohlraum, der mit der Füllkammer über einen Gießlauf verbunden ist, wobei vor bzw. während der Formfüllung ein Vakuum in der Füllkammer und

dem Formhohlraum aufrechterhalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Vakuum im Bereich des Gießlaufs einen geringeren Gasdruck aufweist als im Innern des Formhohlraums.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Vakuum im Bereich des Gießlaufs einen geringeren Gasdruck aufweist als im Innern der Füllkammer.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar vor Eintritt der Schmelze in den Gießlauf der Druck am Vakuumanschluß des Gießlaufs 50 bis 100 mbar und im Formhohlraum 100 bis 150 mbar beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das faserverstärkte Druckgußteil zur Ausbildung einer Reaktionsschicht zwischen Fasern und Matrix nach Beendigung der Evakuierung auf eine Temperatur von 450 bis 550 °C für 0,5 bis 5 Stunden erhitzt und anschließend mit heißem Wasser abgeschreckt wird.

5. Faserverstärktes Druckgußteil, hergestellt nach einem der vorhergehenden Verfahren, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrix aus einer aushärtbaren Aluminiumlegierung mit mindestens einem Zusatz an reaktionsfähigen Elementen der Gruppe Beryllium, Kalzium, Magnesium, Strontium und Barium in Gehalten von 0,1 bis 5 Gew.-% und die Fasern aus Alpha-und/oder Delta-Aluminiumoxid bestehen.

6. Druckgußteile nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß jede Faser von einer Reaktionsschicht aus Mischoxiden des Al_2O_3 mit den Legierungselementen der Al-Legierung umgeben ist.

7. Druckgußteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsschicht aus dem Spinell $\text{MgO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$ besteht.

8. Druckgußteil nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsschicht folgende Dicke aufweist: 0,1 bis 5 μm .

9. Vorrichtung von faserverstärkten Metallgußstücken mittels Vakuumdruckgießen, bestehend aus einer Füllkammer (1) mit einem Druckkolben (2) in Formhälften (6a, b) dem Formhohlraum (7), dem Gießlauf (8) und einem Vakuumkanal (9), dadurch gekennzeichnet, daß der Vakuumkanal (9) im Bereich des Gießlaufs (8) zwischen Füllkammer (1) und Formhohlraum (7) angeordnet ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anbindung des Vakuumkanals (9) in dem Bereich des Gießlaufs erfolgt, welcher der Füllkammer (1) am nächsten liegt.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zum Vakuumkanal (9) weitere Vakuumkanäle (14a, b, c) im Eingangsbereich des Formhohlraumes (7) angeordnet sind.

