



(10) **DE 10 2008 047 160 B4** 2013.10.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 047 160.7**
(22) Anmeldetag: **15.09.2008**
(43) Offenlegungstag: **15.04.2010**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.10.2013**

(51) Int Cl.: **C04B 38/00 (2006.01)**
C04B 40/00 (2006.01)

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:
**Xella Technologie- und Forschungsgesellschaft
mbH, 14797, Kloster Lehnin, DE**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Dr. Solf & Zapf, 81543, München,
DE**

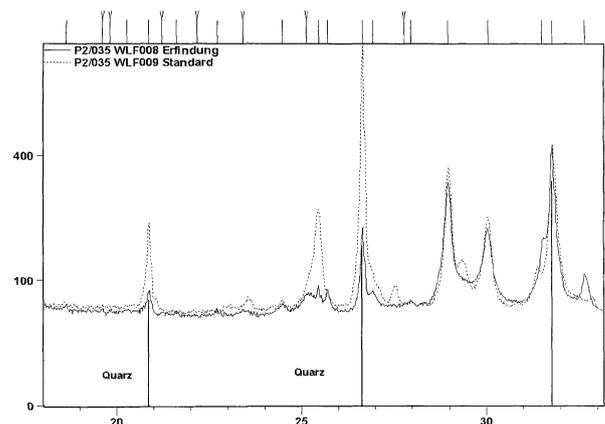
(72) Erfinder:
**Straube, Berit, Dr., (geborene) Kramer, 14822,
Linthe, DE; Reimann, Ute, 03253, Doberlug-
Kirchhain, DE**

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

DE	100 41 368	B4
DE	100 66 270	B4
DE	10 2005 005 258	A1
EP	0 816 303	A1
EP	1 688 401	A2
EP	1 892 226	A2

(54) Bezeichnung: **Porenbetonformsteine sowie Verfahren zu ihrer Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Hydrothermal gehärtete geschnittene Porenbetonformsteine,
– aufweisend ein Mikroporen aufweisendes Feststoffsteggerüst, das, aus einem Schaum resultierende oder durch einen Treibprozess erzeugte, im Vergleich zu den Mikroporen relativ große Poren umgibt,
– wobei das Steggerüst aus Calciumsilikathydrat-Phasen und bis zu 10 M-% Restquarzkörnern ausgebildet ist, wobei das Steggerüst zu über 50 M-% 11 Å-Tobermorit aufweist,
– und die Porenbetonformsteine eine Steindruckfestigkeit von mindestens 2,5 N/mm², eine Rohdichte zwischen 300 und 400 kg/m³ sowie eine Wärmeleitfähigkeit von höchstens 0,09 W/mK aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft hydrothermal gehärtete Porenbetonformsteine sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

[0002] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird der Begriff „Porenbeton“ für ein hydrothermal gehärtetes porosiertes Calciumsilikathydratmaterial verwendet, dessen Festigkeit im Wesentlichen aus der Bildung des Minerals Tobermorit im Hydrothermalprozess resultiert und das aus wässrigen Mischungen aus mindestens einem mineralischen Bindemittel mit mindestens einer im Hydrothermalprozess reaktionsfähigen CaO-Komponente wie z. B. Zement und/oder gebrannter Kalk oder Kalkhydrat und mindestens einem mineralischen Zuschlagstoff mit einer im Hydrothermalprozess reaktionsfähigen SiO₂-Komponente wie Quarzmehl sowie einem Gasbildner wie Aluminiumpulver oder Aluminiumpaste oder einem vorgefertigten Schaum hergestellt worden ist. (Für die mit Schaum hergestellten Produkte wird häufig auch der Begriff „Schaumbeton“ verwendet.)

[0003] Die bekannten Porenbetonprodukte weisen als Baumaterial gute bauphysikalische Eigenschaften, insbesondere relativ hohe Druckfestigkeiten bei relativ geringer Rohdichte und relativ geringer Wärmeleitfähigkeit auf.

[0004] Porenbeton besteht im Wesentlichen aus einer Stegmatrix aus Calciumsilikathydratmaterial und Restquarzkörnern und/oder im Hydrothermalprozess inerten Gesteinsmehlkörnern, deren Stege die aus der Porosierung entstandenen bzw. erzeugten relativ großen Poren umgeben. Zudem weist die Stegmatrix eine Mikroporosität auf. (Im Folgenden wird für Calciumsilikathydrat auch die gebräuchliche Abkürzung CSH verwendet.) Ziel vieler Weiterentwicklungen ist, die Wärmeleitfähigkeit weiter zu senken möglichst unter Beibehaltung der geforderten Normfestigkeiten und Rohdichten.

