



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 139 119 B1**

⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
21.09.88

⑥① Int. Cl.⁴: **B 22 C 15/00, B 22 C 15/22,
B 22 C 9/00**

②① Anmeldenummer: **84108988.1**

②② Anmeldetag: **28.07.84**

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zum Verdichten von kornförmigen Formstoffen z.B. Giessereiformsand.**

③③ Priorität: **02.08.83 DE 3327822**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.85 Patentblatt 85/18

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.09.88 Patentblatt 88/38

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
**EP-A-0 036 434
EP-A-0 084 627
DE-A-2 949 340
DE-A-3 025 993
DE-A-3 105 350
DE-C-1 097 622**

⑦③ Patentinhaber: **Mertes, Josef, Zum Lehrberg 6,
D-5928 Bad Laasphe (DE)**

⑦② Erfinder: **Mertes, Josef, Zum Lehrberg 6, D-5928
Bad Laasphe (DE)**

EP 0 139 119 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruches 6.

Neben den rein mechanischen Verfahren zur Formstoffverdichtung durch Rütteln und Pressen sowie durch Einschießen des Formstoffes mit anschließende Nachpressen, sind Verfahren bekannt, bei denen der Formstoff durch die Druckwirkung eines explodierenden Gases oder durch die unmittelbare Einwirkung von Druckluft verdichtet wird. So sind z. B. entsprechende Vorrichtungen in den Druckschriften DE-3 025 993 und DE-2 949 340 (Explosionsverfahren) sowie in den Druckschriften DE-1 097 622, EP-A-36 434 und DE-3 105 350 (Druckluftverfahren) beschrieben.

Bei dem Explosionsverfahren ist es nachteilig, daß ein explosives Medium angewendet werden muß. Dieses macht erhebliche Maßnahmen der Sicherheit und des Umweltschutz erforderlich. Außerdem wird die Vorrichtung und der Formstoff erheblichen Temperaturbelastungen ausgesetzt, was u.a. zu einer starken Austrocknung der Formstoffoberfläche führt. Ferner ist davon auszugehen, daß sich die Druckwelle durch die Explosion sternförmig ausbreitet und somit nicht an allen Stellen gleichmäßig und senkrecht als frontale Druckwelle auf die lose Formstoffoberfläche auftrifft.

Die bekannten Vorrichtungen mit den Druckluftverfahren haben den Nachteil, daß die Druckluft punktuell und nicht gleichmäßig frontal auf die lose Formstoffoberfläche auftrifft. In DE-A-3 105 350 werden z.B. Maßnahmen beschrieben, die gezielt eine Trennung der Teilströme der in einem grobmaschigen Raster angeordneten Lavaldüsen bewirken sollen. Die Teilströme, die gemäß der Lavalcharakteristik gebündelt verlaufen, treffen somit punktuell auf den losen Formstoff auf und reißen dort tiefe Krater, die hochliegende Modellpartien aufdecken können. Neben der aufgewühlten kraterähnlichen Oberfläche der Formrückenseite führt dies auch zu einer ungleichmäßigen Verdichtung. Weitere Nachteile sind, daß die kegelförmigen Ventilteller einen großen Ventilhub erfordern und daß ein externer Antrieb mit fremder Energiequelle das Ventil oder die Ventile öffnet, was insgesamt gesehen die für das Verfahren bedeutsame Schnelligkeit des Systems negativ beeinflusst. Darüberhinaus sind Vorrichtungen bekannt, bei denen die Druckluft nach einem zentralen Auslaß über Schikanen auf die lose Formstoffoberfläche geleitet wird, was zu erheblichen Energieverlusten führt.

In EP-A-36 434 wird ein Luftstrom-Preßverfahren beschrieben, bei dem Druckluft in den Formstoff eingeblasen und an der Modellplatte wieder abgesaugt wird. Das Einblasen der Druckluft erfolgt dabei oberhalb der Formstoffoberfläche über Kanäle mit "Sandfilterdüsen", die bekanntlich nur kleinste

Querschnitte haben. Die Sandfilterdüsen bewirken dabei ein Anstauen der von einem Zentralauslaß anströmenden Druckluft, um sie dann gleichmäßig aus den Sandfilterdüsen ausströmen zu lassen. Durch die horizontale und vertikale sowie auch durch die entgegengesetzte Anordnung der Sandfilterdüsen entstehen erhebliche Energieverluste. Da der Durchströmvorgang nur relativ langsam ablaufen kann, ist die Nutzung der potentiellen Druckluftenergie für eine schlagartige Verdichtung nicht möglich. Mit diesem Verfahren kann daher nur eine Vorverdichtung aber keine Endverdichtung erreicht werden. Ein mechanisches Nachpressen ist daher zwingend erforderlich. Nachteilig ist auch, daß die Modellplatte zum Absaugen der Druckluft mit Sandfilterdüsen bestückt werden muß und daß außerdem eine Unterdruckquelle erforderlich ist.

Beim Auftreffen der Druckluft auf die lose Formstoffoberfläche, wird die Formstoffmasse beschleunigt und durch nachfolgendes Abbremsen auf der Modellplatte verdichtet. Es entsteht hierbei der charakteristische Formhärteverlauf mit hohen Werten an der Modellseite und niedrigen Werten an der Formrückseite, die von der Druckluft direkt beaufschlagt wurde. Die für die Gießtechnik ideale Charakteristik hat aber den Nachteil, daß die Formrückseite nicht den Anforderungen der Praxis entspricht, insbesondere im Hinblick auf Gießtumpel und Eingußtrichter. Es bedarf daher einer integrierten Einrichtung die diesen Nachteil beseitigt ohne jedoch den vorteilhaften Formhärteverlauf wesentlich zu beeinflussen. Vorteilhaft wäre, wenn diese gleiche Einrichtung auch die lose Formstoffoberfläche vor der Druckeinwirkung leicht andrückt. Dadurch wird einerseits das Luftporenvolumen in der losen Oberfläche des Formstoffes reduziert und andererseits das Eindringen der Druckluft in den Formstoff vermindert. Die zuvor beschriebene Einrichtung ist bei den bisher bekannten Vorrichtungen mit dem Druckluftverfahren nicht vorhanden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die beschriebenen Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, womit eine frontale, gleichmäßige und senkrecht wirkende Druckwelle erzeugt wird, die mit hoher Geschwindigkeit den Formstoff gleichmäßig verdichtet und die eine integrierte Einrichtung zur Vor- und Nachbehandlung der Formrückseite aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 6. Weitere Merkmale und besondere Ausführungsformen sind in den sonstigen Ansprüchen angegeben.

Die Vorteile der vorliegenden Erfindung werden insbesondere durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- die Bodenplatte weist eine große Anzahl kleiner kreisförmiger Öffnungen mit lavaldüsenähnlichen Querschnitten auf, die so

ausgebildet sind, daß der Luftstrahl am Ausgang der Düse leicht aufplatzt. Dies bewirkt im Zusammenhang mit einer definierten, minimalen Distanz zwischen Bodenplatte und der losen Formstoffoberfläche die Ausbildung einer frontalen Druckwelle, die senkrecht und gleichmäßig auf die lose Formstoffoberfläche auftrifft und somit zu einer gleichmäßigen Verdichtung führt.

