(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2017 206 427 A1** 2017.10.19

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 206 427.7**
(22) Anmeldetag: **13.04.2017**
(43) Offenlegungstag: **19.10.2017**

(51) Int Cl.: ***C04B 38/08*** (2006.01)
C04B 38/10 (2006.01)
C04B 28/10 (2006.01)
C04B 28/16 (2006.01)
C04B 14/06 (2006.01)
C04B 28/20 (2006.01)
C04B 14/28 (2006.01)
C04B 18/00 (2006.01)
C04B 14/02 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2016 206 138.0 13.04.2016

(71) Anmelder:
Hochschule Bremen, 28199 Bremen, DE; Stiftung Institut für Werkstofftechnik IWT - Rechtsfähige Stiftung des bürgerlichen Rechts, 28359 Bremen, DE

(74) Vertreter:
Taruttis und Kollegen, 30159 Hannover, DE

(72) Erfinder:
Kropp, Jörg, Prof. Dr.-Ing., 28357 Bremen, DE; Hlawatsch, Frank, Dipl.-Ing., 28790 Schwanewede, DE; Küstermann-Degen, Ricarda, Dipl.-Ing., 27729 Hambergen, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Werksteins aus groben Porenbetonrezyklaten.**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werksteins aus groben Porenbetonrezyklaten, die z.B. zerkleinerter Porenbeton mit einer Korngröße von zumindest 4 mm sind und die insbesondere durch Zerkleinern von Porenbeton und Sieben erhältlich sind, mit einer meist mit Schaum versetzten Bindemittelmasse.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werksteins aus groben Porenbetonrezyklaten, die z.B. zerkleinerter Porenbeton mit einer Korngröße von zumindest 4 mm sind, z.B. bis 125 mm, bis 63 mm oder bis 32 mm Korngröße, und die insbesondere durch Zerkleinern von Porenbeton und Sieben erhältlich sind. Zerkleinerter Porenbeton wird hier auch als Rezyklat bezeichnet. Generell ist die Korngröße so einzustellen, dass sie unterhalb der Abmessungen des herzustellenden Werksteins liegt, z.B. um den Faktor 1,5 bis 10 kleiner als die kleinste Kantenlänge des Werksteins. Der Porenbeton, der zerkleinert wird, kann z.B. ein Bauprodukt sein, z.B. Porenbetonbruch oder Porenbetonbruchrezyklat, z.B. Bruch aus der Herstellung von Porenbeton und/oder aus dem Abbruch von Gebäuden. Entsprechend betrifft die Erfindung einen Werkstein, der mit dem Verfahren hergestellt ist und in einer mineralischen Matrix aus gehärteter Bindemasse Porenbetonbruchrezyklat enthält.

[0002] Bevorzugt weisen die mit dem Verfahren hergestellten Werksteine ähnliche Festigkeiten auf, wie der ursprüngliche Porenbeton, aus dem das Rezyklat erzeugt wurde.

[0003] Der mit dem Verfahren hergestellte Werkstein hat den Vorteil ähnlicher physikalischer Eigenschaften wie Porenbeton.

[0004] Der Werkstein kann übliche Formate eines Bausteins oder eines plattenförmigen Bauteils aufweisen oder eine unregelmäßige Form haben und generell bewehrt oder unbewehrt sein.

[0005] Der Erfindung stellt sich gegenüber vorbekannten Verfahren, insbesondere gegenüber Verfahren zur Rezyklierung von Porenbetonbruch, die Aufgabe, ein alternatives Verfahren zu Herstellung eines Werksteins aus Rezyklat von Porenbeton bereitzustellen.

