(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2010 008 570 A1** 2011.08.25

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 008 570.7**
(22) Anmeldetag: **19.02.2010**
(43) Offenlegungstag: **25.08.2011**

(51) Int Cl.: ***E04B 1/94*** (2006.01)
B32B 27/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
Karl Zimmermann GmbH, 50769, Köln, DE

(74) Vertreter:
Bird & Bird LLP, 80333, München, DE

(72) Erfinder:
Erfinder wird später genannt werden

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

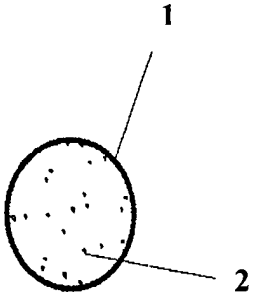
DE	**103 30 555**	**A1**
DE	**103 13 776**	**A1**
DE	**44 36 280**	**A1**
DE	**40 06 997**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brandschutz-Fugenschnur**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brandschutz-Fugenschnur, ein Verfahren zu deren Herstellung, die Verwendung einer intumeszierenden Komponente und einer witterungsbeständigen Außenschicht zur Herstellung der Brandschutz-Fugenschnur sowie die Verwendung der Brandschutz-Fugenschnur zum Schutz einer Tunnelfuge, Hochbau- und/oder Tiefbaufuge im Brandfall.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brandschutz-Fugenschnur, ein Verfahren zu deren Herstellung, die Verwendung einer intumeszierenden Komponente und einer witterungsbeständigen Außenschicht zur Herstellung der Brandschutz-Fugenschnur sowie die Verwendung der Brandschutz-Fugenschnur zum Schutz einer Tunnelfuge, Hochbau- und/oder Tiefbaufuge im Brandfall.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Die innere Röhre einer Tunnelanlage besteht in der Regel aus einer Betoninnenschale, einer Mauerung, Tübbingen sowie einer Ortbeton- und/oder Spritzbetonschale.

[0003] Hierbei werden zwischen den einzelnen Betonsegmenten umlaufende Fugen vorgesehen. Die Fugen dienen unter anderen dem Zweck, Dehnbewegungen der Tunnelsegmente aufzunehmen. Die Fugen werden mit Abdichtungssystemen verschlossen, die aus thermoplastischen oder elastischen Kunststoffen bestehen. Verwendet werden beispielsweise Elastomerfugenbänder gemäß DIN 1854 (09/2006) 18197 (10/2005 Vornorm) und 7865 (02/2008). Die Abdichtungssysteme sollen einen Schutz gegen Feuchtigkeit und eindringendes Wasser gewährleisten. Zu diesem Zweck werden die Abdichtungen beispielsweise zwischen den Stahlbetonsegmenten einbetoniert oder auf die einzelnen Tunnelsegmente aufgeschraubt bzw. aufgeklebt oder anderweitig befestigt. Auch im Hoch- und Tiefbau werden Abdichtungssysteme aus thermoplastischen oder elastischen Kunststoffen in den Fugen zwischen geteilten Betonschalungen eingebaut und kommen u. a. unmittelbar mit der Betonarmierung in Berührung.

[0004] Bei Bränden besteht die Gefahr, dass der ungeschützte Beton abplatzt und die Bauten zerstört. Insbesondere bei Tunnelbränden besteht die große Gefahr, dass der ungeschützte Beton durch den in der Tunnelröhre im Brandfall entstehenden ernormen Temperaturanstieg explosionsartig in Schichten abplatzt und die Tunnelanlage somit unbrauchbar wird.

[0005] Durch den plötzlichen Temperaturanstieg wird das im Beton chemisch und physikalisch gebundene Wasser schlagartig freigesetzt. Beim Übergang in den gasförmigen Zustand findet eine enorme Volumenzunahme statt. In den oberflächennahen Bereichen wird der Beton somit getrocknet, in den tieferen Schichten bildet sich Kondenswasser. Bei den insbesondere in Tunnel im Brandfall häufig vorhandenen schnellen Temperaturanstiegen bilden sich hierdurch im Inneren des Betons hohe Dampfkonzentrationen. Wird nun auf Grund der hohen Dampfdrücke die Festigkeit des Betons überschritten, kommt es zu den vorgenannten explosionsartigen meist in Schichten vorkommenden Abplatzungen des Betons.

[0006] Im Brandfall werden somit durch die Betonabplatzungen neben der Betonoberfläche auch die Fugenflanken und die Fugenabdichtungen stark geschädigt oder sogar zerstört.

[0007] Eine Reparatur der Fugenflanken und Austausch der Fugenabdichtungen ist jedoch nicht ohne Zerstörung der Stahlbetonröhre bzw. der Betonarmierung und nur mit sehr hohem finanziellen Aufwand möglich.

Stand der Technik

[0008] Brandereignisse in Tunnelanlagen erreichen in der Regel einen deutlich schnelleren Temperaturanstieg als Brandverläufe im Hoch- und Tiefbau. Im Hochbau geht man davon aus, dass aufgrund der vorliegenden Brandlasten erst nach ca. 2 Stunden eine Temperatur von ca. 1.000°C erreicht wird. In Tunnelanlagen werden jedoch beispielsweise durch Unfälle mit Tanklastern schon nach wenigen Minuten Temperaturen von bis zu 1.200°C erreicht.

[0009] Um den Tunnelbeton im Brandfall gegen Beschädigung und Zerstörung zu schützen, wird heutzutage eine Bekleidung der innenseitigen Betonoberfläche mit beispielweise speziell für den Brandschutz entwickelten Brandschutzplatten aus Faserzement oder Calciumsilikat oder Brandschutzbeschichtungen, wie beispielweise Spritzmörtel, vorgesehen Ein Schutz der Fugenabdichtung und der Fugenflanken erfolgt beispielsweise mit Mineralwolle, Brandschutzfugenbändern in Verbindung mit Silikondichtstoffen oder einer speziellen Konstruktion aus Brandschutzplatten.

[0010] Die zum Einsatz kommenden Brandschutzplatten bestehen aus mineralischen Bestandteilen, zum Beispiel aus autoklaviertem Silikat, oder aus Spezialzement, der mit Glasfasern verstärkt ist. Die Platten gelten als nicht brennbar und erfüllen die Anforderungen der Baustoffklasse A1 nach DIN 4102. Die Brandschutzplatten sind in der Regel witterungsbeständig und besitzen ein hohes Biegevermögen. Sie werden zum Schutz des Betons vor die Tunnelwand montiert und schützen diese gegen Korrosion und Schäden bei einem Brand.

[0011] Im Falle des Fugenbrandschutzes werden die Brandschutzplatten doppellagig und einseitig gelagert fixiert vor der Fuge angebracht, sodass je nach Anforderung ein Hinterfüllen der Fuge nicht notwendig ist. Der Einsatz von Brandschutzplatten für den Fugenbrandschutz bei Tunneln weist insbesondere den Nachteil auf, dass er aufgrund seiner speziell für jedes Tunnelprojekt angepassten Konstruktion sehr zeitaufwendig und kostenintensiv ist.

[0012] Der zum Einsatz kommende Brandschutzspritzmörtel kann beispielsweise aus einer mineralisch/organischen Hauptkomponente, Portlandzement, Wasser, Zusatzmittel und Beschleuniger bestehen. Er wird zum Schutz des Betons auf die Tunnelwand gespritzt und schützt diese gegen Korrosion und Schäden bei einem Brand.

[0013] Spritzmörtel ist für den Fugenbrandschutz ungeeignet, da die notwendigen Dehnbewegungen mit Spritzmörtel nicht aufgenommen werden können.

[0014] DE 102 55 265 beschreibt Brandschutzbeschichtungen für Bauten in verschiedenen Bauausführungen und -gestaltungen, insbesondere für Trag- und Stahlbaukonstruktionen sowie für Hoch- und Tiefgaragen und Tunnel, die auf die Oberfläche der Bauten bzw. der Tunnel mittels eines Bindemittelschaums aufgebracht werden.

[0015] Ferner werden zum Fugenbrandschutz Mineralwolle und/oder Brandschutzfugenbänder in Verbindung mit Silikondichtstoff eingesetzt.

[0016] Diese Brandschutzfugenbänder werden in der Fuge vor die Mineralwolle gesetzt, mit welcher die Fuge von der Fugenabdichtung ausgehend ausgefüllt wird. Zur Sicherstellung der Witterungsbeständigkeit und der Anhaftung des Brandschutzfugenbandes wird das Fugenband am Beton mit Silikondichtstoff verfugt. Ein Nachteil des Systems ist jedoch der Dreikomponenten-Aufbau: Mineralwolle-Fugenband-Silikondichtstoff, der sehr zeitaufwendig und kostenintensiv ist.

