(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 452 936 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.10.1997 Patentblatt 1997/42

(51) Int. Cl.[6]: **B28B 3/00**, B28B 11/04, B28B 11/00, B28B 3/02

(21) Anmeldenummer: **91106242.0**

(22) Anmeldetag: **18.04.1991**

(54) **Verfahren zur Herstellung eines keramischen Formkörpers und Einrichtung zum Pressen eines keramischen Formlings**

Process for making a ceramic object and apparatus for pressing a ceramic blank

Procédé pour la fabrication d'un objet en céramique et dispositif pour le pressage d'une ébauche en céramique

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

(30) Priorität: **20.04.1990 DE 4012700**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.10.1991 Patentblatt 1991/43

(73) Patentinhaber: **Hutschenreuther AG**
D-95100 Selb (DE)

(72) Erfinder:
- **Strobel, Klaus**
  D-95100 Selb (DE)
- **Schwarzmeier, Karl**
  D-95100 Selb (DE)

(74) Vertreter: **Weickmann, Heinrich, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte
H. Weickmann, Dr. K. Fincke
F.A. Weickmann, B. Huber
Dr. H. Liska, Dr. J. Prechtel, Dr. B. Böhm
Postfach 86 08 20
81635 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 176 266	**BE-A- 896 207**
DE-A- 2 939 134	**DE-A- 3 325 533**
DE-A- 3 734 876	**FR-A- 970 450**
FR-A- 1 098 571	**FR-A- 2 343 571**
GB-A- 1 496 847	**GB-A- 2 177 649**
GB-A- 2 219 549	**US-A- 1 699 502**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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).

EP 0 452 936 B1

Printed by Rank Xerox (UK) Business Services
2.14.16/3.4

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dünnschaligen keramischen Flachformkörpers durch Formen einer keramischen Formmasse zu einem formstabilen Formling und anschließendes Brennen des Formlings, in der Weise, daß die Formmasse in einem Formgebungsvorgang in Kontakt mit mindestens einer im wesentlichen starren Formgebungsfläche zu einem formstabilen, dem zu gewinnenden Formkörper geometrisch ähnlichen vorformling ausgeformt wird und daß dieser Vorformling in einem ihn allseitig einschließenden, im wesentlichen formgebungsneutralen Schutzhautsystem ohne wesentliche Anpressung gegen steife Formgebungsflächen durch allseitige Pressung mittels eines auf die Außenseite des Schutzhautsystems einwirkenden Preßfluids unter Volumenverkleinerung bei gleichzeitiger Erhaltung geometrischer Ähnlichkeit zu dem Formling verpreßt wird.

Wenn hier von keramischen Formmassen die Rede ist, so ist der Begriff "keramische Formmasse" im weitesten Sinn zu verstehen. Er umschließt alle feinkeramischen und grobkeramischen Formmassen, wie Steingut, Steinzeug, Vitreous China, Bone China und insbesondere Porzellan, ferner technische Keramikmassen, zum Beispiel auf der Basis von Siliziumcarbid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxyd und Zirkonoxyd.

Wenn hier von dünnschaligen keramischen Flachformkörpern die Rede ist, so wird insbesondere an Eßgeschirrteile in Form von Tellern, Schüsseln und Schalen gedacht. Diese werden herkömmlicherweise durch Verpressen von pulverförmigen keramischen Formmassen hergestellt, z.B. von granuliertem Porzellankorn. Grundsätzlich ist die Erfindung aber anwendbar auf die Verarbeitung aller technischen Stäube, auch solche der Pulvermetallurgie.

Wenn hier von einem formstabilen vorformling gesprochen wird, so ist damit gemeint, daß der Vorformling durch ggf. vorgesehene weitere Handhabungs- und Bearbeitungsmaßnahmen und durch die allseitige Verpressung nicht in seiner Oberflächenform beeinflußt wird, d.h. geometrische Ähnlichkeit behält.

Wenn bezüglich des Schutzhautsystems gesagt wird, daß es formgebungsneutral sein soll, so ist damit gemeint, daß die Existenz des Schutzhautsystems keinerlei Einfluß auf die Oberflächengestaltung des Formlings haben soll, die vom Preßfluid ausgehende Druckverteilung also so sein soll, als ob das Schutzhautsystem überhaupt nicht vorhanden wäre. Diese Formgebungsneutralität wird durch entsprechend dünne, glatte und flache Schutzhautwerkstoffe erzielt, wobei die jeweils anzuwendende Hautstärke natürlich von dem jeweiligen Schutzhautmaterial und dem jeweiligen Anwendungsfall abhängt.

Zur Herstellung von keramischen Formkörpern ist das sogenannte isostatische Pressen bekannt. Es wird beispielsweise verwiesen auf die DE-PS 31 01 236, DE-OS 31 28 347 und die DE-PS 31 28 348. In all diesen Fällen wird pulverförmige keramische Formmasse ihrer endgültigen dem Brennen vorangehenden Verpressung zum Formling dadurch unterworfen, daß diese Formmasse in einen Formhohlraum eingefüllt wird, der teilweise mit einer Membran ausgekleidet ist, wobei nach der Einfüllung der pulverförmigen keramischen Masse in den Formhohlraum die Masse durch Ausübung hydrostatischen Drucks auf die Rückseite der Membran gegen eine starre Formfläche angepreßt wird, welche sozusagen die Bezugsfläche für den Preßvorgang bildet und dem Formling in seinen optisch oder technisch wichtigsten Oberflächenbereichen ihre Form exakt aufprägt.

Aus der US-PS 3 664 799 ist es weiterhin bekannt, eine Toilettenschüssel in einem Formhohlraum zu pressen, der mit einander gegenüber liegenden Membranen ausgekleidet ist, wobei auf der Rückseite beider Membranen Fluidendruck gleichzeitig aufgebracht wird. Dabei sind die optisch und technisch wichtigsten Oberflächenbereiche wiederum in Anlage mit starren Formflächen, die nicht von den Membranen belegt sind.

Auch aus der US-PS Re. 20 460 ist es bekannt, keramische Formteile isostatisch zu verpressen. Dabei ist im Falle der Herstellung eines massiven kugelförmigen Formkörpers eine isostatische Preß-Membran bekannt, die einen großen Teil der Oberfläche bedeckt. Aber auch hierbei liegt der Formling während des Preßvorgangs mit einem Restbereich seiner Oberfläche an einer starren Formgebungsfläche unter Preßdruck an. Auch kann man dabei nicht zwischen einem Vorformling und einem Formling unterscheiden, weil der endgültige Formling in einem einzigen Preßvorgang entsteht.

Insoweit als sich diese US-PS Re. 20 460 mit der Herstellung von flachen Formteilen wie Schüsseln oder Tellern befaßt, entspricht sie den Vorschlägen der zuvor genannten Patentschriften insofern, als die Formteile wiederum zwischen einer Membran und einer starren Formfläche ihre endgültige Verpressung erfahren.

Die Drücke, die zum isostatischen Pressen von Geschirrteilen in der keramischen Industrie bisher angewendet worden sind, liegen in der Größenordnung von 200 bis 300 bar.

Ein großes Problem, welches in der keramischen Industrie bisher stets aufgetaucht ist, gleichgültig auf welche Weise der zu brennende Formling hergestellt worden ist, liegt in dem Schwund und der Deformation, die der Formling beim Brennen erleidet. Ursache hierfür können eine ungleichmäßige Dichteverteilung sowie eine unzureichende Verpressung des Formlings sein.

Ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art ist aus der DE 37 34 876 A 1 bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird der Formkörper in zwei Schritten hergestellt, wobei sowohl die Vorteile des Pressens gegen starre Formteile (hohe Genauigkeit), als auch die des isostatischen Pressens (Gleichmäßigkeit der Dichte) ausgenutzt werden sollen. Es ist deshalb als erster Verfahrensschritt die Herstellung eines Vorformlings durch ein sehr genaues Verfahren, beispielsweise durch Schlickergießen oder mittels metallischer Preßmatrizen, vorgesehen. In einem zweiten Verfahrens-

schritt soll anschließend durch allseitiges isostatisches Nachpressen eine gleichmäßigere Dichte erzielt werden. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß im ersten Verfahrensschritt ein isostatisches Pressen mit Hilfe von Gummimatrizen (obwohl sich so eine gute Dichteverteilung erzielen lassen würde) vermieden werden soll, da damit die erforderliche Genauigkeit nicht erreicht wird. Auch mit dem aus diesem Dokument bekannten Verfahren lassen sich jedoch immer noch nicht Formkörper herstellen, deren Schwund- und Deformationsverhalten beim Brennen insbesondere bei dünnschaligen Gebilden zufriedenstellend ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, dünnschalige keramische Flachformkörper mit möglichst exakter Oberflächengestalt herzustellen und insbesondere den Schwund und die damit einhergehenden Deformationserscheinungen beim Brennen zu verringern.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß ein im Sinne der Erhaltung geometrischer Ähnlichkeit bei der späteren allseitigen Pressung formstabiler vorformling in einem Formhohlraum zwischen einer im wesentlichen starren Formgebungsfläche und einer deformierbaren Membran dadurch erzeugt wird, daß nach Einfüllung von pulverförmiger Formmasse in den Formhohlraum ein Hochdruckfluid zur Einwirkung auf die vom Formhohlraum abgelegene Seite der Membran gebracht wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird im unterschied zur DE 37 34 876 A1 bereits bei der Bildung des Vorformlings isostatisch gepreßt und bei der allseitigen Verpressung das Volumen verkleinert.

Es hat sich gezeigt, daß man bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine sehr exakte Oberflächengestalt der keramischen Formkörper nach dem Brennen erhält. Dies ist überraschend insofern, als man auf die Formgebung bei der Endverpressung des dem Brennvorgang zu unterwerfenden Formlings durch Anlage an starre Formflächen verzichtet. Es hat sich gezeigt, daß bei einer allseitigen Druckeinwirkung des Preßfluids auf den vorher gebildeten Vorformling die Exaktheit der Oberflächengestaltung des Vorformlings nicht verschlechtert wird. Der Vorformling erfährt eine geometrisch ähnliche Volumenskompression, bleibt aber in seiner Oberflächengestaltung so exakt wie er vorher beispielsweise im Kontakt mit starren Formgebungsflächen hergestellt worden ist; zum Beispiel: eine ebene Fläche bleibt eine ebene Fläche. Andererseits ist der Schwund beim nachfolgenden Brennen reduziert und das Ausmaß der beim Brennen eintretenden Deformation ist gegenüber den vorbekannten Verfahren wesentlich verringert. Während man beim Brennen von nach bekannten Verfahren hergestellten Formlingen wie Tellern oder Platten beispielsweise mit einem Durchbeulen nicht unterstützter Flächen innerhalb des Standfußes rechnen mußte und sich bemüht hat, diese Durchbeulungen durch entsprechende Ausformung des Formlings zu kompensieren, treten solche Deformationserscheinungen bei der Herstellung von Formkörpern nach dem erfindungsgemäßen Verfahren nur in sehr viel geringerem Maße - wenn überhaupt - auf.

Ein weiteres Problem bei bisherigen Herstellungsverfahren war, daß die entstehenden Formkörper in unterschiedlichem Maße dem Brennschwund unterworfen waren, so daß Teller, welche gleich groß sein sollten, tatsächlich mit unterschiedlichem Durchmesser und unterschiedlicher Höhe ausfielen. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens reduziert sich mit dem Brennschwund auch entsprechend die Variationsbreite der Abmessungen von in gleichen Formen hergestellten Keramikkörpern. Die bisher von Brand zu Brand auftretenden Schwankungen der Formkörpergrößen werden bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, ohne daß die Gleichmäßigkeit der Brandbedingungen verändert wird, ebenfalls geringer.

Weiterhin hat sich gezeigt, daß die Oberflächenstruktur der gebrannten Formkörper verbessert wird. Insbesondere werden glatte Flächen glatter als bisher und frei von Nadelstichlöchern und sonstigen Strukturen.

Bei Formkörpern mit dünnschaligen Rändern ist ein altes Problem die Randschlagfestigkeit, die insbesondere bei Geschirrteilen für Haushalt und Verköstigungsgewerbe von großer Bedeutung ist. Es hat sich gezeigt, daß diese Randschlagfestigkeit bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wesentlich verbessert wird. So wurde zum Beispiel festgestellt, daß die Randschlagfestigkeit von nach dem erfindungsgemäßen Verfahren unter einem Preßdruck von 1000 bar hergestellten Tellern um den Faktor 2 höher liegt als die Randschlagfestigkeit sonst gleicher Teller, die im üblichen isostatischen Preßverfahren, etwa nach der DE-PS 31 01 236, hergestellt worden sind.

Das Problem, ebene Standflächen von Geschirrteilen zu erhalten, die ein Wackeln der Geschirrteile auf dem Tisch verhindern, ist bei der erfindungsgemäßen Herstellungsart ebenfalls weitgehend gelöst.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin, daß die Formlinge dank der ihnen vermittelten allseitigen Pressung beim Einbringen in einen Brennofen bereits erheblich kleinere Abmessungen, und zwar in allen Richtungen, besitzen, als bei der bisherigen Herstellungsweise der Formlinge. Beispielsweise kann man bei Anwendung eines Preßdrucks von 1000 bar auf einen flachen Teller, der vorher im isostatischen Preßverfahren in herkömmlicher Weise bei 250 bar geformt worden ist, mit einer Durchmesserverringerung von 6 % rechnen. Dies entspricht einer Verringerung des Brennschwundes um ca. 50 %; ein Beispiel: Betrug bisher die Verringerung des Durchmessers durch Brennschwund 12 %, so reduziert sich diese Brennschwundverringerung nunmehr auf 6 %. Damit wird auch eine effektivere Ausnutzung des teueren Brennraums gewährleistet.