- die Bodenplatte weist an der Unterseite zwischen den kreisförmigen Düsenausgängen eine noch ausreichende ca. prozentige Fläche zum Andrücken und Nachpressen des Formstoffes auf. Die Bodenplatte kann daher als integrierte Preßvorrichtung benutzt werden. Außerdem ist ein Nachverdichten auch durch Druckerhöhung des entspannten Gases möglich.
- Die Ventilstößel und der Hauptkolben bilden zusammen ein Differentialkolbensystem. Das Druckmedium der Druckgaskammer steht ständig als potentielle Energie am Hauptkolben an. Eine fremde Energiequelle ist nicht erforderlich. Die Freigabe des gesamten Auslaßquerschnittes erfordert nur den sehr geringen Hub von $d/4$ einer kleinen kreisförmigen Auslaßöffnung. Zusammen bewirken diese Kriterien ein Öffnen des gesamten Auslaßquerschnittes in nur wenigen Millisekunden.
- Der Hauptkolben benötigt keine Dichtungen, weil er mit dem Medium der Druckgaskammer angetrieben wird und weil der geöffnete Zustand nur Bruchteile von Sekunden dauert.
- Der Rahmen hat zum drosselfreien Nachströmen des Druckmediums die großzügig bemessenen Öffnungen. Außerdem ist auch der Querschnitt zwischen den Ventilstößeln großzügig bemessen. Der Kolbenhohlraum und der untere Zylinderraum sind integrierte Bestandteile der Druckgaskammer. Letzteres bewirkt ein annähernd verzögerungsfreies Reagieren des Hauptkolbens.
- Die Ventilstößel bestehen aus einem elastischen Material z. B. Gummi. Durch die Federwirkung unterstützen sie beim Öffnungsvorgang das Anheben des Hauptkolbens. Der Federweg der elastischen Ventilstößel bewirkt außerdem, daß zunächst die Massenträgheit des Kolbens und des Rahmens überwunden wird, bevor die Ventilstößel mit einer definierbaren Anfangsgeschwindigkeit vom Ventil Sitz abheben. Da die Beschleunigungszeit vom Geschwindigkeitswert Null bis zur Anfangs- bzw. Abhebegeschwindigkeit der Ventilstößel nicht in die Hubzeit für den Hub $d/4$ eingeht und sich die Anfangsgeschwindigkeit durch die weiter steigende Beschleunigung (Seite 8 -Zeile 25) progressiv erhöht, bewirkt auch dieses Kriterium ein Öffnen des gesamten Auslaßquerschnittes in nur wenigen Millisekunden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere in der Gießerei zur Verdichtung von Formen und Kernen, sowie in der Bauindustrie zur Verdichtung von Baustoffen Anwendung finden. Außerdem kann das erfindungsgemäße Verfahren auch zur Verdichtung von irgendwelchen anderen Formstoffen verwendet werden.

Nachstehend wird nun die Erfindung anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele beschrieben. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch die erfindungsgemäße Vorrichtung
linker Halbschnitt: in Ausgangsstellung
rechter Halbschnitt: in Arbeitsstellung
- Fig. 2 einen Querschnitt durch die Ventilstößel gemäß-Linie A-A, Fig. 1
- Fig. 3 einen Querschnitt durch den Rahmen gemäß Linie B-B, Fig. 1
- Fig. 4 eine Unteransicht der Bodenplatte gemäß Linie C-C, Fig. 1
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch einen Ventilstößel gemäß Linie D-D, Fig. 3
- Fig. 6 ein Anordnungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung
- Fig. 7 einen Teilschnitt einer anderen Ventilstößelausführung

Fig. 1 zeigt eine Modellplatte 5 mit Modell 5a zusammen mit einem Formkasten 7 und einem Füllrahmen 8. Darüber befindet sich die Bodenplatte 54, die eine große Anzahl kleiner, kreisförmiger Öffnungen 53 mit lavaldüsenähnlichen Querschnitten aufweist. Die Bodenplatte 54 ist Bestandteil der darüber angeordneten Druckluftkammer 17. Die Druckluftkammer 17 ist zur Vergrößerung des Ausgangsvolumens über die großzügig dimensionierten Leitungen 42 mit den zwei symmetrisch angeordneten Windkesseln 43 verbunden. Der Druck in der Druckluftkammer beträgt 5 bar. In der Druckluftkammer 17 befindet sich der luftdurchlässige Rahmen 45, der die elastischen Ventilstößel 52, 65 trägt. Die großzügig ausgelegten Bohrungen 14, 57, 67 im Rahmen 45 ermöglichen ein drosselfreies Durchströmen der Druckluft. Die elastischen Ventilstößel 52, 65 verschließen die Öffnungen 53 in der Bodenplatte 54. Der Rahmen 45 ist am Kolben 41 befestigt. Der Kolben 41, der das Öffnen und Schließen der Bodenplattenöffnungen 53 bewirkt, gleitet in einem Zylinder, dessen unterer Raum 21 integrierter Bestandteil der Druckluftkammer 17 ist. Ebenso ist der Kolbenhohlraum 20 integrierter Bestandteil der Druckluftkammer 17. Am Außenrand des Gehäuses 15 ist ein senkrecht beweglicher Flansch 11 an vier Pneumatikzylindern 44 aufgehängt. Die Pneumatikzylinder stehen kolbenseitig unter Dauerdruck und sie wirken somit als pneumatische Feder. In der Ausgangsstellung werden die Kolben gegen die Anschläge 16

gedrückt. Der Flansch 11 hat die Aufgabe, mit seinen Dichtungen 9 und 13 eine druckdichte Verbindung zwischen dem Gehäuse 15 und dem Füllrahmen 8 herzustellen. Die Dichtung 9 ist eine statische Dichtung, während die Dichtung 13 mit Druckluft aktivierbar ist. Im nicht aktivierten Zustand zieht sich die Dichtung 13 hinter die Flanschinnenfläche zurück und das Gehäuse 15 kann mit dem Spiel 46 berührungslos durch den Flansch 11 bewegt werden. Im aktivierten Zustand wird die Dichtung 13 gegen die Außenwand des Gehäuses 15 gepreßt.

Fig. 1 linker Halbschnitt zeigt die Vorrichtung in der Ausgangsstellung. Die Modellplatte 5 mit Modell 5a, Formkasten 7 und Füllrahmen 8 ist über die Rollenbahn 4 unter die Bodenplatte 54 gefahren. Der Formstoff 6 ist bis zur Oberfläche 50 lose und gleichmäßig aufgeschüttet. Mit dem Hubtisch 3 wird die Modellplatte 5 von der Rollenbahn 4 abgehoben und mit der weiteren Aufwärtsbewegung wird der Füllrahmen 8 unter den Flansch 11 gedrückt, der dann gegen den pneumatischen Federdruck 44 ebenfalls nach oben bewegt wird. Die Aufwärtsbewegung wird soweit geführt bis die Bodenplatte 54 die lose Formstoffoberfläche 50 zur Verminderung ihres Luftporenvolumens leicht angedrückt hat. Danach wird durch eine Abwärtsbewegung die lose Formstoffoberfläche 50 in eine definierte Distanz 49 zur Bodenplatte 54 gebracht (Schußposition). Es kann aber auch darauf verzichtet werden, die Formstoffoberfläche leicht anzudrücken. Die Aufwärtsbewegung wird dann direkt bis zur definierten Distanz 49 (Schußposition) geführt.

Fig. 1 rechter Halbschnitt zeigt die Vorrichtung in Schußposition, wobei mit "Schuß" das schlagartige Austreten der Druckluft gemeint ist. In dieser Position wird zunächst die Dichtung 13 aktiviert. Der pneumatische Federdruck 44 bewirkt eine Anpressung der Dichtung 9. Außerdem wirkt dieser pneumatische Federdruck der Kraft entgegen, die durch die Druckeinwirkung auf den Spalt 48 entsteht. Das System ist damit druckdicht verschlossen und die Druckwellenverdichtung kann freigegeben werden. Das Gehäuse der Druckluftkammer 17 ist über den Kopfrahmen 22, den Säulen 55, dem Grundrahmen 1 und dem Zylinder 2 mit Hubtisch 3 zu einem kraftschlüssigen System verbunden.

Durch Anheben des Kolbens 41 werden über den biegesteifen Rahmen 45 alle Auslaßbohrungen 53 gleichzeitig geöffnet. Weil zum Öffnen eines drosselfreien Querschnittes nur ein kleiner Hub von wenigen Millimetern ($d/4$ einer Auslaßbohrung) erforderlich ist und weil weitere noch zu beschreibende, vorteilhafte Kriterien vorliegen, werden nur wenige Millisekunden zum Öffnen eines drosselfreien Querschnittes benötigt. Die Druckluft kann somit aus den Öffnungen 53 der Bodenplatte 54, die insgesamt einen sehr großen Querschnitt ausmachen, in wenigen Millisekunden austreten. Die kreisförmigen Öffnungen 53, die gemäß Fig. 4 in einem Rastersystem sehr nah