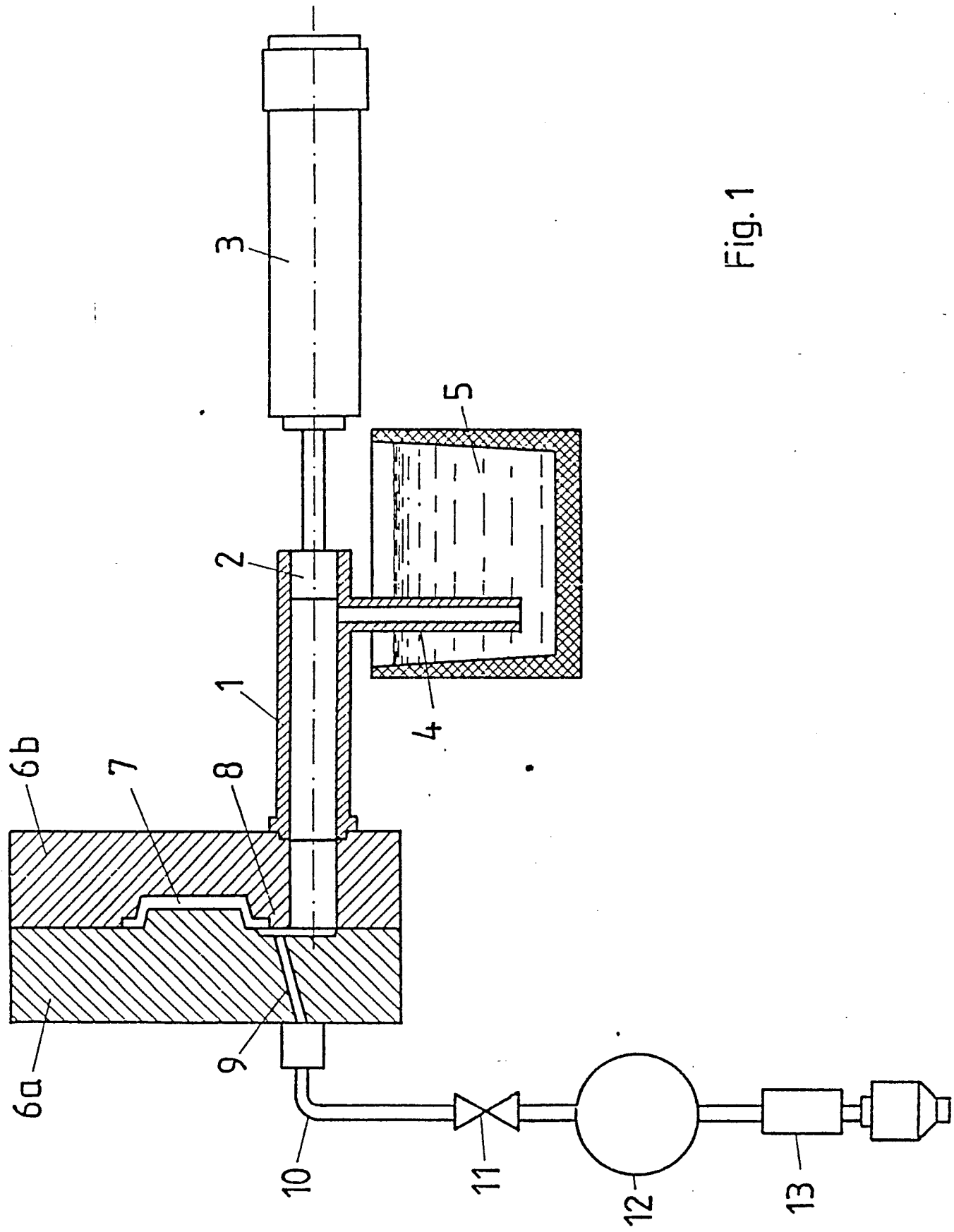


Fig. 1

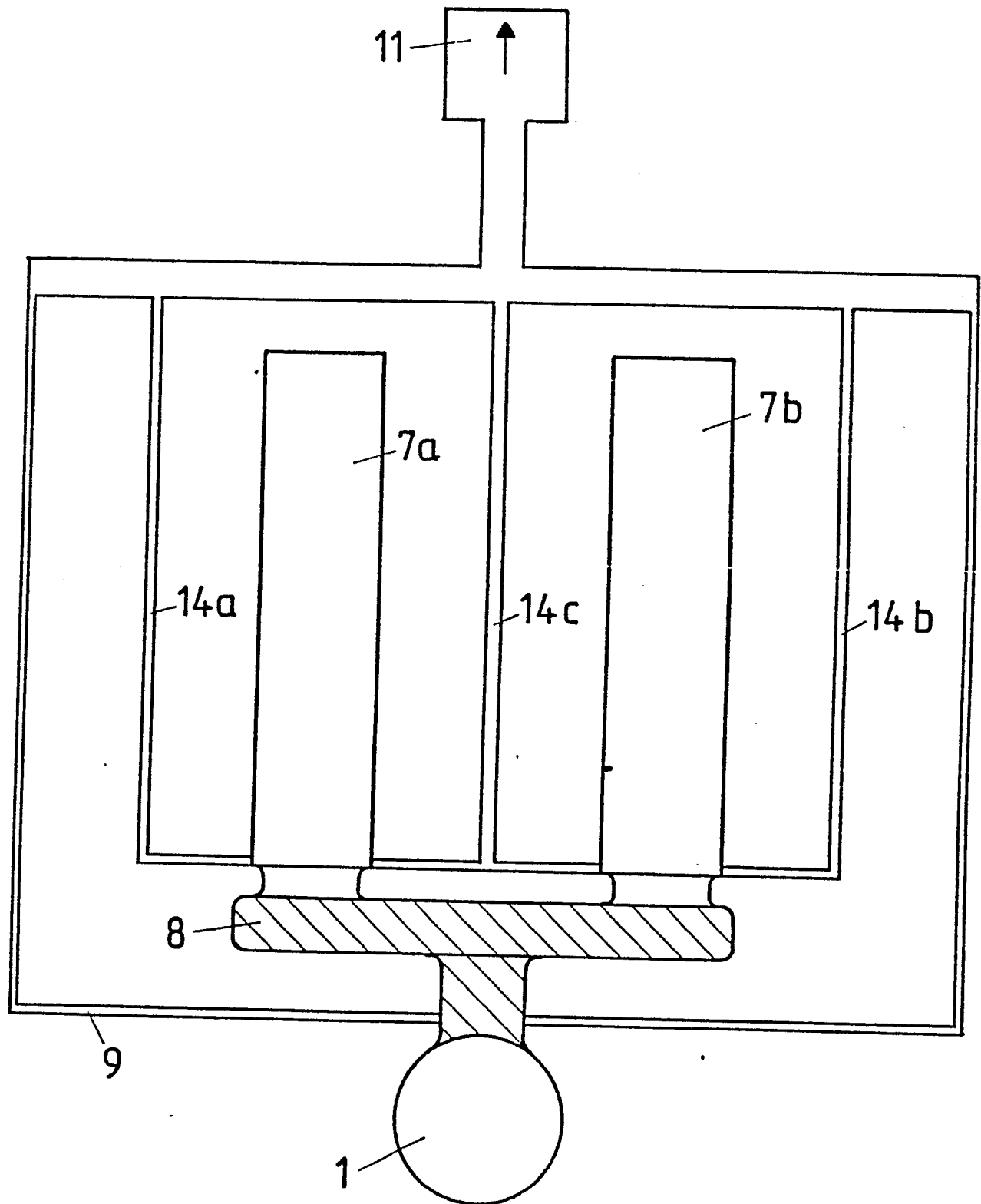