Sehr gute Ergebnisse des erfindungsgemäßen Verfahrens hat man bei Drucken von ≥ 350 bar, ≥ 400 bar, ≥ 500 bar, ≥ 750 bar und ≥ 1000 bar ermittelt. Dabei hat sich gezeigt, daß bei weiterer Steigerung über 1000 bar

hinaus das Ergebnis nicht mehr wesentlich verbessert wird, jedenfalls die Verbesserung nicht mehr im gleichen Verhältnis zum Aufwand steht, wie in den tieferliegenden Druckbereichen.

Um sicherzustellen, daß die beim allseitigen pressen eintretende allseitige Volumenkompression nach dem Nachlassen des Preßdrucks aufrechterhalten bleibt, ist insbesondere bei Porzellanmassen vorgesehen, daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling Wasser enthält. Der Wassergehalt bei der allseitigen Pressung kann dabei zwischen ca. 2 Gew.% und ca. 15 Gew.% betragen und beträgt vorzugsweise ca. 3,5 Gew.% bis ca. 10 Gew.%. Die Beibehaltung der Volumenkompression nach Aufhebung des Preßdrucks kann auch dadurch bewirkt werden, daß der Vorformling während der allseitigen Pressung ein hochmolekulares organisches Bindemittel erhält, beispielsweise Carboxymethylcellulose oder einen flüssigen Kunststoff.

Die Präsenz der vorstehend angegebenen Gehalte an Wasser und/oder hochmolekularem organischem Bindemittel ist insbesondere bei Porzellanmassen auch schon während der Herstellung des Vorformlings erwünscht, insbesondere dann, wenn der Vorformling aus trockenem Granulat hergestellt wird.

Insoweit als beim Nachverpressen Wasser oder organisches Bindemittel in dem Vorformling enthalten sein soll, kann das Wasser bzw. das organische Bindemittel jeweils noch von der Vorformung her vorhanden sein. Wenn zwischen der Ausbildung des Vorformlings und dem allseitigen Nachverpressen eine längere Lagerungsperiode eingeschaltet ist und während dieser Lagerungsperiode der von der Vorformung her vorhandene Wassergehalt durch Aodampfung entweichen kann, so ist es auch denkbar, vor der Nachverpressung dem nachzuverpressenden Vorformling erneut einen Wasserzusatz zu vermitteln. Beispielsweise kann dieser Wasserzusatz auch durch Aufbringen einer wasserhaltigen Glasur erfolgen, wenn beabsichtigt ist, vor dem Nachverpressen eine Glasur anzubringen. Als flüssiger Kunststoff kommt insbesondere der unter der Handelsbezeichnung "Vienapas" erhältliche flüssige Kunststoff in Frage.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann es mit sich bringen, daß der Vorformling nach seiner Formgebung durch starre Formgebungsflächen von diesen wenigstens teilweise getrennt werden muß, um mit der Schutzhaut versehen werden zu können. Dies ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber den zuvor identifizierten bekannten Verfahren des isostatischen Pressens, bei denen die Formgebung bis zur Brennreife in Kontakt mit der isostatischen Membran erfolgt und in der Endphase des Verpressens immer noch eine starre Formgebungsfläche an dem entstehenden Formling anliegt.

Wenn festgestellt wird, daß der Formgebungsvorgang des Vorformlings in Kontakt mit mindestens einer im wesentlichen starren Formgebungsfläche erfolgt, so soll dies die Möglichkeit miteinschließen, daß die Formgebungsfläche von einer elastischen Membran gebildet ist, sofern diese elastische Membran durch eine starre Stützfläche unterstützt ist.

Es hat sich gezeigt, daß bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf Vorformlinge, die aus pulverförmiger keramischer Masse, beispielsweise aus sprühgetrocknetem Porzellankorn, gepreßt worden sind, die Qualität der Formkörper durch die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wesentlich verbessert wird und ein Niveau erreicht, wenn nicht übersteigt, das dem Qualitätsniveau von im Schlicker-Gieß-Verfahren, im Spritz-Gießverfahren oder im Rollprozeß hergestellten Formkörpern entspricht, wobei anzumerken ist, daß bisher die aus Pulver gepreßten keramischen Formkörper nach dem Brennen in ihrer Formkonstanz, in ihrer Randschlagfestigkeit und in ihrer Oberflächenstruktur nicht immer das Qualitätsniveau der nach den genannten Verfahren hergestellten Formkörper erreicht haben.

Wenn der Vorformling aus rieselfähiger keramischer Masse gepreßt wird, zum Beispiel im isostatischen Preßverfahren mit im wesentlichen einachsiger Preßrichtung, so wird empfohlen, den beim nachfolgenden allseitigen Pressen erfindungsgemäß anzuwendenden Preßdruck über denjenigen Druck anzuheben, der beim vorangehenden isostatischen Pressen des Vorformlings angewandt worden ist. Wendet man beispielsweise zur Gewinnung des anschließend allseitig zu verpressenden Vorformlings bei einem isostatischen Preßverfahren einen Druck von ca. 100 bar bis 300 bar an, so liegt man mit den oben angegebenen Werten von 350 bar bis 1200 bar richtig. Zu bemerken ist aber, daß auch schon dann erhebliche Vorteile mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzielt werden können, wenn das an die Formgebung des Vorformlings anschließende allseitige isostatische Pressen mit im wesentlichen gleichen Drücken durchgeführt wird, die vorher beim isostatischen einachsigen Pressen angewandt worden sind. Dies ist damit zu erklären, daß dann jedenfalls in denjenigen Richtungen, in denen vorher eine Pressung nicht stattgefunden hat, also insbesondere in radialer Richtung, eine Volumenkompression auftritt.

Wie auch immer das Schutzhautsystem beschaffen ist, empfiehlt es sich, den durch die Schutzhaut eingeschlossenen Vorformling enthaltenden Raum vor der allseitigen Pressung zu evakuieren, damit ein in der Schutzhaut enthaltenes Luftvolumen nicht beim Pressen oder Entspannen zu einer Zerstörung des Vorformlings bzw. Formlings führen kann.

Es hat sich gezeigt, daß der Vorformling vor der allseitigen Pressung mit einem Dekor bedruckt werden kann, ggf. auch schon bei der Bildung des Vorformlings (siehe z.B. DE-OS 32 07 565), ohne daß das Dekor durch die allseitige Pressung beschädigt oder verzerrt wird. Die Dekoraufbringung auf den Vorformling kann dabei nach der Bildung des Vorformlings erfolgen, aber auch während der Bildung des Vorformlings; letzteres Verfahren ist aus der DE-OS 32 07 565 bekannt, auf die

wegen Einzelheiten verwiesen wird. Für hier soll nur folgendes gesagt werden: Beim isostatischen Pressen des Vorformlings zwischen einer unteren Formhälfte mit isostatischen Membranen und einer oberen Formhälfte mit starrer Formgebungsfläche wird die starre Formgebungsfläche mit dem Dekorauftrag ggf. unter kompensierender Verzerrung versehen und wird dann beim Fressen einer zwischen die Membran und die starre Formgebungsfläche eingebrachten Keramikpulverdosis auf den entstehenden Vorformling übertragen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch dann anwendbar, wenn der Formkörper nach der allseitigen isostatischen Pressung vor dem Brennen oder ggf. nach einem ersten Brand dekoriert wird.

Besonders überraschend ist folgendes: Man hat festgestellt, daß bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und Aufbringung einer Glasur etwa durch Spritzen oder Tauchen auf den Vorformling vor dessen allseitiger Pressung hervorragende Glasureigenschaften an dem gebrannten Formkörper zu beobachten sind, nachdem dieser samt Glasur in einem EINMAL-Schnellbrandverfahren gebrannt worden ist. Die hierbei gewonnenen Glasureigenschaften sind wesentlich besser als die Glasureigenschaften, die dann erreicht werden, wenn man zum Vergleich einen nach dem isostatischen Preßverfahren, etwa der DE-OS 31 28 347, hergestellten Formling vor dem Brennen glasiert und ihn dann einem EINMAL-Schnellbrandverfahren unterwirft. Die Qualitätsverbesserung liegt insbesondere darin, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit der Glasurauftragung vor der allseitigen Pressung ein Formkörper mit für das unbewaffnete Auge völlig gleichmäßiger Glasur erhalten wird, dieses im Gegensatz zu einem Verfahren, bei dem die Glasur auf einen durch das herkömmliche isostatische Pressen etwa nach der DE-OS 31 28 347 hergestellten Formling vor dem EINMAL-Schnellbrandverfahren aufgebracht wird; im Falle dieses letzteren Verfahrens zeigt die Glasur gelegentlich Poren und "Schlangenhautstruktur".

Die Glasurmasse kann bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach der Bildung des formstabilen Vorformlings beispielsweise durch Bespritzen aufgebracht werden. Formstabilität heißt in diesem Fall, daß der Vorformling mindestens so strukturfest sein muß, daß er das Spritzen und die damit verbundenen Handhabungsvorgänge ohne Deformation und ohne Zerstörung übersteht.

Zum Begriff des EINMAL-Schnellbrandverfahrens sei gesagt, daß hierbei der Formling während einer Brennzeit von insgesamt ca. 6 - 8 Stunden zunächst während einer Temperaturanstiegsphase von ca. 3 - 4 Stunden einer von ca. 450°C auf ca. 1450°C ansteigenden Temperatur ausgesetzt wird, sodann während einer Temperaturhaltephase von ca. 1 Stunde einer annähernd konstanten Temperatur von ca. 1450°C ausgesetzt wird und anschließend während einer Temperaturabsenkungsphase von ca. 2 1/2 Stunden einer von ca. 1450°C auf ca. 100 °C absinkenden Temperatur unterworfen wird. Dies ist ein typisches Temperaturprofil, wie es beispielsweise bei Anwendung einer Porzellanmasse auf der Basis von

58 %	Kaolin
23 %	Quarz
19 %	Feldspat

und bei Verwendung einer Glasurmasse von

4 %	Kaolin
27 %	Quarz
29 %	Pegmatit
23 %	Kaolin-Schamotte
14 %	Dolomit
3 %	Kalkspat

angewandt werden kann, wobei sich bei anderen Rezepturen Änderungen ergeben mögen. Typisch für das EINMAL-Schnellbrandverfahren ist der Temperatursturz bei der Temperaturabsenkung, der ggf. ein Plateau im mittleren Bereich der Sturzphase besitzt.

Bemerkenswert ist, daß es bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Verbindung mit der Glasuraufbringung vor dem allseitigen Pressen möglich ist, glasierte und ggf. auch dekorierte Keramikkörper mit höchster Struktur- und Oberflächenqualität in einem einzigen Schnellbrand zu erhalten.

Das Bilden der Schutzhaut kann auf verschiedene Weise vorgenommen werden, zum Beispiel dadurch, daß der Vorformling in einen das Schutzhautsystem bildenden, allseitig geschlossenen Sack aus Folienmaterial, insbesondere aus flacher synthetischer Kunststoff-Folie, eingebracht wird. Dabei ist aus Gründen der Schmiegungseigenschaften ein Sack aus Elastomer-Folie, zum Beispiel Kautschuk-Folie oder Synthese-Kautschuk-Folie vorteilhaft. Faltenbildungen, die zu Abdrücken in dem Vorformling führen könnten, sind dabei ausgeschlossen. Es hat sich aber überraschenderweise gezeigt, daß auch bei Verwendung von weniger elastischen Folien, zum Beispiel Kunststoff-Folien auf Polyäthylen-, Polypropylen-, Polyamid- oder Polyesterbasis, gute bis sehr gute Ergebnisse selbst dann erzielt werden können, wenn Faltenbildungen eintreten. Dieses Ergebnis ist überraschend und kann möglicherweise dadurch erklärt werden, daß es bei den angewandten sehr hohen Drücken möglicherweise zu einem Kaltfließen der Folien kommt, das zur Unterdrückung von faltenbedingten Strukturen führt, sofern der Vorformling genügend "formstabil" ist, etwa durch vorheriges isostatisches Pressen bei 200 - 250 bar.

Die Säcke können durch Verschweißen oder Vulkanisieren verschlossen werden, wobei es sich empfiehlt, den den Vorformling einschliessenden Sack vor dem Verschweißen aus den oben angegebenen Gründen zu evakuieren. Für das Einschließen der Vorformlinge in Foliensäcke stehen herkömmliche Folienverpackungsmaschinen zur Verfügung, beispielsweise solche aus der Lebensmittelindustrie, so daß durch diesen zusätz-

lichen Arbeitsgang die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens insgesamt nicht wesentlich geschmälert werden. Zu erwähnen ist, daß auch eine Schrumpfung der Foliensäcke angewandt werden kann.

Die Verpackung im Foliensack wird man insbesondere dann anwenden, wenn es sich um sogenannte Flachgeschirrteile handelt, also Teller, Schalen und Schüsseln. Will man dagegen, was nicht grundsätzlich ausgeschlossen sein soll, Hohlgeschirrteile, wie Kannen, dem erfindungsgemäßen Verfahren unterwerfen, so ist es einfacher, die Schutzhaut durch allseitiges Auftragen einer Beschichtungsmasse auf den Vorformling zu bilden; dabei kann die Forderung nach Evakuierung des Innenraums der Schutzhaut beispielsweise dadurch erfüllt werden, daß der Auftrag der Beschichtungsmasse auf den Vorformling im evakuierten Raum stattfindet.

Verschiedene Beschichtungsmassen kommen in Frage, sofern nur die Formgebungsneutralität und die jeweils geforderte Dichtigkeit gewährleistet sind. So kann man die Schutzhaut aus einer thermoplastifizierten Masse, wie Wachs, bilden. Es ist aber auch möglich, daß die Schutzhaut aus einer Lösung oder Suspension einer filmbildenden Masse gebildet wird, wobei das Lösungs- bzw. Suspendiermittel nach Auftrag einer flüssigen Schicht der Lösung bzw. Suspension aus dieser flüssigen Schicht ausgetrieben wird, oder daß zur Bildung der Schutzhaut eine flüssige durch chemische Reaktion erhärtbare Masse auf den Vorformling aufgetragen und nach der Auftragung erhärtet wird.

