

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2012 007 396 B3 2013.06.13**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 007 396.8**(51) Int Cl.: **C04B 38/00 (2012.01)**(22) Anmeldetag: **16.04.2012****C04B 28/26 (2012.01)**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **13.06.2013**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Cast Aluminium Industries, Dubai, AE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

(74) Vertreter:
Flaccus Müller-Wolff, 50389, Wesseling, DE

| | | |
|-----------|-------------------|-----------|
| DE | 100 40 582 | A1 |
| US | 4 133 691 | A |
| US | 3 396 112 | A |
| US | 3 784 385 | A |
| EP | 0 576 254 | A2 |

(72) Erfinder:
**Feige, Reinhard, 58332, Schwelm, DE; Ahmed,
Waheed, Rahim Yar Khan, PK; Nazir, Muhammad
Kashif, Multan, PK**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums und reaktives
Pulver zur Bildung eines schnell erhärtenden Mineralschaums**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums, basierend auf der Reaktion von 2 Komponenten:
a) einer festen Komponente in Form eines reaktiven Pulvers, das gleichzeitig sowohl gerüstbildende als auch porenbildende Eigenschaften besitzt, und
b) einer flüssigen Komponente in Form eines Alkalimetallsilikats (Wasserglas),
wobei das reaktive Pulver als wesentliche Bestandteile 45–65 Gew.-% Aluminiumoxid, 10–20 Gew.-% Aluminiumnitrid und 5–15 Gew.-% metallisches Aluminium enthält, das Alkalimetallsilikat ein Molverhältnis Siliziumoxid zu Metalloxid von 1,0–2,2 hat, und die beiden Komponenten im Gewichtsverhältnis von Pulver zu flüssiger Komponente von 0,5–2 maximal 1 Minute lang bei Raumtemperatur zu einer Paste gemischt werden, aus der sich dann in einer exothermen Reaktion in weniger als 10 Minuten ein Schaumkörper mit einer Rohdichte von weniger als 0,7 g/cm³ bildet.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung eines schnell erhärtenden anorganischen Schaums, basierend auf der Reaktion von 2 Komponenten:

- 1) einer festen Komponente in Form eines reaktiven Pulvers, das gleichzeitig sowohl gerüstbildende als auch porenbildende Eigenschaften hat, und
- 2) einer flüssigen Komponente in Form einer alkalischen Aktivierungslösung. Die Erfindung betrifft ferner ein reaktives Pulver zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums durch Reaktion mit einer alkalischen Aktivierungslösung.

[0002] Anorganischer Schaum (Mineralschaum) wird als thermisch isolierender, feuerbeständiger Leichtbaustoff eingesetzt. Eine schnelle Erhärtung des Schaums ist von Vorteil beim Auffüllen von Mauerwerkshohlräumen, bei der Herstellung von Isolierplatten und bei Reparaturen der thermischen Isolierung von Industrieöfen. Vorteilhaft für die Verarbeitung auf Baustellen ist eine Rezeptur, bei der möglichst nur 2 Komponenten miteinander gemischt werden müssen. Für thermische Isolierungen von Industrieöfen muss der anorganische Schaum aus Bestandteilen aufgebaut sein, die eine hohe Temperaturbeständigkeit bieten.

[0003] Es ist bekannt, anorganischen Schaum in Form eines Geopolymerschaums herzustellen durch Mischung von mindestens 3 Komponenten in Form

- 1) reaktiver Feststoffe, die SiO_2 und Al_2O_3 in ausreichender Menge und reaktiver Form enthalten (Aschen, Aktivtöne, Metakaolin, Puzzolane, Schlacken etc.),
- 2) einer alkalischen Aktivierungslösung, die (neben Wasser) einzeln oder in Kombination Alkalihydroxide, -silikate, -aluminate, -carbonate und -sulfate beinhaltet, und
- 3) einer porenbildenden Komponente (Schaumzugabe, Gasbildungsreaktion mit Aluminiumpulver oder Wasserstoffperoxid).

