



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 003 667 T2** 2008.11.13

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 756 403 B1**

(51) Int Cl.⁸: **F01N 3/28** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 003 667.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2005/005928**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 714 034.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/106222**

(86) PCT-Anmeldetag: **25.02.2005**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **10.11.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.02.2007**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **05.12.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.11.2008**

(30) Unionspriorität:
824029 **14.04.2004** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR**

(73) Patentinhaber:
**3M Innovative Properties Co., Saint Paul, Minn.,
US**

(72) Erfinder:
**MERRY, Richard P., Saint Paul, Minnesota
55133-3427, US**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **SANDWICH-HYBRIDMONTAGEMATTE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Es wird eine mehrschichtige Matte offenbart, die zur Verwendung bei der Montage eines Umweltschutzzelements innerhalb einer Umweltschutzvorrichtung geeignet ist.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] Umweltschutzvorrichtungen werden bei Motorfahrzeugen verwendet, um die Luftverschmutzung zu verringern. Die Verwendung von zwei Typen von Vorrichtungen ist gegenwärtig weit verbreitet: katalytische Konverter und Dieselpartikelfilter oder -fallen. Katalytische Konverter enthalten einen oder mehr Katalysatoren, welche normalerweise auf die Oberfläche einer monolithischen Struktur aufgetragen sind. Die monolithische Struktur ist normalerweise keramisch, obwohl auch Metallmonolithe verwendet wurden. Der/die Katalysator(en) oxidieren Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe oder reduzieren die Oxide von Stickstoff in Abgasen. Dieselpartikelfilter oder -fallen sind normalerweise in Form von Wandstromfiltern, die eine monolithische Honigwabenstruktur aufweisen, die aus porösen kristallinen Keramikmaterialien hergestellt ist. In der Bauweise des aktuellen Standes der Technik dieser Umweltschutzvorrichtungen ist die monolithische Struktur jedes Typs innerhalb eines Metallgehäuses eingeschlossen.

[0003] Schützende Dichtungsmaterialien sind normalerweise zwischen dem Monolith und dem Metallgehäuse positioniert, um den Monolith gegen Fahrbahnschläge und -erschütterungen zu schützen, um den Wärmeausdehnungsunterschied zwischen dem Metallgehäuse und dem Monolith auszugleichen und zu verhindern, dass Abgase zwischen dem Monolith und dem Metallgehäuse durchtreten. Der Prozess des Positionierens des schützenden Dichtungsmaterials wird als „canning“ bezeichnet und weist solche Prozesse auf wie ein Einspritzen einer Paste in einen Spalt zwischen dem Monolith und dem Metallgehäuse oder Wickeln eines Flächengebildes (d. h. einer Montagematte) um den Monolith und Einführen des umwickelten Monoliths in das Gehäuse, Schließpressen des Gehäuses und Schweißen von Flanschen entlang der seitlichen Kanten des Gehäuses.

[0004] Normalerweise weisen die Zusammensetzungen, die verwendet werden, um herkömmliche schützende Dichtungsmaterialien zu bilden, Glas- oder hitzebeständige Keramikfasern auf, die solche Eigenschaften bereitstellen, wie beispielsweise hohe Temperaturbeständigkeit, gute Handhabung, Elastizität, Flexibilität und Festigkeit. Es kann auch ein intumeszierendes Material einbezogen werden, das es den schützenden Dichtungsmaterialien ermöglicht, sich bei erhöhten Temperaturen volumetrisch auszudehnen. Solch eine Ausdehnung kann dabei helfen, den Monolith während der Verwendung in Stellung zu halten.

Kurzfassung

[0005] Es werden mehrschichtige Matten, Umweltschutzvorrichtungen, welche die mehrschichtigen Matten enthalten, und Verfahren zur Herstellung der mehrschichtigen Matten bereitgestellt. Insbesondere können die mehrschichtigen Matten eine intumeszierende Schicht aufweisen, die zwischen zwei nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt ist.

[0006] In einem Aspekt wird eine mehrschichtige Matte bereitgestellt, die mindestens drei Schichten aufweist: eine intumeszierende Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche; eine erste nicht-intumeszierende Schicht, die der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt; und eine zweite nicht-intumeszierende Schicht, die der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die intumeszierende Schicht ist zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert.

[0007] In einem anderen Aspekt wird ein Verfahren zur Bildung einer mehrschichtigen Matte beschrieben. Es wird eine intumeszierende Schicht bereitgestellt, die eine erste Hauptfläche und eine zweite Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche aufweist. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Eine erste nicht-intumeszierende Schicht wird so positioniert, dass sie der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen

Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Eine zweite nicht-intumeszierende Schicht wird so positioniert, dass sie der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die intumeszierende Schicht wird zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert.

[0008] Ein weiterer Aspekt der Erfindung stellt eine Umweltschutzvorrichtung bereit, die ein äußeres Metallgehäuse, ein Umweltschutzelement und eine mehrschichtige Matte aufweist, die zwischen dem Umweltschutzelement und dem äußeren Metallgehäuse positioniert ist. Die mehrschichtige Matte weist mindestens drei Schichten auf: eine intumeszierende Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche; eine erste nicht-intumeszierende Schicht, die der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt; und eine zweite nicht-intumeszierende Schicht, die der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die intumeszierende Schicht ist zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert.

[0009] Wie hierin verwendet, werden die Begriffe „ein“, „eine“, „ein“ und „der, die, das“ synonym zu „mindestens ein, eine, eines“ verwendet, um sich auf eines oder mehrere der Elemente zu beziehen, die beschrieben werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die Erfindung ist unter Berücksichtigung der folgenden ausführlichen Beschreibung von verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen besser zu verstehen, wobei:

[0011] [Fig. 1](#) eine schematische Querschnittansicht einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte ist.

[0012] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind schematische Draufsichten von oben von verschiedenen Ausführungsformen von mehrschichtigen Matten, wobei sich eine intumeszierende Schicht über die gesamte Länge der mehrschichtigen Matte erstreckt.

[0013] [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind schematische Draufsichten von oben von verschiedenen Ausführungsformen von mehrschichtigen Matten, wobei die intumeszierende Schicht segmentiert ist und sich über weniger als die gesamte Länge der mehrschichtigen Matte erstreckt.

[0014] [Fig. 3C](#) ist eine schematische Querschnittansicht einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Montagematte, die um ein elliptisch geformtes Umweltschutzelement gewickelt ist.

[0015] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) sind schematische Querschnittansichten von Ausführungsformen von mehrschichtigen Matten, die mindestens eine nicht-intumeszierende Schicht mit einer nichtflachen Hauptfläche gegenüber der intumeszierenden Schicht aufweisen.

[0016] [Fig. 5](#) ist eine schematische Draufsicht von oben einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte, die eine Parallelogrammform mit Enden und Kanten aufweist, die einen anderen Winkel als 90 Grad bilden.

[0017] [Fig. 6](#) ist eine schematische Draufsicht von oben einer mehrschichtigen Matte, die gegenüberliegende Enden aufweist, die mit einer Nut- und Federkonstruktion verbunden werden können.

[0018] [Fig. 7](#) ist eine schematische perspektivische Ansicht eines katalytischen Konverters, der eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst und in einer auseinander genommenen Beziehung dargestellt ist.

[0019] [Fig. 8](#) ist ein schematischer Längsmittelschnitt durch ein Dieselpartikelfilter, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst.

[0020] Obwohl die Erfindung für verschiedene Modifikationen und alternative Formen offen ist, wurden Be-

sonderheiten davon als Beispiel in den Zeichnungen dargestellt und werden ausführlich beschrieben. Es versteht sich jedoch von selbst, dass keine Absicht besteht, die Erfindung auf die jeweiligen beschriebenen Ausführungsformen zu beschränken.

Ausführliche Beschreibung

[0021] Es werden mehrschichtige Matten bereitgestellt, die eine intumeszierende Schicht aufweisen, die zwischen zwei nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt ist. Der Bereich jeder nicht-intumeszierenden Schicht ist größer als der Bereich der intumeszierenden Schicht, und die intumeszierende Schicht ist zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert.

[0022] Genauer gesagt, wird eine mehrschichtige Matte bereitgestellt, die mindestens drei Schichten aufweist: eine intumeszierende Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche; eine erste nicht-intumeszierende Schicht, die der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt; und eine zweite nicht-intumeszierende Schicht, die der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist.

[0023] In einigen Ausführungsformen der mehrschichtigen Matte ist der Bereich A2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „im Wesentlichen gleich“ auf eine erste Messung, die sich von einer zweiten Messung um einen Wert von weniger als etwa 10 Prozent unterscheidet. In einigen Ausführungsformen unterscheidet sich die erste Messung von der zweiten Messung um weniger als 8 Prozent, weniger als 7 Prozent, weniger als 5 Prozent, weniger als 3 Prozent, weniger als 2 Prozent oder weniger als 1 Prozent.

[0024] In einigen mehrschichtigen Matten, in welchen der Bereich A2 im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 ist, weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Länge L2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Länge im Wesentlichen gleich der Länge L2 auf. Außerdem weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Breite W2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Breite im Wesentlichen gleich der Breite W2 auf.

[0025] In vielen Ausführungsformen der mehrschichtigen Matten ist die erste nicht-intumeszierende Schicht mit der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet. Eine der Schichten kann jedoch im Vergleich zur anderen Schicht etwas schräg verlaufen, solange die mehrschichtige Matte wirksam um ein Umweltschutzelement innerhalb einer Umweltschutzvorrichtung gewickelt werden kann.

[0026] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Breite“ auf die kürzere von zwei Abmessungen in der Ebene einer Schicht oder Matte. Dagegen bezieht sich der Begriff „Länge“ auf die längere von zwei Abmessungen in der Ebene einer Schicht oder Matte. Die Begriffe Breite und Länge sind austauschbar, wenn beide Abmessungen im Wesentlichen gleich sind. Die Breite und die Länge beziehen sich auf die Außenabmessungen einer Schicht oder Matte.

[0027] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Bereich“ auf den Bereich einer Schicht oder Matte, der aus den Außenabmessungen einer Schicht oder Matte einer Schicht oder Matte berechnet wird (d. h. für eine rechteckige Matte ist der Bereich gleich der Länge mal der Breite). Demnach kann eine Schicht oder Matte, die eine Mulde aufweist, einen Bereich aufweisen, der im Wesentlichen gleich dem einer Schicht oder Matte ist, die frei von einer Mulde ist, wenn die Außenabmessungen im Wesentlichen gleich sind.

[0028] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Mulde“ auf eine Schicht oder Matte mit einer nichtflachen Fläche, in welcher ein Abschnitt der Fläche im Vergleich zu benachbarten Abschnitten der Fläche vertieft ist.

[0029] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Oberflächenbereich“ nicht auf den Bereich, der aus den Außenabmessungen einer Schicht oder Matte berechnet wird. Stattdessen zieht der Oberflächenbereich die Oberflächencharakteristiken (z. B. Konturen) der Schicht oder Matte in Betracht. Eine Matte mit denselben Außenabmessungen kann verschiedene Oberflächenbereiche aufweisen. Wenn zum Beispiel eine Matte oder Schicht eine Fläche aufweist, die eine Mulde aufweist, hat sie einen höheren Oberflächenbereich als eine Mat-

te oder Schicht mit denselben Außenabmessungen, die flach ist.

[0030] Eine schematische Querschnittansicht einer Ausführungsform der mehrschichtigen Matte **100** ist in **Fig. 1** dargestellt. Die Querschnittansicht ist parallel zur Breite der mehrschichtigen Matte. Die mehrschichtige Matte weist drei Schichten auf, die in der folgenden Reihenfolge angeordnet sind: eine erste nicht-intumeszierende Schicht **110**, die anorganische Fasern enthält, eine intumeszierende Schicht **120** und eine zweite nicht-intumeszierende Schicht **130**, die anorganische Fasern enthält. In der Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte, die in **Fig. 1** veranschaulicht ist, weist die intumeszierende Schicht **120** eine kleinere Breite als jede der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** oder der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht **130** auf.

[0031] Obwohl **Fig. 1** eine mehrschichtige Matte mit nur drei Schichten darstellt, können zusätzliche intumeszierende Schichten, zusätzliche nicht-intumeszierende Schichten oder Kombinationen davon vorhanden sein. Die mehrschichtigen Matten können zum Beispiel zwei oder mehr benachbarte intumeszierende Schichten, zwei oder mehr benachbarte nicht-intumeszierende Schichten oder abwechselnde nicht-intumeszierende und intumeszierende Schichten aufweisen.

[0032] Ohne darauf beschränkt zu sein, weisen einige spezifische Beispiele von mehrschichtigen Matten Schichten auf, die in der folgenden Reihenfolge angeordnet sind: nicht-intumeszierend/intumeszierend/nicht-intumeszierend/intumeszierend/intumeszierend/nicht-intumeszierend; nicht-intumeszierend/nicht-intumeszierend/intumeszierend/nicht-intumeszierend; nicht-intumeszierend/intumeszierend/intumeszierend/nicht-intumeszierend; und dergleichen. Alle dieser Beispiele weisen eine intumeszierende Schicht auf, die zwischen zwei nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt ist. Alle dieser Beispiele weisen nicht-intumeszierende Außenschichten auf.

[0033] Wie hierin verwendet, bezieht sich „intumeszierend“ auf ein Material, das mindestens 10 Prozent freie Ausdehnung in der Dicke an den Tag legt, wenn auf eine Temperatur von etwa 800°C bis etwa 900°C erwärmt. Einige intumeszierende Materialien weisen mindestens 12 Prozent, mindestens 15 Prozent oder mindestens 20 Prozent freie Ausdehnung in der Dicke auf, wenn auf diese Temperaturen erwärmt. Das intumeszierende Material kann sich üblicherweise bei einer Temperatur von mindestens etwa 400°C oder mindestens etwa 500°C wenigstens teilweise ausdehnen. Freie Ausdehnung bezieht sich auf das Maß von Ausdehnung in der Z-Achse, die das Material ohne Hemmnisse erfährt, wenn erwärmt.

[0034] Wie hierin verwendet, bezieht sich „nicht-intumeszierend“ auf ein Material, das unter denselben Bedingungen weniger als 10 Prozent freie Ausdehnung in der Dicke an den Tag legt. Einige nicht-intumeszierende Materialien dehnen sich weniger als 8 Prozent, weniger als 6 Prozent, weniger als 4 Prozent, weniger als 2 Prozent oder weniger als 1 Prozent aus, wenn erwärmt.

[0035] **Fig. 2A** stellt eine schematische Draufsicht von oben einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte **150** dar. Die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** ist über der intumeszierenden Schicht **120** positioniert. Nur die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** ist sichtbar, wenn die mehrschichtige Matte von oben betrachtet wird. Die intumeszierende Schicht **120** weist eine kleinere Breite W_1 als die Breite W_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** auf. Die intumeszierende Schicht **120** weist eine Länge L_1 auf, die im Wesentlichen gleich der Länge L_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** ist. Das heißt, in dieser Ausführungsform erstreckt sich die intumeszierende Schicht **120** entlang der gesamten Länge der mehrschichtigen Matte **150**.

[0036] Die zweite nicht-intumeszierende Schicht (nicht dargestellt) ist mit der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** in **Fig. 2A** ausgerichtet. Der Bereich, die Breite und die Länge der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht sind im Wesentlichen gleich dem entsprechenden Bereich A_2 , der entsprechenden Breite W_2 und der entsprechenden Länge L_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110**. Der Bereich A_1 der intumeszierenden Schicht **120** ist kleiner als der Bereich A_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** und kleiner als der Bereich der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. Das heißt, der Bereich A_2 ist größer als der Bereich A_1 .

[0037] In **Fig. 2A** ist die intumeszierende Schicht **120** in Bezug auf die nicht-intumeszierende Schicht **110** so positioniert, dass beide der Außenkanten **152** und **154** der mehrschichtigen Matte **150** in der Längsrichtung frei von intumeszierendem Material sind. Wenigstens bei einigen mehrschichtigen Matten **150**, die unter Druckbeanspruchung sind, ist die Dicke der intumeszierenden Schicht **120** so gewählt, dass die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** die zweite nicht-intumeszierende Schicht entlang beider der Außenkanten **152** und **154**

der mehrschichtigen Matte **150** in der Längsrichtung berühren kann.

[0038] [Fig. 2B](#) ist ähnlich der [Fig. 2A](#), mit der Ausnahme, dass die intumeszierende Schicht **120** in Bezug auf die nicht-intumeszierende Schicht **110** so positioniert ist, dass eine und nicht beide der Außenkanten **157** und **159** der mehrschichtigen Matte **155** in der Längsrichtung frei von intumeszierendem Material sind (d. h. die Kante **159** ist frei von intumeszierendem Material, während die Kante **157** dies nicht ist). Wenigstens bei einigen mehrschichtigen Matten **155**, die unter Druckbeanspruchung sind, ist die Dicke der intumeszierenden Schicht **120** so gewählt, dass die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** die zweite nicht-intumeszierende Schicht (nicht dargestellt, aber mit der ersten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet) entlang einer Kante **159** der mehrschichtigen Matte berühren kann. Die Breite W_1 der intumeszierenden Schicht ist kleiner als die Breite W_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** und kleiner als die Breite der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. Ähnlich ist der Bereich A_1 der intumeszierenden Schicht kleiner als der Bereich A_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und kleiner als der Bereich der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. Das heißt, der Bereich A_2 ist größer als der Bereich A_1 .

[0039] [Fig. 3A](#) stellt eine schematische Draufsicht von oben einer anderen Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte **160** dar, wobei die intumeszierende Schicht in zwei oder mehr Segmente geteilt ist. In dieser mehrschichtigen Matte **160** ist die intumeszierende Schicht in intumeszierende Segmente **120a** und **120b** geteilt, die voneinander getrennt sind. Die intumeszierende Schicht erstreckt sich für weniger als die gesamte Länge der mehrschichtigen Matte. Das heißt, die Summe der Länge L_{1a} für das intumeszierende Segment **120a** und der Länge L_{1b} für das intumeszierende Segment **120b** ist kleiner als L_2 , die Länge der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110**. Die Breite W_1 jedes intumeszierenden Segments **120a** und **120b** ist im Wesentlichen gleich der Breite W_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht. Der Gesamtbereich A_1 der intumeszierenden Schicht (Summe der Bereiche der verschiedenen intumeszierenden Segmente **120a** und **120b**) ist kleiner als der Bereich A_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** (d. h. der Bereich A_2 ist größer als der Bereich A_1). Die zweite nicht-intumeszierende Schicht, welche nicht dargestellt, aber mit der ersten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet ist, weist einen Bereich, eine Länge und eine Breite auf, die im Wesentlichen gleich jenen der ersten nicht-intumeszierenden Schicht sind.

[0040] Die Segmente der intumeszierenden Schicht können dieselbe Breite wie die erste nicht-intumeszierende Schicht aufweisen (wie in [Fig. 3A](#) dargestellt), oder sie können eine kleinere Breite als die erste nicht-intumeszierende Schicht aufweisen (wie in [Fig. 3B](#) dargestellt). Außerdem können die einzelnen intumeszierenden Segmente im Wesentlichen gleiche oder verschiedene Längen und im Wesentlichen gleiche oder verschiedene Breiten aufweisen.

[0041] In einigen mehrschichtigen Matten, wie in [Fig. 3B](#) dargestellt, sind die intumeszierenden Schichtsegmente **120a** und **120b** in Bezug auf die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** so positioniert, dass mindestens eine der Außenkanten **169** der mehrschichtigen Matte **165** entlang der Längsrichtung frei von intumeszierendem Material ist. Die Dicke der intumeszierenden Schichtsegmente **120a** und **120b** kann derart gewählt sein, dass, wenn die mehrschichtige Matte **165** unter Druckbeanspruchung ist, die erste nicht-intumeszierende Schicht **110** die zweite nicht-intumeszierende Schicht entlang mindestens einer Kante **169** der mehrschichtigen Matte **165** entlang der Längsrichtung berührt.