[0006] Die Erfindung löst die Aufgabe mit den Merkmalen der Ansprüche und insbesondere mit einem Verfahren, das die Schritte

– Kontaktieren von Rezyklat von Porenbeton mit einer Korngröße von zumindest 4 mm mit einer pumpfähigen Bindemittelmasse
– wobei die pumpfähige Bindemittelmasse
– in einer ersten Ausführungsform eine Mischung aus $CaSO_4$-Anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Feinstsand und/oder Mehl aus Gipsgestein, optional Anreger (insbesondere einen salzartigen Anreger, insbesondere Kaliumsulfat, z.B. zu 0 bis 3 Gew.-% im Verhältnis zu $CaSO_4$-Anhydrit, und/oder einen basischen Anreger, insbesondere $Ca(OH)_2$, z.B. zu 0 bis 7 Gew.-% im Verhältnis zu $CaSO_4$-Anhydrit), in Wasser, bevorzugt im Gewichtsverhältnis 0,20 bis 0,80 Wasser, optional und bevorzugt mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, oder
– in einer zweiten Ausführungsform eine Mischung aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel in Wasser, optional mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, aufweist oder daraus besteht,
– Härtenlassen der Bindemittelmasse in Kontakt mit dem Rezyklat in einer Schalung zumindest bis zum Erreichen einer Grünfestigkeit, die zum Ausschalen ausreicht,
– optional mit Aushärten bei atmosphärischen Bedingungen oder durch Autoklav-Härtung, z.B. bei 200 °C für 12 h im Sattdampf,

aufweist oder daraus besteht.

[0007] In einer ersten Variante erfolgt das Kontaktieren des Rezyklats von Porenbeton mit der Bindemittelmasse durch

– Herstellen eines Haufwerks aus dem Rezyklat von Porenbeton in einer Schalung, die in ihrem unteren Bereich einen Einlaß für eine pumpfähige Bindemittelmasse aufweist, und
– Pumpen der pumpfähigen Bindemittelmasse durch den Einlaß in die Schalung,
– wobei das Härtenlassen der Bindemittelmasse in Kontakt mit dem Haufwerk erfolgt.

[0008] Der Einlaß im unteren Bereich der Schalung kann z.B. im Bodenbereich angeordnet sein oder im Bereich der Seitenwände bis zu einer Höhe von 50%, bevorzugt bis zu einer Höhe von 30% oder bis 20% der Gesamthöhe der Schalung. Der Einlaß kann durch eine oder mehrere Öffnungen gebildet sein, die in einer Höhe oder in unterschiedlichen Höhen der Schalung angeordnet sind, übereinander in einer Linie oder entlang des Umfangs der Schalung versetzt. Die Schalung weist zumindest einen Luftauslaß auf, der an ihrer höchsten Stelle angeordnet ist, z.B. eine Öffnung in einem Deckel, der die Schalung nach oben abschließt.

[0009] Die Schalung wird mit dem Haufwerk befüllt, z.B. in Form einer Schüttung, bevorzugt bis das Haufwerk die Schalung vollständig ausfüllt. Durch das Pumpen der Bindemittelmasse in das von der Schalung eingefasste Haufwerk bis zur vollständigen Füllung der Schalung werden die Hohlräume des Haufwerks gefüllt und das Haufwerk mit der Bindemittelmasse verbunden. Das Rezyklat von Porenbeton, z.B. durch Zerkleinern von Porenbeton erhalten, weist bevorzugt Korngrößen von 4 bis 125 mm, bis 63 mm oder bis 32 mm auf und kann auf Basis von Fuller-Kurven, bezogen auf die Korngrößen, zusammengestellt werden. Das Rezyklat kann auch aus einer Einzelkörnung bestehen, z.B. von 8 mm / 16mm, oder aus einer Kombination von zumindestens zwei Einzelfraktionen, z.B. 8 mm / 32 mm. Die Schalung wird oben mit einem Deckel verschlossen, der durch das Bindemittel verdrängte Luft austreten lässt.