Die Aufbringung des allseitigen Drucks kann auf einfachste Weise dadurch erfolgen, daß der von dem Schutzhautsystem eingeschlossene Vorformling in ein Druckgefäß eingebracht wird, dieses Druckgefäß verschlossen wird und ein in dem Druckgefäß aufgenommenes Fluid unter Druck gesetzt wird. Dabei können auch mehrere Vorformlinge in das Druckgefäß eingebracht und dabei ggf. sogar unmittelbar aufeinander gestapelt werden, solange das Eigengewicht der stapeloberen Vorformlinge nicht zu einer Deformation der stapelunteren Vorformlinge führt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß bei den zur Anwendung kommenden sehr hohen Preßdrücken die allseitige Beaufschlagung auch dann gewährleistet ist, wenn der jeweilige Vorformling auf einer starren Stützfläche steht oder von weiteren stapeloberen Vorformlingen belastet ist. Die Auflage auf einer Stützfläche wird nicht als "Anpressung gegen steife Anlageflächen" im Sinne der Erfindung verstanden.

Eine andere, vor allem in automatisierten Arbeitsabläufen bevorzugte Durchführungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß der Vorformling zwischen zwei die Schutzhaut bildende Membranen eingelegt wird und die Membranen sodann jeweils auf ihrer von dem Vorformling abgelegenen Seite dem Preßfluid ausgesetzt werden. Auch hierbei können die Membranen von Flachfolien aus Synthese-Kunststoff oder elastomerem Werkstoff hergestellt sein. Die Verwendung von Elastomer-Folien, insbesondere Kautschuk- und Synthese-Kautschuk-Folien, verdient den Vorzug.

Eine den Vorformling besonders schonende Verfahrensvariante besteht darin, daß mindestens eine der Membranen auf ihrer von dem Vorformling abgelegenen Seite mit einer Stützmasse hinterfüllt wird, welche eine dem Oberflächenprofil des Formlings annähernd folgende Stützfläche für den Vorformling vor Beginn der allseitigen Pressung bildet. Dabei kann die jeweilige Membran vor dem Auflegen des Vorformlings durch Vakuum gegen die Stützfläche angesaugt werden, so daß auch die optimale Positionierung des Formlings einfach gefunden werden kann.

Als Stützmasse kann zum Beispiel eine Schaumstoffmasse verwendet werden. Es ist zu bemerken, daß auch die Stützmasse beim allseitigen Verpressen nicht in Kontakt mit der Vorformlingsoberfläche treten soll. Dieser Kontakt wird vielmehr beim Anlegen des jeweiligen Preßfluids aufgehoben.

Es empfiehlt sich, den Zwischenraum zwischen den Membranen vor der Beaufschlagung der Membranen mit Preßfluid zu evakuieren, und zwar soweit, daß möglichst auch Luftreste aus dem Gefüge des Vorformlings abgezogen werden.

Die Erfindung schafft weiter ein Verfahren zur Herstellung von Formlingen in der Weise, daß die keramische Formmasse zwischen mindestens zwei jeweils mit einer Membran belegten starren Formgebungsflächen zum Vorformling dadurch verpreßt wird, daß Druckfluid auf die formmasseferne Seite nur einer ersten, einer ersten starren Formfläche zugehörigen Membran zur Einwirkung gebracht wird und die Formmasse dadurch gegen die zweite, an der zweiten starren Formfläche starr abgestützte Membran angedrückt wird und daß sodann unter gleichzeitiger Distanzierung oder nach erfolgter Distanzierung der zweiten starren Formfläche von dem Vorformling beide den Vorformling vollständig einschließende Membranen gleichzeitig derart allseitig mit Fluidendruck beaufschlagt werden, daß der zwischen den beiden Membranen eingeschlossene Vorformling ohne Kontakt mit starren Formflächen zum Formling verpreßt wird. Diese Verfahrensvariante zeigt, daß das erfindungsgemäße Verfahren nicht grundsätzlich daran gebunden ist, den entstandenen Vorformling vollständig aus dem Formraum zu entnehmen, in dem er entstanden ist, um ihn anschließend der allseitigen Pressung zu unterwerfen; es genügt vielmehr, den Kontakt des Vorformlings mit den starren Formgebungsflächen zu lösen.

Als Preßfluid kommen grundsätzlich Druckflüssigkeiten, insbesondere Wasser, und Druckgase in Frage. Bevorzugt arbeitet man mit Druckflüssigkeit.

Die Schutzhaut muß dem jeweiligen Medium entsprechend der Forderung nach Abdichtung angepaßt sein.

Die Erfindung betrifft weiter zur Durchführung des eingangs behandelten Verfahrens eine Einrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß sie zum Verpressen des Vorformlings mindestens und vorzugsweise zwei Druck-

töpfe mit je einem Hohlraum und je einer den jeweiligen Hohlraum umschließenden Dichtrandfläche, welche der jeweils anderen Dichtrandfläche zugekehrt ist, und mit je einer den jeweiligen Hohlraum und die jeweilige Dichtrandfläche überdeckenden Membran umfaßt, wobei die Drucktöpfe mit ihren Dichtrandflächen unter Einklemmung der beiden Membranen gegeneinander durch eine Preßeinrichtung andrückbar sind unter Einschluß des jeweiligen Vorformlings zwischen die einander zugekehrten Seitenflächen der beiden Membranen, und wobei die Hohlräume der beiden Drucktöpfe mit jeweils einem Druckerhöher verbunden sind, zum Unterdrucksetzen jeweils eines Fluidvolumens innerhalb des jeweiligen Hohlraums.

Die Folien liegen dann allseitig an dem Vorformling an, auch dort, wo die Membranen aneinander anliegen, jedenfalls von dem Augenblick an, zu dem das Preßfluid durch die Druckerhöher angelegt wird.

Zum Absaugen der Luft aus dem Zwischenraum zwischen den beiden Membranen kann eine Absaugeinrichtung vorgesehen sein.

Um den Arbeitstakt zu beschleunigen ist es wesentlich, daß beim jeweiligen Pressen möglichst wenig Preßfluid bewegt werden muß. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, in mindestens einem der Hohlräume eine Stützmasse vorzusehen, die ggf. auch nur als Volumenverdrängermasse wirksam ist und ggf. fluidpermeabel sein kann. Will man die Hohlräume vor dem Einbringen des Vorformlings evakuieren, um die jeweilige Membran an eine Stützfläche anzusaugen, so wird man den jeweiligen Hohlraum mit einer Luftabsaugung versehen.

Alternativ ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Einrichtung vorgesehen, dadurch gekennzeichnet, daß sie zum Bilden eines Vorformlings und Verpressen des Vorformlings umfaßt: mindestens zwei zusammenwirkende Formwerkzeuge mit einander zugekehrten, einen Formhohlraum bildenden, starren Formflächen, je eine Membran in Anlage an den beiden starren Formflächen, eine Einklemmvorrichtung zum Einklemmen von Membranrändern der beiden Membranen im Umgebungsbereich der starren Formflächen, je eine Fluidenzuführung zur formhohlraumfernen Seite der beiden Membranen, eine Fluidenzuflußsteuerung, welche selektiv die Beaufschlagung nur einer oder beider Membranen gestattet und eine Einstellvorrichtung zur Veränderung des Abstands zwischen den beiden Formflächen unter Aufrechterhaltung der Einklemmung der Membranränder.

Auch diese Einrichtung ist für automatische Arbeitsabläufe sehr geeignet. Das Einfüllen der Formmasse kann bei einer solchen Einrichtung grundsätzlich durch Vakuumanlegen geschehen, indem etwa an einer ersten Umfangsstelle zwischen den beiden Membranen ein Vakuum angelegt und an einer anderen Umfangsstelle das Porzellangranulat zugeführt wird. In diesem Fall ist es notwendig, jedenfalls aber zweckmäßig, beim Füllvorgang Vakuum an der Rückseite der beiden Membranen anzulegen, damit diese nicht unter dem inneren Vakuum im Formhohlraum kollabieren.

Die beiliegenden Figuren erläutern die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen; es stellen dar:

Fig. 1 eine Einrichtung zur Herstellung eines Vorformlings zur Verwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 2 eine Einrichtung zum Glasieren des Vorformlings;

Fig. 3 einen Vorformling in einer Schutzhaut;

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines Vorformlings in einer Schutzhaut;

Fig. 5 eine erste Ausführungsform einer Einrichtung zum allseitigen Pressen von Vorformlingen;

Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer Einrichtung zum allseitigen Pressen von Vorformlingen;

Fig. 7 eine dritte Ausführungsform einer Einrichtung, die gleichzeitig zum isostatischen Vorpressen und zum vollisostatischen Endpressen des vorgepreßten Vorformlings geeignet ist und

Fig. 8 den über der Zeit aufgetragenen Temperaturverlauf beim Brennen des Formlings in einem Brennofen.

In Fig. 1 ist ein isostatischer Drucktopf mit 10 bezeichnet. In diesem isostatischen Drucktopf 10 ist eine Druckkammer ausgebildet, welche mit 12 bezeichnet ist. In die Druckkammer 12 ist eine Stützplatte 14 unbeweglich eingesetzt. Die Stützplatte 14 weist an ihrer Oberseite eine Formfläche 16 auf. Auf dieser Formfläche 16 liegt eine Preßmembran 18 aus einem elastisch deformierbaren Werkstoff auf, welche sich der Formfläche 16 anschmiegt. Der Profilrand 20 der Preßmembran 18 umgreift den Rand der Stützplatte 14 und ist durch einen Befestigungsring 22 auf dem Oberrand 24 des Drucktopfes 10 befestigt. An die Druckkammer 12 ist eine hydraulische Hochdruckleitung 26 angeschlossen, durch welche ein Hochdruckfluid, beispielsweise hydraulisches Öl, in die Druckkammer 12 eingelassen werden kann. Der Druck dieses Hochdruckfluids verteilt sich durch Bohrungen 28 der Stützplatte 14 über die Unterseite der Preßmembran 18, um diese beim isostatischen Pressen nach oben drücken zu können.

Das isostatische Preßwerkzeug 10 arbeitet mit einem über ihm angeordneten Schießkopf zusammen, der ganz allgemein mit 30 bezeichnet ist. An diesem Schießkopf 30 und zwar an einer Zwischenplatte 38, welche mit einer Druckplatte 36 fest verbunden ist, ist

ein Verschlußring 32 axial beweglich aufgehängt, der in seinem größten Abstand von der Zwischenplatte 38 durch Bolzenhülsenkombinationen 34 festgelegt ist. Innerhalb des Verschlußrings 32 ist an der Zwischenplatte 38 ein Formstempel 40 angebracht, dessen Unterseite eine starre Formfläche 42 bildet. Die Formfläche 42 ist von einer Masse zuführöffnung 44 angeschnitten, welche den unteren Ausgang einer in dem Formstempel 40 ausgebildeten Ringkammer 46 bildet. Die Ringkammer 46 ist an eine seitlich auf sie zulaufende Massezuführleitung 48 angeschlossen, welche durch den Formstempel 40 und die Zwischenplatte 38 zu einem Massevorratsbehälter 50 verläuft. Der Massezuführöffnung 44 ist ein nach unten konisch erweitertes Verschlußstück 52 zugeordnet, welches sich mit seiner Stützfläche 54 an eine Gegensstützfläche 56 abstützt, wenn das Verschlußstück 52 sich in der in Fig. 1 dargestellten Verschlußstellung befindet. Die Unterseite des Verschlußstücks 52 liegt dann bündig mit der Formfläche 42 des Formstempels 40.

Das Verschlußstück 52 ist mit einem Schaft 58 versehen, welcher in einer Bohrung 60 des Formstempels 40 und der Zwischenplatte 38 geführt und durch eine Schraubendruckfeder 62 nach oben, d.h. in Verschlußstellung, vorgespannt ist. Durch ein Steuergerät 64 kann das Verschlußstück 52 nach unten in Offenstellung übergeführt werden. Das Steuergerät 64 arbeitet im Maschinentakt.

Zwischen dem Formstempel 40 und dem Verschlußring 32 ist ein Ringspalt 66 definiert, welcher in die zwischen der Formfläche 42 und der Preßmembran 18 definierte Schießkammer 68 einmündet. Der Ringspalt 66 ist an eine durch den Verschlußring 32 verlaufende Unterdruckleitung 70 angeschlossen, die zu einem Unterdruckerzeuger 72 führt. In der Leitung 70 liegt ein maschinentaktgesteuertes Ventil 74.