[0042] Die mehrschichtigen Matten können um ein Umweltschutzelement gewickelt werden, um eine Isolierung zwischen dem Metallgehäuse und dem Umweltschutzelement bereitzustellen. Die mehrschichtigen Matten, die in [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) dargestellt sind, können zum Beispiel als eine Montagematte in einer Umweltschutzvorrichtung mit einem Umweltschutzelement mit einem elliptischen Querschnitt verwendet werden, wie in [Fig. 3C](#) dargestellt. In [Fig. 3C](#) ist die mehrschichtige Matte **192** um das Umweltschutzelement **191** gewickelt. Die intumeszierenden Segmente **193A** und **193B** sind über Regionen des Umweltschutzelements mit dem kleinsten Krümmungsradius positioniert. In der mehrschichtigen Matte **192** ist eine der nicht-intumeszierenden Schichten zwischen dem Umweltschutzelement **191** und den intumeszierenden Segmenten **193A** und **193B**.

[0043] Die Fläche der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und die Fläche der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht, die der intumeszierenden Schicht gegenüberliegen, können flach sein, wie in [Fig. 1](#) dargestellt. In anderen Ausführungsformen können die Fläche der ersten nicht-intumeszierenden Schicht, die der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt, die Fläche der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht, die der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt, oder die Flächen sowohl der ersten als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schichten, die der intumeszierenden Schicht gegenüberliegen, eine Mulde aufweisen. Die Mulde kann so sein, wie in [Fig. 4A](#) dargestellt, einer schematischen Querschnittsdarstellung einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte. Die Querschnittsansicht ist entlang der Breite der mehrschichtigen Matte **200**. Jede der

nicht-intumeszierenden Schichten **110** und **130** weist eine Mulde auf der Hauptfläche gegenüber der intumeszierenden Schicht auf (d. h. die erste Mulde **111** in der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und die zweite Mulde **131** in der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht). Die erste Mulde **111** ist mit der zweiten Mulde **131** ausgerichtet, um einen Hohlraum zur Anordnung der intumeszierenden Schicht **120** bereitzustellen.

[0044] Obwohl die Mulde in [Fig. 4A](#) eine Tiefe aufweist, die etwa gleich 50 Prozent der Dicke der nicht-intumeszierenden Schichten ist, kann jede Muldentiefe verwendet werden. In einigen Beispielen ist die Mulde nicht größer als 50 Prozent, nicht größer als 40, nicht größer als 30 Prozent, nicht größer als 20 Prozent oder nicht größer als 10 Prozent der Dicke der nicht-intumeszierenden Schicht. Obwohl außerdem [Fig. 4A](#) eine U-förmige Mulde darstellt, kann die Mulde jede Form aufweisen, die zur Anordnung der intumeszierenden Schicht darin geeignet ist.

[0045] In einigen mehrschichtigen Matten gibt es mehrfache Mulden in der nicht-intumeszierenden Schicht, wobei die intumeszierende Schicht segmentiert ist, und ein Segment der intumeszierenden Schicht in jeder Mulde positioniert ist.

[0046] Die Hauptflächen der nicht-intumeszierenden Schichten gegenüber der intumeszierenden Schicht **120** sind flach (d. h. die Flächen **112** und **132** sind in [Fig. 4A](#) flach) Die intumeszierende Schicht **120** passt in den Hohlraum, der durch die erste Mulde **111** in der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** und die zweite Mulde **131** in der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht **130** ausgebildet ist. Die Breite W_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** ist im Wesentlichen gleich der Breite der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht **130** (d. h. die Breite wird aus den Außenabmessungen der Schicht bestimmt). Die Breite W_1 der intumeszierenden Schicht ist üblicherweise nicht größer als die Breite des Hohlraums, der durch die erste Mulde **111** und die zweite Mulde **131** gebildet wird.

[0047] Der Oberflächenbereich der Seite jeder nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht (d. h. die Seiten, welche die Mulden **111** und **131** in [Fig. 4A](#) enthalten) ist größer als der Oberflächenbereich der Seite jeder nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht (d. h. der Seiten **112** und **132** in [Fig. 4A](#)). Der Oberflächenbereich der Seite der ersten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht (d. h. der Seite, welche die Mulde **111** in [Fig. 4A](#) enthält) kann jedoch im Wesentlichen gleich dem Oberflächenbereich der Seite des zweiten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht (d. h. der Seite, welche die Mulde **131** in [Fig. 4A](#) enthält) oder verschieden davon sein. Diese beiden Oberflächenbereiche können im Wesentlichen gleich sein, wenn zum Beispiel die Abmessungen der Mulden im Wesentlichen gleich sind. Ungeachtet der Oberflächenbereiche der Seiten der nicht-intumeszierenden Schichten gegenüber der intumeszierenden Schicht ist der Bereich A_2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht in [Fig. 4A](#) im Wesentlichen gleich dem Bereich der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht (d. h. der Bereich A_2 wird aus den Außenabmessungen der Schichten berechnet; die Länge der Breite dieser beiden Schichten ist im Wesentlichen gleich).

[0048] In anderen Ausführungsformen, wie in [Fig. 4B](#) dargestellt, weist eine der nicht-intumeszierenden Schichten eine Mulde auf der Hauptfläche gegenüber der intumeszierenden Schicht auf, und die andere nicht-intumeszierende Schicht weist eine flache Fläche gegenüber der intumeszierenden Schicht auf. [Fig. 4B](#) ist eine schematische Querschnittansicht entlang der Breite der mehrschichtigen Matte. Die intumeszierende Schicht **120** passt in den Hohlraum, der durch die erste Mulde **111** in der ersten nicht-intumeszierenden Schicht **110** und die flache Fläche **133** der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht **130** gebildet wird. Die Außenflächen der nicht-intumeszierenden Schichten (d. h. die Flächen **112** und die Flächen **132**) sind flach. Der Oberflächenbereich der ersten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht **120** ist nicht gleich dem Oberflächenbereich der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der intumeszierenden Schicht, obwohl die Gesamtabmessungen (d. h. Länge und Breite) dieser beiden Schichten im Wesentlichen gleich sind. Da die Gesamtabmessungen der ersten und zweiten nicht-intumeszierenden Schichten im Wesentlichen gleich sind, sind die Bereiche dieser beiden Schichten im Wesentlichen gleich.

[0049] Die mehrschichtigen Matten sind normalerweise flexibel. Die Matten können üblicherweise ohne Brechen oder Reißen gehandhabt und um ein Umweltschutzelement in einer Umweltschutzvorrichtung gewickelt werden. Wenn um ein Umweltschutzelement gewickelt, können die Enden der mehrschichtigen Matte in einer Vielfalt von Verbindungen zusammentreffen. Zum Beispiel können die Enden zusammentreffen, um eine lineare Verbindung zu bilden, die senkrecht zur Länge der mehrschichtigen Matte ist. Mehrschichtige Matten, die solch eine Verbindung bilden können, sind in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) dargestellt, wobei die Enden und Kanten der mehrschichtigen Matte zusammentreffen, um einen 90-Grad-Winkel zu bilden (z. B. treffen das Ende **151** und die Kante **152** in [Fig. 2A](#) zusammen, um einen 90-Grad-Winkel zu bilden; das Ende **156** und die Kante **157**

bilden einen 90-Grad-Winkel in [Fig. 2B](#)). Wenn das Ende **151** mit dem Ende **153** in der mehrschichtigen Matte **150** von [Fig. 2A](#) verbunden wird, kann eine lineare Verbindung gebildet werden, die senkrecht zur Länge der Matte ist. Ähnlich kann, wenn die Enden **156** und **158** in der mehrschichtigen Matte **155** von [Fig. 2B](#) verbunden werden, eine lineare Verbindung gebildet werden, die senkrecht zur Länge der Matte ist.

[0050] In anderen Beispielen können die Enden der mehrschichtigen Matte zusammentreffen, um eine lineare Verbindung zu bilden, die nicht senkrecht zur Länge der mehrschichtigen Matte ist. Eine Matte, die eine nicht senkrechte Verbindung mit der Länge bildet, ist in [Fig. 5](#) dargestellt. Die mehrschichtige Matte in [Fig. 5](#) weist eine Parallelogrammform mit Enden und Kanten auf, die einen Winkel bilden, der größer oder kleiner als 90 Grad ist (z. B. bilden das Ende **171** und die Kanten **172** einen Winkel, der größer als 90 Grad ist; das Ende **173** und die Kante **172** bilden einen Winkel, der kleiner als 90 Grad ist). Wenn das Ende **173** mit dem Ende **171** in der mehrschichtigen Matte **170** von [Fig. 5](#) verbunden wird, kann eine lineare Verbindung gebildet werden, die nicht senkrecht zur Länge der Matte ist.

[0051] Alternativ können die Enden der mehrschichtigen Matte verbunden werden, um eine nichtlineare Verbindung zu bilden. Zum Beispiel können die Enden der Matte unter Verwendung einer Konstruktion aus Feder **185** und Nut **186**, wie in [Fig. 6](#) für die mehrschichtige Matte **180** dargestellt, verbunden werden. Das heißt, die Feder **185** kann in der Nut **186** angeordnet werden, um gegenüberliegende Enden (d. h. das erste Ende ist **188**, und das zweite Ende ist **189**) der mehrschichtigen Matte **180** zu verbinden. Es kann jede geeignete Verbindung verwendet werden, die auf dem Fachgebiet bekannt ist.

[0052] Die mehrschichtigen Matten weisen eine nicht-intumeszierende Schicht auf beiden Seiten einer intumeszierenden Schicht auf. Die Zusammensetzungen der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht können gleich oder verschieden sein. Jede nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern. Es kann jede anorganische Faser verwendet werden, von der bekannt ist, dass sie zur Verwendung in einer Montagematte für eine Umweltschutzvorrichtung geeignet ist. Zum Beispiel können die anorganischen Fasern Aluminiumoxidfasern, Mullitfasern, Quarzfasern, Siliciumcarbidfasern, Siliciumnitridfasern, Metallfasern, Aluminiumsilicatfasern, Magnesium-Aluminiumsilicatfasern, Aluminiumborosilicatfasern, Zirkoniumdioxidfasern, Titandioxidfasern und dergleichen sein. Die Fasern können amorph, kristallin oder eine Kombination davon sein.

[0053] Quarzfasern sind unter der Handelsbezeichnung „ASTROQUARTZ“ von der J. P. Stevens, Inc. (Slater, NC), im Handel erhältlich. Siliciumcarbidfasern sind im Handel von Nippon Carbon (Tokio, Japan) unter der Handelsbezeichnung „NICALON“ oder von Textron Specialty Materials (Lowell, MA) unter der Handelsbezeichnung „TYRANNO“ erhältlich. Siliciumnitridfasern sind von der Toren Energy International Corp. (New York, NY) im Handel erhältlich. Metallfasern sind von Beckaert (Zwergan, Belgien) unter der Handelsbezeichnung „BEKISHELD GR 90/C2/4“ und von der Ribbon Technology Corp. (Gahana, OH) unter der Handelsbezeichnung „RIBTEC“ im Handel erhältlich.

[0054] In einigen Ausführungsformen der nicht-intumeszierenden Schicht sind die anorganischen Fasern Glasfasern. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Glasfasern“ auf anorganische Fasern, die aus einem anorganischen Schmelzmaterial hergestellt sind, das ohne wesentliche Kristallisierung gekühlt wurde. Die Glasfasern sind amorph, wie entweder unter Verwendung von Röntgenstrahlenbeugungs- oder elektronenmikroskopischen Durchstrahlungstechniken bestimmt. Die Glasfasern sind wenigstens in einigen Anwendungen perlenfrei (d. h. die Fasern enthalten nicht mehr als 5 Gewichtsprozent Perlen, nicht mehr als 3 Gewichtsprozent Perlen, nicht mehr als 2 Gewichtsprozent Perlen, nicht mehr als 1 Gewichtsprozent Perlen oder nicht mehr als 0,5 Gewichtsprozent Perlen). Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Perlen“ auf nichtfasrige Partikel, die ein Nebenprodukt einiger Prozesse zur Bildung anorganischer Fasern sein können.

[0055] Geeignete Glasfasern sind oft Magnesium-Aluminiumsilicatfasern. Solche Glasfasern können mindestens 50 Gewichtsprozent SiO_2 , mindestens 8 Gewichtsprozent Al_2O_3 und mindestens 1 Gewichtsprozent Magnesiumoxid enthalten. Zum Beispiel können Magnesium-Aluminiumsilicatfasern 50 bis 70 Gewichtsprozent, 50 bis 60 Gewichtsprozent, 60 bis 70 Gewichtsprozent oder 55 bis 65 Gewichtsprozent SiO_2 ; 8 bis 30 Gewichtsprozent, 10 bis 20 Gewichtsprozent oder 20 bis 30 Gewichtsprozent Al_2O_3 ; und 1 bis 15 Gewichtsprozent, 1 bis 12 Gewichtsprozent, 1 bis 10 Gewichtsprozent oder 1 bis 8 Gewichtsprozent Magnesiumoxid enthalten. Es können zusätzliche Oxide vorhanden sein, wie beispielsweise Natriumoxid, Kaliumoxid, Boroxid, Calciumoxid und dergleichen.

[0056] Spezifische Beispiele von Magnesium-Aluminiumsilicatfasern sind E-Glasfasern, S-Glasfasern, S2-Glasfasern und R-Glasfasern. E-Glasfasern enthalten oft etwa 55 Gewichtsprozent SiO_2 , etwa 11 Ge-

wichtsprozent Al_2O_3 , etwa 6 Gewichtsprozent B_2O_3 , etwa 18 Gewichtsprozent CaO , etwa 5 Gewichtsprozent MgO und etwa 5 Gewichtsprozent anderer Oxide. S-Glas- und S2-Glasfasern enthalten normalerweise etwa 65 Gewichtsprozent SiO_2 , etwa 25 Gewichtsprozent Al_2O_3 und etwa 10 Gewichtsprozent MgO . R-Glasfasern enthalten üblicherweise etwa 60 Gewichtsprozent SiO_2 , etwa 25 Gewichtsprozent Al_2O_3 , etwa 9 Gewichtsprozent CaO und etwa 6 Gewichtsprozent MgO . E-Glasfasern, S-Glasfasern und S2-Glasfasern sind von Advanced Glassfiber Yarns, LLC (Ailken, SC) und der Owens-Corning Fiberglass Corp. (Granville, OH) im Handel erhältlich. R-Glasfasern sind von Saint-Gobain Vetrotex (Herzogenrath, Deutschland) im Handel erhältlich.

[0057] Verschiedene hitzebeständige Keramikfasern können in der nicht-intumeszierenden Schicht verwendet werden. In einigen Ausführungsformen sind die Keramikfasern amorph und enthalten hauptsächlich Al_2O_3 und SiO_2 . Es können kleine Mengen von anderen Oxiden vorhanden sein. Das Gewichtsverhältnis von Al_2O_3 zu SiO_2 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$) ist üblicherweise größer als oder gleich 20:80, 30:70, 35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40 oder 70:30. Die Keramikfasern enthalten normalerweise mindestens 30 Gewichtsprozent SiO_2 und mindestens 20 Gewichtsprozent Al_2O_3 . Zum Beispiel können geeignete Keramikfasern SiO_2 in einer Menge von 30 bis 80 Gewichtsprozent und Al_2O_3 in einer Menge von 20 bis 70 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern, enthalten. In einigen spezifischen Beispielen können die Keramikfasern SiO_2 in einer Menge von 40 bis 60 Gewichtsprozent und Aluminiumoxid in einer Menge von 40 bis 60 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern, enthalten. In anderen spezifischen Beispielen können die Keramikfasern SiO_2 in einer Menge von 45 bis 55 Gewichtsprozent und Al_2O_3 in einer Menge von 45 bis 55 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern, enthalten.

[0058] Beispielhafte amorphe Keramikfasern, die hauptsächlich Al_2O_3 und SiO_2 enthalten, umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, jene, die im Handel erhältlich sind von Thermal Ceramics (Augusta, GA) unter der Handelsbezeichnung „KAOWOOL HA BULK“ mit 50 Gewichtsprozent SiO_2 und 50 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Thermal Ceramics unter der Handelsbezeichnung „CERAFIBER“ mit 54 Gewichtsprozent SiO_2 und 46 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Thermal Ceramics unter der Handelsbezeichnung „KAOLWOOL D73F“ mit 54 Gewichtsprozent SiO_2 und 46 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Rath (Wilmington, DE) mit der Handelsbezeichnung „RATH 2300 RT“ mit 52 Gewichtsprozent SiO_2 , 47 Gewichtsprozent Al_2O_3 und nicht mehr als 1 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , TiO_2 und andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Rath mit der Handelsbezeichnung „RATH ALUMINOSILICATE CHOPPED FIBER“ mit 54 Gewichtsprozent SiO_2 , 46 Gewichtsprozent Al_2O_3 und nicht mehr als 1 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Faser; von Vesuvius (Buffalo, NY) unter der Handelsbezeichnung „CER-WOOL RT“ mit 49 bis 53 Gewichtsprozent SiO_2 , 43 bis 47 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 0,7 bis 1,2 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , 1,5 bis 1,9 Gewichtsprozent TiO_2 und nicht mehr als 1 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Vesuvius unter der Handelsbezeichnung „CER-WOOL LT“ mit 49 bis 57 Gewichtsprozent SiO_2 , 38 bis 47 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 0,7 bis 1,5 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , 1,6 bis 1,9 Gewichtsprozent TiO_2 und 0 bis 0,5 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern; und von Vesuvius unter der Handelsbezeichnung „CER-WOOL HP“ mit 50 bis 54 Gewichtsprozent SiO_2 , 44 bis 49 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 0 bis 0,2 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , 0 bis 0,1 Gewichtsprozent TiO_2 und nicht mehr als 0,5 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern.

[0059] In anderen Ausführungsformen sind die Keramikfasern amorph und enthalten hauptsächlich SiO_2 , Al_2O_3 und ZrO_2 . Es können kleine Mengen anderer Oxide vorhanden sein. Das Gewichtsverhältnis von Al_2O_3 zu SiO_2 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$) ist üblicherweise größer als oder gleich 20:80, 30:70, 35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40 oder 70:30. Die Fasern enthalten mindestens 3 Gewichtsprozent ZrO_2 , mindestens 30 Gewichtsprozent SiO_2 und mindestens 20 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Faser. In einigen Ausführungsformen enthalten die Fasern ZrO_2 in einer Menge von bis zu 5 Gewichtsprozent, bis zu 7 Gewichtsprozent, bis zu 10 Gewichtsprozent, bis zu 12 Gewichtsprozent, bis zu 15 Gewichtsprozent, bis zu 16 Gewichtsprozent, bis zu 20 oder bis zu 25 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern. Die Keramikfasern können SiO_2 in einer Menge von 30 bis 70, 40 bis 65, 45 bis 60, 45 bis 55 oder 50 bis 60 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern, enthalten. Die Keramikfasern können Al_2O_3 in einer Menge von 20 bis 60, 25 bis 50, 25 bis 45, 25 bis 40, 25 bis 35, 30 bis 50 oder 30 bis 40 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern, enthalten. In einigen spezifischen Beispielen enthalten die Keramikfasern 25 bis 50 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 40 bis 60 Gewichtsprozent SiO_2 und 3 bis 20 Gewichtsprozent ZrO_2 , bezogen auf das Gewicht der Fasern. In anderen spezifischen Beispielen enthalten die Keramikfasern 30 bis 40 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 45 bis 60 Gewichtsprozent SiO_2 und 5 bis 20 Gewichtsprozent ZrO_2 , bezogen auf das Gewicht der Fasern.