[0017] Weitere Fugenbänder zur Abdichtung von Bauwerksteilen bei Kläranlagen, U-Bahn-Bauwerken, Tunnel etc. sind beispielsweise aus DE 30 38 524 bekannt. DE 30 38 524 beschreibt ein Dehnungsfugenband, das mit einem flexiblen Schlauch ausgerüstet ist, wobei das Dehnungsfugenband in eine Fuge zwischen den Betonelementen eingelassen wird. Der flexible Schlauch dient jedoch dazu, weiteres Fugenmaterial, wie Polyurethan, nachzufüllen, um die Fuge nachträglich abzudichten. Ferner ist in DE 30 38 524 nicht beschrieben, dass das Fugenmaterial brandschützend ausgestattet ist geschweige denn, dass dieses intumesziert.

[0018] Eine ähnliche Ausführungsform wie in DE 30 38 524 ist in DE 38 03 060 beschrieben.

[0019] Ferner sind im Stand der Technik Dichtungsmassen für den Tunnelbau sowie den Hoch- und Tiefbau bekannt. So beschreibt DE 199 28 169 eine Dichtungsmasse aus a) einer Matrix aus Oligomeren und/oder Polymeren, zum Beispiel Polyurethanvorpolymeren, und einem Vernetzer sowie b) wasseraufnehmendem Material aus Polysaccharid und synthetischem Polymer (Superabsorber). In DE 199 28 169 ist jedoch weder eine Fugenschnur beschrieben noch dass diese brandschützendes geschweige denn intumeszierendes Material enthält.

[0020] Zusammenfassend haben alle bekannten Systeme des Standes der Technik einen oder mehrere gravierende Nachteile wie hoher Zeitaufwand bei der Herstellung, hohe Kosten, Aufbau aus mehreren Komponenten oder aufwendigen Konstruktionselementen, schlechte Schneidbarkeit, hohes Gewicht, sehr unangenehme Montage durch Faserbildung und/oder starke Staubentwicklung und/oder langen Trocknungszeiten und/oder unzureichende Brandschutzfunktion für Fugen, insbesondere für Tunnelfugen.

[0021] Ferner sind aus dem Stand der Technik Intumeszenzmassen und -materialien bekannt. Gegebenenfalls geschäumte Intumeszenzmassen auf Basis von Polyurethanen, die als Rezepturbestandteil eine Kombination aus Polyesterpolyolen, Cyanursäurederivaten und phosphorhaltigen Polyhydroxyverbindungen enthalten und plastisch-elastischen Charakter haben, sind aus der EP 0 051 106 bekannt. Durch Kombination dieser Intumeszenzmassen mit geschäumten oder massiven anorganischen oder organischen Zuschlagsstoffen können Verbundwerkstoffe, beispielsweise Mehrschicht- bzw. Sandwichaufbauten, hergestellt werden.

[0022] Aus der EP 0 061 024 sind ebenfalls Intumeszenzmassen auf Polyurethanbasis bekannt, bei denen man anstelle der Polyester spezielle, mehr als bifunktionelle Polyether auf Basis von Alkylenoxid verwendet, deren durchschnittliche OH-Zahl zwischen 150 und 500 liegt.

[0023] In der EP 0 120 253 A1 werden ebenfalls Intumeszenzmassen auf Basis von Polyurethanen beschrieben, bei denen man anstelle eines Cyanursäurederivats und des phosphorhaltigen Kondensationsproduktes leicht zugängliche und wenig wasserlösliche Phosphate vom Typ des Melaminphosphats verwendet.

[0024] In der EP 0 158 165 A1 werden poröse, harte Intumeszenzmassen auf Basis eines Diol/Isocyanat-Zweikomponentensystems beschrieben, das Melaminphosphat enthält.

[0025] In der EP 0 217 080 A1 werden Intumeszenzmassen auf Polyurethanbasis beschrieben, die als Füllstoffe Aluminiumhydroxide enthalten.

[0026] In der EP 0 492 248 A1 werden intumeszenzfähige Flächengebilde beschrieben, die zwischen zwei textilen, miteinander vernadelten oder vernähten Flächengebilden eine Schicht eines körnigen Intumeszenzmittels, zum Beispiel Blähgraphit, enthalten.

[0027] Aus der DE 196 53 503 A1 ist ein intumeszierendes Material mit einer Thermoplasmatrix, einem Matrixstabilisator und intumeszierenden Bestandteilen, wie Blähgraphit, bekannt.

[0028] Die EP 0 116 846 A1 bezieht sich auf wasserbeständige Konstruktionselemente und Beschichtungen mit Intumeszenzwirkung.

[0029] In der EP 0 116 846 A1 werden wasserbeständige Konstruktionselemente mit Intumeszenzeigenschaften für den vorbeugenden Brandschutz beschrieben, die auf Basis von Polyurethanen erhalten werden. Die Polyurethane werden durch Umsetzung von Polyisocyanaten, mindestens zwei Hydroxylgruppen aufweisenden phosphorhaltigen Kondensationsprodukten, Cyanursäure und/oder Cyanursäurederivate, beispielsweise Melamin, und in Gegenwart von Hilfs- und Zusatzstoffen hergestellt.

[0030] In der EP 0 400 402 A1 werden Brandschutzelemente auf der Basis von Schaumstoffen, bevorzugt Polyurethan, beschrieben, die Blähgraphit, phosphorhaltige Polyole, Borgte, Melaminsalze und/oder Ethylendiaminsalze enthalten.

[0031] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Brandschutz-System zum Schutz von Tunnel-, Hochbau- und Tiefbaufugen im Brandfall und einer für Tunnel-, Hochbau- und Tiefbauanlagen geeigneten Witterungsbeständigkeit bereitzustellen, welches die oben genannten Nachteile des Standes der Technik überwindet und insbesondere mit geringem Kosten- und Zeitaufwand verbunden ist, aus möglichst wenigen Komponenten besteht, die Verwendung von Dichtstoff und Mineralwolle vermeidet, leicht bearbeitbar bzw. schneidbar ist, ein niedriges Gewicht hat, einfach und sicher zu montieren ist, eine gute Wiederbelegbarkeit hat, kostengünstig herstellbar ist und eine hohe Flexibilität bei gleichzeitig gutem mechanischem Rückstellverhalten bei Dehnbewegungen und gutem Widerstandverhalten bei Druck- und Sogeinflüssen aufweist.

Beschreibung der Erfindung

[0032] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Bereitstellung einer Brandschutz-Fugenschnur umfassend einen Kern (**2**) umfassend einen verbundbildenden Träger und eine intumeszierende Komponente. Bevorzugt umfasst die Brandschutz-Fugenschnur wenigstens eine Außenschicht (**1**). Besonders bevorzugt ist die Außenschicht (**1**) witterungsbeständig und flexibel.

[0033] Erfindungsgemäß ist die intumeszierende Komponente eine Komponente, die unter Hitzeeinwirkung an Volumen zunimmt und an Dichte abnimmt. Insbesondere findet eine Aufblähung, Quellung bzw. Schäumung der intumeszierenden Komponente unter Hitzeeinwirkung statt.

[0034] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist eine Brandschutz-Fugenschnur eine solche Schnur, die bei Einwirkung von Feuer und/oder Hitze aufschäumt und dabei einen isolierenden, feuerabweisenden Carbonschaum ausbildet, der vom Feuer rückwärtige Bezirke vor der Feuereinwirkung schützt.

[0035] Es zeigte sich, dass die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur im Falle eines Brandes, insbesondere eines Tunnelbrandes, eine Zerstörung der Fugen, insbesondere eine Zerstörung der Fugenabdichtung sowie ein Abplatzen der Betonflanken der Fugen verhindert, sodass ein Austausch der Fugenabdichtung zwischen den einzelnen Betonelementen, der ohne Zerstörung des Tunnels und erheblichem finanziellen Aufwand nicht möglich ist, vermieden wird.

[0036] Ferner hat die Brandschutz-Fugenschnur den wesentlichen Vorteil, dass lediglich die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur und keine weiteren Komponenten zum Schutz der Fuge benötigt werden. Aufgrund der starken Intumeszenz und der guten Brandschutzeigenschaften entfällt der zusätzliche Einsatz von Mineralwolle bzw. Dichtstoffen wie Silikondichtstoff sowie die aufwendigen Konstruktionselemente, beispielsweise aus Brandschutzplatten, im Bereich der Fugenabdichtungen.