[A. Buchwald: What are geopolymers? Current state of research and technology, the opportunities they offer, and their significance for the precast industry. BFT International 72, Nr. 7, 2006, 42–49]

[0004] Die US 3 396 112 A beschreibt ein verfahren zur Bildung von anorganischem Schaum durch Reaktion von Wasser mit einem Teilchengemisch aus Aluminium und einem trockenen, wasserlöslichen Alkalimetallsilikat, wobei das Teilchengemisch eine Teilchengröße kleiner 10 mesh (2 mm) aufweist, und der Wasseranteil am Gesamtgemisch 30 bis 75 Gew.-% beträgt. Das Gewichtsverhältnis von Alkalimetallsilikat zu Aluminium beträgt 15:1 bis 1:9, und das Alkalimetallsilikat hat ein Verhältnis von Alkalimetallocid zu Siliziumoxid von 2:1 bis 1:4. Gemäß der Beschreibung zu diesem Patent (Spalte 2, Zeilen 55–58) können handelsübliche Aluminiumpulver oder andere Formen von feinverteiltem Aluminium mit der entsprechenden Teilchengröße verwendet werden, wobei es nicht erforderlich ist, dass das Aluminium in reiner Form vorliegt. Der Schaummischung können auch inerte Füllstoffe, wie Siliziumoxid, Aluminiumoxid, Titanoxid und ähnliche Metalloxide zugegeben werden (Spalte 3, Zeilen 8–11). Gemäß Beispiel 1 dieses Patents wurde ein Schaumprodukt erzeugt, indem in ein vorgefertigtes trockenes Gemisch aus 10 g Aluminiumpulver (Teilchengröße kleiner als 400 mesh) und 7,5 g festem Natriumsilikat (Molverhältnis $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ von 1:3,22 und 17 Gew.-% Hydratwasser enthaltend) 12,5 g Wasser eingerührt wurden, wobei die Entwicklung von Wasserstoff und die damit verbundene Schaumbildung nach 15 sec begann, und die Mischung nach einigen Minuten verfestigte, verbunden mit einem Temperaturanstieg auf 105°C.

[0005] Gemäß Beispiel 2 dieses Patents wird eine trockene Mischung beschrieben von 30 g einer Aluminiumkrätze (mit 70% Metallgehalt und einer Teilchengröße von etwa 100 mesh) und 70 g eines Natriumsilikats (Teilchengröße etwa 200 mesh, Molverhältnis $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ von 1:2, ohne Hydratwasser), der 60 g Wasser zugefügt wurde, wobei sich ein Schaum innerhalb von 30 Minuten bildete, der anschließend 3 Stunden bei 110°C getrocknet und gehärtet wurde.

[0006] Die US 3 784 385 A betrifft die Herstellung eines feuerfesten Gasbetons mit einer Temperaturbeständigkeit bis zu 1.200°C, bestehend aus 5 Komponenten:

- 1) einem Binder der Natriumsilikat enthält,
- 2) einem fein gemahlenen Füllstoff in Form einer Chrom-Aluminium-Schlacke, in einem Gewichtsanteil von 22–32% bezogen auf das Gesamtgewicht bei Mischung mit diesem Binder unter
- 3) Zugabe von Wasser,
- 4) einem fein gemahlenen feuerfesten Material mit hohem Gehalt an Aluminiumoxid, und

5) einem gasbildenden Mittel in Form von Natriumhydroxid und Aluminium-Pulver. Gemäß der Beschreibung zu diesem Patent (Spalte 2, Zeile 67 bis Spalte 3, Zeile 16) wird die Mischung 3–5 Stunden bei 38–42°C erhitzt, weitere 10 Stunden in einem Autoklaven bei 170–180°C behandelt, und schließlich noch 3 Tage bei 20°C gelagert.

[0007] Die US 4 133 691 A beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von anorganischem Schaum mit einem Molverhältnis von $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ von 1:1 bis 10:1, wobei teilchenförmiges, metallisches Aluminium mit einer wässrigen basischen Lösung vermischt wird, die aus wasserlöslichem Alkalimetalloxid, Alkalimetallhydroxid oder Alkalimetallaluminat gebildet wird.