[0005] Beispielsweise befasst sich die DE 100 41 368 B4 unter anderem mit der Absenkung der Wärmeleitfähigkeit und der Rohdichte von Porenbeton. Es wird vorgeschlagen, eine Kornverteilung eines Zuschlagstoffes auszuwählen, die möglichst viele Gefügehohlräume mit Stützkörnern ausbildet, während im Verhältnis hierzu und zur Größe der Stützkörner eines Stützkorngefüges nur wenige Berührungspunkte der Stützkörner untereinander und damit nur wenige Wärmebrücken gebildet werden. Dies soll insbesondere dadurch gelingen, dass eine Grobkornfraktion mit einem engen Kornband verwendet wird, so dass die Größenunterschiede zwischen den einzelnen Körnern möglichst gering sind. Um eine gegenüber der Verwendung von Quarz weiter abgesenkte Wärmeleitfähigkeit zu erreichen, soll das grobe Stützkorngefüge des Zuschlagstoffes aus Mineralien oder Gesteinen ausgebildet werden, die bei ähnlichem Festigkeitsniveau eine geringere Wärmeleitfähigkeit besitzen als Quarz wie z. B. Kalkstein.

[0006] Eine gleiche Lehre ergibt sich aus der DE 100 66 270 B4. Auch bei dieser Erfindung wird die Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit mit der Korngröße des Stützkorngefüges gesteuert eingestellt.

[0007] Nach der EP 1 892 226 A2 wird versucht, die Wärmeleitfähigkeit eines Porenbetonbausteins dadurch zu reduzieren, dass während der Herstellung einem oder mehreren Ausgangsmaterialien und/oder Zwischenprodukten Partikel eines mikro- oder nanoporösen Materials zugegeben werden. Genannt werden mikro- bzw. nanoporöse Kieselsäure oder Zeolith-Material. Diese Materialien sollen den Prozess des Autoklavierens schadlos überstehen und in die Matrix des Calcium-Silikat-Materials bzw. im hydrothermal gehärteten Baustein in seiner Grundmatrix eingebunden sein.

[0008] Alle bisher bekannten Verfahren erreichen eine Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit durch eine Verbesserung der Tragfähigkeit der Stege des Steggerüsts bzw. Steggefüges, wodurch die Rohdichte abgesenkt und dadurch auch die Wärmeleitfähigkeit verringert werden. Zum Beispiel wurde im Jahr 1998 normenmäßig ein Porenbeton der Rohdichte 350 kg/m³ für die Druckfestigkeitsklasse P2 (2,5 N/mm²) mit einem Rechenwert für die Wärmeleitfähigkeit von 0,09 W/mK eingeführt. Eine weitere Absenkung der Wärmeleitfähigkeit auf einen Rechenwert von z. B. 0,08 W/mK kann zwar durch eine weitere Reduzierung der Rohdichte auf z. B. 300 kg/m³ erzielt werden, dies geht aber zu Lasten der Druckfestigkeiten, indem nur noch Steindruckfestigkeiten bis 1,6 N/mm² erreicht werden können.

[0009] Neben hydrothermal gehärteten Porenbetonformsteinen genormter Güteklassen sind hydrothermal gehärtete leichte offenporige Dämmplatten mit Rohdichten, z. B. unter 130 kg/m³ und Wärmeleitfähigkeiten unter 0,045 W/mK bekannt, die z. B. Druckfestigkeiten zwischen 0,20 und 0,40 N/mm² aufweisen und deren Gesamtporosität bei 90 bis 98 Vol.-% liegt. Deren Herstellung basiert auf hohes Porenvolumen gewährleisten-

den Rezepturen, deren Verwendung für Porenbetonformsteine mit weit höheren genormten Festigkeitsklassen nicht geeignet sind (EP 0 816 303 A1, EP 1 688 401 A2, DE 10 2005 005 258 A1).

[0010] Aufgabe der Erfindung ist, kostengünstig herstellbare Porenbetonformsteine zu schaffen, die zumindest der Druckfestigkeitsklasse P2 (mindestens 2,5 N/mm² Steindruckfestigkeit) genügen und eine Wärmeleitfähigkeit von maximal 0,09, insbesondere maximal 0,08 W/mK aufweisen.

