

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 21 2011 100 010 U1** 2012.04.19

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **21 2011 100 010.1**

(22) Anmeldetag: **18.11.2011**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP2011/070480**

(47) Eintragungstag: **27.02.2012**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **19.04.2012**

(51) Int Cl.: **C04B 33/00** (2012.01)
C04B 35/71 (2012.01)

(30) Unionspriorität:

10290617.9

19.11.2010

EP

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

Haseltine Lake LLP, 80333, München, DE

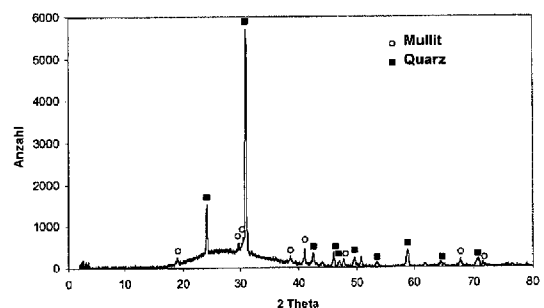
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

IMERYS CERAMICS FRANCE, Paris, FR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrschichtige Keramikstrukturen**

(57) Hauptanspruch: Mehrschichtige Keramikstruktur, wobei die Struktur umfasst oder besteht aus drei Schichten, wobei die drei Schichten umfassen oder bestehen aus einer zwischen zwei äußeren Schichten eingelegten Mittelschicht und wobei die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten.



Beschreibung**GEBIET DER NEUERUNG**

[0001] Die Neuerung betrifft mehrschichtige Keramikstrukturen und mehrschichtige Keramik bildende Strukturen, sowie Verfahren zur Herstellung solcher Strukturen. Die Neuerung betrifft auch die Verwendung der mehrschichtigen Keramikstrukturen in unterschiedlichen Anwendungen, einschließlich in Tafelgeschirr und Sanitärkeramik und zum Beispiel als Fliesen.

STAND DER TECHNIK

[0002] Keramikgegenstände werden in einer Vielzahl Anwendungen verwendet. Keramikgegenstände, z. B. zur Verwendung als Fliesen, Tafelgeschirr oder Sanitärkeramik im Heim oder gewerblich, werden normalerweise aus einer nassen Zusammensetzung mit hohem Feststoffanteil gebildet, die ein Gemisch aus unterschiedlichen partikelförmigen Bestandteilen umfasst, die im Allgemeinen kaolinitische Tonerden beinhalten. Flussmittel wie Kaolin, Feldspat und Nephelinsyenit und mindestens ein siliciumdioxidhaltiges Material wie Quarz oder Flint sind normalerweise auch in solchen Zusammensetzungen enthalten. Die Verhältnisse der unterschiedlichen in der Zusammensetzung verwendeten Bestandteile ändern sich je nach den für den in einem Brennvorgang durch Einwirken von Wärme auf die Keramik bildende Zusammensetzung gebildeten Keramikgegenstand gewünschten Eigenschaften.

[0003] Um sich bei einem Formvorgang zufriedenstellend zu verhalten, ist es erforderlich, dass die Keramik bildende Zusammensetzung ausreichende Plastizität hat, um unter der Einwirkung von Druck-, Zug- und Scherbelastungen zu verfließen und sich zu verformen. Die geformte Zusammensetzung muss auch im ungebrannten oder „Grünkörper“-Zustand ausreichende Stabilität haben, um ein gewisses Maß an Handhabung zu ermöglichen, ohne Verlust seiner Integrität und Form. Nach dem Formvorgang kann der geformte Körper in seinem Grünkörperzustand getrocknet werden, bevor er in einem Brennofen gebrannt wird, um einen Keramikgegenstand der gewünschten Art herzustellen. Glasuren und Verzierungen können in dem Zustand auch aufgetragen werden.

[0004] Viele unterschiedliche Keramikarten können hergestellt werden, so wie feine Töpferware, halbglassiges Chinaporzellan, Porzellan, Knochenporzellan und Steinzeug. Weiße keramische Produkte schließen Steinzeug, Töpferware, Porzellan und Chinaporzellan ein. Traditionell werden weiße Keramiken aus einem Gemisch aus Tonmineralien, Feldspaten (zum Beispiel Natrium- und/oder Kaliumfeldspate) und Quarz hergestellt. Zusätzlich können nachrangige Bestandteile vorliegen, wie Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Calcium-Magnesiumcarbonat, Nephelinsyenit und Calciumphosphat. Beim Brennen reagieren diese Werkstoffe, um eine flüssige Phase zu bilden, die für die Verdichtung des Materials verantwortlich ist. Gleichzeitig wird das kristallphasige Mullit gebildet, von dem angenommen wird, dass es als Träger agiert. Die endgültige Mikrostruktur umfasst normalerweise in einer glasigen Silicatmatrix eingebettete nadelförmige Mullitkristalle. Nicht vollständig gelöste Quarzpartikel können übrig bleiben.

[0005] Es besteht eine Anzahl Herausforderungen bei der Herstellung und nachfolgenden Verwendung von dünnen Keramikstrukturen, wie Fliesen. Diese Herausforderungen betreffen Aspekte der Verarbeitung und der geringen mechanischen Stärke der erhaltenen hergestellten dünnen Körper. Die bestehenden Schwierigkeiten betreffen auch die Bildung von dünnen Grünkörpern mit zufriedenstellender Grünlingsstärke. Es ist schwierig, homogene Zusammensetzungen herzustellen, die ausreichend fehlerfrei sind in dem Ausmaß, dass die endgültigen mechanischen Eigenschaften des Keramikgegenstands im Wesentlichen nicht beeinträchtigt werden, insbesondere, wenn die gebildeten Gegenstände sehr dünn sind. Es gibt weitere Herausforderungen im Zusammenhang mit der Bearbeitung beim Brennvorgang. Beim Brennvorgang soll das Material eine flüssige Phase bilden mit einer Viskosität, die niedrig genug ist, um eine Verdichtung zu ermöglichen, und um die fast vollständige Beseitigung der offenen Porosität zu ermöglichen, während gleichzeitig die Form so weit wie möglich erhalten bleibt. Viele Versuche, diese Probleme anzugehen, sind bereits unternommen worden, mit unterschiedlichem Erfolg. Es verbleibt weiterhin ein Bedarf an keramischen Strukturen, insbesondere dünnen keramischen Strukturen, mit verbesserten mechanischen Eigenschaften wie verbesserter Biegefestigkeit. Eine Aufgabe der vorliegenden Neuerung ist es, keramische Strukturen und Keramik bildende Strukturen bereitzustellen (einschließlich Grünlingsformgegenstände), insbesondere dünne Strukturen, mit verbesserten mechanischen Eigenschaften wie verbesserter Biegefestigkeit.

KURZBESCHREIBUNG DER NEUERUNG

[0006] Die vorliegende Neuerung beruht auf dem Befund, dass Keramikgegenstände mit verbesserten mechanischen Eigenschaften erhalten werden können durch Bereitstellen von mehrschichtigen Keramikstrukturen, umfassend mindestens, oder bestehend aus, drei Schichten. Die drei Schichten umfassen, oder bestehen aus, einer zwischen zwei äußeren Keramiksichten eingelegten Keramiksicht, wobei die beiden äußeren Keramiksichten einen geringeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten (TEC) haben, als die eingelegte Mittelschicht. Die Mittel-(oder Innen-)schicht hat einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten, als jede der beiden äußeren Schichten. Bevorzugt ist der thermische Ausdehnungskoeffizient der beiden äußeren Schichten der gleiche. Diese Anordnung stellt eine Struktur bereit mit verbesserten mechanischen Eigenschaften gegenüber jeder einzelnen Schicht. Bevorzugt können die Schichten Weißkeramiksichten sein. Weiße Keramik wird aus natürlichen Rohstoffen gebildet, wobei der größte Bestandteil Ton oder Feldspat ist. Geeignete Beispiele weißer Keramik sind Porzellan, Steinzeug, Chinaporzellan und Töpferware. Die Schichten können daher ausgewählt sein aus Porzellan, Chinaporzellan, Steinzeug und Töpferware. Insbesondere können die Schichten ausgewählt werden aus Porzellan, Chinaporzellan und Steinzeug. Porzellan, Chinaporzellan und Steinzeug bestehen im Wesentlichen aus einer Mischung aus Tonmineral(ien), Feldspat(en) und Quarz. Töpferware besteht im Wesentlichen aus Tonmineralien. Töpferware kann auch ein oder mehrere Feldspate und/oder feldspathaltige Mineralien oder Mineralien umfassen. Ein oder mehrere Calciumcarbonat-Mineralien können auch in der Töpferware vorliegen.

[0007] Demgemäß, in einem Aspekt der vorliegenden Neuerung, wird eine mehrschichtige keramische Struktur bereitgestellt, wobei die Struktur mindestens drei Schichten umfasst, oder daraus besteht, wobei die drei Schichten eine zwischen zwei äußeren Schichten eingelegte Mittelschicht umfassen oder daraus bestehen, und wobei die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten.