[0037] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur besteht darin, dass die Verlegung der flexiblen Brandschutz-Fugenschnur durch einfaches Hineindrücken in die Fuge erfolgt. Somit ist eine gute Wiederbelegbarkeit gewährleistet.

[0038] Ferner weist sie in einer bevorzugten Ausführungsform ein gutes Rückstellvermögen auf, und die Weichheit des verbundbildenden Trägers, insbesondere in Kombination mit der flexiblen Außenschicht (**1**), ermöglicht eine leichte und rasche Montage. Somit entfällt eine aufwändige Fixierung der Brandschutz-Fugenschnur. Je nach Anforderungen an den Brandschutz kann der Einbau der Brandschutz-Fugenschnur einlagig bzw. mehrlagig erfolgen.

[0039] Außerdem ist die Brandschutz-Fugenschnur vorteilhafterweise durch Flexibilität, leichte Schneidbarkeit, individuelle Länge und einen individuellen Durchmesser gekennzeichnet.

[0040] Ferner erfüllt die Brandschutz-Fugenschnur mindestens die Brandschutzanforderungen der Rijkswaterstaat(RWS)-Normbrandkurve sowie die übrigen Anforderungen an Materialien, die in Tunnelanlagen zum Einsatz kommen, wie beispielsweise Wasserundurchlässigkeit, Beständigkeit bei Beanspruchung durch Wärme, Frost und Tausalze, Chlorid- (z. B.

aus Tausalzen) und Sulfat-Beanspruchung (z. B. durch die Einwirkung von Schwefeldioxid aus Kraftfahrzeugabgasen) sowie die Anforderungen durch Druck-/Sog-Wirkungen von Fahrzeugen und Zügen. Außerdem erfüllt die Brandschutz-Fugenschnur mindestens die Brandschutzanforderungen der „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln"(RAGT)-"Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwesen" (ZTV)-Tunnelkurve, der Hydrocarbonkurve (HC), der Hydrocarbonkurve angehoben (HC angehoben) sowie der Einheitstemperaturkurve (ETK/ISO), die in Fig. 2 dargestellt sind. Für den Hoch- bzw. Tiefbau wurde aus einer Vielzahl von Versuchen und unter Berücksichtigung von Erfahrungen mit realen Brandverläufen die Einheitstemperaturkurve (ETK) als internationaler Standard gemäß EN 1363-1 bzw. gemäß DIN 4102 bzw. ISO 834 definiert. Bevorzugt sind die DIN-Normen EN 1363-1 10/1999, DIN 4102 05/1998, bzw. ISO 834 09/1999. Ein einheitliches Brandszenario für Tunnelbrände wurde dagegen bisher nicht definiert. Für die Simulation von Bränden in Tunnelanlagen werden die in Fig. 2 dargestellten Kurven herangezogen.

Beschreibung der Figuren

[0041] Die Erfindung wird nachstehend anhand der folgenden Figuren detailliert beschrieben.

[0042] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur.

[0043] Fig. 2 zeigt den Temperaturverlauf einer RWS-Normbrandkurve, einer ETK-Normbrandkurve, einer RAGT-ZTV-Tunnelkurve, einer HC-Kurve sowie einer angehobenen HC-Kurve.

[0044] Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Schritte a) bis d) des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Brandschutz-Fugenschnur.

[0045] Fig. 4a und Fig. 4b zeigen einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur, die in eine Fuge eines Tunnels eingebaut ist.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform wird der verbundbildende Träger der Brandschutz-Fugenschnur aus der Gruppe bestehend aus organischen Substanzen, wie organischen Polymeren und daraus hergestellten Verbundstoffen, ausgewählt.

[0047] Bevorzugt kann der verbundbildende Träger organische und/oder anorganische Substanzen wie organische und/oder anorganische Polymere umfassen, wie Polyurethane, Phenolharze, Polystyrole, Polyolefine, wie Polyethylen und/oder Polybutylen, Harze wie Melaminharze und Melaminharzschäume, Silikonschäume, Silikonextrudaten, synthetischer oder natürlicher Kautschuk, Latex-, Acrylatdispersionen, Cellulose, Bitumen, Elastomeren wie BR, NBR, SBR, EPDM, ABS und Gemische davon sowie Modifikation dieser organischen und/oder anorganischen Substanzen mit Additiven zur Steigerung der praktischen Einsatzfähigkeit. Bevorzugt sind die organischen und/oder anorganischen Substanzen geschäumt und/oder extrudiert.

[0048] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der verbundbildende Träger Polyurethan. Vorteilhafterweise führt die Verwendung eines Kerns (**2**) aus Polyurethan in Verbindung mit einer Außenschicht (**1**) zur optimalen Schneidbarkeit und optimalen Flexibilität sowie zum optimalen Rückstellverhalten der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur.

[0049] Das Polyurethan kann aus jedem geeigneten Polyol und Polyisocyanat, gegebenenfalls unter Verwendung üblicher Katalysatoren und weiterer üblicher Hilfsstoffe, wie Aminkatalysatoren, Stabilisatoren und/oder Kettenverlängerer, hergestellt werden. Als Polyisocyanate sind beispielsweise aliphatische, cycloaliphatische, araliphatische, aromatische und/oder heterocyclische Polyisocyanate verwendbar, wie in EP 0 400 402 A1 beschrieben. Erfindungsgemäß bevorzugt sind die technisch leicht zugänglichen Polyisocyanate, wie das 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat, 2,4- und 2,6-Toluylendiisocyanat, insbesondere 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat, sowie beliebige Gemische dieser Isomeren.

[0050] Als Polyole werden bevorzugt solche mit einem Molekulargewicht M_w von 100 bis 10000 verwendet, insbesondere mit 2 bis 8 Hydroxylgruppen, insbesondere bevorzugt Polyetherpolyol.

[0051] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der verbundbildende Träger aus Polyurethan unter Verwendung von 4,4'-Diphenylmethandiisocyanat und Polyetherpolyol hergestellt.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die intumeszierende Komponente homogen im verbundbildenden Träger verteilt. Unter einer homogenen Verteilung der intumeszierenden Komponente im verbundbildenden Träger wird eine annähernd gleichmäßige Verteilung der intumeszierenden Komponente im gesamten Volumen des Trägers verstanden. So ist beispielsweise bevorzugt die Abweichung der Konzentration der intumeszierenden Komponente im Träger pro 1 cm^3 im Vergleich zu demselben Volumen an anderer, bevorzugter an jeder anderen Stelle des Trägers ≤ (kleiner/gleich) 20%, bevorzugter ≤ (kleiner/gleich) 10%, bevorzugter

≤ (kleiner/gleich) 5%, insbesondere ≤ (kleiner/gleich) 1%.

[0053] Es hat sich herausgestellt, dass die intumeszierende Komponente ein günstigeres Brandverhalten bei homogener Verteilung im verbundbildenden Träger aufweist und bei niederen Temperaturen durch Schaumbildung den erwünschten Brandschutz bildet.

[0054] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die intumeszierende Komponente wenigstens ein Cyanursäurederivat und/oder Blähgraphit. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die intumeszierende Komponente weiterhin wenigstens ein Zuckerpolyol, wenigstens ein Ammoniumpolyphosphat, und/oder ein Aluminiumhydroxid.

[0055] Unter a) Cyanursäurederivat im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist Cyanursäure und/oder deren Derivate zu verstehen; dies sind Verbindungen, die sich von Cyanursäure oder Isocyansäure ableiten lassen. Solche sind zum Beispiel Cyanamid, Dicyanamid, Dicyandiamid, Guanidin und dessen Salze, Biguanidin, Melamincyanurat, Cyanursäuresalze und Cyanursäureester und -amide. Besonders bevorzugt ist Cyanursäureamid (Melamin).

[0056] Die Cyanursäure bzw. das Cyanursäurederivat hat in der intumeszierenden Komponente die Funktion, als Gasbildner zu wirken und zersetzt sich im Brandfall zu nicht brennbaren Gasen. Dies führt zu einem Aufblähen der entstehenden Kohlestrukturen, was zu Intumeszenz führt. Technisch wird Melamin durch Erhitzen von Dicyanamid in flüssigem Ammoniak auf etwa 220°C bei 50 bis 60 bar gewonnen.