[0011] Die Erfindung sieht vor, das Steggerüst aus Calciumsilikathydratphasen, insbesondere aus 11 Å-Tobermorit auszubilden und durch die hiermit einhergehenden Auflösungsprozesse nur einen Restquarzkorngehalt von maximal 10 Masse-% (im Folgenden wird die Abkürzung M-% statt Masse-% verwendet) zuzulassen. Normaler handelsüblicher Porenbeton weist im Steggerüst zwar auch 11 Å-Tobermorit auf, darüber hinaus aber immer Restquarzkörnergehalte weit über 10 M-%, in der Regel zwischen 25 und 35 M-%. Demgemäß liegen die Tobermoritgehalte entsprechend niedriger, und zwar in der Regel unter 55 M-%, während sie beim erfindungsgemäßen Porenbetonmaterial vorzugsweise über 55 M-%, insbesondere über 60 M-% liegen.

[0012] Im Rahmen der Erfindung wurde entgegen dem bisherigen Wissen festgestellt, dass die Restquarzkörner eines Stützgefüges bzw. eines Stützgerüsts eine weitere Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit verhindern. Erst die Verminderung der Quarzkörner unter 10 M-% im Steggefüge lässt es zu, Wärmeleitfähigkeiten auch unter 0,08 W/mK zu erwirken.

[0013] Bild 1 zeigt in einem Röntgenbeugungsdiagramm den Quarzgehalt eines handelsüblichen Porenbetonmaterials P2/035 mit einer gestrichelten Linie und den Restquarzgehalt eines erfindungsgemäßen Porenbetonmaterials P2/035 mit der durchgezogenen Linie).

[0014] Deutlich erkennbar ist, dass der Restquarzgehalt in einem erfindungsgemäßen Porenbetonmaterial weitaus geringer ist als in einem handelsüblichen Porenbetonmaterial.

[0015] Die Reduzierung des Restquarzkörnergehaltes sollte < 10, insbesondere < 8, vorzugsweise < 5 M-% sein.

[0016] Überraschend ist, dass das im Wesentlichen aus 11 Å-Tobermorit bestehende Steggefüge bzw. Steggerüst geringere Werte der Wärmeleitfähigkeit gewährleistet, obwohl das Kristallgefüge der CSH-Phasen relativ dicht ist und sehr viele Kontaktstellen aufweist. Geklärt ist dieses Phänomen noch nicht. Nach der Erfindung ist das Calciumsilikathydratsteggerüst mit den Restquarzkörnergehalten unter 10 M-% herstellbar, indem dafür gesorgt wird, dass die SiO₂-Komponente im Hydrothermalprozess vollständig bzw. nahezu vollständig (< 10 M-% Restquarzkörner) mit der CaO-Komponente zu Calciumsilikathydratphasen, insbesondere kristallinen CSH-Phasen, mit überwiegend zu sehr gut auskristallisiertem 11 Å-Tobermorit reagiert. Die bekannten Calciumsilikathydratphasen CSH-I und/oder CSH-II können ebenfalls vorhanden sein. In jedem Fall sollte der 11 Å-Tobermorit hoher Kristallinität überwiegen (über 50 M-%).

[0017] Herstellungstechnisch wird dies erreicht durch empirisch zu ermittelnde Autoklavbedingungen und durch die Verwendung eines sehr feinen Quarzmehls als SiO₂-Komponente, das eine spezifische Oberfläche über 6000 cm²/g (gemessen nach Blaine) aufweist. Insbesondere sollte die Feinheit zwischen 8000 und 12000 cm²/g liegen. Mit kryptokristallinen Kieselsäuren, z. B. mit pyrogener Kieselsäure oder gefällter Kieselsäure oder mit Mikrosilika (amorphes SiO₂, das bei der Herstellung von Siliziummetallen aus Ferrosilizium entsteht), gelingt das nicht.

[0018] Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Porenbetonsteine werden z. B. die folgenden Bestandteile zusammengemischt (Angaben in M-%, bezogen auf die trockene Mischung):

Quarzmehl (SiO ₂ -Gehalt 85 bis 100 M-%)	25 bis 45 insbesondere 30 bis 40
Gesteinsmehl	0 bis 20 insbesondere 5 bis 15
Zement insb. Portlandzement	15 bis 45 insbesondere 30 bis 40
Branntkalk (CaO-Gehalt 99 bis 80 M-%)	10 bis 30 insbesondere 15 bis 25

und/oder Kalkhydrat (CaO-Gehalt 50 bis 70 M-%)	0 bis 20 insbesondere 0 bis 10
Sulfatträger, z. B. Anhydrit (CaSO ₄)	bis 8 insbesondere 2 bis 6
Porenbetonmehl (aus erfindungsgemäßer Produktion)	0 bis 30 insbesondere 10 bis 20
Porenbetonrückgut (aus erfindungsgemäßer Produktion)	0 bis 20 insbesondere 2 bis 12
Aluminiumkomponente oder Schaumkomponente (vorgemischt und untergemischt z. B. gemäß EP 0 816 303 B1)	0,6 bis 0,7 Rohdichte: 40 bis 50 kg/m ³

