

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 570 032 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93200642.2**

(51) Int. Cl.⁵: **C06B 21/00, B30B 11/00**

(22) Anmeldetag: **05.03.93**

(30) Priorität: **18.03.92 CH 874/92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.11.93 Patentblatt 93/46

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**

(71) Anmelder: **Schweizerische
Eidgenossenschaft vertreten durch die Eidg.
Munitionsfabrik Thun der Gruppe für
Rüstungsdienste**

**Allmendstrasse 74
CH-3602 Thun(CH)**

(72) Erfinder: **Kaeser, Rudolf
Mattenstrasse 18 F
CH - 3600 Thun(CH)**

(74) Vertreter: **Frauenknecht, Alois J. et al
c/o PPS Polyvalent Patent Service AG,
Mellingerstrasse 1
CH-5400 Baden (CH)**

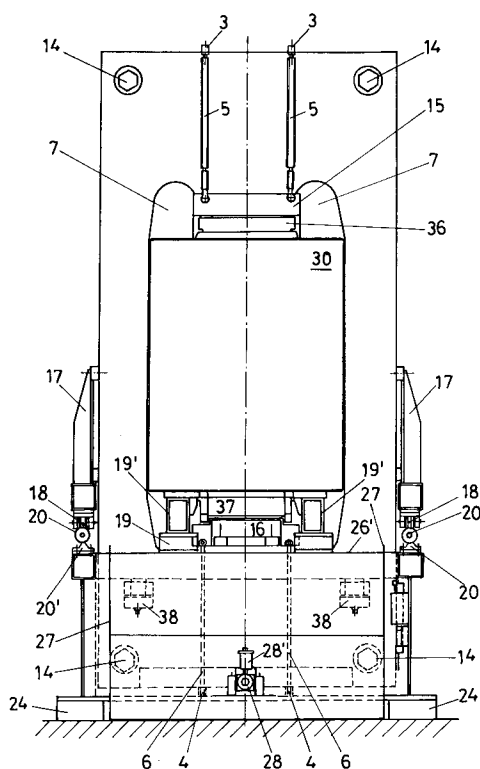
(54) **Verfahren und Vorrichtung zum quasiisostatischen Pressen von insbesondere thermoplastisch gebundenen Präzisionssprengladungen.**

(57) Bisher bekannte industriell eingesetzte quasi-isostatische Pressverfahren zur Herstellung von Präzisionssprengladungen waren auf den Einsatz bei Raumtemperatur beschränkt. Damit war es jedoch nicht möglich, kunststoffgebundene Ladungen herzustellen. Erfindungsgemäss wird das Pressgut (1) nun bei Temperaturen von 100° - 120° C vorgewärmt und anschliessend bei Drücken in der Grössenordnung von 3'500 bar in einem Autoklaven (30) während 0,5 - 5 min gepresst und nach einem Druckabbau während einer weiteren Phase von 10 - 180 min Dauer bei Drücken von 50 - 500 bar abgekühlt.

In einer weiteren Ausgestaltung des Erfindungsgegenstandes werden zwei Autoklaven eingesetzt, nämlich ein Hochdruck- und ein Niederdruck-Autoklav.

Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens beziehen sich auf die geeignete Ausgestaltung der Autoklaven sowie auf die Pressformen.

FIG.1



EP 0 570 032 A2

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs. Dieses erlaubt die Herstellung von Präzisionssprengladungen bei Raumtemperatur und gewährleistet unter Einhaltung einer hohen Homogenität, auch in kritischen Zonen, geringe innere Spannungen. Dieses Verfahren ist bekannt aus EP -A1- 0 296 099.

Im weiteren sind Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens vorgesehen.

Nachteilig ist beim Bekannten, dass die Herstellung der Sprengladungen bei Raumtemperatur erfolgt und bei kunststoffgebundenen Ladungen keine oder nur eine beschränkte Ausnutzung der Eigenschaften des Bindemittels erfolgen kann und somit in praxi auf das Pressen nicht thermoplastisch gebundener Stoffe mit oft ungenügenden mechanischen Eigenschaften beschränkt ist.

Einfach gestaltete kunststoffgebundene Ladungen, sogenannte Billets, wurden bereits labormässig in vorgewärmten Gummibeuteln bei einer Temperatur von 120° C isostatisch warmgepresst (Lawrence Livermore National Laboratory, California/Livermore, 1977; UCRL-52350, distr. of doc. unlimited). Diese Versuche wurden mittels an sich bekannter thermoplastischer Hochleistungssprengstoffe der Typen LX-14-0 und LX-14-1 (ein Sprengstoff auf Basis Cyclotetramethylentetranitramin = Octogen der Lawrence Livermore National Laboratory) durchgeführt und die Ladungen in bezug auf ihre Leistung und ihre mechanischen und thermischen Eigenschaften erfolgreich getestet.

Das dort beschriebene Verfahren ist nicht für eine Serienfabrikation von realen, d.h. von in konventionellen Waffen eingesetzten Präzisionssprengladungen geeignet. Es ist unwirtschaftlich und auf die unmittelbare Herstellung einfachster geometrischer Formen beschränkt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche die sichere Herstellung von zumindest partiell rotationsymmetrischen Präzisionssprengladungen hoher Homogenität und Dichte ermöglichen, insbesondere von thermoplastisch gebundenen Ladungen bei einer Verdichtung unter gegenüber Raumtemperatur erhöhter Temperatur.

Zudem soll der Erfindungsgegenstand für eine Serienproduktion geeignet sein.

Das im Anspruch 1 charakterisierte Verfahren erlaubt in einer an sich bekannten Anlage (EP -A1- 0 296 099) die gleichzeitige Herstellung mehrerer Präzisionssprengladungen bei geeigneter Prozessführung.

Die Aufteilung des dritten Verfahrensschrittes in zwei Einzelschritte, gemäss Anspruch 2, ist wirtschaftlicher und dient der Leistungssteigerung. Sie ermöglicht die Herstellung von wenigstens 150 Präzisionssprengladungen innert 24 Stunden.

Das erfindungsgemässe Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 weist entgegen den von Fachleuten erwarteten Risiken eine sehr hohe Betriebssicherheit auf und erlaubt eine Vielzahl von kunststoffgebundenen Hochleistungssprengstoffen zu Präzisionssprengladungen zu verarbeiten.

In nachfolgenden abhängigen Ansprüchen sind Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes näher beschrieben.

Das Vorwärmen des Pressgutes erfolgt in einem üblichen Labor-Autoklaven und ist entsprechend der Wärmeleitfähigkeit des Sprengstoffes und dessen Massen zeitlich, gemäss Anspruch 3, optimierbar.

Besonders einfach handhabbar ist das Druckmedium warmes Wasser oder eine Mischung gemäss Anspruch 4, wodurch das Abkühlen des Sprengstoffes während des Pressvorgangs minimierbar ist.

Das Verfahren nach Anspruch 5 ist besonders vorteilhaft, da der Niederdruck-Autoklav und das Pressgut trocken bleiben und entsprechende Reinigungs- und/oder Trocknungsvorgänge entfallen.

Die Vorrichtung nach Anspruch 6 weist den Vorteil ihrer einfachen Handhabbarkeit auf und sichert ein günstiges Abkühlungsverhalten des Sprengstoffes. Sie lässt sich zudem an die meisten üblichen Sprengkörperformen anpassen, bzw. ihr wärmeableitender Dorn und/oder Einsatz und/oder Flansch lassen sich derart ausgestalten, dass der quasi isostatische Druckverlauf am Pressling gewährleistet ist.