beieinanderliegen, haben lavalaldüsenähnliche Querschnitte. Durch eine entsprechende Ausbildung der Düse wird erreicht, daß der Luftstrahl am Ausgang der Düse leicht aufplatzt. Dies hat zur Folge, daß die nah nebeneinander austretenden Luftstrahle sich vermischen und im weiteren Verlauf der Distanz 49 eine Druckwelle bilden. Die Druckwelle trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die lose Formstoffoberfläche 50 auf. Der Formstoff 6 wird beschleunigt und durch nachfolgendes Abbremsen auf der Modellplatte 5 verdichtet. Die Druckluft entspannt dabei in dem geschlossenen System mit adiabatischem Verlauf auf einen definierten Enddruck. Die stärkste Verdichtung entsteht im Bereich der Modellplatte, weil diese als starre und unnachgiebige Masse die stärkste Verzögerung der Formstoffmassenteilchen bewirkt und weil hier noch die vollständige Masse des Formstoffes wirksam ist. Im Verlauf zur Oberfläche 51 hin nimmt die Formstoffverdichtung leicht ab, weil die Formstoffmasse und somit die Massenenergie abnimmt und weil die oberen Schichten des Formstoffes nicht mehr unmittelbar auf der starren Modellplatte sondern in den Zwischenschichten des Formstoffes abgebremst werden. Es entsteht hierdurch der charakteristische und gießtechnisch ideale Formhärteverlauf. Falls die Formhärte der Oberflächenschicht 51 nicht ausreicht, um Gießtumpel und Gießtrichter einzufräsen, so kann die Formstoffoberfläche 51 nachverdichtet werden ohne jedoch den idealen Formhärteverlauf wesentlich zu beeinflussen. Hierzu wird nach dem Verschließen der Bodenplattenöffnungen 53 das Ventil 12 geöffnet. Der Restdruck über der Formstoffoberfläche 51 wird dabei wieder auf den Systemdruck 6 bar erhöht und dieser wird für eine kurze Zeit als statischer Druck über der Formstoffoberfläche 51 gehalten. Über das Ventil 10 wird der Raum zwischen Bodenplatte 54 und Formstoffoberfläche 51 wieder drucklos gemacht. Eine weitere Möglichkeit der Nachverdichtung besteht darin, daß die Formstoffoberfläche 51 mittels Hubtisch 3 gegen die Bodenplatte 54 gedrückt wird. Dies geschieht, indem zuvor der Restdruck über der Formstoffoberfläche 51 durch das Ventil 10 abgelassen und die Dichtung 13 entspannt wird. Die wirksame Preßfläche 59 zwischen den Öffnungen 53 beträgt ca. 50 % der gesamten Formstoffoberfläche 51.

Nach dem Verdichtungs Vorgang wird der Hubtisch wieder abgesenkt, wodurch sich die Modellplatte 5 mit Modell 5a, Formkasten 7, Füllrahmen 8 und der verdichteten Form wieder auf die Rollenbahn 4 absetzt. Die Modellplatte 5 mit den aufliegenden Einheiten wird heraus gefahren. Gleichzeitig wird von der entgegengesetzten Seite die andere Modellhälfte unter die Bodenplatte 54 gefahren und mit Anheben des Hubtisches 3 beginnt ein neuer Verdichtungszyklus. Dieses vorteilhafte

Anordnungsbeispiel einer Druckgaskammer für zwei Modellhälften ist in Fig. 6 dargestellt. Darüberhinaus sind viele andere Anordnungsvarianten möglich.

Die Summe der Querschnittsflächen 47, 60 und die Querschnittsfläche des Kolbens 41 bilden zusammen ein Differentialkolbensystem. Die Querschnittsfläche des Kolbens 41 ist größer als die Summe aller Querschnittsflächen 47, 60. In den Zylinderräumen 21 und 24 sowie über den Ventilstößeln 52 stehen die gleichen Druckwerte der Druckluftkammer 17 an. Hieraus ergibt sich eine resultierende Kraft, die die Ventilstößel 52, 65 auf ihren Sitz drücken. Diese Kraft entspricht dem Produkt aus der Summe aller Querschnittsflächen 47, 60 und dem Druck der Druckluftkammer 17. Wird der Druck im Zylinderraum 24 auf atmosphärischen Druck entspannt, dann ergibt sich eine nach oben gerichtete Kraft, weil die Querschnittsfläche des Kolbens 41 größer ist als die Summe aller Querschnittsflächen 47, 60. Im Zeitpunkt, in dem die Ventilstößel zu öffnen beginnen, entspricht diese Kraft dem Produkt aus der Differenzquerschnittsfläche und dem Druck der Druckluftkammer. Im weiteren Verlauf des Ventilstößelhubes erhöht sich diese Kraft, weil durch das Freiwerden der Ventilstößel die gesamte Querschnittsfläche des Kolbens 41 wirksam wird. Zu berücksichtigen ist jedoch hierbei, daß der Druck entsprechend der Volumenverhältnisse und des adiabatischen Verlaufes von 5 bar auf ca. 3,5 bar abnimmt. Die Flächenverhältnisse sind so ausgelegt, daß im Zeitpunkt des Hubbegins der Ventilstößel eine Kraft zur Verfügung steht, die die Überwindung des Eigengewichtes und der Reibung sowie die erforderliche Beschleunigung sicherstellt. Die weitere Krafterhöhung kann somit eine zusätzliche Beschleunigung bewirken, was wiederum für das schnelle Öffnen von Bedeutung ist.

Die Kolbengleitflächen 18 und 23 sind mit Führungsbändern versehen, die einen sehr niedrigen Reibwert haben und hoch verschleißfest sind. Sie verhindern außerdem eine metallische Berührung des Kolben- und Zylindermaterials. Dichtungen sind an den Kolbengleitflächen 18 und 23 nicht erforderlich, weil der Kolben 41 im geschlossenen Zustand der Öffnungen 53 beidseitig vom gleichen Systemdruck beaufschlagt wird. Der geöffnete Zustand, indem der Zylinderraum 24 über die reichlich dimensionierten Schnellentlüfterventile 36 auf atmosphärischen Druck entlastet wird, dauert maximal nur 1 Sekunde. Die dabei auftretenden geringfügigen Leckagen werden in Kauf genommen, weil sie die Funktion nicht beeinflussen.

Nachfolgend werden nochmals die Kriterien zusammengefaßt, die für das schnelle, nur wenige Millisekunden dauernde Öffnen von besonderer Bedeutung sind:

- kleiner, nur wenige Millimeter langer Hub
- Kolbenflächen 18 und 23 ohne Dichtung

- Kolbenflächen 18 und 23 mit reibungsarmen Führungsbändern
- auf Grund des kleinen Hubes nur ein kleiner Zylinderraum 24, der über die Schnellentlüfterventile 36 sehr schnell entlüftet werden kann.
- Druck steht im Zylinderraum 21 als potentielle Energie an
- große Beschleunigungskraft zum Anheben des Systems unterstützt durch die Federwirkung der elastischen Ventilstößel 52, 65
- Öffnen der Ventilsitze mit einer definierten Anfangsgeschwindigkeit größer als Null (ca. 1 m/sek)

Die hohe Beschleunigung führt trotz des geringen Hubes zu einer hohen Kolbengeschwindigkeit. Um bei Hubende ein zu hartes Aufschlagen des Kolbens 41 zu vermeiden, ist im Zylinderraum 24 eine Federdämpfung 39 eingebaut, die den Kolben 41 über einen definierten Bremsweg zum Stillstand bringt. Auf der Kolbenfläche ist eine entsprechend belastbare Kunststoffscheibe 40 aufgebracht, die ein metallisches Aufschlagen des Kolbens auf die Fläche der Federdämpfung 39 verhindert. Wenn der Kolben 41 den zum Öffnen des gesamten Auslaßquerschnittes erforderlichen Hub 39a zurückgelegt hat, schlägt die Kunststoffscheibe 40 am Flansch 39 an. Die Federn 38 haben in dieser Ausgangsstellung nur eine sehr geringe Vorspannung, sodaß der Bremsbeginn annähernd stoßfrei ist. Die Federn 38 sind so ausgelegt, daß sie den Kolben 41 zum Stillstand bringen, bevor er den Zylinderflansch 25 berührt.

Die Führungen 56, die auch als Rollen ausgebildet sein können, verhindern ein Verdrehen des Rahmens 45. Sie sind mit einem geringfügigem Spiel eingestellt, sodaß die Hubbewegung des Rahmens nicht behindert wird.

Die Ventilstößel 52, 65 bestehen aus einem elastischen Material 64 (z.B. Gummi), welches auf einem Stahlkern 63 aufvulkanisiert ist. Der Stahlkern 63 und der Schraubenkopf 62 stützen das elastische Material gegen den nach Außen wirkenden Systemdruck ab. Die Flächen 68 und 61, 70 verlaufen genau planparallel. Die Länge 69 der Ventilstößel 52, 65 entspricht in einem definierten Toleranzbereich diesem planparallelen Abstand. Toleranzdifferenzen werden durch die Elastizität der Ventilstößel angeglichen. Die genaue Länge 69 wird innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches gefertigt. Die Gummimasse 64a stellt eine durch die Zuhaltkraft zusammengedrückte Feder dar, die mit ihrer Vorspannung das Anheben des Kolbens 41 und des Rahmens 45 beim Öffnungsvorgang unterstützt und die außerdem das Abheben der Ventilstößel 52, 65 vom Ventilsitz mit einer definierten Anfangsgeschwindigkeit größer als Null bewirkt. Für das Auswechseln der Ventilstößel 52, 65 wird das Gehäuseunterteil 15 am Schnellverschluß 19 gelöst und mit dem Hubtisch 3 abgesenkt und mittels einer einfachen

Palette über die Rollenbahn 4 seitlich weggefahren. Die Ventilstößel 52, 65 sind dann von unten frei zugänglich.

