

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 497 151 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
25.08.1999 Patentblatt 1999/34

(51) Int. Cl.⁶: **B28B 3/12**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
27.03.1996 Patentblatt 1996/13

(21) Anmeldenummer: **92100649.0**

(22) Anmeldetag: **16.01.1992**

(54) Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von dünnwandigen Formkörpern aus keramischer Masse

Process for the continuous manufacture of thin walled articles from ceramic material

Procédé pour la fabrication en continu d'articles de faible épaisseur à partir de matière céramique

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 205 704 CH-A- 394 013
FR-A- 1 271 493 US-A- 3 007 222

(30) Priorität: **28.01.1991 DE 4102469**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.08.1992 Patentblatt 1992/32

(73) Patentinhaber:
DYKO INDUSTRIEKERAMIK GMBH
D-40521 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Goerenz, Edmund, Dipl.-Mineraloge**
D-52477 Alsdorf (DE)
• **Rymon-Lipinski, Tadeusz, Dr.**
D-53125 Bonn (DE)

(74) Vertreter:
Rehberg, Elmar, Dipl.-Ing.
Patentanwalt
Postfach 31 62
37021 Göttingen (DE)

- **DERWENT JAPANESE PATENT REPORT, accession n 84-092295 [15], DERWENT PUBLICATIONS LTD., LONDON, GB, & JP-A-59 039761 (TORAY IND. INC.)**
- **DERWENT JAPANESE PATENT REPORT, accession n 91-213134 [29], DERWENT PUBLICATIONS LTD., LONDON, GB, & JP-A-03 137071 (NIPPON STEEL CHEM KK)**
- **SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, accession n 90-073745 [10], DERWENT PUBLICATIONS LTD., LONDON, GB, & SU-A-1504100 (I.A. MYSLYVETS)**
- **SOVIET INVENTIONS ILLUSTRATED, accession n 88-097701 [14], DERWENT PUBLICATIONS LTD., LONDON, GB, & SU-A-1335470 (A.V. BAINOV)**
- **"Roll forming strip from oxide powders", Henry M. Harris et al., US-Department of the Interior, Bureau of Mines Report of Investigations, Dec. 1970**