[0060] Beispielhafte amorphe Keramikfasern, die SiO_2 , Al_2O_3 und ZrO_2 enthalten, sind im Handel erhältlich von Thermal Ceramics (Augusta, GA) unter der Handelsbezeichnung „KAOWOOL ZR“ und „CERACHEM“ mit

50 Gewichtsprozent SiO_2 , 35 Gewichtsprozent Al_2O_3 und 15 Gewichtsprozent ZrO_2 , bezogen auf das Gewicht der Faser; von Unifrax (Tonawonda, NY) unter der Handelsbezeichnung „UNIFRAX FIBERFRAX FIBERMAT“ mit 52 bis 57 Gewichtsprozent SiO_2 , 29 bis 47 Gewichtsprozent Al_2O_3 und nicht mehr als 18 Gewichtsprozent ZrO_2 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Unifrax unter der Handelsbezeichnung „UNIFRAX FIBERFRAX DURABACK“ mit 50 bis 54 Gewichtsprozent SiO_2 , 31 bis 35 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 5 Gewichtsprozent ZrO_2 , 1,3 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , 1,7 Gewichtsprozent TiO_2 , 0,5 Gewichtsprozent MgO und nicht mehr als 7 Gewichtsprozent CaO , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Rath (Wilmington, DE) unter der Handelsbezeichnung „RATH 2600 HTZ“ mit 48 Gewichtsprozent SiO_2 , 37 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 15 Gewichtsprozent ZrO_2 und nicht mehr als 1 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern; und von Vesuvius (Buffalo, NY) unter der Handelsbezeichnung „CER-WOOL HTZ“ mit 44 bis 51 Gewichtsprozent SiO_2 , 33 bis 37 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 13 bis 19 Gewichtsprozent ZrO_2 , 0,1 bis 0,6 Gewichtsprozent Fe_2O_3 , 0,1 bis 0,6 Gewichtsprozent TiO_2 und nicht mehr als 1 Gewichtsprozent andere Oxide, bezogen auf das Gewicht der Fasern.

[0061] In einigen Ausführungsformen der nicht-intumeszierenden Schicht weisen die Keramikfasern unter Verwendung des Tests mit dem thermischen mechanischen Analysator (TMA) eine Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent, nicht mehr als 8 Prozent, nicht mehr als 6 Prozent, nicht mehr als 4 Prozent, nicht mehr als 3 Prozent, nicht mehr als 2 Prozent oder nicht mehr als 1 Prozent auf. Die Keramikfasern schrumpfen normalerweise mindestens 0,5 Prozent. In einigen Ausführungsformen weisen die Keramikfasern eine Volumenschrumpfung von 0,5 bis 2 Prozent, 0,5 bis 3 Prozent, 0,5 bis 5 Prozent oder 0,5 bis 6 Prozent auf.

[0062] Im TMA-Test wird ein Probestück unter einer Last (z. B. 50 psi oder 354 N/m^2) auf 1000°C erwärmt und dann abgekühlt. Die Dicke des Probestücks kann sowohl während der Erwärmungs- als auch Kühlungszyklen bei 750°C gemessen werden, um die prozentuale Schrumpfung zu berechnen. Die prozentuale Schrumpfung ist gleich dem Unterschied in der Dicke bei 750°C während des Erwärmungs- und Kühlungsschritts multipliziert mit 100 und geteilt durch die Dicke bei 750°C während des Erwärmungsschritts. Der TMA-Test kann verwendet werden, um die Keramikfasern oder eine nicht-intumeszierende Schicht, die aus Keramikfasern hergestellt ist, zu charakterisieren. Die meisten oder alle der organischen Materialien, die in einer nicht-intumeszierenden Schicht vorhanden sein können, werden entfernt, wenn die Temperatur des thermischen mechanischen Analysators 750°C erreicht.

[0063] Beispiele von Keramikfasern mit einer Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent, wie geliefert (d. h. die Fasern können ohne Wärmebehandlung, wie geliefert, verwendet werden), umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, Fasern, die kristallin sind und die sowohl Al_2O_3 als auch SiO_2 enthalten. Das Gewichtsverhältnis von Al_2O_3 zu SiO_2 ($\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2$) kann größer als oder gleich 60:40, 65:35, 70:30, 72:28, 75:25, 80:20, 90:10, 95:5, 96:4, 97:3 oder 98:2 sein. In einigen spezifischen Beispielen enthalten die Keramikfasern 60 bis 98 Gewichtsprozent Al_2O_3 und 2 bis 40 Gewichtsprozent SiO_2 , bezogen auf das Gewicht der Fasern. In anderen spezifischen Beispielen enthalten die Keramikfasern 70 bis 98 Gewichtsprozent Al_2O_3 und 2 bis 30 Gewichtsprozent SiO_2 , bezogen auf das Gewicht der Fasern. Es können Spuren von anderen Oxiden vorhanden sein. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „Spur“ auf eine Menge von nicht mehr als 2 Gewichtsprozent, nicht mehr als 1 Gewichtsprozent oder nicht mehr als 0,5 Gewichtsprozent.

[0064] Geeignete Keramikfasern, die kristallin sind und eine Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent aufweisen, umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, jene, die im Handel erhältlich sind von Mitsubishi Chemical (Tokio, Japan) unter der Handelsbezeichnung MAFTEC" (z. B. MLS1, MLS2 und MLS3) mit 28 Gewichtsprozent SiO_2 und 72 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; von Saffil Limited (Widness Cheshire, GB) unter der Handelsbezeichnung „SAFFIL“ (z. B. SF, LA Bulk, HA Bulk, HX Bulk) mit 3 bis 5 Gewichtsprozent SiO_2 und 95 bis 97 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern; und von Unifrax (Tonawonda, NY) unter der Handelsbezeichnung „UNIFRAX FIBERFRAX FIBERMAX“ mit 27 Gewichtsprozent SiO_2 und 72 Gewichtsprozent Al_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern.

[0065] Weitere Beispiele von Keramikfasern, die kristallin sind und eine Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent, wie geliefert, aufweisen, sind Aluminiumborosilicatfasern. Diese Fasern enthalten normalerweise Al_2O_3 in einer Menge von mindestens 50 Gewichtsprozent, SiO_2 in einer Menge von nicht mehr als 50 Gewichtsprozent und B_2O_3 in einer Menge von nicht mehr als 25 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der Fasern. Einige spezifische Aluminiumborosilicatfasern enthalten 50 bis 75 Gewichtsprozent Al_2O_3 , 25 bis 50 Gewichtsprozent SiO_2 und 1 bis 25 Gewichtsprozent B_2O_3 , bezogen auf das Gewicht der Fasern. Solche Aluminiumborosilicatfasern sind im Handel unter der Handelsbezeichnung „NEXTEL 312“ und „NEXTEL 440“ von der 3M Company (St. Paul, MN) erhältlich.

[0066] Wenigstens einige dieser Keramikfasern, die kristallin sind und die eine Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent, wie vom Hersteller geliefert, aufweisen, sind unter Verwendung eines Sol-Gel-Prozesses hergestellt. In einem Sol-Gel-Prozess werden die Keramikfasern durch Spinnen oder Extrudieren einer Lösung, einer Dispersion oder eines viskosen Konzentrats gebildet. Der Sol-Gel-Prozess, der in US-Patent Nr. 3,760,049 (Borer et al.) näher beschrieben wird, kann eine Extrusion der Lösung, der Dispersion oder des Konzentrats durch Öffnungen aufweisen, um grüne Fasern zu bilden, die dann befeuert werden, um Keramikfasern zu bilden. Die Lösung, die Dispersion oder das Konzentrat enthält die Oxide oder die Vorstufen zu den Oxiden, die in den Fasern sind.

[0067] In einigen Ausführungsformen können im Handel erhältliche amorphe Keramikfasern wärmebehandelt werden, um Keramikfasern bereitzustellen, die eine Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent aufweisen. Die Keramikfasern, die wärmebehandelt werden können, um Fasern mit einer Volumenschrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent bereitzustellen, werden normalerweise aus einer Mischung von Al_2O_3 und SiO_2 oder einer Mischung von Al_2O_3 und SiO_2 mit anderen Oxiden, wie beispielsweise B_2O_3 , P_2O_5 oder ZrO_2 schmelzgeblasen oder schmelzgesponnen. Beispielhafte amorphe Keramikfasern, die wärmebehandelt werden können, umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, Keramikfasern, die im Handel erhältlich sind von Thermal Ceramics (Augusta, GA) unter der Handelsbezeichnung „KAOWOOL HA BULK“, „CERAFIBER“, „KAOWOOL D73F“, „KAOWOOL ZR“ oder „CERACHEM“; von Rath (Wilmington, DE) unter der Handelsbezeichnung „RATH 2300 RT“, „RATH ALUMINO-SILICATE CHOPPED FIBER“ oder „RATH 2600 HTZ“; von Vesuvius (Buffalo, NY) unter der Handelsbezeichnung „CER-WOOL RT“, „CER-WOOL LT“ oder „CER-WOOL HTZ“ oder „CER-WOOL HP“; und von Unifrax (Tonawanda, NY) unter der Handelsbezeichnung „UNIFRAX FIBERFRAX FIBERMAT“ oder „UNIFRAX FIBERMAX DURABACK“.

[0068] Die Keramikfasern neigen dazu, während des Wärmebehandlungsprozesses zu entglasen (d. h. wenigstens teilweise von einem amorphen Zustand in einen mikrokristallinen oder kristallinen Zustand überzugehen). Für gewöhnlich erfährt nur ein Teil der einzelnen Keramikfasern eine Entglasung. Das heißt, nach der Wärmebehandlung enthalten die einzelnen Keramikfasern amorphes Material, sowie kristallines Material, mikrokristallines Material oder eine Kombination von kristallinem und mikrokristallinem Material.

[0069] Es können Techniken, wie beispielsweise die Durchstrahlungselektronenmikroskopie und die Röntgenstrahlenbeugung, verwendet werden, um die amorphe, kristalline oder mikrokristalline Beschaffenheit von anorganischen Fasern zu charakterisieren. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Ausdruck „amorph“ auf anorganische Fasern, die frei von kristallinen oder mikrokristallinen Regionen sind. Wenn die anorganischen Fasern amorph sind, können weder unter Verwendung der Durchstrahlungselektronenmikroskopie noch der Röntgenstrahlenbeugung Beugungsspitzen (d. h. ein Beugungsmuster) festgestellt werden. Wenn die anorganischen Fasern Regionen mit einer kleinen kristallinen Größe (d. h. mikrokristalline) enthalten, können zwar unter Verwendung der Durchstrahlungselektronenmikroskopie, aber nicht unter Verwendung der Röntgenstrahlenbeugung Beugungsspitzen (d. h. ein Beugungsmuster) festgestellt werden. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „mikrokristallin“ auf anorganische Fasern, die mindestens einige Regionen mit einer kristallinen Eigenschaft aufweisen und die eine Kristallgröße aufweisen, die zwar mit der Durchstrahlungselektronenmikroskopie, aber nicht mit der Röntgenstrahlenbeugung feststellbar ist. Wenn die anorganischen Fasern Regionen mit einer großen kristallinen Größe (d. h. kristalline) aufweisen, kann ein Beugungsmuster unter Verwendung der Röntgenstrahlenbeugung erhalten werden. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „kristallin“ auf anorganische Fasern, die mindestens einige Regionen mit einer kristallinen Eigenschaft aufweisen und die eine Kristallgröße aufweisen, die mit der Röntgenstrahlenbeugung feststellbar ist. Die kleinsten Kristallgrößen, die unter Verwendung der Röntgenstrahlenbeugung feststellbar sind, führen normalerweise zu einem breiten Beugungsmuster ohne gut definierte Spitzen. Schmalere Spitzen weisen auf eine größere kristalline Größe hin. Die Breite der Beugungsspitzen kann verwendet werden, um die kristalline Größe zu bestimmen. Die anorganischen Fasern, die kristallin sind, sind üblicherweise polykristallin, statt einzelne Kristalle zu sein.

[0070] In einigen Anwendungen werden die Keramikfasern bei einer Temperatur von mindestens 700°C wärmebehandelt. Zum Beispiel können die Keramikfasern bei einer Temperatur von mindestens 800°C , bei einer Temperatur von mindestens 900°C , bei einer Temperatur von mindestens 1000°C oder bei einer Temperatur von mindestens 1100°C wärmebehandelt werden. Geeignete Wärmebehandlungstemperaturen können in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Keramikfasern und der Zeit, während der die Keramikfasern auf der Wärmebehandlungstemperatur gehalten werden, variieren. Geeignete Wärmebehandlungsverfahren und geeignete wärmebehandelte Keramikfasern werden zum Beispiel in der internationalen Patentanmeldung WO 99/46028 (Fernando et al.) und dem US-Patent Nr. 5,250,269 (Langer) näher beschrieben, deren Offenbarungen hierin durch Bezugnahme aufgenommen werden.

[0071] Es besteht eine Zeit-Temperatur-Beziehung, die mit der Größe von Kristallen oder Mikrokristallen zusammenhängt, die sich während des Wärmebehandlungsprozesses bilden. Zum Beispiel können die Keramikfasern bei niedrigeren Temperaturen für längere Zeitspannen und bei höheren Temperaturen für kürzere Zeitspannen wärmebehandelt werden, um einen vergleichbaren Zustand von Kristallinität oder Mikrokristallinität hervorzurufen. Die Zeit bei der Wärmebehandlungstemperatur kann bis zu 1 Stunde, bis zu 40 Minuten, bis zu 30 Minuten, bis zu 20 Minuten, bis zu 10 Minuten, bis zu 5 Minuten, bis zu 3 Minuten oder bis zu 2 Minuten betragen. Zum Beispiel kann die Wärmebehandlungstemperatur so gewählt werden, dass sie eine verhältnismäßig kurze Wärmebehandlungszeit verwendet, wie beispielsweise bis zu 10 Minuten.

[0072] Die Temperatur der Wärmebehandlung kann so gewählt werden, dass sie mindestens 20°C, mindestens 30°C, mindestens 40°C, mindestens 50°C, mindestens 60°C, mindestens 70°C, mindestens 80°C, mindestens 90°C oder mindestens 100°C über der Entglasungstemperatur ist (d. h. der Temperatur, bei welcher die Keramikfasern davon, ein amorphes Material zu sein, dazu übergehen, ein mikrokristallines oder kristallines Material zu sein). Geeignete Wärmebehandlungszeiten und -temperaturen für die Keramikfasern können unter Verwendung von solchen Techniken, wie beispielsweise der Differentialthermoanalyse (DTA), bestimmt werden. Die Temperatur von Al_2O_3 - SiO_2 -Fasern liegt normalerweise im Bereich von 700°C bis 1200°C, im Bereich von 800°C bis 1200°C, im Bereich von 900°C bis 1200°C oder im Bereich von 950°C bis 1200°C.

[0073] Eine Keramikfaser, die völlig amorph ist, schrumpft üblicherweise mehr als eine Keramikfaser, die Regionen enthält, die mikrokristallin, kristallin oder eine Kombination davon sind. Keramikfasern, die wenigstens teilweise kristallin oder mikrokristallin sind, können zu Montagematten verarbeitet werden, die wiederholt auf eine Temperatur erwärmt werden können, die zur Verwendung in einer Umweltschutzvorrichtung geeignet ist, und dann abgekühlt werden. Mikrokristalline und kristalline Keramikfasern neigen dazu, einer weiteren Schrumpfung zu widerstehen, die sich auf die Leistung der nicht-intumeszierenden Schicht negativ auswirken könnte.

[0074] Für Keramikfasern, die einer Wärmebehandlung unterzogen werden, kann die Sprödigkeit der Fasern mit den Charakteristiken einer geringen Volumenschrumpfung ausgeglichen werden. Kristalline oder mikrokristalline Keramikfasern neigen dazu, spröder als amorphe Keramikfasern zu sein. Nicht-intumeszierende Schichten, die aus kristallinen oder mikrokristallinen Keramikfasern hergestellt sind, können leichter brechen als eine Isolierung, die aus amorphen Fasern hergestellt ist. Andererseits neigen kristalline oder mikrokristalline Keramikfasern dazu, eine geringere Volumenschrumpfung als amorphe Keramikfasern aufzuweisen.

[0075] Der mittlere Durchmesser der anorganischen Fasern beträgt normalerweise mindestens 3 Mikrometer, mindestens 4 Mikrometer, mindestens 5 Mikrometer, mindestens 6 Mikrometer oder mindestens 7 Mikrometer. Die anorganischen Fasern haben üblicherweise einen mittleren Durchmesser, der nicht größer als 20 Mikrometer, nicht größer als 18 Mikrometer, nicht größer als 16 Mikrometer oder nicht größer als 14 Mikrometer ist. In einigen Ausführungsformen weisen mindestens 60 Gewichtsprozent der anorganischen Fasern einen mittleren Durchmesser auf, der innerhalb von 3 Mikrometern des mittleren Durchmesser ist. Zum Beispiel weisen mindestens 70 Gewichtsprozent, mindestens 80 Gewichtsprozent oder mindestens 90 Gewichtsprozent der anorganischen Fasern einen mittleren Durchmesser auf, der innerhalb von 3 Mikrometern des mittleren Durchmessers ist.

[0076] Die nicht-intumeszierende Schicht kann ferner ein organisches Bindemittel in Mengen von bis zu 20 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der nicht-intumeszierenden Schicht, enthalten. In einigen Ausführungsformen ist das organische Bindemittel in Mengen von bis zu 10 Gewichtsprozent, bis zu 5 Gewichtsprozent oder bis zu 3 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der nicht-intumeszierenden Schicht, vorhanden. Das organische Bindemittel wird normalerweise abgebrannt, wenn die mehrschichtige Matte, welche die nicht-intumeszierende Schicht enthält, bei erhöhten Temperaturen verwendet wird, wie beispielsweise jenen, die normalerweise in einer Umweltschutzvorrichtung auftreten.

[0077] Geeignete organische Bindemittel können wässrige Polymeremulsionen, lösemittelbasierte Polymere und lösemittelfreie Polymere enthalten. Die wässrigen Polymeremulsionen können organische Binderpolymere und -elastomere in Form eines Latex enthalten (z. B. natürliche Kautschuklatizes, Styrol-Butadien-Latizes, Butadien-Acrylnitril-Latizes und Latizes von Acrylat- und Methacrylatpolymeren oder -copolymeren). Die lösemittelbasierten polymeren Bindematerialien können solch ein Polymer enthalten, wie beispielsweise ein Acryl-, ein Polyurethan-, ein Vinylacetat-, ein Cellulose- oder ein kautschukbasiertes organisches Polymer. Die lösemittelfreien Polymere können Naturkautschuk, Styrol-Butadien-Kautschuk und andere Elastomere enthalten.

[0078] In einigen Ausführungsformen enthält das organische Bindematerial eine wässrige Acrylemulsion.

Acrylemulsionen neigen vorteilhafterweise dazu, gute Alterungseigenschaften und nichtkorrosive Verbrennungsprodukte aufzuweisen. Ohne darauf beschränkt zu sein, können geeignete Acrylemulsionen im Handel erhältliche Produkte umfassen, wie beispielsweise jene, die vertrieben werden unter der Handelsbezeichnung „RHOPLEX TR-934“ (eine wässrige Acrylemulsion mit 44,5 Gewichtsprozent Feststoffgehalt) und „RHOPLEX HA-8“ (eine wässrige Emulsion von Acrylcopolymeren mit einem Feststoffgehalt von 45,5 Gewichtsprozent) von Rohm und Hass (Philadelphia, PA); unter der Handelsbezeichnung „NEOCRYL XA-2022“ (eine wässrige Dispersion eines Acrylharzes mit einem Feststoffgehalt von 60,5 Prozent), erhältlich von ICI Resins US (Wilmington, MA); und unter der Handelsbezeichnung „AIRFLEX 600BP DEV“ (eine wässrige Emulsion von Ethylvinylacrylat-Terpolymer mit einem Feststoffgehalt von 55 Gewichtsprozent) von der Air Products and Chemical, Inc. (Philadelphia, PA).