[0010] Optional kann zumindest eine Öffnung des Einlasses einen Auslaß bilden, bis die in die Schalung gepumpte Bindemittelmasse einen Füllspiegel in der Schalung in der Höhe der Öffnung erreicht. In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Schalung übereinander im gleichen vertikalen Abstand angeordnete Öffnungen auf, die den Einlaß bilden, wobei jeweils eine Teilmenge der Bindemittelmasse in die Schalung gepumpt wird, bis der Spiegel der Bindemittelmasse die nächste Öffnung erreicht oder überschreitet und Bindemittelmasse daraus austritt, und anschließend durch diese Öffnung die nächste Teilmenge der Bindemittelmasse in die Schalung gepumpt wird, bis der Spiegel der Bindemittelmasse die nächst höhere Öffnung erreicht. Diese Schritte werden wiederholt, bis die Schalung vollständig gefüllt ist, was durch das Austreten von Bindemittelmasse durch den höchstgelegenen Auslaß, der z.B. am Deckel angeordnet ist, austritt. Bevorzug haben die Teilmengen jeweils ein gleiches Volumen, bzw. sind so bemessen, dass sie einen vergleichbar langen Weg durch das Haufwerksgefüge zwischen Einlass und Auslass absolvieren.

[0011] Dabei kann der Schaum zugemischt oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen in Mischung mit der Bindemittelmasse erzeugt werden, bevorzugt in einem Volumenverhältnis der Mischung mit Wasser zu Schaum von 1:0,5 bis 1:3 oder bis 1:2,5, z.B. 1:1 bis 1:2. Weniger bevorzugt kann das Zumischen des Schaums entfallen. Das optionale Entfallen des Zumischens von Schaum erfolgt nur bei der ersten Ausführungsform (Bindemittel nur Anhydrit).

[0012] Der Schaum kann aus den üblichen Schäumungsmitteln Tensiden und/oder Protein in Wasser durch Aufschlagen mit Luft erzeugt werden. Dabei kann der Schaum entweder separat vor der Zumischung zu der Bindemittelmasse erzeugt werden oder nach Zumischung von Schäumungsmittel in die Bindemittelmasse durch Aufschlagen der Mischung einschließlich der Bindemittelmasse mit Luft. Auch aluminiumhaltiges Schäumungsmittel kann zum Zwecke der Porosierung als Treibmittel eingesetzt werden.

[0013] In der ersten Ausführungsform enthält die Mischung ($CaSO_4$-anhydrit + Anreger) bevorzugt im Gewichtsverhältnis 0,25 bis 0,65 Wasser. Der Anreger kann ein salzartiger Anreger sein, z.B. Kaliumsulfat, z.B. zu max. 3 Gew.-% im Verhältnis zu $CaSO_4$-anhydrit, und/oder ein basischer Anreger, z.B. $Ca(OH)_2$, z.B. zu max. 7 Gew.-% im Verhältnis zu $CaSO_4$-anhydrit. Auch die Kombination der basischen und der salzartigen Anregung als „gemischte“ Anregung ist möglich.

[0014] In der ersten Ausführungsform kann das Volumenverhältnis der Mischung aus $CaSO_4$-anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Feinstsand und/oder Mehl aus Gipsgestein, optional Anreger (z.B. Kaliumsulfat oder $Ca(OH)_2$), in Wasser zu Schaum 1:0 bis 1:2 betragen. In der zweiten Ausführungsform beträgt das Volumenverhältnis des Kalk-Zement-Quarz-Mörtels in Wasser zu Schaum bevorzugt 1:0,5 bis 1:3 oder bis 1:2,5. Die erste Ausführungsform hat den Vorteil, dass das Bindemittel keinen Zement enthält. Ein Vorteil der Bindemittel ist generell, dass optional das $CaSO_4$ solches ist, das auch oder ausschließlich aus Rauchgasentschwefelungsanlagen stammen kann. Die Verwendung von Anhydrit aus synthetischen Prozessen oder natürlichen Quellen sind zusätzlich oder alternativ möglich.