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

EP 0 497 151 B2

Beschreibung

- 5 **[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung dünnwandiger Formkörper, wie Platten, Bänder, Rohre o. dgl. aus tonfreier keramischer Masse, indem die Roh- und Zuschlagsstoffe für die keramische Masse angefeuchtet und gemischt werden, die gemischte keramische Masse zu einem Grünkörper geformt, ggf. unterteilt, und der Grünkörper durch Trocknen und Brennen zu dem Formkörper gestaltverfestigt wird. Unter einem dünnwandigen Formkörper wird ein solcher mit einer Dicke im Bereich zwischen etwa 1 bis 10 mm verstanden. Als Rohstoffe werden die keramischen Ausgangsstoffe, meist in Pulverform, angesehen, während unter den Zuschlagsstoffen Verflüssiger, Plastifizierer, Binder u. dgl. verstanden werden.
- 10 **[0002]** Ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art ist bekannt (Keramische Zeitschrift Nr. 2, 1986, S. 79 bis 82 "Foliengießen oxidischer und nichtoxidischer keramischer Pulver"). Mit diesem Foliengießen können dünnwandige Formkörper in Bandform mit einer Dicke zwischen 0,2 und 1,5 mm hergestellt werden. Die keramischen Rohstoffe in Pulverform werden mit einem Lösungsmittel versetzt und zusammen mit Verflüssigern gemahlen. Anschließend werden Binder und Plastifizierer zugemischt. Es entsteht somit ein Schlicker, der zu Zwecken der Homogenisierung entlüftet wird. Dieser Schlicker wird auf ein über zwei Rollen horizontal geführtes endloses Stahlband gegossen, wobei der Schlicker entweder durch einen in seiner Höhe verstellbaren Spalt ausläuft oder aber abgerakelt wird. Nach dem Verdampfen der Lösungsmittel verleihen Binder und Plastifizierer der gegossenen Folie eine gewisse Flexibilität, die es erlaubt, die Folie zu wickeln, zu prägen, zu stanzen und wenn nötig, mehrschichtig übereinander zu laminieren. Durch Trocknen und Brennen erhält die Folie bzw. die daraus hergestellten Bauteile ihre endgültige Gestalt. Das Trocknen des so gegossenen Grünkörpers geschieht zumindest teilweise noch auf dem Band im Anschluß an den Gießvorgang. Die keramische Masse weist beim Foliengießen einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 20 bis 30 Gew.% auf (Keramische Zeitschrift Nr. 9, 1990, S. 650 bis 652). Die hohen Feuchtigkeitsgehalte erfordern besondere Maßnahmen beim Trocknen der gegossenen Folie. Der Grünkörper läßt sich nicht in allen Fällen problemlos handhaben.
- 15 **[0003]** Eine nennenswerte Verdichtung der keramischen Masse findet beim Foliengießen nicht statt.
- 20 **[0004]** Andererseits ist es bei der Herstellung von Fliesen bekannt, die keramische Masse durch das Mundstück einer keramischen Presse auszupressen und das sich bildende Band beispielsweise durch einen Stanzvorgang in die einzelnen Grünkörper zu zerteilen, die dann auch getrocknet und gebrannt werden. Die keramische Masse wird dabei auf eine Feuchtigkeit in der Größenordnung von 12 Gew.% eingestellt und enthält einen tonigen Binderanteil. Die Fliesen weisen üblicherweise eine Dicke in der Größenordnung von etwa 8 bis 10 mm auf.
- 25 **[0005]** Während sich die durch Foliengießen erzeugbaren Formkörper im unteren Grenzbereich der dünnwandigen Formkörper bewegen, deren kontinuierliche Herstellung hier aufgezeigt wird, decken die Fliesen den oberen Bereich der Dicke ab. Bei dem letztgenannten Verfahren werden auch tonige Binder in nennenswerten Gewichtsanteilen eingesetzt, während im Mittelbereich der Dicke eine spezielle Herstellungsmöglichkeit fehlt. Bei sehr dünnen Platten ist der Feuchtigkeitsgehalt sehr hoch, so daß hier der Nachteil besteht, daß große Feuchtigkeitsmengen beim Trocknen und/oder Brennen wieder ausgetrieben werden müssen. Insbesondere auf dem Gebiet der keramischen Werkstoffe für die Hochleistungstechnik müssen keramische Massen, insbesondere Pulver, verarbeitet werden, die Ton als Bindemittel nicht enthalten dürfen. Solche Massen weisen kaum Plastizität auf und sind daher schwer verarbeitbar. Andererseits werden keramische Massen trocken verpreßt, wobei feinkörnige Massen hierbei einen Feuchtigkeitsanteil in der Größenordnung von 3 bis 4 Gew.% aufweisen können. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Formkörper eine gewisse Mindestdicke aufweisen müssen, die bereits außerhalb des Bereichs dünnwandiger Formkörper in der Größenordnung von etwa 1 bis 10 mm liegt. Beim isostatischen Pressen werden zwar noch geringere Feuchtigkeitsgehalte bis unter 0,5 Gew.% angewendet, jedoch setzt auch dieses Verfahren eine Mindestausdehnung der Formkörper voraus. Ganz abgesehen davon handelt es sich um ein aufwendiges Herstellungsverfahren.
- 30 **[0006]** Die CH-A-394 013 zeigt ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von großflächigen Verkleidungsplatten aus keramischem Werkstoff, bei dem die plastische Masse aus dem Mundstück einer Strangpresse mit etwas geringerer Breite und etwas größerer Dicke, als es dem Querschnitt der herzustellenden Platte entspricht, in Form gebracht, also geformt wird. An diese Formgebung schließt sich ein erster Kalibriervorgang zwischen zwei Walzen an, mit welchem die Dicke des ausgepreßten Bandes geringfügig reduziert wird. Es werden sodann spanabhebend Hinterschneidungen von der einen Oberfläche des Massestrangs her eingebracht, und es erfolgt eine nochmalige Kalibrierung zwischen zwei Walzen. Der Walz- bzw. Kalibriervorgang dient dem Zweck, die beim Auspressen des Massestrangs aus dem Preßmundstück entstehenden Spannungen zu beseitigen. Die eingesetzte keramische Masse wird insbesondere mit einer Feuchtigkeit von 18 % eingestellt und durch das Mundstück der Strangpresse ausgepreßt. Durch Vortrocknung auf einen Wassergehalt von etwa 10 % wird der austretende Strang in einen lederharten Zustand verbracht und dann weiterverarbeitet.
- 35 **[0007]** Die FR-A-1 271 493 und die US-A-3 007 222 zeigen ebenfalls die Herstellung von Fliesen und anderen Wandverkleidungsplatten, bei denen jedoch die Formgebung der Fliese nicht durch ein Strangpreßverfahren, sondern durch einen Walzvorgang erfolgt. Eine solche Fliese oder Verkleidungsplatte ist nicht als ausgesprochen dünne Platte anzusehen, sondern sie besitzt eher eine relativ große Wandstärke. Es werden Wandstärken zwischen 0,025 und 3,75 mm

erwähnt, allerdings nur für relativ kleinformatige Teile. Wassergehalte werden mit 7 bis 13 % angegeben, wenn es sich um tonhaltige Massen handelt. Bei höher tonhaltigen Massen werden Wassergehalte von 12 bis 18 % angegeben. Es wird hierzu auf die Notwendigkeit der gleichzeitigen Anwesenheit eines organischen Binders hingewiesen, also auf die Kombination zwischen organischem Binder und Wassergehalt. Es werden Wassergehalte von 8 bis 15 % genannt.