Besonders vorteilhaft ist die Ausgestaltung nach Anspruch 7, da sie den Sprengstoff vom Druckmedium isoliert.

Die längsbewegliche Ausführung der Vorrichtung nach Anspruch 8 erlaubt eine Berücksichtigung der Verringerung des Volumens des Presslings während des Pressvorgangs, ohne dass grosse Übermasse in der Form und damit Abfälle bzw. Bearbeitungsaufwand notwendig sind.

Der Einbezug wärmeableitender Mittel, Anspruch 9, steigert die Leistungsfähigkeit des Verfahrens, ohne dass Qualitätseinbussen in Kauf zu nehmen sind.

Besonders wirtschaftlich ist die Ausführung der Pressform nach Anspruch 10, da dadurch das Gehäuse druckfrei bleibt und entsprechend dünnwandig ausgestaltet werden kann.

Eine weitere Ausführungsform, Anspruch 11, reduziert den Aufwand zur Herstellung der Form beträchtlich.

Eine Steigerung der Abkühlgeschwindigkeit ist durch die Massnahmen gemäss Anspruch 12 möglich.

Die Verwendung von handelsüblichen Peltier-Elementen, Anspruch 13, erlaubt eine Vereinfachung.

chung des konstruktiven Aufwands und kann bei entsprechender Anordnung zur gezielten Steuerung des Temperaturverlaufs, unter Einbezug ihrer Heizwirkung, genutzt werden.

Die konstruktive Ausbildung des Hochdruck-Autoklaven gemäss Anspruch 14 ist mechanisch sehr günstig und ermöglicht eine einfache und dauerhafte Konstruktion.

Die Weiterbildung nach Anspruch 15 gewährleistet eine sehr einfache Beschickung, ohne dass die mechanische Sicherheit der Anlage dadurch verringert ist.

Eine einfache Kühlung ist gemäss Anspruch 16 durch die Zuführung eines flüssigen Mediums wie Wasser möglich. Sie kann aber auch beispielsweise durch den Einbau von elektrischen Steckern für Peltier-Elemente vorgesehen werden; diese können aber auch direkt in die Stirnseite des Autoklaven eingebaut sein.

Bei den im Niederdruck-Autoklav herrschenden Druckverhältnissen hat sich der Schraubverschluss nach Anspruch 17 bewährt.

Ausführungs- und Berechnungsbeispiele der Erfindung sind anschliessend in Zeichnungen dargestellt.

Es zeigen:

- | | |
|----------------|--|
| Fig. 1 | einen Hochdruck-Autoklaven in Frontalansicht, |
| Fig. 2 | den Autoklaven Fig. 1 in einer Seitenansicht, in einer Teilschnittdarstellung, |
| Fig. 3 | einen vereinfacht dargestellten Niederdruck-Autoklaven, |
| Fig. 4 | eine Pressform zur Herstellung von Präzisionssprengladungen, |
| Fig. 5 | eine Variante der Pressform Fig. 4 für eine weitere Sprengladung, |
| Fig. 6a bis 6c | die gerechnete radiale Temperaturverteilung in einem Probekörper und |
| Fig. 7a bis 7c | die gerechnete axiale Temperaturverteilung im gleichen Probekörper. |

Das gegenüber EP -A1- 0296 099 weiterentwickelte Verfahren setzt entsprechende Vorrichtungen voraus, welche anhand der nachfolgend beschriebenen Figuren in ihren wichtigsten Elementen diskutiert werden.

Gemäss Fig. 1 und Fig. 2 ist das verfahrensgemäss zu verfestigende Pressgut 1 in einem Tragkorb 2, vgl. Fig. 2, in den Hochdruck-Autoklaven 30 eingebracht. Dieser besteht aus einem massiven äusseren Mantel 31 und einem inneren Mantel 32 aus hochfestem Stahl und bildet mit diesen eine Hochdruck-Kammer 33, in welcher in an sich bekannter Weise erzeugt, ein hydraulischer Druck P

von bis zu max. 5000 bar herrscht.

Der Tragkorb 2 ruht auf einem im Zentrum flüssigkeitsdurchlässigen Füllkörper 34, mit welchem sich das Totvolumen und damit die notwendige Zeit für den Druckauf- und Druckabbau in einfacher Weise dem Füllgrad der Kammer 33 anpassen lässt.

Stirnseitig abgeschlossen ist die Kammer 33 durch je einen Deckelflansch 36 mit Ringdichtung 8 und einen Bodenflansch 37 mit Dichtung 9. Die Flansche 36 und 37 liegen an Kraftübertragungsplatten 15 und 16 an, welche ihrerseits durch Haltestreben 5 und 6, Fig. 1, mit Verbindungsstreben 3 und 4 in einem Joch 10 fixiert sind.

Das Joch 10 besteht aus einem Mittelteil 11, Fig. 2, sowie Seitenteilen 12, 13 und ist mittels Schraubverbindungen 14 zusammengehalten. Es weist ferner eine Ausnehmung 7, vgl. Fig. 1, auf und lässt sich unter Normaldruckbedingungen horizontal über die Hochdruckkammer 33 verschieben bzw. fahren.

Aufgebaut ist die Anlage Fig. 1, 2 auf dem Werkstattboden; ein Gestell 22 mit Trägern 21 und Streben 23 ruht auf einer Bodenplatte 25 mit Nivellierschuhen 24.

Eine Treppe 26 mit Seitenwangen 27 führt zu einem Podest 26', auf welchem bei in Pfeilrichtung H horizontal ausgefahrenem Joch 10, der Autoklav 30 durch eine Bedienungsperson beschickbar ist. Ein Bedienungspult 35 befindet sich auf einer Stütze 35', durch welche die elektrischen Steuerleitungen zur Einleitung der Verschiebung des Jochs 10 und für den Füllvorgang in der Kammer 33 geführt sind.

Als Transportschiene für das Joch 10 dienen Führungswellen 20 auf Stützen 20', vgl. Fig. 1, auf welchen Rollen 18 in Führungssupports 17 abrollen. Der Autoklav 30 ruht dabei stationär auf seinen Auflagern 19, 19'. Verschieben wird das Joch 10 durch einen linear arbeitenden Hydraulikzylinder 28 mit Oelreservoir 28', über eine Gelenkkupplung 29. Kontrolliert werden dabei die einzuhaltenden Endpositionen durch Endschalter 40, wobei der eine Nockenschiene 39 abtastet; ein Stossdämpfer 44 verhindert unerwünschte mechanische Impulse in der Anlage.

Der Füllvorgang in der Hochdruckkammer 33 erfolgt etappenweise: Eine Niederdruckpumpe 42 pumpt das Druckmedium - im wesentlichen Wasser mit einem an sich bekannten Korrosionsschutzmittel - vom Wassertank 41 in die Kammer 33. Nach Erreichen der maximalen Füllmenge und des Entlüftens der Kammer 33, gesteuert durch eine in einem Block 43 angeordnete Ventileinheit wird ein Druck von einigen bar erzeugt, die Leitungen werden geschlossen, die Flansche 36 und 37 liegen nun formschlüssig an ihren Kraftübertragungsplatten 15 und 16 an. Jetzt öffnen Hochdruckventile 38

den Anschluss, an in einem hier nicht dargestellten Nebenraum befindliche Hochdruckpumpen und erzeugen zeitabhängig gesteuert einen Druckanstieg von bis zu 1000 bar/min. Im Beispiel des Sprengstoffs LX-14 wird ein Maximaldruck von 3500 bar erreicht. Dieser Druck wird während 1,0 bis 1,5 min gehalten; nach erfolgter Verdichtung wird der Druck gezielt mit 2000 bar/min wieder abgebaut.