[0019] Die Erfindung sieht vor, als CaO-Komponente insbesondere Branntkalk mit im Autoklavprozess reagierenden CaO-Gehalten zwischen 80 und 99, insbesondere zwischen 93 und 96 M-% zu verwenden. Das verwendete Quarzmehl, das mengenmäßig als SiO₂-Komponente auf die CaO-Gehalte der CaO-Komponente abgestimmt ist, so dass eine vollständige bis nahezu vollständige Reaktion mit dem CaO der CaO-Komponente zu CSH-Phasen, überwiegend zu 11 Å-Tobermorit im Autoklaven abläuft, weist eine spezifische Oberfläche gemessen nach Blaine über 6000 cm²/g, insbesondere über 7000 cm²/g, ganz besonders über 8000 cm²/g und z. B. SiO₂-Gehalte zwischen 85 und 100 M-% auf. Eine obere Feinheitsgrenze ist z. B. 12000 cm²/g, insbesondere 14000 cm²/g. Wenn zudem Gesteinsmehl verwendet wird, sollte dies zweckmäßigerweise die gleichen Blainewerte aufweisen. Der Sulfatträger (z. B. Anhydrit) wird mit üblicher Feinheit verwendet. Das Porenbetonmehl sollte eine Feinheit unter 1000 µm, insbesondere unter 750 µm aufweisen. Das Porenbetonrückgut stammt aus einer Vorproduktion zur Herstellung des erfindungsgemäßen Porenbetonmaterials, z. B. aus einem Sägeabfall.

[0020] Erfindungsgemäße gießfähige wässrige Mischungen aus den genannten Bestandteilen weisen Wasser-Feststoff-Werte zwischen 0,7 und 0,95, insbesondere zwischen 0,75 und 0,85 auf. Der Wasser-Feststoff-Wert bekannter Mischungen liegt meist bei 0,6.

[0021] Vorteilhaft ist, Porenbetonmehl und/oder Gesteinsmehl wie Kalksteinmehl, Rhyolithmehl oder Zeolithmehl gemeinsam mit dem Quarzmehl zuzugeben.

[0022] Die gießfähige Masse wird bezüglich ihrer Viskosität so eingestellt, dass sie ein Ausbreitmaß gemessen entsprechend DIN EN 12 350-5 zwischen 37 und 27, insbesondere zwischen 31 und 29 cm aufweist. Aufgrund dieser relativ niedrigen Viskosität ist in der Regel die Einbringung von Vibrations- oder Rüttelenergie in die in der Gießform befindliche Masse nicht erforderlich.

[0023] Die Masse ist vorzugsweise so eingestellt, dass sie in der Gießform schon nach Standzeiten zwischen 120 bis 170, insbesondere nach 130 bis 140 Minuten derart angesteift ist, dass sie wie üblich entformt und geschnitten werden kann.

[0024] Anschließend erfolgt das Autoklavieren unter für eine Porenbetonherstellung üblichen Autoklavbedingungen z. B. zwischen 6 und 10 Stunden.

[0025] Die autoklavierten z. B. als geschnittene Formkörper vorliegenden Porenbetonsteine weisen als Matrix das beschriebene Steggerüst aus Calciumsilikathydratphasen, überwiegend, d. h. über 50 M-% aus 11 Å-Tobermorit hoher Kristallinität und einen Restquarzkörnergehalt unter 10 M-% auf, wobei die Wärmeleitfähigkeit 0,08 W/mK und weniger und die Steindruckfestigkeit mindestens 2,5 N/mm² betragen, insbesondere bei Rohdichten zwischen 300 und 400, vorzugsweise zwischen 320 und 380 kg/m³.

[0026] In der folgenden Tabelle sind Versuchsergebnisse aufgeführt. Hergestellt wurden Porenbetonsteine der Güteklasse P2/035 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, und es wurden die Restquarzgehalte sowie 11 Å-Tobermoritgehalte festgestellt. Die jeweilige Menge ist in M-% angegeben.

Versuche	Tobermorit M-% *	Quarz M-% *	Wärmeleitfähigkeit (W/mK)
GV06	63,4	2,9	0,0758

GV07	68,9	2,8	0,0761
GV08	62,7	2,6	0,0759
W76	57,0	4,7	0,0754
GV108	58,5	4,8	0,0756
GV126	66,0	3,8	0,0761

* berechnet nach der Rietveld-Analyse

[0027] Aus der Tabelle ergibt sich, dass überdurchschnittlich geringe Quarzgehalte zwischen 2,6 und 4,8 M-% erzielt werden konnten.