An die Massezuführungsleitung 48 ist eine Fluidisierungsluftleitung 76 angeschlossen, welche über ein maschinentaktgesteuertes Ventil 78 an Atmosphäre oder einen Druckvorrat 80 angeschlossen ist. Mit der soweit beschriebenen Einrichtung wird das Verfahren zur Herstellung eines Formlings wie folgt durchgeführt:

Zunächst befindet sich der Schießkopf 30 in der in Fig. 1 dargestellten abgehobenen Stellung, jedoch außerhalb der Flucht mit dem Drucktopf 10, so daß auf die starre Formgebungsfläche 42 ein Dekor mitels einer elastischen Dekorübertragungsfläche übertragen werden kann. Nach Auftrag des Dekors auf der starren Formgebungsfläche 42 wird der Schießkopf 30 in Flucht mit dem Drucktopf 10 gebracht. Dann wird der Schießkopf 30 maschinentaktgesteuert auf das isostatische Preßwerkzeug 10 abgesenkt. Dabei legt sich zunächst der Verschlußring 32 auf den Profilrand 20 der Preßmembran 18 und den Befestigungsring 22. Im weiteren Verlauf der Absenkung des Schießkopfs 30 legt sich dann der Verschlußring 32 gegen die Zwischenplatte 38 an und schließlich gelangt die Formgebungsfläche 42 in ihre untere Endstellung. Der auf die Druckplatte 30 wirkende Druck wird zunächst allein über den Verschlußring 32 auf den Halterring 22 übertragen. Die Schießkammer 68 ist nunmehr geschlossen. Es wird nun durch Öffnen des Ventils 74 an die Schießkammer 68 Unterdruck angelegt, wobei es auch möglich ist, mit der Anlegung des Unterdrucks bereits während des Absenkvorgangs des Schießkopfes 30 zu beginnen. Vor Beginn der Unterdruckanlegung an die Schießkammer 68 wird an die Unterseite der isostatischen Membran 18 über die Leitung 26 ebenfalls Unterdruck angelegt, so daß die isostatische Membran 18 in Kontakt mit der Fläche 16 bleibt. Nach Aufbau eines Unterdrucks in der Schießkammer 68 oder auch schon während des Aufbaus des Unterdrucks wird das Verschlußstuck 52 in seine Offenstellung durch das Steuergerät 64 nach unten verschoben. Nunmehr kann durch den Unterdruck in der Schießkammer 68 pulverförmige keramische Formmasse aus dem Formmassebehälter 50 angesaugt werden. Als Formmasse kommt insbesondere sprühgetrocknete granulatförmige Porzellanmasse in Frage. Die Ansaugung erfolgt in der Weise, daß sich bei Beginn der Füllung des Schießraums 68 keine verdichteten Ansammlungen von Formmasse an der Einmündung des Ringspalts 66 in den Schießraum 68 ergeben, welche das weitere Absaugen von Luft behindern könnten. Durch die Fluidisierungsluft, welche über die Leitung 76 zugeführt wird, wird die in die Schießkammer 68 eintretende Formmasse derart fluidisiert, daß sich in der ganzen Schießkammer eine gleichmäßige Verteilung ergibt in dem Sinne, daß an jedem Ort innerhalb der Schießkammer das Spektrum der Granulatkorngröße annähernd das gleiche ist.

Nach beendeter Füllung der Schießkammer 68 wird das Verschlußstück 52 in die Verschlußstellung angehoben und legt sich mit der Stützfläche 54 gegen die Gegenstützfläche 56 an, so daß die Formfläche 42 über die Formmassezuführöffnung 44 glatt durchgeht. Das an die Schießkammer 68 angelegte Vakuum wird aber dabei aufrechterhalten.

Hierauf wird bei 26 das Hochdruckfluid zugelassen, so daß die Preßmembran 18 angehoben und die Formmasse unter einem Druck von ca. 300 bar gepreßt wird. Da seit Beginn der Einführung der Formmasse in den Schießraum 68 in diesem ein Unterdruck herrscht, besteht keine Gefahr des Einschlußes von Lufträumen in dem entstehenden Formling.

Nach Beendigung des isostatischen Preßvorgangs wird die Schießkammer 68 von dem Unterdruckabsauger 72 getrennt. Nunmehr kann der Schießkopf 30 wieder angehoben und seitlich abgeschwenkt werden, so daß der endgültig gepreßte Vorformling nunmehr aus dem isostatischen Preßwerkzeug 10 entnommen und seiner weiteren Verarbeitung zugeführt werden kann, während auf die starre Formgebungsfläche 42 wiederum ein Dekor aufgedruckt werden kann. Alternativ kann die Herstellung des Vorformlings auch nach der Methode und Vorrichtung gemäß DE-OS 31 44 678 erfolgen.

Der so gebildete formstabile Vorformling 81 wird nunmehr, wie in Fig. 2 dargestellt, in eine Glasurauf-

tragsvorrichtung 82 gebracht. Er wird dabei auf einen Drehteller 84 gestellt und drehend von einer Glasurdüse 86 bespritzt. Nach Trocknen der Glasur wird der Vorformling 81, wie in Fig. 3 dargestellt, in einen Foliensack 88, bestehend aus zwei Flachfolien 88a und 88b eingelegt, worauf der Foliensack längs eines Rands 90 verschweißt wird. Das Verschweißen erfolgt in einer nicht dargestellten Unterdruckkammer, so daß der Innenraum des Sackes evakuiert wird und auch etwaige Lufteinschlüsse in dem Vorformling entzogen werden. Nach Aufheben des Vakuums legt sich der Foliensack 88 eng an den Vorformling 81 an, wie in Fig. 3 bei 88' dargestellt.

Der so mit einer allseitigen Schutzhaut 88' überzogene Vorformling wird nunmehr in ein Druckgefäß 94 gemäß Fig.5 eingelegt, ggf. zusammen mit weiteren Vorformlingen. Das Druckgefäß 94 wird mit einem druckfesten Deckel 96 verschlossen. In das Druckgefäß 94 wird daraufhin mittels einer Pumpe oder eines Druckkolbens 98 Druckflüssigkeit eingepumpt und unter einem Druck von zwischen 350 bar und 1200 bar gesetzt. Dieser Druck wird während einer Zeit von 0,5 Sekunden aufrechterhalten. Danach wird der Druck wieder abgebaut, der Deckel 96 entfernt und die Formlinge 81 werden entnommen. Es wird festgestellt, daß sich bei Anwendung eines Drucks von 1000 bar der Durchmesser des Vorformlings um ca. 6 % verringert hat.

Der Formling ist nunmehr brennbereit. Der Foliensack 88 wird entfernt und der Formling wird in einem EINMAL-Schnellbrandverfahren in einem Brennofen bekannter Bauart gebrannt, und zwar mit einem Temperaturverlauf wie er in Fig. 8 dargestellt ist.

In Fig. 8 ist auf der Abszissenachse die Zeit in Stunden und auf der Ordinatenachse die Temperatur in Grad Celsius aufgetragen. Man erkennt, daß die Gesamtbrenndauer ca. 7 1/2 Stunden beträgt, wobei zunächst während einer Temperaturanstiegsphase t1 von ca. 4 Stunden die Temperatur von ca. 450°C auf ca. 1450°C erhöht wird, während einer Temperaturhaltephase t2 von ca. 1 Stunde die Temperatur bei ca. 1450°C gehalten wird und während einer Temperaturabsenkphase t3 von ca. 2 1/2 Stunden die Temperatur von ca. 1450°C auf ca. 100°C sturzgekühlt wird. Nach Beendigung der in Fig. 8 gezeigten Brennzeit ist der dekorierte und glasierte Formkörper zur Vermarktung fertig.

In Fig. 4 ist eine Alternative für die Ausgestaltung der Schutzhaut dargestellt. Man erkennt einen kannenartigen Vorformling 181, der von einer Schutzhaut 188 vollständig eingeschlossen ist. Die Schutzhaut 188 ist aus einer filmbildenden Latex durch Tauchen aufgebracht und anschließend erhärtet worden. Falls eine Entgasung des Vorformlings 181 gewünscht ist, kann das Aufbringen der Schutzhaut 188 unter Vakuum erfolgen.

Der durch isostatisches Pressen gebildete Vorformling 181 ist formstabil im Sinne der Erfindung und kann mit der Schutzhaut 188 beschichtet werden. Der Vorformling 181 mit der Schutzhaut 188 kann in dem Druckbehälter 94 unter einem Druck von ca. 350 bar bis 1200 bar allseitig verpreßt werden. Danach wird die Schutzhaut 188 abgezogen, abgelöst oder abgebürstet. Der Formling ist dann reif zum Brennen mit einem Temperaturprogramm, wie in Fig. 8 dargestellt.

Bei Herstellung von Flachformlingen (unter Flachformlingen werden hier alle Vorformlinge verstanden, welche keine hinterschnittenen Hohlräume besitzen) kann das allseitige Verpressen auch so durchgeführt werden, wie in Fig. 6 anhand eines Tellers dargestellt. Die Preßeinrichtung umfaßt hier einen unteren Preßtopf 209 und einen oberen Preßtopf 211, welche Hohlräume 209a bzw. 211a aufweisen. Die Hohlräume 209a und 211a sind jeweils durch eine formgebungsneutrale Elastomer-Membran 288x bzw. 288y abgedeckt, die sich über die jeweilige Randfläche 209b bzw. 211b erstreckt. Der Vorformling 281 wird nach der Entnahme aus der isostatischen Formgebungseinrichtung etwa gemäß Fig. 1 und ggf. nach Dekorbedruckung und Glasierung zwischen die beiden Membranen 288x und 288y eingelegt. Dabei wird der Vorformling 281 auf die untere Membran 288x gestellt. Vor dem Aufstellen des Vorformlings 281 auf die Membran 288x kann diese durch eine Absaugeinrichtung 213 nach unten gegen eine Stützmasse 215 angesaugt sein, so daß sie sich gegen eine Stützfläche 217 anlegt, die entsprechend dem Vorformlingsprofil geformt ist. Danach wird der obere Drucktopf 211 vertikal auf den unteren Drucktopf 209 abgesenkt, so daß die beiden Membranen 288x und 288y zwischen die Randflächen 209b und 211b eingeklemmt werden. Mittels einer Absaugsonde 219 wird dabei der Zwischenraum zwischen den gegeneinander gelegten, den Formling zwischen sich aufnehmenden Membranen 288x und 288y abgesaugt. Die Absaugsonde 219 wird hierauf in Pfeilrichtung 221 zurückgezogen. Hierauf werden die Hohlräume 209a und 211a durch Druckerhöherleitungen 223 und 225 mit Druckfluid, insbesondere Druckflüssigkeit, gefüllt und unter Druck gesetzt. Die Druckeinleitung geschieht dabei in der Weise, daß der Vorformling 281 bei Druckanlegung stets in schwebendem Zustand und außerhalb Kontakt mit den Begrenzungsflächen der Hohlräume 209a und 211a gehalten wird. Auch ein Kontakt mit der Stützmasse 215 wird vermieden, jedenfalls dann, wenn die Stützmasse aus einem starren oder hartelastischen Material besteht. Wenn die Stützmasse 215 aus einem weich-elastischen Kunststoff besteht, ist eine Berührung mit der Stützmasse 215 je nach deren Weichheitsgrad unschädlich. Die Stützmasse 215 erfüllt auch und ggf. nur die Funktion einer Volumenverdrängermasse, welche dafür sorgt, daß beim Preßvorgang eine möglichst geringe Fluidmenge in den Hohlraum 217 transportiert werden muß. Unter diesem Gesichtspunkt könnte auch der Hohlraum 211a mit einer Volumenverdrängermasse gefüllt sein.

Die Membranen 288x und 288y bestehen aus einer formgebungsneutralen dünnen Kautschuk- oder Synthese-Kautschuk-Folie, die sich faltenfrei an den Formling 281 diesen allseitig umschließend anlegt, sobald

die Absaugsonde 219 die Luft abgesaugt hat. In den Hohlräumen 211a und 209a wird ein Druck von ca. 350 bar bis ca. 1200 bar eingeleitet. Dieser Druck wird für eine Zeit von 0,5 Sekunden aufrechterhalten.

Danach wird der Druck in den Hohlräumen 209a und 211a aufgehoben. Die Drucktöpfe 209 und 211 werden voneinander abgehoben und der Formling 281 ist nunmehr reif für einen Brand, insbesondere einen Schnellbrand gemäß Fig. 8.

Es wurde festgestellt, daß der Vorformling 281 bei der allseitigen Pressung gemäß Fig. 6 eine Durchmesserverringerung von 6 % erfährt, wenn der Vorformling gemäß der Erläuterung zu Fig. 1 hergestellt worden ist und der Druck in den Hohlräumen 209a,211a auf 1000 bar gebracht wird.

Beim nachfolgenden Brennen gemäß Fig. 8 tritt eine Durchmesserverringerung von 6 % ein.

Untersuchungen des gebrannten Formkörpers 281 haben gezeigt, daß dieser eine im strengen Sinn geometrisch ähnliche Form besitzt wie der aus der Presse gemäß Fig. 1 entnommene Vorformling, wobei insbesondere die Sichtfläche ihre exakte Profilierung und der Standfuß seine plane Standfläche beibehalten hat. Durchbeulungen nach unten sind nicht eingetreten. Die Glasur ist frei von Poren und frei von Schuppenstruktur und erscheint bei Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge völlig ebenmäßig glatt. Es soll nicht ausgeschlossen sein, daß das Dekor und/oder die Glasur auch nach dem Preßvorgang gemäß Fig. 3 oder 6 aufgebracht wird. Es soll auch nicht ausgeschlossen sein, daß das Dekor und/oder die Glasur erst nach einem ersten Brand des allseitig gepreßten Formlings aufgetragen werden und danach ein weiterer Brand erfolgt. Es ist aber nochmals zu erwähnen, daß eine besonders vorteilhafte Wirkung des erfindungsgemäßen Verfahrens dann erreicht wird, wenn der durch einen ersten isostatischen Preßvorgang aus pulverförmiger keramischer Masse gewonnene Vorformling zunächst dekoriert und/oder glasiert wird, hierauf der allseitigen Pressung gemäß Fig. 5 oder 6 unterworfen wird und danach in einem EINMAL-Schnellbrandverfahren gebrannt wird. Diese kombinierte Verfahrensweise führt bei geringsten Herstellungskosten zu einem hinsichtlich Struktur und Aussehen optimalen Formkörper.

In Fig. 7 ist eine weitere Einrichtung zur Herstellung eines Formlings dargestellt. Diese Einrichtung umfaßt einen unteren Klemmrahmen 331, der mit einer Unterform 333 fest verbunden ist. Die Unterform 333 weist eine untere starre Formfläche 335 auf. Diese untere starre Formfläche 335 ist mit einer unteren Membran 337 belegt, die in dem unteren Klemmrahmen 331 verankert ist. Man erkennt weiter einen oberen Klemmrahmen 339, der durch eine Klemmpresse 341 mit dem unteren Klemmrahmen 331 verklemmbar ist. In dem oberen Klemmrahmen 339 ist eine Oberform 343 vertikal verschiebbar geführt und durch ein Einstellgerät 345 höhenverstellbar. Die Oberform 343 weist eine obere Formfläche 347 auf, an der eine obere Membran 349 anliegt. Die obere Membran 349 ist in dem oberen Klemmrahmen 339 verankert.