Diese Art der hydraulischen Verdichtung des Sprengstoffes birgt nur ein minimales Risiko, trotz dessen hoher Brisanz. Das Verfahren lässt sich zudem hinter gepanzerten Wänden ausführen, so dass auch ein eventuelles Ereignis nicht zu Personenschäden führen würde.

Der verfahrensgemäss eingesetzte Niederdruck-Autoklav, Fig. 3, weist einen Mantel 51 auf, in welchem eine Ringmutter 52 mit Gewinde 54 mittels Drehgriffen 55 eingeschraubt ist. Die Ringmutter 52 fixiert einen Deckkelflansch 56 mit einer peripheren Ringdichtung 58. Ein Haltering 59 mit Spreizring 60 stellt die mechanische Verbindung zwischen dem Gewinding 52 und dem Deckkelflansch 56 her, in welchem Flansch 56 Ventilanschlüsse 61 vorgesehen sind, die mit Bohrungen 62 verbunden ins Innere der Niederdruckkammer 53 führen.

In dieser Kammer 53 befindet sich das mit einer weiteren Ringdichtung 58 versehene Kühlelement 67, auf welchem das Pressgut 1 gelagert ist. Das Kühlelement 67 ist durch einen mit einem weiteren Gewinde 54 versehenen Boden 57 fixiert; in diesem Boden 57 sind Kühlmittelanschlüsse 65 vorgesehen, welche miteinander durch Kühlmittelleitungen 66 verbunden sind. Im weiteren ist im Zentrum des Bodens 57 ein Druckanschluss 63 vorgesehen, welcher über einen Gaseinlass 64 das Druckmedium in die Kammer 53 einführt.

Als Druckmedium im Niederdruck-Autoklaven 50 eignet sich auch Stickstoffgas. Die notwendigen bis zu einem Druck von 500 bar arbeitenden Verdichter sind handelsüblich (Fa. Bauer Kompressoren GmbH, D-8000 München 71; Typ I 25.18 - 75).

In den nachfolgenden Figuren sind gleiche Funktionsteile mit gleichen Bezugsziffern versehen.

Die Pressform 106, Fig. 4, weist eine Rotationsachse A auf. Ein formfester und wärmeableitender Körper 100 besitzt eine Kegelform und ist in seinem unteren Teil mit einer Wärmekapazität 101 versehen. Der formfeste Körper 100 ist in seinem grössten Randbereich 100' durch eine elastische Hülle 103 umschlossen, welche ihrerseits an einem metallischen Gehäuse 104 anliegt, welches mehrere Durchlässe 105 aufweist.

Als untere Stellfläche dient ein Flansch 107 mit einer kegelförmigen Stirnfläche 108, auf welcher ein O-Ring 109 aus synthetischem Gummi aufliegt. Aus dem Flansch 107 ragen im Umfang gleichmässig verteilt drei Führungsbolzen 111 heraus, welche

in Bohrungen 112 der Wärmekapazität 101 geführt sind. Nach unten ragt ein Schraubenbolzen 110, der in seiner Länge derart ausgelegt ist, dass der Körper 100 in seiner Ruhestellung, d.h. ohne Druckbelastung, den O-Ring 109 nur minimal zusammendrückt, vgl. Pos. I. Ist dagegen ein Pressdruck vorhanden, so federn der Körper 100, die als Wärmeleiter dienende Wärmekapazität 101 entsprechend Pos. II ein.

Die vorstehend beschriebene Pressform 106 wird mit Sprengstoffpulver 102 und/oder Granulat über das schlauchförmige Ende der elastischen Hülle 103 beschickt und anschliessend bis auf ca. 20 mm Hg evakuiert und dann durch eine Schlauchbride 113 verschlossen. Wenn das auf 100 - 120° C vorgewärmte Pressgut in den Autoklaven 30 bzw. 50 unter Druck gesetzt wird, so verdichtet sich dieses zu einem Pressling 1', dessen endgültige Form in Fig. 4 gestrichelt eingezeichnet ist.

Eine andere Pressform 106, Fig. 5, ist in analoger Weise aufgebaut; auf das hier zylinderförmige Gehäuse 104 ist ein kegeliges Teil 114 aufgesetzt und mittels eines Verbindungsringes 115, mit Nieten mechanisch kraftschlüssig verbunden. Unten ist das Gehäuse 104 mittels starrer Ringe 116, 116' mit einem Flansch 107 zusammengefügt.

Im weiteren befindet sich zur vereinfachten Manipulation am Ende des kegeligen Teils 114 ein Tragbügel 117, auf einem Lagerzapfen 118.

Die Stellfläche des Flansches 107 ist hier relativ gross ausgebildet, so dass ein guter Wärmekontakt entsteht und die in der Wärmekapazität 101 bzw. im Körper 100 gespeicherte Energie rasch auf die Bodenfläche des Autoklaven 50 bzw. 30 abgeführt wird.

Berechnungsbeispiel

Das Abkühlverhalten einer Präzisionssprengladung lässt sich, insbesondere im Innern eines im Betrieb befindlichen Hochdruck-Autoklaven nur mit Schwierigkeiten im Experiment untersuchen.

Es wurde deshalb mit Hilfe der Methode "finiter Elemente" eine Ladung aus Sprengstoff des Typs LX-14 mit einer einfachen Geometrie gerechnet (Software Abacus; Handelsmarke Abaqus Codes der Firma Hibit, Karlsson & Sorenson, Inc., Providence, Rhode Island, USA).

Vorgegeben wurde eine zylinderförmige Ladung von 120 mm Länge mit einem Durchmesser von 50 mm, welche auf einem Zylinder aus Stahl von 60 mm Länge und 60 mm Durchmesser aufliegt und durch eine Hülle aus synthetischem Gummi von 4,0 mm Dicke abgeschlossen und welche über den Stahl-Zylinder gestülpt ist.

Es wurden dabei folgende Annahmen getroffen: Dichte des Sprengstoffs LX-14: $1,83 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$;

Wärmeleitfähigkeit gemäss LLNL Explosives Handbook, 1985, UCRL - 52'997, S. 6-4; spezifische Wärme LLNL Explosives Handbook, 1985, UCRL - 52'997, S. 6-11.

Hülle aus synthetischem Gummi (Neopren, Handelsmarke der Firma Du Pont, USA). Dichte $0,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; Wärmeleitfähigkeit $0,15 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$; spezifische Wärme $2,01 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$.

Stahl: Dichte $7,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; Wärmeleitfähigkeit: $52 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$; spezifische Wärme $0,465 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$.

Ferner wurde ein Wärmeübergangskoeffizient (Druckmittel/Pressgut) angenommen mit $300 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$. Die thermischen Anfangsbedingungen sind: Temperatur des Sprengstoffs (LX-14 Granulat) 100°C , Temperatur Gummi und Stahl: 20°C .