[0028] Der Tobermoritgehalt lag relativ hoch zwischen 57,0 und 68,9 M-%. Die Versuchsprodukte wiesen eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,075 und 0,076 W/mK auf.

Patentansprüche

1. Hydrothermal gehärtete geschnittene Porenbetonformsteine,
 - aufweisend ein Mikroporen aufweisendes Feststoffsteigerüst, das, aus einem Schaum resultierende oder durch einen Treibprozess erzeugte, im Vergleich zu den Mikroporen relativ große Poren umgibt,
 - wobei das Steigerüst aus Calciumsilikathydrat-Phasen und bis zu 10 M-% Restquarzkörnern ausgebildet ist, wobei das Steigerüst zu über 50 M-% 11 Å-Tobermorit aufweist,
 - und die Porenbetonformsteine eine Steindruckfestigkeit von mindestens 2,5 N/mm², eine Rohdichte zwischen 300 und 400 kg/m³ sowie eine Wärmeleitfähigkeit von höchstens 0,09 W/mK aufweist.
2. Porenbetonformsteine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeleitfähigkeit höchstens 0,08 W/mK beträgt.
3. Porenbetonformsteine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Restquarzkörnergehalt unter 8, insbesondere unter 5 M-% beträgt.
4. Porenbetonsteine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Rohdichte zwischen 320 und 380 kg/m³ aufweisen.
5. Verfahren zur Herstellung von Porenbetonsteinen nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine wässrige, gießfähige Mischung aus
 - mindestens einer hydrothermal reagierenden CaO-Komponente,
 - mindestens einer hydrothermal reagierenden SiO₂-Komponente,
 - und mindestens einem Treibmittel oder mindestens einem Schaum
 hergestellt, in Formen gegossen, zu einem Porenbetonkuchen ansteifen gelassen und der Porenbetonkuchen geschnitten wird, anschließend der geschnittene Porenbetonkuchen in einen Autoklaven verbracht und hydrothermal gehärtet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

als SiO₂-Komponente ein Quarzmehl mit einer spezifischen Oberfläche von mindestens 6000 cm²/g, gemessen nach Blaine, verwendet wird und Wasserfeststoffwerte zwischen 0,7 und 0,95 eingestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Quarzmehl mit einer spezifischen Oberfläche über 6.000, insbesondere über 7.000 cm²/g und bis maximal eine spezifische Oberfläche von 14.000 cm²/g verwendet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 und/oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass Mischungen aus folgenden Bestandteilen hergestellt und hydrothermal gehärtet werden:

Angaben in M-%, bezogen auf die trockene Mischung

Quarzmehl (SiO ₂ -Gehalt 85 bis 100 M-%)	25 bis 45 insbesondere 30 bis 40
Gesteinsmehl	0 bis 20 insbesondere 5 bis 15
Zement. insb. Portlandzement	15 bis 45 insbesondere 30 bis 40
Brantkalk (CaO-Gehalt 99 bis 80 M-%)	0 bis 30 insbesondere 15 bis 25
und/oder Kalkhydrat (CaO-Gehalt 50 bis 70 M-%)	0 bis 20 insbesondere 0 bis 10
Sulfatträger, z. B. Anhydrit (CaSO ₄)	bis 8 insbesondere 2 bis 6
Porenbetonmehl (aus erfindungsgemäßer Produktion)	0 bis 30 insbesondere 10 bis 20
Porenbetonrückgut (aus erfindungsgemäßer Produktion)	0 bis 20 insbesondere 2 bis 12
Aluminiumkomponente oder Schaumkomponente (vorgemischt und untergemischt z. B. gemäß EP 0 816 303 B1)	0,6 bis 0,7 Rohdichte: 40 bis 50 kg/m ³

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Wasserfeststoffwerte zwischen 0,75 und 0,85 verwendet werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass Gesteinsmehl mit einer spezifischen Oberfläche nach Blaine von mindestens 6.000 cm²/g, insbesondere über 7.000 cm²/g, und bis maximal eine spezifische Oberfläche bis 14.000 cm²/g verwendet wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass Porenbetonmehl mit einer Feinheit von < 1.000, insbesondere von < 750 µm verwendet wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die gießfähige Mischung bezüglich ihrer Viskosität so eingestellt wird, dass sie ein Ausbreitmaß zwischen 37 und 27, insbesondere zwischen 31 und 29 cm aufweist, gemessen entsprechend DIN EN 12 350-5.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