[0008] Die Schichten können Weißkeramiksichten sein. Die Schichten können unabhängig voneinander ausgewählt sein aus Porzellan, Chinaporzellan, Steinzeug oder Töpferware. Insbesondere können die Schichten unabhängig voneinander ausgewählt werden aus Porzellan, Chinaporzellan und Steinzeug. Jede der Schichten kann aus der gleichen Keramikart ausgewählt sein. Zum Beispiel kann jede der Schichten Porzellan, Chinaporzellan, Steinzeug oder Töpferware sein. Zum Beispiel kann jede der Schichten Porzellan, Chinaporzellan oder Steinzeug sein.

[0009] Demgemäß, in einem Aspekt der vorliegenden Neuerung, wird eine mehrschichtige keramische Struktur bereitgestellt, wobei die Struktur mindestens drei Schichten umfasst, oder daraus besteht, wobei die drei Schichten aus einer zwischen zwei äußeren Schichten eingelegten Mittelschicht umfassen oder daraus bestehen, und wobei die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten, wobei die Schichten Weißkeramiksichten sind. Weiter wird bereitgestellt eine mehrschichtige Keramikstruktur, wobei die Struktur mindestens drei Schichten umfasst oder daraus besteht, wobei die drei Schichten eine zwischen zwei äußeren Schichten eingelegte Mittelschicht umfassen, oder daraus bestehen, wobei die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten, wobei die Schichten Porzellan-Keramiksichten sind oder Chinaporzellan-Keramiksichten oder Steinzeug-Keramiksichten oder Töpferware-Keramiksichten. Insbesondere können die Schichten Porzellan-Keramiksichten sein oder Chinaporzellan-Keramiksichten oder Steinzeug-Keramiksichten.

[0010] Die mehrschichtige Keramikstruktur kann gebildet werden aus oder wird gebildet aus einer mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur. In einem weiteren Aspekt wird eine mehrschichtige Keramik bildende Struktur bereitgestellt für die Herstellung einer mehrschichtigen Keramikstruktur gemäß den unterschiedlichen Aspekten der Neuerung. Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur kann hier als mehrschichtige Grünlingsstruktur bezeichnet werden. Die Schichten, welche die mehrschichtige Keramik bildende Struktur bilden, können hier als Vorläuferschichten bezeichnet werden.

[0011] Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur kann hier auch als mehrschichtige Keramik bildende Papierstruktur bezeichnet werden. Zum Beispiel kann die mehrschichtige Keramik bildende Struktur in der Form eines papierartigen Blattmaterials sein, welches Mengen organische und/oder mineralische Fasern enthält. Das organische Fasermaterial kann brennbares Material sein. Daher kann die mehrschichtige Keramik bildende Struktur wahlweise brennbares Material enthalten. Das brennbare Material kann Fasermaterial enthalten, zum Beispiel organische Fasern. Beispiele geeigneter Fasern umfassen cellulosehaltige Fasern, zum Beispiel Holzpulpe. Beim Brennen der mehrschichtigen Keramik bildenden Papierstruktur werden die organi-

schen Fasern ausgebrannt und sind nicht mehr in der fertigen mehrschichtigen Keramikstruktur vorhanden. Die mehrschichtigen Keramik bildenden Papierstrukturen können verwendet werden, um nach dem Brennen eine Auswahl an Formen bereitzustellen.

[0012] Gemäß einem weiteren Aspekt stellt die vorliegende Neuerung ein Herstellungsverfahren für eine mehrschichtige Keramik bildende Struktur bereit, umfassend
Einlegen einer Keramik bildenden Schicht zwischen zwei Keramik bildende Schichten, um eine dreischichtige Struktur zu bilden, umfassend oder bestehend aus inneren und äußeren Keramik bildenden Schichten;
Anwenden von Druck auf die dreischichtige Struktur;
wobei beim Brennen zum Bilden einer mehrschichtigen Keramikstruktur die Innenschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hätte, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten.

[0013] Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur kann gebrannt werden, um eine mehrschichtige Keramikstruktur zu bilden. Vor dem Brennen kann die mehrschichtige Keramik bildende Struktur getrocknet und/oder verformt werden.

[0014] Die Arten von Strukturen oder Gegenständen, die hergestellt werden können, umfassen: Fliesen, zum Beispiel Boden- und Wandfliesen; Tischgeschirr; Sanitärkeramik; Kunstkeramik; künstliche Schiefer und weitere Keramikprodukte wie technische Keramiken, zum Beispiel elektrische Isolatoren; chemisch resistente Keramiken und wärmeschockfeste Keramiken.

[0015] Die gemäß der vorliegenden Neuerung hergestellten mehrschichtigen Keramikstrukturen können normalerweise eine bestimmte Menge Glasphase umfassen. Die mehrschichtige Keramikstruktur kann auch eine niedrige Wasseraufnahme haben. Zum Beispiel kann die Wasseraufnahme der mehrschichtigen keramischen Struktur 3% oder weniger sein. Die vorliegende Neuerung bietet hochfeste Keramikkörper mit sehr niedriger Rohdichte und sehr niedriger offener Porosität. Zum Beispiel kann die Biegefestigkeit der mehrschichtigen keramischen Strukturen um bis zu etwa 200% erhöht werden gegenüber Werkstoffen, welche die Mittelschicht alleine bilden. Zum Beispiel können bevorzugt hochfeste Körper erhalten werden mit einer Biegefestigkeit von mindestens etwa 80 MPa, zum Beispiel mindestens etwa 100 MPa, zum Beispiel mindestens etwa 140 MPa oder mindestens etwa 150 MPa, oder mindestens etwa 200 MPa. Zudem können hochfeste Körper mit einer Biegefestigkeit von etwa 80 MPa bis etwa 150 MPa oder etwa 200 MPa erhalten werden, zum Beispiel etwa 100 MPa bis etwa 150 MPa oder etwa 200 MPa, etwa 115 MPa bis etwa 150 MPa oder etwa 200 MPa erhalten werden. Die Verbesserungen in Biegefestigkeit können erhalten werden, ohne dass eine Erhöhung oder eine wesentliche Erhöhung der Rohdichte erfolgt. Zum Beispiel kann die Rohdichte der mehrschichtigen keramischen Struktur etwa $2,6 \text{ g/cm}^3$ oder weniger sein, zum Beispiel kann die Rohdichte etwa $2,1 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $2,6 \text{ g/cm}^3$ sein, zum Beispiel etwa $2,3 \text{ g/cm}^3$. Die Wasseraufnahme der mehrschichtigen keramischen Struktur kann geringer oder gleich etwa 3% sein, zum Beispiel weniger als etwa 0,5%. Bei Töpferwarenstrukturen kann die Wasseraufnahme größer als etwa 3% sein. Die Verfahren zum Messen der Biegefestigkeit, Rohdichte und Wasseraufnahme sind im Beispielabschnitt unter „Testverfahren“ beschrieben.

[0016] Diese Kombination aus verbesserten Eigenschaften ermöglicht die Herstellung dünnerer keramischer Strukturen oder -gegenstände ohne deren Stärke wesentlich zu beeinträchtigen. Die Dicke der mehrschichtigen keramischen Struktur kann etwa 10 mm oder weniger sein, zum Beispiel etwa 5 mm oder weniger, zum Beispiel etwa 3 mm oder weniger oder etwa 2 mm oder weniger. Die Dicke der mehrschichtigen keramischen Struktur kann mindestens etwa 1 mm sein. Dicke der mehrschichtigen keramischen Struktur kann etwa 1 mm bis etwa 10 mm sein, zum Beispiel etwa 1 mm bis etwa 5 mm, zum Beispiel etwa 1 mm bis etwa 3 mm. Das bedeutet, dass wesentlich weniger Material verwendet werden kann, was in sich wirtschaftliche und ökologische Vorteile mit sich bringt, durch die Verwendung von weniger Rohstoff, geringerem Energieverbrauch und niedrigeren Transportkosten.

[0017] Ohne an eine Theorie gebunden sein zu wollen, wird angenommen, dass die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, insbesondere der Biegefestigkeit der mehrschichtigen keramischen Struktur Druckbelastungen zugeordnet werden kann, die in die beiden äußeren Schichten eingeführt werden durch den Unterschied der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen der Mittel-(d. h. Innenschicht und den äußeren Schichten. Diese Druckbelastungen haben die Fähigkeit, die Auswirkung der Oberflächenfehler abzumildern, welche die Biegefestigkeit des Werkstoffs abschwächen, und eine Spannungsschranke zu bilden, welche übertroffen werden muss, um den Bruch des Materials zu verursachen.

EINGEHENDE BESCHREIBUNG DER NEUERUNG

Mehrschichtige Keramik bildende Struktur

[0018] Die mehrschichtige Keramikstruktur wird gebildet aus einer mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur oder einer mehrschichtigen Grünlingsstruktur. Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur umfasst oder besteht aus drei Schichten. Die Formulierungen der Schichten beim Brennen zum Bilden der mehrschichtigen keramischen Struktur bieten eine zwischen zwei äußeren Keramiksichten eingelegte Keramiksicht, wobei die beiden äußeren Schichten einen niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten (TEC) haben, als die eingelegte Mittel-(oder Innen-)schicht. Die Innenschicht hat einen höheren TEC als jede der beiden äußeren Schichten.