Sogenannte farbige Konturplots (aus zeichnerischen Gründen nicht dargestellt) weisen nach 200 sec, eine konzentrische Temperaturverteilung auf. Nach 1000 sec bzw. 2000 sec, hat sich der Bereich höchster Temperatur von aussen nach innen verlagert; das Abkühlverhalten ist als stetig zu erkennen.

Etwas anders verhält sich der Temperaturverlauf in radialer Richtung, vgl. Fig. 6a bis 6c. Hier sind als Folge der vorgegebenen Geometrie leichte Knicke im Temperaturverlauf, im äusseren Drittel des Radius x zu erkennen. Dabei ist der Radius x auf einen Wert 1,0 normiert, die Temperatur ist im Bereich, Fig. 6a von 24 bis 98°C , Fig. 6b, von 22 bis 70°C und Fig. 6c von 21 bis 42°C in der Ordinate t_x aufgezeichnet. Der Kurvenverlauf 200 zeigt den Temperaturverlauf nach 200 sec, der Kurvenverlauf 1000 den Temperaturverlauf nach 1000 sec und derjenige mit 2000 bezeichnet den Kurvenverlauf nach 2000 sec, nach dem Einfüllen des Sprengstoffes.

In gleicher Weise sind die Fig. 7a bis 7c aufgebaut, wobei hier die Abszisse y die axiale Länge der Ladung, normiert auf 10, darstellt. Die jeweilige Temperatur ist an der Ordinate t_y ablesbar.

Die Temperaturverteilungen gemäss Fig. 6a bis 6c bzw. 7a bis 7c zeigen, dass in den realisierten Abkühlungsintervallen keine Gefahr einer Detonation des Sprengstoffes aufgrund von Temperaturspannungen besteht. Dies gilt auch, durch praktische Versuche erhärtet, bei komplexeren geometrischen Formen, so dass das anfänglich als zu gefährlich betrachtete Verfahren als absolut verantwortbar für eine industrielle Massenfertigung eingesetzt werden kann.

An einem praktischen Beispiel des quasi-isostatischen Pressens einer Hohlladung für einen Gefechtskopf von Kaliber 120 mm, mit 2 kg Masse, erscheint folgender bevorzugter Verfahrensablauf als zweckmässig:

a) Der in Granulatform vorliegende Sprengstoff wird in einem handelsüblichen Heizschrank auf 120°C vorgewärmt;

b) Die Pressform 106 mit ihrer elastischen Hülle 103 wird dann durch den Schraubenbolzen 110 an ihrer Basis abgedichtet und mit dem vorgewärmten Sprengstoff gefüllt und anschliessend mittels einer Labor-Vakuumpumpe auf 10 mbar evakuiert;

c) Sobald sich das Entweichen von Dämpfen bzw. Gasen einstellt, wird der Einfüllstutzen durch eine Schlauchbride 113 dicht verschlossen und die derart gefüllte Pressform 106 in den mit der auf 95°C vorgewärmten Pressflüssigkeit bereits gefüllten Hochdruckautoklaven 30 eingesetzt;

d) Anschliessend wird der Autoklav 30 bei einem Druckanstieg von 1 kbar/min auf 3500 bar unter Druck gesetzt und

e) während 1 min auf diesem Maximaldruck gehalten.

f) Nach erfolgter Verdichtung wird der Überdruck auf Normaldruck abgebaut bei einem Druckabfall von 2000 bar/min;

g) Anschliessend wird der Pressling möglichst rasch, innert weniger als 2,5 min, in den Niederdruckautoklaven 50 umgeladen, dabei darf keine unkontrollierte Abkühlung des Sprengstoffes entstehen;

h) Innert 1 min wird der Druck im Autoklaven 50 auf 500 bar gesteigert;

i) Der Maximaldruck von 500 bar wird solange gehalten, bis die Temperatur des Presslings auf Raumtemperatur abgesunken ist. Die Druckhaltezeit beträgt ca. 2 Std. (bei 2 kg Masse) und bei einem flüssigen Druckmedium.

j) Anschliessend wird der Druck in 10 sec auf Normaldruck abgebaut;

k) Der Pressling kann jetzt eine eventuelle mechanische Nachbearbeitung erfahren und/oder ist einbaufertig.

Aus dem unter i) aufgezeigten Abkühlverhalten lässt sich erkennen, dass als Druckmedium für grössere Massen in erster Linie flüssige Medien mit einer guten Wärmeleitfähigkeit in Betracht kommen, während kleinere Massen leicht durch ein inertes Gas pressbar und mit entsprechenden Mitteln abkühlbar sind.

Bei flüssigen Druckmedien muss gewährleistet sein, dass deren Temperatur, abhängig vom atmosphärischen Druck, genügend weit unterhalb der Siedetemperatur liegt, und dass die Bildung von Dampfblasen vermieden wird.

Die am Beispiel von rotationssymmetrischen Ladungen geführten Überlegungen und Ausführungsvarianten lassen sich in beschränktem Masse auch auf lineare Schneidladungen und/oder ähnliche nicht rotationssymmetrische Ladungen übertragen, wobei je nach Konfiguration der Vorteil eines isostatischen bzw. quasi-isostatischen Druckverlaufs verloren geht. Dies könnte teilweise durch

"Übermasse" wettgemacht werden, d.h. Teile des Presslings, welche nicht die nötige Homogenität aufweisen, könnten durch eine anschliessende mechanische Bearbeitung eliminiert werden.

Bezeichnungsliste

1	Pressgut		53	Niederdruckkammer
1'	Pressling (in endgültiger Form = Sprengkörper)		54	Gewinde, Schraubverschluss
2	Tragkorb		55	Drehgriffe
3	Verbindungsstreben (oben)		56	Deckelflansch
4	Verbindungsstreben (unten)		57	Boden
5	Haltestreben (oben)	5	58	Ringdichtungen
6	Haltestreben (unten)		59	Haltering
7	Ausnehmung		60	Spreitzring
8	Dichtring (oben)		61	Ventilanschlüsse
9	Dichtring (unten)		62	Bohrungen
10	Joch	10	63	Druckanschlüsse (Gas)
11	Mittelteil		64	Gaseinlass
12	Seitenteil (vorn)		65	Kühlmittelanschluss
13	Seitenteil (hinten)		66	Kühlmittleitungen
14	Schraubverbindung		67	Kühlelement
15	Kraftübertragungsplatte (oben)	15	100	Formfeste Körper
16	Kraftübertragungsplatte (unten)			(wärmeableitend)
17	Führungssupport		100'	Grösster Randbereich von 100
18	Rollen		101	Wärmeleiter, Wärmekapazität
19, 19'	Auflager		102	Sprengstoff
20, 20'	Führungswelle mit Stütze	20	103	Elastische Hülle
21	Träger		104	Gehäuse (Metall)
22	Gestell		105	Durchlässe (Löcher)
23	Streben		106	Pressform
24	Nivelierschuhe		107	Flansch (Stellfläche)
25	Bodenplatte	25	108	Kegelförmige Stirnfläche von 107
26	Treppe		109	O-Ring, Ringdichtung
26'	Podest		110	Schraubenbolzen
27	Seitenwange		111	Führungsbolzen (3 Stück)
28, 28'	Hydraulikzylinder mit Reservoir		112	Bohrung (Führung)
29	Gelenkkupplung		113	Schlauchbride
30	Hochdruck-Autoklav	30	114	Kegeliges Teil
31	Äusserer Mantel		115	Verbindungsring (mit Nieten)
32	Innerer Mantel		116, 116'	Starre Ringe
33	Hochdruckkammer		117	Tragbügel
34	Füllkörper		118	Lagerzapfen
35, 35'	Bedienungspult mit Stütze (el. Steuerleitungen)	35	I	Ausgangslage (vor Pressen)
36	Deckelflansch		II	Endlage (nach Pressen)
37	Bodenflansch		H	Horizontal (- Ebene)
38	Hochdruckventile		A	Rotationsachse
39	Nockenschiene	40	P	Druck im Hochdruck-Autoklaven
40	Endschalter			
41	Wassertank (Reservoir)			
42	Niederdruck (Füll-) Pumpe			
43	Ventileinheit (Block)			
44	Stossdämpfer	45		
50	Niederdruck-Autoklav			
51	Mantel			
52	Ringmutter			