[0008] EP 1 180 504 B1 betrifft einen porosierenden, erstarrungsbeschleunigenden Bindemittelbaustoffzusatz, enthaltend 50–90% Al_2O_3 , 4–20% MgO , 0,5–15% SiO_2 , 0,1–5% Aluminiumnitrid, 0,1–10% metallisches Aluminium, 0,1–15% Glühverlust, und die mineralischen Hauptbestandteile in Form von Korund ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) und Spinell ($\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), wobei die metallischen Aluminiumteilchen von mineralischen Übergangsmodifikationen von Aluminiumhydroxyd ($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{H}_2\text{O}$) zu $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ umhüllt sind, und das Pulver eine Teilchengröße von mindestens 90% kleiner 500 μm sowie eine spezifische Oberfläche von mindestens 10 m^2/g aufweist. Dieser Zusatzstoff wird aus einem Rückstand der Aufbereitung von Aluminiumsalzschlacke hergestellt, durch thermische Entwässerung und Aktivierung im Temperaturbereich zwischen 400 und 1.000°C. Dem Beispiel 5, Versuch 6, dieses Patents zufolge wurden 450 g „SEROX TK750“ (bei 750°C thermisch aktiviertes Pulver, mit einer spezifischen Oberfläche von 45 m^2/g und einem Gehalt an metallischem Aluminium von 3%) mit 400 g flüssigem Wasserglas ca. 1 min gemischt. Nach wenigen Minuten trat eine Gasentwicklung im Brei ein, die zu einer Schaumbildung und Volumenzunahme führte, verbunden mit einer Erwärmung auf 76°C. Nach einer Reaktionszeit von 10 min war der Körper mechanisch stabil erhärtet, und hatte eine Rohdichte von 0,63 g/cm^3 .

[0009] EP 0 576 254 A2 betrifft ein reaktives nicht-metallisches Produkt mit 7–25% Aluminiumnitrid und 2–8% Aluminium, das durch Aufbereitung von Aluminiumkrätzte und Aluminiumsalzschlacke durch Auswaschen der Chloride gewonnen wird (Seite 2, Zeilen 53–55). Eine mögliche Verwendung dieses Produkts zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen oder Schleifmitteln wird beschrieben, nicht jedoch zur Bildung von anorganischem Schaum.

[0010] Aus der Aufbereitung von Aluminiumkrätzte mit Metallgehalten von 40–75% mittels Plasmaverfahren (siehe US 4 960 460 A) ist das reaktive Pulver „NOVAL“ bekannt, das 53–65% Aluminiumoxid, 9–20% Aluminiumnitrid und 5–12% metallisches Aluminium enthält. Die Verwendbarkeit von „NOVAL“ zur Herstellung von Caicumaluminat, Natriumaluminat, Magnesiumaluminat-Spinell, Schmelzkorund, Mineralfasern, als Zementzusatz und als Sandstrahlmedium wird beschrieben, nicht jedoch eine mögliche Eignung zur Bildung von anorganischem Schaum.

[R. Breault, S. P. Tremblay, J. Lachance, Y. Huard: Market Opportunities for the ALCAN Plasma Dross Residues. Light Metals (1995) 823–827]

[R. Breault, D. Guay, G. Dubé, D. Legault, R. Morin, K. Annett, J. Bonneau: Aluminium Plasma Dross Treatment Process and Calcium Aluminate Production: Closing the loop with no residue. Light Metals (2000) 1183–1194]

[0011] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums, der auf Basis einer Reaktion von nur 2 Komponenten in weniger als 10 Minuten zu einem stabilen Schaumkörper erhärtet, wobei zur Erhärtung keine externe Wärmezufuhr benötigt wird und wobei der Schaumkörper auch nicht getrocknet werden muss. Außerdem soll der Mineralschaum Bestandteile enthalten, die eine hohe Feuerbeständigkeit bieten. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung umfasst die Zurverfügungstellung eines reaktiven Pulvers zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie durch ein reaktives Pulver gemäß Anspruch 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen 2–6, 8–9 angegeben.