[0079] Organische Bindemittel können auch einen Weichmacher, einen Klebrigmacher oder eine Kombination davon enthalten. Weichmacher neigen dazu, eine Polymermatrix zu erweichen, und können die Flexibilität und Formbarkeit der nicht-intumeszierenden Schicht verbessern. Zum Beispiel kann ein organisches Bindemittel solch einen Weichmacher enthalten, wie beispielsweise Isodecyl-Diphenyl-Diphosphat, das unter der Handelsbezeichnung „SANTICIZER 148“ von Monsanto (St Louis, MO) im Handel erhältlich ist. Klebrigmacher oder klebrigmachende Harze können beim Zusammenhalten des Isoliermaterials helfen. Ein Beispiel für einen geeigneten Klebrigmacher ist von Eka Nobel, Inc. (Toronto, Kanada) unter der Handelsbezeichnung „SNOWTACK 810A“ im Handel erhältlich.

[0080] Die nicht-intumeszierende Schicht kann auch andere Materialien enthalten, wie beispielsweise, ohne darauf beschränkt zu sein, Weichmacher, Benetzungsmittel, Dispergiermittel, Entschäumungsmittel, Latexkoagulationsmittel und Fungizide. Es können Füllmaterialien beigegeben werden, wie beispielsweise Glaspartikel, Calciumcarbonat, geschäumtes Vermiculit, delaminiertes Vermiculit, Glimmer, Perlit, Aluminiumtrihydrat, Magnesiumphosphathexahydrat, Zinkborat und Magnesiumhydroxid. Zusätzlich können anorganische Bindemittel, wie beispielsweise Tonerden, Bentonit und kolloidales Siliciumdioxid, beigegeben werden.

[0081] Die nicht-intumeszierenden Schichten können auch solche anorganische Fasern enthalten, wie zum Beispiel Acrylharzderivate, Cellulose, Polyolefin, Polyvinylalkohol, Polyester oder Kombinationen davon. Die Fasern können Stapelfasern oder fibrillierte Fasern sein. Verwendbare Fasern haben normalerweise eine Größe von etwa 0,5 bis 5 Denier. Geeignete Kunstseidefasern, die eine Größe von 1,5 Denier je Filament aufweisen, sind im Handel von der Minifiber, Inc. (Johnson City, TX) erhältlich. Geeignete Polyvinylalkoholfasern sind im Handel von der Kuraray Americas, Inc. (New York, NY) unter der Handelsbezeichnung „KURALON“ erhältlich. Ein Acrylfaserbrei ist unter der Handelsbezeichnung „CFF“ von der Cytex Industries, Inc. (West Paterson, NJ) im Handel erhältlich.

[0082] Eine geeignete nicht-intumeszierende Schicht kann wenigstens in mancher Ausführungsform anorganische Fasern in einer Menge von 10 bis 99,5 Gewichtsprozent und organische Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 20 Gewichtsprozent enthalten. Zum Beispiel kann die nicht-intumeszierende Schicht anorganische Fasern in einer Menge von 20 bis 99,5 Gewichtsprozent, organische Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 20 Gewichtsprozent und bis zu 60 Gewichtsprozent anorganische Bindemittel oder Füllstoffe enthalten.

[0083] Eine geeignete nicht-intumeszierende Schicht, die wärmebehandelte Aluminiumsilicatkeramikfasern enthält, ist im Handel von der 3M Company (St. Paul, MN) unter der Handelsbezeichnung „INTERAM 900HT“ erhältlich. Diese Matte weist eine Rohdichte von etwa 0,25 g/cm³ und ein Flächengewicht von etwa 1020 bis etwa 2455 g/m² auf. Andere geeignete nicht-intumeszierende Schichten umfassen jene, die von der 3M Company unter der Handelsbezeichnung „INTERAM 1100HT“ und „INTERAM 1101HT“ im Handel erhältlich sind. Diese Matten weisen eine Rohdichte von etwa 0,15 g/cm³ und ein Flächengewicht von etwa 440 bis etwa 2100 g/m² auf. Diese Matten enthalten kristalline Aluminiumoxidfasern (d. h. polykristalline Aluminiumoxidfasern). Eine andere geeignete nicht-intumeszierende Schicht, die Magnesium-Aluminiumsilicatglasfasern enthält, ist im Handel von der 3M Company unter der Handelsbezeichnung „INPE 571.02“ erhältlich. Diese Matte weist eine Rohdichte von 0,12 g/cm² und ein Flächengewicht von etwa 600 bis etwa 1400 g/m² auf. Eine Nadelfilzmatte ist im Handel von der Mitsubishi Chemical Company, Tokio, Japan, unter der Handelsbezeichnung „MAFTEC MLS-3“ mit einer Rohdichte von etwa 0,16 g/cm² erhältlich. Diese Matte enthält etwa 72 Gewichtsprozent Al₂O₃ und etwa 28 Gewichtsprozent SiO₂, bezogen auf das Gewicht der Fasern.

[0084] In den mehrschichtigen Matten ist eine intumeszierende Schicht in Sandwichbauweise zwischen einer ersten nicht-intumeszierenden und einer zweiten nicht-intumeszierenden Schicht eingefügt. Die intumeszierende Schicht enthält mindestens einen Typ von intumeszierendem Material. Die intumeszierende Schicht kann ferner anorganische Fasern, organische Bindemittel, Weichmacher, Benetzungsmittel, Dispergiermittel,

Entschäumungsmittel, Latexkoagulationsmittel, Fungizide, Füllmaterialien, anorganische Bindemittel und organische Fasern enthalten.

[0085] Diese zusätzlichen Komponenten sind dieselben wie jene, die zuvor für die nicht-intumeszierende Schicht erörtert wurden.

[0086] Beispiele von geeigneten intumeszierenden Materialien für die intumeszierende Schicht umfassen ungeschäumtes Vermiculit, Hydrobiotit, was serquellfähigen synthetischen tetrasiliciumhaltigen Fluorglimmer, wie in US-Pat. Nr. 3,001,571 (Hatch) beschrieben, Alkalimetallsilicat Körnchen, wie in US-Pat. Nr. 4,521,333 (Graham et al.) beschrieben, schaumfähiges Grafit oder Kombinationen davon. Alkalimetallsilicat Körnchen sind im Handel von der 3M Company (St. Paul, MN) unter der Handelsbezeichnung „EXPANTROL 4BW“ erhältlich. Schaumfähiges Grafit ist unter der Handelsbezeichnung „GRAFOIL GRADE 338-50“ von der UCAR Carbon Co., Inc. (Cleveland, OH) im Handel erhältlich. Ungeschäumtes Vermiculit ist im Handel von der Co-metals Inc. (New York, NY) erhältlich. In einigen Anwendungen sind die intumeszierenden Materialien aus ungeschäumtem Vermiculit, schaumfähigem Grafit oder einer Kombination davon ausgewählt.

[0087] Das Vermiculit kann zum Beispiel mit Salzen, wie beispielsweise Ammoniumdihydrogenphosphat, Ammoniumnitrat, Ammoniumchlorid, Kaliumchlorid oder anderen löslichen Salzen, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, behandelt werden. Die Behandlung basiert auf einer Ionenaustauschreaktion.

[0088] Die intumeszierende Schicht enthält oft mindestens 5, mindestens 10, mindestens 20, mindestens 40 oder mindestens 60 Gewichtsprozent intumeszierendes Material, bezogen auf das Gewicht der intumeszierenden Schicht. In einigen intumeszierenden Schichten kann die Schicht frei von anorganischen Fasern sein. In anderen intumeszierenden Schichten kann die Schicht frei von anorganischen Fasern und organischen Bindemitteln sein. In noch anderen intumeszierenden Schichten enthält die Schicht 5 bis etwa 85 Gewichtsprozent intumeszierendes Material und weniger als 20 Gewichtsprozent organisches Bindemittel, bezogen auf das Gewicht der intumeszierenden Schicht. Anorganische Fasern sind in einigen intumeszierenden Schichten enthalten.

[0089] In manch einem spezifischeren Beispiel enthält die intumeszierende Schicht intumeszierende Materialien in einer Menge von 5 bis 85 Gewichtsprozent, organisches Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 15 Gewichtsprozent und anorganische Fasern in einer Menge von 10 bis 60 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der intumeszierenden Schicht. In anderen Beispielen enthält die intumeszierende Schicht intumeszierende Materialien in einer Menge von 5 bis 70 Gewichtsprozent, organisches Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 10 Gewichtsprozent und anorganische Fasern in einer Menge von 30 bis 45 Gewichtsprozent, bezogen auf das Gewicht der intumeszierenden Schicht. In noch anderen Beispielen enthält die intumeszierende Schicht intumeszierende Materialien in einer Menge von 20 bis 65 Gewichtsprozent, organische Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 20 Gewichtsprozent, anorganische Fasern in einer Menge von 10 bis 65 Gewichtsprozent und bis zu 40 Gewichtsprozent anorganische Füllstoffe oder anorganische Bindemittel.

[0090] Geeignete intumeszierende Schichten sind im Handel von 3M (St. Paul, MN) unter den Handelsbezeichnungen „INTERAM 100“, „INTERAM 200“, „INTERAM 550“ und „INTERAM 2000 LT“ erhältlich. Diese Matten weisen üblicherweise eine Rohdichte von etwa 0,4 bis etwa 0,7 g/cm³ und ein Flächengewicht von etwa 1050 g/m² bis etwa 8140 g/m² auf. Eine andere geeignete intumeszierende Schicht ist im Handel von 3M unter der Handelsbezeichnung „INPE 570“ erhältlich. Diese Schicht weist üblicherweise ein Flächengewicht von etwa 1050 g/m² bis etwa 4070 g/m² auf und enthält anorganische Fasern, die den europäischen Bestimmungen für nicht klassifizierte Fasern entsprechen.

[0091] In einigen intumeszierenden Schichten sind biologisch lösliche anorganische Fasern enthalten. Intumeszierende Schichten, die biologisch lösliche Fasern enthalten, werden in der internationalen Patentanmeldeschrift WO 03/031368 (Howorth) näher beschrieben, die durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit hierin aufgenommen wird. Wie hierin verwendet, beziehen sich „biologisch lösliche anorganische Fasern“ auf anorganische Fasern, die in einem physiologischen Medium oder einem simulierten physiologischen Medium zersetzbar sind. Ohne darauf beschränkt zu sein, bezieht sich physiologisches Medium auf jene Körperfluide, die normalerweise im Atemweg auftreten, wie beispielsweise den Lungen von Tieren oder Menschen.

[0092] Die biologisch löslichen anorganischen Fasern enthalten normalerweise solche Oxide, wie zum Beispiel Na₂O, K₂O, CaO, MgO, P₂O₅, Li₂O und BaO oder Kombinationen davon mit Siliciumdioxid. Andere Metalloxide oder andere Keramikbestandteile können in den biologisch löslichen anorganischen Fasern enthalten sein, auch wenn diese Bestandteile selbst nicht die gewünschte Löslichkeit aufweisen, aber in genügend nied-

rigen Mengen vorhanden sind, derart dass die Fasern als Ganzes noch immer in einem physiologischen Medium zersetzbar sind. Solche Metalloxide umfassen zum Beispiel Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , B_2O_3 und Eisenoxide. Die biologisch löslichen anorganischen Fasern können auch metallische Komponenten in solchen Mengen enthalten, dass die Fasern in einem physiologischen Medium oder simulierten physiologischen Medium zersetzbar sind.

[0093] In einer Ausführungsform enthalten die biologisch löslichen anorganischen Fasern Siliciumdioxid, Magnesiumoxid und Calciumoxid. Diese Fasertypen werden normalerweise als Calcium-Magnesium-Siliciumdioxid-Fasern bezeichnet. Die Calcium-Magnesium-Siliciumdioxid-Fasern enthalten üblicherweise weniger als etwa 10 Gewichtsprozent Aluminiumoxid. Geeignete biologisch lösliche Fasern können 45 bis 90 Gewichtsprozent SiO_2 , bis zu 45 Gewichtsprozent CaO , bis zu 35 Gewichtsprozent MgO und weniger als 10 Gewichtsprozent Al_2O_3 enthalten. Zum Beispiel können die Fasern etwa 55 bis etwa 75 Gewichtsprozent SiO_2 , etwa 25 bis etwa 45 Gewichtsprozent CaO , etwa 1 bis etwa 10 Gewichtsprozent MgO und weniger als etwa 5 Gewichtsprozent Al_2O_3 enthalten.

[0094] Beispielhafte biologisch lösliche anorganische Oxidfasern werden in US-Patent Nr. 5,332,699 (Olds et al.); 5,585,312 (TenEyck et al.); 5,714,421 (Olds et al.) und 5,874,375 (Zoitas et al.) beschrieben. Es können verschiedene Verfahren verwendet werden, um biologisch lösliche anorganische Fasern zu bilden, die Sol-Gel-Bildung, Kristallzüchtungsprozesse und Schmelzformtechniken, wie beispielsweise Spinnen oder Blasen, umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein.

[0095] Biologisch lösliche Fasern sind im Handel von der Unifrax Corporation (Niagara Falls, NY) unter der Handelsbezeichnung „INSULFRAX“ erhältlich. Andere biologisch lösliche Fasern werden von der Thermal Ceramics (in Augusta, GA, gelegen) unter der Handelsbezeichnung „SUPERWOOL“ vertrieben. Zum Beispiel enthält SUPERWOOL 607 60 bis 70 Gewichtsprozent SiO_2 , 25 bis 35 Gewichtsprozent CaO , 4 bis 7 Gewichtsprozent MgO und eine Spurenmenge von Al_2O_3 . SUPERWOOL 607 MAX kann bei etwas höheren Temperaturen verwendet werden und enthält 60 bis 70 Gewichtsprozent SiO_2 , 16 bis 22 Gewichtsprozent CaO , 12 bis 19 Gewichtsprozent MgO und eine Spurenmenge von Al_2O_3 .

[0096] Eine beispielhafte intumeszierende Schicht kann intumeszierendes Material in einer Menge von 10 bis 80 Gewichtsprozent, biologisch lösliche anorganische Fasern in einer Menge von 5 bis 80 Gewichtsprozent, glimmerhaltiges Bindemittel in einer Menge von 5 bis 80 Gewichtsprozent und organisches Bindemittel in einer Menge von 0,5 bis 20 Gewichtsprozent enthalten.

[0097] Wie hierin verwendet, bezieht sich „glimmerhaltiges Bindemittel“ auf ein oder mehr glimmerhaltige Mineralien, die benetzt und dann getrocknet werden können, um einen zusammenhängenden Körper zu bilden, der selbsttragend ist. Wie hierin verwendet, bezieht sich „selbsttragend“ auf ein glimmerhaltiges Bindemittel, das zu einem 5 cm × 5 cm × 3 cm Blatt ausgebildet werden kann, das keine anderen Materialien enthält, derart dass das getrocknete Blatt an jeder Kante für mindestens 5 Minuten bei 25°C und bis zu 50 Prozent relativer Feuchtigkeit horizontal gehalten werden kann, ohne zu zerbröckeln oder anderweitig auseinander zu fallen.

[0098] Wie hierin verwendet, bezieht sich der Ausdruck „glimmerhaltiges Mineral“ auf eine Familie von Mineralien, die in ebene Blätter oder Plättchen gespalten oder anderweitig getrennt werden können. Glimmerhaltige Mineralien umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, geschäumtes Vermiculit und Glimmer. Glimmerhaltige Mineralien weisen normalerweise ein mittleres Aspektverhältnis (d. h. die Länge eines Partikels geteilt durch seine Dicke) auf, das größer als etwa 3 ist. Glimmerhaltige Mineralien, die normalerweise eine Partikelgröße von weniger als 150 Mikrometer aufweisen (z. B. enthält das glimmerhaltige Bindemittel glimmerhaltige Mineralien, die durch ein Sieb mit Maschenweite 100 durchtreten können). In einigen Ausführungsformen enthält das glimmerhaltige Bindemittel glimmerhaltige Mineralien mit einer Größe von weniger als etwa 150 Mikrometer und mit einem mittleren Aspektverhältnis von größer als etwa 8 oder größer als etwa 10.

[0099] Geeignete glimmerhaltige Bindemittel können glimmerhaltige Mineralien enthalten, die zerkleinert wurden. Wie hierin verwendet, bezieht sich „zerkleinert“ auf glimmerhaltige Mineralien, die auf irgendeine Art und Weise, welche die mittlere Partikelgröße reduziert, bearbeitet wurden. Zerkleinerungsverfahren umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, mechanisches Scheren eines verdünnten oder konzentrierten Schlamms, Mahlen, Luftfeinbruch und Walzen. Andere Verfahren können allein oder in Kombination mit dem Zerkleinern verwendet werden, um die Partikelgröße zu reduzieren. Zum Beispiel können thermische oder chemische Verfahren verwendet werden, um die glimmerhaltigen Mineralien aufzuschäumen oder aufzuschäumen plus abzuschälen. Geschäumtes Vermiculit kann geschert oder anderweitig in Wasser verarbeitet werden, um eine wässrige Dispersion von delaminierten Vermiculitpartikeln oder -plättchen zu erzeugen. Das Scheren kann

zum Beispiel unter Verwendung eines Scherenmischers, wie beispielsweise einer Mischmaschine, in geeigneter Weise durchgeführt werden.

[0100] In einigen Ausführungsformen enthält das glimmerhaltige Bindemittel verarbeitete Vermiculite (d. h. Vermiculit, das aufgeschäumt, delaminiert und zerkleinert wurde). Verarbeitetes Vermiculit ist normalerweise nicht-intumeszierend. In anderen Ausführungsformen enthält das glimmerhaltige Bindemittel Vermiculit, das weder aufgeschäumt noch delaminiert wurde oder das nur teilweise aufgeschäumt und delaminiert wurde. Solche Materialien neigen dazu, intumeszierend zu sein.

[0101] Geeignete glimmerhaltige Bindemittel sind im Handel von W. R. Grace & Company erhältlich und enthalten ein delaminiertes Vermiculitpulver (unter der Handelsbezeichnung „VFPS“) und eine wässrige Dispersion von chemisch abgeschältem Vermiculit (unter der Handelsbezeichnung „MICROLITE“). Außerdem sind geschäumte Vermiculitflocken von W. R. Grace and Company (unter der Handelsbezeichnung „ZONELITE #5“) erhältlich, die auf Partikelform reduziert werden können, um ein glimmerhaltiges Bindemittel zu bilden.

[0102] Das glimmerhaltige Bindemittel kann Vermiculit mit einer Partikelgröße von weniger als etwa 150 Mikrometer enthalten, und das intumeszierende Material kann Vermiculit mit einer Partikelgröße von mehr als etwa 150 Mikrometer enthalten (keines tritt durch ein Sieb mit Maschenweite 100 durch). Das intumeszierende Vermiculit kann eine mittlere Partikelgröße aufweisen, die größer als etwa 300 Mikrometer ist.

[0103] In einer Ausführungsform einer mehrschichtigen Matte enthält die nicht-intumeszierende Schicht Glasfasern, und die intumeszierende Schicht enthält Vermiculit. In einer anderen Ausführungsform der mehrschichtigen Matte enthält die nicht-intumeszierende Schicht hitzebeständige Keramikfasern mit einer Schrumpfung von nicht mehr als 10 Prozent, basierend auf dem TMA-Test, und die intumeszierenden Schichten enthalten Vermiculit.

[0104] Den mehrschichtigen Matten können Kantenschutzmaterialien hinzugefügt werden. Kantenschutzmaterialien können Edelstahlraht sein, der um die Kanten gewickelt wird, wie in US-Patent Nr. 5,008,086 (Merry) beschrieben, das durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird. Andere geeignete Kantenschutzmaterialien umfassen geflochtene oder seilförmige Glas-, Keramik- oder Metallfasern, wie in US-Patent Nr. 4,156,533 (Close et al.) beschrieben, das durch Bezugnahme hierin aufgenommen wird. Kantenschutzmaterialien können auch aus Zusammensetzungen mit Glaspartikeln gebildet sein, wie in EP 639 701 A2 (Howorth et al.), EP 639 702 A2 (Howorth et al.) und EP 639 700 A2 (Stroom et al.) beschrieben, die alle durch Bezugnahme hierin aufgenommen werden.