Patentansprüche

1. Verfahren zum quasi-isostatischen Pressen von Präzisionssprengladungen hoher Dichte und Homogenität, wobei die Innen- oder Aussenform (100) durch einen formfesten Körper hoher Oberflächengüte vorgegeben und zumindest partiell rotationssymmetrisch ist und der eine endliche Steigung relativ zur Rotationsachse (A) aufweist, und wobei in einem ersten Verfahrensschritt die Innen- oder Aussenform durch eine elastische Hülle (103) abgegrenzt wird, diese formschlüssig zum grössten Randbereich (100') an der Innen- oder Aussenform angebracht und mechanisch angepresst wird, so dass eine beschickbare Pressform (106)

- entsteht, welche in einem zweiten Verfahrensschritt in deren Hohlraum mit pulverförmigem oder granuliertem Sprengstoff (102) gefüllt wird und wobei der Innenraum und der Sprengstoff (102) sowie der Raum ausserhalb der Pressform evakuiert werden und wobei in einem dritten Verfahrensschritt der Innenraum abgeschlossen und die gefüllte Pressform (106) in eine Druckkammer (33) eingebracht wird und das Innere der Druckkammer (33) mit einem Druck (P) beaufschlagt wird, wobei der Druck (P) kontinuierlich erhöht wird bis zum Erreichen eines durch die in diesem Verfahrensschritt zu erzielende Dichte und Festigkeit des Sprengstoffs vorgegebenen Wert und wobei anschliessend durch eine kontinuierliche Druckentlastung die gefüllte Pressform (106) auf den Normaldruck zurückgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass im dritten Verfahrensschritt das Pressgut (1) vorgewärmt wird und in einem Autoklaven (30) einem Druck von 500 bis 5000 bar ausgesetzt wird, während einer Druckhaltezeit von 0,5 bis 5 min und dass nach einem Druckabbau das Pressgut (1), in einer Abkühlungsphase von 10 bis 180 min Dauer, diese einem Druck von 50 bis 500 bar ausgesetzt wird, und dass nach einem weiteren Druckabbau das Pressgut (1) aus dem Autoklaven (30) entfernt wird und der Pressling (1') zur mechanischen Endbearbeitung und/oder Montage entnommen wird.
2. Verfahren zum quasi-isostatischen Pressen von Präzisionssprengladungen hoher Dichte und Homogenität, wobei die Innen- oder Aussenform (100) durch einen formfesten Körper hoher Oberflächengüte vorgegeben und zumindest partiell rotationssymmetrisch ist und der eine endliche Steigung relativ zur Rotationsachse (A) aufweist, und wobei in einem ersten Verfahrensschritt die Innen- oder Aussenform durch eine elastische Hülle (103) abgegrenzt wird, diese formschlüssig zum grössten Randbereich (100') an der Innen- oder Aussenform angebracht und mechanisch angepresst wird, so dass eine beschickbare Pressform (106) entsteht, welche in einem zweiten Verfahrensschritt in deren Hohlraum mit pulverförmigem oder granuliertem Sprengstoff (102) gefüllt wird und wobei der Innenraum und der Sprengstoff (102) sowie der Raum ausserhalb der Pressform evakuiert werden und wobei in einem dritten Verfahrensschritt der Innenraum abgeschlossen und die gefüllte Pressform (106) in eine Druckkammer (33) eingebracht wird und das Innere der Druckkammer (33) mit einem Druck (P) beaufschlagt wird, wobei der Druck (P) kontinuierlich erhöht wird bis zum Erreichen eines durch die in diesem Verfahrensschritt zu erzielende Dichte und Festigkeit des Sprengstoffs vorgegebenen Wert und wobei anschliessend durch eine kontinuierliche Druckentlastung die gefüllte Pressform (106) auf den Normaldruck zurückgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Verfahrensschritt in zwei nacheinander folgende Einzelschritte aufgeteilt wird, wobei in diesem ersten Einzelschritt das Pressgut (1) vorgewärmt wird und in einem Hochdruck-Autoklaven (30) einem Druck von bis zu 500 bis 5000 bar ausgesetzt wird, während einer Druckhaltezeit von 0,5 bis 5 min und dass nach einem Druckabbau von 500 bis 10000 bar/min das Pressgut (1) aus dem Autoklaven entfernt und in einem weiteren Einzelschritt, dieses in einem Niederdruck-Autoklaven (50), in einer Abkühlungsphase von 10 bis 180 min Dauer, einem Druck von 50 bis 500 bar ausgesetzt wird, und dass nach einem Druckabbau von 1 bis 100 bar/min das Pressgut (1) aus dem Autoklaven entfernt wird und der Pressling (1') zur mechanischen Endbearbeitung und/oder Montage entnommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Pressgut (1) auf eine Temperatur von 100 bis 120 ° C, während einem Zeitintervall von 60 bis 600 min vorgewärmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Druckmedium Wasser und/oder eine Mischung aus Wasser-Ethylenglykol mit einem Korrosionsschutz bei einer Temperatur oberhalb der Raumtemperatur und unterhalb der Siedetemperatur in die Druckkammer (30) eingeführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Druckmedium Gas in den Niederdruck-Autoklaven (50) eingeführt wird.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2 mittels einer Pressform (106), welche einen formfesten Innen- und/oder Aussenkörper (100) hoher Oberflächengüte enthält und deren Innenraum durch eine elastische Hülle (103) gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Rotationsachse (A) der Pressform (106) zumindest ein wärmeableitender Dorn (100, 101) und/oder ein Einsatz und/oder ein wärmeaufnehmender Flansch (107) vorgesehen sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Abdichtung des Spaltes zwischen dem formfesten Körper (100, 100') und der elastischen Hülle (103) eine Ringdichtung (109) angeordnet ist. 5
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der formeste Körper (100) und sein Wärmeleiter (101) längsbeweglich geführt sind. 10
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Niederdruck-Autoklaven (50), im Bereich der Auflageflächen der Pressformen (106) wärmeableitende Mittel (65-67) vorgesehen sind. 15
10. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die elastische Hülle (103) von einem starren, flüssigkeitsdurchlässigen Gehäuse (104) umgeben ist. 20
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (104) einen zylindrischen Mantel aufweist, der mit Durchlässen (105) versehen ist. 25
12. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wärmeableitenden Mittel (65-67) ein flüssiges Medium enthalten. 30
13. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die wärmeableitenden Mittel ein Peltier-Element enthalten. 35
14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochdruck-Autoklav (30) eine Hochdruckkammer (33) aufweist, welche in einem Joch (10) gelagert und axial gehalten ist. 40
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Joch (10) in einer Horizontalebene (H) in Durchlassrichtung verfahrbar angeordnet ist. 45
16. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Niederdruck-Autoklav (50) als zylindrische Kammer (53) ausgestaltet ist, in deren unteren Stirnseite zumindest die Durchführung oder Energiezufuhr für die wärmeableitenden Mittel (65-67) vorgesehen ist. 50
55
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die obere Stirn-

seite als Schraubverschluss (54) ausgebildet ist.