[0015] In der zweiten Ausführungsform enthält der Kalk-Zement-Quarz-Mörtel ohne Zusatz von Schaum, Hohlpartikeln oder Treibmittel, bzw. ohne Erzeugung von Schaum

- 200 bis 450 kg/m^3 quarzhaltigen Sand und/oder Quarzmehl,
- 20 bis 180 kg/m^3 Branntkalk (CaO),
- 20 bis 180 kg/m^3 Zement, z.B. CEM I bis CEM V,
- bis 30 kg/m^3 $CaSO_4$-anhydrit,
- 200 bis 600 kg/m^3, bevorzugt bis 450 kg/m^3 Wasser,
- optional Zuschlagstoffe, z.B. Steinkohlenflugasche, Kalksteinmehl und/oder Gesteinsmehl,

oder besteht daraus. Schaum, Schäumungsmittel, Treibmittel und/oder Hohlpartikel können anschließend zugesetzt werden bzw. herausgerechnet und nicht berücksichtigt werden.

[0016] Die zweite Ausführungsform hat den Vorteil, dass das $CaSO_4$-anhydrit solches aus der Rauchgasentschwefelung sein kann.

[0017] Die Bindemittelmassen enthalten optional kein Treibmittel, z.B. kein Aluminiumpulver, wie es bei der Herstellung von Porenbeton eingesetzt werden kann. Alternativ kann der Bindemittelmasse Aluminiumpulver oder -paste zur Porenerzeugung zugemischt werden.

[0018] In der ersten Ausführungsform kann die Zusammensetzung aus dem Haufwerk und der Bindemittelmasse nach atmosphärischer Härtung, insbesondere bei Raumtemperatur, aus der Schalung entfernt werden, ggf. nach hinreichender Grünfestigkeit aus der Schalung entfernt werden und atmosphärisch aushärten gelassen werden, um den Werkstein herzustellen. Optional kann anschließend eine hydrothermale Härtung erfolgen.

[0019] In der zweiten Ausführungsform wird die Zusammensetzung aus dem Haufwerk und der Bindemittelmasse durch Autoklavbehandlung gehärtet, z.B. bei 180 bis 200 °C. Optional kann die Zusammensetzung aus dem Haufwerk und der Bindemittelmasse nach Erreichen einer hinreichenden Grünfestigkeit aus der Schalung entfernt werden und anschließend im Autoklaven gehärtet werden, alternativ kann die Zusammensetzung noch in der Schalung im Autoklaven gehärtet werden.

[0020] Es hat sich gezeigt, dass der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Werkstein ähnliche Festigkeitswerte aufweist, wie der ursprüngliche Porenbeton, der zu dem Rezyklat zerkleinert wurde.

– In einer zweiten Variante erfolgt das Kontaktieren des Rezyklats von Porenbeton mit der Bindemittelmasse dadurch, dass das Rezyklat von Porenbeton mit der pumpfähigen Bindemittelmasse erst gemischt und dann in eine Schalung gefüllt wird, die im Unterschied zur Schalung der ersten Variante keinen Einlaß für pumpfähige Masse aufweisen muss und bevorzugt mit einem Deckel dicht verschlossen werden kann, der eine Auslaß für Luft haben kann. Nach Aushärtenlassen zumindest bis zu einer Grünfestigkeit, die zum Ausformen ausreicht, werden die Werksteine aus der Schalung ausgeformt. In der zweiten Variante kann die pumpfähige Bindemittelmasse die mit Bezug auf die erste Variante genannte Zusammensetzung aufweisen oder daraus bestehen, z.B. in einer ersten Ausführungsform eine Mischung aus $CaSO_4$-anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Feinstsand und/oder Mehl aus Gipsgestein, optional Anreger (insbesondere Kaliumsulfat und/oder $Ca(OH)_2$), in Wasser, optional und bevorzugt mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, oder
– in einer zweiten Ausführungsform eine Mischung aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel in Wasser, optional mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, bevorzugt mit anschließender Autoklavbehandlung, oder
– in einer zusätzlichen dritten Ausführungsform ein hydraulisch härtendes Bindemittel, bevorzugt Zement CEM I bis V gemäß EN 197, bevorzugt mit zugesetztem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum,

aufweisen oder daraus bestehen.