5 **[0008]** Aus der Veröffentlichung "Roll forming stripe from oxyde powders" H. Harris et.al., NTIS, Dezember 1970 ist ein als "roll forming" bezeichnetes Walzverfahren bekannt, bei dem die keramische Masse durch den fest eingestellten Walzspalt zwischen zwei Walzen hindurchgeführt und dabei zu einem Grünkörper geformt wird. Die Walzen werden gegen Anschläge fest eingestellt, wobei der so festgelegte Walzspalt die Dicke des Grünkörpers bestimmt. Die keramische Masse wird den Walzen bzw. dem Walzspalt zugeführt und von den Walzen eingezogen. Um den Walzspalt voll auszufüllen, muß die keramische Masse in entsprechender Menge dem Walzspalt zugeleitet werden, wobei im Walzspalt Reaktionskräfte auf die keramische Masse einwirken, die zu einer Verdichtung sowie zur Einbringung von Texturen und Beeinflussung des Gefüges führt. Wenn der Walzspalt mit Hilfe der Anschläge vergleichsweise kleiner eingestellt wird, ergibt sich eine Erhöhung der Verdichtungswirkung und damit eine größere Rohdichte. Die Rohdichten können zwischen 40 und 90 % des theoretischen Wertes schwanken. Im Walzspalt wirken Reibkräfte, die Schwerkraft und als Reaktionskraft die Verdichtungskräfte der Walzen auf die keramische Masse ein. Neben dem fest eingestellten Walzspalt ist auch der Durchmesser und die Antriebsdrehzahl der Walzen für das erreichbare Ergebnis von Bedeutung. Man kann auf diese Art und Weise gestaltverfestigte Grünkörper herstellen, die der weiteren Handhabung, beispielsweise einem Sinterprozeß, zugänglich sind. Der Wassergehalt der eingesetzten keramischen Masse sollte im Bereich von 5 bis 10 % liegen, um gute Ergebnisse zu erreichen. Wenn niedrigere Wassergehalte, etwa 2 bis 4 Gew.-%, eingesetzt werden, erhält man einen hochporösen Grünkörper, bei dem eine Verdichtungswirkung nicht feststellbar ist.

20 **[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung dünnwandiger Formkörper aus tonfreier keramischer Masse aufzuzeigen, die besonders energiesparend herstellbar sind und trotzdem verbesserte Festigkeitseigenschaften aufweisen.

25 **[0010]** Erfindungsgemäß wird dies bei dem eingangs beschriebenen Verfahren dadurch erreicht, daß die keramische Masse mit einer Feuchtigkeit von 2 bis 5 Gew.% eingestellt wird und die Formgebung und Verdichtung des Grünkörpers durch Walzen unter Einbringung von Texturen und Beeinflussung des Gefüges in der keramischen Masse erfolgt. Unter Walzen wird hierbei verstanden, daß die keramische Masse z. B. durch einen von zwei gegeneinander angestellten Walzen gebildeten Walzspalt hindurchgeführt und dabei verdichtet wird, so daß als Grünkörper ein Band entsteht, welches ggf. unterteilt oder in anderer Weise weiterverarbeitet werden kann. Durch die Einstellung der Feuchtigkeit auf einen Bereich, der sowohl die typischen Feuchtigkeitsgehalte des Schlickergießens einerseits wie auch des Trockenpressens andererseits meidet, ergibt sich eine besonders energiesparende Herstellmöglichkeit, weil der Trocknungsvorgang weniger aufwendig gestaltet werden kann und auch der Brennvorgang z. B. bei vergleichsweise niedrigeren Temperaturen und in kürzeren Zeiten durchführbar ist. Vorteilhaft weist der Grünkörper bereits eine relativ hohe Festigkeit auf, die jedenfalls höher liegt als beim Foliengießen, so daß keine Probleme in der Handhabung des Grünkörpers bei seiner Weiterverarbeitung entstehen. Durch den Walzvorgang wird auf die Bildung des Gefüges in der keramischen Masse Einfluß genommen. Das Gefüge ist einstellbar, und es lassen sich durch die typische Walzbewegung Texturen in der keramischen Masse erzielen, die sich positiv auf die mechanischen und/oder thermischen und/oder elektrischen Eigenschaften der herzustellenden Formkörper auswirken. Das Walzen hat den weiteren Vorteil gegenüber dem Foliengießen, daß bereits ohne eine Entlüftung der keramischen Masse Formkörper mit vergleichsweise geringerer Porosität erzielbar sind. Der Feuchtigkeitsgehalt läßt sich in dem angegebenen Bereich zwischen etwa 2 bis 5 Gew.% einstellen, wobei die Eigenschaften der dünnwandigen Formkörper über den Feuchtigkeitsgehalt in gewissem Umfang gesteuert werden können. Eine niedrigere Feuchte ergibt eine niedrigere Porosität und eine hohe Wärmeleitfähigkeit sowie hohe Festigkeit. Eine hohe Feuchtigkeit ergibt eine hohe Porosität und dadurch bedingt (bis zu einem gewissen Grenzwert) eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit. Beim Walzen ist vorteilhaft die Einstellung bzw. Variation des Drucks und damit des Verdichtungsgrads wählbar und einstellbar, wodurch die Festigkeitseigenschaften gezielt steuerbar sind. Mit dem neuen Verfahren lassen sich nicht nur Formkörper in einem Dickenbereich von 1 mm oder 10 mm herstellen, wie beim Foliengießen einerseits und bei der Herstellung von Fliesen andererseits, sondern es können auch die dazwischen liegenden Dickenbereiche sinnvoll ausgenutzt werden. Das Verfahren ist überraschenderweise für solche keramischen Massen anwendbar, die keinen Ton- oder Plastifizieranteil enthalten. Die Verdichtung der Bestandteile der keramischen Masse erfolgt durch den Preßdruck beim Walzen. Durch die Anwendung des neuen Verfahrens entstehen besonders geringe "Formkosten", weil die dabei eingesetzten Walzen durch Veränderung des Walzspalts in der Regel gegeneinander verstellbar sind, um den jeweils gewünschten Querschnitt zu erzielen. Das neue Verfahren gestattet auch eine mehrstufige Arbeitsweise in der Art, daß mehrere Walzvorgänge bzw. -stufen hintereinandergeschaltet werden und auf diese Art und Weise der Verdichtungsgrad noch erhöht wird. Auch grobkörnige Fraktionen oder