[0057] Unter b) Zuckerpolyol im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind Polyole zu verstehen, die durch Reduktion von 4- bis 6-wertigen Monosacchariden entstehen. Das wenigstens eine Zuckerpolyol ist bevorzugt ein 4- bis 6-wertiger Alkohol. Insbesondere bevorzugt hat das Zuckerpolyol 3 bis 8 Kohlenstoffatome und 4 bis 6OH-Gruppen. Das wenigstens ein Zuckerpolyol ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Threit, Erythrit, Pentaerythrit, Arabit, Aldonit, Xylit, Sorbit, Mannit, Dulcit, Formit, und Gemischen davon, insbesondere Pentaerythrit. Das Zuckerpolyol enthält somit bevorzugt außer C-, H- und O-Atomen keine weiteren Heteroatome, insbesondere ist kein phosphorhaltiges Zuckerpolyol enthalten.

[0058] Das Zuckerpolyol in der intumeszierenden Komponente als Kohlenstofflieferant, wobei die OH-Gruppen im Brandfall mit Säuregruppen reagieren können. Technisch wird Pentaerythrit aus Acetaldehyd und Formaldehyd in einer aldolartigen Additionsreaktion zu Trimethylolacetaldehyd, und nachfolgender Reduktion hergestellt.

[0059] Das wenigstens eine c) Ammoniumpolyphosphat ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Ammoniumsalz der verschiedenen Polyphosphorsäuren, beispielsweise der Metaphosphorsäure, der Orthophosphorsäure oder der höher kondensierten Phosphorsäuren, die in der Regel als Gemisch vorliegen. Bevorzugt ist somit das wenigstens eine Ammoniumpolyphosphat ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Ammoniummethaphosphorsäure, -orthophosphorsäure, Ammoniumsalzen von höher kondensierten Phosphorsäuren und Gemischen davon.

[0060] Das Ammoniumpolyphosphat dient in der intumeszierenden Komponente als Säurelieferant, wobei im Brandfall Phosphorsäure entsteht, die mit dem Polyol einen Ester bilden kann und damit die Bildung eines Carbonschaums bewirkt. Technisch wird Ammoniumpolyphosphat durch Erhitzen von Ammoniumphosphat hergestellt.

[0061] Als der wenigstens eine Blähgraphit d) kommen beispielsweise bekannte Einlagerungsverbindungen von Wasser, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Lewissäuren und/oder sonstigen starken Säuren in Graphit in Frage. Diese werden auch als Graphitsalze bezeichnet. Bevorzugt sind erfindungsgemäß Blähgraphite, die bei Temperaturen von beispielsweise 100 bis 350°C unter Aufblähen charakteristische gasförmige Substanzen, wie SO_2, SO_3, CO_2, H_2O, NO oder andere charakteristische gasförmige Substanzen, abgeben. Bevorzugt ist somit der Blähgraphit ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus unmodifiziertem Blähgraphit, Einlagerungsverbindungen von Wasser, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Lewissäuren und/oder sonstigen starken Säuren in Graphit und Gemischen davon.

[0062] Der Blähgraphit kann beispielsweise in Form von Plättchen mit einem maximalen Durchmesser im Bereich von 0,01 bis 5 mm, bevorzugter 0,1 bis 5 mm, insbesondere 0,5 bis 3 mm und/oder 0,03 bis 3 mm vorliegen.

[0063] Der wenigstens eine Blähgraphit hat bevorzugt eine Korngröße im Bereich von wenigstens etwa 10 µm, bevorzugter von etwa 10 µm bis etwa 5000 µm, bevorzugter von etwa 10 µm bis etwa 2000 µm, insbesondere etwa 10 µm bis etwa 1500 µm. Bevorzugt hat der Blähgraphit eine Korngrößenverteilung d_{50} = 44 µm und/oder $d_{17,5}$ < 300 µm und $d_{82,5}$ >/ = 300 µm. Für die vorliegende Erfindung geeignete Blähgraphite sind im Handel erhältlich.

[0064] Der Blähgraphit hat in der intumeszierenden Komponente den Zweck, als Krustenbildner und -stabilisator zu wirken. Durch mehr oder weniger starkes Aufblähen des Graphits entsteht eine lockere und gut isolierende bis dichte und hohe Stabilität verleihende Struktur. Dadurch ist Blähgraphit maßgeblich für die Brandschutzwirkung verantwortlich.

[0065] Ein Aluminiumhydroxid, insbesondere Aluminiumhydrat, Aluminiumtrihydrat und/oder Aluminiumtrihydroxid, kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung synthetisch durch Fällen aus Aluminiumsalzlösung mit Ammoniak oder Alkalihydroxid und nachfolgendem Trocknen hergestellt werden. Aluminiumhydroxid ist auch als mineralisches Produkt (z. B. Tonerde) erhältlich. Bevorzugt wird Aluminiumtrihydroxid verwendet.

[0066] Aluminiumhydroxid ist in der intumeszierenden Komponente als Flammschutzmittel wirksam. Im Brandfall spaltet sich Wasser ab und entzieht der Umgebung Energie. Durch die Verdampfung des Wassers tritt eine Verdrängung des Sauerstoffs im Gasraum ein.

[0067] Insbesondere bevorzugt umfasst die intumeszierende Komponente Melamin, Pentaerythrit, Ammoniumpolyphosphat, Blähgraphit und Aluminiumhydroxid und besteht in einer besonders bevorzugten Ausführungsform daraus. Bevorzugt ist die intumeszierende Komponente halogenfrei.

[0068] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das intumeszierende Gemisch 0,025 bis 90 Gew.-% Cyanursäurederivat, 0,025 bis 90 Gew.-% Zuckerpolyol, 0,025 bis 90 Gew.-% Ammoniumpolyphosphat, 0,025 bis 90 Gew.-% Blähgraphit und 0, 025 bis 90 Gew.-% Aluminiumhydroxid.

[0069] Der Kern (**2**) der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur umfasst bevorzugt etwa 10 bis etwa 98 Gew.-%, bevorzugter etwa 30 bis etwa 65 Gew.-% der intumeszierenden Komponente und etwa 2 bis 90 Gew.-%, bevorzugter etwa 35 bis etwa 70 Gew.-% Polyurethan, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kerns (**2**). Bevorzugt sind gegebenenfalls etwa 0 bis etwa 10 Gew.-% Hilfsstoffe, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kerns (**2**), anwesend.

[0070] Hilfsstoffe können beispielsweise handelsübliche Benetzungsmittel, Entschäumer, Konservierungsmittel, Lösungsmittel, Farbpigmente, Verdickungsmittel, Thixotropierungsmittel, Zellregulatoren, Zellstabilisatoren, Zellöffner, Katalysatoren, Trocknungsmittel und/oder Treibmittel sein.

[0071] Des Weiteren kann die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur stabilisierende Zusätze enthalten, wie Fasern und Gewebe. Bevorzugt enthält die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur Glasfasergewebeeinlagen, Glas, Kunststoff und/oder Metallfasern. Die stabilisierenden Zusätze sind bevorzugt thermostabil, d. h. deren Schmelzpunkt liegt bevorzugt oberhalb 80°C. Besonders bevorzugt ist ein stabilisierender Zusatz, wie ein Gewebe oder Fasern, enthalten, wenn der verbundbildende Träger ein polymeres Material, wie Polyurethan, umfasst.

[0072] Die Brandschutz-Fugenschnur umfasst bevorzugt wenigstens 10 Gew.-%, bevorzugter wenigstens 30 Gew.-%, insbesondere wenigstens 45 Gew.-%, bevorzugter wenigstens 50 Gew.-% an intumeszierender Komponente und verbundbildendem Träger.

[0073] Die Brandschutz-Fugenschnur kann einen im Wesentlichen kreisförmigen, ellipsenförmigen, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt haben. Die Brandschutz-Fugenschnur hat bevorzugt einen im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt. Eine Brandschutz-Fugenschnur mit einem kreisförmigen Querschnitt hat bevorzugt einen Durchmesser von 1 mm bis 100 mm, besonders bevorzugt von 5 mm bis 80 mm, ganz besonders bevorzugt von 10 mm bis 60 mm und am meisten bevorzugt von 20 mm bis 50 mm. Beispiele für Durchmesser von erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnüre sind etwa 22 mm bzw. etwa 42 mm.

[0074] Fig. 1 zeigt eine besondere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Brandschutzfugenschnur. Die Brandschutzfugenschnur hat einen im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt. Die Brandschutzfugenschnur besteht aus einer Außenschicht (**1**) und einem Kern (**2**) umfassend einen verbundbildenden Träger sowie die intumeszierende Komponente.