[0021] Generell können anstelle von Schaum Hohlpartikel im gleichen Volumenverhältnis zugemischt werden, z.B. hohle Keramik- oder Glaspartikel.

[0022] In der zweiten Variante wird bevorzugt das Rezyklat von Porenbeton zu einer vollständig angemischten, optional mit Schaum, Hohlpartikeln und/oder Treibmittel vermischten Bindemittelmasse zugegeben und in diese eingemischt und anschließend die Schalung gefüllt.

[0023] Bevorzugt wird das Rezyklat von Porenbeton vor der Zugabe von Bindemittelmasse bzw. vor dem Zugeben in die Bindemittelmasse vorgenässt. Das Vornässen des Porenbetons oder des Rezyklats von Porenbeton kann durch Lagerung unter Wasser, bevorzugt für 10 min und optional mit anschließender oberflächlicher Trocknung, z.B. durch Abtropfenlassen auf einem Sieb für bis zu 24 h, oder durch Besprühen mit Wasser oder durch Lagern im Wasserdampf erfolgen.

[0024] Bei Lagerung des Rezyklates aus Porenbeton unter Wasser für die Dauer von einem Tag oder länger kann Wasser bis zu einer Menge von 50 Masse-%, z.T. sogar bis zu 70 Masse-% des Porenbetons oder mehr vom Rezyklat aufgenommen werden. Verbleibt das Rezyklat aus Porenbeton für nur 10 Minuten unter Wasser mit anschließendem Abtropfen auf einem Sieb, so werden i.d.R. bereits bis zu 10 Ma.-% und z.T. auch größere Mengen Wasser im Korn aufgenommen. Sind Fremdstoffe, wie z. B. Glas oder Beton, im Rezyklat, z.B. als Zumischung enthalten, so hat die Rezyklat-Mischung ein reduziertes Wasseraufnahmevermögen der, da mineralische Fremdstoffe meist deutlich weniger Wasser aufnehmen können. Grundsätzlich gilt, je höher

der Anteil an mineralischen Fremdstoffen im Rezyklatgemisch ist desto geringer ist das Wasseraufnahmevermögen der Mineralstoff-Mischung und desto höher sind die noch Rohdichten der Körnungen und der daraus gefertigten Steine. Optional kann das Rezyklat massive Fremdstoffe enthalten, z.B. Glas- oder Betonpartikel.

[0025] Alternativ oder zusätzlich zum Vornässen des Rezyklats von Porenbeton wird bevorzugt der Bindemittelmasse ein Zusatzmittel zur Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens zugesetzt. Dieses Zusatzmittel kann z.B. Methylcellulose bzw. Celluloseether sein, z.B. in einem Anteil von bis zu 2 Gew.-% bezogen auf die Bindemittelmasse. Alternativ oder zusätzlich kann das Wasserrückhaltevermögen der Bindemittelmasse durch eine günstige gestufte Abstimmung der Korngrößen aller verwendeten Bindemittel- und Gesteinsmehl-Komponenten durchgeführt werden in der Form, dass minimalste Haufwerksporen zwischen den unterschiedlich großen Partikeln verbleiben.

[0026] Es hat sich gezeigt, dass das Vornässen des Porenbetons bzw. des Rezyklats von Porenbeton zu einer Verbesserung des Verbunds zwischen dem Rezyklat und der Bindemittelmasse im hergestellten Werkstein führt. Auch der Zusatz von Zusätzen zur Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens zu der Bindemittelmasse führt zu einer Verbesserung des Verbunds zwischen dem Rezyklat und der Bindemittelmasse im hergestellten Werkstein.