55 **[0011]** Während das Walzen z. B. metallischer Werkstoffe ein durchaus übliches Formgebungsverfahren darstellt, ist das Walzen tonfreier keramischer Werkstoffe mit einer Feuchtigkeit von 2 bis 5 Gew.% offensichtlich nicht naheliegend. Dies mag daran liegen, daß die übliche Herstellung von keramischen Formkörpern durch Pressen, also unter Verdich-

tungswirkung in einer Form, bereits erhebliche Schwierigkeiten aufwirft, insbesondere, wenn das Pressen lagenfrei und unter Anwendung von Feinkorn geschieht. Die beim Pressen eingesetzten geschlossenen Preßformen garantieren trotz ihrer Geschlossenheit nicht, daß ein lagenfreies Pressen des Formkörpers möglich wird. Insoweit ist es erklärlich, daß ein Walzen von tonfreier keramischer Masse bisher nicht versucht worden ist, denn dabei löst sich die geschlossene Form in zwei Walzen auf, ist also viel offener als eine Preßform, so daß eine Lagenbildung mit all ihren Nachteilen immer wahrscheinlicher wird. Es mag auch bedeutsam sein, daß in der Keramik zumindest bevorzugt im Grobkornbereich gearbeitet wurde. Man war auf Naturstoffe angewiesen. Grobe Kristalle sind bekanntlich weniger korrosionsanfällig als feine Kristalle, so daß auch diese Betrachtungsweise gegen die Übernahme des Walzen von z. B. metallischen Werkstoffen spricht. Schließlich sind die hohen Feuchtigkeiten, die insbesondere beim Schlickerguß angewendet werden, ein weiterer Hinderungsgrund, ernsthaft an einen Walzvorgang zu denken. Flüssigkeiten oder Stoffe, die sich wie Flüssigkeiten verhalten, lassen sich durch einen Walzvorgang nicht in eine dauerhafte Gestalt bringen. Dieser und andere Hinderungsgründe sind mit der vorliegenden Erfindung überwunden worden. Der besondere Feuchtigkeitsgehalt, der beim Walzen Anwendung findet, weicht von den übrigen Feuchtigkeitsgehalten des Schlickergießens einerseits und des Trockenpressens, insbesondere des isostatischen Pressens andererseits, völlig ab. Die Feuchtigkeitsgehalte innerhalb des angegebenen Bereichs zwischen 2 und 5 Gew.-% setzen sich damit auch gegen Feuchtigkeitsgehalte ab, wie sie z. B. in der Fliesenherstellung bekannt sind. Überraschenderweise lassen sich keramische Werkstoffe bei Einhaltung solcher Feuchtigkeitsgehalte vorteilhaft walzen. Dabei sind die entstehenden Texturen und Gefügebeeinflussungen durchaus von Vorteil und nicht, wie bisher, als Nachteil zu werten. Das neue Verfahren eröffnet auch Dickenbereiche, die bisher nicht oder nur sehr schwer beherrschbar waren.

[0012] Die keramische Masse kann vor dem Walzen evakuiert werden. Es wird hier ein Unterdruck angelegt, um die Porosität des Grünkörpers und des Formkörpers zu erniedrigen und letztlich auch die Festigkeit zu erhöhen.

[0013] Die keramische Masse kann vor oder bei dem Walzen erwärmt werden. Damit wird die Verarbeitbarkeit verbessert. Dies gilt insbesondere für pech- und teerhaltige Roh- bzw. Zuschlagsstoffe.

[0014] Es ist weiterhin möglich, die keramische Masse vor dem Walzen zu extrudieren, wobei die durch den Extruder bereitgestellte Formgebung dazu dient, die keramische Masse geordnet und vorverteilt dem Walzspalt zuzufördern. Es ist aber auch möglich, die keramische Masse z. B. durch Extrudieren vorzuverdichten, so daß der sich dann anschließende Walzvorgang den eigentlichen oder Endverdichtungsvorgang darstellt.

[0015] Das Walzen kann unter Profilierung des Grünkörpers erfolgen. Insoweit können nicht nur zylindrische Walzkörper, sondern auch profilierte Walzen, eingesetzt werden, um beispielsweise Rillen, Absätze o. dgl. in den Grünkörper beim Walzen mit einzuformen. Solche Formgebungen sind insbesondere bei einer Weiterverarbeitung der Formkörper zu Brennhilfsmitteln sinnvoll.

[0016] Es ist auch möglich, den Grünkörper bei oder nach dem Walzen mäanderförmig zu verformen. Damit ergibt sich die Möglichkeit der Herstellung einer neuen Produktlinie, die bisher nicht herstellbar war. Insbesondere bei geringer Dicke besitzen die Formkörper ein geringes Gewicht bei hervorragenden mechanischen Eigenschaften. Solche Eigenschaftskombinationen sind beispielsweise für Brennhilfsmittel vorteilhaft. Eine mäanderförmig verformte Folie oder Platte kann z. B. auch Zwischenschicht in einem Verbundwerkstoff sein, ähnlich, wie dies bei der Herstellung von Wellpappe auf dem Zellstoffgebiet bekannt ist.