Wenn die beiden Membranen 337 u. 349 an den jeweiligen Formflächen 335 u. 347 anliegen, ist zwischen ihnen ein Hohlraum 351 gebildet. Um diesen Hohlraum zu füllen, kann durch eine nicht eingezeichnete Absaugleitung Vakuum angelegt und durch eine ebenfalls nicht eingezeichnete Füll-Leitung keramische fließfähige Masse eingefüllt werden. Während dieses Füllvorgangs werden die Membranen 337 u. 349 in durch rückseitig angelegten Unterdruck Kontakt mit der jeweiligen Membran gehalten. Wenn der Füllvorgang des Formhohlraums 351 beendet ist, wird über ein Fluidensteuergerät 353 und eine Leitung 355 zunächst Druck an die Unterseite der unteren Membran 337 gegeben, so daß die Formmasse, wie in der rechten Hälfte der Fig. 7 dargestellt, gegen die von der oberen Formfläche 347 starr unterstützte obere Membran 349 angedrückt wird und damit der Vorformling entsteht, dessen Oberseite exakt die Formgebung der Formfläche 347 übernimmt. Dieser Vorformling wird sodann allseitig hydrostatisch gepreßt.

Hierzu wird die Oberform 343 vermittels des Einstellgeräts 345 geringfügig gehoben, beispielsweise um 10 mm. Nunmehr werden durch das Fluidensteuergerät 353 und die beiden Leitungen 355 u. 357 die beiden Membranen 337 u. 349 beide auf der Rückseite gleichmäßig mit Fluidendruck beaufschlagt, so daß der von den beiden Membranen 337 u. 349 als Schutzhautsystem eingeschlossene Vorformling nunmehr zwischen den beiden Formflächen 335 u. 347 schwebend allseitig gleichmäßig vom Fluidendruck beaufschlagt wird. Bei dieser Ausführungsform kann also die eine Membran 337, welche bei der Bildung des Vorformlings als isostatische Druckmembran wirkt, wahrend des allseitigen Pressens gleichzeitig als Teil der Schutzhaut verwendet werden. Eine Entnahme des Vorformlings aus der seine Formgebung bewirkende Formeinrichtung ist nur insoweit notwendig, als der Vorformling von der unteren Formfläche 335 und von der oberen Formfläche 347 distanziert wird. Dadurch, daß die obere und untere Formfläche 335 u. 347 von dem Formling distanziert sind, ist ungeachtet der Profilierung eine allseitige Kompression, insbesondere auch in radialer Richtung, möglich.

Alternativ ist es auch denkbar, die Oberform 343 durch das Druckfluid anzuheben, etwa bis zu einem Anschlag; in diesem Fall kann auf das Einstellgerät 345 verzichtet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Einrichtung sind insbesondere zur Herstellung von dünnschaligen Werkstücken geeignet, z. B. Tassen, Teller, Platten und Schalen von Haushalts- und Gaststättengeschirr, bei denen eine hohe Kantenschlagfestigkeit besonders erwünscht ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dünnschaligen keramischen Flachformkörpers durch Formen einer

keramischen Formmasse zu einem formstabilen Formling (81) und anschließendes Brennen des Formlings (81), in der Weise, daß die Formmasse in einem Formgebungsvorgang in Kontakt mit mindestens einer im wesentlichen starren Formgebungsfläche (42) zu einem formstabilen, dem zu gewinnenden Formkörper geometrisch ähnlichen Vorformling (81) ausgeformt wird und daß dieser Vorformling (81) in einem ihn allseitig einschließenden, im wesentlichen formgebungsneutralen Schutzhautsystem (88) ohne wesentliche Anpressung gegen steife Formgebungsflächen durch allseitige Pressung mittels eines auf die Außenseite des Schutzhautsystems (88) einwirkenden Preßfluids unter Volumenverkleinerung bei gleichzeitiger Erhaltung geometrischer Ähnlichkeit zu dem Formling verpreßt wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein im Sinne der Erhaltung geometrischer Ähnlichkeit bei der späteren allseitigen Pressung formstabiler Vorformling (81) in einem Formhohlraum (68) zwischen einer im wesentlichen starren Formgebungsfläche (42) und einer deformierbaren Membran (18) dadurch erzeugt wird, daß nach Einfüllung von pulverförmiger Formmasse in den Formhohlraum (68) ein Hochdruckfluid zur Einwirkung auf die vom Formhohlraum (68) abgelegene Seite der Membran (18) gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Preßfluid auf einen Druck von mindestens 500 bar gebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Preßfluid auf einen Druck von mindestens 750 bar gebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Preßfluid auf einen Druck von mindestens 1000 bar gebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Preßfluid auf einen Druck von mindestens 1200 bar gebracht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) Wasser enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) einen Wassergehalt von ca. 2 Gew.% bis ca. 15 Gew.% enthält.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) ca: 3,5 Gew.% bis ca. 10 Gew.% Wasser enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) ein hochmolekulares organisches Bindemittel enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) Carboxymethylcellulose enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die allseitige Pressung erfolgt, während der Vorformling (81) einen flüssigen Kunststoff enthält.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Schutzhautsystem (88) von wenigstens annähernd konstanter Hautstärke verwendet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-12,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) aus dem Formhohlraum (68) entnommen und danach mit dem Formhautsystem (88) umhüllt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-13,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) aus durch Sprühtrocknung gewonnenem Korn geformt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-14,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) in dem Formhohlraum (68) bei einem Druck von ca. 100 bis ca. 300 bar geformt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß der durch das Schutzhautsystem (88) eingeschlossene, den Vorformling (81) enthaltende Raum vor der allseitigen Pressung evakuiert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) bei seiner Bildung oder vor der allseitigen Pressung mit einem Dekor bedruckt wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) vor der allseitigen Pres-

sung mit einer Glasurmasse beschichtet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Glasurmasse als flüssige Glasurmasse durch Spritzen oder Tauchen aufgebracht wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Formling (81) einem Schnellbrand unterworfen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Formling (81) während einer Brennzeit von insgesamt ca. 6 - 8 Stunden zunächst während einer Temperaturanstiegsphase (t1) von ca. 3 - 4 Stunden einer von ca. 450°C auf ca. 1450°C ansteigenden Temperatur ausgesetzt wird, sodann während einer Temperaturhaltephase (t2) von ca. 1 Stunde einer annähernd konstanten Temperatur von ca. 1450°C ausgesetzt wird und anschließend während einer Temperaturabsenkungsphase (t3) von ca. 2 1/2 Stunden einer von ca. 1450°C auf ca. 100°C absinkenden Temperatur unterworfen wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (81) in einen die Schutzhaut bildenden, allseitig geschlossenen Sack (88) aus Folienmaterial, insbesondere aus flacher synthetischer Kunststoff-Folie (88a, 88b), eingebracht wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Sack (88) aus flacher Elastomer-Folie, insbesondere Kautschuk-Folie oder Synthese-Kautschuk-Folie, verwendet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 und 23,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Sack (88) durch Verschweissen oder Vulkanisieren verschlossen wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24,
dadurch gekennzeichnet,
daß der den Vorformling (81) einschließende Sack (88) evakuiert wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schutzhautsystem (188) durch allseitiges Auftragen, ggf. im Vakuum, einer Beschichtungsmasse auf den Vorformling (181) gebildet wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schutzhautsystem (188) aus einer thermoplastifizierbaren Masse, wie Wachs, gebildet wird.

28. Verfahren nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Schutzhautsystem (188) aus einer Lösung oder Suspension einer filmbildenden Masse gebildet wird, wobei das Lösungs- bzw. Suspendiermittel nach Auftrag einer flüssigen Schicht der Lösung bzw. Suspension aus dieser flüssigen Schicht ausgetrieben wird.

29. Verfahren nach Anspruch 26,
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Bildung des Schutzhautsystems (188) eine flüssige, durch chemische Reaktion erhärtbare Masse auf den Vorformling (181) aufgetragen und nach der Auftragung erhärtet wird.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 29,
dadurch gekennzeichnet,
daß der von dem Schutzhautsystem (88) eingeschlossene Vorformling (81) in ein Druckgefäß (94) eingebracht wird, dieses Druckgefäß verschlossen wird und ein in dem Druckgefäß aufgenommenes Fluid unter Druck gesetzt wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Vorformling (281) zwischen zwei das Schutzhautsystem bildende Membranen (288x, 288y) eingelegt wird und die Membranen sodann jeweils auf ihrer von dem Vorformling abgelegenen Seite dem Preßfluid ausgesetzt werden.

32. Verfahren nach Anspruch 31,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Membranen (288x, 288y) Flachfolien aus Synthese-Kunststoff oder elastomerem Werkstoff verwendet werden.

33. Verfahren nach Anspruch 31 oder 32,
dadurch gekennzeichnet,
daß mindestens eine der Membranen (288x, 288y) auf ihrer von dem Vorformling (281) abgelegenen Seite mit einer Stützmasse (215) hinterfüllt wird, welche eine dem Oberflächenprofil des Vorformlings (281) annähernd folgende Stützfläche (217) für den Vorformling (281) vor Beginn der allseitigen Pressung bildet.

34. Vefahren nach Anspruch 33,
dadurch gekennzeichnet,
daß die jeweilige Membran (288x) vor dem Auflegen des Vorformlings (281) durch Vakuum gegen die Stützfläche (217) angesaugt wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Stützmasse (215) eine Schaumstoffmasse verwendet wird.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 31 bis 35, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Zwischenraum zwischen den Membranen (288x, 288y) vor der Beaufschlagung der Membranen (288x, 288y) mit Preßfluid evakuiert wird.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, 14 bis 17, und 20 bis 21, **dadurch gekennzeichnet,** daß die keramische Formmasse (351) zwischen mindestens zwei jeweils mit einer Membran (337;349) belegten starren Formflächen (335;347) zum Vorformling dadurch verpreßt wird, daß Druckfluid auf die formmasseferne Seite nur einer ersten, einer ersten starren Formfläche (335) zugehörigen Membran (337) zur Einwirkung gebracht wird und die Formmasse (351) dadurch gegen die zweite, an der zweiten starren Formfläche (347) starr abgestützte Membran (349) angedrückt wird und daß sodann unter gleichzeitiger Distanzierung oder nach erfolgter Distanzierung der zweiten starren Formfläche (347) von dem Vorformling beide den Vorformling vollständig einschließende Membranen (337;349) gleichzeitig derart allseitig mit Fluiddruck beaufschlagt werden, daß der zwischen den beiden Membranen (337;349) eingeschlossene Vorformling ohne Kontakt mit starren Formflächen (335;347) zum Formling verpreßt wird.

38. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 37, **dadurch gekennzeichnet,** daß als Preßfluid eine Flüssigkeit verwendet wird, wobei das Schutzhautsystem (88) flüssigkeitsdicht ausgebildet wird.

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 38, **dadurch gekennzeichnet,** daß als Preßfluid ein Gas verwendet wird, wobei das Schutzhautsystem (88) gasdicht ausgebildet wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 39, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein Porzellangeschirrteil hergestellt wird, insbesondere ein Teller, eine Schale oder eine Tasse.

41. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zum Verpressen des Vorformlings (81) mindestens und vorzugsweise zwei Drucktöpfe (209, 211) mit je einem Hohlraum (209a, 211a) und je einer den jeweiligen Hohlraum umschließenden Dichtrandfläche (209b, 211b), welche der jeweils anderen Dichtrandfläche zugekehrt ist, und mit je einer den jeweiligen Hohlraum (209a, 211a) und die jeweilige Dichtrandfläche (209b, 211b) überdekkenden Membran (288x, 288y) umfaßt, wobei die Drucktöpfe (209, 211) mit ihren Dichtrandflächen (209b, 211b) unter Einklemmung der beiden Membranen (288x, 288y) gegeneinander durch eine Preßeinrichtung andrückbar sind unter Einschluß des jeweiligen Vorformlings (281) zwischen die einander zugekehrten Seitenflächen der beiden Membranen (288x, 288y), und wobei die Hohlräume (209a, 211a) der beiden Drucktöpfe (209, 211) mit jeweils einem Druckerhöher (223, 225) verbunden sind, zum Unterdrucksetzen jeweils eines Fluidvolumens innerhalb des jeweiligen Hohlraums (209, 211a).

42. Einrichtung nach Anspruch 41, gekennzeichnet durch eine Absaugeinrichtung (219) zum Absaugen der Luft aus dem Zwischenraum zwischen den beiden Membranen (288x, 288y).

43. Einrichtung nach Anspruch 41 oder 42, gekennzeichnet durch eine Stützmasse (215), insbesondere eine fluidpermeable Stützmasse in mindestens einem (209a) der Hohlräume (209a, 211a) und vorzugsweise in einem durch die jeweilige Membran (288x) nach oben abgeschlossenen Hohlraum (209a).

44. Einrichtung nach einem der Ansprüche 41 bis 43, gekennzeichnet durch eine Luftabsaugeinrichtung (213) in Verbindung mit mindestens einem (209a) der Hohlräume (209a, 211a).

45. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zum Bilden eines Vorformlings und Verpressen des Vorformlings umfaßt: mindestens zwei zusammenwirkende Formwerkzeuge (333;343) mit einander zugekehrten, einen Formhohlraum bildenden, starren Formflächen (335;347), je eine Membran (337;349) in Anlage an den beiden starren Formflächen, eine Einklemmvorrichtung (341) zum Einklemmen von Membranrändern der beiden Membranen (337;349) im Umgebungsbereich der starren Formflächen (335;347), je eine Fluidenzuführung (355,357) zur formhohlraumfernen Seite der beiden Membranen (337;349), eine Fluidenzuflußsteuerung (353), welche selektiv die Beaufschlagung nur einer oder beider Membranen (337;349) gestattet und eine Einstellvorrichtung zur Veränderung des Abstands zwischen den beiden Formflächen (335;347) unter Aufrechterhaltung der Einklemmung der Membranränder.