Fig. 2

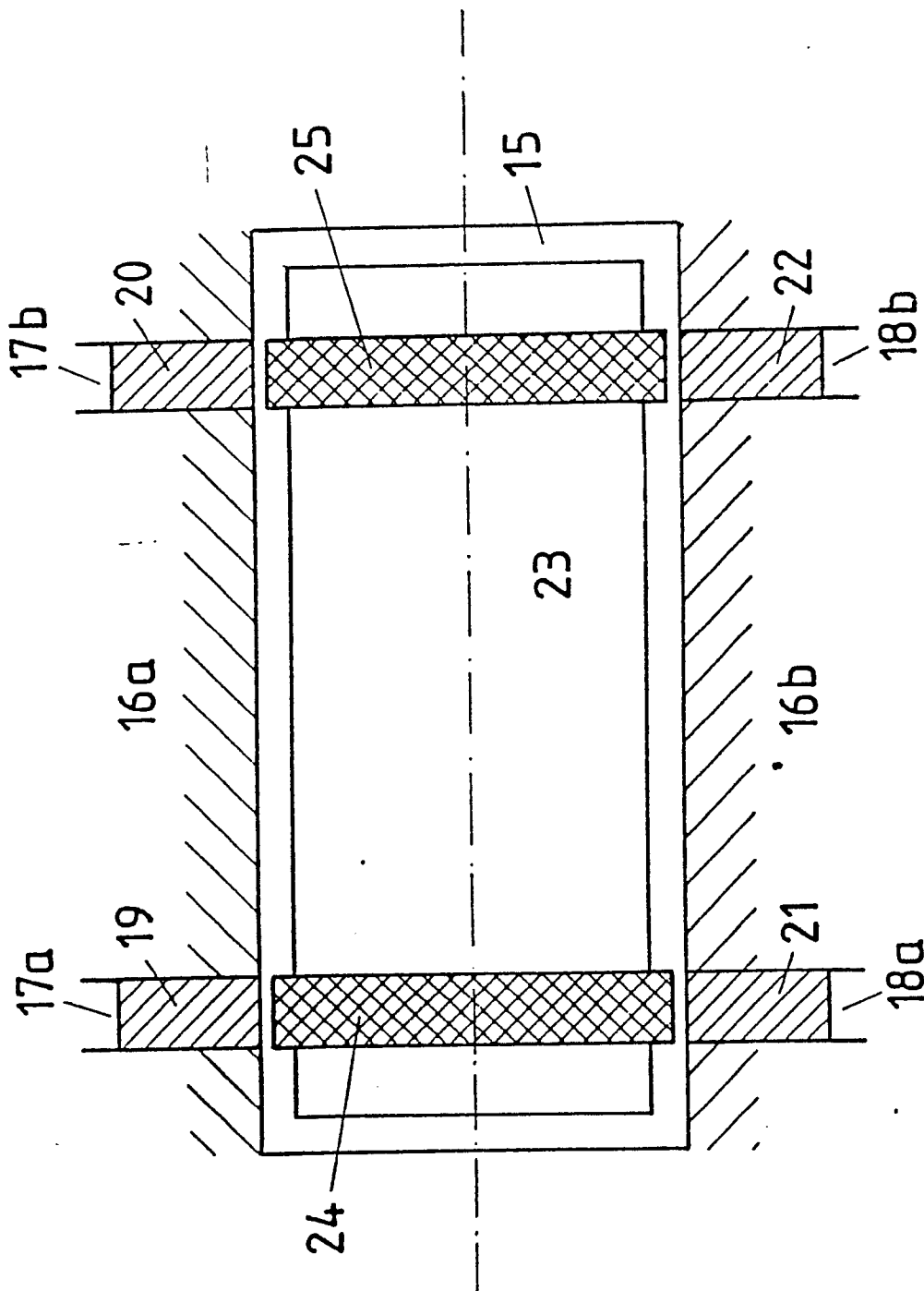


Fig. 3

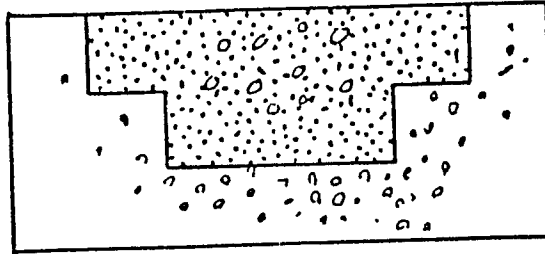


