



(10) **AT 516111 A2 2016-02-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 10/2015
(22) Anmeldetag: 08.01.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2016

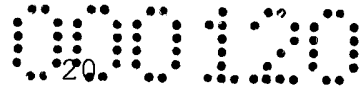
(51) Int. Cl.: **C04B 28/04** (2006.01)
C04B 40/00 (2006.01)

<p>(30) Priorität: 17.07.2014 AT A 567/2014 beansprucht.</p>	<p>(71) Patentanmelder: HOLCIM TECHNOLOGY LTD 8645 RAPPERSWIL-JONA (CH)</p> <p>(74) Vertreter: Haffner und Keschmann Patentanwälte GmbH Wien (AT)</p>
---	---

(54) **Trockene Zementmischung**

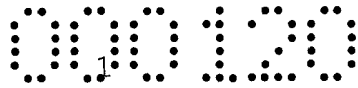
(57) Eine Trockenzementmischung umfasst Portlandzement und eine ultra-feine Komponente, bestehend aus mindestens einem ultra-feinen Zusatzstoff, wobei besagte ultra-feine Komponente ein hydraulisches Bindemittel ist und Portlandzement in einer Menge von mindestens 70 Gew.-% der Mischung vorhanden ist und die ultra-feine Komponente in einer Menge von mindestens 5 Gew.-% der Mischung vorhanden ist, wobei die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$ und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $2\mu\text{m}$ und $8\mu\text{m}$ aufweist.

AT 516111 A2 2016-02-15



Zusammenfassung:

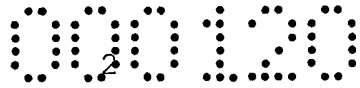
Eine Trockenzementmischung umfasst Portlandzement und eine ultra-feine Komponente, bestehend aus mindestens einem ultra-feinen Zusatzstoff, wobei besagte ultra-feine Komponente ein hydraulisches Bindemittel ist und Portlandzement in einer Menge von mindestens 70 Gew.-% der Mischung vorhanden ist und die ultra-feine Komponente in einer Menge von mindestens 5 Gew.-% der Mischung vorhanden ist, wobei die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$ und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $2\mu\text{m}$ und $8\mu\text{m}$ aufweist.



Die Erfindung bezieht sich auf eine Trockenzementmischung, die Portlandzement und eine ultra-feine Komponente, bestehend aus mindestens einem ultra-feinen Zusatzstoff, umfasst, wobei die ultra-feine Komponente ein hydraulisches Bindemittel ist, sowie eine Betonzusammensetzung, umfassend besagte Zementmischung.

Beton ist ein sehr weit verbreiteter Baustoff mit hoher Festigkeit und guter Haltbarkeit. Zusätzlich zu Zuschlägen und Wasser, enthält dieser auch Portlandzement als hydraulisches Bindemittel, das in Kontakt mit Wasser festigkeitsbildende Phasen durch Verfestigen und Aushärten erzeugt. Beton auf der Basis von Portlandzementklinker ist somit eines der wichtigsten Bindemittel weltweit.

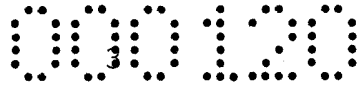
Durch die Zugabe von verschiedenen Zusatzstoffen, wie z.B. granulierter Hochofenschlacke (gbfs), Flugasche, natürlichen Pozzolanen, kalzinierten Tonen oder gemahlenem Kalkstein, zu Portlandzement können Portland-Kompositzemente mit unterschiedlichen Eigenschaften hergestellt werden. Gleichzeitig wird auf Grund des Ersatzes von Portlandzement durch die genannten Zusatzstoffe die spezifische Emission von CO₂ bei der Herstellung von Zement verringert, da während der Herstellung von Portlandzementklinker ca. 0,9 Tonnen CO₂ pro Tonne Portlandzementklinker durch die Kalzinierung der Ausgangsmaterialien und bei der Oxidation der Brennstoffe in den Drehrohrofen emittiert werden. Der Zusatz von Zusatzstoffen zu Portlandzement ist seit mehr als 100 Jahren gängige Praxis und ist in zahlreichen Zement- und Betonnormen geregelt.