Fig. 1 zeigt neben der mechanischen Vorrichtung auch das pneumatische Steuerungssystem. Die Druckluft wird vom Netz mit dem Nenndruck 6 bar über den Absperrhahn 27 und über das Filter 26 eingespeist. Die Arbeitsluft wird von dort über das Ventil 30 und über den Druckregler 31 den zwei Windkesseln 43 zugeführt. Die Steuerluft wird hinter dem Druckluftöler 29 abgenommen und über die Ventile 32 und 34 dem Zylinderraum 24 zugeführt. Die Schnellentlüfterventile 36 dienen zum schnellen Entlüften des Zylinderraumes 24. Das Ventil 12 dient zum Nachverdichten der Formstoffoberfläche 51 und das Ventil 10 dient zum Entlasten des Raumes über der Formstoffoberfläche 51. Ventil 37 ist das Hauptsicherheitsventil. Mit dem Druckregelventil 31 wird der Arbeitsdruck auf 5 bar gehalten.

In der Ausgangsstellung ist das Ventil 34 stromlos geöffnet (Sicherheitsschaltung), das Ventil 32 stromlos geschlossen und das Ventil 30 stromführend geöffnet. Die Ventile 10, 12 und 28 sind stromlos geschlossen. In dieser Schaltstellung steht der Druck der Druckluftkammer 17 und der Windkessel 43 über das Rückschlagventil 33, dem Ventil 34 und den Schnellentlüfterventilen 36 im Zylinderraum 24 an. Der Kolben 41 wird nach unten gedrückt und die Ventilstößel 52, 65 verschließen somit die Öffnungen 53. Wenn die Vorrichtung sich in Schußposition befindet, wird zunächst das Ventil 28 geschaltet und somit die Dichtung 13 aktiviert. Danach wird das Ventil 34 eingeschaltet und das Ventil 30 ausgeschaltet. Das Ventil 30 unterbricht die weitere Zufuhr der Arbeitsluft. Das Ventil 34 unterbricht die Zufuhr der Steuerluft und entlastet gleichzeitig die Schnellentlüfterventile 36. Über einen großen und drosselfreien Querschnitt der Schnellentlüfterventile 36 und der nachgeschalteten Schalldämpfer 35 wird der Zylinderraum 24 in sehr kurzer Zeit entlastet. Der Kolben 41 hebt die Ventilstößel 52, 65 an und die Bodenplattenöffnungen 53 werden in wenigen Millisekunden freigegeben. Die Druckluft tritt aus der Druckluftkammer aus und verdichtet - wie bereits beschrieben - den Formstoff. Der Druck sinkt dabei entsprechend der Volumensveränderung und unter Berücksichtigung des adiabatischen Verlaufes von 5 bar auf ca. 3,5 bar ab. Nach der Druckwellenverdichtung werden die Ventile 32 und 34 geöffnet. Der Kolben 41 wird mit dem Netzdruck von 6 bar nach unten bewegt und die Ventilstößel 52, 65 verschließen wieder die Öffnungen 53. Zum Nachverdichten wird das Ventil 12 für kurze Zeit geöffnet. Danach wird das Ventil 32 geschlossen und das Ventil 30 geöffnet, wodurch die Druckluftkammer 17 und die Windkessel 43 wieder auf den Ausgangsdruck von 5 bar gebracht werden und der Zylinderraum 24 wieder vom 6 bar-System auf das 5 bar-System der Druckluftkammer 17 geschaltet wird.

Zum Entlasten des Druckraumes über der verdichteten Formstoffoberfläche 51 wird das Ventil 10 kurzzeitig geöffnet. Danach wird die Dichtung 13 über das Ventil 28 entlastet. Der Verdichtungs Vorgang ist beendet und der Hubtisch 3 kann die Modellplatte 5 wieder auf die Rollenbahn 4 absenken.

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsvariante, die bei besonders großflächigen Formstoffoberflächen eingesetzt werden kann. Die Auslaßöffnungen 71 sind hierbei entsprechend groß dimensioniert und jeder Ventilstößel 73 hat einen eigenen Antriebskolben 75. Ventilstößel 73 und Antriebskolben 75 bilden zusammen ein Differentialkolbensystem mit der gleichen Wirkungsweise wie auf Seite 8 beschrieben. Hinsichtlich der Düsenform, der Druckwellenausbildung und der definierten Distanz 49 gilt sinngemäß das Gleiche wie vorher erläutert. Eine Kugelgelenkaufhängung 74 mit einem kleinen, allseitigen Winkelanschlag stellt sicher, daß der großflächige Ventilteller 73 planparallel auf der Dichtfläche 72 aufliegt. Die konischen Hauben 76 vermindern den Strömungswiderstand.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verdichten von kornförmigen Formstoffen z. B. Gießereiformsand durch eine mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche des losen Formstoffes einwirkende Druckwelle gasförmigen Mediums z. B. Druckluft, wobei das Druckmedium gleichmäßig aus in einem Rastersystem nahe beieinanderliegenden lavalähnlichen Düsen, die in einer Bodenplatte (54) über der gesamten Formstoffoberfläche (50) angeordnet sind, austritt, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Luftstrahle am Ausgang der Düsen aufplatzen, so daß sich die nahe nebeneinander austretenden Luftstrahle vermischen und senkrecht sowie an allen Stellen gleichmäßig als eine Druckwelle auf die Oberfläche (50) des losen Formstoffes auftreffen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenplatte (54) und/oder die Oberfläche des losen Formstoffes (50) - letzteres bewirkt durch die Modellplatte (5) - in senkrechter Richtung zueinander bewegt werden können.

3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (50) des losen Formstoffes zur Verminderung der in ihr befindlichen Luftporen von der Bodenplatte (54) vor Einwirkung der Druckwelle leicht angedrückt werden kann.

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenplatte (54) vor Einwirkung der Druckwelle in eine definierte Distanz (49) zur Oberfläche (50) des losen Formstoffes gebracht wird, um eine gleichmäßige, frontale Ausbildung der Druckwelle zu erzielen.

5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Druckwellenverdichtung eine dünne, etwas geringer verdichtete Oberflächenschicht (51) nachverdichtet werden kann und zwar durch Nachpressen mit der Bodenplatte (54) und/oder durch eine Druckerhöhung des Gases über der festen Formstoffoberfläche (51).

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus einem Tisch (3), der eine Modellplatte (5) aufnimmt, einem darauf aufliegenden Form- (7) und Füllrahmen (8), einer darüber angeordneten Druckgaskammer (17) und einer Bodenplatte (54) mit in einem Rastersystem nahe beieinanderliegenden Öffnungen als Bestandteil der Druckgaskammer (17), dadurch gekennzeichnet, daß elastische Ventilstößel (52, 65) die in einem Rastersystem nahe beieinanderliegenden Öffnungen (53) in der Bodenplatte (54) verschließen, daß die Ventilstößel (52, 65) an einem biegesteifen und gasdurchlässigen Rahmen (45) befestigt sind und daß der Rahmen (45) an einem Kolben (41) befestigt ist, der unmittelbar unter Einwirkung des Gasdruckes der Druckgaskammer (17) steht und dessen Querschnittsfläche größer ist als die Summe aller Öffnungsquerschnitte (47, 60) in der Bodenplatte (54).

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (41), der das Öffnen und Schließen der Öffnungen (53) in der Bodenplatte (54) bewirkt, in beiden Richtungen vom Gasdruck der Druckgaskammer (17) beaufschlagt wird und daß somit keine fremde Energiequelle erforderlich ist.

8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine schnelle, wenige Millisekunden dauernde Druckentspannung im Zylinderraum (24) der Kolben (41) durch den als potentielle Energie im Zylinderraum (21) anstehenden Gasdruck und durch die unterstützende Federwirkung der elastischen Ventilstößel (52, 65) in wenigen Millisekunden angehoben wird.

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kolbengleitflächen (18) und (23) ohne Dichtungen sein können.

10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenhohlraum (20) und der Zylinderhohlraum (21) integrierte Bestandteile der Druckgaskammer (17) sind.

11. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtflächen (61) der elastischen Ventilstößel (65) planparallel zur Innenfläche (70) der Bodenplatte (54) sind, um mit minimalstem Hub (z. B. $d/4$ einer kreisförmigen Öffnung (60)) einen drosselfreien Ausgangsquerschnitt zu erreichen.

12. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenplatte (54) eine große Anzahl Öffnungen (53) mit lavaldüsenähnlichen Querschnitten aufweist, die

in einem rechtwinkligen Rastersystem angeordnet sind und die so ausgebildet sind, daß die mit Überschallgeschwindigkeit austretenden Luftstrahle an den Düsenausgängen leicht aufplatzen und sich im Verlauf der definierten Distanz (49) miteinander vermischen, wodurch sich eine frontale Druckwelle ausbildet.

13. Vorrichtung nach den Ansprüchen 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Rahmen (45) zwischen den nach oben konisch verlaufenden Ventilstößeln (52, 65) Öffnungen (14, 57, 67) aufweist, die einen größeren Querschnitt haben, als die Öffnungen (47, 60) in der Bodenplatte (54) und daß die Querschnitte (58) zwischen den Ventilstößeln (52, 65) gleich oder größer sind als die der Öffnungen (14, 57, 67) im Rahmen (45).

14. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (41) einen nur sehr geringen Hub ($d/4$ einer kreisförmigen Öffnung (47, 60)) zurücklegen muß, um den gesamten Auslaßquerschnitt in der Bodenplatte (54) drosselfrei zu öffnen, was für die erforderliche, schnelle Öffnung des gesamten Auslaßquerschnittes innerhalb einer Zeit von wenigen Millisekunden von Bedeutung ist.

15. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6, 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkegel (52, 65) aus einem elastischem Material (64) besteht z. B. Gummi, welches auf einem Stahlkern (63) aufvulkanisiert ist und daß der Schraubenkopf (62) und der Stahlkern (63) das elastische Material (64) gegen den einwirkenden Gasdruck abstützt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein am Gehäuse (15) aufgehängter Flansch (11) eine druckdichte Verbindung zwischen dem Gehäuse (15) und dem Füllrahmen (8) herstellt und daß der Flansch (11) durch eine pneumatische Federkraft (44) auf den Füllrahmen (8) gedrückt wird.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Flansch (11) eine statische Dichtung (9) zum Füllrahmen (8) sowie eine mit Druckgas aktivierbare Dichtung (13) zum Gehäuse (15) aufweist.

18. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß die aktivierbare Dichtung (13) in einer Vertiefung des Flansches (11) eingelassen ist und sich im nichtaktivierten Zustand durch seine Elastizität hinter die Flanschinnenfläche zurückzieht, wodurch das Gehäuse (15) berührungsfrei mit einem definierten Spiel (46) durch den Flansch (11) bewegt werden kann.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Flansch (11) bei einem definierten Maß (49) auch fest mit dem Gehäuse (15) verbunden sein kann und nur die statische Dichtung (9) hat.

20. Vorrichtung nach Anspruch 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Ventilstößel (73) auch einen eigenen Antriebskolben (75) nach den Ansprüchen 6 bis 12 haben kann und daß der Ventilstößel (73), der für eine große

Auslaßöffnung (71) ausgebildet ist, eine Kugelgelenkaufhängung (74) mit definiertem, allseitigem Winkelausschlag hat, der eine planparallele Auflage der Dichtfläche (72) ermöglicht.

21. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Gummimasse (64a - Fig. 5), die vom Schraubenkopf (62) gegen den einwirkenden Gasdruck abgestützt wird, eine von der Zuhaltkraft zusammengedrückte Feder darstellt, die mit ihrer Vorspannung das Anheben des Kolbens (41) und des Rahmens (45) beim Öffnungsvorgang unterstützt und die durch den Federweg bewirkt, daß sich zunächst die Masse des Kolbens (41) und des Rahmens (45) nach oben in Bewegung setzt, bevor die Ventilstößel (52, 65) mit einer definierten Anfangsgeschwindigkeit größer als Null vom Ventilsitz abheben, wodurch der gesamte Auslaßquerschnitt in wenigen Millisekunden geöffnet wird.

Claims

1. A process for compressing granular moulding materials such as foundry moulding sand by means of a pressure wave of gaseous medium such as compressed air acting at high speed on the surface of the loose moulding material, with the compression medium emerging uniformly from Laval-type nozzles that are arranged close together in a raster system in a bottom plate (54) over the entire surface of the moulding material (50), characterized in that the single air jets burst open at the nozzle outlet so that the air jets emerging close to each other intermingle and impinge vertically as well as uniformly at all points as a pressure wave on the surface (50) of the loose moulding material.

2. Process according to claim 1, characterized in that the bottom plate (54) and/or the surface of the loose moulding material (50) - the latter effected by the moulding plate (5) - can be moved towards each other in a vertical direction.

3. Process according to claims 1 and 2, characterized in that the surface (50) of the loose moulding material can be lightly pressed by the bottom plate (54) prior to exposure to the pressure wave in order to reduce the air voids present in said surface.

4. Process according to claims 1 and 2, characterized in that the bottom plate (54) is brought to the surface (50) of the loose moulding material at a defined distance (49) prior to exposure to the pressure wave, in order to reach a uniform, frontal formation of the pressure wave.

5. Process according to claims 1 and 2, characterized in that after the pressure wave compression a thin, somewhat less compressed surface layer (51) can be re-compressed by re-pressing with the bottom plate (54) and/or by increasing the pressure of the gas over the firm moulding material surface (51).

6. Device for implementing the process according to claim 1, consisting of a table (3) holding a moulding plate (5), of a moulding flask (7) and filling frame (8) supported on it, of a pressure gas chamber (17) located above it and of a bottom plate (54) with openings (53) positioned close to each other in a raster system as a component part of the pressure gas chamber (17), characterized in that flexible valve lifters (52, 65) close to the openings (53) that are positioned close to each other in a raster system in the bottom plate (54), that the valve lifters (52, 65) are attached to a rigid and gas-permeable frame (45) and that the frame (45) is attached to a piston (41) that is directly under the influence of the gas pressure of the pressure gas chamber (17) and whose cross-sectional area is greater than the sum total of the cross-sections of all openings (47, 60) in the bottom plate (54).

7. Device according to claim 6, characterized in that the piston (41) that effects opening and closing of the openings (53) in the bottom plate (54) is pressurized in both directions by the gas pressure of the pressure gas chamber (17) and in that no external source of energy is therefore necessary.

8. Device according to claims 6 and 7, characterized in that the piston (41) is raised in a few milliseconds by the rapid pressure release lasting a few milliseconds in the cylinder compartment (24) of the piston (41) through the gas pressure available as potential energy in the cylinder compartment (21) and through the supporting spring action of the flexible valve lifter (52, 65).

9. Device according to claims 6 to 8 inclusive, characterized in that the sliding surfaces (18) and (23) of the pistons can be without seals.

10. Device according to claims 6 to 9 inclusive, characterized in that the cavity (20) of the piston and the cavity (21) of the cylinder are integrated component parts of the pressure gas chamber (17).

11. Device according to claim 6, characterized in that the sealing surfaces (61) of the flexible valve lifter (65) are plane-parallel to the inner (70) the bottom plate (54) in order to attain a throttle-free output cross-section with the smallest possible stroke (e.g. $d/4$ of a circular opening (60)).

12. Device according to claims 6 and 11, characterized in that the bottom plate (54) has a large number of openings (53) with cross-sections like that of a Laval nozzle that are arranged in a rectangular raster system and are formed in such a way that the air jets emerging at supersonic speed burst open lightly at the nozzle outlets and intermingle in the course of the defined distance (49), causing a frontal pressure wave to be formed.

13. Device according to claims 11 and 12, characterized in that the frame (45) between the valve lifters (52, 65) that run conically upwards has openings (14, 57, 67) that have a greater cross-section than the openings (47, 60) in the

bottom plate (54) and that the cross-sections (58) between the valve lifters (52, 65) are the same as or greater than those of the openings (14, 57, 67) of the frame (45).

14. Device according to claims 6 to 13 inclusive, characterized in that the piston (41) has to cover only a very small stroke ($d/4$ of one circular opening (47, 60) in order to open the entire outlet cross-section in the bottom plate (54) throttle-free, which is of significance for the necessary, rapid opening of the entire outlet cross-section within a period of a few milliseconds.

15. Device according to claims 4, 11 and 12, characterized in that the valve cone (52, 65) consists of an elastic material (64), e.g. rubber, that is vulcanized onto a steel core (63) and that the screw head (62) and the steel core (63) support the elastic material (64) against the effect of the gas pressure.