[0105] Die Dicke jeder Schicht in der mehrschichtigen Matte kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung variieren. In einigen Ausführungsformen ist die Dicke der intumeszierenden Schicht nicht größer als die Dicke jeder der nicht-intumeszierenden Schichten. In einigen Anwendungen ist die Dicke der intumeszierenden Schicht nicht größer als 50 Prozent, nicht größer als 45 Prozent, nicht größer als 40 Prozent, nicht größer als 35 Prozent, nicht größer als 30 Prozent, nicht größer als 25 Prozent oder nicht größer als 20 Prozent der Dicke jeder der nicht-intumeszierenden Schichten.

[0106] Die unkomprimierte Gesamtdicke der Matte ist normalerweise nicht größer als 40 mm, nicht größer als 36 mm, nicht größer als 32 mm, nicht größer als 30 mm, nicht größer als 24 mm oder nicht größer als 20 mm. Die intumeszierende Schicht weist üblicherweise eine Dicke auf, die nicht größer als 30 Prozent, nicht größer als 25 Prozent, nicht größer als 20 Prozent, nicht größer als 15 Prozent oder nicht größer als 10 Prozent der unkomprimierten Gesamtdicke der Matte ist. In einigen Beispielen ist die Dicke der intumeszierenden Schicht 2 bis 30 Prozent oder 5 bis 25 Prozent der unkomprimierten Gesamtdicke der mehrschichtigen Matte.

[0107] In einigen Anwendungen weist jede nicht-intumeszierende Schicht unabhängig eine Dicke von mindestens 1, mindestens 2, mindestens 3 mm, mindestens 4 mm, mindestens 5 mm oder mindestens 6 mm auf. Die Dicke jeder nicht-intumeszierenden Schicht beträgt normalerweise weniger als 30 mm, weniger als 20 mm oder weniger als 15 mm. Zum Beispiel kann die Dicke jeder der nicht-intumeszierenden Schichten unabhängig 3 bis 20 mm, 3 bis 16 mm, 3 bis 12 mm, 3 bis 10 mm, 4 bis 20 mm, 4 bis 16 mm, 4 bis 10 mm, 5 bis 20 mm, 5 bis 16 mm, 5 bis 12 mm, 6 bis 20 mm, 6 bis 16 mm, 6 bis 12 mm oder 6 bis 10 mm betragen. Die hierin beschriebene Dicke bezieht sich auf eine unkomprimierte Dicke.

[0108] Die intumeszierende Schicht weist eine Dicke von mindestens 0,5 mm, mindestens 0,8 mm, mindestens 1 mm oder mindestens 1,2 mm auf. Die Dicke der intumeszierenden Schicht beträgt üblicherweise weniger als 20 mm, weniger als 10 mm oder weniger als 5 mm. Zum Beispiel kann die Dicke der intumeszierenden

Schicht 0,5 bis 10 mm, 0,5 bis 8 mm, 0,5 bis 6 mm, 0,5 bis 5 mm, 0,5 bis 3 mm, 0,5 bis 2,5 mm, 0,5 bis 2 mm, 0,8 bis 3 mm, 1 bis 3 mm, 1,2 bis 3 mm, 1 bis 2,5 mm oder 1 bis 2 mm betragen. Die hierin beschriebene Dicke bezieht sich auf eine unkomprimierte Dicke.

[0109] Jede nicht-intumeszierende Schicht in der mehrschichtigen Matte weist üblicherweise eine Rohdichte im Bereich von etwa $0,1 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $0,3 \text{ g/cm}^3$ auf, während die intumeszierende Schicht eine Rohdichte im Bereich von etwa $0,4 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $0,7 \text{ g/cm}^3$ aufweist. Wie hierin verwendet, bezieht sich „Rohdichte“ auf die Dichte einer Schicht oder mehrschichtigen Matte, die nicht unter Druckbeanspruchung ist. Die Rohdichte der mehrschichtigen Matte hängt von der Dicke und Zusammensetzung der verschiedenen Schichten ab, beträgt aber normalerweise etwa $0,15 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $0,5 \text{ g/cm}^3$ oder etwa $0,2 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $0,4 \text{ g/cm}^3$. In einigen Anwendungen weisen die mehrschichtigen Matten eine komprimierte Dichte von etwa $0,3 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $1,0 \text{ g/cm}^3$ oder etwa $0,5 \text{ g/cm}^3$ bis etwa $0,9 \text{ g/cm}^3$ auf. Wie hierin verwendet, bezieht sich der Begriff „komprimierte Dichte“ auf die Dichte der mehrschichtigen Matte nach ihrer Montage um ein Umweltschutzelement in einer Umweltschutzvorrichtung.

[0110] In einem anderen Aspekt wird ein Verfahren zur Bildung einer mehrschichtigen Matte beschrieben. Es wird eine intumeszierende Schicht bereitgestellt, die eine erste Hauptfläche und eine zweite Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche aufweist. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Eine erste nicht-intumeszierende Schicht wird so positioniert, dass sie der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Eine zweite nicht-intumeszierende Schicht wird so positioniert, dass sie der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die zweite nicht-intumeszierenden Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die intumeszierende Schicht wird zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert.

[0111] Der Bereich A2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht ist im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. In einigen mehrschichtigen Matten, in welchen der Bereich A2 im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 ist, weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Länge L2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Länge im Wesentlichen gleich der Länge L2 auf. Außerdem weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Breite W2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Breite im Wesentlichen gleich der Breite W2 auf.

[0112] In vielen Ausführungsformen der mehrschichtigen Matten ist die erste nicht-intumeszierende Schicht mit der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet. Eine der Schichten kann jedoch im Vergleich zur anderen Schicht etwas schräg verlaufen, solange die mehrschichtige Matte wirksam um ein Umweltschutzelement innerhalb einer Umweltschutzvorrichtung gewickelt werden kann.

[0113] Ein Papierherstellungsprozess wird verwendet, um die nicht-intumeszierende Schicht, die intumeszierende Schicht oder eine Kombination davon herzustellen. Zum Beispiel kann eine nicht-intumeszierende Schicht durch Bilden eines wässrigen Schlammes, der die anorganischen Fasern enthält, hergestellt werden. Der wässrige Schlamm enthält oft bis zu 30 Gewichtsprozent Feststoffe, bezogen auf das Gewicht des Schlammes (z. B. kann der Schlamm bis zu 20 Gewichtsprozent oder bis 10 Gewichtsprozent Feststoffe enthalten, bezogen auf das Gewicht des Schlammes). Der Schlamm enthält oft mindestens 1 Prozent Feststoffe, bezogen auf das Gewicht des Schlammes (z. B. kann der Schlamm mindestens 2 Gewichtsprozent oder mindestens 3 Gewichtsprozent Feststoffe enthalten). In einigen Ausführungsformen kann der Schlamm 1 bis 20, 2 bis 8 oder 3 bis 6 Gewichtsprozent Feststoffe enthalten. Höhere Feststoffanteile können vorteilhaft sein, da weniger Wasser entfernt werden muss, um die Vorform herzustellen. Schlämme mit höheren prozentualen Feststoffanteilen neigen jedoch dazu, schwerer zu mischen zu sein.

[0114] Die intumeszierende Schicht kann durch Bilden eines wässrigen Schlammes hergestellt werden, der das intumeszierende Material enthält. Die prozentualen Feststoffanteile können mit jenen vergleichbar sein die verwendet werden, um die nicht-intumeszierende Schicht herzustellen. Der wässrige Schlamm für die intumeszierende Schicht enthält oft anorganische Fasern, allerdings können die intumeszierenden Schichten frei von anorganischen Fasern sein.

[0115] Das Wasser, das in jedem wässrigen Schlamm verwendet wird, kann Quellwasser, Oberflächenwasser oder Wasser sein, das behandelt wurde, um Verunreinigungen, wie beispielsweise Salze und organische Verbindungen, zu entfernen. Wenn Quell- oder Oberflächenwasser im wässrigen Schlamm verwendet wird, können Salze (z. B. Calcium- und Magnesiumsalze), die im Wasser vorhanden sind, als ein anorganisches Bin-

demittel fungieren. In einigen Ausführungsformen ist das Wasser entionisiertes Wasser, destilliertes Wasser oder eine Kombination davon.

[0116] Es können auch andere Zusatzstoffe in jeder wässrigen Schlammzusammensetzung enthalten sein. Solche Zusatzstoffe können anorganische Bindemittel, anorganische Füllstoffe, Entschäumungsmittel, Flockungsmittel, oberflächenaktive Stoffe und dergleichen umfassen. Festigkeitsverbesserungsmittel, wie zum Beispiel organische Fasern, können enthalten sein.

[0117] Einige der nicht-intumeszierenden Schichten weisen eine nichtflache Fläche auf einer Seite der Schicht auf. Ein Papierherstellungsprozess kann verwendet werden, um solch eine nicht-intumeszierende Schicht herzustellen. Zum Beispiel kann ein Schlamm auf ein durchlässiges Substrat abgeschieden werden, das eine nichtflache Fläche aufweist. Eine Mulde in einer nicht-intumeszierenden Schicht könnte durch Abscheiden eines Schlammes auf ein durchlässiges Substrats gebildet werden, das einen Stufen- oder erhobenen Abschnitt aufweist.

[0118] Eine nicht-intumeszierende Schicht, die eine nichtflache Hauptfläche aufweist, kann auch unter Verwendung einer Formgebungstechnik hergestellt werden. Zum Beispiel kann ein durchlässiges Formwerkzeug im Schlamm angeordnet werden. Die Feststoffe im Schlamm können sich auf der Oberfläche des Formwerkzeugs absetzen, wenn ein Vakuum gezogen wird. In einigen Ausführungsformen kann das Formwerkzeug aus dem Schlamm genommen und mit einer Formerhaltungsvorrichtung mit derselben Form wie das Formwerkzeug gekoppelt werden. Der abgeschiedene Schlamm kann zwischen dem Formwerkzeug und der Formerhaltungsvorrichtung positioniert werden. Die Formerhaltungsvorrichtung und das Formwerkzeug können zusammengepresst werden, um weiter Wasser zu entfernen und eine Vorform mit einer verhältnismäßig glatten Oberfläche zu erzeugen. Die Formerhaltungsvorrichtung oder das Formwerkzeug kann die Patrize sein (d. h., wenn das Formwerkzeug die Patrize ist, dann ist die Formerhaltungsvorrichtung die Matrize, oder wenn das Formwerkzeug die Matrize ist, dann ist die Formerhaltungsvorrichtung die Patrize).

[0119] Das durchlässige Formwerkzeug kann zum Beispiel ein Sieb aufweisen. Die Siebmaschenweite kann so gewählt sein, dass die flüssigen Komponenten, aber nicht die Keramikfasern durch das Sieb durchtreten. Zum Beispiel können Siebe im Maschenweitenbereich von 20 (etwa 850 Mikrometer) bis 80 Mesh (etwa 180 Mikrometer) oder im Maschenweitenbereich von 30 (etwa 600 Mikrometer) bis 80 Mesh liegen. Wenn die Maschenweite zu fein ist, wird das Sieb leicht verstopft. Wenn die Maschenweite zu groß ist, hält das Sieb die Keramikfasern nicht zurück (d. h. es kann keine Vorform gebildet werden). Unter normalen Arbeitsbedingungen setzen sich einige der Feststoffe aus dem Schlamm auf dem Sieb ab, wenn ein Vakuum gezogen wird.

[0120] In einigen Anwendungen kann der Formgebungsprozess ähnlich jenen sein, die in US-Patent Nr. 5,078,822 (Hodges et al.) und 6,596,120 B2 (Davis et al.) beschrieben werden. Die dreidimensionale Vorform kann unter Verwendung einer Werkzeuganordnung hergestellt werden, die ein Mehrkomponentenwerkzeug und eine Formerhaltungsvorrichtung aufweist. Das Mehrkomponentenwerkzeug ist ein durchlässiges Formwerkzeug und weist üblicherweise ein inneres Gerippe und eine äußere Schale auf. Das innere Gerippe hatte ein Vakuumsystem durch sein Inneres, um Vakuumziehen und Vakuumverteilung durch das Werkzeug bereitzustellen. Die äußere Schale des Formwerkzeugs weist ein Sieb auf. Zum Beispiel kann das Sieb eine Maschenweite von 20 bis 80 Mesh aufweisen. Das Mehrkomponentenformwerkzeug ist durchlässig. Die Werkzeuganordnung kann derart im Schlamm positioniert werden, dass das Mehrkomponentenformwerkzeug von der Formerhaltungsvorrichtung getrennt ist.

[0121] Ein Vakuum kann an das Mehrkomponentenformwerkzeug angeschlossen sein, und eine Schicht, die Keramikfaser enthält, kann sich auf dem Formwerkzeug absetzen. Während sie in einem Nasszustand ist, kann die werkzeuggestützte Vorform in die Formerhaltungsvorrichtung eingeführt werden. Das Formwerkzeug kann entfernt werden, wenn die Vorform teilweise in die Formerhaltungsvorrichtung eingeführt ist, oder wenn die Vorform in vollem Kontakt mit der Formerhaltungsvorrichtung ist. In einigen Anwendungen kommt die Vorform mit der Formerhaltungsvorrichtung in Kontakt, während sie noch durch das Formwerkzeug getragen wird.

[0122] Eine oder beide der nicht-intumeszierenden Schichten können eine nichtflache Fläche aufweisen. Wenn eine oder beide der nicht-intumeszierenden Schichten eine Mulde auf einer Seite der Schicht aufweisen, kann die intumeszierende Schicht in der Mulde positioniert werden.

[0123] Es können andere Verfahren verwendet werden, um die nicht-intumeszierende Schicht herzustellen. In einigen Anwendungen kann die nicht-intumeszierende Schicht durch Zerhacken von einzelnen anorganischen Fasern auf eine gewünschte Länge als eine Vliesmatte hergestellt werden. Solch ein Verfahren wird in

der internationalen Patentanmeldeschrift WO 2004/011785 (Merry et al.) beschrieben. Die vereinzelt Fasern können durch Zerhacken eines Wergs oder Garns von Faser unter Verwendung eines Glasrovingschneiders hergestellt werden, der unter der Handelsbezeichnung „MODEL 90 GLASSROVING CUTTER“ von der Finn and Fram, Inc. (Pacoma, CA) im Handel erhältlich ist. Alternativ können die zerhackten vereinzelt Fasern unter Verwendung einer Hammermühle und dann eines Gebläses gebildet werden. Die Fasern werden üblicherweise auf eine Länge zerhackt, die im Bereich von etwa 0,5 bis etwa 15 cm liegt. Eine Matte kann unter Verwendung einer herkömmlichen Vliesbildungsmaschine gebildet werden, wie beispielsweise jener, die im Handel von der Rando Machine Corp. (Macedon, NY) unter der Handelsbezeichnung „RANDO WEBGER“ oder von der Scan Web Co. (Dänemark) unter der Handelsbezeichnung „DAN WEB“ erhältlich sind. Die zerhackten vereinzelt Fasern können auf ein Drahtsieb oder Netzband (z. B. ein Metall- oder Nylonband) gezogen werden. In Abhängigkeit von der Länge der Fasern kann die resultierende Matte eine ausreichende Handhabbarkeit aufweisen, um ohne einen Träger, wie beispielsweise einen Gitterstoff, zu einer Vernadelungs- oder Nähwirkmaschine transportiert zu werden. Um eine leichtere Handhabung zu ermöglichen, können einige Matten auf einem Gitterstoff gebildet oder angeordnet werden.

[0124] Eine Nadelvliesmatte bezieht sich auf eine Matte, in welcher es eine physikalische Verschlingung der anorganischen Fasern durch mehrfache vollständige oder teilweise Durchdringung der Matte mit Bartnadeln gibt. Ein Vernadeln bezieht im Allgemeinen ein Komprimieren einer Vliesmatte und anschließendes Einstechen und Ziehen von Bartnadeln durch die Matte ein. Obwohl die optimale Anzahl von Nadeleinstichen je Mattenfläche von der jeweiligen Anwendung abhängt, wird die Vliesmatte oft eingestochen, um etwa 5 bis etwa 60 Einstiche/cm² bereitzustellen. In einigen Ausführungsformen weisen die Matten etwa 10 bis etwa 20 Einstiche/cm² auf. Die Vliesmatte kann unter Verwendung einer herkömmlichen Vernadelungsmaschine, wie beispielsweise jener, die im Handel von Dilo (Deutschland) erhältlich sind, mit Bartnadeln, die im Handel von der Foster Needle Company (Manitowoc, WI) erhältlich sind, vernadelt werden.

[0125] Alternativ kann die Vliesmatte unter Verwendung solcher Techniken, wie beispielsweise jener, die in US-Patent Nr. 4,181,514 (Lefkowitz et al.) beschrieben werden, nähgewirkt werden. Die Matte kann unter Verwendung eines organischen Fadens oder anorganischen Fadens (z. B. Keramik oder Edelstahl) nähgewirkt werden. Eine verhältnismäßig dünne Schicht eines anorganischen oder organischen Flächengebildes kann während des Nähwirkens auf einer oder beiden Seiten der Matte angeordnet werden, um zu verhindern oder zu minimieren, dass die Fäden die Matte durchschneiden. Die Beabstandung der Maschen kann variiert werden, beträgt aber üblicherweise etwa 3 bis etwa 30 mm, so dass die Fasern durch den gesamten Bereich der Matte gleichmäßig komprimiert werden. Eine im Handel erhältliche vernadelt nicht-intumeszierende Schicht kann von Mitsubishi Chemical (Tokio, Japan) unter der Handelsbezeichnung „MAFTEC“ erhalten werden.

[0126] Die intumeszierende Schicht kann in Form einer Paste auf eine Hauptfläche einer nicht-intumeszierenden Schicht aufgetragen werden. Geeignete Pastenzusammensetzungen für intumeszierende Schichten werden zum Beispiel in US-Patent Nr. 5,853,675 (Howorth) und 5,207,989 (MacNeil) näher beschrieben. Einige dieser Zusammensetzungen enthalten anorganische Fasern zusätzlich zum intumeszierenden Material. Die Pasten können anfänglich zum Beispiel auf ein Substrat, wie beispielsweise eine Trennschicht oder ein Trennpapier, aufgetragen werden. Das Substrat kann entfernt werden, nachdem die Paste mit der Hauptfläche einer nicht-intumeszierenden Schicht in Kontakt gebracht wurde.

[0127] In anderen mehrschichtigen Matten kann die intumeszierende Schicht durch Sprühen einer geeigneten intumeszierenden Zusammensetzung auf eine Hauptfläche einer nicht-intumeszierenden Schicht gebildet werden. Die Zusammensetzungen können zum Beispiel andere Materialien enthalten, wie beispielsweise anorganische Fasern oder organische Bindemittel. Alternativ kann ein intumeszierendes Material frei von einem Bindemittel auf einen Abschnitt einer Hauptfläche einer nicht-intumeszierenden Schicht aufgetragen werden. Nach dem Auftragen des intumeszierenden Materials kann eine andere nicht-intumeszierende Schicht derart aufgetragen werden, dass die intumeszierende Schicht zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt ist.