Beispiel 1: Herstellung von Werksteinen durch Pumpen von Bindemittelmasse in ein Haufwerk aus Porenbetonrezyklat:

[0027] Die pumpfähige Bindemittelmasse wurde in ein Haufwerk aus Rezyklat (Recycling-Mat.) von Porenbeton oder zerkleinerten Produktionsresten von Porenbeton (Primär-Mat.) in der angegebenen Körnung injiziert, das von einer Schalung umfasst war. Die pumpfähige Bindemittelmasse bestand aus $CaSO_4$-Anhydrit mit Volumenverhältnis Bindemittelmasse zu Schaum von 1:1. Die Prüfung der hergestellten Steine erfolgte nach 28 Tagen Lagerung unter atmosphärischen Bedingungen (generell 20°C, 65% rel. Luftfeuchte).

Porenbeton-Rezyklat vorgenässt	Bindemittel-Matrix Basis: Anhydrit	Trockenrohdichte [kg/m^3]	Druckfestigkeit [N/mm^2]
Recycling-Mat. 8/16	1 Ma-% KS 7 Ma.-% WKH 0,05 Ma.-% MC w/b = 0,50	820	1,3
Recycling-Mat. 8/32			1,1
Primär-Mat. 8/16		750	2,1
Primär-Mat. 8/32			1,9

Porenbeton-Rezyklat trocken	Bindemittel-Matrix Basis: Anhydrit	Trockenrohdichte [kg/m^3]	Druckfestigkeit [N/mm^2]
Recycling-Mat. 8/16	1 Ma.-% KS 7 Ma.-% WKH 0,05 Ma.-% MC w/b = 0,50	1000	2,2
Recycling-Mat. 8/32		850	1,2
Primär-Mat. 8/16		790	1,6
Primär-Mat. 8/32		760	1,2

Ma.-% = Masse-%; KS = Kaliumsulfat, ein salzartiger Anreger; WKH = $Ca(OH)_2$, ein Bindemittel im Kalk-Zement-Quarz-Mörtel, im Anhydrit-Bindemittel ein basischer Anreger; MC = Methylcellulose; w/b = Mengenverhältnis Wasser zu Bindemittel.

[0028] Vorgenässt = zumindest 90% des Wassergehalts, der nach 24 h Unterwasserlagerung erreicht wird. 90% des Wassergehalts der Unterwasserlagerung für 24h wird nach 10 min Unterwasserlagerung oder Besprühen mit Wasser oder Wasserdampf erreicht.

[0029] Trocken = ausgleichsfeucht, z.B. maximal 5% Wassergehalt, bevorzugt 2–3% Wassergehalt.

[0030] Eine pumpfähige Bindemittelmasse aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel mit Volumenverhältnis Bindemittelmasse zu Schaum von 1:1 wurde in Haufwerke aus Porenbeton in der angegebenen Körnung gepumpt, die Prüfung nach Autoklav-Härtung (generell 200°C, Sattdampf für 12h):

Porenbeton-Rezyklat vorgenässt	Bindemittel-Matrix	Trockenrohdichte [kg/m³]	Druckfestigkeit [N/mm²]
Recycling-Mat. 8/16	60 Ma.-% Quarzmehl 30 Ma.-% Zement, 10 Ma.-% WKH 0,075 Ma.-% MC w/b = 0,60	530	2,8
Recycling-Mat. 8/32		650	3,1
Primär-Mat. 8/16		610	2,6
Primär-Mat. 8/32		560	3,2

Porenbeton-Rezyklattrocken	Bindemittel-Matrix	Trockenrohdichte [kg/m³]	Druckfestigkeit [N/mm²]
Recycling-Mat. 8/16	60 Ma.-% Quarzmehl 30 Ma.-% Zement 10 Ma.-% WKH 0,075 M.-% MC w/b = 0,60	730	3,0
Recycling-Mat. 8/32		740	2,6
Primär-Mat. 8/16		560	3,5
Primär-Mat. 8/32		580	2,2

Beispiel 2: Herstellung von Werksteinen durch Pumpen von Bindemittelmasse in Mischung mit Porenbetonrezyklat in eine Schalung:

[0031] Die pumpfähige Bindemittelmasse aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel mit Volumenverhältnis Bindemittelmasse zu Schaum von 1:1 wurde mit Rezyklat (Recycling-Mat.) von Porenbeton in der angegebenen Körnung gemischt und anschließend in eine Schalung gepumpt. Die Prüfung der hergestellten Steine erfolgte nach Autoklav-Härtung.