16. Device according to one of the claims 6 to 15 inclusive, characterized in that a flange (11) suspended on the housing (15) produces a pressure-tight connection between the housing (15) and the filling frame (8) and that the flange (11) is pressed onto the filling frame (8) by a pneumatic spring force (44).

17. Device according to claim 16, characterized in that the flange (11) has a static seal (9) to the filling frame (8) and also a seal (13) to the housing (15), said seal (13) capable of being activated by compressed gas.

18. Device according to claims 16 and 17, characterized in that the activatable seal (13) is let into a recess of the flange (11) and withdraws behind the inner surface of the flange in non-activated state because of its elasticity, as a result of which the housing (15) can be moved contact-free with a defined clearance (46) through the flange (11).

19. Device according to one of the claims 6 to 18 inclusive, characterized in that the flange (11) can, with a defined dimension (49), also be permanently connected with the housing (15) and has only the static seal (9).

20. Device according to claims 6 to 12 inclusive, characterized in that each valve lifter (73) can also have its own driving piston (75) according to claims 6 - 12 inclusive and that the valve lifter (73) that is formed for a large outlet opening (71) has a ball-and-socket joint suspension (74) with a defined, polydirectional swing that permits plane-parallel positioning of the sealing surface (72).

21. Device according to claim 15, characterized in that the rubber mass (64a - Fig. 5) that is supported by the screw head (62) against the acting gas pressure represents a spring compressed by the locking pressure that due to its initial stress assists the lifting of the piston (41) and of the frame (45) in the opening process and, as a result of the spring excursion, causes the mass of the piston (41) and of the frame (45) initially to start moving upwards before the valve lifters (52, 65) rise at a defined initial speed in excess of zero from the valve seat, as a result of

which the entire outlet cross-section is opened in a few milliseconds.

Revendications

1. Procédé de compression pour matériaux de moulage de nature granulée tels que par exemple le sable de moulage pour fonderies, par l'intermédiaire d'une onde de pression formée par un milieu gazeiforme, par exemple de l'air comprimé agissant sur la surface du matériau de moulage disposé en vrac, dans ce processus où le milieu de compression sort de manière homogène de tuyères de type Laval très rapprochées les unes des autres dans un système de trame et aménagées dans une plaque de fond (54) au-dessus de l'ensemble de la surface du matériau de moulage (50), se caractérisant par ailleurs par le fait que les différents jets d'air se crèvent au niveau de la sortie des tuyères, de sorte que les jets d'air sortant les uns à côté des autres s'entremêlent et heurtent la surface (50) du matériau de moulage disposé en vrac verticalement et de façon régulière en tous points, sous forme d'une onde de compression.

2. Procédé selon la revendication 1 se caractérisant par le fait que la plaque de fond (54) et/ou la surface du matériau de moulage disposé en vrac (50) - cette dernière action étant provoquée par la plaque-modèle (5) - peuvent être mues l'une par rapport à l'autre en direction verticale.

3. Procédé selon les revendications 1 et 2 se caractérisant par le fait que la surface (50) du matériau de moulage disposé en vrac peut être légèrement comprimée par la plaque de fond (54) avant la mise en oeuvre de l'onde de compression, afin de réduire les cavités d'air qui s'y trouvent.

4. Procédé conformément aux revendications 1 et 2 se caractérisant par le fait que la plaque de fond (54) est portée à une distance déterminée (49) par rapport à la surface (50) du matériau de moulage disposé en vrac, avant la mise en oeuvre de l'onde de compression afin d'obtenir une configuration frontale uniforme de l'onde de compression.

5. Procédé conformément aux revendications 1 et 2 se caractérisant par le fait qu'après la compression de l'onde de pression, une couche de surface (51) fine et un peu moins compressée puisse être soumise à une recompression, et ce par l'intermédiaire de la recompression par la plaque de fond (54) et/ou par l'augmentation de la pression du gaz au-dessus de la surface solide du matériau de moulage (51).

6. Dispositif pour l'exécution du procédé selon la revendication 1, comprenant une table (3) pour poser une plaque-modèle (5) qui supporte un cadre de moulage (7) et un cadre de remplissage (8), le tout surmonté d'une chambre à gaz comprimé (17), et une plaque de fond (54) comportant des orifices (53) proches les uns des

autres et aménagés dans un système de trame en tant que composante de la chambre à gaz comprimé (17), se caractérisant par le fait que des poussoirs de soupapes (52, 65) élastiques referment les orifices (53) très proches les uns des autres dans le système de trame dans la plaque de fond (54), que ces poussoirs de soupapes (52, 65) sont fixés à un cadre (45) de rigidité flexionnelle et également perméable au gaz et que ce cadre (45) est fixé à un piston (41), directement soumis aux effets de la pression du gaz de la chambre à gaz comprimé (17) et que la superficie de sa coupe transversale est supérieure à la somme de toutes les superficies transversales des orifices (47, 60) dans la plaque de fond (54).

7. Dispositif selon la revendication 6 se caractérisant par le fait que le piston (41) provoquant l'ouverture et la fermeture des orifices (53) de la plaque de fond (54) est alimenté dans les deux directions par la pression du gaz dans la chambre à gaz comprimé (17) et que de la sorte, aucune source d'énergie extérieure n'est nécessaire.

8. Dispositif selon les revendications 6 et 7, caractérisé par le fait que sous la détente rapide de la pression, qui ne dure que quelques millisecondes au niveau de l'espace (24) du vérin, le piston (41) est soulevé en quelques millisecondes par la pression gazeuse présente en tant qu'énergie potentielle dans l'espace (24) du vérin et sous l'effet d'élasticité produit par les poussoirs de soupapes élastiques (52, 65).

9. Dispositif selon les revendications 6 à 8 caractérisé par le fait que les surfaces de glissement (18) et (23) des pistons peuvent être démunies de joints.

10. Dispositif selon les revendications 6 à 9 se caractérisant par le fait que la cavité creuse (20) du piston et la cavité creuse (21) du vérin constituent des parties intégrantes de la chambre à gaz comprimé (17).

11. Dispositif conformément à la revendication 6, caractérisé par le fait que les surfaces de joint (61) des poussoirs de soupapes élastiques (65) sont parallèles au plan de la surface intérieure (70) de la plaque de fond (54) afin que la course la plus petite (p.ex. $d/4$ d'un orifice circulaire (60)) permette d'obtenir une coupe transversale de sortie sans étranglement.

12. Dispositif selon les revendications 6 et 11, caractérisé par le fait que la plaque de fond (54) présente un grand nombre d'orifices (53) ayant des sections analogues à des tuyères de Laval, disposés dans un système de trame à angles droits et présentant une configuration faisant crever facilement les jets d'air qui s'échappent à une vitesse supersonique au niveau des sorties des tuyères et que ces jets d'air s'entremêlent au cours de la distance définie (49) en formant ainsi une onde de compression frontale.

13. Dispositif conformément aux revendications 11 et 12 caractérisé par le fait que le cadre (45) situé entre les poussoirs de soupapes (52, 65) évoluant sous forme conique vers le haut,

présente des orifices (14, 57, 67) d'une section supérieure à celle des orifices (47, 60) de la plaque de fond (54) et que les sections (58) entre les poussoirs de soupapes (52, 65) équivalent aux ouvertures (14, 57, 67) pratiquées dans le cadre (45) ou sont supérieures à celles-ci.

14. Dispositif selon les revendications 6 à 13, caractérisé par le fait que le piston (41) ne doit effectuer qu'une course très minime ($d/4$ d'un orifice circulaire (47, 60)), pour pouvoir ouvrir toute la section de sortie dans la plaque de fond (54) sans aucun étranglement, ce qui est extrêmement important pour assurer l'indispensable ouverture rapide de l'ensemble de la section de sortie en quelques millisecondes.

15. Dispositif selon les revendications 6, 11 et 12, se caractérisant par le fait que le cône de soupape (52, 65) est conçu en matériau élastique (64) par exemple en caoutchouc, fixé par vulcanisation sur un noyau en acier (63) et que la tête de vis (62) et le noyau en acier (63) soutiennent le matériau élastique (64) contre les effets de la pression de gaz mise en oeuvre.

16. Dispositif conformément à l'une des revendications 6 à 15 se caractérisant par le fait qu'une bride (11) suspendue au niveau de la carcasse (15) assure une jonction étanche à la pression entre la carcasse (15) et le cadre de remplissage (8) et que cette bride (11) est pressée sur ledit cadre de remplissage (8) par un effet de ressort pneumatique (44).