[0017] Beim Walzen können auch vorteilhaft karbidische, nitridische oder metallische Pulver mit eingewalzt werden, um auf diese Art und Weise die elektrischen und/oder thermischen Eigenschaften des Formkörpers einzustellen und zu begünstigen. Auch keramische Fasern, Kohlenstoffasern, Metallfasern o. dgl. können mit eingewalzt werden. Diese stellen dann eine thermo-mechanische Verstärkung dar. Der Walzvorgang muß selbstverständlich an die Art der Fasern angepaßt werden.

[0018] Es ist möglich, den Grünkörper nach dem Walzen ggf. zu unterteilen, kontinuierlich zu trocknen und zu brennen. Diese Verfahrensschritte können in einem Zug kontinuierlich durchgeführt werden. Der Grünkörper kann aber auch ohne Weiteres zu mehreren Schichten aufgewickelt werden, um einerseits die Dicke zu erhöhen, andererseits Schichtkörper mit bewußter Lagenbildung herzustellen. Auch Verbundkörper können auf diese Art und Weise hergestellt werden. Selbst das Aufwickeln dünner Bänder zu Rohren und ähnlichen Formkörpern ist ohne Weiteres möglich.

[0019] Die Erfindung wird schematisch anhand von Darstellungen und Beispielen weiter erläutert und beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine schematisierte Schnittdarstellung einer Walzanlage und

Figur 2 eine schematisierte Darstellung einer abgeänderten Walzanlage.

[0020] In Figur 1 ist ein Walzwerk durch die Walzen 1 und 2 schematisch angedeutet. Die Walze 2 kann ortsfest gelagert sein, während die Walze 1 mit der Walze 2 einen Walzspalt 3 bildend hydraulisch angestellt werden kann, um einen erforderlichen Preßdruck auf die keramische Masse auszuüben. Die keramische Masse wird in ihrem Versatz bestehend aus den Roh- und Zuschlagsstoffen vorbereitet und nach entsprechender Mischung und Durchfeuchtung in

einen Einfülltrichter 4 gegeben, in welchem ein Rührwerk 5 angeordnet ist. Mit Hilfe des Rührwerks 5 gelangt die keramische Masse in den Wirkbereich einer Förderschnecke 6, die die keramische Masse dem Walzspalt 3 zufördert, und zwar so, daß die gewünschte eingestellte Dicke des zu walzenden keramischen Bands entsteht. Ein gewalztes Band 7 entsteht im Walzspalt 3 und wird auf einem Rollenband 8 hinweggeführt. Es kann sich hier die Unterteilung in einzelne Grünkörper anschließen, was nicht mehr weiter dargestellt ist. Im Bereich des Rührwerks 5 oder auch der Förderschnecke 6 kann eine Entlüftung der keramischen Masse erfolgen.

[0021] In Figur 2 ist eine etwas abgewandelte Vorrichtung dargestellt. Die keramische Masse aus Roh- und Zuschlagsstoffen in vermischter Form wird einer keramischen Presse 9 zugeführt und durch ein Mundstück 10 ausgetrieben, so daß hier eine gewisse Vorverdichtung der keramischen Masse stattfindet. Über eine Fördereinrichtung 11 wird die keramische Masse einem ersten Walzenpaar, bestehend aus den Walzen 1 und 2, zugeführt und im Walzspalt 3 weiter verdichtet, so daß hier das Band 7 entsteht. Das Band 7 läuft anschließend in eine zweite Walzeinrichtung mit den Walzen 1' und 2' ein und gelangt schließlich anschließend in ein Paar von Formgebungswalzen 12 und 13, durch die das Band 7 in eine Wellenform gebracht wird. Ein Förderer 14 nimmt das gewellte Band 15 auf, welches in einer Stanze 16 in Abschnitte unterteilt wird. Anschließend gelangen die Abschnitte in eine Trocknungseinrichtung 17 und einen Brennofen 18. Bei dieser kontinuierlichen Herstellung entstehen am Ende des Brennofens fertige Formkörper in Wellenform, wie sie beispielsweise als Brennhilfsmittel eingesetzt werden können. Die Verdichtung geschieht hier in drei Stufen, nämlich in der ersten Stufe in der keramischen Presse, in der zweiten Stufe zwischen den Walzen 1 und 2 und in der dritten Stufe zwischen den Walzen 1' und 2'. Das Band kann in seinem Querschnitt stufenweise verringert werden, wobei es schließlich als gewelltes Band 15 eine Wanddicke von 5 mm aufweisen kann.