Fig. 4

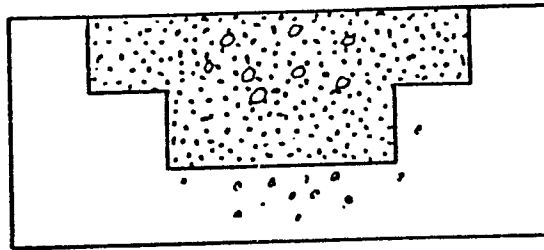


Fig. 5

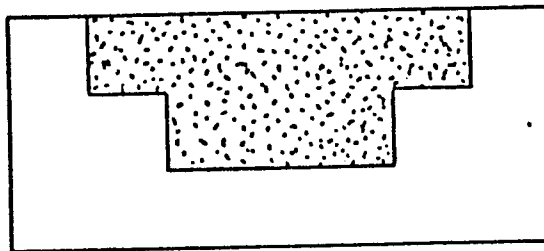
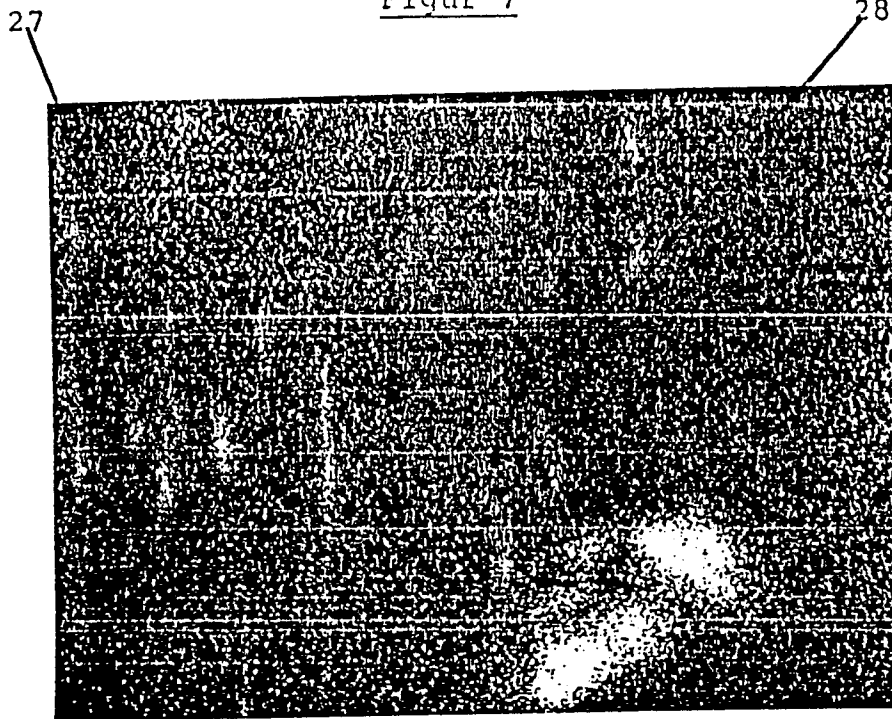
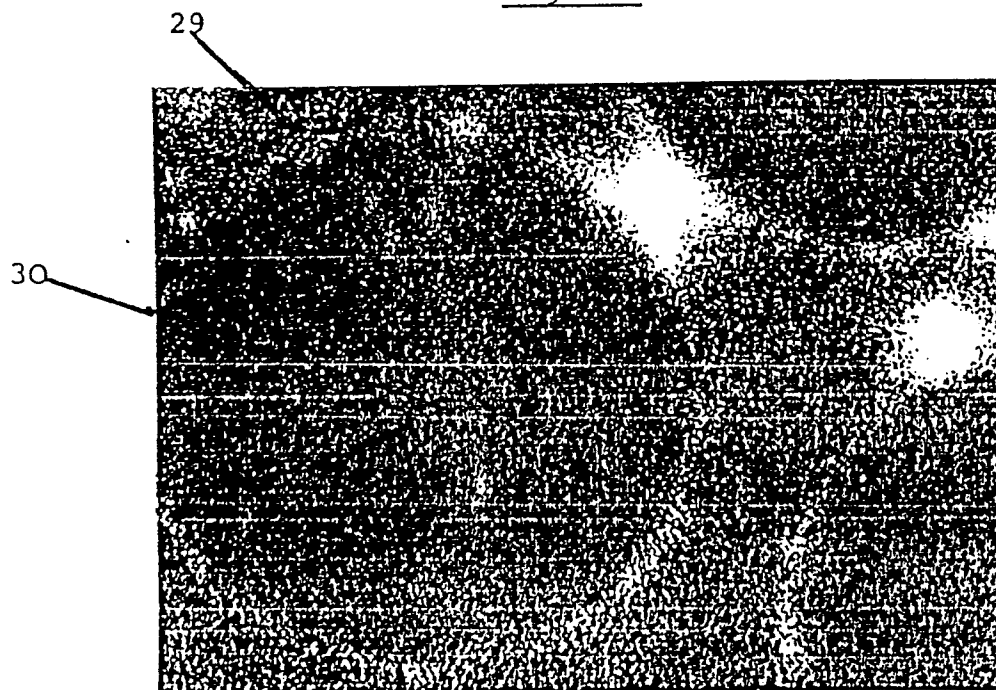