Claims

1. Method for the production of a thin-shelled ceramic moulding by shaping a ceramic moulding composition into a dimensionally stable moulding (81) and subsequently firing the moulding (81), such that the

moulding is formed out in a shaping operation in contact with at least one substantially rigid shaping surface (42) into a dimensionally stable pre-moulding (81) geometrically similar to the moulded body to be obtained, and such that this pre-moulding (81) is pressed to form the moulding in a protective skin system (88) of neutral shaping, enclosing it on all sides, without being substantially pressed against rigid shaping faces by pressing on all sides by means of a pressing fluid acting upon the outside of the protective skin system (88) while reducing volume and simultaneously retaining geometric similarity, characterised in that with a view to retaining geometric similarly during the subsequent pressing on all sides, a dimensionally stable pre-moulding (81)is produced in a mould cavity (68) between a substantially rigid shaping surface (42) and a deformable diaphragm (18) in that after filling moulding material in powder form in the mould cavity (68), a high-pressure fluid is brought to act on the side of the diaphragm (18) remote from the mould cavity (68).

2. Method according to Claim 1, characterised in that the pressing fluid is brought to a pressure of at least 500 bar.

3. Method according to Claim 1, characterised in that the pressing fluid is brought to a pressure of at least 750 bar.

4. Method according to claim 1, characterised in that the pressing fluid is brought to a pressure of at least 1000 bar.

5. Method according to Claim 1, characterised in that the pressing fluid is brought to a pressure of at least 1200 bar.

6. Method according to one of Claims 1-5, characterised in that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains water.

7. Method according to one of Claim 6, characterised in that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains a water content of approx. 2% wt. to approx. 15% wt.

8. Method according to one of Claim 7, characterised in that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains approx. 3.5% wt. to approx. 10% wt of water.

9. Method according to one of Claims 1-8, characterised n that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains a high-molecular organic binding agent.

10. Method according to one of Claim 9, characterised in that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains carboxyl methyl cellulose.

11. Method according to one of Claim 9, characterised in that the pressing on all sides takes place while the pre-moulding (81) contains a liquid plastic.

12. Method according to one of Claims 1 to 11, characterised in that a protective skin system (88) of at least approximately constant skin thickness is used.

13. Method according to one of Clams 1-12, characterised the pre-moulding (81) is taken out of the mould cavity (68) and then enveloped with the moulding skin system (88).

14. Method according to one of Claims 1-13, characterised in that the pre-moulding (81) is shaped from grain obtained by spray drying.

15. Method according to one of Claims 1-14, characterised in that the pre-moulding (81) is shaped in the mould cavity (68) at a pressure of approx. 100 to approx. 300 bar.

16. Method according to one of Claims 1 to 15, characterised in that the chamber enclosed by the protective skin system (88) and containing the pre-moulding (81) is evacuated before pressing on all sides.

17. Method according to one of Claims 1 to 16, characterised in that the pre-moulding (81) is printed with a decoration during its formation or before pressing on all sides.

18. Method according to one of Claims 1 to 17, characterised in that the pre-moulding (81) is coated with glazing composition before pressing on all sides.

19. Method according to Claim 18, characterised in that the glazing composition is applied as liquid glazing composition by spraying or dipping.

20. Method according to one of Claims 1 to 19, characterised in that the moulding (81) is subjected to a quick firing.

21. Method according to Claim 20, characterised in that the moulding (81) is subjected, during a firing time of a total of approx. 6-8 hours firstly during a temperature increase phase (t1) of about 3-4 hours, to a temperature rising from approx. 450° to approx. 1450°C, and then during a temperature holding phase (t2) of approx. 1 hour is subjected to an approximately constant temperature of bout 1450°C, and next during a temperature reduction phase (t3) of approx. 2 1/2 hours is subjected to a

temperature reduction from approx. 1450°C to approx. 100°C.

22. Method according to one of Claims 1 to 21, characterised in that the pre-moulding (81) is put into a bag (88) made of foil material, especially of flat synthetic plastic foil (88a, 88b), closed on all sides forming a protective skin.

23. Method according to Claim 22, characterised in that a bag (88) of flat elastomer foil, especially rubber foil or synthetic rubber foil, is used.

24. Method according to one of Claims 22 and 23, characterised in that the bag (88) is closed by welding or vulcanisation.

25. Method according to one of Claims 22 to 24, characterised in that the bag (88) enclosing the pre-moulding (81) is evacuated.

26. Method according to one of claims 1 to 21, characterised in that the protective skin system (188) is formed by application on all sides, possibly in vacuo, of a coating composition to the pre-moulding (181).

27. Method according to Claim 26, characterised in that the protective skin system (188) is formed from a thermoplasticisable composition such as wax.

28. Method according to claim 26, characterised in that the protective skin system (188) is formed from a solution or suspension of a film-forming composition, whereby the solvent or suspending agent is expelled from the liquid coating after application of a liquid coating of the solution or suspension.

29. Method according to Claim 26, characterised in that for the formation of the protective skin system (188), a liquid composition hardenable by chemical reaction is applied to the pre-moulding (181) and hardened after application.

30. Method according to one of claims 1 to 29, characterised in that the pre-moulding (81) enclosed by the protective skin system (88) is introduced into a pressure vessel (94), this pressure vessel is closed and a fluid contained in the pressure vessel is put under pressure.

31. Method according to one of claims 1 to 21, characterised in that the pre-moulding (281) is inserted between two diaphragms (288x, 288y), and then the diaphragms are subjected to the pressing fluid respectively on their side remote from the pre-moulding.

32. Method according to Claim 31, characterised in that flat foils of synthetic plastic or elastomer material are used as diaphragms (288x, 288y).

33. Method according to Claim 31 or 32, characterised in that at least one of the diaphragms (288x, 288y) is back-filled with a support composition (215) on its side remote from the pre-moulding (281), which composition forming a support face (217) approximately following the surface profile of the pre-moulding (281) for the pre-moulding (281) before commencement of the pressing on all sides.

34. Method according to Claim 33, characterised in that the respective diaphragm (288x) is sucked by vacuum against the support face (217) before application of the pre-moulding (281).

35. Method according to Claim 34, characterised in that a foam material composition is used as support composition (215).

36. Method according to one of Claims 31 to 35, characterised in that the interspace between the diaphragms (288x, 288y) is evacuated before the diaphragms (288x, 288y) are charged with pressing fluid.

37. Method according to one of Claims 1 to 12, 14 to 17 and 20 to 21, characterised in that the ceramic moulding composition (351) is pressed between at least two rigid mould faces (335; 347), each lined with a diaphragm (337; 349), to form the pre-moulding by the fact that pressure fluid is brought to act on the side remote from the moulding composition of only one first diaphragm (337) belonging to a first rigid mould face (335), and the moulding composition (351) is pressed by this against the second diaphragm (349) rigidly supported on the second rigid mould face (347), and that with simultaneous distancing, or after distancing of the second rigid mould face (347) from the pre-moulding had taken place, both diaphragms (337; 349) completely enclosing the pre-moulding are then simultaneously charged on all sides with fluid pressure in such a way that the pre-moulding enclosed between the two diaphragms (337; 349) is pressed into the moulding without contact with rigid mould faces (335; 347).

38. Method according to one of Claims 1 to 37, characterised in that a liquid is used as pressing fluid, whereby the protective skin system (88) is made liquid-tight.

39. Method according to one of Claims 1 to 38, characterised in that a gas is used as pressing fluid, whereby the protective skin system (88) is made gas-tight.

40. Method according to one of Claims 1 to 39, characterised in that a porcelain tableware part is produced, in particular a plate, a dish or a cup.

41. Apparatus for performing the method according to Claim 1, characterised in that for pressing the pre-moulding (81), it comprises at least and preferably two pressure pots (209, 211), each having a cavity (209a, 211a) and a sealing edge surface (209b, 211b) enclosing the respective cavity, said surface facing the other sealing edge surface in each case, and each having a diaphragm (288x, 288y) covering the respective cavity (209a, 211a) and the respective sealing edge surface (209b, 211b), whereby the pressure pots (209, 211) may be pressed with their sealing edge surfaces (209b, 211b) against one another by a press device by clamping the two diaphragms (288x, 288y), while enclosing the respective pre-moulding (281) between the facing side faces of the two diaphragms (288x, 288y), and whereby the cavities (209a, 211a) of the two pressure pots (209, 211) are connected to a respective pressure booster (223, 225) for placing a fluid volume under pressure within the respective cavity (209, 211a).

42. Apparatus according to Claim 41, characterised by a suction device (219) for extracting the air from the interspace between the two diaphragms (288x, 288y).

43. Apparatus according to Claim 41 or 42, characterised by a support composition (215), in particular a fluid-permeable support composition, in at least one (209a) of the cavities (209a, 211a), and preferably in a cavity (209a) closed off to the top by the respective diaphragm (288x).

44. Apparatus according to one of Claims 41 to 43, characterised by an air suction apparatus (213) in combination with at least one (209a) of the cavities (209a, 211a).

45. Apparatus for performing the method according to claim 1, characterised in that for forming a pre-moulding and pressing the pre-moulding, it comprises: at least two cooperating moulding tools (333; 343) with rigid mould surfaces (335; 347) facing one another and forming a mould cavity, a diaphragm (337; 349), each abutting against the two rigid mould faces, a clamping device (341) for clamping the diaphragm edges of the two diaphragms (337; 349) in the region surrounding the rigid mould faces (335; 347), a fluid supply means (355, 357) in each case to the side of the two diaphragms (337; 349) remote from the mould cavity, a fluid feed control system (353), which selectively permits the charging of only one or both of the diaphragms (337; 349), and an adjusting device for varying the distance between the two mould surfaces (335; 347) while maintaining the clamping of the diaphragm edges.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un corps moulé plat céramique, à coquille mince, par moulage d'une matière de moulage céramique en un produit cru (81) indéformable et par cuisson suivante du produit cru (81), de manière que la matière de moulage soit moulée en une ébauche (81), indéformable, semblable géométriquement au corps moulé à obtenir, en une opération de formage, en contact avec au moins une surface de formage (42) sensiblement rigide, et en ce que cette ébauche (81) est-pressée pour donner le produit cru, dans un système à enveloppe de protection (88), sensiblement neutre en ce qui concerne le formage, l'entourant de tous côtés, sans pression contre des surfaces de formage rigides, par pression de tous côtés au moyen d'un fluide sous pression, agissant sur le côté extérieur du système à enveloppe de protection (88), avec réduction du volume et maintien simultané de la similitude géométrique avec le produit cru,
caractérisé
en ce qu'une ébauche (81), indéformable, au sens du maintien de la similitude géométrique lors de la pression ultérieure de tous côtés, est produite dans une cavité de moulage (68), entre une surface de formage (42) sensiblement rigide et une membrane (18) déformable, en ce qu'après introduction d'une matière de moulage pulvérulente dans la cavité de moulage (68), un fluide sous haute pression est amené à agir sur le côté de la membrane (18), éloigné de la cavité de moulage (68).

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que le fluide sous pression est amené à une pression d'au moins 500 bar.

3. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que le fluide sous pression est amené à une pression d'au moins 750 bar.

4. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que le fluide sous pression est amené à une pression d'au moins 1 000 bar.

5. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que le fluide sous pression est amené à une pression d'au moins 1 200 bar.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5,
caractérisé

en ce que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) contient de l'eau.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) a une teneur en eau d'environ 2 % en poids à environ 15 % en poids.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) contient d'environ 3,5 % en poids à environ 10 % en poids d'eau.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) contient un liant organique de poids moléculaire élevé.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé ence que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) contient de la carboxyméthylcellulose.

11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la pression de tous côtés s'effectue pendant que l'ébauche (81) contient une matière synthétique liquide.

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'on utilise un système à enveloppe de protection (88) d'une épaisseur d'enveloppe au moins approximativement constante.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'ébauche (81) est prélevée de la cavité de moulage (68) et est ensuite enveloppée avec le système à enveloppe de moulage (88).

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'ébauche (81) est moulée à partir d'un grain obtenu par séchage par pulvérisation.

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que l'ébauche (81) est moulée dans la cavité de moulage (68) sous une pression d'environ 100 à environ 300 bar.

16. Procédé selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce qu'avant la pression de tous côtés il est fait le vide dans l'espace enfermé par le système à enveloppe de protection (88), contenant l'ébauche (81).

17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'un décor est imprimé sur l'ébauche (81) lors de sa formation ou avant la pression de tous côtés.

18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que l'ébauche (81) est revêtue d'une couverte.

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que la couverte est appliquée en tant que couverte liquide par pulvérisation ou immersion.

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que le produit cru (81) est soumis à une cuisson rapide.

21. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le produit cru (81) est soumis, pendant un temps de cuisson d'environ 6 à 8 heures au total, d'abord à une température d'environ 450°C s'élevant à environ 1 450 °C, pendant une phase de montée en température (t1) d'environ 3 à 4 heures, ensuite est soumis à une température approximativement constante d'environ 1 450 °C, pendant une phase de maintien de température (t2) d'environ 1 heure et est soumis ensuite à une température diminuant d'environ 1 450 °C à environ 100 °C, au cours d'une phase d'abaissement de température (t3) d'environ 2 heures et demi.

22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé en ce que l'ébauche (81) est introduite dans un sac (88) fait d'un matériau en feuille, en particulier d'une feuille de matière plastique (88a, 88b) synthétique, plate, fermée de tous côtés, formant l'enveloppe de protection.

23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'on utilise un sac (88) fait d'une feuille élastomère plate, en particulier d'une feuille de caoutchouc ou d'une feuille de caoutchouc de synthèse.

24. Procédé selon l'une des revendications 22 et 23, caractérisé en ce que le sac (88) est fermé par soudage ou vulcanisation.

25. Procédé selon l'une des revendications 22 à 24,

caractérisé
en ce qu'il est fait le vide dans le sac (88) enfermant l'ébauche (81).

26. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé
en ce que le système à enveloppe de protection (188) est formé par application de tous côtés, éventuellement sous vide, d'une matière de revêtement, sur l'ébauche (181).

27. Procédé selon la revendication 26, caractérisé
en ce que le système à enveloppe de protection (188) est formé d'une pâte thermoplastifiable, telle que de la cire.

28. Procédé selon la revendication 26, caractérisé
en ce que le système à enveloppe de protection (188) est formé par une solution ou une suspension d'une matière formant un film, après application d'une couche liquide de la solution ou de la suspension, le solvant ou agent de suspension étant chassé de cette couche liquide.

29. Procédé selon la revendication 26, caractérisé
en ce que pour former le système à enveloppe de protection (188) une matière liquide, durcissable par réaction chimique, est appliquée sur l'ébauche (181) et durcie après l'application.

30. Procédé selon l'une des revendications 1 à 29, caractérisé
en ce que l'ébauche (81), enfermée par le système à enveloppe de protection (88), est introduite dans un récipient sous pression (94), ce récipient sous pression est fermé et un fluide, contenu dans le récipient sous pression, est mis sous pression.

31. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisé
en ce que l'ébauche (281) est placée entre deux membranes (288x, 288y), formant le système à enveloppe de protection, et les membranes sont ensuite soumises au fluide sous pression, sur leur côté éloigné de l'ébauche.

32. Procédé selon la revendication 31, caractérisé
en ce qu'on utilise comme membranes (288x, 288y), des feuilles plates en matière plastique de synthèse ou en matériau élastomère.

33. Procédé selon la revendication 31 ou 32, caractérisé
en ce que derrière l'une au moins des membranes (288x, 288y), sur son côté éloigné de l'ébauche (281), on introduit une masse de soutien (215), qui forme une surface de soutien (217), suivant approximativement le profil de la surface de l'ébauche (281), pour l'ébauche (281), avant le début de la pression de tous côtés.

34. Procédé selon la revendication 33, caractérisé
en ce que la membrane (288x) respective est aspirée contre la surface de soutien (217), par le vide, avant la mise en place de l'ébauche (281).

35. Procédé selon la revendication 34, caractérisé
en ce qu'on utilise une masse de mousse, comme masse de soutien (215).

36. Procédé selon l'une des revendications 31 à 35, caractérisé
en ce qu'il est fait le vide dans l'espace intermédiaire compris entre les membranes (288x, 288y), avant envoi de fluide sous pression sur les membranes (288x, 288y).

37. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, 14 à 17 et 20 à 21, caractérisé
en ce que la matière de moulage céramique (351) est pressée pour donner l'ébauche, entre au moins deux surfaces de moulage (335 ; 347) rigides, garnies chacune d'une membrane (337 ; 349), en ce qu'un fluide sous pression est amené à agir sur le côté éloigné de la matière de moulage d'une première membrane (337) seulement, faisant partie d'une première surface de moulage (335) rigide et la matière de moulage (351) est de ce fait pressée contre la deuxième membrane (349), soutenue rigidement contre la deuxième surface de moulage (347) rigide et en ce qu'ensuite, avec éloignement simultané ou après éloignement de la deuxième surface de moulage (347) rigide de l'ébauche, les deux membranes (337 ; 349), enfermant totalement l'ébauche, sont simultanément soumises de tous côtés à la pression d'un fluide, de manière que l'ébauche, enfermée entre les deux membranes (337 ; 349), soit pressée pour donner le produit cru, sans contact avec des surfaces de moulage (335 ; 347) rigides.

38. Procédé selon l'une des revendications 1 à 37, caractérisé
en ce qu'on utilise comme fluide sous pression un liquide, le système à enveloppe de protection (88) étant étanche aux liquides.

39. Procédé selon l'une des revendications 1 à 38, caractérisé
en ce qu'on utilise comme fluide sous pression un gaz, le système à enveloppe de protection (88)

étant étanche aux gaz.

40. Procédé selon l'une des revendications 1 à 39, caractérisé
en ce qu'il est réalisé une pièce de vaisselle en porcelaine, en particulier une assiette, une coupe ou une tasse.

41. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce que pour le pressage de l'ébauche (81) il comporte au moins et de préférence deux pots de pression (209, 211) avec chacun une cavité (209a, 211a) et chacun une surface de bordure d'étanchéité (209b, 211b), enfermant la cavité respective, qui est tournée vers l'autre surface de bordure d'étanchéité, et avec chacun une membrane (288x, 288y), recouvrant la cavité (209a, 211a) respective et la surface de bordure d'étanchéité (209b, 211b) respective, les pots de pression (209, 211) pouvant être pressés l'un contre l'autre, par un dispositif de pression, avec leurs surfaces de bordure d'étanchéité (209b, 211b), en serrant les deux membranes (288x, 288y), avec inclusion de l'ébauche (281) respective entre les surfaces latérales, tournées l'une vers l'autre, des deux membranes (288x, 288y), et les cavités (209a, 211a) des deux pots de pression (209, 211) étant reliées chacune à un dispositif d'accroissement de pression (223, 225), pour la mise sous pression d'un volume de fluide à l'intérieur de la cavité (209, 211a) respective.

42. Dispositif selon la revendication 41,
caractérisé par un dispositif d'aspiration (219) pour l'aspiration de l'air dans l'espace intermédiaire compris entre les deux membranes (288x, 288y).

43. Procédé selon la revendication 41 ou 42,
caractérisé par une masse de soutien (215), en particulier une masse de soutien perméable aux fluides dans au moins l'une (209a) des cavités (209a, 211a) et de préférence dans une cavité (209a) fermée vers le haut, par la membrane (228x) respective.

44. Dispositif selon l'une des revendications 41 à 43,
caractérisé par un dispositif d'aspiration d'air (213) en liaison avec au moins l'une (209a) des cavités (209a, 211a).

45. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1,
caractérisé
en ce qu'il comprend, pour la formation d'une ébauche et le pressage de celle-ci : au moins deux outils de moulage (333 ; 343) coopérant entre eux avec des surfaces de moulage (335 ; 347) rigides, tournées l'une vers l'autre, formant une cavité de moulage, une membrane (337 ; 349) s'appliquant contre chacune des deux surfaces de moulage rigides, un dispositif de serrage (341) pour le serrage de bords des deux membranes (337 ; 349) au voisinage des surfaces de moulage (335 ; 347) rigides, une alimentation en fluide (355, 357) du côté éloigné de la cavité de chacune des deux membranes (337 ; 349), une commande d'arrivée de fluide (353), qui autorise de manière sélective l'alimentation de l'une seulement ou des deux membranes (337 ; 349) et un dispositif de réglage pour faire varier la distance entre les deux surfaces de moulage (335 ; 347), en maintenant le serrage des bords des membranes.

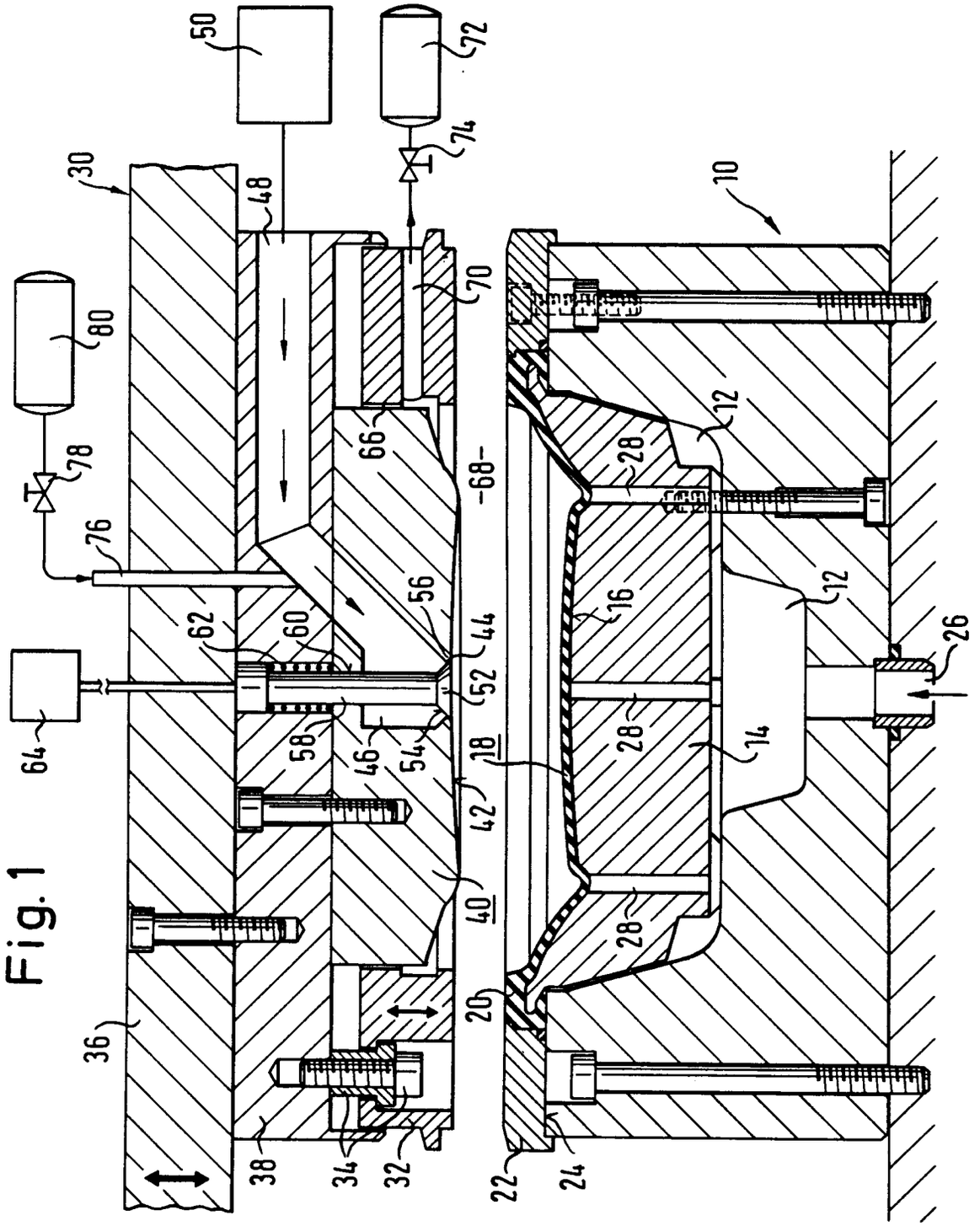

50
72
74
30
48
10
80
70
66
68
78
76
12
28
56
62
60
44
16
12
26
64
52
58
46
54
18
28
14
42
40
28
20
36
38
34
32
22
24