[0022] Die möglichen Versatzanteile und die zu variierenden Behandlungsschritte und Einzelheiten sind aus den nachfolgenden Beispielen entnehmbar:

Beispiel 1

[0023] Ein feinkörniges Al₂O₃-Pulver in einer Kornfraktion kleiner ein 1 µm wurde mit unterschiedlichen Binderanteilen gemischt. Als Binder wurde Zelluloseäther als 1 %ige Lösung in Wasser eingesetzt. Zusätzlich wurde keine Feuchtigkeit eingebracht. Die so gebildete keramische Masse wurde nach der Mischung in einer einstufigen Anlage, etwa gemäß Figur 1, gewalzt, wobei ein keramisches Band mit einer Breite von 75 mm und einer Dicke von 2 mm entstand. Der Anpreßdruck der Walzen 1, 2 betrug 50 bar. Das so entstandene gewalzte Al₂O₃-Band wurde in Platten von 100 mm Länge unterteilt. Die Platten wurden bei 110°C über eine Dauer von 24 Stunden in einem Trockenofen getrocknet. Anschließend erfolgte das Brennen in einem Brennofen bei 1650°C für zwei Stunden. Damit entstanden Formkörper in Form von Aluminiumoxidplatten mit folgenden Eigenschaften:

Binderanteil (Gew.%)	Feuchtigkeit (Gew.%)	Rohdichte (g/cm ³)	Porosität (%)	Biegefestigkeit (N/mm ²)
2	1,98	3,52	9,6	81,5 + 4,0
7	6,93	3,15	19,0	78,3 + 5,6
10	9,0	2,86	25,5	73,1 + 3,0

[0024] Die Biegefestigkeit wurde im 3-Punkt-Biegeversuch ermittelt. In der beschriebenen Weise wurden Platten erzeugt, die z. B. als Brennhilfsmittel geeignet erscheinen. Man erkennt aus der angegebenen Tabelle, daß mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt die Rohdichte absinkt, die Porosität zunimmt und die Biegefestigkeit geringer wird.

Beispiel 2

[0025] Die keramische Masse wurde aus feinem Al₂O₃-Pulver mit einer Fraktion kleiner 1 µm zusammen mit 10 Gew.% eines pulverförmigen Binders in Form von Zellulosederivat und mit variierenden Feuchtigkeitsmengen hergestellt. Es erfolgte das Walzen zu dünnen Platten mit einer Dicke von etwa 2 mm unter einem Preßdruck von 50 bar. Nach einer ähnlichen Trocknung wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 wurde der Brand bei 1650°C für 2 Stunden durchgeführt. Es ergaben sich Aluminiumoxidplatten mit folgenden Eigenschaften:

5

Wasser-Anteil (Gew.- Anteil)	Rohdichte (g/cm ³)	Porosität (%)	Biegefestigkeit (N/mm ²)(3-Punkt-Biege- versuch)
2	3,12	18,6	58,6 + 3,4
7	3,05	22,9	67,8 + 7,5
10	2,86	25,5	73,1 + 3,0

10

Beispiel 3

15

[0026] Die keramische Masse wurde aus feinem Aluminiumoxid mit einer Kornfraktion kleiner 1 µm und unter Hinzufügung von 5 Gew.% flüssigen Binders einer 1 %igen Lösung von Zelluloseäther in Wasser erstellt. Beim Walzen wurde ein Preßdruck von 50 bar aufgebracht. In einer nachgeschalteten Stanzpresse wurden aus dem kontinuierlichen Band kleine Plättchen mit der Abmessung 20 x 20 x 2 mm gestanzt. Diese wurden bei 100°C in 8 Stunden getrocknet und in einem Elektroofen bei 1650°C 4 Stunden lang dicht gebrannt, so daß eine Porosität von 0 % vorliegt. Solche Formkörper sind geeignet, als Trägerplatten in der Elektroindustrie Anwendung zu finden.

20

Beispiel 4

25

[0027] Ein Zirkonoxid mit einer Kornfraktion kleiner 0,1 mm wurde mit 5 Gew.% flüssigen Binders aus Zelluloseäther als 1 %ige Lösung in Wasser sowie mit 5 Gew.% Graphit mit einer Kornfraktion kleiner 0,1 mm gemischt. Die gemischte keramische Masse wurde mit einem Anpreßdruck von 80 bar gewalzt und anschließend unterteilt. Es entstanden kohlenstoffhaltige Platten mit homogenem Gefüge und einer Porosität von 12,3 %. Die Dicke betrug 8 mm. Die Weiterverarbeitung dieses Materials zu einem Verbundwerkstoff erscheint z. B. für den Einsatz in der Metallurgie geeignet. Man erkennt an diesem Beispiel, daß der Walzdruck erhöht und der Feuchtigkeitsgehalt vergleichsweise niedrig gewählt wurde.

30

Beispiel 5

35

[0028] Es wurde ein Versatz aus SiC mit einem Binder mit 5 Gew.% 1 %iger Zelluloseätherlösung in Wasser gemischt und mit einer Dicke von 5 mm gewalzt. In einer zweiten Walzstufe wurde ein Kohlenstoffnetz auf das Band gelegt und unter einem Preßdruck von 40 bar nochmals gewalzt, so daß das Kohlenstoffgewebe in das Keramikband eingepreßt wurde. Nach einer Trocknung von 8 Stunden bei 100°C erfolgte der Brand in Schutzgasatmosphäre Argon bei 1500°C für 4 Stunden. Die Porosität des Materials betrug 28,5 %. Anstelle der Benutzung von zwei Walzstufen ist es auch möglich, das Kohlenstoffnetz in einem einmaligen Walzvorgang einzufügen.