[0013] Nach dem Stand der Technik wird bei der Bildung eines anorganischen Schaums immer nur die Wirkung von metallischem Aluminium als gasbildende Komponente in Betracht gezogen. Überraschenderweise wurde gefunden, dass sich mit einem reaktiven Pulver mit den Hauptbestandteilen 45–65 Gew.-% Aluminiumoxid,

10–20 Gew.-% Aluminiumnitrid und 5–15 Gew.-% metallisches Aluminium, bei dem vorzugsweise der Mengenanteil an Aluminiumnitrid größer ist als der Anteil an metallischem Aluminium, in Reaktion mit flüssigem Alkalimetallsilikat bereits innerhalb von weniger als 10 Minuten ein stabiler Mineralschaumkörper mit einer Rohdichte

von weniger als 0,7 g/cm³ bilden lässt, und dass dieser Schaumkörper auch keine weitere Trocknung benötigt. Außerdem ist der hohe Aluminiumoxidegehalt dieses Pulver vorteilhaft für eine hohe Feuerbeständigkeit des anorganischen Schaums. Mittels Röntgenbeugungsanalyse zeigt sich, dass die mineralische Zusammensetzung der gebildeten Schaumkörper noch restliches unreaktiertes metallisches Aluminium aufweist, während dagegen Aluminiumnitrid nicht mehr festzustellen ist, das Aluminiumnitrid somit praktisch vollständig reagiert hat.

[0014] Dieser Befund war insofern unerwartet, als gemäß US 3 396 112 A, Beispiel 1, mit reinem Aluminiumpulver in Reaktion mit festem Wasserglas und Zugabe von Wasser die Schaumbildung und Verfestigung zwar bereits nach wenigen Minuten erfolgte, gemäß US 3 396 112 A, Beispiel 2, bei Verwendung einer Aluminiumkrätze mit einem Metallgehalt von noch 70 Gew.-% die Schaumbildung jedoch schon 30 Minuten dauerte.

[0015] Die schnelle Gasbildung und Schaumverfestigung, die bei Verwendung des erfindungsgemäßen gleichzeitig gerüstbildenden und porenbildenden Pulvers in Reaktion mit einem flüssigen Alkalimetallsilikat gefunden wurde, beruht vermutlich auf der zusätzlich zum gebildeten Wasserstoff-Gas (aus der Reaktion $2\text{Al} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{AlOOH} + 3\text{H}_2$) erfolgenden Freisetzung von Ammoniak-Gas (aus der Reaktion $\text{AlN} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AlOOH} + \text{NH}_3$) und der damit verbundenen zusätzlichen Bildung von aktivem Aluminiumhydroxid-Gel, welches die Gerüstbildung durch Polymerisation und Konsolidierung des Alkalimetallsilikats in der Art eines Geopolymers besonders beschleunigt.

[0016] Ein erfindungsgemäßes Pulver, das sowohl gerüstbildende als auch gasbildende Eigenschaften besitzt, kann beispielsweise bei der Rückgewinnung von Aluminium aus Aluminiumkrätze mittels mechanischer Zerkleinerung und Klassierung in Form der an Aluminium ärmsten Feinkornfraktionen kleiner als 1 mm gewonnen werden, z. B. als Siebdurchgang „CAI-ALON S-D“ und auch als Filterstaub „CAI-ALON B-H“ (Hersteller: CAST ALUMINIUM INDUSTRIES, Dubai, Vereinigte Arabische Emirate; Tabelle 1).

[0017] Als im Sinne der Erfindung geeignet sind auch andere reaktive Pulver anzusehen, wenn sie die erfindungsgemäßen Eigenschaftsmerkmale aufweisen, wie beispielsweise das nach US 4 960 460 A gewonnene „NOVAL“ oder das nicht-metallische Produkt nach EP 0 576 254 A2.

[0018] Das reaktive Pulver und die alkalische Aktivierungslösung können selbstverständlich auch in Kombination mit weiteren mineralischen Rohstoffen verwendet werden, wie Metakaolin, Flugasche, Schlacke, Puzzolan, Zement, Kalk, Gips, Sand, Glasfasern, Mineralfasern, unter gegebenenfalls Zugabe von so viel weiterer alkalischer Aktivierungslösung oder Wasser, wie zur Einstellung einer pastösen Konsistenz der Mischung erforderlich ist.