Die Zugabe von ultra-feinen Zusatzstoffen, wie Mikroazement oder Mikrosilica, zu Portlandzement wird verwendet, um die Lebensdauer und die Festigkeit des resultierenden Betons zu verbessern. Die traditionelle Art der Formulierung von Beton mit hoher Haltbarkeit und Festigkeit und Beton mit höchster Haltbarkeit und Festigkeit basiert auf der Verwendung von herkömmlichem Portlandzement mit ultra-feinen Zuschlägen als Bindemittel. Die häufig verwendeten ultra-feinen Zuschläge sind oftmals in Säcken konditioniert und werden im jeweiligen Betonwerk oder auf der Baustelle händisch in den Portlandzement gemischt, was Sicherheitsrisiken sowie Qualitäts-Unwägbarkeiten bedingen kann. Die ultra-feinen Zuschläge können auch in einem eigens dazu vorgesehenen Silo in einem Betonwerk gespeichert und automatisch eingespeist werden, was jedoch die Notwendigkeit von sehr spezifischen Industriekomponenten, die zusätzliche Investitionen darstellen, bedingt.

Ein weiterer Nachteil der Verwendung von ultra-feinen Zusatzstoffen in einer Zementmischung ist der erhöhte Wasserbedarf, da der Wasserbedarf mit zunehmender Feinheit der ultra-feinen Zusatzstoffe steigt.

Es wird allgemein angenommen, dass die Haltbarkeit und die Festigkeit des resultierenden Betons, wie beispielsweise die Druckfestigkeit, stark abhängig ist vom Anteil der ultra-feinen Zusatzstoffe in der Zementmischung, nämlich, dass die Haltbarkeit und Festigkeit des Betons umso besser ist, je höher der Gehalt an ultra-feinen Zusatzstoffen ist. Die Herstellung ultra-feiner Zuschläge ist aufgrund des erhöhten Mahlaufwands teuer. Daher steigen die Kosten der

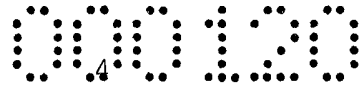


Zementmischung mit zunehmendem Gehalt an ultra-feinen Zuschlägen.

Daher ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Zementmischung zur Verfügung zu stellen, welche die obigen Nachteile überwindet. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Zementmischung zur Verfügung zu stellen, die eine einfache und zuverlässige Herstellung von Beton mit einer stabilen Qualität ermöglicht. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung den Wasserbedarf zu reduzieren ohne die Verarbeitbarkeit der Betonmasse zu beeinflussen. Weiters soll der resultierende Beton eine hervorragende Haltbarkeit und Festigkeit zu vernünftigen Produktionskosten bereitstellen.

Um diese und andere Aufgaben zu lösen, ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass Portlandzement in einer Menge von mindestens 70 Gew.-%, bevorzugt mindestens 80 Gew.-% der Mischung vorhanden ist und die ultra-feine Komponente in einer Menge von mindestens 5 Gew.-% der Mischung vorhanden ist, wobei die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$ und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $2\mu\text{m}$ und $8\mu\text{m}$ aufweist.

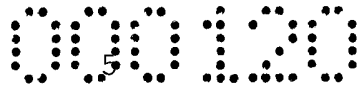
Somit stellt die Erfindung ein vorgemischtes Bindemittel basierend auf einer Kombination von Portlandzement mit wenigstens einem ultra-feinen Zusatzstoff zur Verfügung. Die ultra-feinen Partikel werden zu der Mischung hinzugefügt, wodurch ein Bindemittel, das hohe Leistungen (Haltbarkeit und Festigkeit) zeigt, erhalten wird und daher insbesondere auf die Formulierung von Hochleistungs- und Höchstleistungs-Beton angepasst ist. Das Mischen wird in



einem Zementwerk mit einer dafür vorgesehenen Vorrichtung durchgeführt, welche die verschiedenen Komponenten mit hoher Genauigkeit einbringt, was den Erhalt einer sehr homogenen Mischung ermöglicht. Die erfindungsgemäße Zementmischung wird bevorzugt als trockene Vormischung für die Betonherstellung an Kunden ausgeliefert, wobei die trockene Vormischung in Säcken oder anderen geeigneten Behältern verpackt geliefert wird.

Die Erfindung ermöglicht es Betonherstellern Beton mit hoher Festigkeit und hoher Haltbarkeit mit nur einem Bindemittel herzustellen, statt herkömmlichen Zement mit ultra-feinen Zuschlägen (wie Quarzstaub) vor Ort zu mischen. Der Kunde profitiert von der gleichbleibenden Qualität des hergestellten Betons, der einfachen Handhabung (was zu Kosteneinsparungen führt), hohen Leistungen des erzeugten Betons und Ästhetik (die Vormischungs-Binder-Farbe ist heller als die meisten zur Anwendung gelangenden traditionellen Zemente und ultra-feinen Zuschläge).

Es wurde überraschenderweise herausgefunden, dass ein relativ niedriger Gehalt an ultra-feinen Komponenten zusammen mit einer bestimmten Verteilung der Partikelgröße in Haltbarkeits- und Druckfestigkeitswerten resultiert, die sonst nur mit einem wesentlich höheren Anteil an ultra-feinen Zusatzstoffen erreicht werden können. Insbesondere stellt die Erfindung Portlandzement in einer Menge von mindestens 80 Gew.-% der Mischung zur Verfügung, so dass die Mischung ein Maximum von 20 Gew.-% der ultra-feinen Komponente enthält. Gemäß der Erfindung ist die ultra-feine Komponente ein hydraulisches Bindemittel und hat eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen



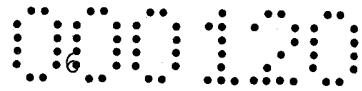
Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$ und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $2\mu\text{m}$ und $8\mu\text{m}$.

Die ultra-feine Komponente der Zementmischung kann aus einem, zwei oder mehreren ultra-feinen Zusatzstoffen bestehen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst der mindestens eine ultra-feine Zusatzstoff Schlacke, insbesondere gemahlene Hochofenschlacke. Genauer gesagt, umfasst der mindestens eine ultra-feine Zusatzstoff Schlacke, insbesondere gemahlene Hochofenschlacke, in einer Menge von > 70 Gew.-%, insbesondere > 80 Gew.-%.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist die ultra-feine Komponente (bestehend aus einem oder mehreren ultra-feinen Zusatzstoffen) einen Gehalt an Schlacke, insbesondere gemahlener Hochofenschlacke, von > 70 Gew.-%, insbesondere > 80 Gew.-%, auf. Somit besteht die ultra-feine Komponente hauptsächlich aus Schlackepartikeln.

Die Zementmischung kann neben der ultra-feinen Komponente auch weitere Zusatzstoffe enthalten.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Zementmischung, ist der Portlandzement in einer Menge von mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-% der Mischung vorhanden und die ultra-feine Komponente ist in einer Menge von mindestens 7 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 10 Gew.-% der Mischung vorhanden. Somit wird der maximale Gehalt der ultra-feinen Komponente auf 15 Gew.-% eingegrenzt.



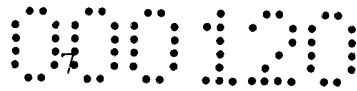
Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform liegt das Gewichtsverhältnis von Portlandzement und der ultra-feinen Komponente zwischen 85/15 und 95/5, insbesondere etwa bei 90/10.

Wie oben erwähnt, hat die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$, während die ultra-feinen Zusatzstoffe in der Regel einen niedrigeren D_{10} -Wert haben, um die erforderlichen Haltbarkeitsstandards zu erreichen. Im Gegensatz dazu wurde überraschend herausgefunden, dass der spezifische D_{10} -Bereich - wie oben erwähnt - auch eine ausreichende Haltbarkeit und Festigkeit des Betons ergibt, während gleichzeitig der Wasserbedarf und die Kosten verringert werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform besitzt die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,7\mu\text{m}$ und $1\mu\text{m}$.

Hinsichtlich des D_{90} -Wertes, weist die ultra-feine Komponente vorzugsweise eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $4\mu\text{m}$ und $6\mu\text{m}$ auf. Diese bevorzugten D_{90} -Werte können mit den oben erwähnten bevorzugten D_{10} -Werten kombiniert werden.

Besonders gute Ergebnisse wurden unter Verwendung einer ultra-feinen Komponente erreicht, die eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{100} von $10\mu\text{m}$ - $15\mu\text{m}$, insbesondere $12\mu\text{m}$, aufweist.



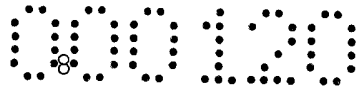
Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird die Partikelgrößenverteilung durch die Angabe spezifischer Perzentile des Teilchendurchmessers definiert. Das D_{90} -Perzentil des Durchmessers zeigt an, dass 90% der Partikel einen Durchmesser haben, der kleiner ist als der gegebene Wert. Zum Beispiel kann ein Wert für D_{90} von $4\mu\text{m}$ anzeigen, dass 90% der Partikel einen Durchmesser haben, der kleiner als $4\mu\text{m}$ ist. Analog dazu gibt das D_{10} -Perzentil des Durchmessers an, dass 10% der Partikel einen Durchmesser aufweisen, der kleiner als der gegebene Wert ist.

Um die Haltbarkeit und die Festigkeit des resultierenden Betons zu optimieren, kann auch eine bestimmte Korngrößenverteilung des Portlandzements eingestellt werden. Vorzugsweise weist der Portlandzement eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $1\mu\text{m}$ und $3\mu\text{m}$, bevorzugt zwischen $1,6\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$, insbesondere $1,8\mu\text{m}$, und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $30\mu\text{m}$ und $60\mu\text{m}$, bevorzugt zwischen 35 und $45\mu\text{m}$, insbesondere $40\mu\text{m}$, auf.

Der Portlandzement ist vorzugsweise ein CEM I Zement nach EN 197-1.

Die Erfindung bezieht sich weiters auf eine Betonzusammensetzung, die eine Zementmischung gemäß der Erfindung, Zuschlagsstoffe und Wasser umfasst. Bevorzugt ist das Wasser/Zement-Verhältnis zwischen $0,3$ und $0,6$ gewählt.

Schließlich bezieht sich die Erfindung auch auf ein Konstruktionselement, das Beton hergestellt unter



Verwendung einer Betonzusammensetzung, wie oben beschrieben, umfasst.

Im Folgenden wird die Erfindung detaillierter unter Bezugnahme auf eine beispielhafte Ausführungsform erläutert.

Beispiel 1:

Eine Trockenzementmischung mit den folgenden Komponenten, wurde hergestellt.

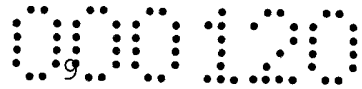
- 90 Gew.-% Portlandzement des Typs CEM I 52,5 N
- 10 Gew.-% eines ultra-feinen Hochofenschlacke-Bindemittels.

Portlandzement mit der folgenden Korngrößenverteilung wurde verwendet: $D_{10} = 1,8\mu\text{m}$ und $D_{90} = \text{ca. } 40\mu\text{m}$

Ultra-feines Hochofenschlacke-Bindemittel mit der folgenden Korngrößenverteilung wurde verwendet: $D_{10} = \text{ca. } 0,8\mu\text{m}$ und $D_{90} = \text{ca. } 5,5\mu\text{m}$

Die sich ergebende Mischung hatte die folgende Zusammensetzung:

- Klinker: 86,06 Gew.-%
- Hochofenschlacke: 7,8 Gew.-%
- Gips: 5,6 Gew.-%
- Anhydrit: 0,3 Gew.-%
- Staub: 0,2 Gew.-%
- NaCl: 0,04 Gew.-%



Beispiel 2:

Beton wurde aus der Trockenzementmischung, wie in Beispiel 1 beschrieben, hergestellt. Die folgenden Komponenten wurden in einem Mixer gemischt:

- 410 kg der Trockenzementmischung wie in Beispiel 1 beschrieben
- 907 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12,5 mm
- 797 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4 mm
- 90 kg Kalkstein-Füllmaterial
- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 1,2 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 160 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 39 MPa
- 7 Tage: 76 MPa
- 28 Tage: 89 MPa

Biegefestigkeit:

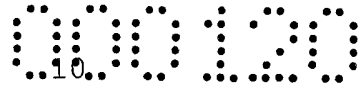
- 28 Tage: 6 MPa

Elastizitätsmodul:

28 Tage: 44 GPa

Beispiel 3:

Beton wurde aus der Trockenzementmischung, wie in Beispiel 1 beschrieben, hergestellt. Die folgenden Komponenten wurden in einem Mixer gemischt:



- 450 kg der Trockenzementmischung wie in Beispiel 1 beschrieben
- 930 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12,5 mm
- 790 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4mm
- 80 kg Kalkstein-Füllmaterial
- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 2,0 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 148 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 49 MPa
- 7 Tage: 81 MPa
- 28 Tage: 94 MPa

Biegefestigkeit:

- 28 Tage: 6 MPa

Elastizitätsmodul:

28 Tage: 43 GPa

Beispiel 4:

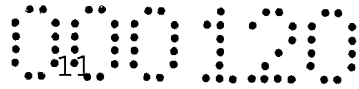
Eine vergleichende Studie wurde durchgeführt zwischen Betonen bestehend aus dem Folgenden:

A/ C50/60 mit herkömmlichem Portlandzement

B/ C50/60 mit einer Trockenzementmischung mit optimierter Dosierung

C/ C60/75 mit herkömmlichem Portlandzement und Silikastaub Zugabe

D/ C60/75 mit einer Trockenzementmischung



Die Bezeichnungen "C50/60" und "C60/75" beziehen sich auf die Festigkeitsklassen gemäß Eurocode 2 (European Standard EN 1992). Beispielsweise bedeutet C50/60, dass der Beton eine Zylinderdruckfestigkeit von 50 N/mm^2 und eine Würfeldruckfestigkeit von 60 N/mm^2 besitzen muss.

A/ C50/60 mit herkömmlichem Portlandzement:

- 425 kg herkömmlicher Portlandzement
- 315 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12 mm
- 670 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 20 mm
- 730 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4mm
- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 1,3 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 175 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

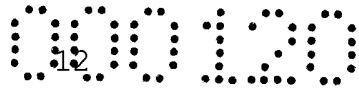
Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 12 MPa
- 7 Tage: 47 MPa
- 28 Tage: 56 MPa
- 90 Tage: 57 MPa

Abriebfestigkeits-Koeffizient (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

$$C = 0,5$$

Stoßfestigkeit (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):



Volumen, das durch die Schläge herbeigeführt wurde =
108 cm³

Der Betonblock wies die folgenden Eigenschaften betreffend Haltbarkeit auf:

- Interne Porosität: 12,6%
- Gasdurchlässigkeit: 119 E-18 m²
- Chloriddiffusionskoeffizient (Migrationstest in stationärem elektrischen Feld): 6,8 E-12 m²/s

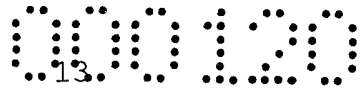
B/ C50/60 mit einer Trockenzementmischung mit optimierter Dosierung

- 390 kg der Trockenzementmischung wie in Beispiel 1 beschrieben
- 315 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12 mm
- 670 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 20 mm
- 765 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4 mm
- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 1,2 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 180 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 9 MPa
- 7 Tage: 44 MPa
- 28 Tage: 53 MPa
- 90 Tage: 57 MPa



Abriebfestigkeits-Koeffizient (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

$$C = 0,5$$

Stoßfestigkeit (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

Volumen, das durch die Schläge herbeigeführt wurde =
118 cm³

Der Betonblock wies die folgenden Charakteristiken betreffend Haltbarkeit auf:

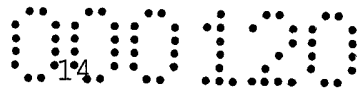
- Interne Porosität: 13%
- Gasdurchlässigkeit: 76 E-18 m²
- Chloriddiffusionskoeffizient (Migrationstest in stationärem elektrischen Feld): 8,0 E-12 m²/s

C/ C60/75 mit herkömmlichem Portlandzement + Silikastaub

Zugabe:

- 415 kg herkömmlicher Portlandzement
- 270 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12 mm
- 700 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 20 mm
- 800 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4 mm
- 25 kg Zugabe von Silikatstaub
- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 1,8 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 161 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die



folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 22 MPa
- 7 Tage: 56 MPa
- 28 Tage: 70 MPa
- 90 Tage: 75 MPa

Abriebfestigkeits-Koeffizient (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

$$C = 0,3$$

Stoßfestigkeit (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

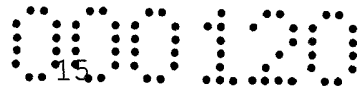
Volumen, das durch die Schläge herbeigeführt wurde =
103 cm³

Der Betonblock wies die folgenden Eigenschaften betreffend Haltbarkeit auf:

- Interne Porosität: 11,8%
- Gasdurchlässigkeit: 40 E-18 m²
- Chloriddiffusionskoeffizient (Migrationstest in stationärem elektrischen Feld): 0,4 E-12 m²/s

D/ C60/75 mit einer Trockenzementmischung:

- 440 kg der Trockenzementmischung wie in Beispiel 1 beschrieben
- 270 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 12 mm
- 700 kg an Zuschlagsstoffen mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 20 mm
- 800 kg Sand mit einem nominalen maximalen Durchmesser des Grobanteils von 4 mm



- Zusatzstoffe zur Betonverflüssigung in der Menge von 1,8 Gew.-% der Trockenzementmischung
- 147 l Wasser

Die nasse Betonmasse wurde in eine Form gegossen und ausgehärtet um einen Betonblock zu erhalten, der die folgenden mechanischen Festigkeitswerte aufweist:

Druckfestigkeit:

- 1 Tag: 15 MPa
- 7 Tage: 63 MPa
- 28 Tage: 74 MPa
- 90 Tage: 75 MPa

Abriebfestigkeits-Koeffizient (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

$$C = 0,3$$

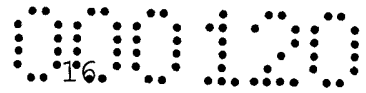
Stoßfestigkeit (entsprechend dem Compagnie Nationale du Rhône Protokoll):

$$\text{Volumen, das durch die Schläge herbeigeführt wurde} = 91 \text{ cm}^3$$

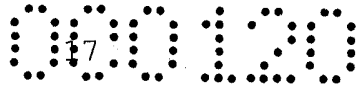
Der Betonblock wies die folgenden Eigenschaften betreffend Haltbarkeit auf:

- Interne Porosität: 8,9%
- Gasdurchlässigkeit: 72 E-18 m^2
- Chloriddiffusionskoeffizient (Migrationstest in stationärem elektrischen Feld): $2,2 \text{ E-12 m}^2/\text{s}$

Diese Studie zeigt, dass die Leistung der trockenen Zementmischung der Erfindung ermöglicht, die Menge an Bindemittel im Beton zu verringern ohne dessen mechanische Festigkeitsentwicklung und Haltbarkeit zu beeinflussen. Diese funktioniert ebenso gut wie Mischungen von herkömmlichem Portlandzement und ultra-feinen, teuren

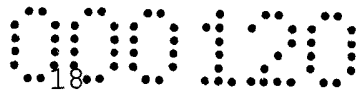


Hochleistungs-Zusatzstoffen wie Silikastaub - sowohl aus mechanischer Sicht als auch betreffend die Haltbarkeit. Die trockene Zementmischung der Erfindung ermöglicht die Herstellung von Hochleistungsbeton in einer einfachen Weise und bei optimierten Kosten.



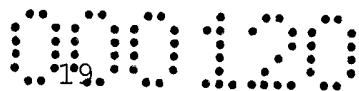
Patentansprüche:

1. Trockenzementmischung, umfassend Portlandzement und eine ultra-feine Komponente, bestehend aus mindestens einem ultra-feinen Zusatzstoff, wobei besagte ultra-feine Komponente ein hydraulisches Bindemittel ist, dadurch gekennzeichnet, dass Portlandzement in einer Menge von mindestens 70 Gew.-% der Mischung vorhanden ist und die ultra-feine Komponente in einer Menge von mindestens 5 Gew.-% der Mischung vorhanden ist, wobei die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,5\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$ und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $2\mu\text{m}$ und $8\mu\text{m}$ aufweist.
2. Trockenzementmischung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Portlandzement in einer Menge von mindestens 80 Gew.-%, bevorzugt mindestens 85 Gew.-% der Mischung vorhanden ist.
3. Trockenzementmischung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Portlandzement in einer Menge von 70 - 79 Gew.-% der Mischung vorhanden ist.
4. Trockenzementmischung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass Portlandzement in einer Menge von mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, der Mischung vorhanden ist und die ultra-feine Komponente in einer Menge von mindestens 7 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 10 Gew.-%, der Mischung vorhanden ist.
5. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Gewichtsverhältnis von



Portlandzement und der ultra-feinen hydraulischen Komponente zwischen 85/15 und 95/5, insbesondere etwa 90/10, liegt.

6. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $0,7\mu\text{m}$ und $1\mu\text{m}$ aufweist.
7. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die ultra-feine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $4\mu\text{m}$ und $6\mu\text{m}$ aufweist.
8. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die ultrafeine Komponente eine Partikelgrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{100} von $10\mu\text{m}$ - $15\mu\text{m}$, insbesondere $12\mu\text{m}$, aufweist.
9. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Portlandzement eine Korngrößenverteilung gekennzeichnet durch einen Partikeldurchmesser D_{10} zwischen $1\mu\text{m}$ und $3\mu\text{m}$, bevorzugt zwischen $1,6\mu\text{m}$ und $2\mu\text{m}$, insbesondere $1,8\mu\text{m}$, und einen Partikeldurchmesser D_{90} zwischen $30\mu\text{m}$ und $60\mu\text{m}$, bevorzugt zwischen 35 und $45\mu\text{m}$, insbesondere $40\mu\text{m}$, aufweist.
10. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Portlandzement ein CEM I Zement nach EN 197-1 ist.



11. Trockenzementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine ultrafeine Zusatzstoff Schlacke, insbesondere gemahlene Hochofenschlacke, in einer Menge von > 70 Gew.-%, insbesondere > 80 Gew.-%, umfasst.

12. Trockenzementmischung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die ultra-feine Komponente einen Gehalt an Schlacke, insbesondere gemahlener Hochofenschlacke, von > 70 Gew.-%, insbesondere > 80 Gew.-%, aufweist.

13. Eine Betonzusammensetzung, umfassend eine Zementmischung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, Zuschlagsstoffe und Wasser.

14. Ein Konstruktionselement umfassend Beton hergestellt unter Verwendung einer Betonzusammensetzung nach Anspruch 13.

Wien, am 8. Jänner 2015

Anmelder
durch:

Haffner und Keschmann
Patentanwälte GmbH

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Haffner und Keschmann', written over the printed name of the patent attorneys.