40

Beispiel 6

45

[0029] Der Walzanlage ist eine Wickelanlage nachgeschaltet, um das gewalzte Keramikband schrägspiralig aufzurollen und auf diese Art und Weise ein Rohr zu formen. Der Versatz wurde ähnlich dem Beispiel 3 gewählt. Das gewickelte Rohr wies einen Innendurchmesser von 150 mm und einen Außendurchmesser von 170 mm auf. Die Verfestigung des Rohres und das Sintern der Ränder geschah nach dem Trocknen bei einem Brand von 1650°C für 10 Stunden.

Bezugszeichenliste:

50

[0030]

- 1 = Walze
- 2 = Walze
- 3 = Walzspalt
- 4 = Einfülltrichter
- 5 = Rührwerk
- 6 = Förderschnecke
- 7 = Band

55

- 8 = Rollenband
- 9 = Presse
- 10 = Mundstück
- 11 = Fördereinrichtung
- 5 12 = Formgebungswalze
- 13 = Formgebungswalze
- 14 = Förderer
- 15 = Band
- 16 = Stanze
- 10 17 = Trocknungseinrichtung
- 18 = Brennofen

Patentansprüche

- 15 1. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung dünnwandiger Formkörper, wie Platten, Bänder, Rohre o. dgl., aus tonfreier keramischer Masse, indem die Roh- und Zuschlagsstoffe für die keramische Masse angefeuchtet und gemischt werden, die gemischte keramische Masse zu einem Grünkörper geformt, ggf. unterteilt, und der Grünkörper durch Trocknen und Brennen zu dem Formkörper gestaltverfestigt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse mit einer Feuchtigkeit von 2 bis 5 Gew.% eingestellt wird und daß die keramische Masse durch
 - 20 einen von zwei gegeneinander angestellten Walzen (1, 2) gebildeten Walzspalt (3) hindurchgeführt und dabei zur gezielten Steuerung des Verdichtungsgrades und der Festigkeitseigenschaften mittels eines wähl- und einstellbaren Anpreßdruckes der Walzen (1, 2) unter Einbringung von Texturen und Beeinflussung des Gefüges verdichtet wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse mittels einer Förderschnecke (6) oder einer Fördereinrichtung (11) dem sich bildenden Walzspalt (3) so zugeführt wird, daß die gewünschte Dicke des Grünkörpers entsteht.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse vor dem Walzen evakuiert wird.
- 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse vor oder bei dem Walzen erwärmt wird.
- 35 5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse vor dem Walzen extrudiert wird.
- 6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die keramische Masse z. B. durch Extrudieren vorverdichtet wird.
- 40 7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Walzen unter Profilierung des Grünkörpers erfolgt.
- 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Grünkörper bei
 - 45 oder nach dem Walzen mäanderförmig verformt wird.
- 9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Walzen karbidische, nitridische oder metallische Pulver mit eingewalzt werden.
- 50 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Walzen keramische Fasern, Kohlenstofffasern, Metallfasern o. dgl. mit eingewalzt werden.
- 11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß direkt nach dem Walzen der Grünkörper ggf. unterteilt, kontinuierlich getrocknet und ggf. kontinuierlich gebrannt wird.
- 55 12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Grünkörper vorzugsweise in mehreren Schichten aufgewickelt wird.

Claims

1. Process for the continuous production of thin-walled articles made from a ceramic material free from clay, examples of such articles being sheet, strips, pipes and the like, in which the raw material and additives for the ceramic material are moistened and mixed, the mixed ceramic material is shaped to give a preform, divided, if desired, and the preform is fixed in shape by drying and firing to give the article, **wherein** the moisture content of the ceramic material is adjusted to 2 - 5 % by weight and the ceramic material is passed through a gap (3) builded up by two rolls (1, 2) placed against each other and thus by the selecting and setting of the pressure of the two rolls (1, 2) is compacted with influencing texture and structure formation in order to control the degree of compaction and the strength properties in the ceramic material.
2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the ceramic material is transported via a conveyor screw (6) or a conveying unit (11) to the builded up gap (3) so that the desired thickness of the preform results.
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the ceramic material is evacuated prior to rolling.
4. Process according to one of Claim 1 to 3, **characterized in that** the ceramic material is heated prior to or during the rolling.
5. Process according to one or more of Claims 1 to 4, **characterized in that** the ceramic material is extruded prior to the rolling.
6. Process according to one or more of Claims 1 to 5, **characterized in that** the ceramic material is precompacted, for example by extrusion.
7. Process according to Claims 1 to 6, **characterized in that** the rolling is carried out with profiling of the preform.
8. Process according to one or more of Claims 1 to 7, **characterized in that** a meander shape is imparted to the preform during or after the rolling.
9. Process according to one or more of Claims 1 to 8, **characterized in that** carbide, nitride or metal powders are introduced during the rolling.
10. Process according to one or more of Claims 1 to 9, **characterized in that** ceramic fibres, carbon fibres, metal fibres and the like are introduced during the rolling.
11. Process according to one or more of Claims 1 to 10, **characterized in that** directly after the rolling the preform is, if desired, divided, dried continuously and, if desired, fired continuously.
12. Process according to one or more of Claims 1 to 11, **characterized in that** the preform is preferably wound up in a plurality of layers.