[0075] Bevorzugt hat der Kern (**2**) eine Dichte von etwa 50 g/dm^3 bis etwa 800 g/dm^3, insbesondere etwa 100 g/dm^3 bis etwa 500 g/dm^3. Insbesondere bevorzugt hat der Kern (**2**) 25 Vol.-% bis 94 Vol.-% Hohlräume in Form von Blasen, wobei die Blasen bevorzugt einen mittleren Durchmesser von etwa 0,001 mm bis 5 mm haben. Dies bedeutet, dass im Kern (**2**) – abgesehen von der sich durch die Herstellung des verbundbildenden Trägers bildende Schaumstruktur – bevorzugt keine weiteren Hohlräume vorgesehen werden. Des Weiteren ist der Kern (**2**), der bevorzugt aus Polyurethan ist, vorzugsweise faserfrei.

[0076] Der Kern (**2**) hat im Brandfall die Funktion, eine sehr starke Intumeszenz und daraus resultierende Isolation der Fuge zu gewährleisten. In eingebautem Zustand sorgt der Kern (**2**) für eine geringe Dichte, hohe Flexibilität, gute Komprimierbarkeit und somit leichte Montage, gute Schneidbarkeit und Faserfreiheit.

[0077] Des Weiteren umfasst die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur wenigstens eine Außenschicht (**1**).

[0078] Erfindungsgemäß ist bevorzugt, dass die Außenschicht (**1**) der Brandschutz-Fugenschnur eine Schicht ist, die aus Silikon, Elastomeren, Kautschuk, Polyethylen, Polyurethan, Polyvinylchlorid und/oder Gemischen davon besteht. Bevorzugt ist der Kautschuk synthetischer Kautschuk. Insbesonde-

re bevorzugt ist der synthethische Kautschuk Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), Isoprenkautschuk (IR), Polybutadien-Kautschuk (BR), Polychloropren-Kautschuk (CR), Nitrilkautschuk (NBR), Butylkautschuk (IIR), Brombutylkautschuk (BIIR), Ethylen-Propylen-Elastomere (EPM), Ethylen-Propylen-Dien (EPDM), Siliconkautschuk (P/VMQ), Polyester-Urethan-Kautschuk (AU), Polyether-Urethan-Kautschuk (EU), Polyepichlorhydrin-Kautschuk (CO). Ferner sind erfindungsgemäß thermoplastische Elastomere bevorzugt. Besonders bevorzugt sind thermoplastische Elasotomere auf Olefin- und/oder Urethanbasis. Besonders bevorzugt ist die Außenschicht (**1**) aus Silikon.

[0079] Ferner ist bevorzugt, dass die Außenschicht (**1**) ein Schlauch ist. Der Schlauch ist vorteilhafterweise witterungsbeständig und flexibel. Insbesondere schützt dieser Schlauch als Ummantelung den Kern (**2**) der Brandschutz-Fugenschnur vor äußeren Einflüssen wie Wasser und Abgasen, und gewährt so eine gute Witterungsbeständigkeit. Damit entfällt der Einsatz von Silikondichtstoff. Ferner hat der Schlauch durch sein sofortiges Verbrennen im Brandfall keinen negativen Einfluss auf die Intumeszenz. Zusätzlich ist der Schlauch unempfindlich gegenüber Frost-Tau-Wechsel unter Einwirkung von Tausalzen sowie beständig in SO_2-Atmosphäre, die als Abgas in Tunnel vorhanden ist, und weist eine hohe mechanische Stabilität auf.

[0080] Bevorzugt hat die Außenschicht (**1**) eine Dicke von etwa 0,1 bis etwa 10,0 mm, bevorzugter von etwa 0,5 bis etwa 3,0 mm, insbesondere von etwa 0,7 bis etwa 1,5 mm und besonders bevorzugt von etwa 0,8 bis etwa 1,2 mm.

[0081] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung muss die Brandschutz-Fugenschnur mindestens die Brandschutz-Anforderungen nach der Rijkswaterstaat (RWS)-Normbrandkurve, aber auch die der RAGT-ZTV-Tunnelkurve (ZTV), der Hydrocarbon (HC)-Kurve, der Hydrocarbonkurve angehoben (HC angehoben) sowie der Einheitstemperaturkurve (ETK/ISO) erfüllen.

[0082] Die RWS-Kurve wird zur Bestimmung der mechanischen und thermischen Eigenschaften der Brandschutzmaterialien, die im Tunnelbau eingesetzt werden, hier der Brandschutz-Fugenschnur, herangezogen. Bei diesen mechanischen und thermischen Eigenschaften handelt es sich beispielsweise um die Fähigkeit der Brandschutz-Fugenschnur, im Brandfall bei Einwirkung von Feuer und/oder Hitze aufzuschäumen und dabei eine isolierende, feuerabweisende Carbonschicht zu bilden sowie um die mechanische Stabilität der Carbonschicht.

[0083] Ein besonderes Charakteristikum dieser Kurve ist ein rascher Temperaturanstieg in den ersten Minuten der Prüfung der Einhaltung der Brandschutzanforderungen, nämlich von 1100°C, sowie sehr hohe Temperaturen, die über einen langen Zeitraum gehalten werden. Der Höchstwert liegt bei 1350°C. Die RWS-Kurve spiegelt den Temperaturverlauf nach einem Tanklasterunglück in einem Tunnel mit einer Beladung von 50 m^3 Treibstoff wider.

[0084] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Brandschutzanforderungen nach der RWS-Normbrandkurve für eine Branddauer von 60 bis 240 Minuten, bevorzugt von 90 bis 150 Minuten, besonders bevorzugt von 110 bis 130 Minuten und insbesondere bevorzugt von 120 Minuten erfüllt.

[0085] In Fig. 2 sind die Kurven veranschaulicht, die für die Simulation von Bränden in Tunnelanlagen herangezogen werden, und deren Brandschutz-Anforderungen die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur bevorzugt zu erfüllen hat:

– Rijkswaterstaat(RWS)-Normbrandkurve Diese Kurve zeichnet sich durch einen schnellen Temperaturanstieg aus. Bereits in den ersten 15 Minuten werden 1.200°C und nach 60 Minuten der Scheitelwert von 1350°C erreicht. Danach erfolgt ein Abklingen der Temperatur.

– „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln" (RAGT) – „Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwesen"(ZTV)-Tunnelkurve (ZTV Car) (ZTV Train)

In den "Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln" (RAGT) und in den "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwesen" (ZTV) sowie der „Eisenbahn-Bundesamt"(EBA)-Brand- und Katastrophenschutzrichtlinie für Eisenbahntunnel arbeitet man mit der ZTV-Tunnelkurve. Bereits in den ersten 5 Minuten werden ca. 1.200°C erreicht. Hierbei wurde definiert, dass die Vollbrandphase in Straßentunneln 30 Minuten und in Eisenbahntunneln 60 Minuten dauert. Danach erfolgt jeweils ein deutliches Abklingen der Temperatur auf ca. 20°C über einen Zeitraum von 110 Minuten.

– Hydrocarbon(HC)-Kurve (HC) und (HC angehoben) Bei dieser Kurve wird davon ausgegangen, dass nach ca. 20 Minuten ca. 1.100°C erreicht werden und diese Temperatur konstant über den gesamten Brandverlauf aufrechterhalten bleibt.

In der angehobenen, also verschärften Version der HC-Kurve steigen die Temperaturen auf ca. 1.300 C.

[0086] Diese Brandszenarien resultieren aus der Auswertung und Nachstellung verschiedener Tunnelbrände sowie aus entsprechenden Brandversuchen. Mit diesen Modellen werden Brandschutzmaterialien für Tunnelanlagen auf Ihre Eignung hin getestet.

[0087] Die Brandschutzmaterialien sind gemäß der RWS-Brandkurve härteren Bedingungen als gemäß der ET-, der ZTV- als auch der HC(Hydrocarbon)-Kurve ausgesetzt.

[0088] Gemäß einer besonders bevorzugten Brandschutzanforderung der vorliegenden Erfindung muss die Brandschutz-Fugenschnur gewährleisten, dass

– die Temperatur an der Fugenabdichtung maximal 60°C bis 180°C beträgt und somit die Zerstörung der Fugenabdichtung verhindert wird,

– die Oberflächentemperatur des Betons im Bereich der Fugenflanke < 500°C und die Temperatur der Stahlbewehrung im Beton im Bereich der Fugenflanke < 300°C beträgt und somit Betonabplatzungen in der Fugenflanke verhindert werden.

[0089] Die hohe Flexibilität der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur ist aufgrund deren Anpassungsnotwendigkeit an die unterschiedlichen örtlichen Tunnel, Hochbau- und Tiefbaufugenausbildungen von großem Vorteil.

[0090] Die niedrige Dichte von 50–800 g/dm^3 ist vorteilhaft, da sie eine geringe körperliche Belastung und Ersparnis an Kraft und Zeit bereitstellt.