[0128] In einem Verfahren zur Herstellung von mehrschichtigen Matten wird eine Lage der ersten nicht-intumeszierenden Schicht bereitgestellt. Eine Lage der intumeszierenden Schicht wird auf einer Fläche der ersten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert. Eine Lage der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht wird derart über der intumeszierenden Lage angeordnet, dass die intumeszierende Lage zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Lagen in Sandwichbauweise eingefügt ist, um eine mehrschichtige Konstruktion zu bilden. Die mehrschichtige Konstruktion kann mehrere intumeszierende Segmente aufweisen. Die mehrschichtige Konstruktion kann so zugeschnitten werden, dass sie eine Größe und eine Form aufweist, die zur Verwendung in einer Umweltschutzvorrichtung geeignet sind. Die mehrschichtige Konstruktion kann so zugeschnitten werden,

dass sie eine rechteckige Form, eine Parallelogrammform, oder eine Form aufweist, die eine Feder und eine Nut aufweist. Zum Beispiel kann die mehrschichtige Konstruktion so zugeschnitten werden, dass sie irgendeine der mehrschichtigen Matten bereitstellt, die in [Fig. 2A](#), [Fig. 2B](#), [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#), 4 oder [Fig. 6](#) dargestellt sind.

[0129] In einem anderen Verfahren zur Herstellung von mehrschichtigen Matten wird eine erste nicht-intumeszierende Schicht mit einer oder mehr Mulden bereitgestellt. Eine Lage von intumeszierender Schicht wird in jeder Mulde positioniert. Eine zweite nicht-intumeszierende Lage, die eine flache Fläche oder eine Mulde aufweist, wird über der intumeszierenden Schicht positioniert, um eine mehrschichtige Konstruktion zu bilden. Die mehrschichtige Konstruktion kann mehrere intumeszierende Segmente aufweisen. Die mehrschichtige Konstruktion kann so zugeschnitten werden, dass sie eine Größe und eine Form aufweist, die zur Verwendung in einer Umweltschutzvorrichtung geeignet sind. Die mehrschichtige Konstruktion kann so zugeschnitten werden, dass sie eine rechteckige Form, eine Parallelogrammform, oder eine Form aufweist, die eine Feder und eine Nut aufweist.

[0130] Die verschiedenen Schichten können einzeln hergestellt und dann miteinander verbunden werden. Die verschiedenen Schichten der mehrschichtigen Matte können unter Verwendung von Vernadelungs- oder Nähwerktechniken miteinander verbunden werden. Einige der mehrschichtigen Matten haben einen Klebstoff, um die nicht-intumeszierende Schicht an die erste intumeszierende Schicht, die zweite intumeszierende Schicht oder eine Kombination davon zu kleben. Jede Schicht kann getrennt hergestellt und dann miteinander verbunden werden. Der Klebstoff kann ein Haftklebstoff oder ein Heißkleber sein. In einigen mehrschichtigen Matten ist der Klebstoff ein Heißkleber, wie zum Beispiel etwa der Klebstoff, der von Bostik-Findley (Stafford, GB) unter der Handelsbezeichnung „PE 105-50“ oder „PE 65-50“ im Handel erhältlich ist.

[0131] In einigen mehrschichtigen Matten, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden werden, kann der Klebstoff auf die Bereiche mindestens einer der nicht-intumeszierenden Schichten, die frei von einer benachbarten intumeszierenden Schicht ist, aufgetragen werden. Zum Beispiel könnte in der mehrschichtigen Matte, die in [Fig. 2A](#) schematisch dargestellt ist, der Klebstoff entlang der Kante **154** und **152** aufgetragen werden.

[0132] Die mehrschichtige Matte kann unter Verwendung eines Papierherstellungsprozesses hergestellt werden. Ein solcher Prozess wird in der US-Patentschrift 2001/0046456 (Langer et al.) beschrieben. Ein erster Schlamm, der anorganische Fasern enthält, kann hergestellt und dann auf einem durchlässigen Substrat abgeschieden werden. Der abgeschiedene erste Schlamm kann teilweise entwässert werden, um eine erste Schicht zu bilden. Eine intumeszierende Zusammensetzung kann auf einen Abschnitt der ersten Schicht aufgetragen werden, um eine zweite Schicht zu bilden. Die intumeszierende Zusammensetzung kann zum Beispiel durch Sprühen, wenn die Zusammensetzung eine Flüssigkeit enthält, oder durch Besprengen, wenn die Zusammensetzung frei von Flüssigkeit ist, aufgetragen werden. Ein zweiter Schlamm, der anorganische Fasern enthält, kann hergestellt und dann über der zweiten Schicht und jeglicher freiliegenden ersten Schicht abgeschieden werden. Der abgeschiedene dritte Schlamm kann wenigstens teilweise entwässert werden, um eine dritte Schicht zu bilden. Nachdem die letzte Schicht aufgetragen wurde, kann die Matte getrocknet werden, um wenigstens einen Teil jeglichen Restwassers zu entfernen. Zum Beispiel kann die Matte durch Durchführen durch Heizwalzen komprimiert und getrocknet werden.

[0133] Solch ein Prozess kann zu einem gewissen Vermischen der Schichten führen. Das Vermischen der Schichten kann für das Auge praktisch unsichtbar sein, oder es kann dermaßen sein, dass sich eine sichtbare Grenz- oder Gradientenschicht zwischen zwei benachbarten Schichten bildet. Bei solch einem Prozess können die Schichten ohne die Verwendung von Klebstoffen, Maschen, Nadeln oder Stapeln miteinander verbunden werden.

[0134] Noch ein anderer Aspekt der Erfindung stellt eine Umweltschutzvorrichtung bereit, die ein äußeres Metallgehäuse, ein Umweltschutzelement und eine mehrschichtige Matte aufweist, die zwischen dem Umweltschutzelement und dem äußeren Metallgehäuse positioniert ist. Die mehrschichtige Matte weist mindestens drei Schichten auf: eine intumeszierende Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche; eine erste nicht-intumeszierende Schicht, die der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt; und eine zweite nicht-intumeszierende Schicht, die der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt. Die intumeszierende Schicht weist einen Bereich A1 auf. Die erste nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A2 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht enthält anorganische Fasern und weist einen Bereich A3 auf, der größer als der Bereich A1 ist. Die intumeszierende Schicht ist zur Gänze innerhalb des Bereichs sowohl der ersten nicht-intumeszierenden Schicht als auch der zweiten nicht-intumes-

zierenden Schicht positioniert.

[0135] Der Bereich A2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht ist im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht. In einigen Beispielen, in welchen der Bereich A2 im Wesentlichen gleich dem Bereich A3 ist, weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Länge L2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Länge im Wesentlichen gleich der Länge L2 auf. Außerdem weist die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Breite W2 auf, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht weist eine Breite im Wesentlichen gleich der Breite W2 auf.

[0136] In vielen Ausführungsformen der mehrschichtigen Matten ist die erste nicht-intumeszierende Schicht mit der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet. Eine der Schichten kann jedoch im Vergleich zur anderen Schicht etwas schräg verlaufen, solange die mehrschichtige Matte wirksam um ein Umweltschutzelement gewickelt werden kann.

[0137] Umweltschutzvorrichtungen sind im Abgassystem von motorisierten Fahrzeugen enthalten, um die Luftverschmutzung zu reduzieren. Ein veranschaulichendes Beispiel einer Umweltschutzvorrichtung in Form eines katalytischen Konverters **10** ist in [Fig. 7](#) dargestellt. Der katalytische Konverter **10** weist im Allgemeinen ein Metallgehäuse **11** auf, das ein Umweltschutzelement **20** umgibt, das auch als katalytisches Konverterelement oder Monolith bezeichnet wird. Das Metallgehäuse **11** weist einen Einlass **12** und einen Auslass **13** auf, durch welche ein Strom von Abgasen in beziehungsweise aus dem katalytischen Konverter **10** strömt. Das Metallgehäuse **11**, das auch als „Can“ oder Ummantelung bezeichnet wird, kann aus einem oder mehr Metallen, Metalllegierungen oder intermetallischen Zusammensetzungen hergestellt sein. Zum Beispiel kann das Metallgehäuse **11** Edelstahl oder Austenitstahl sein.

[0138] Geeignete katalytische Konverterelemente sind auf dem Fachgebiet bekannt und umfassen jene, die aus Metall, Keramik oder anderen Materialien hergestellt sind. Im Handel ist eine Vielfalt von keramischen katalytischen Konverterelementen erhältlich. Zum Beispiel ist ein keramisches katalytisches Honigwaben-Konverterelement unter der Handelsbezeichnung „CELCOR“ von der Corning Inc. (Corning, NY) im Handel erhältlich, und ein anderes ist unter der Handelsbezeichnung „HONEYCERAM“ von der NKG Insulated Ltd. (Nagoya, Japan) im Handel erhältlich. Katalytische Konverterelemente aus Metall sind im Handel von Emitec (Lohmar, Deutschland) erhältlich.

[0139] Ein oder mehr katalytische Materialien können auf das katalytische Konverterelement **20** gemäß herkömmlichen Verfahren aufgetragen sein. Die Katalysatoren, die im katalytischen Konverterelement **20** verwendet werden, sind normalerweise ein oder mehr Metalle (z. B. Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium und Platin) und/oder Metalloxide (z. B. Vanadiumpentoxid und Tintandioxid). Im Allgemeinen wirken diese Katalysatoren, um Abgasschadstoffe, wie beispielsweise Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe zu oxidieren oder anderweitig zu eliminieren. Solche Katalysatoren können auch wirken, um die Menge von Stickstoffoxiden in Motorabgasen zu reduzieren zu helfen.

[0140] Um eine große Menge von Oberflächenbereich bereitzustellen, weist das katalytische Konverterelement **20** im Allgemeinen verhältnismäßig dünne Wände auf. Infolge dieser dünnen Wände kann das katalytische Konverterelement **20** zerbrechlich und bruchanfällig sein. Eine Montagematte oder ein Flächengebilde **30**, das zwischen dem Metallgehäuse **11** und dem katalytischen Konverterelement **20** angeordnet ist, hilft, das zerbrechliche katalytische Konverterelement **20** vor Beschädigung durch Fahrbahnschläge und -erschütterungen zu schützen. Die Montagematte oder das Flächengebilde **30** hilft auch dabei, zu verhindern, dass Abgase zwischen dem katalytischen Konverterelement **20** und dem Metallgehäuse **11** durchtreten.

[0141] [Fig. 8](#) stellt ein repräsentatives Beispiel einer Umweltschutzvorrichtung in Form eines Dieselpartikelfilters **40** dar. Das Dieselpartikelfilter **40** ist ein Wandstromfilter, das eine monolithische Honigwabenstruktur **42** (auch als Monolith oder monolithische Struktur bezeichnet) mit einer Anzahl von Kanälen aufweist. Ein Katalysator kann auf die monolithische Struktur **42** des Dieselpartikelfilters **40** aufgetragen sein. Das Dieselpartikelfilterelement ist oft aus einem Keramikmaterial hergestellt. Solche Dieselpartikelfilterelemente sind im Handel von zahlreichen Quellen erhältlich, welche zum Beispiel die Corning Inc. (Corning, NY) und NGK Intumescent Layer Ltd. (Nagoya, Japan) umfassen. Verwendbare Dieselpartikelfilterelemente werden in Howitt et al., „Cellular Ceramic Diesel Particulate Filter“, Paper No. 810114, SAE Technical Paper Series, 1981, erörtert.

[0142] Das Dieselpartikelfilter **40** weist ein Metallgehäuse **44** mit einem Einlass **46** und einem Auslass **48** auf. Das Metallgehäuse **44** umgibt den Monolith **42**. Eine Montagematte oder ein Flächengebilde **50**, das zwischen dem Monolith **42** und dem Metallgehäuse **44** angeordnet ist, stellt dieselben Vorteile wie die Montagematte **30**

von [Fig. 7](#) bereit.

[0143] Sowohl die katalytischen Konverter- als auch Dieselpartikelfilterelemente sind oft in Form eines Keramikmonoliths. Keramikmonolithe werden oft durch ihre Wanddicke wie die Anzahl von Öffnungen oder Zellen je Quadrat-Inch (cps) beschrieben. In den frühen 1970ern waren Monolithe mit einer Wanddicke von 12 Milli-Inch und einer Zelldichte von 300 cps üblich („12/300 Monolithe“, wobei der Zähler die Dicke der Wand in Milli-Inch bezeichnet und der Nenner die Anzahl von Zellen je Quadrat-Inch bezeichnet). Da die Emissionsgesetze strenger wurden, haben die Wanddicken als eine Art und Weise zur Vergrößerung des geometrischen Oberflächenbereichs zugenommen. Der Standard hat mittlerweile 6/400 Monolithe erreicht. Zur weiteren Verbesserung der Leistung der Umweltschutzvorrichtungen wurden jedoch Monolithe mit noch dünneren Wänden entwickelt, wie beispielsweise 4/400, 4/600, 4/900, 3/600, 3/900 und 2/900. Diese Monolithe sind noch empfindlicher und noch bruchanfälliger.

[0144] Ein Keramikmonolith weist einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der eine Größenordnung kleiner als das Metallgehäuse sein kann, in dem er angeordnet wird. Da in einigen Umweltschutzvorrichtungen der Motor das Umweltschutzelement von etwa 25°C auf eine maximale Betriebstemperatur von etwa 900°C erwärmt, erwärmt sich das Metallgehäuse auf eine Temperatur von etwa 530°C (d. h. die Temperatur des Metallgehäuses ist niedriger, da die Außenfläche des Metallgehäuses Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist). Auch wenn das Metallgehäuse eine geringere Temperaturänderung erfährt als das Umweltschutzelement, führt der höhere Wärmeausdehnungskoeffizient des Metallgehäuses im Vergleich zum Keramikmonolith zu einer größeren Ausdehnung des Metallgehäuses. In einigen Anwendungen nimmt der Spalt zwischen dem Metallgehäuse und dem Keramikmonolith von etwa 4 mm auf etwa 4,3 mm zu. Der Spalt kann in anderen Anwendungen noch größer als dies sein.

[0145] Die mehrschichtigen Matten der Erfindung können in Abhängigkeit von der Zusammensetzung unter einer Vielfalt von Fahr- und Temperaturbedingungen vorteilhaft verwendet werden. Die mehrschichtigen Matten können zur Verwendung mit den meisten bekannten Umweltschutzvorrichtungen für Fahrzeuge geeignet sein.

[0146] Durch Einfügen der intumeszierenden Schicht in Sandwichbauweise zwischen den nicht-intumeszierenden Schichten kann das intumeszierende Material Temperaturen ausgesetzt werden, die zur Ausdehnung genügen, nicht aber Temperaturen, welche die Materialien dauerhaft verändern würden, derart dass die Ausdehnungscharakteristik geändert wird. Vermiculit hat die Tendenz, seine Ausdehnungscharakteristiken zu verlieren, wenn Temperaturen über etwa 700°C ausgesetzt.

[0147] In vielen Umweltschutzvorrichtungen kann der ankommende Gasstrom auf die Montagematte prallen und wenigstens bei einigen Montagematten, die auf dem Fachgebiet bekannt sind, eine gewisse Erosion der Montagematten verursachen. Das intumeszierende Material kann im Zeitablauf von der Matte frei werden, da die Matte erodiert. Wenn die Montagematte in der Nähe der Vorderkante intumeszierendes Material enthält und das intumeszierende Material infolge der Erosion vom Rest der Matte getrennt wird, kann das intumeszierende Material im Monolith der Umweltschutzvorrichtung hängen bleiben. Das hängen gebliebene intumeszierende Material kann den Strom von Gas durch den Monolith reduzieren und den Systemrückstaudruck erhöhen.

[0148] Demnach ist weniger wahrscheinlich, dass eine mehrschichtige Matte, die in dem Bereich frei von intumeszierendem Material ist, der einem Aufprall vom ankommenden Gasstrom ausgesetzt ist, im Zeitablauf ein Eintreten einer Monolithverstopfung aufweist. In einigen Ausführungsformen der mehrschichtigen Matte kann die erste nicht-intumeszierende Schicht die zweite nicht-intumeszierende Schicht entlang mindestens einer Kante der mehrschichtigen Matte berühren, wenn die mehrschichtige Matte unter Druckbeanspruchung ist. Diese Kante, welche frei von intumeszierendem Material ist, kann vorteilhafterweise benachbart zum Ende des Umweltschutzelements positioniert sein, das dem ankommenden Gasstrom ausgesetzt ist (d. h. an der Vorderkante).

[0149] In einigen Umweltschutzvorrichtungen sind mehrfache Umweltschutzelemente in Reihe angeordnet. Für solche Umweltschutzvorrichtungen kann eine mehrschichtige Matte vorteilhafterweise derart aufgebaut sein, dass die erste nicht-intumeszierende Schicht die zweite nicht-intumeszierende Schicht entlang einer ersten Kante und entlang einer zweiten Kante gegenüber der ersten Kante berühren kann. Die mehrschichtige Matte kann derart um das erste Umweltschutzelement gewickelt sein, dass die mehrschichtige Matte in den Regionen, wo Gas in das Umweltschutzelement eintritt (d. h. an der Vorderkante) oder daraus austritt (d. h. an der Hinterkante), frei von intumeszierendem Material ist. Das Vorhandensein einer intumeszenzfreien Kante,

die dort positioniert ist, wo das Gas in die ersten Umweltschutzelemente eintritt, hilft dabei, ein Verstopfen des ersten Umweltschutzelements mit intumeszierendem Material zu minimieren. Das Vorhandensein einer intumeszenzfreien Kante, die dort positioniert ist, wo das Gas aus dem ersten Umweltschutzelement austritt, hilft dabei, ein Verstopfen des zweiten Umweltschutzelements zu minimieren.

[0150] In einigen mehrschichtigen Matten ist die intumeszierende Schicht segmentiert. Die Segmente können zum Beispiel über den Bereichen des Umweltschutzelements mit dem kleinsten Krümmungsradius positioniert sein. Diese Abschnitte des Umweltschutzelements neigen dazu, am stärksten zu sein, und sie neigen dazu, in der Lage zu sein, dem höheren Druck standzuhalten, der von der Ausdehnung des intumeszierenden Materials herrührt. Demnach kann wenigstens in einigen Umweltschutzvorrichtungen die Verwendung einer segmentierten intumeszierenden Schicht ein Reißen der zerbrechlichen monolithischen Struktur im Umweltschutzelement minimieren.

[0151] Die intumeszierende Schicht in den mehrschichtigen Matten der Erfindung weist einen kleineren Bereich als die nicht-intumeszierenden Schichten auf (d. h. der Bereich der nicht-intumeszierenden Schichten ist größer als der Bereich der intumeszierenden Schicht). Wenn sich das intumeszierende Material ausdehnt, kann die mehrschichtige Matte Druck auf den Monolith ausüben. Durch Verkleinern des Bereichs der intumeszierenden Matte kann die Gesamtkraft, die auf den Monolith ausgeübt wird, verringert werden. Dieses Merkmal kann wenigstens in einigen Ausführungsformen die Wahrscheinlichkeit verringern, dass der Monolith im Umweltschutzelement reißt.

[0152] Wenigstens einige der mehrschichtigen Matten weisen einen Montagedruck auf, der niedriger als eine einschichtige Matte aus intumeszierendem Material ist. Demnach sind mehrschichtige Matten unter bestimmten Bedingungen und in bestimmten Anwendungen gegenüber einer einschichtigen Matte aus intumeszierendem Material vorzuziehen, da es weniger wahrscheinlich ist, dass der Monolith infolge eines unannehmbar hohen Montagedrucks bricht.

[0153] Wenigstens einige der mehrschichtigen Matten weisen einen Montagedruck auf, der höher als eine einschichtige Matte aus nicht-intumeszierendem Material ist. Demnach sind die mehrschichtigen Matten unter bestimmten Bedingungen und in bestimmten Anwendungen gegenüber einer einschichtigen Matte aus nicht-intumeszierendem Material vorzuziehen, da der Monolith wirksamer gehalten wird. Das heißt, der Spalt zwischen dem Monolith und dem Gehäuse der Umweltschutzvorrichtung wird mit einigen der mehrschichtigen Matten im Vergleich zu einer einschichtigen nicht-intumeszierenden Matte wirksamer gefüllt.