[0019] In den folgenden Beispielen 1–6 (Tabelle 3) wurden die reaktiven Pulver „CAI-ALON S-D“ und „CAI-ALON B-H“ mit einer alkalischen Aktivierungslösung auf Basis von Kalium-Wasserglas „SILIRIT M 110“ (Tabelle 2) in Mengenverhältnissen von Pulver zu Wasserglas von 0,6–2 in einem Plastikbecher bei Raumtemperatur etwa 30 Sekunden durch Umrühren mit einem Löffel zu einer Paste gemischt. Zur Messung der Reaktionstemperatur wurde ein Thermometer in die Paste gesetzt. Nach der erfolgten Schaumbildung und Verfestigung des geschäumten Körpers wurde dessen Rohdichte durch Wiegung und durch Messung der Umrisse ermittelt.

[0020] Wie die Ergebnisse zeigen, war bei den Beispielen 1–3 die Konsistenz der Paste gut streichfähig, und die Schaumbildung, die Verfestigung des Schaums und die Rohdichte des Schaums waren am besten, also bei Mischungsverhältnissen von Feststoff zu Aktivierungslösung im Gewichtsverhältnis von 1:1. Die Konsistenz der Pasten in den Beispielen 4 und 6 war relativ dünn, und im Beispiel 5 relativ dick, so dass Mischungsfaktoren von Feststoff zu Aktivierungslösung im Bereich von 0,5–2 als am besten geeignet zu betrachten sind im Hinblick auf eine möglichst schnelle Bildung eines anorganischen Schaums mit möglichst geringer Rohdichte. Mittels Röntgenbeugungsanalyse zeigte sich, dass in der mineralischen Zusammensetzung der gebildeten Schaumkörper noch ein Restanteil von metallischem Aluminium festzustellen war, jedoch kein Aluminiumnitrid, das Aluminiumnitrid im Unterschied zu dem metallischen Aluminium somit praktisch vollständig reagiert hat.

Tabelle 1: Reaktive Pulver

| | | CAI-ALON S-D Siebdurchgang | CAI-ALON B-H Filterstaub |
|-------------------------|-----|-------------------------------|-----------------------------|
| Al_2O_3 | [%] | 49.9 | 54.9 |
| AlN | [%] | 12.6 | 15.0 |

| | | | |
|--------------------------------|---------------------|------|-------|
| Al Metall | [%] | 10.9 | 13.7 |
| SiO ₂ | [%] | 9.6 | 5.3 |
| MgO | [%] | 4.9 | 5.3 |
| CaO | [%] | 3.3 | 1.4 |
| Na ₂ O | [%] | 0.8 | 0.4 |
| K ₂ O | [%] | 0.6 | 0.9 |
| Fe ₂ O ₃ | [%] | 0.4 | 0.4 |
| TiO ₂ | [%] | 0.5 | 0.3 |
| F | [%] | 0.7 | 2.0 |
| Cl | [%] | 1.3 | 0.5 |
| N | [%] | 4.3 | 5.1 |
| C | [%] | 0.7 | 0.2 |
| Feuchte 105°C | [%] | 0.1 | 0.1 |
| Gewichtsveränderung 1100°C | [%] | +7.7 | +14.5 |
| spez. Oberfläche | [m ² /g] | 2.2 | 3.4 |
| Teilchen < 300 µm | [%] | 90 | 99 |
| Mineralische Hauptbestandteile | | | |
| Korund | | +++ | +++ |
| Spinell | | ++ | ++ |
| Aluminiumnitrid | | ++ | ++ |
| Aluminium Metall | | ++ | ++ |
| Quarz | | + | + |

Tabelle 2: Alkalisches Wasserglas

| | | | |
|--------------------|--|-------------|--|
| Type: | SILIRIT M 110 | | |
| Hersteller: | Cognis GmbH, D-40551 Düsseldorf/Deutschland | | |
| Dichte | [kg/cm ³] (20°C) | 1600–1700 | |
| Viskosität | [mPas] (20°C) | 40–80 | |
| K ₂ O | [%] | 27.80–31.00 | |
| SiO ₂ | [%] | 22.20–23.00 | |
| Gewichtsverhältnis | [% SiO ₂ /% K ₂ O] | 0.74–0.80 | |
| Molverhältnis | [Mol SiO ₂ /Mol K ₂ O] | 1.16–1.26 | |