[0091] Ein gutes Rückstellverhalten ist für den Bewegungsausgleich von Arbeits- und Dehnfugen von großem Vorteil.

[0092] Die gute Beständigkeit gegenüber Feuchtigkeit, Frost-Tauwechsel, Tausalzen und Abgasen sowie gegen Druck-/Sogeinflüsse ist für eine langjährige und wartungsfreie Funktion der Brandschutz-Fugenschnur von großem Vorteil.

[0093] Damit weist die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur eine gute Witterungsbeständigkeit, Beständigkeit gegen Frost-/Tauwechsel, Beständigkeit gegen Tausalze und Abgase sowie Beständigleit gegen Druck bzw. Sog auf.

[0094] Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur umfassend die Schritte:

a) Bereitstellen einer Außenschicht (**1**) mit den gewünschten Abmessungen für die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur,

b) Ziehen der Außenschicht (**1**) über eine Zufuhrvorrichtung (**3**), durch die das Kernmaterial in die Außenschicht (**1**) eingebracht wird,

c) Bereitstellen eines verbundbildenden Trägers sowie einer intumeszierenden Komponente,

d) Einbringen des in Schritt c) bereitgestellten verbundbildenden Trägers sowie der in Schritt c) bereitgestellten intumeszierenden Komponente in die Außenschicht (**1**) und

e) gegebenenfalls Entfernen der Außenschicht (**1**)

[0095] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die Außenschicht (**1**) über die Zufuhrvorrichtung (**3**) mit einer Mischvorrichtung verbunden.

[0096] In dem erfindungsgemäßen Verfahren ist der verbundbildende Träger bevorzugt ein Polyurethan, das aus einem Polyol-Isocyanat-Gemisch hergestellt wird.

[0097] Ferner wird in dem erfindungsgemäßen Verfahren die intumeszierende Komponente vorzugsweise in der Mischvorrichtung homogen im verbundbildenden Träger verteilt.

[0098] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Zufuhrvorrichtung (**3**) ein Hohlzylinder, besonders bevorzugt ein Dorn bzw. eine Lanze.

[0099] Bevorzugt entfällt Schritt e) des erfindungsgemäßen Verfahrens, also das Entfernen der Außenschicht (**1**).

[0100] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Außenschicht (**1**) ein Schlauch. Ferner ist erfindungsgemäß bevorzugt, dass die Außenschicht (**1**) in dem Verfahren aus Silikon, Elastomeren, Kautschuk, Polyethylen (PE), Polyurethan, Polyvinylchlorid (PVC) und/oder Gemischen davon besteht. Bevorzugt ist die Außenschicht (**1**) ein Schlauch. Bevorzugt ist der Kautschuk synthetischer Kautschuk. Insbesondere bevorzugt ist der synthetische Kautschuk Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR), Isoprenkautschuk (IR), Polybutadien-Kautschuk (BR), Polychloropren-Kautschuk (CR), Nitrilkautschuk (NBR), Butylkautschuk (IIR), Brombutylkautschuk (BIIR), Ethylen-Propylen-Elastomere (EPM), Siliconkautschuk (P/VMQ), Polyester-Urethan-Kautschuk (AU), Polyether-Urethan-Kautschuk (EU) und/oder Polyepichlorhydrin-Kautschuk (CO). Ferner sind erfindungsgemäß thermoplastische Elastomere bevorzugt.

[0101] Fig. 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Schritte a) bis d) des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Brandschutz-Fugenschnur. In dieser bevorzugten Ausführungsform ist die Außenschicht **1** ein Schlauch. Zum gleichmäßigen Abwickeln des Schlauchs wird dieser Schlauch auf einer Transportvorrichtung **8**, ein Laufband, befestigt. Der Schlauch ist über eine Zufuhrvorrichtung **3**, bevorzugt ein Hohlzylinder, mit einer Mischvorrichtung **5**, bevorzugt eine Mischkammer, verbunden. Der Motor **4** ist der Antrieb für die Mischvorrichtung **5**. Der Schlauch wird kontinuierlich vom Hohlzylinder weggezogen, wobei ein gleichmäßiger Materialstrom **6** (verbundbildender Träger, bevorzugt Polyurethan, sowie eine intumeszierende Komponente in flüssiger Phase) in den Schlauch strömt. Bevor dieser Materialstrom in den Schlauch eintritt, wird er von der Mischkammer gemischt. Im Schlauch reagiert

der gleichmäßige Materialstrom **6** dann zu einem Schaum **7** aus (verbundbildender Träger, bevorzugt Polyurethan, sowie eine intumeszierende Komponente in aufgeschäumter Phase). Es ist erfindungsgemäß bevorzugt, die Geschwindigkeit des Laufbandes genau zu steuern. Läuft das Laufband zu schnell, so reagiert der Schaum zu schnell aus und es kommt zu einer unerwünschten Lunker(Hohlraum)-Bildung innerhalb des Schaums, bei zu langsamer Geschwindigkeit schäumt jedoch der Hohlraum zu. Erfindungsgemäß ist eine Geschwindigkeit von 0,000 /s–5 m/s, bevorzugt von 0,01 m/s–3 m/s, besonders bevorzugt von 0,05 m/s–2 m/s, ganz besonders bevorzugt von 0,09 m/s–1,1 m/s geeignet. Beispielhafte Geschwindigkeiten sind für eine Fugenschnur mit einem Durchmesser von 22 mm 0,100 m/s und für eine Fugenschnur mit einem Durchmesser von 47 mm 0,0625 m/s.

[0102] Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein alternatives Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur umfassend die Schritte:

a) Bereitstellen eines verbundbildenden Trägers sowie einer intumeszierenden Komponente und

b) Extrudieren des verbundbildenden Trägers mit der intumeszierenden Komponente durch ein Werkzeug mit den gewünschten Abmessungen.

[0103] Bevorzugt erfolgt in Schritt b) das Aufschmelzen des verbundbildenden Trägers mit der intumeszierenden Komponente sowie das anschließende Pressen des aufgeschmolzenen verbundbildenden Trägers und der aufgeschmolzenen intumeszierenden Komponente durch ein Werkzeug.

[0104] Vorteilhafterweise wird bei diesem Verfahren keine Aussenschicht benötigt, da die Formgebung über die Geometrie des Werkzeugs gewährleistet wird.

[0105] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung einer intumeszierenden Komponente, die wie oben definiert ist, zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur.

[0106] Einen noch weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung einer erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur zum Schutz einer Tunnel-, Hochbau- bzw. Tiefbaufuge im Brandfall, insbesondere der Abdichtungen und/oder der Betonflanken der Tunnel-, Hochbau- bzw. Tiefbaufuge im Brandfall. Besonders bevorzugt soll eine Zerstörung der Abdichtung und ein Abplatzen von Beton mit der Brandschutz-Fugenschnur im Brandfall verhindert werden.

[0107] Die Erfindung wird nunmehr anhand von Beispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0108] Fig. 4a und Fig. 4b zeigen eine bevorzugte Einbausituation der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur in der Fuge eines Tunnels bzw. im Hoch – und Tiefbau.

[0109] In Fig. 4a ist die Brandschutz-Fugenschnur **12** in eine Tunnelfuge **9** zwischen zwei Betonsegmenten einer inneren Tunnelröhre **10** eingebracht, wobei die Fuge mit einem Abdichtungssystem **11** zum Schutz gegen Wasser und Feuchtigkeit verschlossen ist.

[0110] In Fig. 4b ist die Brandschutz-Fugenschnur **12** in eine Tunnelfuge **9** zwischen zwei Betonsegmenten einer inneren Tunnelröhre **10** eingebracht, wobei die Fuge mit einem Abdichtungssystem **11** zum Schutz gegen Wasser und Feuchtigkeit verschlossen ist. Zusätzlich ist die Fugenflanke mit Brandschutzplatten **13** versehen.

Beispiel 2

[0111] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Brandschutz-Fugenschnur. Sie besteht a) aus Polyurethan als verbundbildenden Träger und einer intumeszierenden Komponente und b) einem Silikonschlauch als Außenschicht **1**.