[0019] Die Schichten der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur können natürliche Rohstoffe umfassen, wie natürliche Silicate, Carbonate, Oxyde und Hydrate. Geeignete Quellen natürlicher Silicate schließen ein eines oder mehrere aus Kaolin, Metakaolin, Feldspate, Pegmatit, Nephelinsyenit, Lithiumspate (oder Lithiummineralien), Quarz, Andalusit, Kyanit, Sillimanit.

[0020] Alle Tonarten sind geeignet zur Verwendung in der Herstellung jeder der Schichten. Zum Beispiel kann eines oder mehrere aus Kaolin, Töpferton, Feuerfeston, Smektiton, Illitton vorliegen, einschließlich deren Gemische. Der Ton kann kalziniert sein oder auch nicht. Geeignete Feldspate können ausgewählt sein aus einem oder mehreren aus Natriumfeldspat, Kaliumfeldspat, Calciumfeldspat, Natrium-Calciumfeldspat, Natrium-Kaliumfeldspat und deren Gemischen. Geeignete Lithiumspate oder Lithiummineralien umfassen eines oder mehr aus Spodumen, Petalit, Lepidolith, Bikitait und deren Gemische.

[0021] Die Rohstoffe, z. B. Ton, zur Verwendung in der Herstellung der Keramik bildenden Schicht oder Schichten können durch schonendes Zerkleinern, z. B. Zerreiben oder Zermahlen (z. B. in einer Kugelmühle) eines groben Rohstoffs, z. B. Kaolin, hergestellt werden, um eine geeignete Delamination davon zu erhalten. Das Zerkleinern kann mit der Verwendung einer Zerkleinerungs- oder Zermahlungshilfe aus Kügelchen oder Zylindern aus einer Keramik, z. B. Aluminiumoxyd, erfolgen. Weitere Keramikmedien, zum Beispiel Zirkonoxyd oder Siliciumoxyd, können auch verwendet werden. Der grobe Rohstoff kann mit bekannten Verfahren veredelt werden, um Verunreinigungen zu entfernen und physikalische Eigenschaften zu verbessern. Das gemahlene Material kann mit einem bekannten Verfahren zur Korngrößeneinteilung behandelt werden, z. B. Aussortieren und/oder Zentrifugieren, um Körner mit dem gewünschten d_{50} -Wert zu erhalten.

[0022] Das Material oder Materialgemisch zur Verwendung in der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur kann einen d_{50} -Wert von etwa 1 μm bis etwa 6 μm oder weniger als 6 μm haben. Die Korngrößenverteilung des Materials oder der Materialien zur Verwendung in der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur kann weniger als etwa 30 μm sein, zum Beispiel weniger als etwa 20 μm . Das Material oder die Materialien zur Verwendung in der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur kann daher keine oder im Wesentlichen keine Körner enthalten mit einem Korndurchmesser von etwa 30 μm oder mehr, oder, zum Beispiel, keine oder im Wesentlichen keine Körner mit einem Korndurchmesser von 20 μm oder mehr.

[0023] Der mittlere äquivalente Korndurchmesser (d_{50} -Wert) und weitere hierin beschriebene Korngrößeneigenschaften werden mit Laser-Korngrößenanalyse mit einer CILAS-Technik gemessen. Die (CILAS-)Messungen verwenden eine Korngrößenmessung, bestimmt durch Laserlicht-Korngrößenanalyse von einem Horiba Partica Laserstreuungs-Korngrößenverteilungsmessgerät LA-950V2. Bei dieser Technik kann die Größe von Körnern in Pulvern, Suspensionen und Emulsionen gemessen werden durch die Streuung von Laserstrahlen, auf der Basis der Anwendung der Fraunhofertheorie. Der hierin verwendete Begriff d_{50} (CILAS) ist der so bestimmte Wert des Korndurchmessers, bei welchem 50 Vol.-% der Körner einen Durchmesser geringer als den d_{50} -Wert haben. Die bevorzugte Probenformulierung zur Messung der Korngrößen ist in einer Flüssigkeit. Materialproben wurden mit Hilfe einer mit der Horiba-Apparatur ausgestatteten Ultraschallvorrichtung in Wasser dispergiert.

[0024] Jede Keramik bildende Schicht kann umfassen, bestehen aus oder im Wesentlichen bestehen aus Bestandteilen in den folgenden Bereichen:

Ton: von etwa 3 bis etwa 60 Gew.-%, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-%;

Feldspat: von etwa 10 bis etwa 70 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-%;

Pegmatit: von etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-%;

Lithiumspat: von 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-%; zum Beispiel etwa 10 bis etwa 40 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 bis etwa 40 Gew.-%; (die Innenschicht umfasst bevorzugt 0 Gew.-% Lithiumspat);
 Nephelinsyenit: von 0 bis etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Wollastonit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Quarz: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel 0 bis etwa 20 Gew.-%; zum Beispiel etwa 5 bis etwa 20 Gew.-%; oder weniger als etwa 15 Gew.-%;
 Metakaolin: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Andalusit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Andalusit);
 Kyanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Kyanit);
 Sillimanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Sillimanit);
 Carbonate (zum Beispiel eines oder mehrere aus Lithiumcarbonat, Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Bariumcarbonat): von 0 bis etwa 10 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%;
 Oxyde (zum Beispiel eines oder mehrere aus Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO , SnO , B_2O_3): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 bis etwa 10 Gew.-%; zum Beispiel etwa 1 bis etwa 10 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Al_2O_3 , ZrO_2);
 Hydrate (zum Beispiel eines oder mehrere aus $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 bis etwa 10 Gew.-%; zum Beispiel etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% $\text{Al}(\text{OH})_3$).

[0025] Die die hierin beschriebenen Werte in Gew.-% für die unterschiedlichen Formulierungen sind aus dem Gesamtgewicht der trockenen Formulierung berechnet.

[0026] Demgemäß wird in einem weiteren Aspekt der vorliegenden Neuerung eine mehrschichtige Keramik bildende Struktur bereitgestellt, wobei die Struktur eine zwischen zwei äußeren Schichten eingelegte Innenschicht umfasst, und wobei jede Schicht umfasst, besteht aus oder im Wesentlichen besteht aus Bestandteilen in den folgenden Bereichen:

Ton: von etwa 3 bis etwa 60 Gew.-%, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-%;
 Feldspat: von etwa 10 bis etwa 70 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-%;
 Pegmatit: von etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-%;
 Lithiumspat: von etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-%; zum Beispiel etwa 10 bis etwa 40 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 bis etwa 40 Gew.-%; (die Innenschicht umfasst bevorzugt 0 Gew.-% Lithiumspat);
 Nephelinsyenit: von 0 bis etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Wollastonit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Quarz: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel 0 bis etwa 20 Gew.-%; zum Beispiel etwa 5 bis etwa 20 Gew.-%; oder weniger als etwa 15 Gew.-%;
 Metakaolin: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;
 Andalusit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Andalusit);
 Kyanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Kyanit);
 Sillimanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Sillimanit);
 Carbonate (zum Beispiel eines oder mehrere aus Lithiumcarbonat, Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Bariumcarbonat): von 0 bis etwa 10 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%;
 Oxyde (zum Beispiel eines oder mehrere aus Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO , SnO , B_2O_3): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 bis etwa 10 Gew.-%; zum Beispiel etwa 1 bis etwa 10 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% Al_2O_3 , ZrO_2);
 Hydrate (zum Beispiel eines oder mehrere aus $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 bis etwa 10 Gew.-%; zum Beispiel etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%; (die äußeren Schichten umfassen bevorzugt 0 Gew.-% $\text{Al}(\text{OH})_3$).

[0027] Nach dem Brennen zum Bilden einer mehrschichtigen Keramikstruktur stellen die Schichten eine Mittelschicht bereit mit einem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der höher ist, als jeder der beiden äußeren Schichten.

[0028] Bevorzugt kann die Innenschicht der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur vor der Bildung der mehrschichtigen Keramikstruktur umfassen: etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate. Die Innenschicht kann auch Ton umfassen. Der eine oder mehrere Feldspate können Natrium-Kaliumfeldspat sein. Der Feldspat kann ein Gemisch aus Feldspaten sein, zum Beispiel kann ein Gemisch aus unterschiedlichen Natrium-Kaliumfeldspaten vorliegen, oder das Gemisch aus Feldspaten kann ausgewählt sein aus einer Kombination aus Natrium-, Kalium-, Calcium-, Natrium-Kalium-, Natrium-Calciumfeldspaten. Die vorliegende Menge Ton kann etwa 3 bis etwa 60 Gew.-% sein, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-%. Bevorzugt kann die Innenschicht 0 Gew.-% Lithiumspat umfassen. Es können Spuren Lithiumspat, zum Beispiel 1 Gew.-% oder weniger, in der Innenschicht sein.