FIG.1

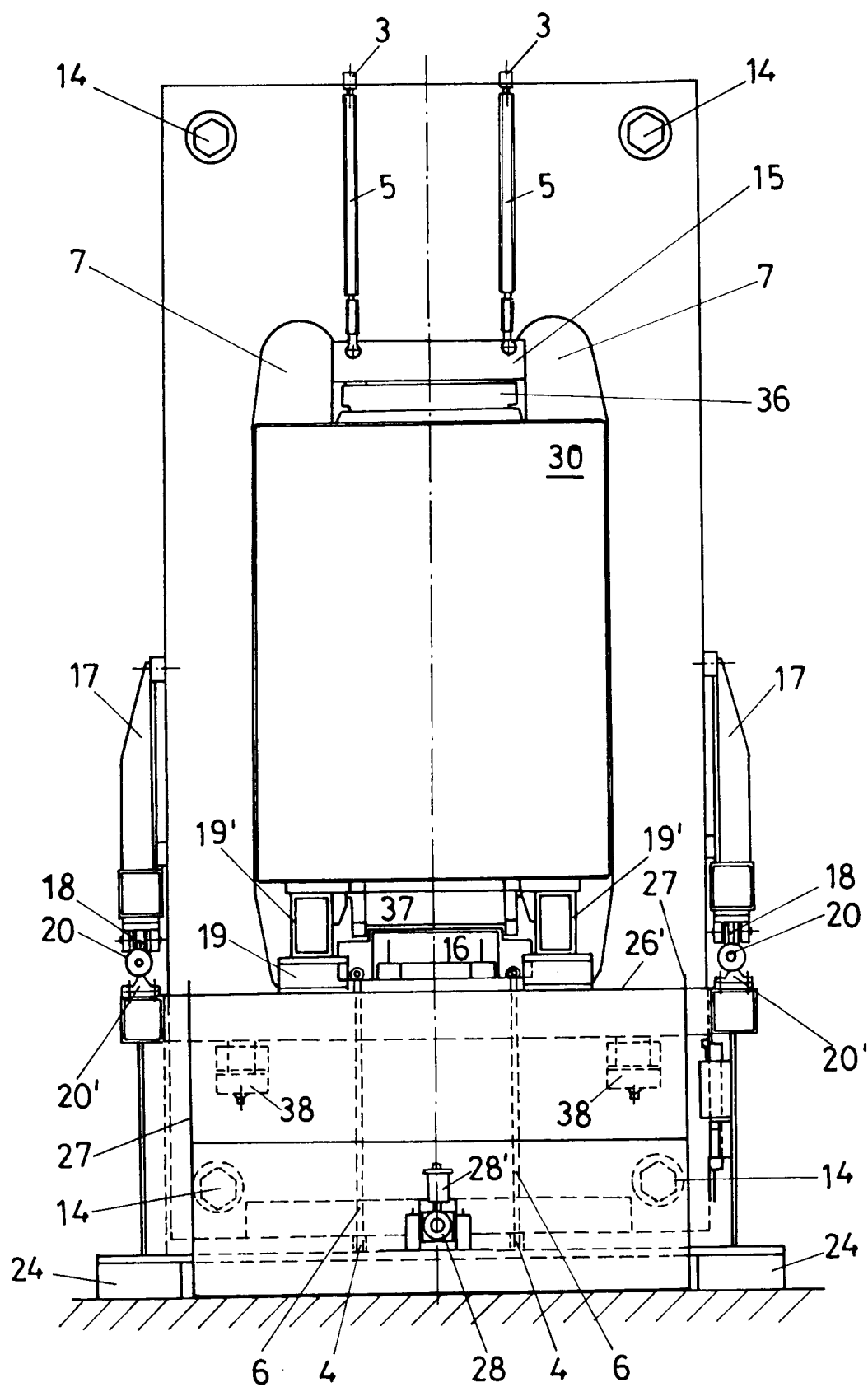


FIG.2

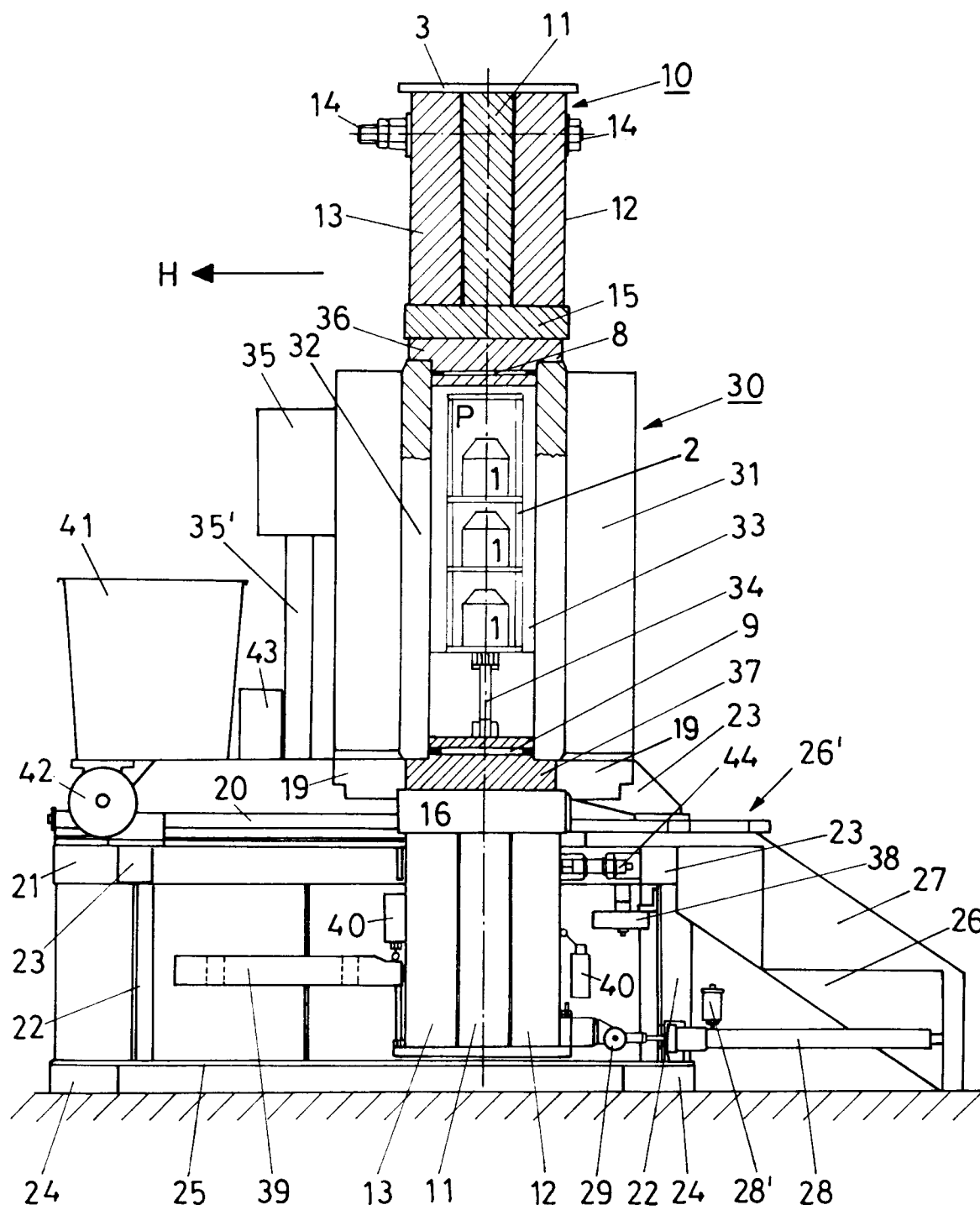


FIG.3

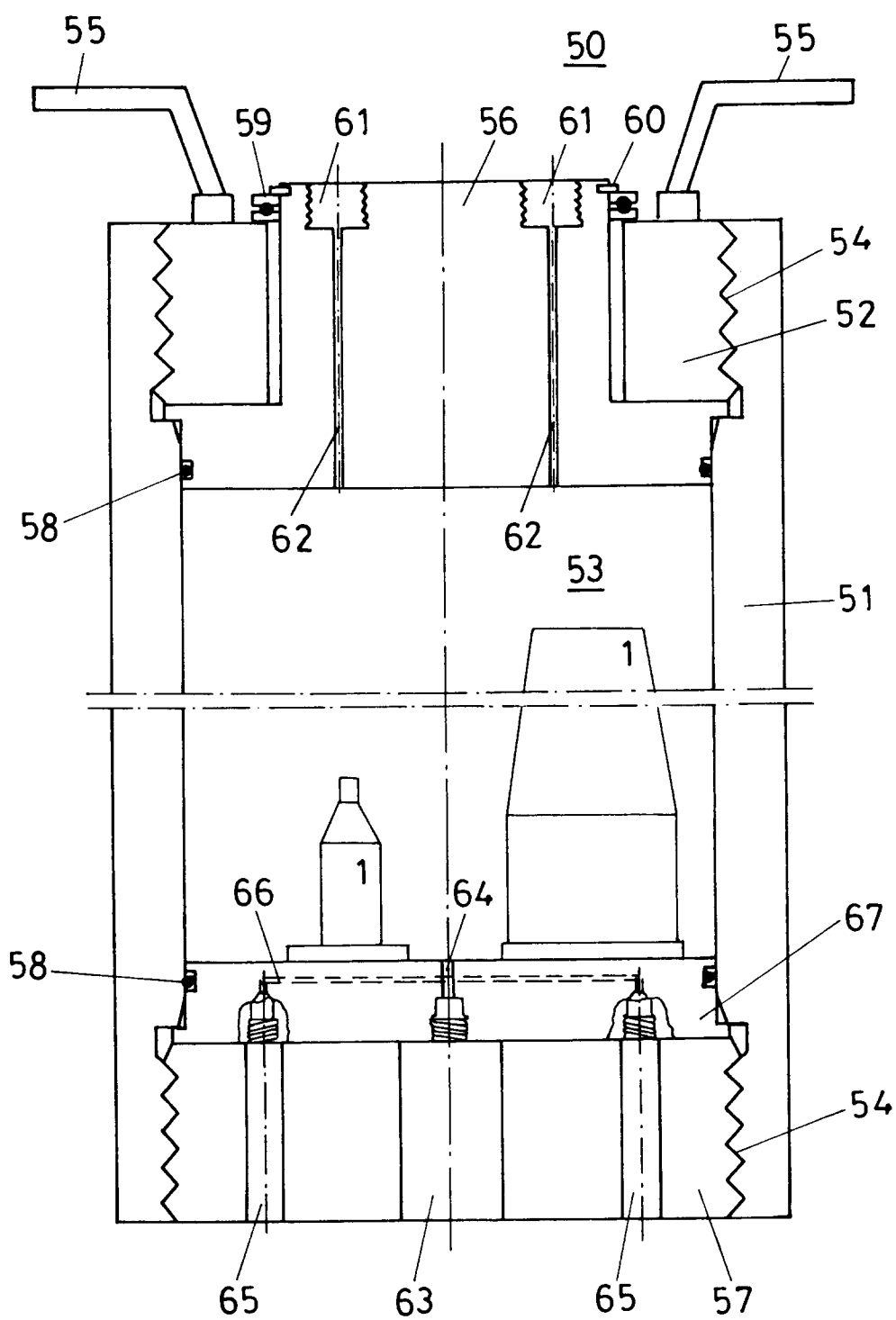
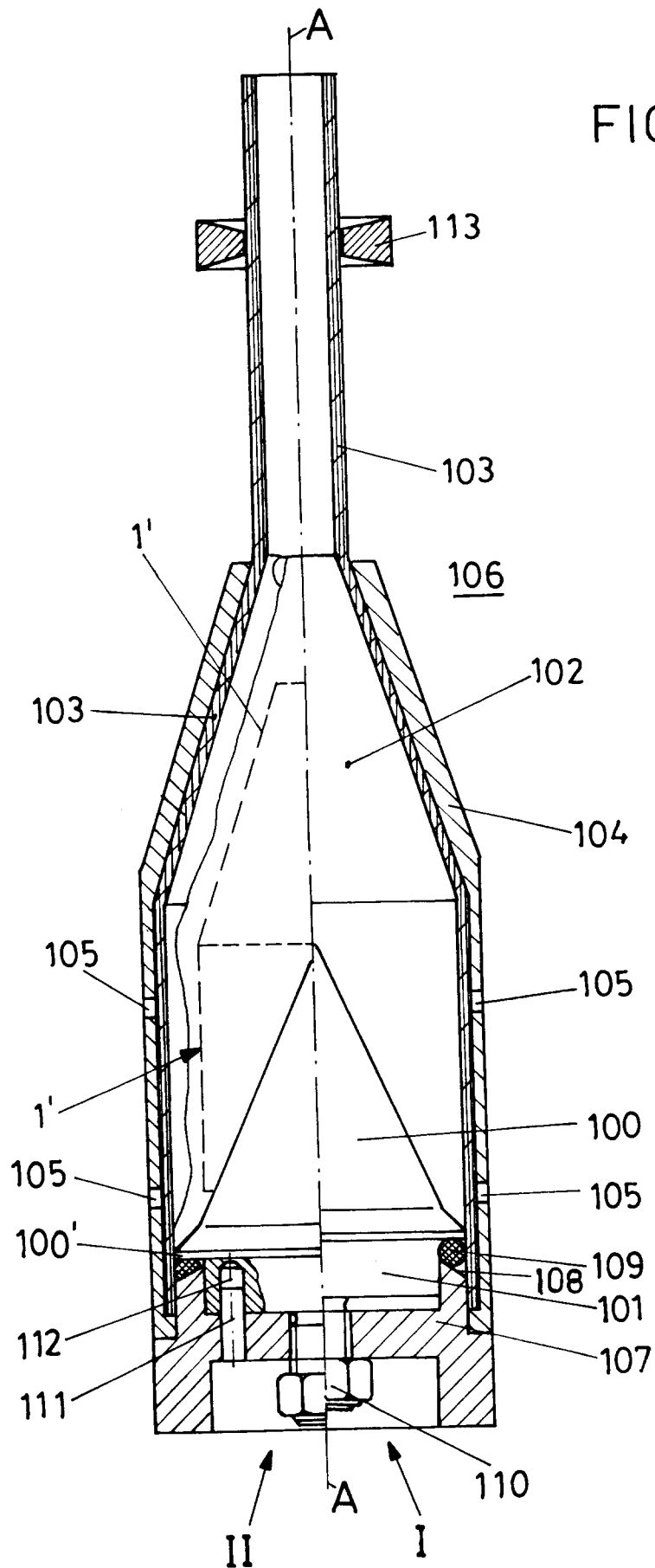


