



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **247 935 A1**4(51) **E 01 C 7/10**
C 04 B 18/06
C 04 B 7/28**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP E 01 C / 255 966 5	(22)	26.10.83	(44)	22.07.87
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) ORGREB-Institut für Kraftwerke, 7544 Vetschau, DD

(72) Zinke, Bernhard, Dipl.-Ing.; Lieske, Horst; Zabel, Paul, Dipl.-Ing.; Kossatz, Kurt, Dipl.-Ing.; Pusch, Siegfried;
Fisch, Jürgen, Dipl.-Ing.; Zeuschner, Diethard, Dipl.-Ing.; Hoffmann, Wolfgang, Dipl.-Ing.; Schuhr, Ulrich, DD

(54) **Verfahren zur Herstellung von lagerungs- und gefüglichten Gesteinsschlammungen**

(57) Die Erfindung ist anzuwenden zur Herstellung von aufwandsreduzierten Konstruktionen im Straßen- und Ingenieurtiefbau sowie für technologisch einfache Konstruktionen im Hochbau einschließlich Betonwaren mit geringen Wärmedämm- oder hohen Dichtigkeitsanforderungen. Ziel und Aufgabe bestehen in der Erweiterung des Einsatzgebietes von Kraftwerkstrockenaschen bzw. in der vollständigen Substitution herkömmlicher Bindemittel. Gelöst wird die Aufgabe darin, daß ein Stützgerüst aus poreinfreien Gestein von einer Korngröße von größer als 4 mm aufgebaut, angefeuchtet, dann mit einer Wasser-Asche-Suspension kontinuierlich oder schubweise ausgeschlammmt und schließlich bis zur Erreichung der Suspensionsbündigkeit feucht gehalten wird.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Herstellung von lagerungs- und gefügedichten Gesteinsschlammungen, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Stützgerüst aus porenfreiem Gestein und einem Körnungsband von größer 4 mm aufgebaut wird, dann dasselbe mit Wasser bis zur völligen Beseitigung von anhaftenden Verunreinigungen angefeuchtet wird, anschließend der freie Hohlraum des Stützgerüsts mit einer homogenen Wasser-Asche-Suspension kontinuierlich oder schubweise ausgeschlämmt wird und daß schließlich bis zur Erreichung der Suspensionsbindigkeit die so hergestellten Gesteinsschlammungen feucht gehalten werden.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Gesteinsgerüst aus Splitt, Schotter, Kiesel- oder Grobschlag geschüttet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Gesteinsgerüst aus Pflastersteinen gesetzt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Wasser-Asche-Suspension durch Einrühren von Asche in Wasser hergestellt wird.
5. Verfahren nach Punkt 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Wassermenge der Wasser-Asche-Suspension in der Größenordnung
 $\text{Mindestanspruch} \leq \text{Wassermenge} \leq 2 \text{ mal Mindestwasseranspruch}$ gewählt wird, wobei der Mindestwasseranspruch der als bindiges Wasser der Wasseraufnahme der Asche, geschüttet in Wasser, entspricht.
6. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß für minderwertige Gesteinsschlammungen im Straßen- und Ingenieurtiefbau Aschen mit folgenden Kriterien eingesetzt werden:
 Prüfkörper (Prisma $4 \times 4 \times 16$,
 aus Wasser-Asche-Suspension mit
 Mindestwasseranspruchmenge gegossen
 und optimal ausgehärtet: Rißfrei, wasserbeständig
 Mindestwasseranspruch: $< 1,0 \times$ der Aschemasse
 Wasserdurchlässigkeitsendwert (K_F -Wert nach Darcy) eines ausgehärteten aus Suspension hergestellten Körpers: $< 10^{-5}$
 Korngröße: $> 70 \text{ Ma.-%}$ mit $d < 0,09 \text{ mm}$
7. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß für hochwertig, bindige Gesteinsschlammungen mit Betoncharakter Aschen mit folgenden Kriterien
 Prüfkörper ($4 \times 4 \times 16$,
 aus Wasser-Asche-Suspension mit
 Mindestwasseranspruch gegossen
 und optimal ausgehärtet: fest, rißfrei, wasserbeständig, Druckfestigkeit $\geq 5 \text{ N/mm}^2$
 Mindestwasseranspruch: $\leq 0,9 \times$ der Aschemasse
 Wasserdurchlässigkeitsendwert (K_F -Wert nach Darcy) eines ausgehärteten aus Suspension hergestellten Körpers: $< 10^{-7}$
 ($< 10^{-8}$ bei Gesteinsschlammung)
 Korngröße: $> 70 \text{ Ma.-%}$ mit $d < 0,09 \text{ mm}$
 CaO-Gehalt: $\geq 16 \text{ Ma.-%}$
 eingesetzt werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist anzuwenden zur Herstellung von aufwandsreduzierten Konstruktionen im Straßen- und Ingenieurtiefbau sowie für technologisch einfache Konstruktionen im Hochbau einschließlich Betonwaren mit geringem Wärmedämm-, aber hohen Dichtigkeitsanforderungen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Konstruktive Gesteinsschlammungen unter Einsatz von Bindemitteln und Zuschlagstoffen sind aus der Literatur bekannt. Zu ihnen gehören die technologisch aufwendigen Zement-Schotter-Trag-/Deckschichten, welche die Herstellung eines Zementmörtels und anschließendes Einbringen und intensives Verdichten dieses Zementmörtels in ein vorbereitetes lagerungsgünstiges gereinigtes Schotterbett bedingt. Trotz intensiver Verdichtung und Einsatz eines teuren gebrochenen Zuschlagstoffes, wie Schotter, gelingt es in der Regel nicht, alle Zuschlagstoffaufwerksporen mit Zementmörtel zu füllen, was sich darin äußert, daß der untere Teil der Schotterkonstruktionsschicht mit Zementmörtel nicht gefüllt ist und im oberen Teil nicht vollständig und dicht alle Schotterstückchen mit Zementmörtel umhüllt sind.

Eine Gesteinskonstruktion aus vorzugsweise gebrochenem kornabgestuften Gestein und feiner Braunkohlenfilterasche ist als modifizierter Mineralbeton aus der Patentliteratur nach WP 2000992 bekannt.

Die Herstellung beschränkt sich jedoch auf den Einsatz einer nichthydraulischen feinkörnigen Braunkohlenfilterasche, welche zusammen mit dem Zuschlagstoff in stationären oder mobilen Mischanlagen nach dem Prinzip der dichtesten Lagerung hergestellt wird und anschließend nach Transport zur Einbaustelle mit Fertiger, Flachbagger oder von Hand als Mischgut verteilt wird. Dieses Mischgut kann grundsätzlich nur mit Vibrationsmaschinen, bevorzugt Vibrationswalzen, verdichtet werden, wobei 4 Verdichtungsübergänge bis zum Erreichen des Sollwertes erforderlich sind und eine anschließende Glättung der Oberfläche mit statischen Walzen in 2 Übergängen als Nachbehandlung notwendig ist. Trotz der genannten hohen technologischen Aufwendungen wird eine nichtbindige Konstruktionsschicht erreicht, welche der Herstellungszielstellung — dichteste Lagerung — nicht gerecht wird, da der projektgemäße Ascheeinsatz noch nicht einmal ausreicht, um unverdichtet im Schüttzustand alle Zuschlagstoffaufwerksporen zu füllen.

Ziel der Erfindung

Mit der Erfindung soll der materialökonomische-, technologische- und zeitliche Aufwand für die Herstellung dichter Konstruktionen im Straßen- und Ingenieurtiefbau, im Hochbau sowie für die Betonwarenproduktion in der Vorfertigung reduziert werden. Außerdem soll die Erfindung Ausgangsgrundlage für neue Einsatzgebiete sein.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Zielstellung entsprechend besteht das Problem in einer aufwandsreduzierten vollständigen Substitution von Bindemitteln und/oder feinkörnigen Porenfüllern durch in Kraftwerken anfallende geeignete feinkörnige Trockenaschen für Schotter-Trag-/Deckschichten und sonstigen Konstruktionslösungen im Straßen- und Ingenieurtiefbau und bei Betonelementen mit einem Grobzuschlagstoff-Stützgerüst, wobei andere Stützgerüste aus festen, dichten und billigen Zuschlagstoffen Verwendung finden können.

Die Lösung des Problems besteht darin, daß in ein vorbereitetes Gesteinsstützgerüst mit einem Körnungsband von größer 4 mm, das nach dichter Lagerung engenäßt worden ist, eine homogene Asche-Wasser-Suspension bis zur vollständigen Ausfüllung der Hohlräume mit Asche-Festschubsubstanz kontinuierlich oder schubweise geschlämmt wird, welche bis zum Erreichen der Suspensionsbindigkeit (Wasserhaltevermögen) feucht gehalten wird.

Die Suspension wird dabei durch intensives Mischen von Wasser und Asche, welche in das Wasser hineingeschüttet wird, hergestellt. Als Mindestwasseranspruch ist hierbei eine Wassermenge zu berücksichtigen, die als bindiges Wasser der Wasseraufnahme der Asche entspricht (Wassermenge entsprechend der freien Hohlraumporosität der Asche im Schüttzustand), wobei die Bestimmung des Mindestwasseranspruches dergestalt passiert, daß eine definierte Menge feinkörnige Asche in einer definierten Menge Wasser hineingerieselt wird und nach ca. 5 Minuten (nach Aschesedimentation im Wasser) das überschüssige freie, nicht von der Asche gebundene Wasser ermittelt wird und von der definierten Gesamtwassermenge abgezogen wird und die errechnete Differenz als Mindestwasseranspruch berücksichtigt wird.

Eine Suspensionsherstellung aus einer Wassermenge, die über dem Mindestwasseranspruch liegt, ist möglich und bei warmer, trockener Witterung und/oder wasserdurchlässigen Untergründen bzw. Begrenzungen erforderlich. Als Grenzbereich für die Wassermenge zur Herstellung der Suspension gilt:

$$\text{Mindestwasseranspruch} \leq \text{Suspensionswassermenge} \leq 2 \times \text{Mindestwasseranspruch.}$$

Werden aufwandsminimierte schwachbindige Gesteinsschlämmungen anstelle eines modifizierten Mineralbetons hergestellt, dann können Aschen mit folgenden Kriterien zur Anwendung gelangen:

- Charakter der Asche: entsprechend einem minderwertigen, schwach bindigen, mageren Fertigmörtel, welcher als Suspension mit Mindestwasseranspruch nach optimaler Aushärtung einen rißfreien Körper (Prisma $4 \times 4 \times 16$) mit Wasserbeständigkeit ergibt,
- Mindestwasseranspruch: $< 1,0 \times$ der Aschemasse
- Wasserdurchlässigkeitsendwert (K_F -Wert nach Darcy) eines ausgehärteten, aus Suspension hergestellten Körpers: $< 10^{-5}$
- Korngröße: $> 70 \text{ Ma.-%}$ mit $d < 0,09 \text{ mm}$.

Werden aufwandsreduzierte bindige, dichte und beständige Gesteinsschlämmungen für den Straßen- und Ingenieurtiefbau sowie für Hochbaumaßnahmen und für die Herstellung dichter Betonwaren benötigt, dann müssen die einzusetzenden Aschen folgenden Kriterien genügen:

- Charakter der Aschen: entsprechend einem bindigen, extrem feinkörnigen Fertigmörtel, welcher als Suspension mit Mindestwasseranspruch nach optimaler Endaushärtung einen festen rißfreien Körper (Prisma $4 \times 4 \times 16$ mit Druckfestigkeit von $\geq 5 \text{ N/mm}^2$) Wasserbeständigkeit ergibt
- Mindestwasseranspruch: $\leq 0,9 \times$ der Aschemasse
- Wasserdurchlässigkeitsendwert (K_F -Wert nach Darcy) eines ausgehärteten, aus Suspension hergestellten Körpers: $< 10^{-7}$ ($< 10^{-8}$ bei Gesteinsschlämmung)
- Korngröße: $> 70 \text{ Ma.-%}$ mit $d < 0,09 \text{ mm}$
- CaO-Gehalt: $\geq 16 \text{ Ma.-%}$

Mit der Erfindung ergeben sich folgende Vorteile:

- Einsatz einer aufwandsreduzierten einfachen Technologie für die Realisierung des Prinzips der dichtesten Lagerung bei hoher Gefügedichtheit (maximale Tragfähigkeit).
- Optimaler Wassergehalt in Abhängigkeit vom Aschetyp und von Aschecharakteristik wird in jedem Fall abgesichert.
- Langzeitnegativreaktionen und Schädwirkungen, wie Quellen, Treiben, Lösen usw., werden durch Einleitung aller Asche-Wasser-Reaktionen und somit vollständigen Abschluß aller mineralchemischen Umwandlungsreaktionen durch Suspensionsbildung vermieden bzw. minimiert.
- Durch Einsatz gefügedichter wasserundurchlässiger Zuschlagstoffe, wie Kiesel, Schotter, Splitt und Grobschlag, können bei Verwendung stark wasserundurchlässiger Aschen (geschlämmt nach Endaushärtung) durch gute Korneinbettung realtiv wasserundurchlässige Gesteinskonstruktionen mit analogen Eigenschaften wie ein Bitumenbeton hergestellt werden (daraus leiten sich Einsatzmöglichkeiten für Wassersperr- bzw. Wasserabdichtungsmaßnahmen im Tiefbau, wasserdichte Betonwaren und Wasserdichtungsmaßnahmen im Hochbau ab).
- Günstige Voraussetzungen sind für Sanierungsmaßnahmen mit einfacher Technologie der als Schlämmung hergestellten Konstruktionen durch Neuverschlammung mit der gleichen Aschesuspension gegeben.
- Aufschlammern leichter schädlicher Aschebestandteile, wie z. B. Unverbranntes aus der Asche zur Oberfläche (daraus folgen keine schädigenden Langzeitwirkungen durch derartige Komponenten).

Ausführungsbeispiel

Anhand von 2 Beispielen aus der tiefbaulichen Nutzung wird die Erfindung näher erläutert.

Beispiel 1:

Ersatz einer Konstruktion aus modifiziertem Mineralbeton mit hohen technologischen Aufwendungen durch eine aufwandsminimierte Gesteinsschlammung mit der gleichen Asche.

Modifizierter Mineralbeton wird mit nachfolgender Typrezeptur für 1 m³ Frischbeton hergestellt:

- 1 914 kg gebrochener Zuschlagstoff
- 286 kg Braunkohlenfilterasche mit einer Schüttdichte von 1,2 kg/l
- 132 l Wasser

Unter der Berücksichtigung einer durchschnittlichen Zuschlagstoffreindichte von 2,7 g/cm³ ergibt sich bei einem Zuschlagstoffeinsatz von 1 914 kg/m³ ein freier Porenraum von ca. 30 Vol.-%. Würde das Prinzip der dichtesten Lagerung erreicht, dann müßte der Porenraum zumindest mit unverdichteter Asche gefüllt sein, was heißt, daß ≥ 360 kg Asche ($0,3 \times 1000 \times 1,2 = 360$) je m³ Frischbeton zum Einsatz gelangen müßten. Dies wird deshalb nicht erreicht, weil der zu geringe Wasserzusatz das Prinzip der dichtesten Lagerung infolge des zu hohen Kornreibungsbeiwertes des Asche-Wasser-Gemisches nicht zuläßt.

Wird dieselbe Asche als Suspension in ein vorbereitetes Gesteinsbett aus > 4 mm Körnern geschlämmt, wird das Prinzip der dichtesten Lagerung realisiert und alle mineralchemischen Reaktionen eingeleitet und zu Ende gebracht, was sich zusätzlich positiv auf die Dichtigkeit auswirkt.

Eine Zusammensetzung der frischen Gesteinsschlammung sieht bezogen auf einen m³ dann wie folgt aus:

- 1 914 kg Zuschlagstoff mit > 4 mm Korndurchmesser
- 300 l Suspension — 360 kg Braunkohlenfilterasche in einer Schüttdichte von 1,2 kg/l
- 180 l Wasser.

Die Porosität der Gesteinsschlammung ist demzufolge um mehr als 6 Vol.-% geringer als die Porosität des aufwendig hergestellten Mineralbetons, wobei bei der Gesteinsschlammung der Porenraum gleichmäßiger und als Mikroporosität mit wasserabweisendem Charakter vorliegt.

Beispiel 2:

Herstellung einer stark wasserabweisenden Straßenkonstruktion als einstufige Gesteinsschlammung.

Auf ein vorbereitetes, relativ wasserundurchlässiges Planum wird bei kühler, feuchter Witterung eine Splittmenge von Splitt der Körnung 11 bis 32 mm in einer Schichthöhe von 20 cm innerhalb einer vorbereiteten Schalung eingebracht und unter Berücksichtigung der vorgeschriebenen Quer- und Längsneigung verteilt. Nach der Verteilung beträgt die Splittmenge ca. 1 900 kg/m³ Straßenbett. Eine hochbindige Asche, deren Mörtelfestigkeit nach optimaler Herstellung und Lagerung bei einem Mindestwasseranspruch von 0,6 Masseteilen Wasser, bezogen auf einen Masseteil Asche (Schüttdichte 1 kg/l), 7,5 N/mm² beträgt und deren Wasserundurchlässigkeitsendwert $\approx 10^{-8}$ beträgt, wird mit dem genannten Mindestwasseranspruch zu einer Suspension mittels Fahrmischer verrührt und auf das vorbereitete Splittbett vergossen (ca. 300 l Suspension aus 300 kg Asche + 180 l Wasser je m³), bis alle Poren gefüllt sind und dennoch eine ausreichende Oberflächenrauigkeit abgesichert ist. Nach Endaushärtung (28–56 Tage) hat die Gesteinsschlammung Eigenschaften, wie hohe Tragfähigkeit, gute Abriebbeständigkeit, hohe Wasserundurchlässigkeit (K_F -Wert: $< 10^{-9}$) und hohe Beständigkeit, analog einem hochwertigen Bitumenbeton (Schwarzdecke).