[0029] Bevorzugt kann jede der äußeren Schichten der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur vor der Bildung der mehrschichtigen Keramikstruktur umfassen: etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate. Die äußeren Schichten können auch Ton umfassen. Der eine oder mehrere Feldspate können ein Natrium-Kaliumfeldspat sein, ein Kaliumfeldspat, ein Calcium-Natriumfeldspat oder ein Natriumfeldspat, einschließlich deren Gemische. Der Feldspat kann ein Gemisch aus Feldspaten sein oder ein einzelner Feldspat. Die vorliegende Tonmenge kann etwa 3 bis etwa 60 Gew.-% sein, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-%. Die äußeren Schichten können auch ein oder mehrere Lithiumspate umfassen. Die Menge eines oder mehrerer Lithiumspate kann etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-% sein, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 40 Gew.-%. Der eine oder mehrere Lithiumspate (oder Lithiumminerale) kann ausgewählt sein aus Spodumen, Petalit, Lepidolith, Bikitait und deren Gemischen. Bevorzugt haben die äußeren Schichten die gleiche, oder im Wesentlichen die gleiche Zusammensetzung.

[0030] Demgemäß stellt die vorliegende Neuerung in einem weiteren Aspekt eine mehrschichtige Keramik bildende Struktur bereit, wobei die Struktur mindestens drei Schichten umfasst, oder aus drei Schichten besteht, wobei die Struktur eine zwischen zwei äußeren Schichten eingelegte Innenschicht umfasst, und wobei die Innenschicht umfasst, besteht aus oder im Wesentlichen besteht aus:

Etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, und etwa 3 bis etwa 60 Gew.-% Ton, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-% Ton, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-% Ton;

und wobei jede der äußeren Schichten umfasst, besteht aus oder im Wesentlichen besteht aus:

Etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, etwa 3 bis etwa 50 Gew.-% Ton, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-% Ton, und ein oder mehrere Lithiumspate, zum Beispiel von etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 50 Gew.-% eines oder mehrerer Lithiumspate, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 40 Gew.-% eines oder mehrerer Lithiumspate, zum Beispiel etwa 20 oder etwa 25 bis etwa 40 Gew.-% eines oder mehrerer Lithiumspate.

[0031] Nach dem Brennen zum Bilden der mehrschichtigen Keramikstruktur hat die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten.

[0032] Wahlweise kann die mehrschichtige Keramik bildende Struktur zudem brennbares Material umfassen. Das brennbare Material kann faseriges Material umfassen, zum Beispiel organische Fasern. Beispiele geeigneter Fasern schließen cellulosehaltige Fasern ein, zum Beispiel Holzpulpe.

[0033] Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur kann gebildet werden durch Kombinieren von mindestens drei Schichten. Die Schichten können zusammengepresst werden. Ein geeigneter Druck zum Ausüben auf die Schichten zum Bilden der mehrschichtigen Struktur kann mindestens etwa 5 MPa sein, zum Beispiel mindestens etwa 20 MPa, zum Beispiel mindestens etwa 50 MPa. Zum Beispiel kann der Druck etwa 5 MPa bis etwa 50 MPa sein, zum Beispiel etwa 20 MPa bis etwa 50 MPa, oder etwa 25 MPa bis etwa 45 MPa. Der Druck kann in einer geeigneten Form ausgeübt werden, zum Beispiel einer Edelstahlform. Der Druck kann während mindestens etwa 5 Sekunden ausgeübt werden. Das Verhältnis der Dicke der Innenschicht gegenüber der Gesamtdicke der drei Schichten kann etwa 0,4 bis etwa 0,9 sein, zum Beispiel etwa 0,6. Dieses Verhältnis kann unmittelbar nach dem Verpressen oder vor dem Brennen zum Bilden der mehrschichtigen Keramikstruktur gemessen werden.

[0034] Nachdem die mehrschichtige Keramik bildende Struktur gebildet worden ist, kann sie zum Bilden der mehrschichtigen Keramikstruktur erhitzt werden. Die mehrschichtige Keramik bildende Struktur kann in einen Schmelzofen oder einen Brennofen eingestellt werden. Der Schmelzofen kann ein Elektro- oder Gasschmelzofen sein. Der Brennofen kann ein Elektro- oder Gasbrennofen sein. Der Schmelzofen oder Brennofen kann

mit irgendeinem geeigneten Brennstoff geheizt werden. Die Atmosphäre im Schmelzofen oder Brennofen kann Luft sein. Die Atmosphäre im Brennofen kann eine reduzierende Atmosphäre oder eine neutrale Atmosphäre oder eine oxydierende Atmosphäre sein. Zum Beispiel, ist die Atmosphäre Luft, können die Bedingungen so angepasst werden, dass unterschiedliche Grade Reduktions- oder Oxydationsbedingungen entstehen. Die Temperaturerhöhung im Schmelzofen oder Brennofen kann etwa 1°C/min bis etwa 50°C/min von Zimmertemperatur auf die Haltetemperatur sein. Die Haltetemperatur kann etwa 1000°C bis etwa 1400°C sein. Die Struktur kann während einer geeigneten Zeit im Brennofen oder Schmelzofen verbleiben, in einem thermischen Zyklus von zum Beispiel etwa 30 Minuten bis etwa 24 Stunden. Nach dem Brennen kann die mehrschichtige Keramikstruktur gekühlt werden, bis die mehrschichtige Struktur Zimmertemperatur erreicht. Die Struktur kann frei, also ohne weitere Kühlmittel, abkühlen gelassen werden.

[0035] Bevorzugt können die äußeren Schichten im gleichen thermischen Zyklus verdichtet werden, als die Verdichtung der Innenschicht erfolgt. Wahlweise können die äußeren Schichten zum Ende des Brennens hin teilweise kristallisieren, nachdem die Porosität verringert oder entfernt worden ist. Die kristallinen Phasen in den äußeren Schichten können lithium- und magnesiumhaltige Kristalle umfassen, geeignete Beispiele schließen ein Petalit und Spodumen (zum Beispiel β -Spodumen). Die kristallinen Phasen können auch Quarzreste und Mullit enthalten. Die Bildung von kristallinen Phasen beim Brennen kann den Grad der Verformung verringern.

Mehrschichtige Keramikstruktur

[0036] Die mehrschichtige Keramikstruktur gemäß der Neuerung umfasst oder besteht aus drei Schichten, wobei die drei Schichten umfassen oder bestehen aus einer zwischen zwei äußeren Keramiksichten eingelegten Keramiksicht mit einem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten (TEC), wobei jede der beiden äußeren Schichten einen niedrigeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, als die eingelegte Innenschicht. Normalerweise ist der thermische Ausdehnungskoeffizient der beiden äußeren Schichten gleich. Die Erfinder haben herausgefunden, dass dadurch, dass der Wert des TEC von jeder der beiden äußeren Schichten gleich ist, die mehrschichtige Keramikstruktur sich beim Abkühlen nach der Bildung aus der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur nicht verformt. Diese Anordnung stellt eine Struktur bereit, welche verbesserte mechanische Eigenschaften hat, verglichen mit jeder Schicht einzeln. Der thermische Ausdehnungskoeffizient wird mit dem bekannten dilatometrischen Verfahren gemessen, bei welchem gebrannte Proben mit einer bestimmten Aufheizgeschwindigkeit in einem dilatometrischen Ofen erhitzt werden und die Länge während der gesamten Dauer der Hitzebehandlung gemessen wird. Während die Länge der Probe gemessen wird, misst ein so nahe wie möglich (aber ohne sie zu berühren) an der Probe angeordneter Wärmefühler gleichzeitig die Temperatur. Die Ausdehnung der Probe wird als Funktion der Temperatur bestimmt, und der thermische Ausdehnungskoeffizient kann in dem gewünschten Temperaturbereich berechnet werden. Der thermische Ausdehnungskoeffizient jeder Schicht wird einzeln in einem Netzsch Dil 402 CD-Dilatometer mit Stangen der Größe 40 mm × 4 mm × 4 mm (Länge × Breite × Dicke) in einer normalen Atmosphäre (Luft) ohne Gasfluss, zwischen 25°C und 800°C bei einer Aufheizgeschwindigkeit von 5°C/min gemessen.

[0037] Das fertige aus der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur gebildete Produkt kann eine mehrschichtige glasartige, halbglassartige oder kristalline Struktur sein. Die Schichten der mehrschichtigen Keramikstruktur können in einer glasartigen Matrix eingebettete Kristalle umfassen. Die Schichten können teilweise kristallin sein oder im Wesentlichen vollkristallin, zum Beispiel bis zu etwa 98 Gew.-% kristallin. Die Glasphase der Schichten kann zum Ende des Brennvorgangs hin kristallisieren und teilweise kristalline oder im Wesentlichen vollkristalline Schichten bilden. Der Kristallinitätsgrad und Art der kristallinen Phasen der Innenschicht, verglichen mit den äußeren Schichten, kann der gleiche (oder im Wesentlichen der gleiche) sein oder unterschiedlich sein. Um die mechanischen Eigenschaften und den TEC der Innenschicht zu verbessern, können eine oder mehrere kristalline Phasen in die Innenschicht eingeführt werden. Die kristalline Phase oder Phasen könne durch Verwendung von geeigneten natürlichen Rohstoffen wie Andalusit mit seinen Polymorphen Kyanit und Sillimanit eingeführt werden.