17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé par le fait que la bride (11) présente un joint d'étanchéité (9) par rapport au cadre de remplissage (8) ainsi qu'un joint d'étanchéité (13) par rapport à la carcasse (15).

18. Dispositif selon les revendications 16 et 17, se caractérisant par le fait que le joint d'étanchéité activable (13) est ancré dans une gorge de la bride (11) et qu'à l'état non activé, grâce à son élasticité il se retire derrière la face intérieure de la bride, de sorte que la carcasse (15) peut être mue par cette bride sans aucun contact et avec un jeu bien défini.

19. Dispositif selon l'une des revendications 6 à 18, se caractérisant par le fait qu'avec une dimension définie (49), la bride (11) peut être fixée définitivement à la carcasse (15) et ne comporte que le joint d'étanchéité (9).

20. Dispositif selon les revendications 6 à 12, caractérisé par le fait que chaque poussoir de soupapes (73) peut également disposer de son propre piston de commande (75), selon les revendications 6 à 12, et que le poussoir de soupapes (73) conçu pour une large ouverture de sortie (71) est équipé d'une suspension de joints à rotules (74) ayant un déplacement angulaire de tous côtés, bien défini, présentant un appui plan et parallèle de la zone d'étanchéité (72).

21. Dispositif selon la revendication 15, se caractérisant par le fait que la masse caoutchouteuse (64a - Fig. 5) soutenue par la tête de vis (62) contre les effets de la pression de gaz mise en oeuvre, représente un ressort comprimé par l'effort de verrouillage, ressort qui - par sa

précontrainte - renforce l'élévation du piston (41) et du cadre (45) lors du processus d'ouverture et qui a pour effet, par suite de la course élastique, que tout d'abord la masse du piston (41) et du cadre (45) se déplace vers le haut avant que les poussoirs de soupapes (52, 65) décollent du siège des soupapes avec une vitesse initiale définie supérieure à zéro, suite à quoi toute la section de sortie s'ouvre en quelques millisecondes.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