Porenbeton-Rezyklat Primärmaterial vorgenässt	Bindemittel-Matrix	Trockenrohdichte [kg/m³]	Druckfestigkeit [N/mm²]
Recycling-Mat. 8/32	60 Ma.-% Quarzmehl 30 Ma.-% Zement, 10 Ma.-% WKH 0,075 Ma.-% MC w/b = 0,60	500	3,1
Porenbeton-Rezyklat Recyclingmaterial vorgenässt	Bindemittel-Matrix	Trockenrohdichte [kg/m³]	Druckfestigkeit [N/mm²]
Recycling-Mat. 8/32	60 Ma.-% Quarzmehl 30 Ma.-% Zement 10 Ma.-% WKH 0,075 M.-% MC w/b = 0,60	570	2,9

[0032] Die Beispiele zeigen, dass ein Werkstein mit ausreichender Druckfestigkeit durch Einpumpen einer Bindemittelmasse in ein Haufwerk aus Porenbetonrezyklat, das in einer Schalung enthalten ist, oder durch Einfüllen einer Mischung aus Porenbetonrezyklat und pumpfähigen Bindemittel in eine Schalung hergestellt wird, bevorzugt mit Autoklav-Härtung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- EN 197 [0020]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werksteins mit grobem Porenbetonrezyklat, das eine Korngröße von zumindest 4 mm aufweist, durch
a. Kontaktieren von Rezyklat von Porenbeton mit einer Korngröße von zumindest 4 mm mit einer pumpfähigen Bindemittelmasse,
b. wobei die pumpfähige Bindemittelmasse
– eine Mischung aus $CaSO_4$-anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Anreger, in Wasser mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, oder
– eine Mischung aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel in Wasser mit zugemischtem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, oder
– ein hydraulisch härtendes Bindemittel, bevorzugt Zement CEM I bis V gemäß EN 197, bevorzugt mit zugesetztem oder durch Zusetzen eines Schäumungsmittels und Aufschlagen erzeugtem Schaum, aufweist oder daraus besteht,
c. Härtenlassen der Bindemittelmasse in Kontakt mit dem Rezyklat in einer Schalung zumindest bis zum Erreichen einer Grünfestigkeit, die zum Ausschalen ausreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Kontaktieren des Rezyklats von Porenbeton durch Herstellen eines Haufwerks aus dem Rezyklat von Porenbeton in einer Schalung, die in ihrem unteren Bereich einen Einlaß für die pumpfähige Bindemittelmasse aufweist, Pumpen der Bindemittelmasse durch den Einlaß in die Schalung und das Härtenlassen der Bindemittelmasse in Kontakt mit dem Haufwerk erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Einlaß durch zumindest zwei Öffnungen gebildet wird, die in unterschiedlichen Höhen der Schalung angeordnet sind und die Bindemittelmasse in einer Teilmenge durch eine untere Öffnung gepumpt wird, bis der Spiegel der Bindemittelmasse die nächst höhere Öffnung erreicht oder überschreitet und anschließend eine nächste Teilmenge durch diese Öffnung in die Schalung gepumpt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Kontaktieren des Rezyklats von Porenbeton durch Zugeben des Rezyklats in die pumpfähige Bindemittelmasse und Einmischen in diese erfolgt und die erhaltene Mischung anschließend in die Schalung gefüllt wird.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die in Kontakt mit dem Rezyklat gehärtete Bindemittelmasse bei atmosphärischen Bedingungen und/oder durch Autoklavbehandlung gehärtet wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die pumpfähige Bindemittelmasse aus
– einer Mischung aus $CaSO_4$-anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Feinstsand und/oder Mehl aus Gipsgestein, optional Anreger, in Wasser, optional mit Schaum und/oder Hohlkörpern, oder