[0038] Die Mittel- oder Innenschicht der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur ist so gestaltet, dass sie nach dem Brennen eine Schicht mit einem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten (TEC), als jede der beiden äußeren Schichten, zwischen denen sie eingebettet ist, bildet. Zum Beispiel kann der TEC der Innenschicht etwa $3,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ bis etwa $9,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ sein, zum Beispiel etwa $6,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ bis etwa $9,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

[0039] Zum Beispiel kann der TEC jeder der äußeren Schichten etwa $1,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ bis etwa $8,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ sein, zum Beispiel etwa $3,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ bis etwa $8,0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Die Formulierungen der äußeren Schichten der nach dem Brennvorgang gebildeten mehrschichtigen Keramikstruktur haben jeweils einen niedrigeren thermischen

Ausdehnungskoeffizienten, verglichen mit der Innenschicht. Bevorzugt haben die beiden äußeren Schichten den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

[0040] Die Wasseraufnahme der mehrschichtigen Keramikstruktur kann weniger als etwa 3% betragen, zu Beispiel weniger als etwa 0,5% oder weniger als etwa 0,1%. Zum Beispiel kann die Wasseraufnahme etwa 0,1% bis weniger als etwa 3% sein oder etwa 0,1% bis weniger als etwa 0,5%.

[0041] Nach dem Brennen der mehrschichtigen Keramik bildenden Struktur zum Bilden der mehrschichtigen Keramikstruktur können die in den Schichten vorliegenden Phasen, unabhängig für jede Schicht ausgewählt, eines oder mehrere und jede Kombination aus Quarz, Mullit, Feldspat, LAS (Lithium-Aluminiumsilicat), Spodumen (zum Beispiel β -Spodumen), Petalit sein.

[0042] Die mehrschichtige Keramikstruktur kann bis zu etwa 98 Gew.-%, zum Beispiel bis zu etwa 90 Gew.-% kristalline Phase umfassen. Die Struktur kann mindestens etwa 10 Gew.-% kristalline Phase umfassen, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% oder mindestens etwa 30 Gew.-% oder mindestens etwa 40 Gew.-% oder mindestens etwa 50 Gew.-% oder mindestens etwa 60 Gew.-% kristalline Phase. Zum Beispiel kann die Struktur etwa 10 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-% oder etwa 20 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% kristalline Phase.

[0043] Die mehrschichtige Keramikstruktur kann auch eine Glasphase umfassen, zum Beispiel bis zu etwa 90 Gew.-% Glasphase oder etwa 50 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-%.

[0044] Die Innenschicht der gebrannten mehrschichtigen Struktur kann bestehen aus, im Wesentlichen bestehen aus oder umfassen die folgenden:

Quarz: bis zu etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 2 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%; weniger als etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel weniger als etwa 20 Gew.-%;

Mullit: bis zu etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 2 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%, 0 Gew.-% oder etwa 2 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-%;

Andalusit: bis zu etwa 30 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-%;

Kyanit: bis zu etwa 30 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-%;

Sillimanit: bis zu etwa 30 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 30 Gew.-%.

[0045] Die in der Innenschicht vorliegende Menge Feldspat kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0046] Die in der Innenschicht vorliegende Menge Nephelinsyenit kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0047] Die in der Innenschicht vorliegende Menge Wollastonit kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0048] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende menge Andalusit kann 0 Gew.-% sein.

[0049] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende menge Kyanit kann 0 Gew.-% sein.

[0050] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Sillimanit kann 0 Gew.-% sein.

[0051] Die Innenschicht kann auch eine Glasphase umfassen, zum Beispiel bis zu etwa 90 Gew.-% Glasphase, zum Beispiel etwa 50 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-%. Die Menge Glasphase kann etwa 2 Gew.-% oder mehr als etwa 2 Gew.-% sein. Die menge Glasphase kann etwa 2 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% sein.

[0052] Die Innenschicht kann bis zu etwa 90 Gew.-%, zum Beispiel bis zu etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen. Die Innenschicht kann mindestens etwa 10 Gew.-%, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% oder mindestens etwa 30 Gew.-% oder mindestens etwa 40 Gew.-% oder mindestens etwa 50 Gew.-% oder mindestens etwa 60 Gew.-% kristalline Phase umfassen. Zum Beispiel kann die Innenschicht etwa 10 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder etwa 98 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-% oder etwa 20 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% kristalline Phase.

[0053] Jede der äußeren Schichten kann bestehen aus, im Wesentlichen bestehen aus oder umfassen die folgenden:

Quarz: bis zu etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 2 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%; weniger als etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel weniger als etwa 20 Gew.-%;

Mullit: bis zu etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 2 Gew.-% bis etwa 40 Gew.-%, 0 Gew.-% oder etwa 2 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-%;

LAS: bis zu etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel bis zu etwa 20 Gew.-%; 0 Gew.-% oder etwa 5 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-% oder bis etwa 30 Gew.-%;

Spodumen: bis zu etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel 0 oder etwa 5 Gew.-% bis etwa 20 Gew.-% (der Spodumen kann β -Spodumen sein).

[0054] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Feldspat kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0055] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Nephelinsyenit kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0056] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Wollastonit kann 0 Gew.-%, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-% sein.

[0057] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Andalusit kann 0 Gew.-% sein.

[0058] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Kyanit kann 0 Gew.-% sein.

[0059] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Sillimanit kann 0 Gew.-% sein.

[0060] Die in jeder der äußeren Schichten vorliegende Menge Petalit kann 0 Gew.-% sein, oder zum Beispiel weniger als etwa 2 Gew.-%.

[0061] Jede der äußeren Schichten kann auch eine Glasphase umfassen, zum Beispiel bis zu etwa 90 Gew.-% Glasphase, zum Beispiel etwa 60 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-%. Die Menge Glasphase in jeder der äußeren Schichten kann etwa 2 Gew.-% oder mehr als etwa 2 Gew.-% sein. Die Menge Glasphase kann etwa 2 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% sein.

[0062] Jede der äußeren Schichten kann bis zu etwa 90 Gew.-%, zum Beispiel bis zu etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen. Jede der äußeren Schichten kann mindestens etwa 10 Gew.-% kristalline Phase, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% oder mindestens etwa 30 Gew.-% oder mindestens etwa 40 Gew.-% oder mindestens etwa 50 Gew.-% oder mindestens etwa 60 Gew.-% kristalline Phase umfassen. Zum Beispiel kann jede der äußeren Schichten etwa 10 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder etwa 98 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-% oder etwa 20 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% kristalline Phase.

[0063] Die Quantifizierung der kristallinen Phasen in jeder gebrannten Schicht wird mit der Software DIF-FRAC^{PLUS} Topas 4.2 – Bruker AXS GmbH bestimmt. Diese berechnet die Menge der Phasen durch Analyse des XRD-Diffraktogramms mit dem Rietveld-Verfahren.

[0064] Die mehrschichtige Keramikstruktur kann verglast oder unverglast sein.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0065] Ausführungsformen der Neuerung werden jetzt durch Beispiele und ohne Beschränkung beschrieben, mit Bezug auf die begleitenden Figuren und den folgenden Beispielen, in welchen ist

[0066] Fig. 1 ein Röntgen-Diffraktogramm der Probe A nach dem Brennen mit den vorliegenden kristallinen Phasen;

[0067] Fig. 2 ein Röntgen-Diffraktogramm der Probe B nach dem Brennen mit den vorliegenden kristallinen Phasen;

[0068] Fig. 3 ein Röntgen-Diffraktogramm der Proben C, D und E nach dem Brennen mit den vorliegenden kristallinen Phasen;

[0069] Fig. 4 ein Röntgen-Diffraktogramm der Probe F nach dem Brennen mit den vorliegenden kristallinen Phasen.

BEISPIELE

Testverfahren

Thermischer Ausdehnungskoeffizient:

[0070] Der thermische Ausdehnungskoeffizient wurde gemäß dem bekannten dilatometrischen Verfahren gemessen, bei welchem gebrannte Proben mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 5°C/min in einem dilatometrischen Ofen erhitzt werden. Der thermische Ausdehnungskoeffizient jeder Schicht der gebrannten Struktur wurde einzeln in einem Netzsch Dil 402 CD-Dilatometer mit Stangen der Größe 40 mm × 4 mm × 4 mm (Länge × Breite × Dicke) in einer normalen Atmosphäre (Luft) ohne Gasfluss. Die Länge wurde während der gesamten Dauer der Hitzebehandlung gemessen. Während die Länge der Probe gemessen wird, maß ein so nahe wie möglich (aber ohne sie zu berühren) an der Probe angeordneter Wärmefühler gleichzeitig die Temperatur. Die Ausdehnung der Probe wird als Funktion der Temperatur bestimmt, und der thermische Ausdehnungskoeffizient wurde zwischen 25°C und 800°C bestimmt.

Biegefestigkeit:

[0071] Die Biegefestigkeit von fünf gebrannten rechteckigen Proben der mehrschichtigen keramischen Struktur mit Dimensionen von 100 mm (Länge) × 20 mm (Breite) × 5 mm (Dicke) wurde mit einem Dreipunktebiegetest mit einer Zwick Roell Z030 gemessen. Die Auflagenspanne (L) war 50 mm und die angewandte Laderate war 0,5 mm/min. Nach dem Brechen wurden die Breite und Dicke der Teile so nah wie möglich am Bruchpunkt gemessen. Diese Werte, zusammen mit der Bruchkraft und der Auflagenspanne, wurden verwendet, um die Biegefestigkeit zu berechnen.

Wasseraufnahme (WA):

[0072] Proben von etwa 10 g wurden in einem Ofen getrocknet, bis ihr Gewicht konstant war. Die Proben wurden in einem Trockengefäß abgekühlt und anschließend gewogen (W_d). Die Proben wurden unter Vakuum 20 Minuten lang in eine Kammer gestellt, woraufhin die Kammer bei 20°C mit Wasser gefüllt wurde, um die Proben zu bedecken, welche dann während 2 Stunden untergetaucht blieben. Überschüssiges Wasser wurde dann vorsichtig abgetrocknet und die Proben wurden sofort gewogen (W_h). Die Wasseraufnahme wurde als Funktion des Gewichtsunterschieds jeder Einzelprobe vor (W_d) und nach (W_h) dem Untertauchen berechnet.

$$WA = \frac{W_h - W_d}{W_d} \times 100$$

Rohdichte (BD):

[0073] Die Rohdichte wurde mit dem bekannten archimedischen Verfahren gemessen. Proben von etwa 10 g wurden in einem Ofen getrocknet, bis ihr Gewicht konstant war. Die Proben wurden in einem Trockengefäß abgekühlt und anschließend gewogen (W_d). Die Proben wurden unter Vakuum 20 Minuten lang in eine Kammer gestellt, woraufhin die Kammer bei 20°C mit Wasser gefüllt wurde, um die Proben zu bedecken, welche dann während 2 Stunden untergetaucht blieben. Die Proben wurden während des Untertauchens im Wasser gewogen (W_i). Danach wurde das überschüssige Wasser vorsichtig abgetrocknet und die Proben wurden sofort gewogen (W_h). Die Werte des Trockengewichts (W_d), untergetauchten Gewichts (W_i), Feuchtgewichts (W_h) und der Wasserdichte (d) bei der Messtemperatur wurden für die Berechnung der Rohdichte verwendet.

$$BD = \frac{W_d \times d_w}{W_h - W_i}$$

Offene Porosität (OP):

[0074] Die offene Porosität wurde mit dem bekannten archimedischen Verfahren gemessen. Proben von etwa 10 g wurden in einem Ofen getrocknet, bis ihr Gewicht konstant war. Die Proben wurden in einem Trockengefäß abgekühlt und anschließend gewogen (W_d). Die Proben wurden dann unter Vakuum 20 Minuten lang in eine Kammer gestellt, woraufhin die Kammer bei 20°C mit Wasser gefüllt wurde, um die Proben zu bedecken, welche dann während 2 Stunden untergetaucht blieben. Die Proben wurden während des Untertauchens im Wasser gewogen (W_i). Die Proben wurden entnommen und das überschüssige Wasser vorsichtig abgetrocknet und die Proben wurden sofort gewogen (W_h). Die Werte des Trockengewichts (W_d), des untergetauchten Gewichts (W_i) und des Feuchtgewichts (W_h) wurden für die Berechnung der offenen Porosität verwendet.

$$OP = \frac{W_h - W_d}{W_h - W_i} \times 100$$

Rohstoffe:

[0075] F1 ist ein Na-Feldspat, umfassend Quarz und Albit. F2 ist ein NaK-Feldspat, umfassend Quarz, Albit, Mikroklin und Muskovit. F3 ist ein NaK-Feldspat, umfassend Quarz, Albit und Mikroklin. L1 ist ein Lithiumspat, umfassend Quarz, Petalit und Bikitait. L2 ist ein Lithiumspat, umfassend Quarz und Spodumen. C ist ein Ton, umfassend Quarz, Illit und Kaolinit. Die Analyse der Rohstoffe wurde nach dem Rietveld-Verfahren ausgeführt und die Mengen Kristallphase sind in Tabelle 1a angegeben.

Tabelle 1a

Material	Quarz Gew.-%	Albit Gew.-%	Mikro- klin Gew.-%	Mus- kovit Gew.-%	Petalit Gew.-%	Bikitait Gew.-%	Spod- umen Gew.-%	Kaolinit Gew.-%	Illit Gew.-%
F1	11	89							
F2	36	34	14	16					
F3	14	60	26						
L1	12				79	9			
L2	2						98		
C	33							42	25

Beispiel 1

[0076] Keramiksichten (Proben A bis F) mit den angegebenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (nach dem Brennen) wurden gemäß Tabelle 1b gebildet. Die Rohstoffmischungen wurden in einer Kugelmühle nass gemahlen, um ein feines pulverförmiges Gemisch mit einer Korngrößenverteilung geringer als 30 µm und einer mittleren Korngröße (d_{50}) < 6 µm. Der Schlamm wurde durch ein 63 µm-Sieb gesiebt, getrocknet und von Hand in einem Mörser entagglomeriert. Die Proben wurden in einem Brennofen bei dem gleichen thermischen Zyklus gebrannt, mit einer Aufheizgeschwindigkeit von 40°C/min von Zimmertemperatur bis zur Haltetemperatur von 1120°C: Die Proben wurden 5 Minuten lang bei 1120°C gehalten und wurden dann im Brennofen abkühlen gelassen (freies Kühlen), bis sie Zimmertemperatur erreichten.

Tabelle 1b

Probe	F1 (Gew.-%)	F2 (Gew.-%)	F3 (Gew.-%)	L1 (Gew.-%)	L2 (Gew.-%)	Ton (Gew.-%)	TEC ($\times 10^{-6}K^{-1}$)
A	0	30	40	0	0	30	8,0
B	30	0	40	0	0	30	7,9
C	0	21	0	39	0	40	6,5

D	0	27	0	33	0	40	7,1
E	0	33	0	27	0	40	7,2
F	0	27	0	0	33	40	5,7

[0077] Eine Anzahl mehrschichtige Zusammensetzungen wurden gebildet mit A als Mittelschicht und den Schichten mit niedrigerem TEC als die äußeren Schichten. Die Proben wurden bei einem Druck von 45 MPa in einer Edelstahlform gepresst. Das Verhältnis der inneren Dicke (D2), d. h. der Dicke der Mittelschicht zur Gesamtdicke (D) der Probe nach dem Pressen war 0,6. Nach dem Brennen wurde die Biegefestigkeit von fünf Proben mit Dimensionen von 100 × 20 × 5 mm (Länge × Breite × Dicke) mit einem Dreipunktiegetest mit einem Zwick Roell Z030-Gerät gemessen. Die Ergebnisse, zusammen mit der Rohdichte und der Wasseraufnahme sind in Tabelle 2 gezeigt.

Tabelle 2

Mehrschichtige Struktur	Biegefestigkeit (MPa)*	Rohdichte (g/cm ³)	Wasseraufnahme (%)
A	64	2,35	0,08
B-A-B	95 (3,70)	2,36	0,09
C-A-C	118 (10,58)	2,30	0,13
D-A-D	103 (7,66)	2,30	0,11
E-A-E	112 (2,74)	2,32	0,15
F-A-F	144 (4,77)	2,32	0,17

* Standardabweichung in Klammern

[0078] Röntgen-Diffraktogramme der gebrannten Proben wurden wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** gezeigt erhalten. Die gebrannten Proben A und B umfassen die kristallinen Phasen Quarz, Mullit und einen Anteil Glasphase. Das Röntgen-Diffraktogramm der gebrannten Probe C zeigt die Anwesenheit der kristallinen Phasen Quarz, Mullit und Lithium-Aluminiumsilicat (LAS) und eine Menge Glasphase. Das Röntgen-Diffraktogramm der gebrannten Proben D und E zeigt die Anwesenheit der kristallinen Phasen Quarz und Mullit und eine Menge Glasphase. Die gebrannte Probe F enthält β -Spodumen, Quarz, Mullit und eine Glasphase. Die in den Proben A bis F vorliegenden Phasen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3

Probe	Quarz (Gew.-%)	Mullit (Gew.-%)	LAS (Gew.-%)	β -Spodumen (Gew.-%)	Glasphase (Gew.-%)
A	19	4			77
B	12	2			86
C	16	6	9		69
D	18	12			70
E	17	10			73
F	14	5		16	65

Beispiel 2

[0079] Keramikschichten (Proben G bis J) mit den angegebenen thermischen 5 Ausdehnungskoeffizienten und Werten für Biegefestigkeit (nach dem Brennen) wurden gemäß Tabelle 4 gebildet. Die Rohstoffmischungen wurden in einer Kugelmühle mit Aluminiumoxydkugeln und Wasser gemahlen. Nach dem Mahlen wurde der Schlamm in einem Ofen getrocknet. Die nach dem Trocknen erhaltenen Pulver wurden mit 3 Gew.-% Feuchtigkeit granuliert. Die Proben G und H wurden bei 1400°C in einer reduzierenden Atmosphäre gebrannt. In der reduzierenden Atmosphäre war Kohlenmonoxyd vorhanden und die Atmosphäre war geeignet zum Brennen harter Porzellane. Die Proben I und J wurden bei 1250°C in einer oxydierenden Atmosphäre gebrannt.