11

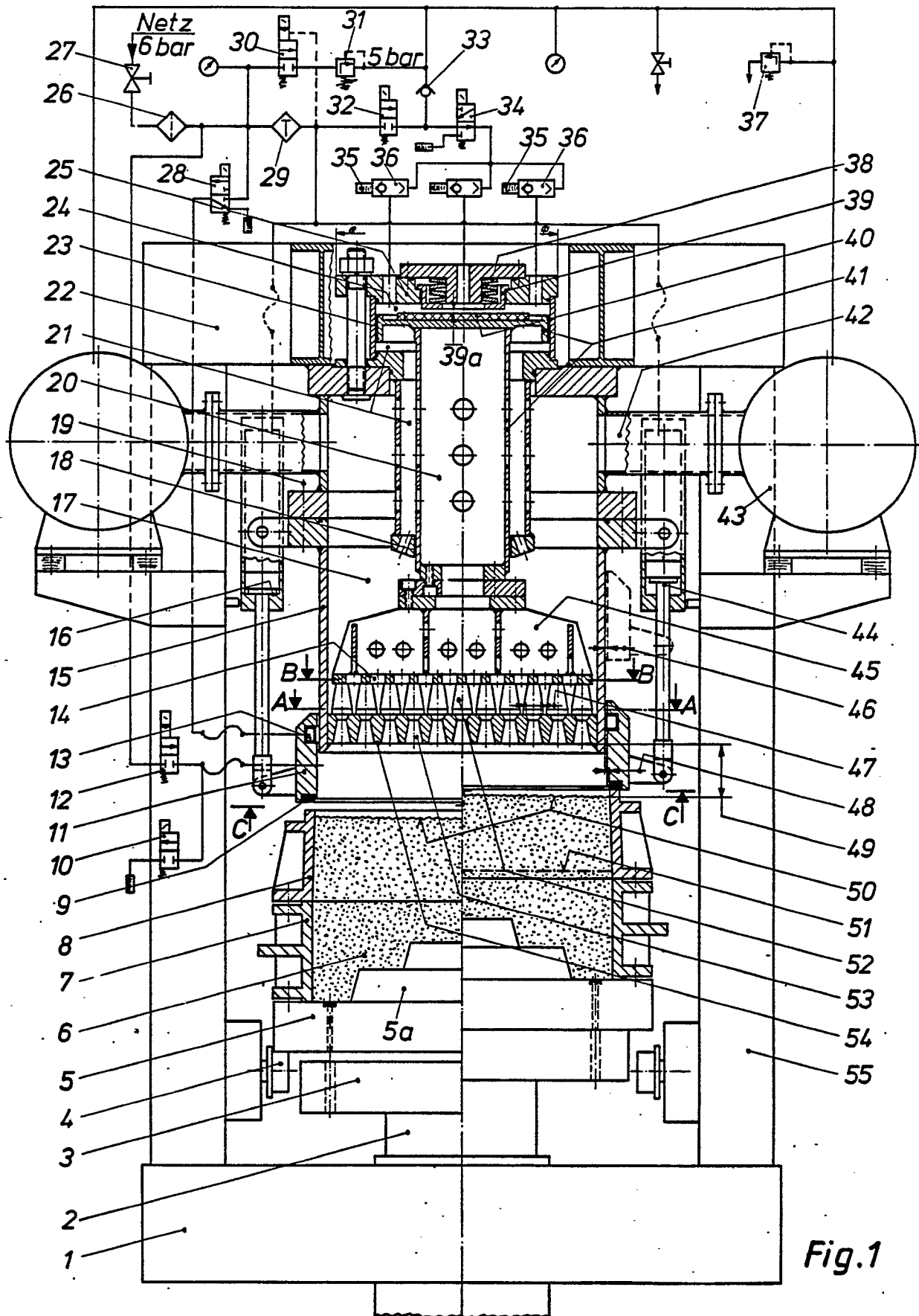


Fig. 1

SCHNITT A-A

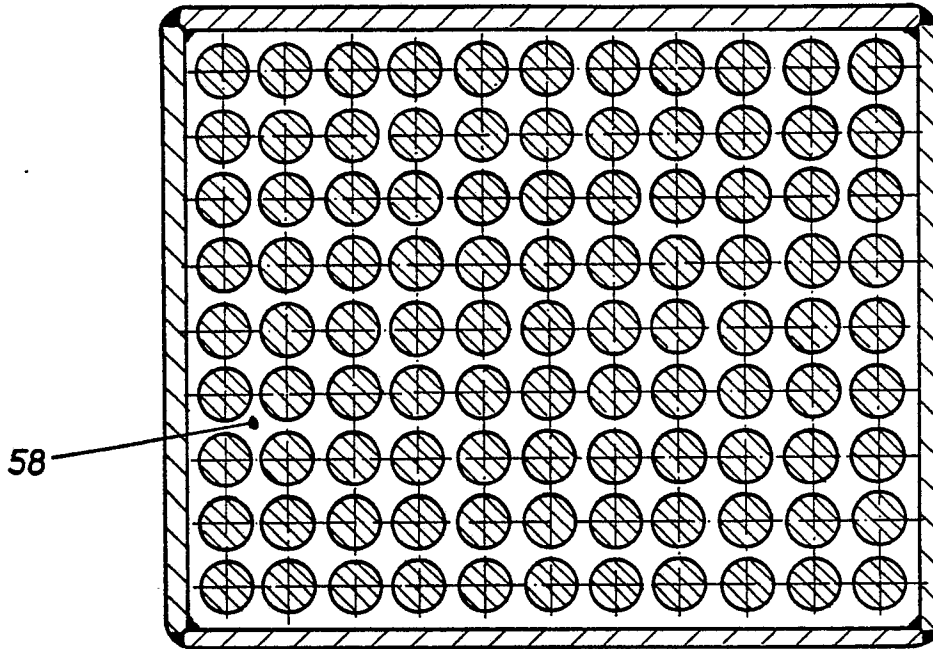


Fig. 2

SCHNITT B-B

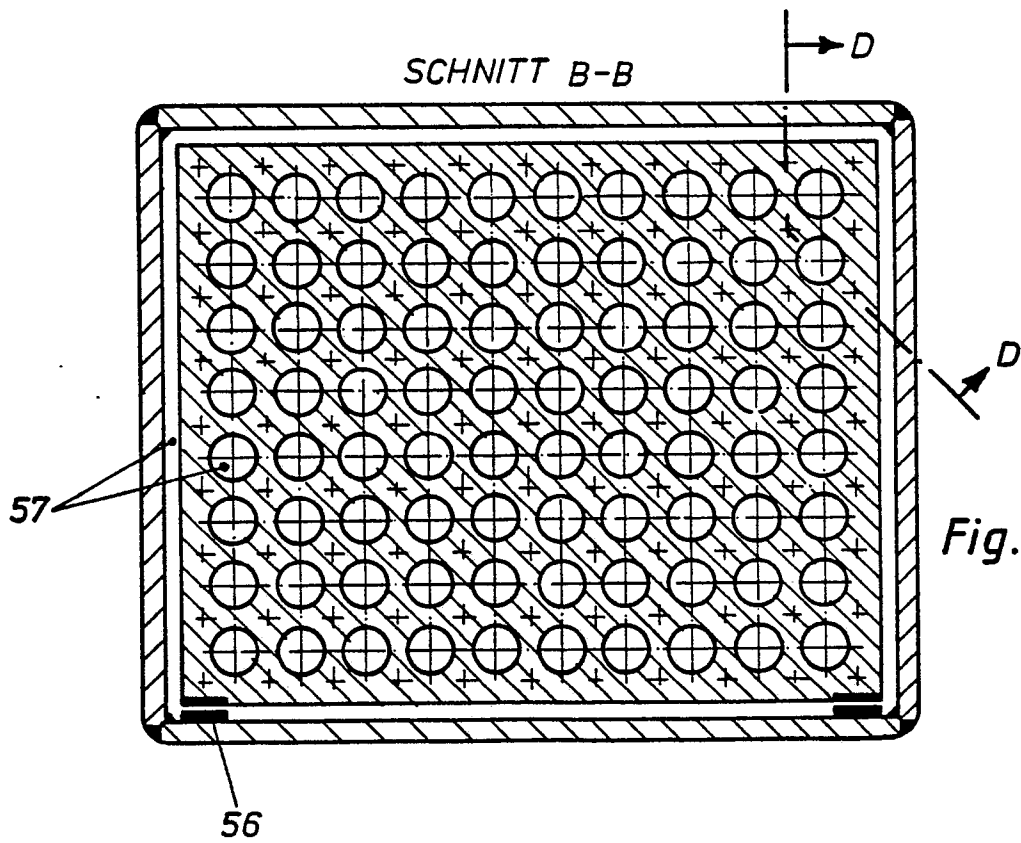


Fig. 3

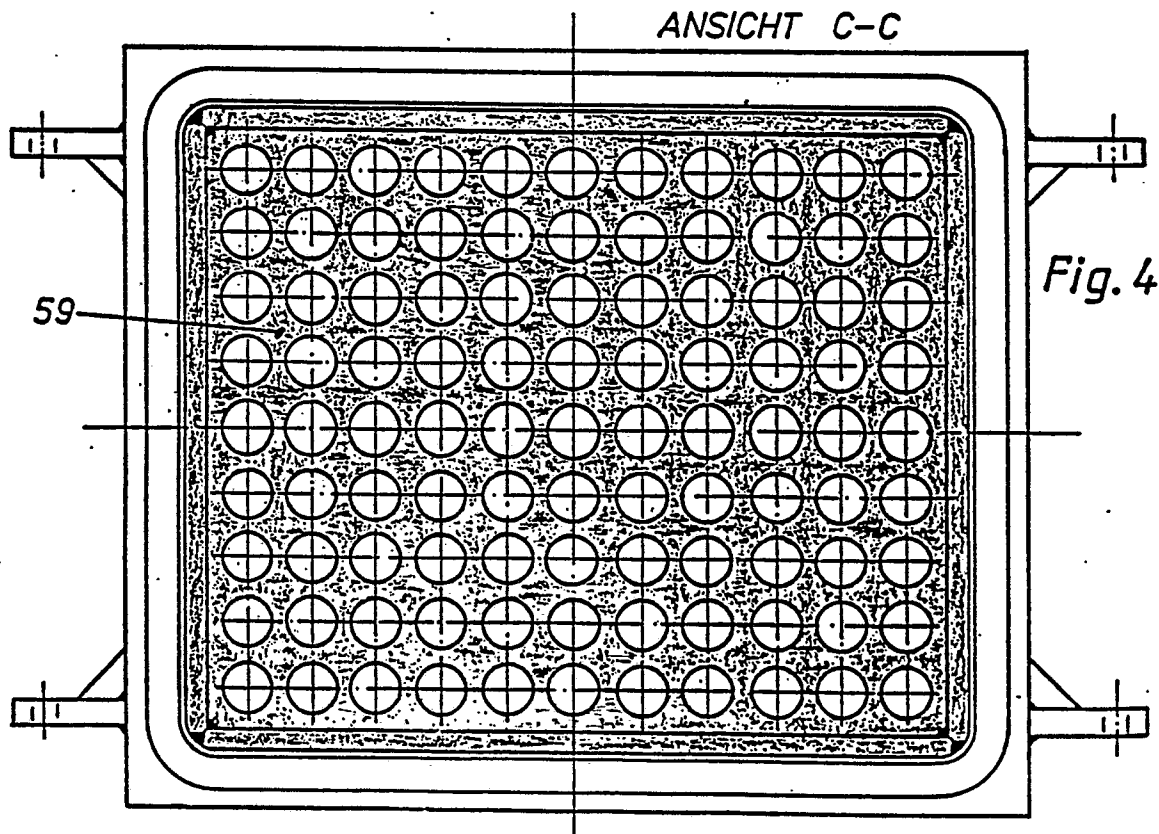
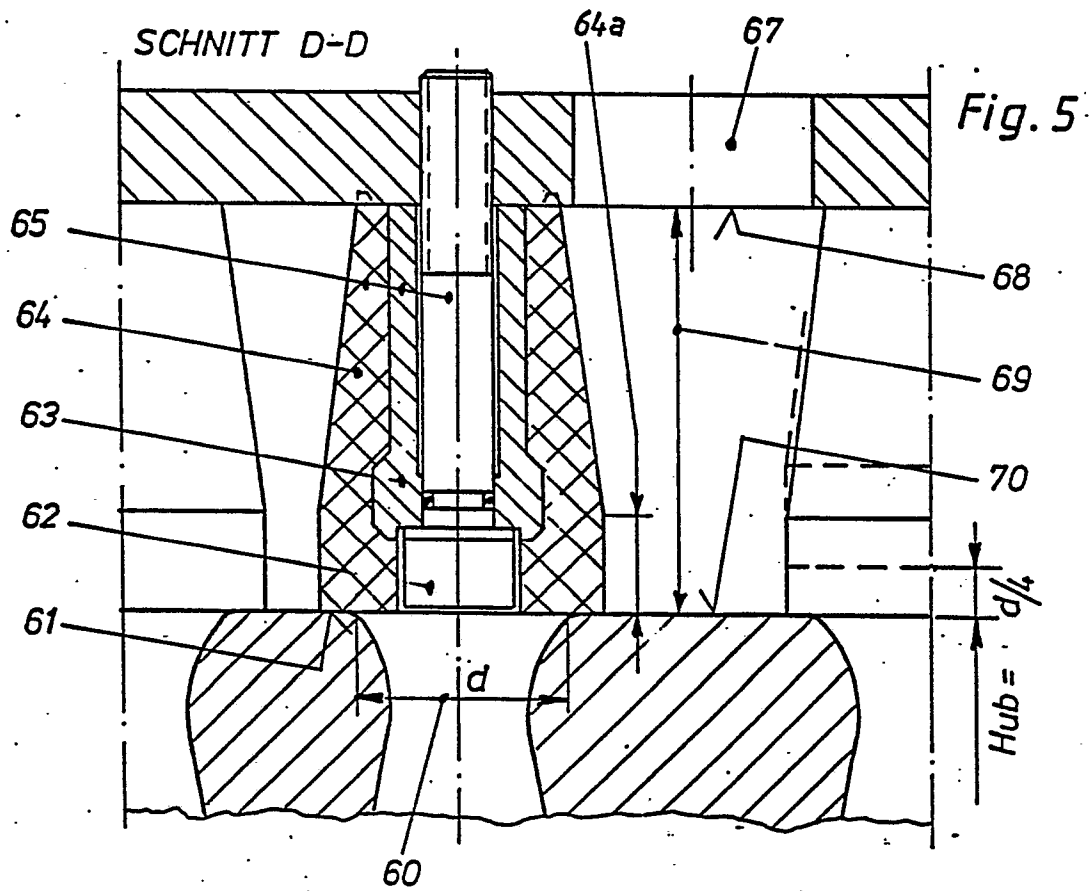


Fig. 7