FIG.4



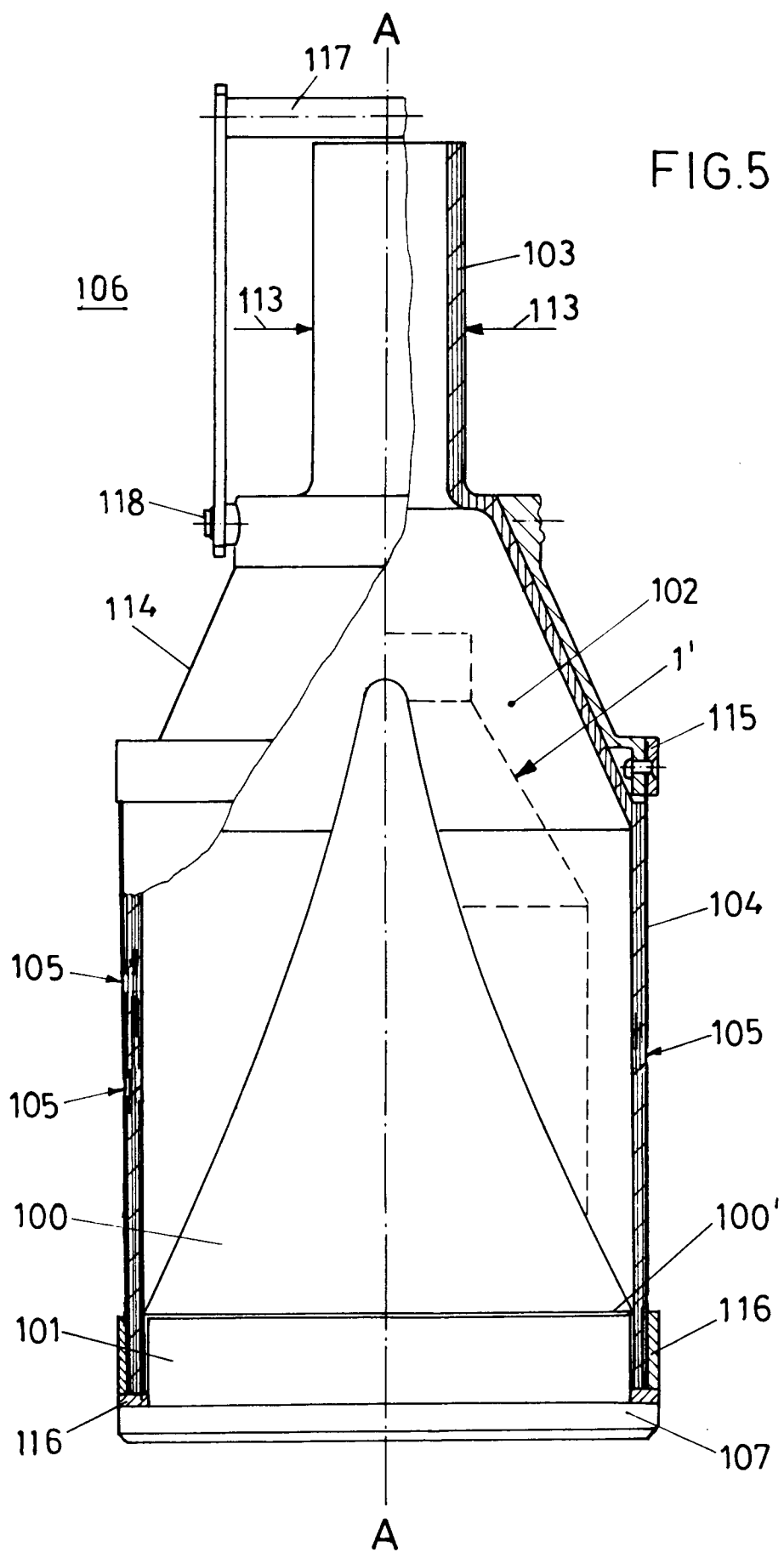


FIG.6a

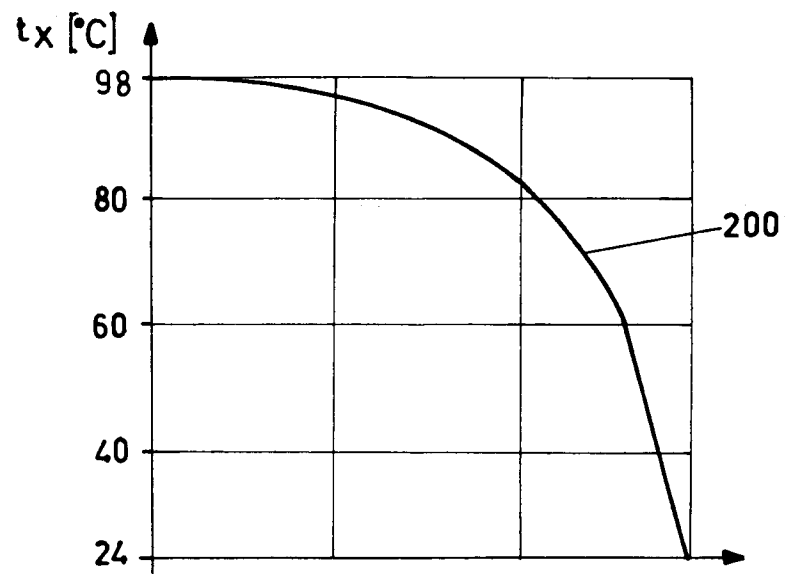


FIG.6b

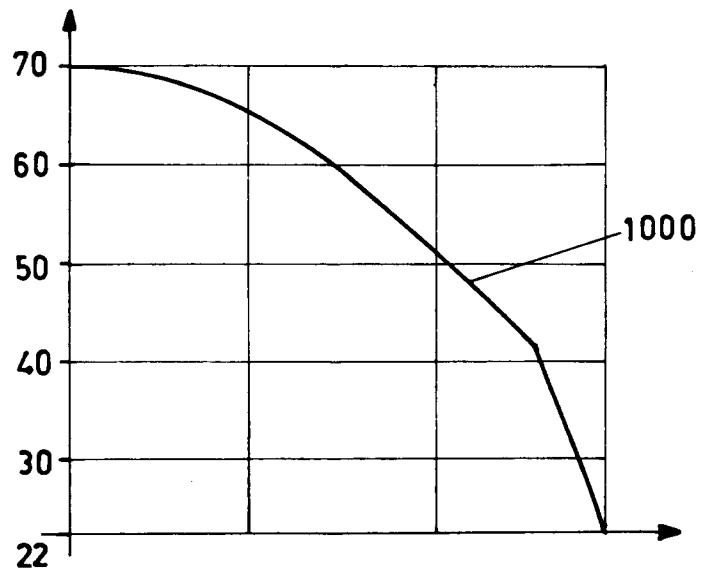


FIG.6c