Tabelle 4

Probe	Töpfererde (Gew.-%)	Pegmatite (Gew.-%)	Kaoline (Gew.-%)	Aluminiumoxyde (Gew.-%)	Feldspate (Gew.-%)	Kalziniertes Ton (Gew.-%)	TEC ($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)	Biegefestigkeit (MPa)
G	7	23	54	16			5,8	113
H			50	25	25		6,4	60
			51	20	21	8	6,7	133
J			36	35	21	8	7,3	127

[0080] Eine Anzahl mehrschichtige Zusammensetzungen wurden gemäß Tabelle 5 gebildet. Die Proben hatten 3 Gew.-% Feuchtigkeit und wurden in einer Edelstahlform bei einem Druck von 30 MPa trocken gepresst. Das Verhältnis der inneren Dicke (D2), d. h. der Dicke der Mittelschicht zur Gesamtdicke (D) der Probe nach dem Pressen war 0,6. Die Probe G-H-G wurde bei 1400°C in einer reduzierenden Atmosphäre gebrannt. In der reduzierenden Atmosphäre war Kohlenmonoxyd vorhanden und die Atmosphäre war geeignet zum Brennen harter Porzellane. Die Probe I-J-I wurde bei 1250°C in einer oxydierenden Atmosphäre gebrannt. Nach dem Brennen wurden die Biegefestigkeiten mehrschichtiger Proben mit Dimensionen von 100 × 20 × 5 mm (Länge, Breite, Dicke) mit einem Dreipunktiegetest mit einem Zwick Roell Z030-Gerät gemessen. Die Ergebnisse der mehrschichtigen Strukturen sind in Tabelle 5 angegeben. Die gemäß Beispiel 2 bereitgestellten Proben waren besonders geeignet für die Verwendung in Tischgeschirr.

Tabelle 5

Mehrschichtige Struktur	Biegefestigkeit (MPa)
G-H-G	145
I-J-I	149

Schutzansprüche

1. Mehrschichtige Keramikstruktur, wobei die Struktur umfasst oder besteht aus drei Schichten, wobei die drei Schichten umfassen oder bestehen aus einer zwischen zwei äußeren Schichten eingelegten Mittelschicht und wobei die Mittelschicht einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat, der höher ist als jeder der beiden äußeren Schichten.
2. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß Anspruch 1, wobei die beiden äußeren Schichten den gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben.
3. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die drei Schichten Weißkeramiksichten sind.
4. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die drei Schichten ausgewählt sind aus Keramikporzellan-, Keramikchinaporzellan-, Keramiktöpferware- und Keramiksteinzeugschichten.
5. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die drei Schichten ausgewählt sind aus Keramikporzellan-, Keramikchinaporzellan- und Keramiksteinzeugschichten.
6. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jede der drei Schichten eine Keramikporzellanschicht ist.
7. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jede der drei Schichten eine Keramikchinaporzellanschicht ist.
8. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, wobei jede der drei Schichten eine Keramiksteinzeugschicht ist.

9. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die mehrschichtige Keramikstruktur bis zu etwa 98 Gew.-% kristalline Phase umfassen kann, zum Beispiel bis zu etwa 90 Gew.-% kristalline Phase, zum Beispiel mindestens etwa 10 Gew.-% kristalline Phase, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% oder mindestens etwa 30 Gew.-% oder mindestens etwa 40 Gew.-% oder mindestens etwa 50 Gew.-% oder mindestens etwa 60 Gew.-% kristalline Phase, zum Beispiel mindestens etwa 10 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder bis zu etwa 98 Gew.-% kristalline Phase, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% bis etwa 90 Gew.-% oder bis etwa 98 Gew.-%, zum Beispiel mindestens etwa 20 Gew.-% bis etwa 80 Gew.-% oder mindestens etwa 20 Gew.-% bis etwa 70 Gew.-% kristalline Phase.

10. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Schichten umfassen, bestehen aus oder im Wesentlichen bestehen aus einem oder mehreren sowie irgendeiner Kombination aus den kristallinen Phasen, Quarz, Mullit, Feldspat, LAS, Spodumen (zum Beispiel β -Spodumen), Petalit.

11. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Innenschicht mehr als eine kristalline Phase umfasst und die mehr als eine kristalline Phase aus oder im Wesentlichen aus Quarz und Mullit besteht und jede der äußeren Schichten auch mehr als eine kristalline Phase umfasst und die mehr als eine kristalline Phase in jeder der äußeren Schichten aus oder im Wesentlichen aus Quarz, Mullit und einer kristallinen Phase, umfassend Lithium, zum Beispiel LAS und/oder Spodumen, besteht.

12. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die mehrschichtige Keramikstruktur eine Glasphase umfasst.

13. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Struktur ausgewählt ist aus einer Fliese, zum Beispiel einer Bodenfliese oder einer Wandfliese, Tischgeschirr, Sanitärkeramik, Kunstkeramik, einem künstlichen Schiefer.

14. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Dicke der Struktur etwa 1 mm bis etwa 10 mm ist, zum Beispiel etwa 1 mm bis etwa 5 mm, zum Beispiel etwa 1 mm bis etwa 3 mm.

15. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Rohdichte der Struktur etwa 2,1 g/cm³ bis etwa 2,6 g/cm³ ist.

16. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Wasseraufnahme der Struktur etwa 0,1% bis etwa 3% oder weniger ist.

17. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 16, wobei die Wasseraufnahme der Struktur weniger als etwa 0,5% ist.

18. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei die drei Schichten Weißkeramiksichten sind.

19. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die drei Schichten ausgewählt sind aus Keramikporzellan-, Keramikchinaporzellan- und Keramiksteinzeugschichten.

20. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 16 bis 19, wobei jede der drei Schichten eine Keramikporzellanschicht ist.

21. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 16 bis 19, wobei jede der drei Schichten eine Keramikchinaporzellanschicht ist.

22. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 16 bis 19, wobei jede der drei Schichten eine Keramiksteinzeugschicht ist.

23. Mehrschichtige Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Biegefestigkeit der Struktur mindestens etwa 80 MPa ist, zum Beispiel mindestens etwa 100 MPa, zum Beispiel mindestens etwa 150 MPa, zum Beispiel etwa 80 MPa oder etwa 100 MPa bis etwa 200 MPa oder bis etwa 150 MPa.

24. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur, umfassend eine zwischen zwei äußeren Keramik bildenden Schichten eingelegte Keramik bildende Mittelschicht, für die Bildung der mehrschichtigen Keramikstruktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 23.

25. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß Anspruch 24, wobei jede Schicht umfasst, besteht aus oder im Wesentlichen besteht aus Bestandteilen in den Bereichen

Ton: von etwa 3 bis etwa 60 Gew.-%, zum Beispiel etwa 3 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 30 bis etwa 40 Gew.-%;

Feldspat: von etwa 10 bis etwa 70 Gew.-%, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 70 Gew.-%;

Lithiumspat: von etwa 0 bis etwa 50 Gew.-%; zum Beispiel etwa 10 bis etwa 40 Gew.-%; zum Beispiel etwa 20 bis etwa 40 Gew.-%;

Nephelinsyenit: von 0 bis etwa 40 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;

Wollastonit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;

Quarz: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 5 bis etwa 20 Gew.-%;

Metakaolin: von 0 bis etwa 50 Gew.-%, zum Beispiel etwa 10 bis etwa 30 Gew.-%;

Andalusit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%;

Kyanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%;

Sillimanit: von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 15 bis etwa 30 Gew.-%;

Carbonate (zum Beispiel eines oder mehrere aus Lithiumcarbonat, Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat, Calciumcarbonat, Magnesiumcarbonat, Bariumcarbonat): von 0 bis etwa 10 Gew.-%, zum Beispiel etwa 0 oder etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%;

Oxyde (zum Beispiel eines oder mehrere aus Al_2O_3 , ZrO_2 , ZnO , SnO , B_2O_3): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 1 bis etwa 10 Gew.-%;

Hydrate (zum Beispiel eines oder mehrere aus $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$): von 0 bis etwa 30 Gew.-%, zum Beispiel etwa 1 bis etwa 5 Gew.-%.

26. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß Anspruch 25, wobei die Schichten zudem umfassen, bestehen aus oder im Wesentlichen bestehen aus bis zu etwa 50 Gew.-% Pegmatit, zum Beispiel etwa 1 Gew.-% bis etwa 50 Gew.-% Pegmatit.

27. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 24 bis 26, wobei die Innenschicht umfasst, besteht aus, oder im Wesentlichen besteht aus etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, etwa 3 bis etwa 60 Gew.-% oder etwa 3 bis etwa 50 Gew.-% Ton.

28. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 24 bis 27, wobei die äußeren Schichten umfassen, bestehen aus oder im Wesentlichen bestehen aus etwa 10 bis etwa 70 Gew.-% eines oder mehrerer Feldspate, etwa 3 bis etwa 60 Gew.-% oder etwa 3 bis etwa 50 Gew.-% Ton, etwa 0 bis etwa 50 Gew.-% eines oder mehrerer Lithiumspate, zum Beispiel etwa 20 bis etwa 45 Gew.-% eines oder mehrerer Lithiumspate.

29. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 25 bis 28, wobei der Ton ausgewählt ist aus einem oder mehreren aus Kaolin, Töpferton, Feuerfestton, Smektitton, Illitton.

30. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 25 bis 28, wobei der Ton kalzinierter Ton ist.

31. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 25 bis 30, wobei der Feldspat ausgewählt ist aus einem oder mehreren aus Natriumfeldspat, Kaliumfeldspat, Calciumfeldspat, Natrium-Calciumfeldspat, Natrium-Kaliumfeldspat.

32. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 25 bis 31, wobei der Lithiumspat ausgewählt ist aus einem oder mehreren aus Spodumen, Petalit, Lepidolith, Bikitait.

33. Mehrschichtige Keramik bildende Struktur gemäß irgendeinem der Ansprüche 24 bis 32, wobei die Struktur zudem umfasst organische und/oder mineralische Fasern, zum Beispiel organische Fasern, die brennbar sein können.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

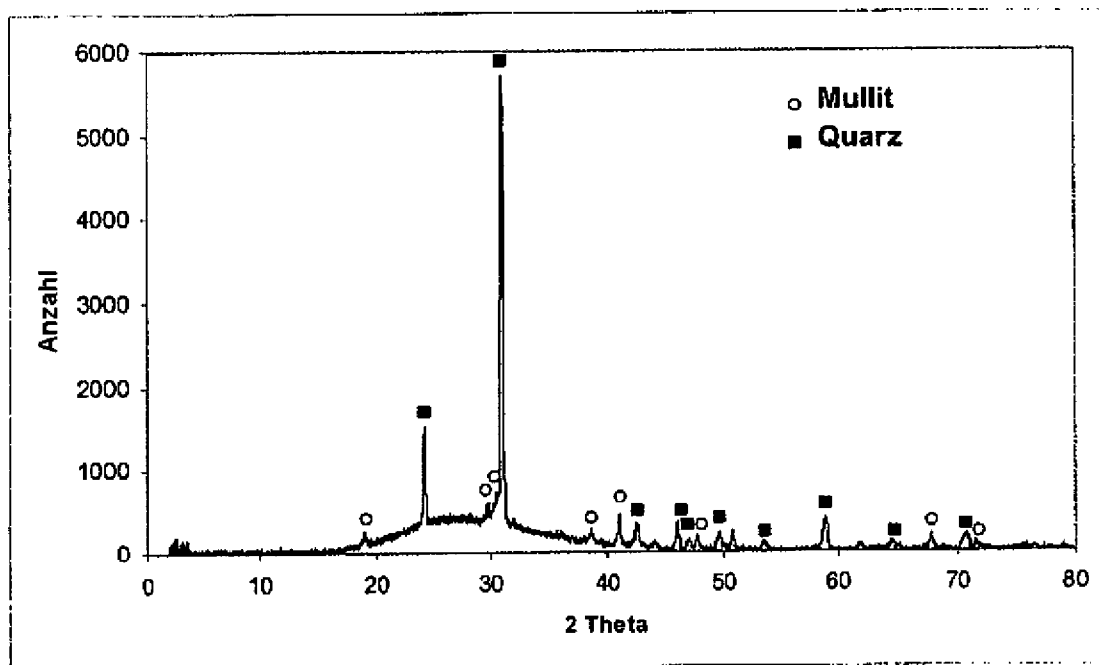


Fig. 1

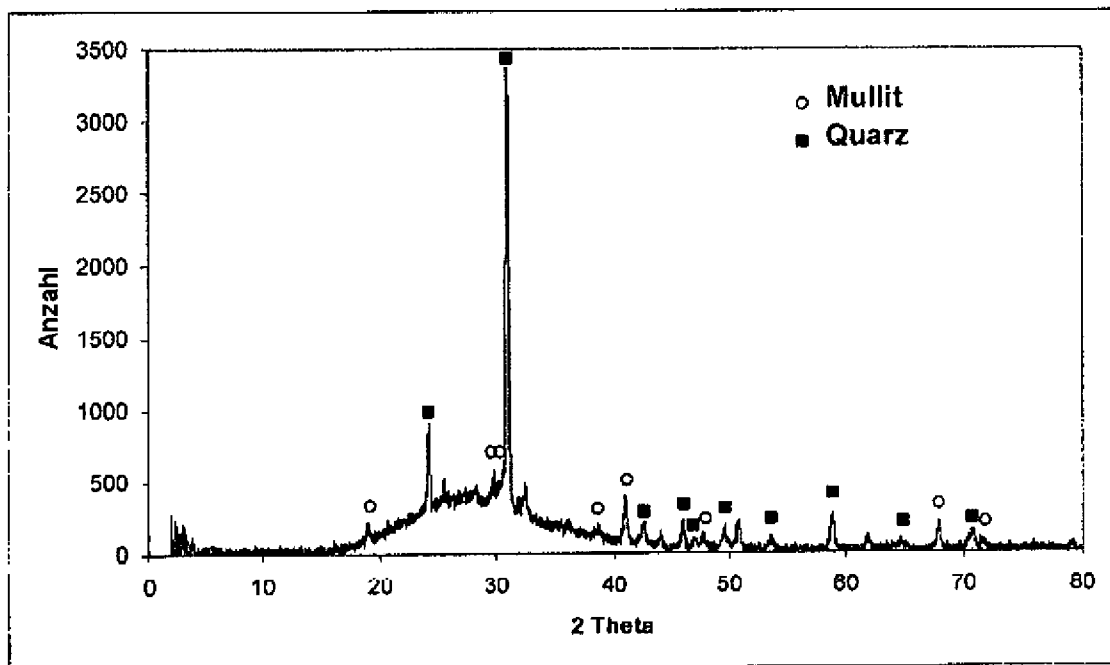


Fig. 2

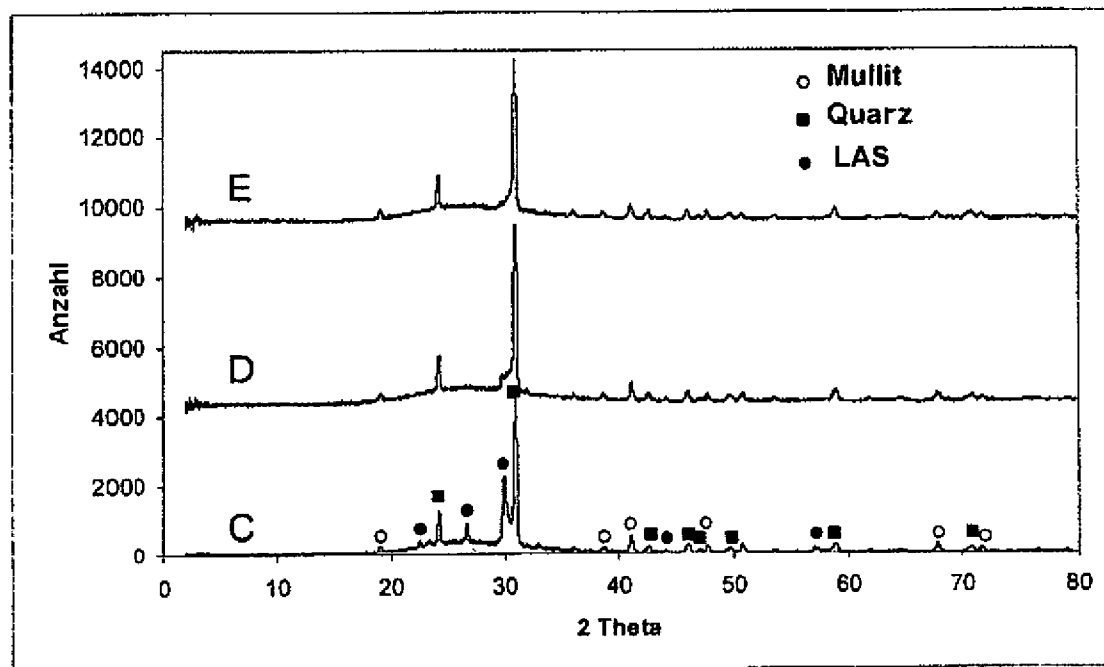


Fig. 3