Fig. 1

Fig. 2

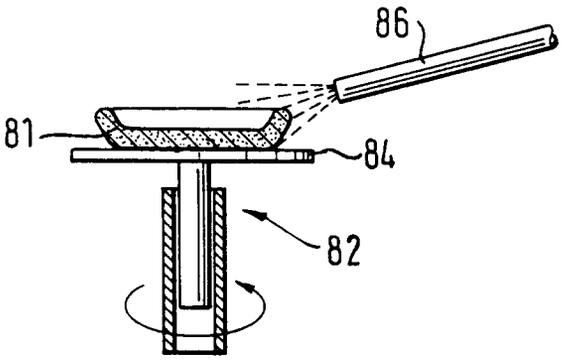


Fig. 5

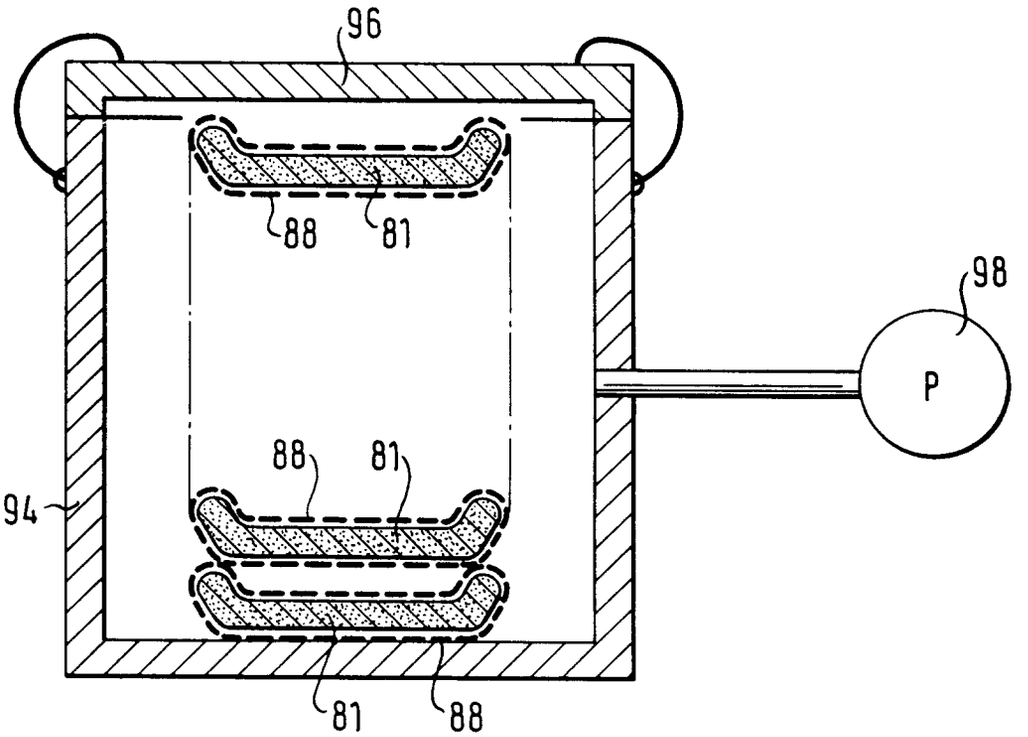


Fig. 3

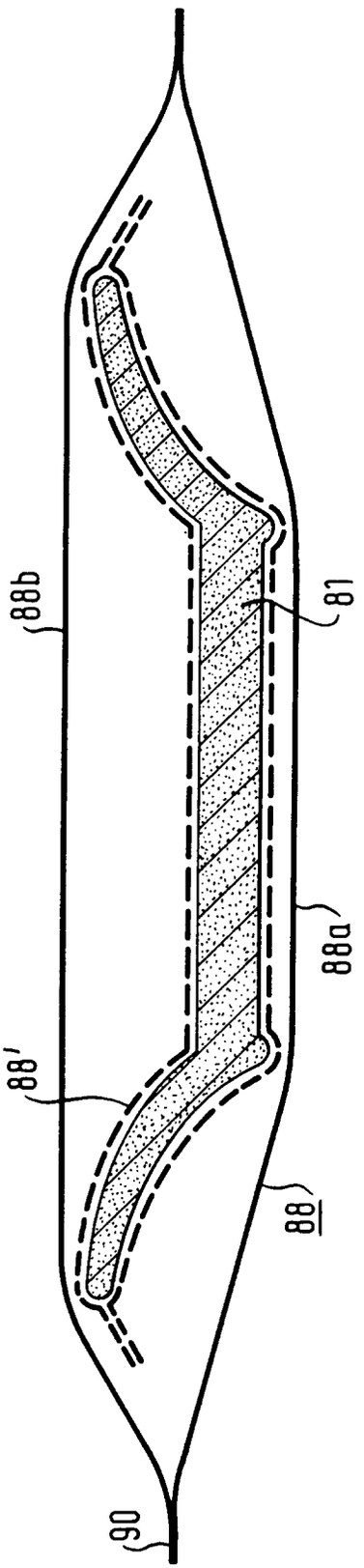


Fig. 4

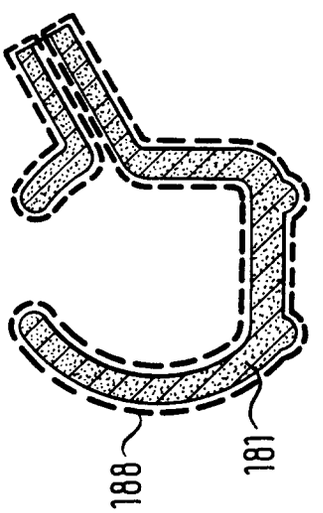
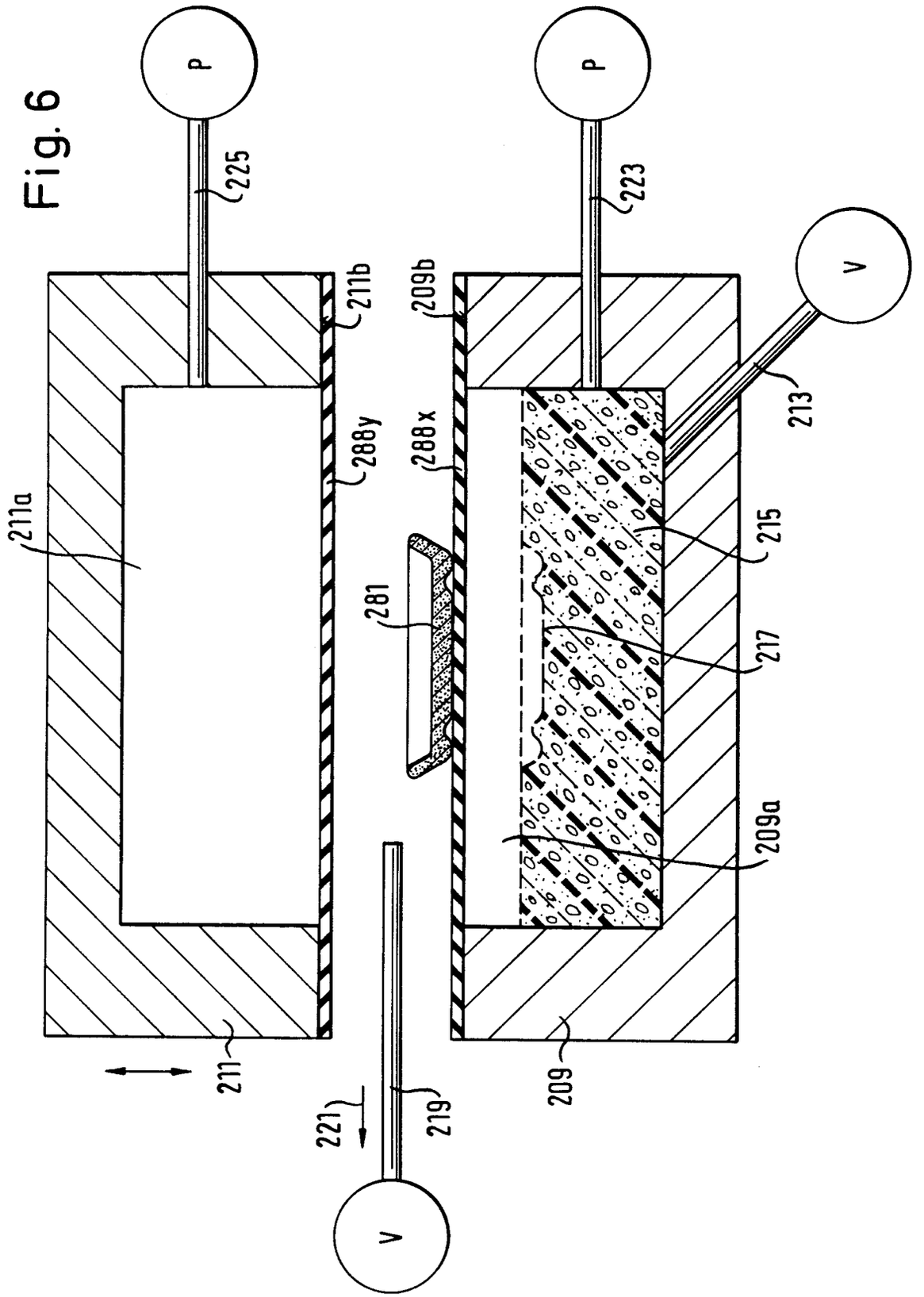


Fig. 6


P
225
211b
211a
288y
211
221
219
V
P
223
209b
288x
281
213
V
215
217
209a
209

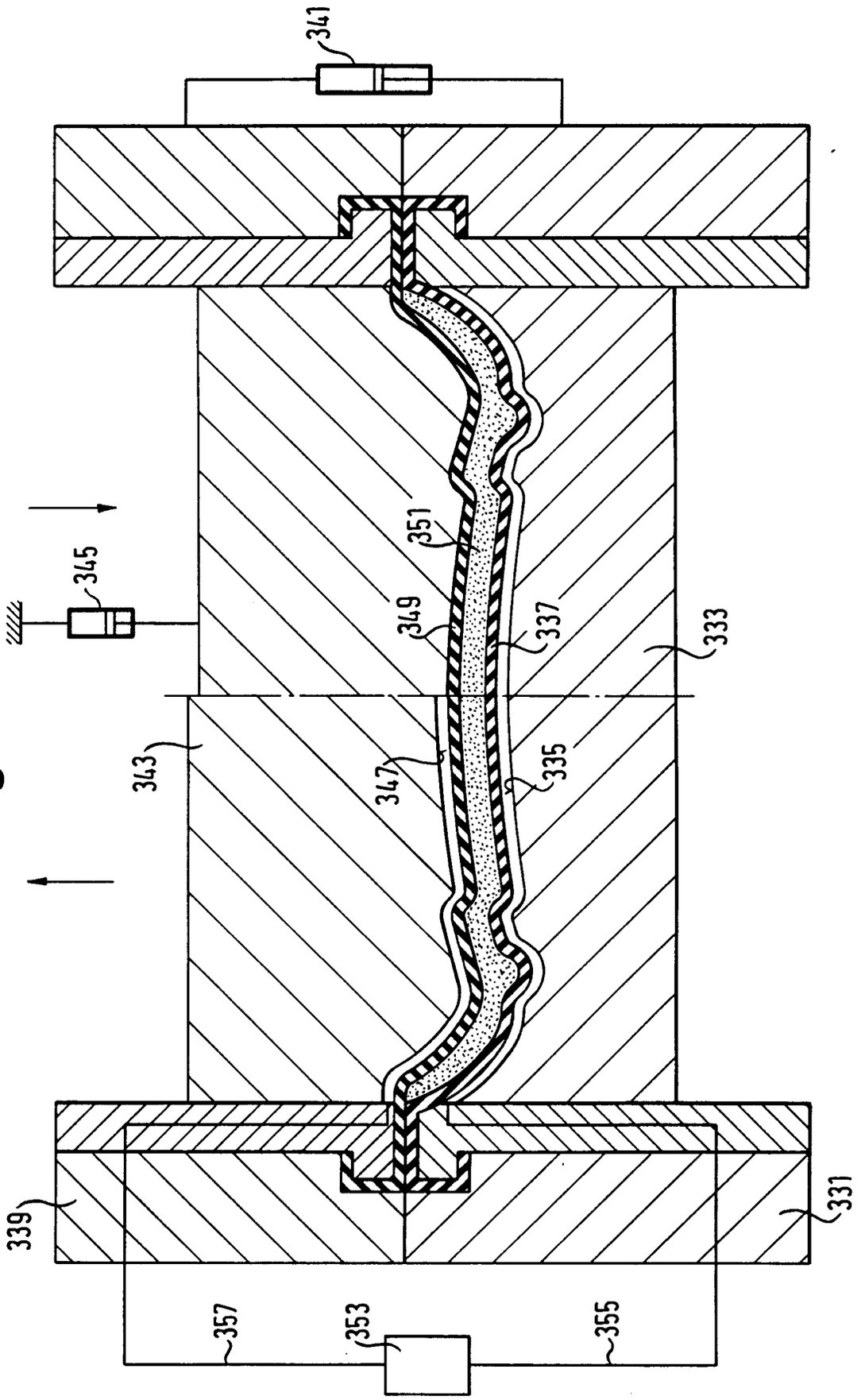


Fig. 7

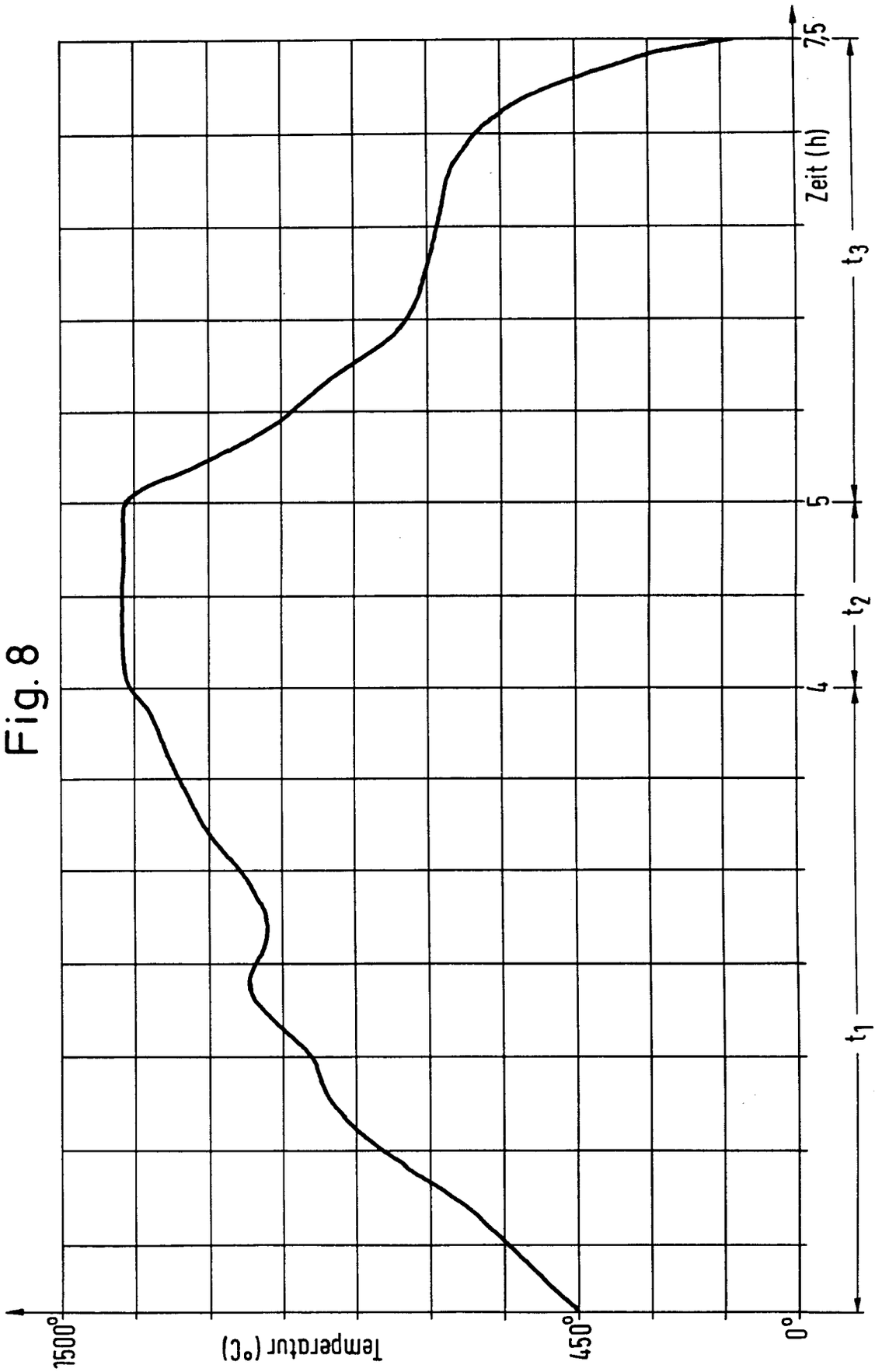


Fig. 8