– einer Mischung aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel in Wasser, optional mit Schaum, oder
– einem hydraulisch härtenden Bindemittel, insbesondere Zement, in Wasser, optional mit Schaum, besteht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** dass das $CaSO_4$-anhydrit solches ist, das zumindest teilweise oder vollständig aus Rauchgasentschwefelungsanlagen stammt.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass das $CaSO_4$-anhydrit solches ist, das zumindest teilweise oder vollständig aus synthetischen Prozessen oder natürlichen Quellen stammt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Anreger Kaliumsulfat und/oder $Ca(OH)_2$ ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass bei der Bindemittelmasse, die eine Mischung aus $CaSO_4$-anhydrit (Anhydrit), optional Gesteinsmehl, optional Feinstsand und/oder Mehl aus Gipsgestein, optional Anreger, in Wasser mit Schaum aufweist, der Schaum in einem Volumenverhältnis von der Mischung zu Schaum von 1:0 bis 1:2 zugemischt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass bei der Bindemittelmasse, die eine Mischung aus Kalk-Zement-Quarz-Mörtel in Wasser mit Schaum aufweist, der Schaum in einem Volumenverhältnis von der Mischung mit Wasser zu Schaum von 1:0,5 bis 1:3 zugemischt oder durch Aufschlagen der Mischung erzeugt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Schaum durch Zusetzen von Schäumungsmittel, das insbesondere ein Tensid und/oder Protein ist, zu der Bindemittelmasse und Aufschlagen mit Luft erfolgt und/oder durch Zusetzen von Aluminiumpulver als Treibmittel erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Kalk-Zement-Mörtel
– 200 bis 450 kg/m^3 quarzhaltigen Sand und/oder Quarzmehl,
– 20 bis 180 kg/m^3 Branntkalk (CaO),
– 20 bis 180 kg/m^3 Zement, z.B. CEM I bis CEM V,
– bis 30 kg/m^3 $CaSO_4$-anhydrit, bevorzugt Verringerung des Gehalts an Zement um den Gewichtsanteil des $CaSO_4$-anhydrits,
– 200 bis 450 kg/m^3 Wasser,
– optional Zuschlagstoffe, z.B. Steinkohlenflugasche und/oder Kalksteinmehl aufweist oder daraus besteht.

14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Körnungen des Haufwerks zusammengesetzt sind, die ein möglichst geringes freies Zwischenvolumen bilden, insbesondere zusammengestellt auf Basis von Fuller-Kurven, oder die Körnungen Einzelkörnungen des Rezyklates aus Porenbeton, z.B. 16 mm bis 32 mm oder Gemische aus zwei oder mehreren Einzelfraktionen sind.

15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Bindemittelmasse in Kontakt mit dem Haufwerk nach dem Erreichen einer Grünfestigkeit aus der Schalung entfernt wird.

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Rezyklat von Porenbeton vor der Zugabe von Bindemittelmasse bzw. vor dem Zugeben in die Bindemittelmasse vorgenässt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Rezyklat durch Eintauchen in Wasser für zumindest 10 Minuten bis 24 h vorgenässt wird.

18. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass in die Bindemittelmasse ein Zusatzmittel zur Erhöhung des Wasserrückhaltevermögens eingemischt wird, das aus der Gruppe von Methylcellulose bzw. Celluloseether mit einer Menge von bis zu 2 Ma.-% ausgewählt ist.

19. Werkstein, erhältlich durch ein Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche.

Es folgen keine Zeichnungen