Fig. 6

Figur 7



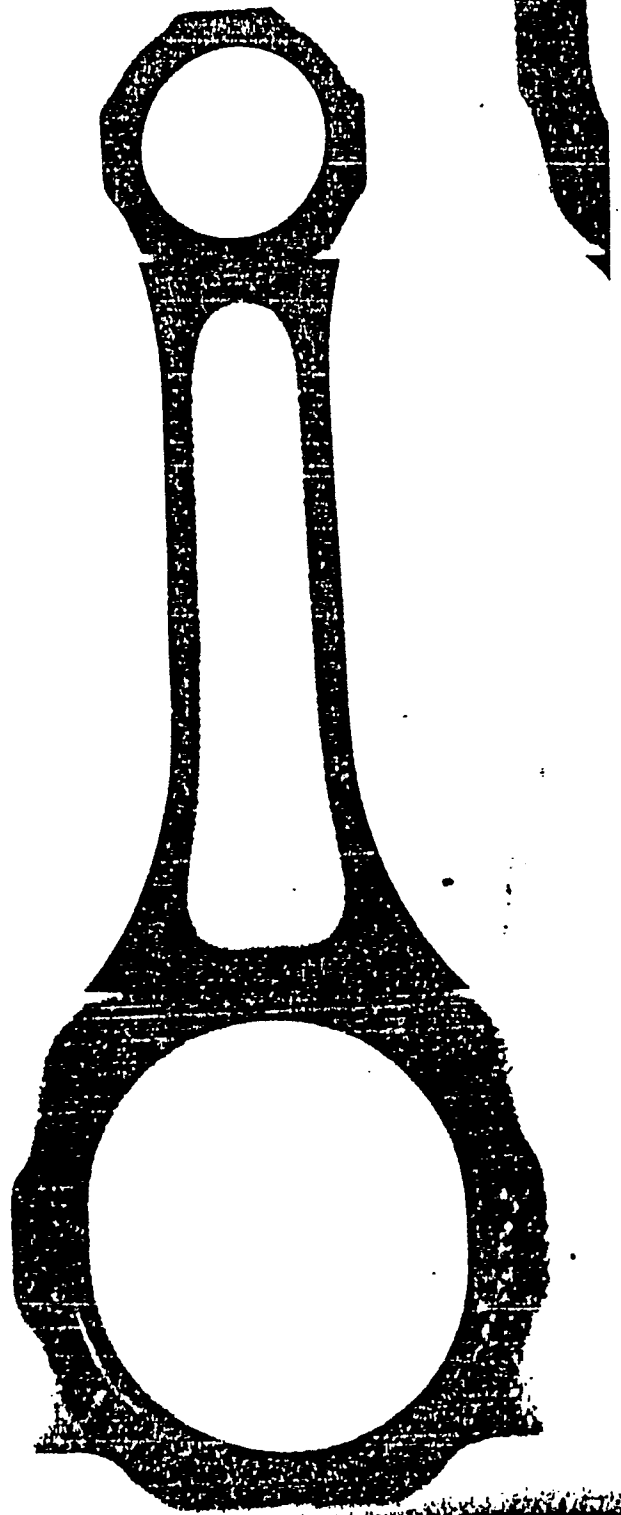
Figur 8



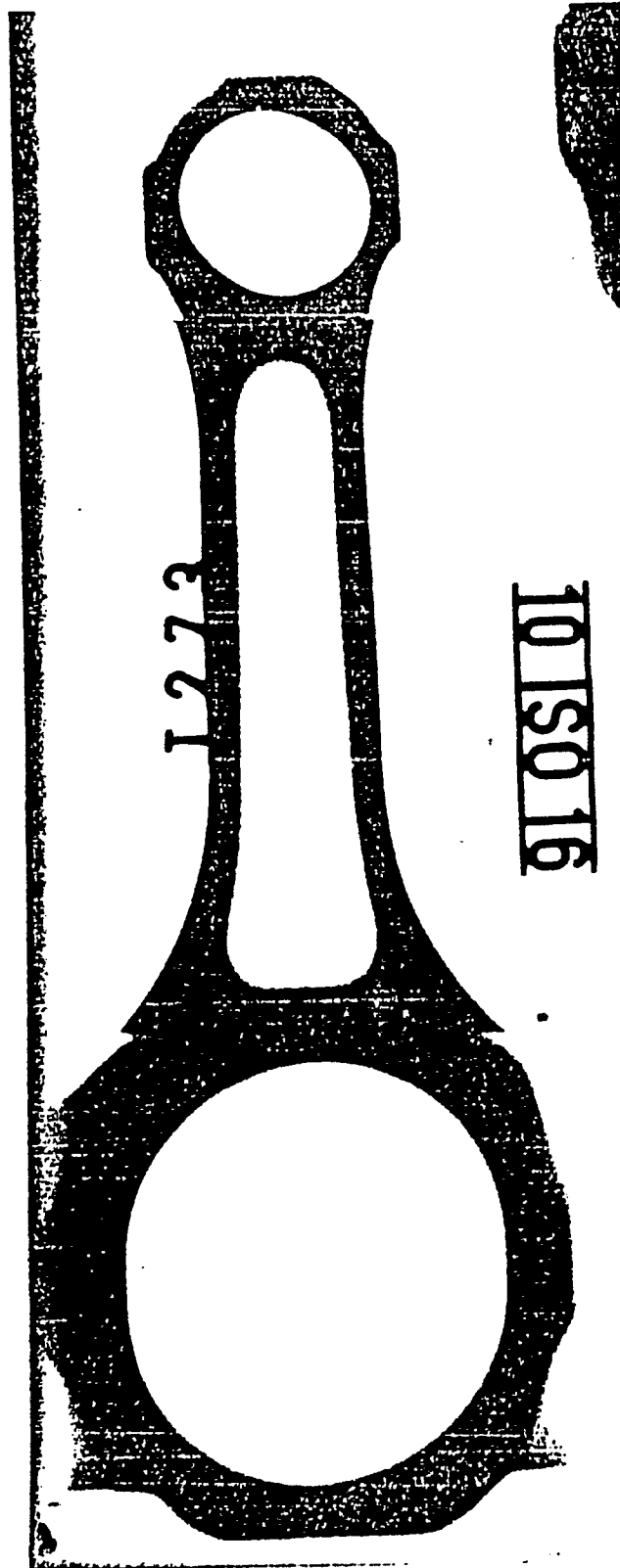
Figur 9

0 2

DIN 62 AL



Figur 10



Figur 11

51

1163