Revendications

1. Procédé de fabrication en continu de corps façonnés à paroi mince, tels que plaques, bandes, tubes ou similaires, dans une pâte céramique ne contenant pas d'argile, en ce que les matières premières et les additifs pour la pâte céramique sont humidifiés et mélangés, la pâte céramique mélangée est formée en un produit vert, éventuellement subdivisé, et le produit vert est consolidé dans sa forme par séchage et cuisson pour donner le corps façonné, caractérisé en ce que la pâte céramique est réglée sur une humidité de 2 à 5 % en poids, et en ce que la pâte céramique est passée à travers une fente (3) formée par deux rouleaux (1, 2) disposés en regard l'un de l'autre pour être compactée sous la commande appropriée du degré de compactage et des propriétés de densité moyennant une pression d'application des rouleaux (1, 2) qui peut être choisie et réglée, et par insertion de textures et influence sur la structure dans la pâte céramique.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pâte céramique est alimentée à l'aide d'une vis sans fin de transport (6) ou par un dispositif de convoyage (11) dans la fente formée entre les rouleaux de manière que l'épaisseur souhaitée du produit vert soit obtenue.

EP 0 497 151 B2

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il est fait le vide dans la pâte céramique avant le laminage.
- 5 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la pâte céramique est chauffée avant ou pendant le laminage.
5. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la pâte céramique est extrudée avant le laminage.
- 10 6. Procédé selon les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la pâte céramique est précompactée, par exemple par extrudage.
7. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le laminage s'effectue par profilage du produit vert.
- 15 8. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le produit vert est déformé en méandres, pendant ou après le laminage.
9. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que pendant le laminage, des poudres de carbures, de nitrures ou métalliques sont laminées en même temps.
- 20 10. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que pendant le laminage, des fibres céramiques, des fibres de carbone, des fibres métalliques ou similaires sont laminées en même temps.
- 25 11. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que directement après le laminage le produit vert éventuellement subdivisé, est séché en continu et éventuellement cuit en continu.
- 30 12. Procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le produit vert est enroulé, de préférence en plusieurs couches.

35

40

45

50

55

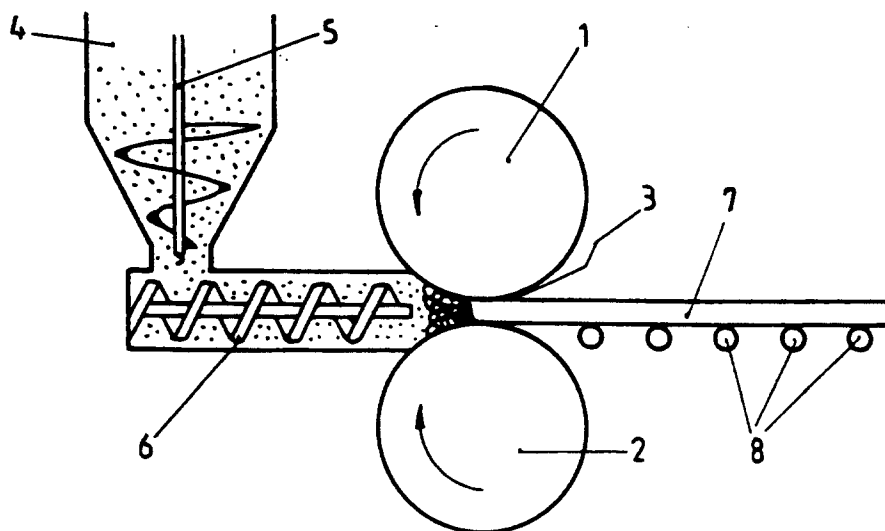


Fig. 1

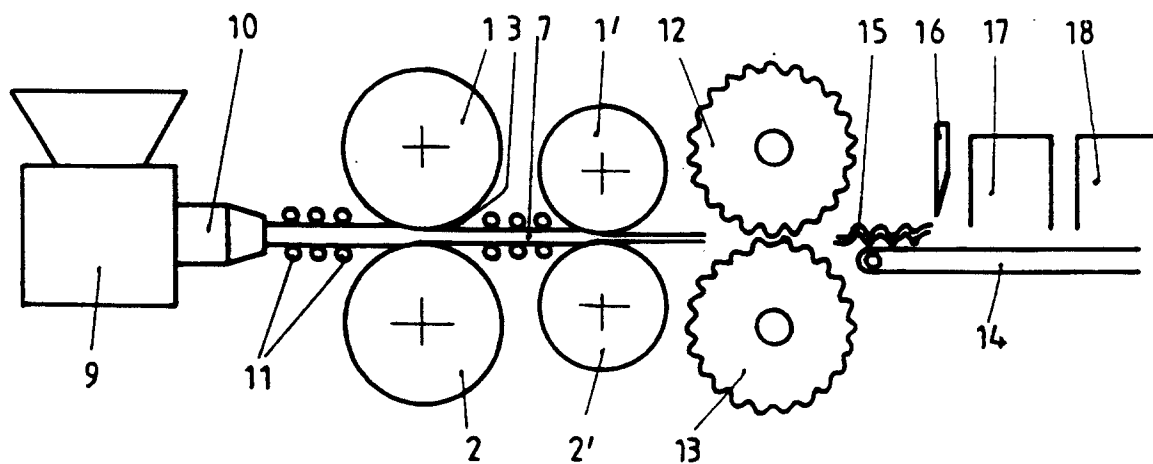


Fig. 2