[0154] Das Vorhergesagte beschreibt die Erfindung in Bezug auf Ausführungsformen, die vom Erfinder vorgesehen wurden und für die eine hilfreiche Beschreibung verfügbar war, dennoch können unwesentliche Modifikationen der Erfindung, die gegenwärtig nicht vorgesehen sind, trotzdem Äquivalente dazu darstellen.

Beispiele

Testverfahren

Befestigungstest unter realen Bedingungen

[0155] Der Befestigungstest unter realen Bedingungen, RCFT (Real Condition Fixture Test), simuliert tatsächliche Betriebsbedingungen, die in einer Umweltschutzvorrichtung mit einem Monolith (z. B. einem katalytischen Konverterelement oder einem Dieselpartikelfilter) anzutreffen sind, der von einer Montagematte umgeben ist. Der Test misst den Druck (d. h. den Montagedruck), der auf die Montagematte ausgeübt wird. Das RCFT-Verfahren wird in Hans Bode, Hrsg., *Material Aspects in Automotive Pollution Control Devices*; Wiley-VCH, S. 206–208 (2002), ausführlich beschrieben.

[0156] Ein 44,45 mm mal 44,45 mm Probestück einer mehrschichtigen Matte wurde zwischen zwei 50,8 mm mal 50,8 mm Edelstahlheizplatten positioniert. Die Montagedichte des mehrschichtigen Probestücks, d. h. wenn es zwischen den Platten montiert war, betrug 0,64 g/cm³. Eine Platte wurde auf eine Temperatur von 900°C erwärmt, und die andere Platte wurde auf 550°C erwärmt, um die Temperaturen zu simulieren, die auf der Monolithseite beziehungsweise der Gehäuseseite der Matte in einer Umweltschutzvorrichtung während der Verwendung auftreten. Gleichzeitig wurde der Zwischenraum oder Spalt zwischen den Platten um einen Wert vergrößert, der aus der Temperatur und den Wärmeausdehnungskoeffizienten der Materialien in einer typischen Umweltschutzvorrichtung vom spezifizierten Typ berechnet wurde. Drei Zyklen wurden an jedem Probestück durchgeführt. Für jeden Zyklus wurde jede Platte auf ihre Spitztemperatur von 900°C oder 550°C

erwärmt, 15 Minuten lang gehalten und dann auf ungefähr Raumtemperatur, z. B. etwa 20°C, abgekühlt.

[0157] Nach der Durchführung der drei RCFT-Zyklen wurden Datenkurven generiert, die den Druck (d. h. den Montagedruck) zwischen den beiden Platten als eine Funktion der Temperatur zeigen. Der Montagedruck bei der Spitztemperatur während der ersten und dritten Zyklen, sowie der Montagedruck bei Raumtemperatur wurden angegeben. Im Allgemeinen wird ein minimaler Montagedruck von etwa 50 kPa benötigt, um den Monolith während der tatsächlichen Verwendung der Umweltschutzvorrichtung zu befestigen.

Volumenschrumpfung (TMA)

[0158] Die Volumenschrumpfung einer Masse von Keramikfasern wurde durch die thermische mechanische Analyse (TMA) unter Verwendung eines Theta Dilatronic II Thermal Analyzer, Modell MFE 715 (erhalten von der Theta Industries, Inc., Port Washington, NY) mit einer Registriervorrichtung bestimmt. Ein Faserprobestück wurde unter Verwendung einer kreisförmigen Stanze mit einem Durchmesser von 11 mm ausgeschnitten und auf einer Platte im Ofen angeordnet. Eine 7-mm-Quarzstange (etwa 35,6 cm lang), die ein 1350-Gramm-Gewicht trug, wurde über dem Probestück angeordnet, und der Ofen wurde geschlossen. Dies entspricht einer Last von etwa 345 kN/m² (50 psi), die dem Probestück auferlegt wurde. Das Probestück mit dem aufgelegten Gewicht wurde für 5 Minuten belassen, um sich zu stabilisieren, bevor es bei einer Rate von 15°C/min auf 1000°C erwärmt wurde. Nachdem der Ofen 1000°C erreicht hatte, wurde der Ofen ausgeschaltet und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das Probestück wurde im Ofen abgekühlt. Die Dicke des Probestücks, die als der Spalt zwischen dem Ende der Stange und der Platte gemessen wurde, wurde sowohl während der Erwärmungs- als auch des Kühlungszyklus auf einer Registriervorrichtung aufgezeichnet. Die prozentuale Schrumpfung wurde aus der Dicke (T1), die bei 750°C während des Erwärmungszyklus aufgezeichnet wurde, und der Dicke (T2), die bei 750°C während des Kühlungszyklus aufgezeichnet wurde, berechnet. Die Volumenschrumpfung wurde als

$$\% \text{ Volumenschrumpfung} = [(T1 - T2)/T1] \times 100$$

berechnet. Der TMA-Test kann für Probestücke mit oder ohne organische Bindematerialien verwendet werden. Organische Materialien brennen üblicherweise bei etwa 500°C ab. Während des Erwärmungszyklus ist die Dicke des Probestücks, die bei 750°C gemessen wird, im Wesentlichen die Dicke der Masse von Fasern mit anorganischen Bindemitteln und Partikeln, falls vorhanden. Wenn das Probestück weiter erwärmt wird, ist jegliche Schrumpfung der Fasern, die bis zu 1000°C eintritt, während des Kühlungszyklus ersichtlich, wenn die Dicke, die bei 750°C gemessen wird, geringer als die Dicke des Probestücks während des Erwärmungszyklus ist.

Beispiel 1

[0159] Eine intumeszierende Schicht wurde zwischen zwei nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt, um eine mehrschichtige Matte zu bilden. Die beiden nicht-intumeszierenden Schichten wurden von der 3M Company (St. Paul, MN) unter der Handelsbezeichnung „INTERAM 900 HT“ Non-Intumescent Insulation Mat erhalten. Die nicht-intumeszierenden Schichten hatten jeweils eine Form, wobei die gegenüberliegenden Enden der Matte mit einer Feder und einer Nut verbunden werden konnten (z. B. ähnlich der Form, die in [Fig. 6](#) dargestellt ist). Diese nicht-intumeszierenden Schichten waren ungefähr 140 mm breit mal 410 mm lang. Jede nicht-intumeszierende Schicht hatte ein Flächengewicht von 1020 g/m² und eine Dicke von etwa 4,1 mm. Die intumeszierende Matte wurde von der 3M Company unter der Handelsbezeichnung „INTERAM 100“ Intumescent Mat Mount erhalten. Die intumeszierende Matte hatte ein Flächengewicht von 1050 g/m² und eine Dicke von etwa 1,7 mm. Obwohl die intumeszierende Schicht ungefähr dieselben Feder- und Nutabmessungen und ungefähr dieselbe Länge wie die nicht-intumeszierenden Schichten aufwies, war die Breite schmaler (115 mm statt 140 mm).

[0160] Eine Hauptfläche jeder der nicht-intumeszierenden Schichten wurde mit einem schäumenden Klebstoff (erhältlich von der 3M Company unter der Handelsbezeichnung „FORM FAST 74 SPRAY ADHESIVE“) besprüht. Die intumeszierende Schicht wurde zwischen die klebstoffbeschichteten intumeszierenden Schichten laminiert. Die intumeszierende Schicht wurde zwischen den nicht-intumeszierenden Schichten ungefähr zentriert, derart dass jede seitliche Kante der intumeszierenden Schicht etwa 12,5 mm von jeder seitlichen Kante der nicht-intumeszierenden Schichten versetzt war. Das heißt, jede seitliche Kante der mehrschichtigen Matte war frei von intumeszierendem Material.

[0161] Nach leichtem Drücken auf das Laminat war die intumeszierende Schicht vollständig in den nicht-intumeszierenden Schichten eingehüllt. Die mehrschichtige Matte wurde in einem Ofen, der auf 85°C eingestellt

war, etwa 5 Minuten lang getrocknet und wies eine Dicke von etwa 7,5 mm auf. Die mehrschichtige Matte wurde unter Verwendung des RCFT bei den Höchsttemperaturen getestet. Die Daten für dieses Probestück sind in Tabelle 1 enthalten.

Vergleichsbeispiel R1

[0162] Das Vergleichsbeispiel R1 ist eine „INTERAM 100“ Intumescent Mat Mount, die von der 3M Company (St. Paul, MN) erhalten wurde. Die Daten für dieses Probestück sind in Tabelle 1 dargestellt.

Vergleichsbeispiel R2

[0163] Das Vergleichsbeispiel R2 ist eine „INTERAM 1100 HT“ Non-intumescent Mat Mount, die von der 3M Company (St. Paul, MN) erhältlich ist. Die Matte enthält kristalline (d. h. polykristalline) Aluminiumoxidfasern. Die Daten für dieses Probestück sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Montagedruck

Beispiel	Anfangsdruck @ RT	Druck 900°C/500°C	
		1. Zyklus	3. Zyklus
1	224 kPa	225 kPa	124 kPa
R1	209 kPa	1202 kPa	570 kPa
R2	221 kPa	56 kPa	54 kPa

Beispiel 2

[0164] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die intumeszierende Schicht so zugeschnitten ist, dass eine seitliche Kante der intumeszierenden Schicht mit einer seitlichen Kante der äußeren nicht-intumeszierenden Matten ausgerichtet ist, und die andere seitliche Kante der intumeszierenden Matte etwa 13 mm von der seitlichen Kante der äußeren nicht-intumeszierenden Matten versetzt ist. Die nicht-intumeszierenden Schichten können entlang der Kante, die frei von intumeszierendem Material ist, miteinander verklebt werden.

Beispiel 3

[0165] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass kein Klebstoff verwendet wird. Stattdessen werden die einzelnen Matten unter Verwendung von Bartnadeln miteinander vernadelt, um eine physikalische Verschlingung von Fasern zwischen den drei Schichten zu bilden. Eine geeignete Vernadelungsvorrichtung ist im Handel unter der Handelsbezeichnung „DILLO“ von Dilo in Deutschland erhältlich, mit Bartnadeln (Foster Needle Company, Inc. (Manitowoc, WI)), die im Handel erhältlich sind. Die mehrschichtige Matte wird so vernadelt, dass sie etwa 10 Nadeleinstiche/cm² vorsieht.

[0166] Die intumeszierende Schicht wird in Sandwichbauweise zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten eingefügt.

Beispiel 4

[0167] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß dem Verfahren von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass ein Acrylklebeband anstelle des schäumenden Klebstoffs verwendet wird. Außerdem wird das Band nur auf den seitlichen Kanten einer der nicht-intumeszierenden Schichten aufgetragen. Ein 12 mm breiter Streifen eines 0,13 mm dicken Acryl-Übertragungsklebebandes (erhältlich unter der Handelsbezeichnung „ADHESIVE TRANSFER TAPE 468“ von der 3M Company (St. Paul, MN)) wurde auf einer Hauptfläche der seitlichen Kanten einer der nicht-intumeszierenden Matten angeordnet. Die intumeszierende Schicht wird zwischen die Klebstreifen auf der ersten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert. Die zweite nicht-intumeszierende Schicht wird derart über der intumeszierenden Schicht positioniert, dass die intumeszierende Schicht zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt ist. Der Klebstoff verbindet die erste nicht-intumeszierende Schicht mit der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht.

Beispiel 5

[0168] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß dem Verfahren von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass anstelle des Sprühklebstoffs Lagen von Bahnen-Heißklebern (erhältlich unter der Handelsbezeichnung „PE 105-50 POLYESTER WEB ADHESIVE“ von der Bostik Findley Inc. (Middleton, MA)) verwendet werden, um die verschiedenen Schichten der mehrschichtigen Matte zu laminieren. Der Klebstoff wird auf den nicht-intumeszierenden Lagen angeordnet und erwärmt, bis geschmolzen (zwischen etwa 110°C und 140°C), und dann wird jede mit leichtem Druck auf die intumeszierende Schicht laminiert. Die intumeszierende Schicht ist zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten in Sandwichbauweise eingefügt.

Beispiel 6

[0169] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß dem Verfahren von Beispiel 5 hergestellt, mit der Ausnahme dass 12 mm breite Streifen des Heißklebers nur entlang jeder seitlichen Kante einer der nicht-intumeszierenden Matten positioniert werden. Nach dem Erwärmen der nicht-intumeszierenden Schicht, um den Klebstoff zu schmelzen, wird die intumeszierende Matte auf der ersten nicht-intumeszierenden Schicht zwischen den Klebestreifen positioniert. Die zweite nicht-intumeszierende Matte wird über der intumeszierenden Matte angeordnet. Die seitlichen Kanten werden leicht gedrückt, um die Matten zusammenzuhalten. Die intumeszierende Schicht ist in Sandwichbauweise zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten eingefügt.

Beispiel 7

[0170] Nicht-intumeszierende Matten werden aus wärmebehandelten Keramikfasern gemäß den Prozeduren hergestellt, die in der PCT Patenschrift Nr. WO 0075496 (Langer) beschrieben sind. Die Keramikfasern weisen eine Zusammensetzung von etwa 50% Aluminiumoxid und etwa 50% Siliciumdioxid auf und sind im Handel unter der Handelsbezeichnung „KAOWOOL HA-BULK“ von Thermal Ceramics (Augusta, GA) erhältlich. Die Fasern werden wärmebehandelt, um eine Volumenschumpfung von 4,5% aufzuweisen, wie durch den TMA-Test bestimmt. Ein ausreichendes Maß von Wärmebehandlung wird durch Erwärmen der Bauschfasern für etwa 3 Minuten bei 1060°C erreicht. Die wärmebehandelten Fasern haben einen mittleren Durchmesser von etwa 3 Mikrometern und eine mittlere Länge von weniger als etwa 10 mm. Wenn unter Verwendung der Röntgenstrahlenbeugung analysiert, wird eine breite Spitze bei einem 2 θ -Winkel von etwa 22,5 Grad unter Verwendung einer Kupfer-K α -Leitung als der Strahlungsquelle erhalten. Die Fasern enthalten kristalline Regionen, aber die kristalline Größe ist nicht groß genug, um zu einer schmalen Beugungsspitze zu führen.

[0171] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 6 unter Verwendung der nicht-intumeszierenden wärmebehandelten Keramikfasermatten hergestellt. Das heißt, die intumeszierende Schicht ist „INTERAM 100“ von der 3M Company. Streifen des Heißklebers (12 mm breit) werden nur entlang jeder seitlichen Kante einer der nicht-intumeszierenden Matten positioniert. Nach dem Erwärmen der nicht-intumeszierenden Schicht, um den Klebstoff zu schmelzen, wird die intumeszierende Matte auf der ersten nicht-intumeszierenden Schicht zwischen den Klebestreifen positioniert. Die zweite nicht-intumeszierenden Matte wird über der intumeszierenden Matte angeordnet. Die seitlichen Kanten werden leicht gedrückt, um die Matten zusammenzuhalten. Die intumeszierende Schicht ist in Sandwichbauweise zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten eingefügt.

Beispiel 8

[0172] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 6 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die nicht-intumeszierenden Matten aus kristallinen (d. h. polykristallinen) Aluminiumoxidfasern gebildet sind. Solche Matten sind unter der Handelsbezeichnung „INTERAM 1100 HT“ Non-intumescent Mat Mount von der 3M Company (St. Paul, MN) im Handel erhältlich.

Beispiel 9

[0173] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die intumeszierende Schicht in Segmente geschnitten wird, welche jeweils 100 mm mal 140 mm breit messen. Zwei Segmente der intumeszierenden Schicht werden derart zwischen den beiden nicht-intumeszierenden Schichten positioniert, dass, wenn die Matte um einen Monolith mit einem elliptischen geformten Querschnitt gewickelt wird, die intumeszierenden Abschnitte über den Abschnitten des Monoliths mit dem kleinsten Krümmungsradius liegen.

Beispiel 10

[0174] Eine Nadelfilzmatte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 3 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die beiden nicht-intumeszierenden Schichten nicht identisch sind. Eine der nicht-intumeszierenden Schichten ist eine kristalline (d. h. polykristalline) Aluminiumoxidfasermatte. Solch eine Matte kann unter der Handelsbezeichnung „MAFTEC MLS-2“ polykristallines Tuch, 800 g/m², von der Mitsubishi Chemical Co. (Tokio, Japan) erhalten werden. Die andere nicht-intumeszierende Schicht wird gemäß der Prozedur hergestellt, die in Beispiel 3 der PCT-Schrift WO 2004/0011785 (Merry) beschrieben ist. Die organische Faser ist ein R-Glas, das von Saint-Gobain Vetrotex erhältlich ist, mit einer typischen Zusammensetzung von 60 Gewichtsprozent SiO₂, 25 Gewichtsprozent Al₂O₃, 9 Gewichtsprozent CaO und 6 Gewichtsprozent MgO. Die R-Glasfasern haben einen Durchmesser von etwa 10 Mikrometern und eine Länge von etwa 36 mm. Die nicht-intumeszierende R-Glasschicht wird unter Verwendung einer Maschine hergestellt, die im Handel von der Rando Machine Corp. (Macedon, NY) unter der Handelsbezeichnung „RANDO WEBGER“ erhältlich ist. Die nicht-intumeszierende Schicht wird nadelgefilzt.

Beispiel 11

[0175] Eine mehrschichtige Matte wird gemäß der Prozedur von Beispiel 1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die intumeszierende Schicht eine Matte ist, die aus Keramikfasern hergestellt ist, welche die europäischen Bestimmungen für nicht klassifizierte Fasern erfüllen. Solch eine Matte ist unter der Handelsbezeichnung „INPE 570“ Mat Mount von der 3M Company (St. Paul, MN) erhältlich. Die intumeszierende Matte hat ein Flächengewicht von 1050 g/m² und eine Dicke von etwa 1,7 mm.

Beispiel 12

[0176] Eine mehrschichtige Matte wird durch Besprühen einer nicht-intumeszierenden Schicht von „INTERAM 1100 HT“ Mat Mount von der 3M Company (St. Paul, MN) mit einem Sprühklebstoff „FORM FAST 74 SPRAY ADHESIVE“ von der 3M Company hergestellt. Partikel von ungeschäumtem Vermiculit, die von der Comets Inc. (New York, NY) erhältlich sind, werden auf die Mitte der Matte bis zu etwa 12 mm von den seitlichen Kanten der Matte gesprenkelt. Die Partikel werden zufällig verteilt und lassen Zwischenräume zwischen den meisten der Partikeln. Eine zweite intumeszierende Schicht von „INTERAM 1100 HT“ Mat Mount wird leicht auf die Oberseite der Partikel gedrückt.

[0177] Für Fachleute sind bei Betrachtung dieser Spezifikation oder aus der Durchführung der hierin offenbarten Erfindung andere Ausführungsformen dieser Erfindung zu erkennen. Es können verschiedene Weglassungen, Modifikationen und Änderungen an den hierin beschriebenen Prinzipien und Ausführungsformen vom Fachmann durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Mehrschichtige Matte, aufweisend:

eine intumeszierende Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche, wobei die intumeszierende Schicht einen Bereich A1 aufweist;
 eine erste nicht-intumeszierende Schicht, die der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht anorganische Fasern aufweist und die erste nicht-intumeszierende Schicht einen Bereich A2 aufweist, der größer als der Bereich A1 ist; und
 eine zweite nicht-intumeszierende Schicht, die der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht gegenüberliegt, wobei die zweite nicht-intumeszierende Schicht anorganische Fasern aufweist und die zweite nicht-intumeszierende Schicht einen Bereich A3 aufweist, der größer als der Bereich A1 ist;
 wobei die intumeszierende Schicht zur Gänze innerhalb des Bereichs A2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und des Bereichs A3 der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert ist.

2. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 1, wobei die intumeszierende Schicht in mindestens zwei Segmente geteilt ist, die voneinander getrennt sind.

3. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 1, wobei die intumeszierende Schicht eine Dicke aufweist, die 5 bis 25 Prozent einer gesamten Mattendicke beträgt.

4. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 1, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht eine erste Mulde in einer Seite gegenüber der intumeszierenden Schicht aufweist und die intumeszierende Schicht in der Mulde

positioniert ist.

5. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 4, wobei die zweite nicht-intumeszierende Schicht eine zweite Mulde auf einer Seite gegenüber der intumeszierenden Schicht aufweist, die zweite Mulde mit der ersten Mulde ausgerichtet ist und die intumeszierende Schicht in der ersten und zweiten Mulde positioniert ist.

6. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 1, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Länge L2 aufweist, die zweite nicht-intumeszierende Schicht eine Länge im Wesentlichen gleich der Länge L2 aufweist, die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Breite W2 aufweist, die zweite nicht-intumeszierende Schicht eine Breite im Wesentlichen gleich der Breite W2 aufweist, die intumeszierende Schicht eine Breite W1 aufweist, die kleiner als W2 ist, die intumeszierende Schicht eine Länge L1 aufweist, die im Wesentlichen gleich L2 ist, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht die erste nicht-intumeszierende Schicht entlang mindestens einer Kante der mehrschichtigen Matte berührt.

7. Mehrschichtige Matte nach Anspruch 1, wobei sowohl die erste nicht-intumeszierende Schicht als auch die zweite nicht-intumeszierende Schicht jeweils eine flache Fläche gegenüber der intumeszierenden Schicht aufweisen.

8. Umweltschutzvorrichtung, aufweisend:

ein äußeres Gehäuse;

ein Umweltschutzelement; und

eine mehrschichtige Montagematte nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Montagematte zwischen dem Umweltschutzelement und dem äußeren Gehäuse positioniert ist.

9. Umweltschutzvorrichtung nach Anspruch 8, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht die zweite nicht-intumeszierende Schicht entlang mindestens einer Kante der Matte berührt und die mindestens eine Kante an einer Gaseinlassseite der Umweltschutzvorrichtung positioniert ist.

10. Umweltschutzvorrichtung nach Anspruch 8, wobei die intumeszierende Schicht in mindestens zwei Segmente geteilt ist, die voneinander getrennt sind, das Umweltschutzelement einen elliptischen Querschnitt aufweist und die Segmente der intumeszierenden Schicht über Abschnitten des Umweltschutzelements mit einem kleineren Krümmungsradius positioniert sind.

11. Verfahren zur Bildung einer mehrschichtigen Matte, wobei das Verfahren aufweist:

Bereitstellen einer intumeszierenden Schicht mit einer ersten Hauptfläche und einer zweiten Hauptfläche gegenüber der ersten Hauptfläche, wobei die intumeszierende Schicht einen Bereich A1 aufweist;

Positionieren einer ersten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der ersten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht anorganische Fasern aufweist und einen Bereich A2 aufweist, der größer als der Bereich A1 ist; und

Positionieren einer zweiten nicht-intumeszierenden Schicht gegenüber der zweiten Hauptfläche der intumeszierenden Schicht, wobei die zweite nicht-intumeszierende Schicht mit der ersten nicht-intumeszierenden Schicht ausgerichtet ist und anorganische Fasern aufweist, und die zweite nicht-intumeszierende Schicht einen Bereich A3 aufweist, der größer als der Bereich A1 ist,

wobei die intumeszierende Schicht zur Gänze innerhalb des Bereichs A2 der ersten nicht-intumeszierenden Schicht und des Bereichs A3 der zweiten nicht-intumeszierenden Schicht positioniert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Bilden ein Formen aufweist, um eine erste nicht-intumeszierende Schicht mit einer Mulde auf einer Seite gegenüber der intumeszierenden Schicht herzustellen.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die mehrschichtige Matte entlang mindestens einer Kante der mehrschichtigen Matte frei von intumeszierendem Material ist.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Positionieren ein Herstellen einer intumeszierenden Schicht mit mindestens zwei Segmenten und ein Trennen der Segmente aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Länge L2 aufweist, die zweite nicht-intumeszierende Schicht eine Länge im Wesentlichen gleich der Länge L2 aufweist, die erste nicht-intumeszierende Schicht eine Breite W2 aufweist, die zweite nicht-intumeszierende Schicht eine Breite im Wesentlichen gleich der Breite W2 aufweist, die intumeszierende Schicht eine Breite W1 aufweist, die kleiner als W2 ist, die intumeszierende Schicht eine Länge L1 aufweist, die im Wesentlichen gleich L2 ist, und die

mehrschichtige Matte entlang mindestens einer Kante der mehrschichtigen Matte frei von intumeszierendem Material ist.

16. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Verfahren ferner ein Zuschneiden der mehrschichtigen Matte auf eine Größe aufweist, die zur Verwendung als eine Montagematte in einer Umweltschutzvorrichtung geeignet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

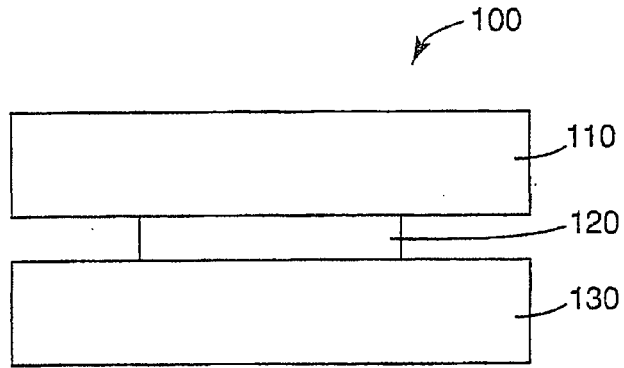


Fig. 1

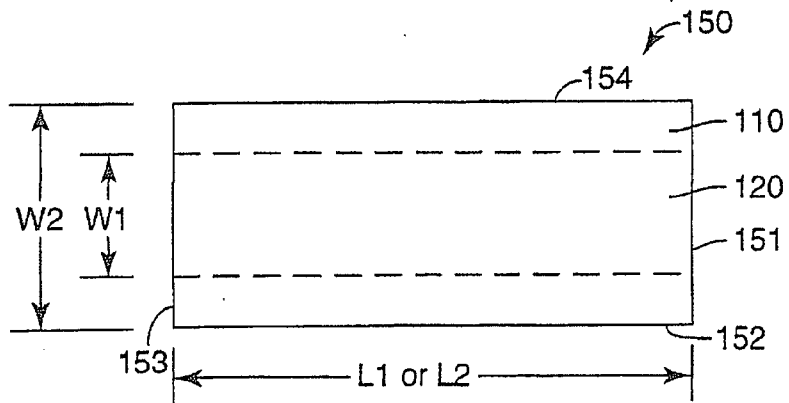


Fig. 2A

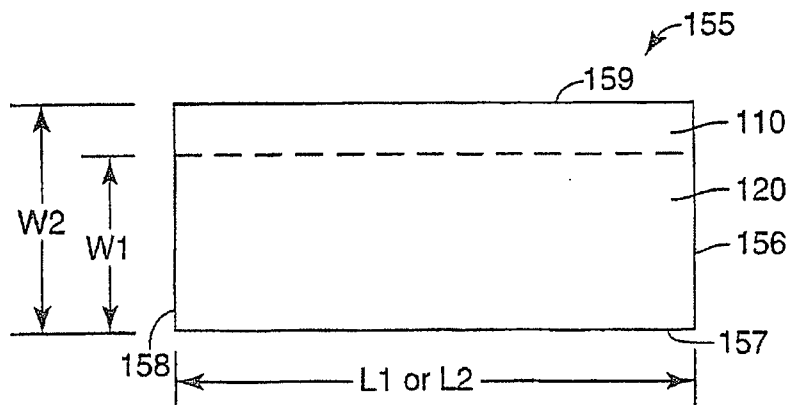


Fig. 2B

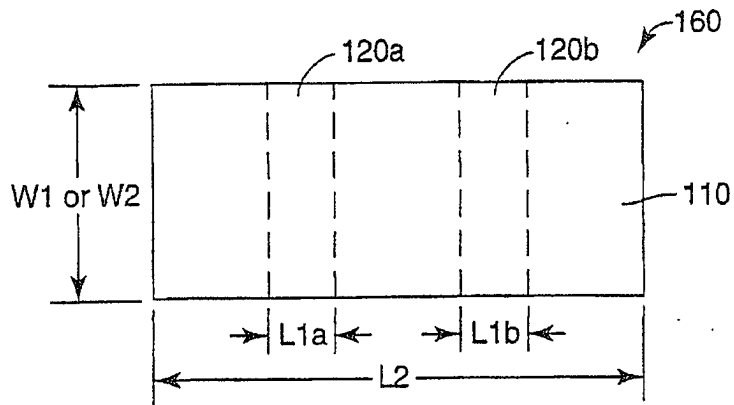


Fig. 3A

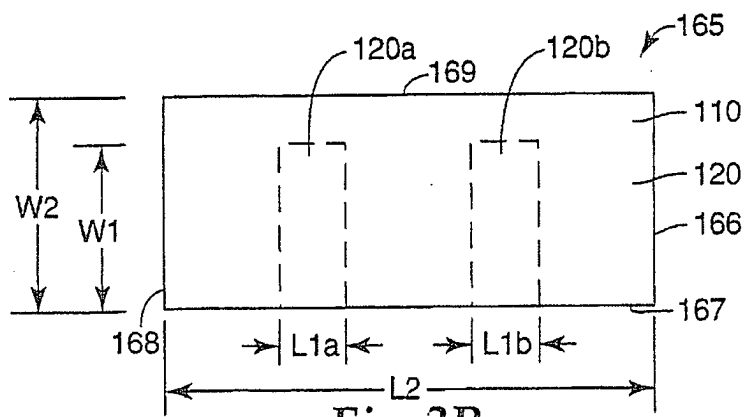


Fig. 3B

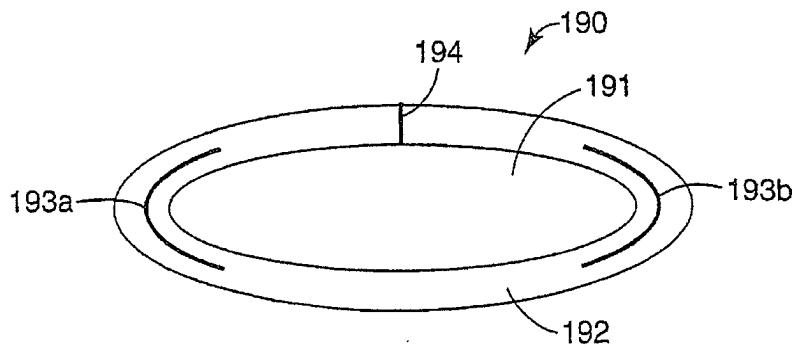


Fig. 3C

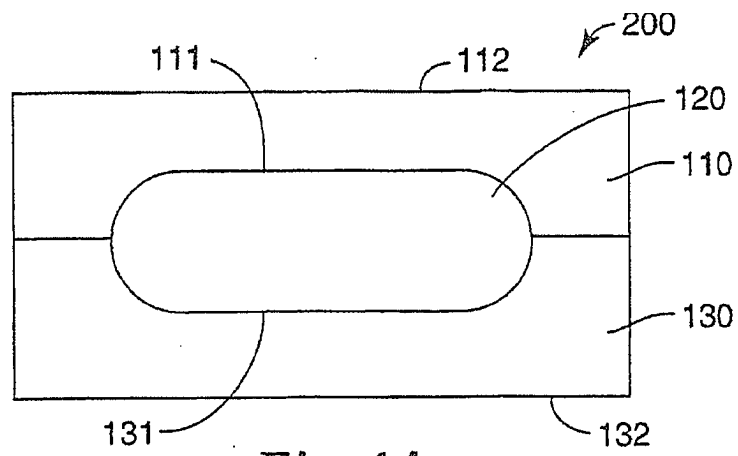


Fig. 4A

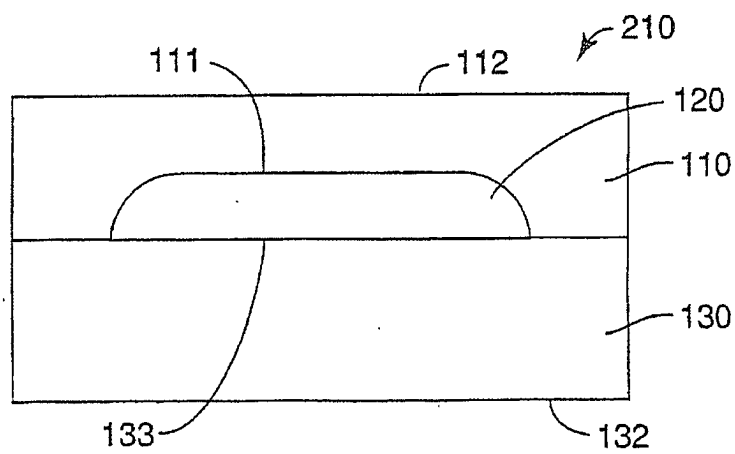


Fig. 4B

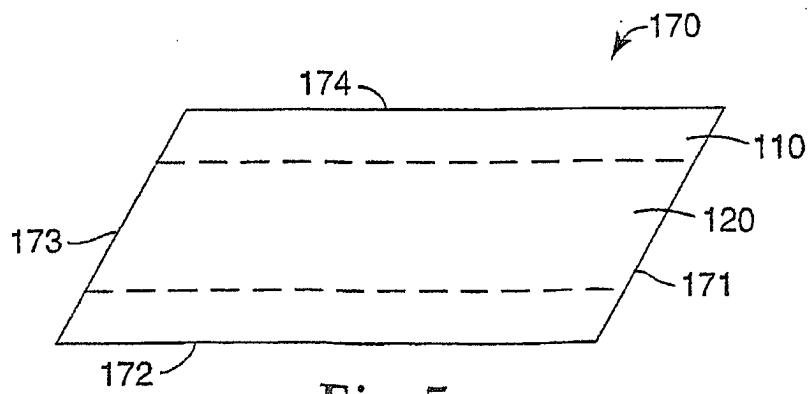


Fig. 5

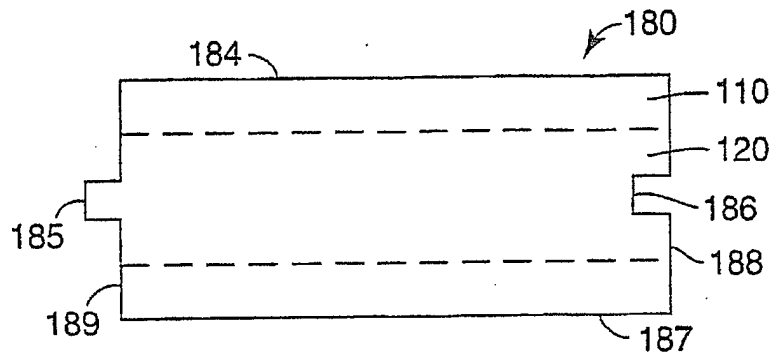


Fig. 6

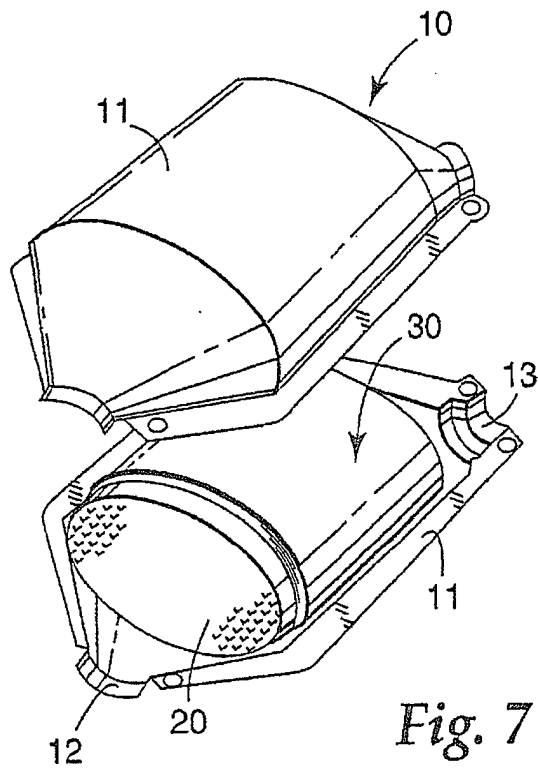


Fig. 7

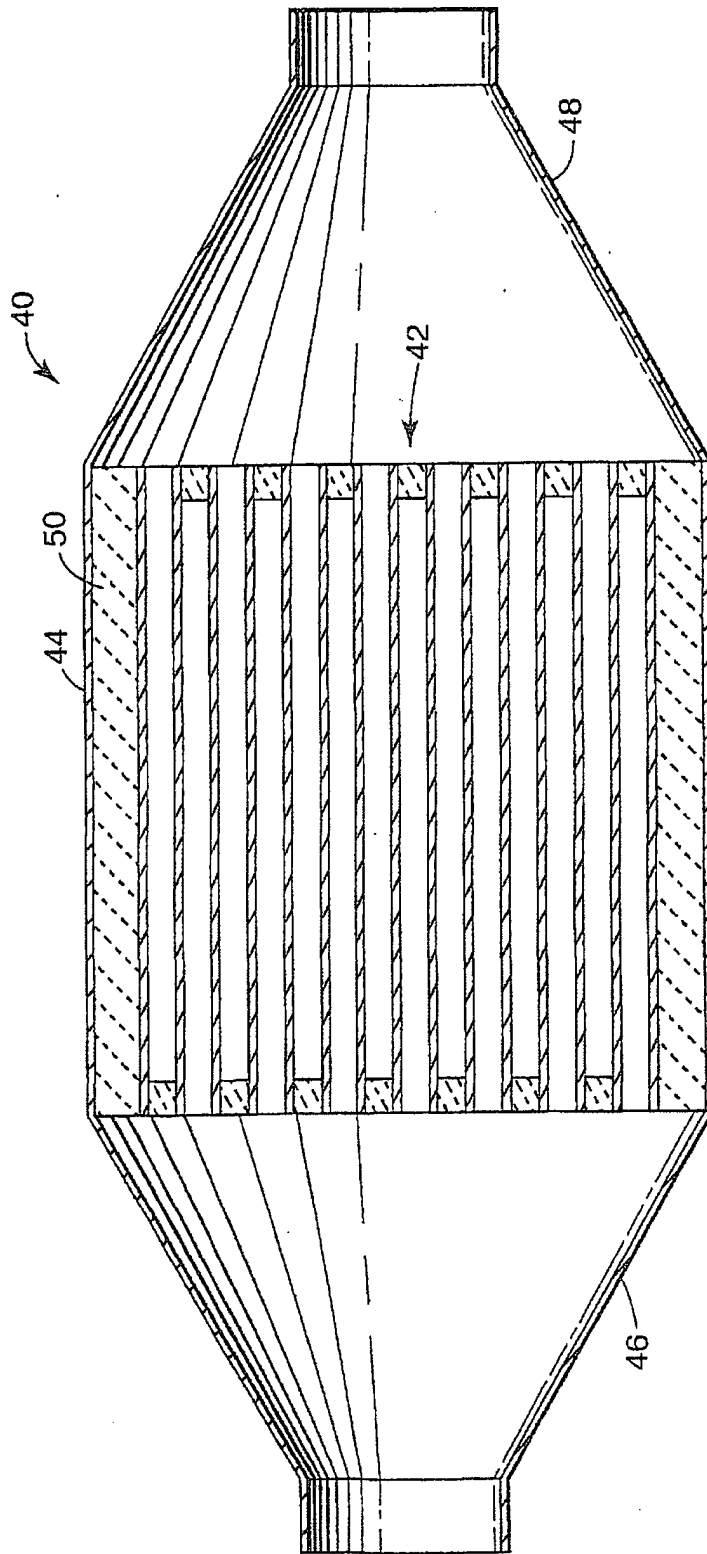


Fig. 8