Beispiel 3: Herstellungsverfahren der Brandschutz-Fugenschnur der Erfindung

[0112] Die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur kann hergestellt werden, indem zunächst der maßgerechte Zuschnitt des Silikonschlauchs über einen geeigneten erfindungsgemäßen Hohlkörper, z. B. einen Dorn oder eine Lanze, gezogen wird. Der Hohlzylinder ist über einen Schlauch mit einem Mischkopf verbunden, welcher das Polyurethan mit der intumeszierenden Komponente (Materialstrom) homogen mischt. Zum gleichmäßigen Abwickeln des Schlauchs wird dieser auf einem Laufband befestigt und kontinuierlich vom Hohlkörper weggezogen, wobei ein gleichmäßiger Materialstrom (Polyurethan und intumeszierende Komponente) in den Schlauch strömt. Wesentlich für die Erfindung ist, dass die Geschwindigkeit des Laufbandes exakt bestimmt wird. Läuft das Laufband zu schnell, so reagiert der Schaum zu schnell aus und es kommt zu einer unerwünschten Lunker-(Hohlraum)Bildung, bei zu langsamer Geschwindigkeit schäumt jedoch der Hohlraum zu (siehe Fig. 3). Die gestestete Geschwindigkeit für eine Fugenschnur mit einem Durchmesser von 22 mm beträgt 0,100 m/s und für eine Fugenschnur mit einem Durchmesser von 47 mm beträgt 0, 0625 m/s.

Beispiel 4: Herstellungsverfahren der Brandschutz-Fugenschnur der Erfindung

[0113] Die erfindungsgemäße Brandschutz-Fugenschnur kann mittels Extrusion hergestellt werden. Hierzu wird der verbundbildende Träger mit der intumeszierenden Komponente versetzt und aufgeschmolzen. Anschließend wird die aufgeschmolzene Masse durch ein Werkzeug gepresst und erhält je nach Werkzeugbeschaffenheit eine Form mit einem im Wesentlichen kreisförmigen, ellipsenförmigen, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt.

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 Patentliteratur

- DE 10255265 [0014]
- DE 3038524 [0017, 0017, 0017, 0018]
- DE 3803060 [0018]
- DE 19928169 [0019, 0019]
- EP 0051106 [0021]
- EP 0061024 [0022]
- EP 0120253 A1 [0023]
- EP 0158165 A1 [0024]
- EP 0217080 A1 [0025]
- EP 0492248 A1 [0026]
- DE 19653503 A1 [0027]
- EP 0116846 A1 [0028, 0029]
- EP 0400402 A1 [0030, 0049]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN 1854 (09/2006) [0003]
- 18197 (10/2005 Vornorm) [0003]
- 7865 (02/2008) [0003]
- DIN 4102 [0010]
- EN 1363-1 [0040]
- DIN 4102 [0040]
- ISO 834 [0040]
- DIN-Normen EN 1363-1 10/1999 [0040]
- DIN 4102 05/1998 [0040]
- ISO 834 09/1999 [0040]

Patentansprüche

1. Brandschutz-Fugenschnur umfassend einen Kern (**2**) umfassend
a) einen verbundbildenden Träger und b) eine intumeszierende Komponente.

2. Brandschutz-Fugenschnur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie wenigstens eine Außenschicht (**1**) umfasst.

3. Brandschutz-Fugenschnur nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der verbundbildende Träger ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus organischen Substanzen, wie organischen Polymeren und daraus hergestellten Verbundstoffen und/oder anorganischen Substanzen, wie anorganischen Polymeren und daraus hergestellten Verbundstoffen.

4. Brandschutz-Fugenschnur nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die organischen und/oder anorganischen Substanzen ausgewählt sind aus der Gruppe, bestehend aus Polyurethanen, Polyvinylchlorid, Phenolharzen, Polystyrolen, Polyolefinen, wie Polyethylen und/oder Polybutylen, Melaminharzen, Melaminharzschäumen, Silikon, Silikonschäumen, Silikonextrudaten, synthetischem oder natürlichem Kautschuk, Latex-, Acrylatdispersionen, Cellulose, Bitumen, Elastomeren und Gemischen davon.

5. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die organische Substanz Polyurethan ist.

6. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die intumeszierende Komponente homogen im verbundbildenden Träger verteilt ist.

7. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die intumeszierende Komponente wenigstens ein Cyanursäurederivat und/oder wenigstens einen Blähgraphit umfasst.

8. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die intumeszierende Komponente weiterhin wenigstens ein Zuckerpolyol, wenigstens ein Ammoniumpolyphosphat, wenigstens einen Blähgraphit und/oder ein Aluminiumhydroxid umfasst.

9. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Cyanursäurederivat ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Cyanamid, Dicyanamid, Dicyandiamid, Guanidin und dessen Salzen, Biguanidin, Melamincyanurat, Cyanursäuresalze, -ester, -amide, und Gemischen davon, insbesondere Cyanursäureamid (Melamin).

10. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Zuckerpolyol ein 4- bis 6-wertiger Alkohol ist.

11. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Zuckerpolyol ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Threit, Erythrit, Pentaerythrit, Arabit, Aldonit, Xylit, Sorbit, Mannit, Dulcit, Formit und Gemischen davon, insbesondere Pentaerythrit.

12. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Ammoniumpolyphosphat ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus Ammonium-metaphosphorsäure, -orthophosphorsäure, Ammoniumsalzen von höher kondensierten Phosphorsäuren und Gemischen davon.

13. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Blähgraphit ausgewählt ist aus der Gruppe, bestehend aus unmodifiziertem Blähgraphit, Einlagerungsverbindungen von Wasser, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Lewissäuren und/oder sonstigen starken Säuren in Graphit und/oder Gemischen davon.

14. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Blähgraphit eine Korngrössenverteilung von etwa 10 µm bis etwa 5000 µm hat.

15. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das eine Aluminiumhydroxid Aluminiumtrihydroxid, Aluminiumhydrat bzw. Aluminiumtrihydrat bzw. Aluminiumtrihydroxid ist.

16. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (**2**) eine Dichte von etwa 50 g/dm^3 bis etwa 800 g/dm^3 aufweist.

17. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) ein Schlauch ist.

18. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) aus Silikon, Elastomeren, Kautschuk, Polyethylen, Polyurethan, Polyvinylchlorid und/oder Gemischen davon besteht.

19. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlauch aus Silikon besteht.

20. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) eine Dicke von etwa 0,1 bis etwa 10,0 mm hat.

21. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) eine Dicke von etwa 0,5 bis etwa 3,0 mm hat.

22. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) eine Dicke von etwa 0,8 bis etwa 1,5 mm hat.

23. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie mindestens die Brandschutzanforderungen nach der Rijkswaterstaat(RWS)-Normbrandkurve, der Einheitstemperatur(ETK)-Kurve, der Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln(RABT)-Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwesen (ZTV)-Tunnelkurve, der Hydrocarbon(HC)-Kurve sowie der angehobenen Hydrocarbon(HC)-Kurve erfüllt.

24. Brandschutz-Fugenschnur nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Brandschutzanforderungen nach der Rijkswaterstaat(RWS)-Normbrandkurve für eine Branddauer von 60 bis 240 Minuten erfüllt sind.

25. Brandschutz-Fugenschnur nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Brandschutzanforderungen nach der Rijkswaterstaat (RWS)-Normbrandkurve für eine Branddauer von 90 bis 150 Minuten erfüllt sind.

26. Brandschutz-Fugenschnur nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Brandschutzanforderungen nach der Rijkswaterstaat(RWS)-Normbrandkurve für eine Branddauer von 110 bis 130 Minuten erfüllt sind.

27. Verfahren zur Herstellung einer Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend die Schritte:
a) Bereitstellen einer Außenschicht (**1**) mit den gewünschten Abmessungen für die Brandschutz-Fugenschnur nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
b) Ziehen der Außenschicht (**1**) über eine Zufuhrvorrichtung (**3**), durch die das Kernmaterial in die Außenschicht (**1**) eingebracht wird,
c) Bereitstellen eines verbundbildenden Trägers sowie einer intumeszierenden Komponente,
d) Einbringen des in Schritt c) bereitgestellten verbundbildenden Trägers sowie der in Schritt c) bereitgestellten intumeszierenden Komponente in die Außenschicht (**1**) und
e) gegebenenfalls Entfernen der Außenschicht (**1**).

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) über die Zufuhrvorrichtung (**3**) mit einer Mischvorrichtung verbunden ist.

29. Verfahren zur Herstellung einer Brandschutz-Fugenschnur nach einem der Ansprüche 1 bis 26, umfassend die Schritte:
a) Bereitstellen eines verbundbildenden Trägers sowie einer intumeszierenden Komponente und
b) Extrudieren des verbundbildenden Trägers mit der intumeszierenden Komponente durch ein Werkzeug mit den gewünschten Abmessungen.