Tabelle 3: Beispiele

| Beispiele | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|-----|----|----|----|-----|------|----|
| CAI-ALON S-D | [g] | 20 | - | 10 | 15 | 25 | 10 |
| CAI-ALON B-H | [g] | - | 20 | 10 | - | - | 10 |
| SILIRIT M110 | [g] | 20 | 20 | 20 | 25 | 15 | 10 |
| Wasser | [g] | - | - | - | - | - | 10 |
| Mischungsfaktor | | | | | | | |
| Feststoff: Wasserglas | | 1 | 1 | 1 | 0,6 | 1,66 | 2 |

| Konsistenz der Paste | | a) | a) | a) | b) | c) | b) |
|----------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Beginn der Reaktion | [min] | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Maximale Temperatur | [°C] | 126 | 132 | 126 | 130 | 110 | 93 |
| Verfestigung. | [min] | 5 | 5 | 5 | 6 | 3 | 7 |
| Rohdichte | [g/cm ³] | 0,37 | 0,38 | 0,37 | 0,43 | 0,67 | 0,57 |

- a) gut streichfähig
- b) relativ dünn
- c) relativ dick

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung eines schnell erhärtenden, anorganischen Schaums, basierend auf der Reaktion von 2 Komponenten:

a) einer festen Komponente in Form eines reaktiven Pulvers, das gleichzeitig sowohl gerüstbildende als auch porenbildende Eigenschaften hat, und
 b) einer flüssigen Komponente in Form eines Alkalimetallsilikats (Wasserglas), **dadurch gekennzeichnet**, dass das reaktive Pulver als wesentliche Bestandteile

45–65 Gew.-% Aluminiumoxid,

10–20 Gew.-% Aluminiumnitrid und

5–15 Gew.-% metallisches Aluminium, und

eine Teilchengröße von mindestens 90 Gew.-% kleiner als 1 mm aufweist, und die beiden Komponenten im Gewichtsverhältnis von Pulver zu flüssiger Komponente von 0,5–2 maximal 1 Minute lang bei Raumtemperatur zu einer Paste gemischt werden, aus der sich dann in einer exothermen Reaktion in weniger als 10 Minuten ein Schaumkörper mit einer Rohdichte von weniger als 0,7 g/cm³ bildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die alkalische Aktivierungslösung eine Alkalimetallsilikatlösung ist mit einem Molverhältnis Siliziumoxid zu Metalloxid von 1,0–2,2.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das reaktive Pulver ein Gewichtsverhältnis von Aluminiumnitrid zu metallischem Aluminium von größer als 1 aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das reaktive Pulver eine Teilchengröße von mindestens 90 Gew.-% kleiner als 300 µm besitzt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das reaktive Pulver mit einem flüssigen Kaliumwasserglas gemischt wird, das ein Molverhältnis (SiO₂:K₂O) von 1,16–1,26 hat.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das reaktive Pulver und die alkalische Aktivierungslösung in Kombination mit weiteren mineralischen Rohstoffen verwendet werden, wie Metakaolin, Flugasche, Schlacke, Puzzolan, Zement, Kalk, Gips, Sand, Glasfasern, Mineralfasern, und gegebenenfalls Zugabe von so viel weiterer alkalischer Aktivierungslösung oder Wasser, wie zur Einstellung einer pastösen Konsistenz der Mischung erforderlich ist.

7. Reaktives Pulver zur Bildung eines schnell erhärtenden Mineralschaums durch Reaktion mit einer alkalischen Aktivierungslösung, dadurch gekennzeichnet, dass das reaktive Pulver als wesentliche Bestandteile

45–65 Gew.-% Aluminiumoxid,

10–20 Gew.-% Aluminiumnitrid und

5–15 Gew.-% metallisches Aluminium, und

eine Teilchengröße von mindestens 90 Gew.-% kleiner als 1 mm aufweist.

8. Reaktives Pulver nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis von Aluminiumnitrid zu metallischem Aluminium größer als 1 ist.

9. Reaktives Pulver nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilchengröße mindestens 90 Gew.-% kleiner als 300 µm beträgt.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen