



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 394 547 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 752/88

(51) Int.Cl.⁵ : C04B 16/06
C04B 18/20

(22) Anmeldetag: 21. 3.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1991

(45) Ausgabetag: 27. 4.1992

(56) Entgegenhaltungen:

CH-PS 640777 EP-A2 240167 AT-E 3274 EP-OS 24539
EP-OS 152490 EP-OS 225036 GB-PS1316661 GB-PS1605004
GB-PS2035990

(73) Patentinhaber:

BASTA WALTER ING.
A-1120 WIEN (AT).

(54) HYDRAULISCH ABBINDBARES ODER GEBUNDENES BAUMATERIAL, WIE BETON, MÖRTEL,
ZEMENT/SANDMISCHUNGEN ETC. MIT POLYPROPYLENFASERN ALS ZUSCHLAGSTOFF DAFÜR

(57) Die Erfindung betrifft ein hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial, wie Beton, Mörtel, Zement/Sandmischungen, etc., wobei das Baumaterial Polypropylenfasern in einer Länge zwischen 0,5 und 100 mm, bevorzugt zwischen 25 und 60 mm enthält, und die Polypropylenfasern in Mengen von 0,5 bis 50 kg pro m³ fertiggemischtem nassem Baumaterial vorgesehen sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern Monofasern mit einem Durchmesser zwischen 50 und 300 Mikrometer sind, oder aus mehreren Einzelfasern gebildet sind oder, daß die Polypropylenfasern durch Schneiden oder Einschmelzen und nachfolgendem Extrudieren von Polypropylenabfällen hergestellt sind und zwischen 0,5 und 3 mm breit sowie 2 bis 6 cm lang sind und daß die Fasern entlang ihrer Längserstreckung einen periodisch schwankenden Durchmesser aufweisen. Weiters betrifft die Erfindung Polypropylenfasern als Zuschlagstoff für hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial.

AT 394 547 B

Die Erfindung betrifft ein hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial, wie Beton, Mörtel, Zement/Sandmischungen, etc., wobei das Baumaterial Polypropylenfasern in einer Länge zwischen 0,5 und 100 mm, bevorzugt zwischen 25 und 60 mm enthält, und die Polypropylenfasern in Mengen von 0,5 bis 50 kg pro m³ fertiggemischem nassem Baumaterial vorgesehen sind. Weiters betrifft die Erfindung Polypropylenfasern als Zuschlagstoff für derartige Baumaterialien.

Der dominante Baustoff der Konstruktionen unserer Zeit ist der Beton. Ebenso auf dem Gebiet des Hochbaus wie beim Tiefbau wird er als Baustoff von vorgefertigten Elementen oder an der Baustelle verarbeitet angewandt. Die moderne Betontechnologie bietet die optimalen Parameter des Baustoffs bei Beton- und Stahlbetonkonstruktionen, und es wird ein breites Sortiment von chemischen Zusatzmitteln verwendet. Bis jetzt ist es aber nicht gelungen, einige Unzulänglichkeiten der Betone zu beseitigen, wie z. B. die Rißempfindlichkeit bei Schrumpfungen, die Sprödheit sowie die niedrige Schlagfestigkeit des Baustoffs.

Die Betonkonstruktionen bekommen oft Risse, der Beton zerbröckelt, die Stahlarmierungen korrodieren. Die nicht tragenden vorgefertigten Elemente müssen allein wegen der Belastung während der Lieferung und der Montage überdimensioniert werden. Bei den Stahlbetonkonstruktionen hat ein bedeutender Teil der eingebauten Betonstähle ausschließlich die Aufgabe, die Ausbildung von Rissen, die bei der Schrumpfung auftreten, zu verhindern. All dies erhöht den Materialverbrauch und die Kosten, ohne die Behebung der Unzulänglichkeiten zu garantieren.

Derartige Baumaterialien sind z. B. durch die EP 024 539, GB-PS 1 605 004 und EP-PS 0 152 490 bekannt geworden. Alle diese Vorschläge genügen den heutigen hohen Anforderungen an solche Baustoffe nicht.

Die vorliegende Erfindung beseitigt in weitem Maße die obengenannten Nachteile und schafft ein allen modernen Anforderungen gerecht werdendes Baumaterial, das in erster Linie dadurch gekennzeichnet ist, daß die Fasern Monofasern mit einem Durchmesser zwischen 50 und 300 µm sind, oder aus mehreren Einzelfasern gebildet sind oder, daß die Polypropylenfasern durch Schneiden oder Einschmelzen und nachfolgendem Extrudieren von Polypropylenabfällen hergestellt sind und zwischen 0,5 und 3 mm breit sowie 2 bis 6 cm lang sind und daß die Fasern entlang ihrer Längserstreckung einen periodisch schwankenden Durchmesser aufweisen. Die Polypropylenfasern als Zuschlagstoff für hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial sind dadurch gekennzeichnet, daß die Fasern in an sich bekannter Weise zwischen 1:6 und 1:12 vorgestreckt sind.

Die Polypropylenfasern werden bevorzugt in Mengen von 0,5 bis 50 kg pro m³ fertiggemischten nassem Baumaterial vorgesehen. Sie weisen eine Länge zwischen 0,5 und 100 mm, bevorzugt zwischen 25 und 60 mm auf. Die Fasern sind entweder Monofasern mit einem Durchmesser zwischen 50 und 300 µm oder sie sind aus mehreren Einzelfasern gebildet. Die Oberfläche der Fasern ist hydrophilisiert und aufgerauht. In bevorzugter Weise weisen die Fasern entlang ihrer Längserstreckung einen periodisch schwankenden Durchmesser und im Querschnitt eine vom Kreis verschiedenen gerippte Form auf.

Die Verarbeitbarkeit des erfundungsgemäßen Baumaterials wird im erwähnten Faserbeimischungsbereich durch die Fasern nur geringfügig beeinflußt. Das Baumaterial kann auch mittels einer Betonpumpe oder durch ein Betonspritzverfahren verarbeitet werden. Sandbetone können mit den in der Praxis verbreiteten Mörtelspritztechnologien auf die Vorfertigungsschablone oder auf die Oberfläche der Bauwerke aufgetragen werden.

Mit den üblichen Verdichtungstechnologien läßt sich das Baumaterial verdichten. Im Falle eines erdfreudigen Betons kann entweder ein Betonverflüssiger verwendet oder aber die Wirksamkeit der Verdichtung erhöht werden.

Die gewöhnlichen Betonkonsistenzuntersuchungen, wie die VEBE-Konsistenzprüfung und Kegeleindringprobe zeigen in Abhängigkeit des Fasergehaltes eine bedeutende Erhöhung der Stabilität des Frischbetons an. Die Vorteile kommen bei der Produktion sofort zu entschalender Betonerzeugnisse zur Geltung.

Durch das Einmischen der Fasern wächst der Luftporengehalt des Frischbetons bloß um einige Tausendstel an und bleibt somit praktisch unverändert. Durch die Zuführung von Porenbildnern kann aber der gewünschte Porenanteil gesichert werden.

Bei Versuchen wurden aus herkömmlichem Baumaterial wie Beton ringförmige Probekörper hergestellt. Nach der trockenen Wärmebehandlung wurden markante Risse sichtbar.

Eine grundsätzliche Wirkung der Polypropylenfasern als Betonzusatzmittel ist die Beseitigung der Rißempfindlichkeit bei Schrumpfung. Dies wird bereits bei einer Faserdosierung von 0,5 bis 2 kg/m³ verwirklicht. Die so angefertigten Probekörper sind völlig rissfrei.

Eine andere, sehr bemerkenswerte Eigenschaft des Polypropylenfaser-Betons ist die Pseudoduktilität, der Anstieg der Zähigkeit des Werkstoffs. Die Betone ohne Faser brechen im Laufe der Druckfestigkeitsuntersuchung spröd und es bildet sich die charakteristische Bruchform des Probestücks aus.

Der Probekörper aus erfundungsgemäßem Baumaterial kann über die zur bisherigen Bruchkraft analoge Deformierung hinaus in großem Maße zusammengedrückt werden ohne zu zerbröckeln.

Bei der Kugelfallprobe zersprengt die aus einer Höhe von 1,75 m fallende Kugel mit einem Gewicht von 1 kg die 10 mm dicke Sandbetonplatte mit einem Schlag. Die Energieabsorptionsfähigkeit des Faserbeton-Kompositos wächst proportional zur Faserzugabe an. Die Vorteile hiervon kommen in erster Linie bei Fertigelementen zum Nutzen; die Widerstandsfähigkeit der Elemente gegenüber den Manipulationsbeanspruchungen liegt wesentlich höher. Diese Eigenschaft der erfundungsgemäßigen Betone kann über die Charpy-Kerbschlagprobe hinaus auch mittels der Kugelfallprobe gut demonstriert werden. Die Sandbetonplatte mit einem 10 kg Fasergehalt pro m³

Beton ist auch nach zehnmaligem Fallen der Kugel rißfrei, obwohl die Platte bereits durchgeschlagen wurde.

Die Energieabsorption ist proportional der Fläche des beim Biegeversuch aufgenommenen Kraft-Dehnungs-Diagramms. Die Kennzahl der Zähigkeit gleicht dem Verhältnis, das sich aus der Proportion der Fläche unter der Kurve des sprödbrechenden faserfreien Betons zu der Fläche unter der Kurve des Polypropylenbetons ergibt. Die USA-Norm (ASTM C 1018-85) zieht die Kurve des Kompositis bis zum Fünffachen der Bruchdehnung des spröden Betons in die Betrachtungen ein.

Ein weiterer Vorteil der Anwendung der erfindungsgemäß eingesetzten Fasern zeigt sich im Anstieg der Festigkeitsparameter der Betone. Diese Wirkung ist bei den Kiesbetonen wegen der Begrenzung der Menge der beimischbaren Fasern und der traditionellen Verdichtungsmethoden kleiner. Bei den Sandbetonen liegt er aber beträchtlich hoch, hier beträgt die maximale Kornabmessung des Zusatzstoffs 4 mm und die beimischbare Fasermenge kann bis 20 - 25 kg pro m³ erhöht werden. Bei diesen Kompositen wachsen die Biegerißfestigkeit um 15 - 30 %, die Biegebruchfestigkeit um 50 - 120 % und die Druckfestigkeit um 10 - 30 % an.

Der Zähigkeitsindex wird bei erfindungsgemäßen Sandbetonen auf das 6- bis 13-fache erhöht.

Das Anwachsen der Festigkeitsparameter ist in der Frühperiode, im 1- bis 2-tägigen Alter des Kompositis am größten; das ist günstig beim Entschalen der Betone. Bei Fertigelementen lassen sich die technischen und wirtschaftlichen Vorteile des Systems am besten erkennen. Bei den sogen. Vibropress-Methoden kommt die Beständigkeitserhöhende Wirkung der Faserzugabe vorteilhaft zur Geltung. Die Anwendung des Betons bei den Deckenkörpern führt einerseits zur Einsparung an Zement, andererseits sinkt wegen der Verbesserung der Schlagfestigkeit der Bruchverlust bei der Lieferung.

So entstehen z. B. bei Eisenbahnplatten in verringertem Umfang Schäden oder Ausbrüche durch den Straßenverkehr.

Die Zähigkeit und die Festigkeitsparameter des Betons ermöglichen die Herstellung sehr dünner, leichter Elemente. Die Dicke etagenhoher Fassadenpaneelteile beträgt zwischen der versteifenden Rippung bloß 1,5 cm.

Bei der Herstellung großer 7 m langer Fassadenpaneelteile tritt eine beträchtliche Bewehrungseinsparung auf. Die Netzarmatur der Betonplatte bleibt weg und es ist nur die Bewehrung der Versteifungsrippen nötig, um die sich aus dem Eigengewicht ergebenden Beanspruchungen bei der Lieferung und beim Heben zu tragen.

Das erfindungsgemäße Baumaterial das mit einem Mixerwagen lieferbar ist, kann gepumpt, durch das Betonspritzverfahren oder durch Gunierung eingearbeitet werden.

Technische Daten versuchsweise verwendeter Fasern:

Eine mit Extrusionsmethode hergestellte spezifische Polypropylen-Monofaser

- mit 180^{+20}_{-0} µm oder mit 90^{+20}_{-0} µm Durchmesser.
- aus 120 - 220 Stück Monofaser gezwirnte Faserbündel
- zerkleinert in Längen 25, 40 oder 60 mm
- mit hydrophilisierter und antistatischer Qualität und
- mit angerauhter Oberfläche und periodisch verändertem Querschnitt zur Verbesserung der Verankerung.

Anwendungsgebiete und verwendete Bindemittel: Kiesbeton, Sandbeton, Kunststein, Perlit oder Flugaschenbeton, Zement- oder Kalkmörtel, Wärmedämmungsmörtel, Gasbeton oder Zementschaum, Gipsmörtel usw.

Dosierung:

Die Fasern werden zum fertiggemischten Beton oder Mörtel zugegeben. Während eines 30 - 40 Sekunden dauernden Nachmischens verteilen sie sich darin so, daß die gezwirnten Litzen zerfallen. Die Menge der beigemischten Fasern betrug für übliche Anwendungen 1 - 2 kg/cm³ und 10 - 20 kg/cm³ für die Herstellung sehr dünner, leichter Elemente.

Die Faserlänge in Abhängigkeit des Größtkornes der Zuschlagstoffe war:

	Länge	Größtkorn
	25 mm	≤ 7 mm
	40 mm	≤ 20 mm
	60 mm	> 20 mm

Anwendungsvorteile:

Die dreidimensional angeordneten Fasern bilden im Beton ein feines Skelett, das die mechanischen Parameter bei der frischen Mischung und ebenso beim gehärteten Beton verbessert.

- Die Beständigkeit des Frisch-Betons wird bedeutend erhöht. Die Vorteile kommen besonders bei der Produktion sofort entzündender Betonprodukte zur Geltung.
 - Der Anstieg der Festigkeitsparameter ist in der Frühperiode, im 1- bis 2-tägigen Alter des Betons am größten; das ist günstig beim Entschalen der Konstruktionen.
 - Die gehärteten Betone sind völlig frei von Rissen infolge Schwinden, Austrocknen und Temperatur-einflüssen. Beim Stahlbeton kann so die feinmaschige Schwindrissbewehrung entfallen.
 - Die Zähigkeit, die Schlagfestigkeit des Betons wächst bedeutend an. Diese ermöglichen die Herstellung sehr dünner, leichter Elemente (Fassadenelemente usw.).
 - Die Abrasionfestigkeit gegen die dynamischen Beanspruchungen wird erhöht. Die Ausbrüche der Verkehrsoberflächen entfallen.
 - Die Feuerbeständigkeit der Konstruktionen wird besser, weil nach dem Ausbrennen der Faserbewehrung die Porenstruktur ein Zerreissen des Betons verhindert.
 - Beim Betonspritzverfahren und der Gunierung wird der Rückprall reduziert.
- 15 Die Zugabe der Fasern hat keinen Einfluß auf Förderung, Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons.

Anwendungsbeispiele:20 1. Kiesbeton $d_{\max} = 16 \text{ mm}$, Zement: 350 pc, 200 kg/cm^3

Faserdosierung: 0,1 Gew.-%

	Normalbeton	Erfundung	Erhöhung
Druckfestigkeit:	21,40 MPa	22,00 MPa	+ 3 %
Biegezugfestigkeit:	2,63 MPa	2,97 MPa	+ 14 %
Zähigkeitsindex:		3,2	

30

2. Sandbeton $d_{\max} = 4 \text{ mm}$, Zement: 350 pc, 500 kg/cm^3

Faserdosierung: 1,0 Gew.-%

35

	Normalbeton	Erfundung	Erhöhung
Druckfestigkeit			
nach 2 Tagen	7,40 MPa	9,60 MPa	+ 30 %
nach 7 Tagen	16,80 MPa	20,60 MPa	+ 22 %
nach 28 Tagen	30,30 MPa	34,70 MPa	+ 15 %
Berstfestigkeit			
nach 2 Tagen	1,80 MPa	2,30 MPa	+ 28 %
nach 7 Tagen	4,10 MPa	4,90 MPa	+ 20 %
nach 28 Tagen	5,90 MPa	6,80 MPa	+ 15 %
Biegezugfestigkeit			
nach 2 Tagen		4,20 MPa	+ 134 %
nach 7 Tagen		7,20 MPa	+ 75 %
nach 28 Tagen		9,60 MPa	+ 62 %
Zähigkeitsindex		11,00	

Die wirtschaftlichen Vorteile des erfundungsgemäßen Betons zeigen sich in Stoffeinsparungen auf dem Gebiet des Betonstahls und Zements.

Bei den Betonkonstruktionen kann man rißfreien Stahlbeton mit 1 kg/cm^3 Fasern besichern. Dagegen steht die

Stahleinsparung im Werte von etwa 20 %. Aus einer durchschnittlich 100 kg/cm^3 Armierung ist es möglich, etwa 20 kg/m^3 Betonstähle einzusparen.

Aus Sandbeton hergestellte, nicht tragende Bauelemente (z. B. Fassadenelemente) haben durchschnittlich 3 cm Wanddicke. Die Dicke der etagenhohen Elemente beträgt zwischen der versteifenden Rippung bloß 1,5 cm. Der Sandbeton in diesem Fall besteht aus Sand, Zement 500 kg/m^3 , Faser 20 kg/m^3 und Betonstahl 30 kg/m^3 in den Rippen. Der Materialverbrauch pro m^2 (ohne Aggregat) ist: Zement 15 kg, Faser 0,6 kg, Betonstahl 0,9 kg.

Dagegen steht ein normal armiertes Betonelement mit durchschnittlich 10 cm Dicke, eingebetteten die Rippung. In diesem Fall ist der Zementgehalt 300 kg/m^3 und der Stahlgehalt 90 kg/m^3 . Der Materialverbrauch pro m^2 (ohne Aggregat) ist: Zement 30 kg, Betonstahl 9 kg.

Die Materialeinsparung zwischen den zwei verschiedenen Elementen ist bei Zement 15 kg und bei Betonstahl 8,1 kg gegen die Dosierung der Fasern von 0,6 kg. Dazu kommen noch die Einsparungen bei den Förderungs- und Montagekosten aufgrund der Gewichtsverminderungen.

15 Technische Daten der verwendeten Fasern:

A. Faser Polypropylen, Monofilament

20	Spezifisches Gewicht	$0,91 \text{ g/cm}^3$
	Zugfestigkeit	min. 300 MPa
	Bruchdehnung	15-20 %
	E-modul	min. 3000 MPa
25	Fluß- und Schmelzpunkt	145-150 °C weich 165-175 °C Schmelzpunkt
	Entzündungstemperatur	ca. 600 °C
	Geometrie	rund, Ø $0,18 + 0,02 \text{ mm}$
	Oberfläche	angerauht mit periodisch verändertem Querschnitt

B. Standardfaser

30	Standardlängen	40 mm
	Speziallängen	25 oder 60 mm in Foliensäcken, vakuumverpackt

C. Dosierung

40	Normaldosierung	1 Gew.-%
	Spezialdosierung	0,05 bis 0,50 Gew.-%

Die Verwendung von Polypropylenfasern für die Bauindustrie erschließt auch ein gutes Verfahren zur Beseitigung von Polypropylenabfällen, die in großen Mengen anfallen. Polypropylen als Platten oder Folien können in geeigneten Maschinen in dünne Streifen geschnitten werden, die gegebenenfalls nach Oberflächenbearbeitung, wie Anrauhen auf mechanischem oder chemischem Weg, als Fasern dem Beton zugemischt werden können. Weiters kann es vorteilhaft sein, die Polypropylenabfälle einzuschmelzen oder aufzulösen und die gewünschten Fasern mittels Extrusion herzustellen. Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Faserform in Seitenansicht, bei der sich die Querschnittsfläche periodisch ändert, wodurch die Fasern im Beton fest verankert sind. Die übrigen Figuren zeigen verschiedene Querschnittsformen und sind von selbst verständlich.

Die Form der gehackten oder extrudierten Schnitzel kann breit variieren. Wesentlich ist, daß die Fasern im Beton gut verankert sind, wobei jedoch darauf geachtet werden muß, daß sich die Fasern beim Mischen mit dem nassen Beton nicht zu Klumpen zusammenballen. Derartige Polypropylenschnitzel können z. B. Dimensionen von 0,5 bis 3 mm Stärke und 2 - 60 mm Länge aufweisen.

Die Fasern können vor dem Einmischen in den Beton oder Mörtel mit einem geeigneten Benetzungsmittel oder Haftvermittler behandelt werden.

In bevorzugter Weise werden Polypropylenfasern verwendet, die etwa 1:6 bis 1:12 vorgestreckt sind. Eine Vorstreckung von 1:8 und 20 % Elastizität haben sich als besonders günstig gezeigt. Für den Transport ist es vorteilhaft, die Fasern unter Vakuum zu verpacken und am Zubereitungsplatz für das fertige Baumaterial die Fasern

mittels Einblasen zuzumischen. Wesentlich ist, daß die Fasern möglichst gleichmäßig und wirr im Baumaterial verteilt sind, sodaß keine Zusammenballungen entstehen und der Beton oder der ausgehärtete Mörtel nach allen Richtungen hin gleich stark armiert ist.

Für den Halt der Polypropylenfasern im Baumaterial ist eine spiralförmige Ausgestaltung der Fasern bei einer vom Kreis verschiedenen Querschnittsform günstig. Die Spiralförm kann durch entsprechenden Drall in der Extrusionsdüse hergestellt werden. Bei Verwendung von Kunststoffabfällen kann den daraus hergestellten Fasern durch abschnittsweise Quetschung eine Form gegeben werden, die der Haftung im Baumaterial zweckdienlich ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Baumaterial ist es insbesondere möglich, Betonbehälter verhältnismäßig dünnwandig korrosionsfest herzustellen. Derartige Behälter können z. B. leicht in Rechteckform hergestellt werden. Für die Aufnahme radioaktiven Materials ist die Zugabe von Borverbindungen in entsprechenden Mengen vorteilhaft, um die Abschirmwirkung gegenüber radioaktiver Strahlung zu erhöhen.

15

PATENTANSPRÜCHE

20

1. Hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial, wie Beton, Mörtel, Zement/Sandmischungen, etc., wobei das Baumaterial Polypropylenfasern in einer Länge zwischen 0,5 und 100 mm, bevorzugt zwischen 25 und 60 mm enthält, und die Polypropylenfasern in Mengen von 0,5 bis 50 kg pro m³ fertiggemischem nassem Baumaterial vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern Monofasern mit einem Durchmesser zwischen 50 und 300 µm sind, oder aus mehreren Einzelfasern gebildet sind oder, daß die Polypropylenfasern durch Schneiden oder Einschmelzen und nachfolgendem Extrudieren von Polypropylenabfällen hergestellt sind und zwischen 0,5 und 3 mm breit sowie 2 bis 6 cm lang sind und daß die Fasern entlang ihrer Längserstreckung einen periodisch schwankenden Durchmesser aufweisen.

25

2. Baumaterial nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Oberfläche der Fasern hydrophilisiert und aufgerauht ist.

30

3. Baumaterial nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern im Querschnitt eine vom Kreis verschiedene gerippte Form aufweisen.

40

4. Baumaterial nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Polypropylenfasern vor dem Einmischen in den Beton, Mörtel oder dgl. mit einem Benetzungsmittel oder Haftvermittler behandelt sind.

45

5. Polypropylenfasern als Zuschlagstoff für hydraulisch abbindbares oder gebundenes Baumaterial, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern in an sich bekannter Weise zwischen 1:6 und 1:12 vorgestreckt sind.

6. Polypropylenfasern nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fasern eine vom Kreis verschiedene Querschnittsform aufweisen und spiralförmig ausgebildet sind.

50