30. Verfahren nach Anspruch 29, wobei Schritt b) das Aufschmelzen des verbundbildenden Trägers mit der intumeszierenden Komponente sowie das anschließende Pressen des aufgeschmolzenen verbundbildenden Trägers und der aufgeschmolzenen intumeszierenden Komponente durch ein Werkzeug umfasst.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass der verbundbildende Träger ein Polyurethan ist, das aus einem Poyol-Isocyanat-Gemisch hergestellt wird.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass in der Mischvorrichtung die intumeszierende Komponente homogen im verbundbildenden Träger verteilt wird.

33. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Zufuhrvorrichtung (**3**) ein Hohlzylinder ist.

34. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) aus Silikon, Elastomeren, Kautschuk, Polyethylen, Polyurethan, Polyvinylchlorid und/oder Gemischen davon besteht.

35. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenschicht (**1**) ein Schlauch ist.

36. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28 ohne Schritt e).

37. Verwendung einer intumeszierenden Komponente, die gemäß einem der Ansprüche 1 und 6 bis

15 definiert ist, zur Herstellung einer Brandschutz-Fugenschnur nach einem der Ansprüche 1 bis 26.

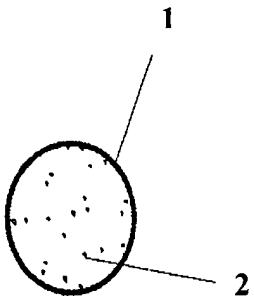
38. Verwendung einer Brandschutz-Fugenschnur nach einem der Ansprüche 1 bis 26 zum Schutz einer Tunnel-, Tiefbau- und/oder Hochbaufuge im Brandfall.

39. Verwendung nach Anspruch 36 zum Schutz der Abdichtungen und/oder Betonflanken der Tunnel-, Tiefbau und/oder Hochbaufuge im Brandfall.

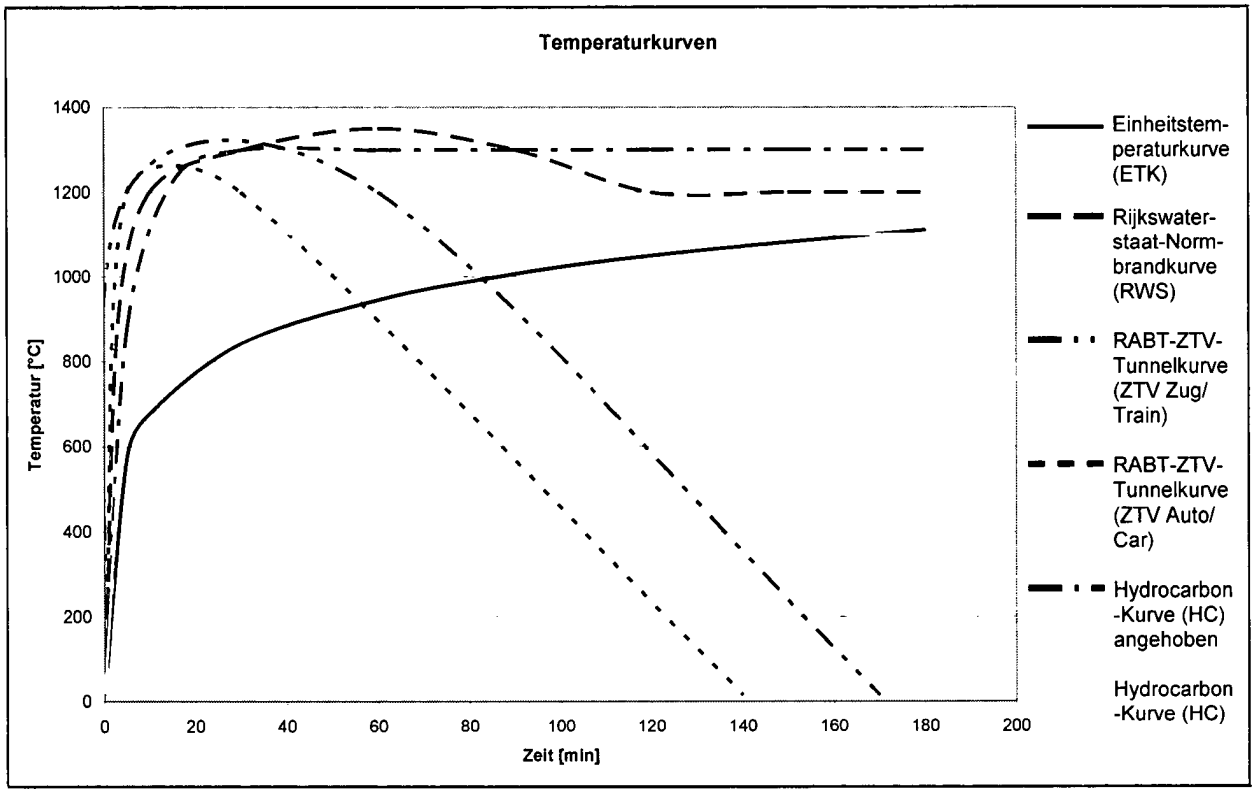
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

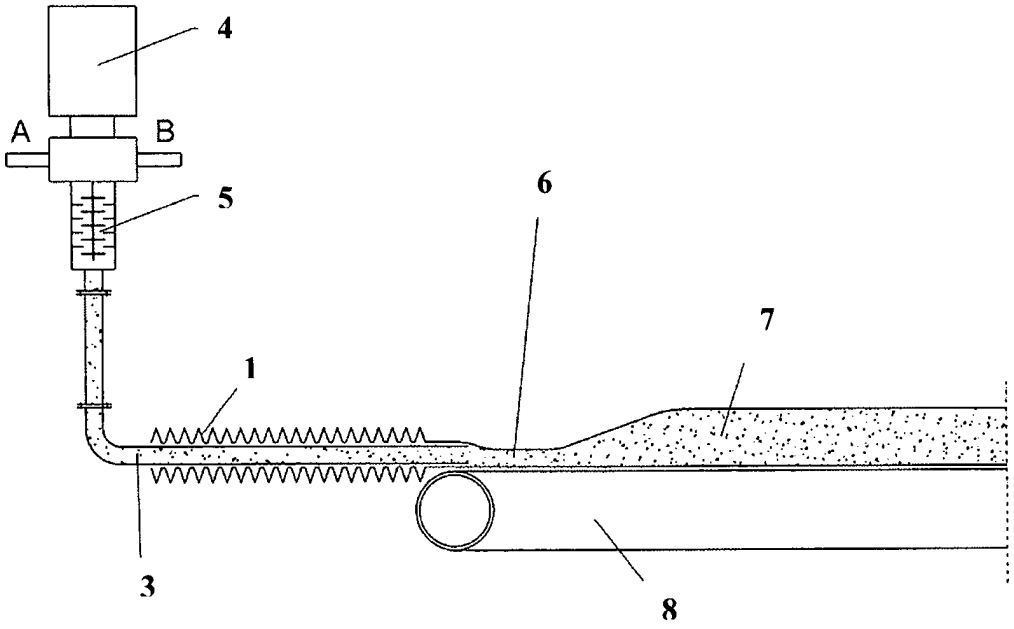
Figur 1:



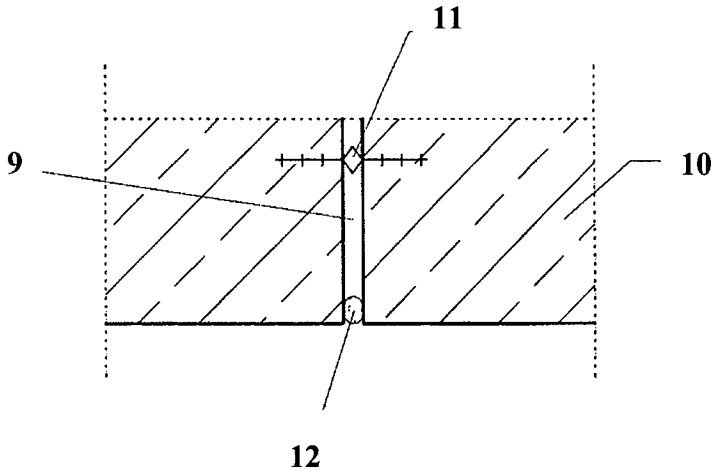
Figur 2:


Temperaturkurven
Temperatur [°C]
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Zeit [min]
Einheitstem-peraturkurve (ETK)
Rijkswater-staat-Norm-brandkurve (RWS)
RABT-ZTV-Tunnelkurve (ZTV Zug/ Train)
RABT-ZTV-Tunnelkurve (ZTV Auto/ Car)
Hydrocarbon -Kurve (HC) angehoben
Hydrocarbon -Kurve (HC)

Figur 3:



Figur 4a:



Figur 4b:

