



(10) **DE 11 2018 005 226 T5** 2020.06.18

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/070819**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 005 226.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2018/054117**

(86) PCT-Anmeldetag: **03.10.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.04.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **18.06.2020**

(51) Int Cl.: **C08L 63/00 (2006.01)**

C08L 77/00 (2006.01)

C09K 3/10 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
62/569,100 **06.10.2017** **US**

(71) Anmelder:
**3M Innovative Properties Company, Saint Paul,
Minn., US**

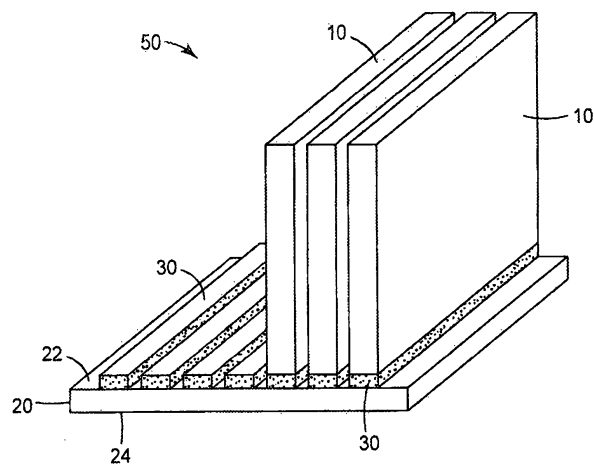
(74) Vertreter:
**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

(72) Erfinder:
**Yao, Li, Saint Paul, MN, US; Kalgutkar, Rajdeep S.,
Saint Paul, MN, US; Perez, Mario A., Saint Paul,
MN, US; Higgins, Jeremy M., Saint Paul, MN, US;
Kim, Taesung, Saint Paul, MN, US; Beiermann,
Brett A., Saint Paul, MN, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HÄRTBARE ZUSAMMENSETZUNGEN, GEGENSTÄNDE DARAUS UND VERFAHREN ZU DEREN
HERSTELLUNG UND VERWENDUNG**

(57) Zusammenfassung: Eine härtbare Zusammensetzung beinhaltet eine Polyamidzusammensetzung, umfassend ein Polyamid. Das Polyamid umfasst ein tertiäres Amid im Gerüst davon und weist eine endständige Amingruppe auf. Die härtbare Zusammensetzung umfasst auch eine Epoxyzusammensetzung, die ein Epoxyharz beinhaltet.



Beschreibung

FACHGEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen härtbare Zusammensetzungen, die eine Epoxyzusammensetzung und eine Polyamidzusammensetzung beinhalten. Die härtbaren Zusammensetzungen können zum Beispiel als thermisch leitende Füllstoffe für Lücken verwendet werden, die zur Verwendung bei elektronischen Anwendungen, wie Batterieanordnungen, geeignet sein können.

HINTERGRUND

[0002] Härtbare Zusammensetzungen, basierend auf Epoxy- oder Polyamidharzen wurden auf dem Fachgebiet offenbart. Solche härtbaren Zusammensetzungen sind zum Beispiel im U.S.-Patent 2,705,223 und U.S.-Patent 6,008,313 beschrieben.

ZUSAMMENFASSUNG

[0003] In einigen Ausführungsformen wird eine härtbare Zusammensetzung bereitgestellt. Die härtbare Zusammensetzung beinhaltet eine Polyamidzusammensetzung, die ein Polyamid umfasst. Das Polyamid umfasst ein tertiäres Amid im Gerüst davon und weist ein endständiges Amin auf. Die härtbare Zusammensetzung beinhaltet auch eine Epoxyzusammensetzung, die ein Epoxyharz beinhaltet.

[0004] In einigen Ausführungsformen wird eine härtbare Zusammensetzung bereitgestellt. Die härtbare Zusammensetzung beinhaltet eine Polyamidzusammensetzung, die einen ersten Polyamidbestandteil und einen zweiten Polyamidbestandteil beinhaltet. Der erste Polyamidbestandteil umfasst das Reaktionsprodukt einer Disäure und eines Diamins. Das Diamin umfasst ein sekundäres Diamin oder ein sekundäres/primäres Hybriddiamin. Der erste Polyamidbestandteil umfasst ein tertiäres Amid im Gerüst davon und weist ein endständiges Amin auf. Die härtbare Zusammensetzung beinhaltet auch eine Epoxyzusammensetzung, die ein Epoxyharz umfasst.

[0005] In einigen Ausführungsformen wird eine härtbare Zusammensetzung bereitgestellt. Die härtbare Zusammensetzung beinhaltet ein Polyamid, ein Epoxyharz und einen anorganischen Füllstoff. Der anorganische Füllstoff ist in der härtbaren Zusammensetzung in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das Gesamtvolumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden. Die härtbare Zusammensetzung stellt nach Härten (i) eine Reißdehnung von mehr als 5,5 %, und (ii) eine Überlappungsscherfestigkeit von 5 - 20 N/mm² bereit.

[0006] Wie hier verwendet:

Bezieht sich der Begriff „Raumtemperatur“ auf eine Temperatur von 22°C bis 25°C.

[0007] Beziehen sich die Begriffe „härten“ und „härtbar“ auf die Verbindung von Polymerketten miteinander mit kovalenten chemischen Bindungen, üblicherweise durch Vernetzen von Molekülen oder Gruppen, um ein Netzwerkpolymer zu bilden. Daher können in dieser Offenbarung die Begriffe „gehärtet“ und „vernetzt“ austauschbar verwendet werden. Ein gehärtetes oder vernetztes Polymer ist im Allgemeinen durch Unlöslichkeit gekennzeichnet, kann aber in Gegenwart eines geeigneten Lösungsmittels quellbar sein.

[0008] Der Begriff „Gerüst“ bezieht sich auf die kontinuierliche Hauptkette eines Polymers.

[0009] Der Begriff „aliphatisch“ bezieht sich auf C1-C40, geeigneterweise C1-C30, gerad- oder verzweigtketiges Alkenyl, Alkyl oder Alkynyl, das durch ein oder mehrere Heteroatome, wie O, N oder S, unterbrochen oder mit ihnen substituiert sein kann oder nicht.

[0010] Der Begriff „cycloaliphatisch“ bezieht sich auf cyclisierte aliphatische C3-C30, geeigneterweise C3-C20, Gruppen und schließt jene ein, die durch ein oder mehrere Heteroatome, wie O, N oder S, unterbrochen sind.

[0011] Der Begriff „Alkyl“ bezieht sich auf einen einwertigen Rest, der ein Rest eines Alkans ist und schließt geradkettige, verzweigte, cyclische und bicyclische Alkylreste und Kombinationen davon, einschließlich sowohl unsubstituierte als auch substituierte Alkylreste, ein. Wenn nicht anders angegeben, enthalten die Alkylreste typischerweise 1 bis 30 Kohlenstoffatome. In einigen Ausführungsformen enthalten die Alkylreste 1 bis 20

Kohlenstoffatome, 1 bis 10 Kohlenstoffatome, 1 bis 6 Kohlenstoffatome, 1 bis 4 Kohlenstoffatome oder 1 bis 3 Kohlenstoffatome. Beispiele der „Alkyl“-Reste schließen ein, sind aber nicht beschränkt auf Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, n-Pentyl, Isobutyl, t-Butyl, Isopropyl, n-Octyl, n-Heptyl, Ethylhexyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Adamantyl, Norbornyl und dgl.

[0012] Der Begriff „Alkylen“ bezieht sich auf einen zweiwertigen Rest, der ein Rest eines Alkans ist, und schließt Gruppen ein, die linear, verzweigt, cyclisch, bicyclisch oder eine Kombination davon sind. Wenn nicht anders angegeben, weist der Alkylenrest typischerweise 1 bis 30 Kohlenstoffatome auf. In einigen Ausführungsformen weist der Alkylenrest 1 bis 20 Kohlenstoffatome, 1 bis 10 Kohlenstoffatome, 1 bis 6 Kohlenstoffatome oder 1 bis 4 Kohlenstoffatome auf. Beispiele der „Alkylen“-Reste schließen Methylen, Ethylen, 1,3-Propylen, 1,2-Propylen, 1,4-Butylen, 1,4-Cyclohexylen und 1,4-Cyclohexyldimethylen ein.

[0013] Der Begriff „aromatisch“ bezieht sich auf C3-C40, geeigneterweise C3-C30, aromatische Reste, einschließlich sowohl carbocyclische aromatische Reste als auch heterocyclische aromatische Reste, die ein oder mehrere Heteroatome O, N oder S, enthalten, und kondensierte Ringsysteme, die einen oder mehrere dieser aromatischen Reste aneinander kondensiert enthalten.

[0014] Der Begriff „Aryl“ bezieht sich auf einen einwertigen Rest, der aromatisch und gegebenenfalls carbocyclisch ist. Das Aryl weist mindestens einen aromatischen Ring auf. Jegliche zusätzliche Ringe können ungesättigt, teilweise gesättigt, gesättigt oder aromatisch sein. Gegebenenfalls kann der aromatische Ring ein oder mehrere zusätzliche carbocyclische Ringe aufweisen, die an den aromatischen Ring kondensiert sind. Wenn nicht anders angegeben, enthalten die Arylreste typischerweise 6 bis 30 Kohlenstoffatome. In einigen Ausführungsformen enthalten die Arylreste 6 bis 20, 6 bis 18, 6 bis 16, 6 bis 12 oder 6 bis 10 Kohlenstoffatome. Beispiele des Arylrests schließen Phenyl, Naphthyl, Biphenyl, Phenanthryl und Anthracyl ein.

[0015] Der Begriff „Arylen“ bezieht sich auf einen zweiwertigen Rest, der aromatisch und gegebenenfalls carbocyclisch ist. Das Arylen weist mindestens einen aromatischen Ring auf. Gegebenenfalls kann der aromatische Ring einen oder mehrere zusätzliche carbocyclische Ringe aufweisen, die an den aromatischen Ring kondensiert sind. Jegliche zusätzliche Ringe können ungesättigt, teilweise gesättigt oder gesättigt sein. Wenn nicht anders festgelegt, weisen die Arylenreste häufig 6 bis 20 Kohlenstoffatome, 6 bis 18 Kohlenstoffatome, 6 bis 16 Kohlenstoffatome, 6 bis 12 Kohlenstoffatome oder 6 bis 10 Kohlenstoffatome auf.

[0016] Der Begriff „Aralkyl“ bezieht sich auf einen einwertigen Rest, der ein Alkylrest, substituiert mit einem Arylrest ist (z.B. wie bei einer Benzylgruppe). Der Begriff „Alkaryl“ bezieht sich auf einen einwertigen Rest, der ein Aryl, substituiert mit einem Alkylrest, ist (z.B. wie bei einer Tolygruppe). Wenn nicht anders angegeben, weist für beide Reste der Alkylteil häufig 1 bis 10 Kohlenstoffatome, 1 bis 6 Kohlenstoffatome oder 1 bis 4 Kohlenstoffatome auf und ein Arylteil weist häufig 6 bis 20 Kohlenstoffatome, 6 bis 18 Kohlenstoffatome, 6 bis 16 Kohlenstoffatome, 6 bis 12 Kohlenstoffatome oder 6 bis 10 Kohlenstoffatome auf.

[0017] Die wiederholte Verwendung von Bezugszeichen in der Beschreibung soll gleiche oder analoge Merkmale oder Elemente der Offenbarung darstellen. Wie hier verwendet, schließt der Begriff „zwischen“, wie für numerische Bereiche verwendet, die Endpunkte der Bereiche ein, wenn nicht anders festgelegt. Das Zitieren der numerischen Bereiche durch die Endpunkte schließt alle Zahlen in dem Bereich (z.B. 1 bis 5 schließt 1, 1, 5, 2, 2,75, 3, 3,80, 4 und 5 ein) und jeden Bereich in dem Bereich ein.

[0018] Es ist zu verstehen, dass zahlreiche andere Abwandlungen und Ausführungsformen durch den Fachmann formuliert werden können, die im Bereich und Sinn der Grundlagen der Offenbarung liegen. Alle wissenschaftlichen und technischen Begriffe, die hier verwendet werden, weisen, wenn nicht anders angegeben, die allgemein auf dem Fachgebiet verwendeten Bedeutungen auf. Die hier angegebenen Definitionen dienen zur Erleichterung des Verständnisses von bestimmten hier häufig verwendeten Begriffen und sind nicht als Einschränkung des Bereichs der vorliegenden Offenbarung gedacht. Wie in dieser Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen verwendet, schließen die Einzahlformen „ein“, „einer/eine“ und „der/die/das“ Ausführungsformen mit mehreren Bezugnahmen ein, wenn es der Zusammenhang nicht anders deutlich vorschreibt. Wie in dieser Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen verwendet, wird der Begriff „oder“ im Allgemeinen in seinem Sinn verwendet, dass er „und/oder“ einschließt, wenn es der Zusammenhang nicht anders deutlich vorschreibt.

Figurenliste

Fig. 1 veranschaulicht die Anordnung eines beispielhaften Batteriemoduls gemäß einigen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung.

Fig. 2 veranschaulicht das angeordnete Batteriemodul entsprechend **Fig. 1**.

Fig. 3 veranschaulicht die Anordnung einer beispielhaften Batterieuntereinheit gemäß einiger Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0019] Das Wärmemanagement spielt bei vielen elektronischen Anwendungen, wie zum Beispiel eine Batterieanordnung eines Elektrofahrzeugs (EV), Leistungselektronik, Electronic Packaging, LED, Solarzellen, Stromnetz und dgl., eine wichtige Rolle. Bestimmte thermisch leitende Materialien (z.B. Klebstoffe) können durch gute elektrische Isolationseigenschaften, Machbarkeit bei Verarbeitung für integrierte Teile oder komplexe Geometrien und gutes Formanpassungsvermögen/Benetzbarekeit an verschiedenen Oberflächen, insbesondere der Fähigkeit, Wärme effizient abzuleiten, während sie eine gute Haftung an verschiedenen Substraten für die Anordnung aufweisen, eine reizvolle Option für diese Anwendungen darstellen.

[0020] In Bezug auf Anwendungen in EV Batterieanordnungen ist gegenwärtig eine solche Anwendung, die ein thermisch leitendes Material verwendet, die Anwendung als Lückenfüller. Im Allgemeinen schließen die Anforderungen für das Anwenden als Lückenfüller hohe thermische Leitfähigkeit, gute Überlappungsscherhaftfestigkeit, gute Zugfestigkeit, gute Reißdehnung für Zähigkeit und gute Dämpfungseigenschaft zusätzlich dazu, dass sie vor Härten geringe Viskosität aufweisen, ein. Jedoch wird zum Erreichen hoher thermischer Leitfähigkeit typischerweise eine große Menge an anorganischem thermisch leitenden Füllstoff zu der Zusammensetzung gegeben. Die hohe Beladung mit thermisch leitenden Füllstoffen wirkt sich jedoch negativ auf die Hafteigenschaft, Zähigkeit, Dämpfungseigenschaft und Viskosität aus.

[0021] Viele Zusammensetzungen, die gegenwärtig in der Anwendung als EV thermisch haftenden Lückenfüller verwendet werden, basieren auf der Härtungschemie bei Polyurethanen. Während diese Substanzen auf Polyurethanbasis Eigenschaften zeigen können, die sie für die Verwendung als Lückenfüller geeignet machen, bringen die Isocyanate, die in solchen Produkten verwendet werden, Bedenken in Bezug auf Sicherheit, sowie geringe Stabilität bei erhöhten Temperaturen mit sich.

[0022] Um die vorstehend erörterten Probleme zu lösen, die mit großen Beladungen an anorganisch thermisch leitendem Füllstoff und den mit Zusammensetzungen auf Polyurethanbasis verbundenen Sicherheitsbedenken verbunden sind, wurde eine härtbare Zusammensetzung gefunden, die eine gute Ausgewogenheit der gewünschten Eigenschaften bereitstellt, die eine Epoxyzusammensetzung und eine Polyamidzusammensetzung beinhaltet, wobei die Polyamidzusammensetzung ein Polyamid mit einem oder mehreren tertiären Amiden im Gerüst davon beinhaltet. Die Polyamide dieser härtbaren Zusammensetzung können verzweigt sein, amorph sein und eine Wasserstoffbindung fördern, die die Haftung in Gegenwart einer großen Füllstoffbeladung verbessern kann. Die einzigartige Kombination der Polyamide der vorliegenden Offenbarung weist Vorteile gegenüber Polyurethan für diese Anwendungen auf, zumindest da (i) sie Isocyanat-freie Zusammensetzungen sind, die mit Umweltvorschriften konform sind, (ii) sie bessere Verträglichkeit mit verschiedenen thermisch leitenden Füllstoffen bereitstellen, (iii) sie bessere Haftung an Aluminium- und Stahlsubstraten bereitstellen.

[0023] In einigen Ausführungsformen stellt die vorliegende Offenbarung eine thermische leitende härtbare Zusammensetzung mit hoher Füllstoffbeladung bereit, die durch Mischen einer Polyamidzusammensetzung und einer Epoxyzusammensetzung formuliert wird, die außerordentliche Zugfestigkeit, Reißdehnung und Überlappungsscherfestigkeit, sowie außerordentliche Haftung an bloßem Aluminium- und Stahlsubstraten aufweist. Bei einigen Ausführungsformen können die Polyamide der vorliegenden Offenbarung tertiäre Amide im Gerüst enthalten, die evtl. die Reißdehnung bei Raumtemperatur verbessern, indem sie die Volumendichte der Wasserstoffbindung und Vernetzung verringern und Kettenbiegsamkeit bereitstellen können, während gute Haftung an metallische Substrate aufrechterhalten wird. In einigen Ausführungsform können zum Verringern der Viskosität, wenn hohe Füllstoffbeladungen verwendet werden, die Struktur und das Molekulargewicht der Polyamide ebenfalls angepasst werden. Mit Polyamid verträgliche Dispergiermittel können ebenfalls zugegeben werden, um die Viskosität der Verbindung weiter zu verringern.

[0024] Bei einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung eine Epoxyzusammensetzung und eine Polyamidzusammensetzung beinhalten, wobei die Polyamid-

zusammensetzung ein oder mehrere Polyamide beinhaltet, die ein oder mehrere tertiäre Amide im Gerüst davon aufweisen.

[0025] Bei einer Ausführungsform können die Epoxyzusammensetzungen ein oder mehrere Epoxyharze beinhalten. Geeignete Epoxyharz-Epoxide können aromatische Polyepoxidharze (z.B. ein kettenverlängertes Diepoxid oder Novolakepoxyharz mit mindestens zwei Epoxidgruppen), aromatische monomere Diepoxide, aliphatisches Polyepoxid oder monomere Diepoxide einschließen. Ein vernetzbares Epoxyharz weist typischerweise mindestens zwei Epoxyendgruppen auf. Das aromatische Polyepoxid oder aromatische monomere Diepoxid enthält typischerweise mindestens einen (in einigen Ausführungsformen mindestens 2, in einigen Ausführungsformen in einem Bereich von 1 bis 4) aromatischen Ring, der gegebenenfalls mit einem Halogen (z.B. Fluor, Chlor, Brom, Iod), Alkyl mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen (z.B. Methyl oder Ethyl) oder Hydroxyalkyl mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen (z.B. Hydroxymethyl) substituiert ist. Für Epoxyharze, die zwei oder mehrere aromatische Ringe enthalten, können die Ringe zum Beispiel durch einen verzweigten oder geradkettigen Alkylrest mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, der gegebenenfalls mit Halogen (z.B. Fluor, Chlor, Brom, Iod) substituiert sein kann, verbunden sein.

[0026] Bei einigen Ausführungsformen können Beispiele der aromatischen Epoxyharze, die in den hier offenbarten Epoxyzusammensetzungen geeignet sind, Novolakepoxyharze (z.B. Phenolnovolake, ortho-, meta- oder para-Cresolnovolake oder Kombinationen davon), Bisphenolepoxyharze (z.B. Bisphenol A, Bisphenol F, halogenierte Bisphenolepoxide und Kombinationen davon), Resorcinepoxyharze, Tetrakisphenylethan-Epoxyharze und Kombinationen von jedem davon einschließen. Geeignete Epoxyverbindungen schließen Diglycidylether von difunktionellen phenolischen Verbindungen (z.B. p,p'-Dihydroxydibenzyl, p,p'-Dihydroxydiphenyl, p,p'-Dihydroxyphenylsulfon, p,p'-Dihydroxybenzophenon, 2,2'-Dihydroxy-1,1-dinaphthylmethan und die 2,2'-, 2,3'-, 2,4'-, 3,3'-, 3,4'- und 4,4'-Isomere von Dihydroxydiphenylmethan, Dihydroxydiphenyl-dimethylmethan, Dihydroxydiphenylethylmethylmethan, Dihydroxydiphenylmethylpropylmethan, Dihydroxydiphenylethylphenylmethan, Dihydroxydiphenylpropylphenylmethan, Dihydroxydiphenylbutylphenylmethan, Dihydroxydiphenyltolylethan, Dihydroxydiphenyltolylmethylmethan, Dihydroxydiphenyldicyclohexylmethan und Dihydroxydiphenylcyclohexan) ein. Bei einigen Ausführungsformen beinhaltet der Klebstoff einen Bisphenoldiglycidylether, wobei das Bisphenol (d.h. $-O-C_6H_5-CH_2-C_6H_5-O-$) unsubstituiert sein kann (z.B. Bisphenol F) oder einer der Phenylringe oder die Methylengruppe mit einem oder mehreren Halogenen (z.B. Fluor, Chlor, Brom, Iod), Methylgruppen, Trifluormethylgruppen oder Hydroxymethylgruppen substituiert sein kann.

[0027] In einigen Ausführungsformen schließen Beispiele der aromatischen monomeren Diepoxide, die in den Epoxyzusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung geeignet sind, die Diglycidylether von Bisphenol A und Bisphenol F und Gemische davon ein. Bisphenolepoxyharze können zum Beispiel kettenverlängert sein, damit sie jedes gewünschte Epoxyäquivalentgewicht aufweisen. Die Kettenverlängerung der Epoxyharze kann durch Umsetzung eines monomeren Diepoxids, zum Beispiel mit einem Bisphenol in Gegenwart eines Katalysators zur Herstellung eines linearen Polymers durchgeführt werden.

[0028] In einigen Ausführungsformen kann das aromatische Epoxyharz (z.B. entweder ein Bisphenolepoxyharz oder ein Novolakepoxyharz) ein Epoxyäquivalentgewicht von mindestens 150, 170, 200 oder 225 Gramm pro Äquivalent aufweisen. Bei einigen Ausführungsformen kann das aromatische Epoxyharz ein Epoxyäquivalentgewicht von bis zu 2000, 1500 oder 1000 Gramm pro Äquivalent aufweisen. Bei einigen Ausführungsformen kann das aromatische Epoxyharz ein Epoxyäquivalentgewicht in einem Bereich von 150 bis 2000, 150 bis 1000 oder 170 bis 900 Gramm pro Äquivalent aufweisen. Bei einigen Ausführungsformen weist das erste Epoxyharz ein Epoxyäquivalentgewicht in einem Bereich von 150 bis 450, 150 bis 350 oder 150 bis 300 Gramm pro Äquivalent auf. Epoxyäquivalentgewichte können zum Beispiel so gewählt werden, dass das Epoxyharz als eine Flüssigkeit oder ein Feststoff, wie gewünscht, verwendet werden kann.

[0029] Bei einigen Ausführungsformen können zusätzlich oder als eine Alternative zu aromatischen Epoxyharzen die Epoxyharze der vorliegenden Offenbarung ein oder mehrere nicht-aromatische Epoxyharze beinhalten. In einigen Fällen können die nicht-aromatischen Epoxyharze als reaktive Verdünnungsmittel geeignet sein, die die Einstellung der Fließeigenschaften der Zusammensetzungen unterstützen. Nicht-aromatische Epoxyharze, die in den härtbaren Zusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung geeignet sind, schließen einen verzweigten oder geradkettigen Alkylrest mit 1 bis 20 Kohlenstoffatomen ein, der gegebenenfalls durch mindestens ein -O- unterbrochen ist und gegebenenfalls mit Hydroxyl substituiert ist. In einigen Ausführungsformen kann das nicht-aromatische Epoxy einen Poly(oxyalkylen)rest mit mehreren (x) Oxyalkylenresten, OR^1 beinhalten, wobei jedes IV unabhängig C_2 bis C_5 Alkyl, in einigen Ausführungsformen C_2 bis C_3 Alkyl, ist, x 2 bis etwa 6, 2 bis 5, 2 bis 4 oder 2 bis 3 ist. Um zu einem Netzwerk vernetzt zu werden, weisen geeignete nicht-aromatische Epoxyharze typischerweise mindestens zwei Epoxyendgruppen auf. Beispiele geeigneter

nicht-aromatischer Epoxyharze schließen Glycidylepoxyharze, wie jene basierend auf Diglycidyletherverbindungen, umfassend ein oder mehrere Oxyalkyleneinheiten, ein. Beispiele dieser schließen Harze, hergestellt aus Ethylenglycoldiglycidylether, Propylenglycoldiglycidylether, Diethylenglycoldiglycidylether, Dipropylenglycoldiglycidylether, Polyethylenglycoldiglycidylether, Polypropylenglycoldiglycidylether, Glycerindiglycidylether, Glycerintriglycidylether, Propandioliglycidylether, Butandioliglycidylether und Hexandioliglycidylether ein. Andere geeignete nicht-aromatische Epoxyharze schließen einen Diglycidylether von Cyclohexandimethanol, einen Diglycidylether von Neopentylglycol, einen Triglycidylether von Trimethylolpropan und einen Diglycidylether von 1,4-Butandiol ein.

[0030] Vernetzte aromatische Epoxide (das heißt Epoxypolymere), wie hier beschrieben, können so verstanden werden, dass die durch Vernetzung aromatischer Epoxyharze herstellbar sind. Das vernetzte aromatische Epoxy enthält typischerweise eine sich wiederholende Einheit mit mindestens einem (in einigen Ausführungsformen mindestens 2, in einigen Ausführungsformen in einem Bereich von 1 bis 4) aromatischen Ring (z.B. Phenylgruppe), die gegebenenfalls mit einem oder mehreren Halogenen (z.B. Fluor, Chlor, Brom, Iod), Alkylresten mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen (z.B. Methyl oder Ethyl) oder Hydroxyalkylresten mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen (z.B. Hydroxymethyl) substituiert ist. Für sich wiederholende Einheiten, die zwei oder mehrere aromatische Ringe enthalten, können die Ringe zum Beispiel mit einem verzweigten oder geradkettigen Alkylrest mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, der gegebenenfalls mit Halogen (z.B. Fluor, Chlor, Brom, Iod) substituiert sein kann, verbunden sein.

[0031] In einigen Ausführungsformen können die Epoxyharze der vorliegenden Offenbarung bei Raumtemperatur flüssig sein. Mehrere härtbare Epoxyharze, die in den Epoxyzusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung geeignet sind, können im Handel erhältlich sein. Zum Beispiel sind mehrere Epoxyharze verschiedener Gruppen und Epoxyäquivalentgewichte von Dow Chemical Company, Midland, Mich.; Momentive Specialty Chemicals, Inc., Columbus, Ohio; Huntsman Advanced Materials, The Woodlands, Tex.; CVC Specialty Chemicals Inc. Akron, Ohio (von Emerald Performance Materials erworben); und Nan Ya Plastics Corporation, Taipei City, Taiwan erhältlich. Beispiele der im Handel erhältlichen Glycidylether schließen Diglycidylether von Bisphenol A (z.B. jene, erhältlich unter den Handelsbezeichnungen „EPON 828“, „EPON 1001“, EPON 1310“, „EPON 1510“ von Hexion Specialty Chemicals GmbH, Rosbach, Deutschland, jene erhältlich unter der Handelsbezeichnung „D.E.R.“ von Dow Chemical Co. (z.B. D.E.R. 331, 332 und 334), jene erhältlich unter der Handelsbezeichnung „EPICLON“ von Dainippon Ink and Chemicals, Inc. (z.B. EPICLON 840 und 850), und jene, erhältlich unter der Handelsbezeichnung „YL-980“ von Japan Epoxy Resins Co., Ltd.); Diglycidylether von Bisphenol F (z.B. jene, erhältlich unter der Handelsbezeichnung „EPICLON“ von Dainippon Ink and Chemicals, Inc. (z.B. „EPICLON 830“); Polyglycidylether von Novolakharzen (z.B. Novolakepoxyharze, wie jene, erhältlich unter der Handelsbezeichnung „D.E.N.“ von Dow Chemical Co. (z.B. D.E.N. 425, 431 und 438)); und flammhemmende Epoxyharze (z.B. „D.E.R. 580“, ein bromiertes Epoxyharz vom Bisphenoltyp, erhältlich von Dow Chemical Co.), ein. Beispiele der im Handel erhältlichen nicht-aromatischen Epoxyharze schließen den Glycidylether von Cyclohexandimethanol, erhältlich von Hexion Specialty Chemicals GmbH unter der Handelsbezeichnung „HELOXY MODIFIER 107“, ein.

[0032] In einigen Ausführungsformen können die Epoxyzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung Epoxyharz in einer Menge zwischen 5 Gew.-% und 40 Gew.-%, 10 Gew.-% und 30 Gew.-%, 15 Gew.-% und 30 Gew.-% oder 20 Gew.-% und 30 Gew.-% beinhalten (oder können sogar mehr enthalten (bis zu 95 %, 99 % oder 100 %) bei härtbaren Zusammensetzungen, die keine Füllstoffe beinhalten), bezogen auf das Gesamtgewicht der Epoxyzusammensetzung. Bei einigen Ausführungsformen können die Epoxyzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung Epoxyharz in einer Menge von mindestens 10 Gew.%, mindestens 20 Gew.%, mindestens 30 Gew.%, mindestens 40 Gew.% oder mindestens 50 Gew.%, bezogen auf das Gesamtgewicht, der Epoxyzusammensetzung, beinhalten.

[0033] In einigen Ausführungsformen kann die Polyamidzusammensetzung einen ersten Polyamidbestandteil und einen zweiten Polyamidbestandteil beinhalten.

[0034] In einigen Ausführungsformen kann der erste Polyamidbestandteil ein oder mehrere Polyamide beinhalten, die ein oder mehrere tertiäre Amide im Gerüst davon beinhalten. In einigen Ausführungsformen können die tertiären Polyamide im Gerüst der Polyamide in einer Menge von 50 - 100 mol-%, 70 - 100 mol-%, 90 - 100 mol-%, 50 - 99 mol-%, 70 - 99 mol-%, 90 - 99 mol-%, 95 - 100 mol-% oder 95 - 99 mol-% oder 99 - 100 mol-% vorhanden sein, bezogen auf den gesamten Amidgehalt, der im Polyamidgerüst vorhanden ist. In einigen Ausführungsformen können die tertiären Polyamide im Gerüst der Polyamide in einer Menge von mindestens 50 mol-%, mindestens 70 mol-%, mindestens 90 mol-%, mindestens 95 mol-% oder mindestens 99 mol-% vorhanden sein, bezogen auf den gesamten Amidgehalt, der im Polyamidgerüst vorhanden ist. Im Allgemeinen

wird angenommen, dass die Gegenwart solcher tertiärer Amide die Reißdehnung bei Raumtemperatur erhöht, indem die Volumendichte der Wasserstoffbindung und Vernetzung verringert wird, während gute Haftung an metallische Substrate beibehalten wird.

[0035] Die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils können zusätzlich zu den tertiären Amiden sekundäre Amide im Gerüst davon beinhalten. Die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils können endständiges Amin, einschließlich endständiges primäres und sekundäres Amin, sein.

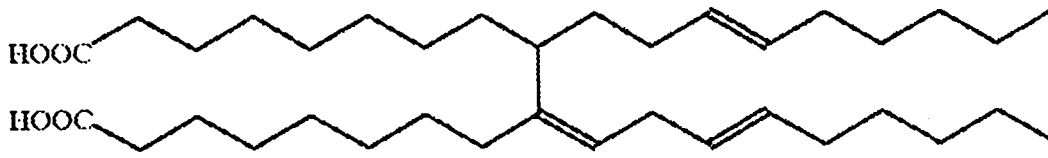
[0036] In einigen Ausführungsformen können die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils bei Raumtemperatur flüssig sein (z.B. eine viskose Flüssigkeit mit einer Viskosität von etwa 500 - 50000 cP).

[0037] In einigen Ausführungsformen können die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils das Reaktionsprodukt (z.B. durch Kondensationspolymerisation) eines Disäurebestandteils und eines Diaminbestandteils beinhalten.

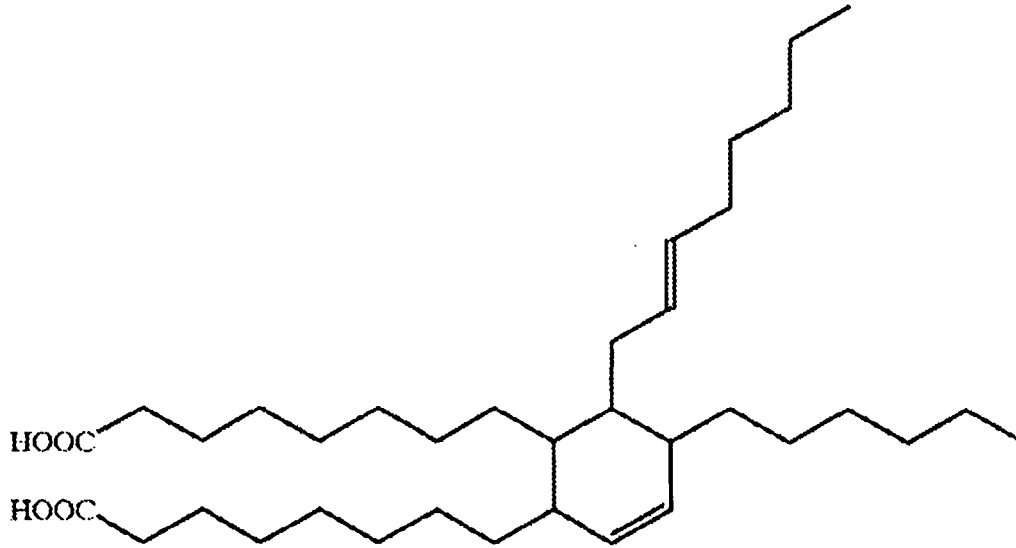
[0038] In einigen Ausführungsformen kann der Disäurebestandteil jede langkettige Disäure beinhalten (z.B. Disäuren, die mehr als 15 Kohlenstoffatome beinhalten). Der Disäurebestandteil kann weiter eine kurzkettige Disäure beinhalten (z.B. Disäuren, die zwischen 2 und 15 Kohlenstoffatome beinhalten). In einigen Ausführungsformen kann die langkettige Disäure in dem Disäurebestandteil in einer Menge zwischen 80 - 100 mol-%, 85 - 100 mol-%, 90 - 100 mol-%, 95 - 100 mol-%, 80 - 99 mol-% oder 80 - 95 mol-% oder mindestens 80 mol-%, mindestens 90 mol-% oder mindestens 95 mol-%, bezogen auf die gesamten Mole des Disäurebestandteils, vorhanden sein. In einigen Ausführungsform kann die kurzkettige Disäure im Disäurebestandteil nicht vorhanden sein oder kann in dem Disäurebestandteil in einer Menge zwischen 1 - 20 mol-%, 1 - 15 mol-%, 1 - 10 mol-% oder 1 - 5 mol-%, bezogen auf die gesamten Mole des Disäurebestandteils, vorhanden sein.

[0039] In einigen Ausführungsformen kann der Disäurebestandteil eine Dicarbonsäure (z.B. in der Form einer Dicarbondimersäure) beinhalten. In einigen Ausführungsformen kann die Dicarbonsäure mindestens einen Alkyl- oder Alkenylrest beinhalten und kann 3 bis 30 Kohlenstoffatome enthalten und kann dadurch gekennzeichnet sein, dass sie zwei Carbonsäuregruppen aufweist. Der Alkyl- oder Alkenylrest kann verzweigt sein. Der Alkylrest kann cyclisch sein. Geeignete Dicarbonsäuren können Propandisäure, Butandisäure, Pentandisäure, Hexandisäure, Heptandisäure, Octandisäure, Nonandisäure, Decandisäure, Undecandisäure, Dodecandisäure, Hexadecandisäure, (Z)-Butendisäure, (E)-Butendisäure, Pent-2-endisäure, Dodec-2-endisäure, (2Z)-2-Methylbut-2-endisäure, (2E,4E)-Hexa-2,4-diendisäure, Sebacinsäure einschließen. Aromatische Dicarbonsäuren können verwendet werden, wie Phthalsäure, Isophthalsäure, Terephthalsäure und 2,6-Naphthalindicarbonsäure. Gemische von zwei oder mehreren Dicarbonsäuren können verwendet werden, da Gemische von unterschiedlichen Dicarbonsäuren das Unterbrechen der Strukturregularität des Polyamids unterstützen können, wobei die Kristallinität in dem erhaltenen Polyamidbestandteil wesentlich verringert oder beseitigt wird.

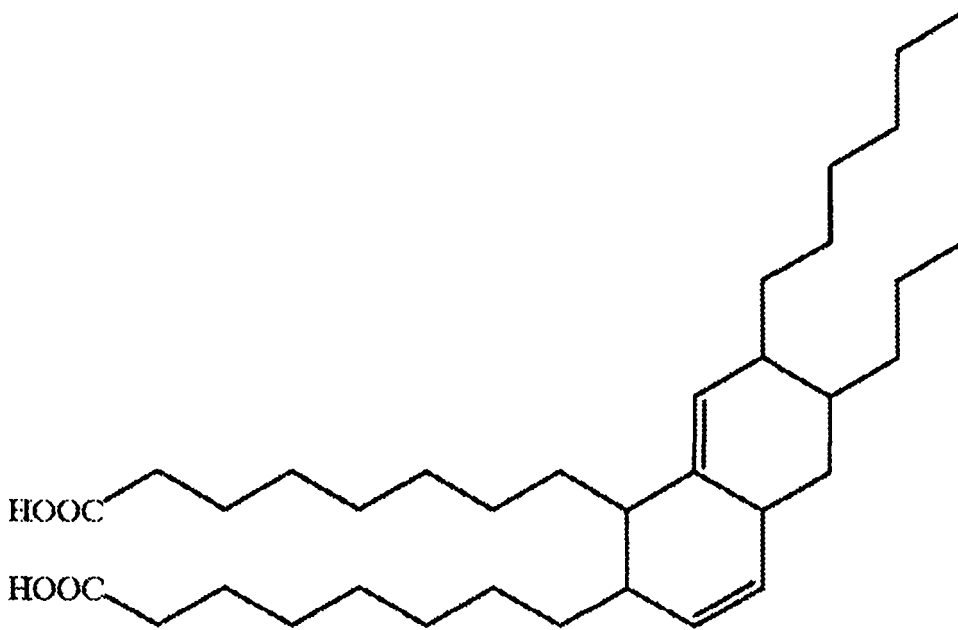
[0040] In einigen Ausführungsformen kann die Dicarbondimersäure mindestens einen Alkyl- oder Alkenylrest beinhalten und kann 12 bis 100 Kohlenstoffatome, 16 bis 100 Kohlenstoffatome oder 18 bis 100 Kohlenstoffatome enthalten und ist dadurch gekennzeichnet, dass sie zwei Carbonsäuregruppen aufweist. Die Dimersäure kann gesättigt oder teilweise ungesättigt sein. In einigen Ausführungsformen kann die Dimersäure ein Dimer einer Fettsäure sein. Der Ausdruck „Fettsäure“, wie hier verwendet, bedeutet eine organische Verbindung, bestehend aus einem Alkyl- oder Alkenylrest, der 5 bis 22 Kohlenstoffatome enthält, und die durch eine endständige Carbonsäuregruppe gekennzeichnet ist. Geeignete Fettsäuren sind in „Fatty Acids in Industry: Processes, Properties, Derivatives, Applications“, Kapitel 7, S. 153 - 175, Marcel Dekker, Inc., 1989 offenbart. In einigen Ausführungsformen kann die Dimersäure durch die Dimerisierung ungesättigter Fettsäuren mit 18 Kohlenstoffatomen, wie Ölsäure oder Tallölfettsäure, gebildet werden. Die Dimersäuren sind häufig mindestens teilweise ungesättigt und enthalten häufig 36 Kohlenstoffatome. Die Dimersäuren können ein relativ hohes Molekulargewicht aufweisen und aus Gemischen, umfassend verschiedene Verhältnisse einer Reihe von substituierten Cyclohexencarbonsäuren mit großen oder relativ hohem Molekulargewicht, hauptsächlich Dicarbondimersäure mit 36-Kohlenstoffatomen, aufgebaut sein. Die Strukturen der Bestandteile können acyclisch, cyclisch (monocyclisch oder bicyclisch) oder aromatisch sein, wie nachstehend gezeigt.



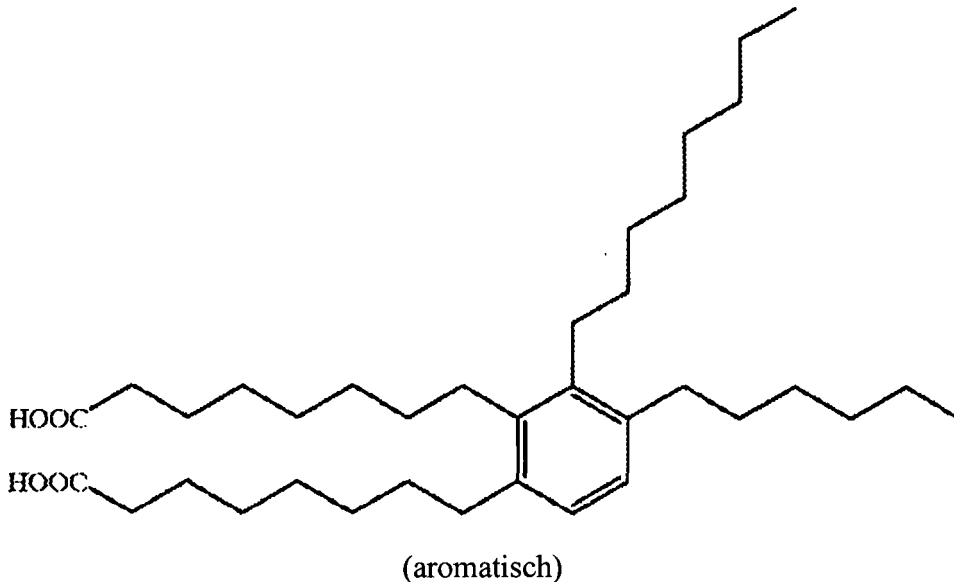
(acyclisch)



(monocyclisch)



(bicyclisch)



[0041] Die Dimersäuren können durch Kondensieren ungesättigter monofunktionaler Carbonsäuren, wie Öl-, Linolein, Soja- oder Tallölfettsäure durch ihre olefinisch ungesättigten Gruppen in Gegenwart von Katalysatoren, wie sauren Tonen, hergestellt werden. Die Verteilung der verschiedenen Strukturen in Dimersäuren (nominal C_{36} -dibasische Säuren) hängt von der bei ihrer Herstellung verwendeten ungesättigten Säure ab. Typischerweise ergibt Ölsäure eine Dicarbondimersäure, die etwa 38 % acyclische, etwa 56 % mono- und bicyclische und etwa 6 % aromatische Verbindungen enthält. Sojasäure ergibt eine Dicarbondimersäure, die etwa 24 % acyclische, etwa 58 % mono- und bicyclische und etwa 18 % aromatische Verbindungen enthält. Tallölsäure ergibt eine Dicarbondimersäure, die etwa 13 % acyclische, etwa 75 % mono- und bicyclische und etwa 12 % aromatische Verbindungen enthält. Das Dimerisierungsverfahren ergibt auch Trimersäuren. Die im Handel erhältlichen Dimersäureprodukte sind typischerweise durch Destillation gereinigt, wobei ein Bereich des Dicarbonsäuregehalts gebildet wird. Geeignete Dimersäuren enthalten mindestens 80 % Dicarbonsäure, stärker bevorzugt 90 % Dicarbonsäuregehalt, noch stärker bevorzugt mindestens 95 % Dicarbonsäuregehalt. Für bestimmte Anwendungen kann es vorteilhaft sein, die Dimersäure durch Farbverminderungsverfahren, einschließlich Hydrierung der ungesättigten Bindungen, weiter zu reinigen, wie im U.S.-Patent Nr. 3,595, 887 offenbart, das hier in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme eingeschlossen ist. Hydrierte Dimersäuren können auch erhöhte oxidative Stabilität bei erhöhten Temperaturen bereitstellen. Andere geeignete Dimersäuren sind in Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Organic Chemicals: Dimer Acids (ISBN 9780471238966), Copyright 1999 - 2014, John Wiley and Sons, Inc., offenbart. Im Handel erhältliche Dicarbondimersäuren sind zum Beispiel unter der Handelsbezeichnung EMPOL1008 und EMPOL1061, beide von BASF, Florham Park, New Jersey, und PRIPOL 1006, PRIPOL 1009, PRIPOL 1013, PRIPOL 1017 und PRIPOL 1025, alle von Croda Inc., Edison, New Jersey, erhältlich.

[0042] In einigen Ausführungsformen kann das Zahlenmittel des Molekulargewichts der Dicarbondimersäure zwischen 300 g/mol und 1400 g/mol, zwischen 300 g/mol und 1200 g/mol, zwischen 300 g/mol und 1000 g/mol oder sogar zwischen 300 g/mol und 800 g/mol betragen. In einigen Ausführungsformen kann die Zahl der Kohlenstoffatome in der Dicarbondimersäure zwischen 12 und 100, zwischen 20 und 100, zwischen 30 und 100, zwischen 12 und 80, zwischen 20 und 80, zwischen 30 und 80, zwischen 12 und 60, zwischen 20 und 60 oder sogar zwischen 30 und 60 betragen. Der Molanteil der Dicarbondimersäure, die als die Dicarbonsäure enthalten ist, kann zwischen 0,10 und 1,00, bezogen auf die gesamten Mole der zum Bilden des Polyamidbestandteils verwendeten Dicarbonsäure, betragen. In einigen Ausführungsformen liegt der Molanteil der Dicarbondimersäure, die als die Dicarbonsäure enthalten ist, zwischen 0,10 und 1,00, zwischen 0,30 und 1,00, zwischen 0,50 und 1,00, zwischen 0,70 und 1,00, zwischen 0,80 und 1,00, zwischen 0,90 und 1,00, zwischen 0,10 und 0,98, zwischen 0,30 und 0,98, zwischen 0,50 und 0,98, zwischen 0,70 und 0,98, zwischen 0,80 und 0,98 oder sogar zwischen 0,90 und 0,98, bezogen auf die gesamten Mole der zum Bilden des Polyamidbestandteils verwendeten Dicarbonsäure. In einigen Ausführungsformen beträgt der Molanteil der Dicarbondimersäure, die als die Dicarbonsäure beinhaltet ist, 1,00, bezogen auf die gesamten Mole der zum Bilden des Polyamidbestandteils verwendeten Dicarbonsäure. Gemische von zwei oder mehr Dimersäuren können verwendet werden.

[0043] In einigen Ausführungsformen kann der Diaminbestandteil ein oder mehrere sekundäre Diamine oder ein oder mehrere sekundäre/primäre Hybriddiamine und gegebenenfalls ein oder mehrere primäre Diamine beinhalten.

[0044] In einigen Ausführungsformen können geeignete sekundäre oder sekundäre/primäre Hybridamine die Formel: $R1-NH-R2-NH-R1$ aufweisen wobei R2 ein:

- Alkylen (z.B. $-CH_2CH_2CH_2-$),
- verzweigtes Alkylen ($-CH_2CH(Me)CH_2-$),
- Cycloalkylen (z.B. $-Cyclohexyl-CH_2-cyclohexyl-$),
- substituiertes oder unsubstituiertes Arylen (z.B. $-1,4-Phenyl-$),
- Heteroalkylen (z.B. $-CH_2CH_2-O-CH_2CH_2-$ oder jedes andere Jeffamin) oder
- Heterocycloalkylen (z.B. $-CH_2-Furanring-CH_2-$)

ist und jedes R1 unabhängig ein:

- lineares oder verzweigtes Alkyl (z.B. $-Me$, $-Isopropyl$),
- Cycloalkyl (z.B. $-Cyclohexyl$),
- Aryl (z.B. $-Phenyl$),
- Heteroalkyl (z.B. $-CH_2CH_2-O-CH_3$),
- Heteroaryl (z.B. $-2-substituiertes-Pyridyl$) oder
- Wasserstoffatom ist,
- mit der Maßgabe, dass beide R1 nicht Wasserstoffatome sind oder

die Reste R1 Alkylen oder verzweigtes Alkylen sind und eine heterocyclische Verbindung bilden (z.B. Piperazin).

[0045] Geeignete sekundäre Diamine können zum Beispiel Piperazin, 1,3-Di-4-piperidylpropan, Cyclohexanamin, 4,4'-Methylenbis[N-(1-methylpropyl)] einschließen. In einigen Ausführungsformen schließen geeignete sekundäre/primäre Hybriddiamine (d.h. Diamine mit einem sekundären Amin und einem primären Amin) zum Beispiel Aminoethylpiperazin ein. In einigen Ausführungsformen können die sekundären/primären Hybriddiamine nicht vorhanden sein oder können in einer Menge von weniger als 50 mol-%, weniger als 30 mol-%, weniger als 10 mol-% oder weniger als 5 mol-%, bezogen auf die gesamten Mole der sekundären oder sekundären/primären Hybridamine, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen kann das Zahlenmittel des Molekulargewichts geeigneter sekundärer Diamine oder sekundärer/primärer Hybriddiamine 30 g/mol bis 5000 g/mol, 30 g/mol bis 500 g/mol oder 50 g/mol bis 100 g/mol betragen.

[0046] In einigen Ausführungsformen kann der Diaminbestandteil zusätzlich zu dem sekundären oder sekundären/primären Hybridamin ein primäres Diamin, wie ein aliphatisches oder aromatisches primäres Amin, beinhalten. Geeignete primäre Amine schließen zum Beispiel Ethylendiamin, m-Xylylendiamin, 1,6-Hexandiamin, o-Toluidin oder 1,3-Benzoldimethanamin ein. In einigen Ausführungsformen kann das Zahlenmittel des Molekulargewichts geeigneter primärer Diamine 30 g/mol bis 5000 g/mol, 30 g/mol bis 500 g/mol oder 50 g/mol bis 100 g/mol betragen.

[0047] In einigen Ausführungsformen können die sekundären oder sekundären/primären Hybriddiamine allein oder in Kombination in dem Diaminbestandteil in einer Menge von 50 - 100 mol-%, 70 - 100 mol-%, 90 - 100 mol-%, 50 - 99 mol-%, 70 - 99 mol-%, 90 - 99 mol-%, 95 - 100 mol-% oder 95 - 99 mol-% oder 99 - 100 mol-%, bezogen auf die gesamten Mole des Diaminbestandteils, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen können die sekundären oder sekundären/primären Hybriddiamine, allein oder in Kombination, in dem Diaminbestandteil in einer Menge von mindestens 50 mol-%, mindestens 70 mol-%, mindestens 90 mol-%, mindestens 95 mol-% oder mindestens 99 mol-%, bezogen auf die gesamten Mole des Diaminbestandteils, vorhanden sein.

[0048] In einigen Ausführungsformen können die primären Amine in dem Diaminbestandteil nicht vorhanden sein oder können in dem Diaminbestandteil in einer Menge zwischen 1 - 10 mol-% oder 1 - 5 mol-%, bezo-

gen auf die gesamten Mole des Diaminbestandteils, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen kann das Molverhältnis von Diamin zu Disäure in dem ersten Polyamidbestandteil zwischen 1 und 5, 1 und 4, 1,1 und 4 oder 1,2 und 3 liegen.

[0049] In einigen Ausführungsformen können die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils unter Durchführen einer herkömmlichen Kondensationsreaktion zwischen mindestens einer der vorstehend beschriebenen Disäuren und mindestens einem der vorstehend beschriebenen Diamine gebildet werden. Gemische von mindestens zwei Disäurearten mit mindestens einem Diamin, Gemische von mindestens zwei Diaminarten mit mindestens einer Disäureart oder Gemische von mindestens zwei Disäurearten mit mindestens zwei Diaminarten können verwendet werden. Die Polyamide des ersten Polyamidbestandteils können endständiges Amin aufweisen oder Aminendgruppen beinhalten. Endständiges Amin kann unter Verwendung des geeigneten stöchiometrischen Verhältnisses von Amingruppen zu Säuregruppen, z.B. dem geeigneten stöchiometrischen Verhältnis von Diamin und Disäure während der Synthese des Polyamids erhalten werden.

[0050] Wie vorstehend erörtert, kann die Polyamidzusammensetzung der vorliegenden Offenbarung einen zweiten Polyamidbestandteil beinhalten. Bei einigen Ausführungsformen kann der zweite Polyamidbestandteil ein multifunktionelles Polyamidoamin oder ein heißschmelzendes Polyamid auf Dimersäurebasis, wie jene, beschrieben in US 3,377,303, beinhalten. In einigen Ausführungsformen schießen geeignete multifunktionelle Polyamidoamine jene, beschrieben im U.S.-Patent 2,705,222 ein, das hier in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme eingeschlossen ist. Im Handel erhältliche multifunktionelle Polyamidoamine sind unter der Handelsbezeichnung VERSAMID 150 und VERSAMID 115, beide von Gabriel Chemicals, Akron, Ohio, zum Beispiel erhältlich. Im Handel erhältliche heiß schmelzende Polyamide sind unter der Handelsbezeichnung UNI-REZ 2651 und UNI-REZ 2671, beide von Arizona Chemical, Jacksonville, Florida, zum Beispiel erhältlich. In einigen Ausführungsformen können die Polyamide des zweiten Polyamidbestandteils bei Raumtemperatur flüssig sein (z.B. eine viskose Flüssigkeit mit 500 - 50000 cPoise). Es wird darauf hingewiesen, dass festgestellt wurde, dass die Polyamide des zweiten Polyamidbestandteils allein nicht ausreichend waren, um die Reißdehnung der härtbaren Zusammensetzungen zu steigern, während gute Haftung an metallischen Substraten beibehalten wird. Vielmehr wurde festgestellt, dass Polyamide, die tertiäre Amide im Gerüst aufweisen, diese gewünschten Merkmale bereitstellen.

[0051] In einigen Ausführungsformen können die Polyamidzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung den ersten Polyamidbestandteil in einer Menge zwischen 50 Gew.-% und 100 Gew.-%, 75 Gew.-% und 100 Gew.-%, 95 Gew.-% und 100 Gew.-%, 50 Gew.-% und 95 Gew.-% oder 75 Gew.-% und 95 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polyamids in der Polyamidzusammensetzung, beinhalten. In einigen Ausführungsformen können die Polyamidzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung den ersten Polyamidbestandteil in einer Menge von mindestens 50 Gew.-%, mindestens 70 Gew.-%, mindestens 90 Gew.-% oder mindestens 95 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polyamids in der Polyamidzusammensetzung, beinhalten. Die Polyamidzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung können den zweiten Polyamidbestandteil in einer Menge zwischen 0,01 Gew.-% und 50 Gew.-%, 0,1 Gew.-% und 25 Gew.-%, 0, 5 Gew.-% und 10 Gew.-% oder 1 und 5 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polyamids in der Polyamidzusammensetzung, beinhalten.

[0052] In einigen Ausführungsformen können die Polyamidzusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung Polyamide in einer Menge zwischen 5 Gew.-% und 40 Gew.-%, 10 Gew.-% und 30 Gew.-%, 15 Gew.-% und 30 Gew.-% oder 20 Gew.-% und 30 Gew.-% (oder sogar noch mehr (bis zu 95 %, 99 % oder 100 %) für härtbare Zusammensetzungen, die keine Füllstoffe beinhalten), bezogen auf das Gesamtgewicht der Polyamidzusammensetzung, beinhalten.

[0053] In einigen Ausführungsformen kann die Epoxyzusammensetzung in den härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung in einer Menge zwischen 5 Gew.-% und 90 Gew.-%, 10 Gew.-% und 85 Gew.-%, 10 Gew.-% und 75 Gew.-%, 15 Gew.-% und 60 Gew.-% oder 15 Gew.-% und 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen kann die Epoxyzusammensetzung in den härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung in einer Menge von mindestens 5 Gew.-%, mindestens 10 Gew.-%, mindestens 20 Gew.-%, mindestens 30 Gew.-%, mindestens 40 Gew.-% oder mindestens 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen kann die Polyamidzusammensetzung in den härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung in einer Menge zwischen 5 Gew.-% und 90 Gew.-%, 10 Gew.-% und 85 Gew.-%, 10 Gew.-% und 75 Gew.-%, 15 Gew.-% und 60 Gew.-% oder 15 Gew.-% und 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen kann die Polyamidzusammensetzung in den härtbaren Zusammensetzungen der

vorliegenden Offenbarung in einer Menge von mindestens 5 Gew.-%, mindestens 10 Gew.-%, mindestens 20 Gew.-%, mindestens 30 Gew.-%, mindestens 40 Gew.-% oder mindestens 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein.

[0054] In einigen Ausführungsformen können die Epoxy- und Polyamidzusammensetzungen in den härtbaren Zusammensetzungen, basierend auf stöchiometrischen Verhältnissen der funktionellen Gruppen der jeweiligen Bestandteile vorhanden sein. Zum Beispiel können die relativen Mengen der Epoxy- und Polyamidzusammensetzungen auf dem stöchiometrischen Verhältnis (1:1) der Aminwasserstoff (N-H) Gruppen der Polyamidzusammensetzung und den Oxirangruppen der Epoxyzusammensetzung basieren. Die Verwendung solcher relativer Mengen kann insofern vorteilhaft sein, als sie die Menge von verbliebenem nicht umgesetztem Polyamid oder Epoxy in der gehärteten Zusammensetzung verringern können, wobei die verbliebenen Bestandteile migrieren können oder Umwelt- oder Gesundheitsbelastung darstellen können.

[0055] Bei einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung als zweiteilige Zusammensetzung bereitgestellt (z.B. verpackt) werden, wobei der erste Teil die vorstehend beschriebene Epoxyzusammensetzung enthält und der zweite Teil die vorstehend beschriebene Polyamidzusammensetzung enthält. Die anderen Bestandteile der härtbaren Klebstoffzusammensetzung (z.B. anorganische Füllstoffe, Mittel zum Zähmachen, Dispergiermittel, Katalysatoren, Antioxidationsmittel und dgl.), die nachstehend im Einzelnen beschrieben werden, können in einem oder beiden des ersten und zweiten Teils enthalten sein. Die vorliegende Offenbarung stellt weiter einen Spender, umfassend eine erste Kammer und eine zweite Kammer, bereit. Die erste Kammer umfasst den ersten Teil und die zweite Kammer umfasst den zweiten Teil.

[0056] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen einen oder mehrere anorganische Füllstoffe (z.B. thermisch leitende anorganische Füllstoffe) beinhalten. Im Allgemeinen kann die Wahl und die Beladung der anorganischen Füllstoffe zum Einstellen der thermischen Leitfähigkeit der härtbaren Zusammensetzung verwendet werden. In einigen Ausführungsformen können die Beladungen des anorganischen Füllstoffs mindestens 20 Vol.-%, mindestens 30 Vol.-%, mindestens 40 Vol.-%, mindestens 50 Vol.-%, mindestens 60 Vol.-%, mindestens 70 Vol.-%, mindestens 80 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen einer oder aller der Epoxyzusammensetzung, der Polyamidzusammensetzung oder der härtbaren Zusammensetzung, betragen. In einigen Ausführungsformen können die Beladungen des anorganischen Füllstoffs zwischen 20 und 90 Vol.-%, zwischen 30 und 80 Vol.-%, zwischen 50 und 70 Vol.-% oder zwischen 60 und 65 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen einer oder aller der Epoxyzusammensetzung, der Polyamidzusammensetzung oder der härtbaren Zusammensetzung, betragen. Es sollte angemerkt werden, dass für einige Anwendungen (z.B. Anwendungen, die keine thermische Leitfähigkeit erfordern), die härtbaren Zusammensetzungen keine anorganischen Füllstoffe oder anorganische Füllstoffe in einer sehr geringen Menge beinhalten können.

[0057] Im Allgemeinen kann jeder allgemein bekannte thermisch leitende Füllstoff verwendet werden, obwohl elektrisch isolierende Füllstoffe bevorzugt sein können, wenn der Durchbruchstrom entscheidend ist. Geeignete elektrisch isolierende, thermisch leitende Füllstoffe schließen keramische Materialien, wie Oxide, Hydroxide, Oxyhydroxide, Silicate, Boride, Carbide und Nitride, ein. Geeignete keramische Füllstoffe schließen z.B. Siliciumoxid, Aluminiumoxid, Aluminiumtrihydroxid (ATH), Bornitrid, Siliciumcarbid und Berylliumoxid ein. In einigen Ausführungsformen schließt der thermisch leitende Füllstoff ATH ein. Es wird darauf hingewiesen, dass, während ATH wegen seiner Reaktivität mit Isocyanatarten und den sich ergebenden Formulierungsschwierigkeiten nicht allgemein in den Zusammensetzungen auf Polyurethanbasis verwendet wird, die bei Materialien zum Wärmemanagement verwendet werden, die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung in der Lage sind, solche anorganischen Füllstoffe ohne Nachteil zu enthalten. Andere thermisch leitende Füllstoffe schließen Materialien auf Kohlenstoffbasis, wie Graphit, und Metalle, wie Aluminium und Kupfer, ein.

[0058] Thermisch leitende Füllstoffteilchen sind in verschiedenen Formen erhältlich, z.B. Kugeln, unregelmäßig, plättchenförmig und nadelförmig. Thermische Leitfähigkeit durch die Ebene kann in bestimmten Anwendungen wichtig sein. Daher können in einigen Ausführungsformen im Allgemeinen symmetrische (z.B. kugelförmige oder halbkugelförmige) Füllstoffe verwendet werden. Um die Dispersion zu erleichtern und die Füllstoffbeladung zu erhöhen, können in einigen Ausführungsformen thermisch leitende Füllstoffe oberflächenbehandelt oder beschichtet werden. Im Allgemeinen ist jede bekannte Oberflächenbehandlung und Beschichtung geeignet, einschließlicjhen auf Basis von Chemien von Silan, Titanat, Zirkonat, Aluminat und organischer Säure. Zum Zweck der Handhabung des Pulvers sind viele Füllstoffe als polykristalline Agglomerate oder Aggregate mit oder ohne Bindemittel erhältlich. Um Formulierungen mit hoher thermischer Leitfähigkeit zu erleichtern, können einige Ausführungsformen Gemische von Teilchen und Agglomeraten in verschiedener Größe und Gemische enthalten.

[0059] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung weiter ein oder mehrere multifunktionelle Amine enthalten. In einigen Ausführungsformen können die funktionellen Aminogruppen primäres Amino, sekundäres Amino oder tertiäres Amino sein. In einigen Ausführungsformen können die funktionellen Aminogruppen 2 - 20, 3 - 18 oder 4 - 15 Kohlenstoffatome enthalten. In einigen Ausführungsformen können die funktionellen Aminoverbindungen aliphatische, cycloaliphatische oder aromatische Diamine einschließen. In veranschaulichenden Ausführungsformen können die Diamine primäre Diamine mit einem mittleren Molekulargewicht von 30 bis 600 oder 60 bis 400 einschließen. In einigen Ausführungsformen können geeignete Diamine Alkylpolyamine, wie 1,3-Diaminopropan, 1,6-Hexamethylendiamin, Ethylendiamin, 1,10-Decamethylendiamin, Diethylentriamin, Triethylentriamin, Tetraethylenpentamin, 2-Methylpentamethylendiamin; cycloaliphatische Diamine, wie 1,4-, 1,3- und 1-2-Diaminocyclohexan, 4,4', 2,4', 2,2'-Diaminodicyclohexylmethan, 3-Aminomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexylamin, 1,4- und 1,3-Diaminomethylcyclohexan, 3(4),8(9)-Bis(aminomethyl)-tricyclo[5.2.1.0(2.6)]decan, Bicyclo[2.2.1]heptanbis(methylamin); aromatische Diamine, wie meta-Xyloldiamin; und andere Aminhärtungsmittel, wie Ethanolamin, Methylimino-bis(propyl)amin, Aminoethylpiperazin, Polyoxyethylendiamine oder Polyoxypropylendiamine oder -triamine, einschließen. In einigen Ausführungsformen können zusätzlich zu den Diaminen die gehärteten Zusammensetzungen ein oder mehrere Triamine enthalten. In einigen Ausführungsformen können die multifunktionellen Amine in den härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung in einer Menge zwischen 0,2 Gew.-% und 30 Gew.-%, 0,5 Gew.-% und 20 Gew.-%, 1 Gew.-% und 15 Gew.-%, 1,5 Gew.-% und 10 Gew.-% oder 2 Gew.-% und 5 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein. In einigen Ausführungsformen können die multifunktionellen Amine in der härtbaren Zusammensetzung der vorliegenden Offenbarung in einer Menge von mindestens 0,2 Gew.-%, mindestens 0,5 Gew.-%, mindestens 1 Gew.-%, mindestens 1,5 Gew.-%, mindestens 2 Gew.-%, oder mindestens 10 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein. Im Allgemeinen können die multifunktionellen Amine zum Verringern der Viskosität, Beschleunigen der Härtungszeit oder Lösen der in der härtbaren Zusammensetzung vorhandenen Katalysatoren dienen.

[0060] In einigen Ausführungsformen können zusätzlich zu den Polyamiden der vorliegenden Offenbarung (die als Zähmacher angesehen werden können) die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Erfindung auch ein oder mehrere Mittel auf Epoxy-Basis zum Zähmachen beinhalten. Solche Mittel zum Zähmachen können zum Beispiel zum Verbessern der Eigenschaften (z.B. Ablösefestigkeit) einiger gehärteter Epoxide geeignet sein, zum Beispiel so, dass sie keinen Sprödigkeitsbruch bei einem Bruch eingehen. Das Mittel zum Zähmachen (z.B. ein elastomeres Harz oder elastomeres Füllstoff) kann oder kann nicht an das härtbare Epoxy und letztendlich an das vernetzte Netzwerk kovalent gebunden werden. Bei einigen Ausführungsformen kann das Mittel zum Zähmachen eine Verbindung mit endständigem Epoxy enthalten, die in das Polymergerüst eingebaut werden kann. Beispiele geeigneter Mittel zum Zähmachen, die auch als elastomere Modifikatoren bezeichnet werden können, schließen polymere Verbindungen mit sowohl einer kautschukartigen Phase als auch einer thermoplastischen Phase, wie Pfropfcopolymere mit einem kautschukartigen polymerisierten Dienkern und einer Polyacrylat- oder Polymethacrylatschale; Pfropfcopolymere mit einem kautschukartigen Kern mit einer Polyacrylat- oder Polymethacrylatschale; elastomere Teilchen, die in situ in dem Epoxid aus mit freien Radikalen polymerisierbaren Monomeren und einem copolymeren Stabilisator polymerisiert werden; Elastomermoleküle, wie Polyurethane und thermoplastische Elastomere; getrennte Elastomervorstufenmoleküle; Kombinationsmoleküle, die Epoxyharz-Abschnitte und elastomere Abschnitte beinhalten; und Gemische von solchen getrennten und Kombinationsmolekülen. Die Kombinationsmoleküle können durch Umsetzung der Epoxyharzmaterialien mit elastomeren Abschnitten hergestellt werden; wobei die Reaktion reaktive funktionelle Gruppen, wie nicht umgesetzte Epoxygruppen, im Reaktionsprodukt hinterlässt. Die Verwendung von Mitteln zum Zähmachen in Epoxyharzen ist in *Advances in Chemistry* Reihe Nr. 208 mit dem Titel „Rubbery-Modified Thermoset Resins“, verfasst von C.K. Riew und J.K. Gillham, American Chemical Society, Washington, 1984, beschrieben. Die zu verwendende Menge des Mittels zum Zähmachen hängt teilweise von den gewünschten physikalischen Endigenschaften des gehärteten Harzes ab.

[0061] In einigen Ausführungsformen kann das Mittel zum Zähmachen in den härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung Pfropfcopolymere mit einem polymerisierten kautschukartigen Diengerüst oder Kern, an die eine Schale eines Acrylsäureesters oder Methacrylsäureesters, eines aromatischen Monovinylkohlenwasserstoffs oder ein Gemisch davon gepfropft ist, wie die die in U.S.-Patent Nr. 3,496,250 (Czerwinski) offenbart sind, einschließen. Kautschukartige Gerüste können polymerisiertes Butadien oder ein polymerisiertes Gemisch von Butadien und Styrol umfassen. Schalen, die polymerisierte Methacrylsäureester umfassen, können Niederalkyl(C₁₋₄)-methacrylate sein. Aromatische Monovinylkohlenwasserstoffe können Styrol, alpha-Methylstyrol, Vinyltoluol, Vinylxylo, Ethylvinylbenzol, Isopropylstyrol, Chlorstyrol, Dichlorstyrol und Ethylchlorstyrol sein.

[0062] Weitere Beispiele geeigneter Mittel zum Zähmachen sind Acrylat Kern-Schale-Pfropfcopolymere, in denen der Kern oder das Gerüst ein Polyacrylatpolymer mit einer Glasübergangstemperatur (T_g) unter etwa 0°C , wie Poly(butylacrylat) oder Poly(isooctylacrylat) ist, an das eine Polymethacrylatpolymerschale mit einer T_g von etwa 25°C gepfropft ist, wie Poly(methylmethacrylat). Für acrylische Kern/Schale-Materialien ist „Kern“ so zu verstehen, dass er ein acrylisches Polymer mit $T_g < 0^\circ\text{C}$ ist, und „Schale“ ist so zu verstehen, dass sie ein acrylisches Polymer mit $T_g > 25^\circ\text{C}$ ist. Einige Kern/Schale-Mittel zum Zähmachen (z.B. einschließlich acrylischer Kern/Schale-Materialien und Methacrylat-Butadien-Styrol (MBS)-Copolymere, wobei der Kern vernetzter Styrol/Butadien-Kautschuk ist und die Schale Polymethylacrylat ist, sind im Handel zum Beispiel von Dow Chemical Company unter der Handelsbezeichnung „PARALOID“ erhältlich.

[0063] Ein anderer geeigneter Kern-Schale-Kautschuk ist in der U.S.-Patentanmeldung Veröffentlichungs-Nr. 2007/0027233 (Yamaguchi et al.) beschrieben. Kern-Schale-Kautschukteilchen, wie in dieser Druckschrift beschrieben, beinhalten einen vernetzten Kautschukkern, der in den meisten Fällen ein vernetztes Copolymer von Butadien ist, und eine Schale, die vorzugsweise ein Copolymer von Styrol, Methylmethacrylat, Glycidylmethacrylat und gegebenenfalls Acrylnitril ist. Der Kern-Schale-Kautschuk kann in einem Polymer oder einem Epoxyharz dispergiert sein. Beispiele geeigneter Kern-Schale-Kautschuke schließen die, vertrieben von Kaneka Corporation unter der Bezeichnung Kaneka KANE ACE, einschließlich der Kaneka KANE ACE 15 und 120 Reihe der Produkte, einschließlich Kaneka „KANE ACE MX 153“, Kaneka „KANE ACE MX 154“, Kaneka „KANE ACE MX 156“, Kaneka „KANE ACE MX 257“ und Kaneka „KANE ACE MX 120“ Kern-Schale-Kautschukdispersionen und Gemische davon ein. Die Produkte enthalten die Kern-Schale-Kautschuk (CSR)-Teilchen, vordispersiert in einem Epoxyharz in verschiedenen Konzentrationen. Zum Beispiel umfasst die „KANE ACE MX 153“ Kern-Schale-Kautschukdispersion 33 % CSR, „KANE ACE MX 154“ Kern-Schale-Kautschukdispersion umfasst 40 % CSR und „KANE ACE MX 156“ Kern-Schale-Kautschukdispersionen umfassen 25 % CSR.

[0064] Andere geeignete Mittel zum Zähmachen schließen Acrylnitril/Butadien-Elastomere mit endständigem Carboxyl und Amin ein, wie jene, erhalten von Emerald Performance Materials, Akron, Ohio unter der Handelsbezeichnung „HYPRO“ (z.B. CTBN und ATBN-Sorten); Butadienpolymere mit endständigem Carboxyl und Amin, wie jene, erhalten von Emerald Performance Materials, unter der Handelsbezeichnung „HYPRO“ (z.B. CTB-Sorte); Amin-funktionelle Polyether, wie jene der vorstehend beschriebenen; und Amin-funktionelle Polyurethane, wie jene, beschrieben in der U.S.-Pat. Anm. Nr. 2013/0037213 (Frick et al.).

[0065] In einigen Ausführungsformen kann das Mittel zum Zähmachen ein Acryl-Kern/Schale-Polymer; ein Styrol-Butadien/Methacrylat-Kern/Schale-Polymer; ein Polyetherpolymer; ein Acrylnitril/Butadien mit endständigem Carboxyl oder Amino; ein carboxyliertes Butadien, ein Polyurethan oder eine Kombination davon einschließen.

[0066] In einigen Ausführungsformen können mit Mittel zum Zähmachen (ausschließlich Polyamide) in der härtbaren Zusammensetzung (oder der Epoxyzusammensetzung) in einer Menge zwischen 0,1 und 10 Gew.-%, 0,1 und 5 Gew.-%, 0,5 und 5 Gew.-%, 1 und 5 Gew.-% oder 1 und 3 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht eines oder aller der Epoxyzusammensetzung oder der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein.

[0067] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung ein oder mehrere Dispergiermittel einschließen. Im Allgemeinen können die Dispergiermittel zum Stabilisieren der anorganischen Füllstoffteilchen in der Zusammensetzung wirken - ohne Dispergiermittel können die Teilchen aggregieren, wobei so der Nutzen der Teilchen in der Zusammensetzung nachteilig beeinflusst wird. Geeignete Dispergiermittel können von der bestimmten Art und Oberflächenchemie des Füllstoffs abhängen. In einigen Ausführungsformen können geeignete Dispergiermittel gemäß der vorliegenden Offenbarung mindestens eine bindende Gruppe und einen Abschnitt zum Verträglichmachen beinhalten. Die bindende Gruppe kann an die Teilchenoberfläche ionisch gebunden werden. Beispiele der bindenden Gruppen für Aluminiumoxidteilchen schließen Phosphorsäure, Phosphonsäure, Sulfonsäure, Carbonsäure und Amin ein. Der Abschnitt zum Verträglichmachen kann so gewählt werden, dass er mit der härtbaren Matrix mischbar ist. Für Epoxyharz- und Amidmatrizen können geeignete Mittel zum Verträglichmachen Polyalkylenoxide, z.B. Propylenoxid, Polyethylenoxid, sowie Polycaprolactone und Kombinationen davon einschließen. Im Handel erhältliche Beispiele schließen BYK W-9010 (BYK Additives and Instruments), BYK W-9012 (BYK Additives and Instruments), Disberbyk 180 (BYK Additives and Instruments) und Solplus D510 (Lubrizol Corporation) ein. In einigen Ausführungsformen können die Dispergiermittel in der härtbaren Zusammensetzung (oder der Epoxyzusammensetzung oder der Amidzusammensetzung) in einer Menge zwischen 0,1 und 10 Gew.-%, 0,1 und 5 Gew.-%, 0,5 und 3 Gew.-% oder 0,5 und 2 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht einer oder aller der Epoxyzusammensetzung, der Polyamidzusammensetzung oder der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein.

[0068] In einigen Ausführungsformen kann das Dispergiermittel vor Einmischen in ein oder alle der Epoxy-, Polyamid- oder härtbaren Zusammensetzungen mit dem anorganischen Füllstoff vorgemischt werden. Ein solches Vormischen kann erleichtern, dass sich die Systeme mit Füllstoff wie Newton-Flüssigkeiten verhalten oder Verhalten mit strukturviskosen Wirkungen ermöglichen.

[0069] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung weitere einen oder mehrere Katalysatoren beinhalten. Im Allgemeinen können die Katalysatoren vor dem Härten in den Zusammensetzungen vorhanden sein, um die Härtungsgeschwindigkeit der härtbaren Zusammensetzung zu erhöhen und dann nach dem Härten in der Zusammensetzung verbleiben. In einigen Ausführungsformen kann der Katalysator eine Lewis-Säure einschließen. Solche Lewis-Säuren können Metallsalze, Triorganoborate, einschließlich Trialkylborate (einschließlich die durch die Formel $B(OR)_3$ dargestellten, wobei jedes R unabhängig Alkyl ist) und dgl. und Kombinationen davon einschließen. Geeignete Metallsalze schließen jene ein, die mindestens ein Metallkation umfassen, das als eine Lewis-Säure dient. Bevorzugte Metallsalze schließen Metallsalze von organischen Säuren (Metallcarboxylate (einschließlich sowohl aliphatische als auch aromatische Carboxylate), Sulfonsäure (wie Trifluormethansulfonsäure), Mineralsäuren (wie Salpetersäure) und Kombinationen davon ein. Geeignete Metallkationen schließen jene mit mindestens einem freien Orbital ein. Geeignete Metalle schließen Calcium, Zink, Eisen, Kupfer, Bismut, Aluminium, Magnesium oder Kombinationen davon; Calcium, Zink, Bismut, Aluminium, Magnesium oder Kombinationen davon; oder Calcium, Zink, Bismut oder Kombinationen davon; oder Calcium) ein. In einigen Ausführungsformen kann der Katalysator Calciumtriflat oder Calciumnitrat beinhalten. In manchen Ausführungsformen können die Katalysatoren alternativ oder zusätzlich Phosphorsäure; oder eine Kombination von N-(3-Aminopropyl)piperazin und Salicylsäure beinhalten, die die Härtung eines Polyglycidylethers eines mehrwertigen Phenols, gehärtet mit einem Polyoxyalkylenpolyamin, synergistisch beschleunigt, wie im U.S.-Patent Nr. 3,639,928 erörtert, das hier vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen ist. In einigen Ausführungsformen können die Katalysatoren in der härtbaren Zusammensetzung (oder der Epoxyzusammensetzung oder der Amidzusammensetzung) in einer Menge zwischen 100 und 10000 ppm; oder 200 bis 5000 ppm, bezogen auf das Gesamtgewicht einer oder aller der Epoxyzusammensetzung, der Polyamidzusammensetzung oder der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden sein.

[0070] Zusätzlich zu den vorstehend erörterten Zusätzen können weitere Zusätze in einem oder beiden des ersten und zweiten Teils enthalten sein. Zum Beispiel einer oder alle von Antioxidationsmittel/Stabilisatoren, Farbmittel, Schleifgranulaten, Stabilisatoren gegen thermische Zersetzung, Lichtstabilisatoren, leitende Teilchen, Klebrigmacher, Fließmittel, Aufbaumittel, Glättmittel, inerte Füllstoffe, Bindemittel, Blasmittel, Fungizide, Bakterizide, grenzflächenaktive Mittel, Weichmacher und andere dem Fachmann bekannte Zusätze. Diese Zusätze werden, falls vorhanden, in einer für ihren gewünschten Zweck wirksamen Menge zugegeben.

[0071] In einigen Ausführungsformen können nach dem Härten die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung thermische, mechanische und rheologische Eigenschaften zeigen, die die Zusammensetzungen insbesondere als thermisch leitende Lückenfüller geeignet machen. Zum Beispiel wird angenommen, dass die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung eine optimale Mischung von Zugfestigkeit, Reißdehnung und Überlappungsscherfestigkeit für bestimmte Anwendungen von EV-Batterieanordnungen bereitstellen.

[0072] In einigen Ausführungsformen können die gehärteten Zusammensetzungen eine Reißdehnung, die 0,1 bis 200 %, 0,5 bis 175 %, 1 bis 160 % oder 5 bis 160 % beträgt, mit einer Ziehgeschwindigkeit zwischen 0,8 und 1,5 mm/min für vollständig gehärtete Systeme aufweisen (für die vorliegende Anmeldung werden die Werte der Reißdehnung gemäß ASTM D638-03, „Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics“ gemessen); oder mindestens 5,5 %, mindestens 6 %, mindestens 7 %, mindestens 10 %, mindestens 50 %, mindestens 100 % oder mindestens 150 % mit Ziehgeschwindigkeit zwischen 0,8 und 1,5 mm/min für vollständig gehärtete Systeme aufweisen.

[0073] In einigen Ausführungsformen können die gehärteten Zusammensetzungen eine Überlappungsscherfestigkeit auf einem reinen Aluminiumsubstrat in einem Bereich von 1 - 30 N/mm², 1 - 25 N/mm², 4 - 20 N/mm², 6 - 20 N/mm², 2 - 16 N/mm² oder 3 - 8 N/mm² für vollständig gehärtete Systeme aufweisen (für die vorliegende Anmeldung werden Werte der Überlappungsscherfestigkeit auf unbehandelten Aluminiumsubstraten (d.h. Aluminiumsubstraten ohne Oberflächenbehandlungen oder -beschichtungen außer den nativen Oxidschichten) gemäß EN 1465 Adhesives -Determination of tensile lap-shear strength of bonded assemblies) gemessen.

[0074] In einigen Ausführungsformen können die gehärteten Zusammensetzungen eine Zugfestigkeit im Bereich von 0,5 bis 16 N/mm², 1 - 10 N/mm² oder 2 - 8 N/mm², mit einer Ziehgeschwindigkeit zwischen 0,8 und

1,5 mm/min für vollständig gehärtete Systeme aufweisen (für die vorliegende Anmeldung sind die Werte der Zugfestigkeit wie gemäß EN ISO 527-2 Tensile Test gemessen).

[0075] In einigen Ausführungsformen können die Zusammensetzungen eine Härtungsgeschwindigkeit im Bereich von 1 bis 240 Stunden, 1 bis 72 Stunden oder 1 bis 24 Stunden für vollständige Härtung bei Raumtemperatur oder 10 min bis 6 Stunden, 10 Minuten bis 3 Stunden oder 30 Minuten bis 60 Minuten für vollständige Härtung bei 100°C aufweisen.

[0076] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung nach Härtung eine thermische Leitfähigkeit im Bereich von 1,0 bis 5 W/(m*K), 1,0 bis 2 W/(m*K) oder 1,4 bis 1,6 W/(m*K) aufweisen (für die Zwecke der vorliegenden Anmeldung werden Werte der thermischen Leitfähigkeit bestimmt, in dem zuerst das Diffusionsvermögen gemäß ASTM E1461-13, „Standard Test Method for Thermal Diffusivity by the Flash Method“ gemessen wird, und dann die thermische Leitfähigkeit aus dem gemessenen Temperaturdiffusionsvermögen, Wärmekapazität und Dichtemessungen gemäß der Formel berechnet wird:

$k = \alpha \cdot c_p \cdot \rho$, wobei k die thermische Leitfähigkeit in W/(m K) ist, α das Temperaturdiffusionsvermögen in mm^2/s ist, c_p die spezifische Wärmekapazität in J/K-g ist, und ρ die Dichte in g/cm^3 ist. Das Temperaturdiffusionsvermögen der Probe kann unter Verwendung von Netzsch LFA 467 „HYPERFLASH“ direkt bzw. relativ zum Standard gemäß ASTM E1461-13 gemessen werden. Die Probendichte kann unter Verwendung geometrischer Verfahren gemessen werden, während die spezifische Wärmekapazität unter Verwendung von Differentialscanningkalorimetrie gemessen werden kann.)

[0077] In einigen Ausführungsformen kann innerhalb 10 Minuten des Mischens der Epoxyzusammensetzung und der Amidzusammensetzung die Viskosität der härtbaren/teilweise gehärteten Zusammensetzung, gemessen bei Raumtemperatur, 100 bis 50000 Poise betragen und kann bei 60°C 100 bis 50000 Poise betragen. Ferner kann in Bezug auf die Viskosität die Viskosität der Epoxyzusammensetzung (vor Mischen), gemessen bei Raumtemperatur, 100 bis 100000 Poise betragen und kann bei 60°C 10 bis 10000 Poise betragen; und die Viskosität der Amidzusammensetzung (vor Mischen), gemessen bei Raumtemperatur kann 100 bis 10000 Poise betragen und kann bei 60°C 10 bis 10000 Poise betragen (für die Zwecke der vorliegenden Anmeldung werden Viskositätswerte unter Verwendung einer 40 mm parallelen Platten-Geometrie bei 1 % Beanspruchung auf einem ARES Rheometer (TA Instruments, Wood Dale, IL, US), ausgestattet mit einem Umluftofen-Zusatz bei Winkelfrequenzen im Bereich von 10 - 500 rad/s gemessen).

[0078] Die vorliegende Offenbarung betrifft weiter Verfahren zur Herstellung der vorstehend beschriebenen härtbaren Zusammensetzungen und bestimmter Bestandteile der härtbaren Zusammensetzungen. Zum Beispiel kann in einigen Ausführungsformen der vorstehend beschriebene erste Polyamidbestandteil durch Umsetzen von einer oder mehreren der vorstehend beschriebenen Disäuren mit einem oder mehreren der vorstehend beschriebenen Diamine hergestellt werden. In einigen Ausführungsformen kann die Umsetzung bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 300°C, 75 bis 250°C oder 100 bis 225°C stattfinden. In einigen Ausführungsformen kann die Umsetzung bei Atmosphärendruck (760 Torr) oder bei einem Druck unter 300 Torr, unter 100 Torr, unter 50 Torr oder unter 30 Torr stattfinden. Der Endpunkt der Umsetzung kann durch Fehlen der Entwicklung von Wasser als Nebenprodukt bestimmt werden. Die Umsetzung kann auch unter Verwendung von heterogenen wässrigen Azeotropen, wie Toluol, Xylol als Lösungsmittel, um das Nebenprodukt Wasser zu entfernen, durchgeführt werden. In einem solchen Fall kann es vorteilhaft sein, das azeotrope Lösungsmittel aus dem Produktgemisch zu destillieren, wenn die Reaktion kein weiteres Wasser bildet. Solche Destillationen können bei Atmosphärendruck oder unter Vakuum, wie vorstehend angegeben, durchgeführt werden. Dem Fachmann ist auch bekannt, dass das Polyamid durch die Umsetzung der entsprechenden Säurechloride der vorstehend erörterten Carbonsäuren mit vorstehend erörterten Diaminen gebildet werden kann. In solchen Fällen kann die Umsetzung in nicht-reaktiven wasserfreien Lösungsmitteln, wie Toluol, Xylol, Tetrahydrofuran, Triethylamin, bei Temperaturen unter 50°C durchgeführt werden. In solchen Fällen kann es vorteilhaft sein, das Lösungsmittel am Ende der Umsetzung zu destillieren. Es kann manchmal erwünscht sein, dass Katalysatoren, Schaumverhüter oder Antioxidationsmittel einzubringen. Phosphorsäure kann in einer Menge von 5 - 500 ppm, bezogen auf die gesamte Reaktionsmasse, als ein Katalysator verwendet werden. Siliconschaumverhüter, wie jene vertrieben von Dow-Corning (Midland, MI, US), können in einer Menge von 1 - 100 ppm verwendet werden. Es kann auch vorteilhaft sein, Antioxidationsmittel, wie octyliertes Diphenylamin oder phenolische Antioxidationsmittel, wie jene, vertrieben von BASF (Ludwigshafen, Deutschland) unter dem Handelsnamen Irganox (z.B. Irganox 1010 oder Irganox 1035), zu verwenden.

[0079] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung durch zuerst Mischen der Bestandteile der Epoxyzusammensetzung (einschließlich irgendwelcher Zu-

sätze) und getrennt davon Mischen der Bestandteile der Amidzusammensetzung (einschließlich irgendwelcher Zusätze) hergestellt werden. Die Bestandteile von sowohl der Epoxy- als auch der Amidzusammensetzung können unter Verwendung jedes herkömmlichen Mischverfahrens, einschließlich unter Verwendung eines Speed Mixers, gemischt werden. Bei Ausführungsformen, bei denen Dispergiermittel verwendet werden, kann das Dispergiermittel mit dem anorganischen Füllstoff vor Einmischen in die Zusammensetzung vorge-mischt werden. Als Nächstes können die Epoxyzusammensetzung und die Amidzusammensetzung unter Ver-wendung jedes herkömmlichen Mischverfahrens gemischt werden, wobei die härtbare Zusammensetzung ge-bildet wird.

[0080] In einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung zum Härten ohne Verwendung eines Katalysators oder anderer Härtungsmittel in der Lage sein. Im Allge-meinen können die härtbaren Zusammensetzungen bei typischen Anwendungsbedingungen, z.B. bei Raum-temperatur, härten, ohne dass erhöhte Temperaturen oder aktinische Strahlung (z.B. ultraviolettes Licht) erfor-derlich sind. Bei einigen Ausführungsformen härten die ersten härtbaren Zusammensetzungen bei nicht mehr als Raumtemperatur.

[0081] Bei einigen Ausführungsformen können die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung als zweiteilige Zusammensetzung bereitgestellt werden. Im Allgemeinen können die zwei Bestandteile einer zweiteiligen Zusammensetzung gemischt werden, bevor sie auf die zu verklebenden Substrate aufgetra-gen werden. Nach Mischen kann die zweiteilige Zusammensetzung die gewünschte Handhabungsfestigkeit erreichen und letztendlich die gewünschte endgültige Festigkeit erreichen. Auftragen der härtbaren Zusam-mensetzung kann zum Beispiel durch Abgeben der härtbaren Zusammensetzung aus einem Spender, umfas-send eine erste Kammer, eine zweite Kammer und eine Mischspitze, durchgeführt werden, wobei die erste Kammer den ersten Teil umfasst, wobei die zweite Kammer den zweiten Teil umfasst, und wobei die erste und die zweite Kammern mit der Mischspitze verbunden sind, wobei ermöglicht wird, dass der erste Teil und der zweite Teil durch die Mischspitze fließen.

[0082] Die härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung können für Beschichtungen, Form-gegenstände, Klebstoffe (einschließlich Struktur- und Halbstrukturklebstoffen), magnetische Medien, Verbund-stoffe mit Füllstoff oder verstärkte Verbundstoffe, abdichtende und versiegelnde Verbindungen, Gieß- und Formverbindungen, Vergieß- und Einkapselungsverbindungen, Imprägnier- und Beschichtungsverbindungen, leitende Klebstoffe für elektronische Gegenstände, Schutzbeschichtungen für elektronische Gegenstände, wie Primer und haftverbessernde Schichten, und andere Anwendungen, die dem Fachmann bekannt sind, geeig-net sein. In einigen Ausführungsformen stellt die vorliegende Offenbarung einen Gegenstand, umfassend ein Substrat mit einer gehärteten Beschichtung der härtbaren Zusammensetzung darauf bereit.

[0083] In einigen Ausführungsformen kann die härtbare Zusammensetzung als Strukturklebstoff dienen, d.h. die härtbare Zusammensetzung ist nach dem Härten in der Lage, ein erstes Substrat an ein zweites Substrat zu kleben. Im Allgemeinen baut sich die Bindungsfestigkeit (z.B. Abziehfestigkeit, Überlappungsscherfestigkeit oder Schlagfestigkeit) eines Strukturklebstoffs deutlich nach der anfänglichen Härtungszeit weiter auf. Bei ei-nigen Ausführungsformen stellt die vorliegende Offenbarung einen Gegenstand bereit, umfassend ein erstes Substrat, ein zweites Substrat und eine gehärtete Zusammensetzung, die zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat angeordnet ist und an ihnen anhaftet, wobei die gehärtete Zusammensetzung das Re-aktionsprodukt der härtbaren Zusammensetzung gemäß einer der härtbaren Zusammensetzungen der vorlie-genden Offenbarung ist. Bei einigen Ausführungsformen kann das erste und/oder zweite Substrat mindestens einer eines Metalls, eines keramischen Materials und eines Polymers, z.B. eines Thermoplasten, sein.

[0084] Die härtbaren Zusammensetzungen können auf Substrate in geeigneten Dicken im Bereich von 5 Mi-kron bis 10000 Mikron, 25 Mikrometer bis 10000 Mikrometer, 100 Mikrometer bis 5000 Mikrometer oder 250 Mikrometer bis 1000 Mikrometer aufgetragen werden. Geeignete Substrate können jeder Art und Zusammen-setzung aufweisen und können anorganisch oder organisch sein. Veranschaulichende Beispiele geeigneter Substrate schließen keramische Materialien, siliciumhaltige Substrate, einschließlich Glas, Metall (z.B. Alumi-nium oder Stahl), natürlichen oder Kunststein, gewebe oder Vliesgegenstände, polymere Substanzen, ein-schließlich thermoplastische und duroplastische (wie Polymethyl(meth)acrylat, Polycarbonat, Polystyrol, Styrol-copolymere, wie Styrol-Acrylnitril-Copolymere, Polyester, Polyethylenterephthalat), Silicone, Farben (wie jene auf Basis von Acrylharzen), Pulverbeschichtungen (wie Polyurethan- oder Hybrid-Pulverbeschichtungen) und Holz; und Verbundstoffe der vorstehenden Substanzen ein.

[0085] In einem anderen Gesichtspunkt stellt die vorliegende Offenbarung einen beschichteten Gegenstand, umfassend ein Metallsubstrat, umfassend eine Beschichtung der ungehärteten, teilweise gehärteten oder voll-

ständig gehärteten härtbaren Zusammensetzung auf mindestens einer Oberfläche davon bereit. Wenn das Substrat zwei Hauptoberflächen aufweist, kann die Beschichtung auf einer oder beiden Hauptoberflächen des Metallsubstrats aufgetragen sein und kann zusätzliche Schichten, wie Bindungs-, Haft-, Schutz- und Überzugsschichten, umfassen. Das Metallsubstrat kann zum Beispiel mindestens eine der Innen- und Außenoberflächen eines Rohrs, Behälters, einer Leitung, eines Stabs, eines profilmförmigen Gegenstands, einer Platte oder einer Röhre sein.

[0086] In einigen Ausführungsformen betrifft die vorliegende Offenbarung ferner ein Batteriemodul, das die nicht gehärteten, teilweise gehärteten oder vollständig gehärteten härtbaren Zusammensetzungen der vorliegenden Offenbarung beinhaltet. Bestandteile eines veranschaulichenden Batteriemoduls während Zusammenbau sind in **Fig. 1** zeigt, und ein zusammengebautes Batteriemodul ist in **Fig. 2** gezeigt. Das Batteriemodul **50** kann durch Anordnen mehrerer Batteriezellen **10** auf einer ersten Grundplatte **20** gebildet werden. Im Allgemeinen kann jede bekannte Batteriezelle verwendet werden, einschließlich z.B. prismatische Zellen mit hartem Behälter oder Pouch-Zelle. Die Zahl, Abmessungen und Positionen der Zellen, die mit einem bestimmten Batteriemodul assoziiert sind, können angepasst werden, um bestimmtes Design- und Leistungsanforderungen zu erfüllen. Die Konstruktionen und Designs der Grundplatte sind allgemein bekannt, und jede Grundplatte (typischerweise Metallgrundplatten aus Aluminium oder Stahl), die für die gewünschte Anwendung geeignet sind, können verwendet werden.

[0087] Batteriezellen **10** können durch eine erste Schicht **30** einer ersten härtbaren Zusammensetzung gemäß einer der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung mit der ersten Grundplatte **20** verbunden sein. Die erste Schicht **30** der härtbaren Zusammensetzung kann die erste Stufe eines Wärmemanagements bereitstellen, wobei die Batteriezellen in einem Batteriemodul angeordnet sind. Da ein Spannungsunterschied (z.B. ein Spannungsunterschied von bis zu 2,3 Volt) zwischen den Batteriezellen und der ersten Grundplatte möglich ist, kann ein Durchschlagstrom ein wichtiges Sicherheitsmerkmal für diese Schicht sein. Daher können in einigen Ausführungsformen elektrisch isolierende Füllstoffe, wie keramische Materialien (typischerweise Aluminiumoxid und Bornitrid) zur Verwendung in den härtbaren Zusammensetzungen bevorzugt sein.

[0088] In einigen Ausführungsformen kann die Schicht **30** ein diskretes Muster der ersten härtbaren Zusammensetzung, aufgebracht auf die erste Oberfläche **22** der ersten Grundplatte **20**, wie in **Fig. 1** gezeigt, umfassen. Zum Beispiel kann ein Muster des Materials entsprechend dem gewünschten Layout der Batteriezellen auf die Oberfläche der Grundplatte aufgetragen werden, z.B. per Roboter aufgetragen werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schicht als eine Beschichtung der ersten härtbaren Zusammensetzung gebildet werden, die die gesamte oder im Wesentlichen die gesamte erste Oberfläche der ersten Grundplatte bedeckt. In alternativen Ausführungsformen kann die erste Schicht durch Auftragen der härtbaren Zusammensetzung direkt auf die Batteriezellen und dann Befestigen dieser auf der ersten Oberfläche der ersten Grundplatte gebildet werden.

[0089] In einigen Ausführungsformen kann erforderlich sein, dass sich die härtbare Zusammensetzungen an Abmessungsabweichungen von bis zu 2 mm, bis zu 4 mm oder sogar mehr anpasst. Daher kann in einigen Ausführungsformen die erste Schicht der ersten härtbaren Zusammensetzung mindestens 0,05 mm dick, z.B. mindestens 0,1 mm oder sogar mindestens 0,5 mm dick sein. Höhere Durchschlagströme können größere Dicken abhängig von den elektrischen Eigenschaften des Materials erfordern, z.B. in einigen Ausführungsformen mindestens 1, mindestens 2 oder sogar mindestens 3 mm dick. Im Allgemeinen sollte, um die Wärmeleitung durch die härtbare Zusammensetzung zu maximieren und die Kosten zu minimieren, die Schicht der härtbaren Zusammensetzung so dünn wie möglich sein, während noch guter Kontakt mit der Wärmeableitung sichergestellt wird. Daher ist in einigen Ausführungsformen die erste Schicht nicht mehr als 5 mm dick, z.B. nicht mehr als 4 mm dick oder sogar nicht mehr als 2 mm dick.

[0090] Wenn die erste härtbare Zusammensetzung härtet, werden die Batteriezellen noch besser gehalten. Wenn das Härten beendet ist, sind die Batteriezellen schließlich in ihrer gewünschten Stellung fixiert, wie in **Fig. 2** veranschaulicht. Zusätzliche Elemente, wie Bänder **40**, können zum Sichern der Zellen für den Transport und die weitere Handhabung verwendet werden.

[0091] Im Allgemeinen ist erwünscht, dass die härtbare Zusammensetzung bei typischen Anwendungsbedingungen härtet, z.B. ohne dass erhöhte Temperaturen oder aktinische Strahlung (z.B. ultraviolettes Licht) erforderlich sind. In einigen Ausführungsformen härtet die erste härtbare Zusammensetzung bei Raumtemperatur oder nicht mehr als 30°C, z.B. nicht mehr als 25°C oder sogar nicht mehr als 20°C.

[0092] In einigen Ausführungsformen beträgt die Härtingszeit nicht mehr als 60 Minuten, z.B. nicht mehr als 40 Minuten oder sogar nicht mehr als 20 Minuten. Obwohl eine sehr schnelle Härtung (z.B. weniger als 5 Minuten oder sogar weniger als 1 Minute) für einige Anwendungen geeignet sein kann, kann in einigen Ausführungsformen eine Verarbeitungszeit von mindestens 5 Minuten, z.B. mindestens 10 Minuten oder sogar mindestens 15 Minuten erwünscht sein, um eine Positionierung und erneute Positionierung der Batteriezellen zu ermöglichen. Im Allgemeinen ist erwünscht, die gewünschten Härtingszeiten ohne Verwendung von teuren Katalysatoren, wie Platin, zu erreichen.

[0093] Wie in **Fig. 3** gezeigt, wird eine Mehrzahl an Batteriemodulen **50**, wie jene, veranschaulicht und beschrieben in Bezug auf **Fig. 1** und **Fig. 2**, angeordnet, um eine Batterieuntereinheit **100** zu bilden. Die Zahl, Abmessungen und Stellungen der Module, die mit einer bestimmten Batterieuntereinheit assoziiert sind, kann angepasst werden, um die bestimmten Design- und Leistungsanforderungen zu erfüllen. Die Konstruktionen und Designs der zweiten Grundplatte sind allgemein bekannt und jede Grundplatte (typischerweise Metallgrundplatten), die für die gewünschte Anordnung geeignet sind, können verwendet werden.

[0094] Einzelne Batteriemodule **50** können auf der zweiten Grundplatte **120** angeordnet werden und durch eine zweite Schicht **130** einer härtbaren Zusammensetzung gemäß einer der Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung verbunden werden.

[0095] Die zweite Schicht **130** einer zweiten härtbaren Zusammensetzung kann zwischen einer zweiten Oberfläche **24** einer ersten Grundplatte **20** (siehe **Fig. 1** und **Fig. 2**) und einer ersten Oberfläche **122** der zweiten Grundplatte **120** positioniert werden. Die zweite härtbare Zusammensetzung kann eine zweite Stufe des Wärmemanagements bereitstellen, wenn die Batteriemodule in Batterieuntereinheiten angeordnet sind. Bei dieser Stufe kann es sein, dass der Durchschlagstrom keine Anforderung ist. Daher können bei einigen Ausführungsformen elektrisch leitende Füllstoffe, wie Graphit und metallische Füllstoffe allein oder in Kombinationen mit elektrisch isolierenden Füllstoffen, wie keramischen Materialien, verwendet werden.

[0096] In einigen Ausführungsformen kann die zweite Schicht **130** als Beschichtung der zweiten härtbaren Zusammensetzung gebildet werden, die die gesamte oder im Wesentlichen gesamte erste Oberfläche **122** der zweiten Grundplatte **120** bedeckt, wie in **Fig. 3** gezeigt. In einigen Ausführungsformen kann die zweite Schicht ein diskretes Muster der zweiten härtbaren Zusammensetzung, die auf der Oberfläche der zweiten Grundplatte aufgetragen ist, aufweisen. Zum Beispiel kann ein Muster des Materials, das dem gewünschten Layout der Batteriemodule entspricht, auf die Oberfläche der zweiten Grundplatte aufgetragen, z.B. per Roboter aufgetragen, werden. In alternativen Ausführungsformen kann die zweite Schicht durch Auftragen der zweiten härtbaren Zusammensetzung direkt auf die zweite Oberfläche **24** der ersten Grundplatte **20** (siehe **Fig. 1** und **Fig. 2**) und dann Befestigen der Module auf der ersten Oberfläche **122** der zweiten Grundplatte **120** gebildet werden.

[0097] Die montierten Batterieuntereinheiten können kombiniert werden, um weitere Strukturen zu bilden. Zum Beispiel können, wie bekannt, Batteriemodule mit anderen Elementen, wie Batteriekontrolleinheiten, kombiniert werden, wobei ein Batteriesystem gebildet wird, z.B. Batteriesysteme, die in Elektrofahrzeugen verwendet werden. In einigen Ausführungsformen können zusätzliche Schichten der härtbaren Zusammensetzungen gemäß der vorliegenden Offenbarung bei der Montage solcher Batteriesysteme verwendet werden. Zum Beispiel können bei einigen Ausführungsformen thermisch leitende Lückenfüller gemäß der vorliegenden Offenbarung zum Befestigen und Unterstützen des Kühlens der Batteriesteuereinheit verwendet werden.

Liste der Ausführungsformen

1. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:

eine Polyamidzusammensetzung, umfassend ein Polyamid, wobei das Polyamid ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und eine endständige Amingruppe aufweist; und

eine Epoxyzusammensetzung, umfassend ein Epoxyharz.

2. Die härtbare Zusammensetzung nach Ausführungsform 1, wobei tertiäre Amide in dem Polyamid in einer Menge von mindestens 50 mol-%, bezogen auf den gesamten im Polyamidgerüst vorhandenen Amidgehalt vorhanden sind.

3. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, die weiter umfasst einen anorganischen Füllstoff, der in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das gesamte Volumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist.

4. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, wobei die Polyamidzusammensetzung weiter ein zweites Polyamid umfasst, wobei das zweite Polyamid ein multifunktionelles Polyamidoamin umfasst.

5. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:

eine Polyamidzusammensetzung, umfassend

einen ersten Polyamidbestandteil, umfassend das Reaktionsprodukt von

(i) einer Disäure; und

(ii) einem Diamin, wobei das Diamin ein sekundäres Diamin oder ein sekundäres/primäres Hybriddiamin umfasst;

wobei der erste Polyamidbestandteil ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und eine endständige Amingruppe aufweist; und

einen zweiten Polyamidbestandteil; und

eine Epoxyzusammensetzung, umfassend ein Epoxyharz.

6. Die härtbare Zusammensetzung nach Ausführungsform 5, wobei das Molverhältnis von Diamin zu der Disäure in dem ersten Polyamidbestandteil zwischen 1,2 und 3 liegt.

7. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 6, wobei das Diamin eine Formel $R1-NH-R2-NH-R1$ aufweist;

der Rest $R2$ ein Alkylen, verzweigtes Alkylen, Cycloalkylen, substituiertes oder unsubstituiertes Arylen, Heteroalkylen oder Heterocycloalkylen ist; und

(i) jeder Rest $R1$ unabhängig ein lineares oder verzweigtes Alkyl, Cycloalkyl, Aryl, Heteroalkyl, Heteroaryl oder Wasserstoffatom ist, mit der Maßgabe, dass Reste $R1$ nicht beide Wasserstoffatome sind, oder

(ii) die Reste $R1$ Alkylen oder verzweigtes Alkylen sind und eine heterocyclische Verbindung bilden.

8. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 7, wobei das Diamin Piperazin umfasst.

9. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 8, wobei der zweite Polyamidbestandteil ein multifunktionelles Polyamidoamin umfasst.

10. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 9, wobei der erste Polyamidbestandteil in der Polyamidzusammensetzung in einer Menge von mindestens 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polyamids in der Polyamidzusammensetzung, vorhanden ist.

11. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 10, wobei die Disäure mindestens 80 mol-% langkettige Disäure, bezogen auf die gesamten Mole der Disäure, umfasst.

12. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 5 bis 11, wobei die Disäure eine Dicarbondimersäure umfasst.

13. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, die weiter umfasst einen anorganischen Füllstoff, der in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das Gesamtvolumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist.

14. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, wobei ein Epoxyharz in der Epoxyzusammensetzung in einer Menge von mindestens 15 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Epoxyzusammensetzung, vorhanden ist.

15. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, wobei Polyamide in der Polyamidzusammensetzung in einer Menge von mindestens 15 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polyamidzusammensetzung, vorhanden sind.

16. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten (i) eine Reißdehnung von mehr als 5,5 % und (ii) eine Überlappungsscherfestigkeit auf unbehandeltem Aluminium von 6 - 20 N/mm² bereitstellt.

17. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:

ein Polyamid;

ein Epoxyharz; und

einen anorganischen Füllstoff, der in der härtbaren Zusammensetzung in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das Gesamtvolumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist;

wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten (i) eine Reißdehnung von mehr als 5,5 % und (ii) eine Überlappungsscherfestigkeit von 5 - 20 N/mm² bereitstellt.

18. Die härtbare Zusammensetzung nach Ausführungsform 17, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Zugfestigkeit von 0,5 bis 16 N/mm² bereitstellt.

19. Die härtbare Zusammensetzung nach Ausführungsform 18, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Reißdehnung von mehr als 6 % bereitstellt.

20. Die härtbare Zusammensetzung nach Ausführungsform 19, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Reißdehnung von mehr als 7 % bereitstellt.

21. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 17 - 20, wobei das Polyamid ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und ein endständiges Amin aufweist.

22. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 3 - 4, 13 - 16 oder 17 - 21, wobei der anorganische Füllstoff ATH umfasst.

23. Die härtbare Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen, die weiter ein Dispergiermittel umfasst, das eine bindende Gruppe und ein Segment zum Verträglichmachen umfasst.

24. Ein Gegenstand, umfassend eine gehärtete Zusammensetzung, wobei die gehärtete Zusammensetzung das Reaktionsprodukt der härtbaren Zusammensetzung nach einer der vorstehenden Ausführungsformen ist.

25. Der Gegenstand nach Ausführungsform 24, wobei die gehärtete Zusammensetzung eine Dicke zwischen 5 Mikron und 10000 Mikron aufweist.

26. Der Gegenstand nach einer der Ausführungsformen 24 - 25, der weiter ein Substrat mit einer Oberfläche umfasst, wobei die gehärtete Zusammensetzung auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden ist.

27. Der Gegenstand nach Ausführungsform 26, wobei das Substrat ein Metalls substrat ist.

28. Ein Gegenstand, umfassend einen ersten Substrat, ein zweites Substrat und eine gehärtete Zusammensetzung, die dazwischen angeordnet ist und das erste Substrat an das zweite Substrat haftet, wobei die gehärtete Zusammensetzung das Reaktionsprodukt der härtbaren Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 1 - 23 ist.

29. Ein Batteriemodul, umfassend mehrere Batteriezellen, die mittels einer ersten Schicht einer härtbaren Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 1 - 23 an eine erste Grundplatte gebunden sind.

30. Ein Verfahren zur Herstellung eines Batteriemoduls, umfassend: Auftragen einer ersten Schicht einer härtbaren Zusammensetzung nach einer der Ausführungsformen 1 - 23 auf eine erste Oberfläche einer ersten Grundplatte, Anbringen von mehreren Batteriezellen an der ersten Schicht, um die Batteriezellen mit der ersten Grundplatte zu verbinden, und Härten der härtbaren Zusammensetzung.

BEISPIELE

[0098] Aufgaben und Vorteile dieser Offenbarung werden weiter durch die folgenden vergleichenden und veranschaulichenden Beispiele veranschaulicht. Wenn nicht anders angegeben sind alle Teile, Prozentsätze, Verhältnisse usw. in den Beispielen und dem Rest der Beschreibung auf das Gewicht bezogen und alle in den Beispielen verwendeten Reagenzien wurden von allgemeinen chemischen Anbietern, wie z.B. Sigma-Aldrich Corp., Saint Louis, MO, US, wenn nicht anders angegeben, erhalten oder sind von ihnen erhältlich.

Herstellungsverfahren

Tabelle 1: Verwendete Substanzen

Substanz	Produktname	Zweck	Quelle	Quelllager
Polyamid 1	Flüssiges Polyamid	Vernetzer/ Zähmacher	Nachstehend bereitstellte Syntheseverfahren	
Polyamid 2	Flüssiges Polyamid	Vernetzer/ Zähmacher	Nachstehend bereitstellte Syntheseverfahren	
Polyamid 3	VERSAMID 150	Vernetzer	Gabriel Chemicals	Akron, OH, US
Polyamid 4	VERSAMID 115	Vernetzer	Gabriel Chemicals	Akron, OH, US
Epoxy 1	EPON 828	Vernetzer	Hexion	Columbus, OH, US
Epoxy 2	1,4-Butandiol- diglycidylether	Vernetzer	Sigma Aldrich	St. Louis, MO, US
Amin 1	DYTEK A	Vernetzer	TCI	Portland, OR, US
Amin 2	PRIAMINE 1074	Vernetzer	Croda	Delaware, US
Zähmacher 1	HYPRO ATBN 1300*42	Zähmacher	EMERALD Performance Chemicals	Akron, OH, US
Zähmacher 2	JEFFAMI- NE THF-100	Zähmacher	Huntsman	Woodlands, TX, US
Zähmacher 3	PRIPOL 2033	Zähmacher	Croda	New Castle, DE, US
Zähmacher 4	EM505-G20	Kern/Schale- Kautschuk - Zähmacher	LG Chem	Korea
Füllstoff 1	Aluminiumhydroxid (ATH, D50 = 17 µm)	Thermisch lei- tender Füllstoff	KC Industries	Korea
Füllstoff 2	TM1250	Thermisch lei- tender Füllstoff	Huber	Edison, NJ, US
Füllstoff 3	BAK-40 Kugelförmi- ges Aluminiumoxid	Thermisch lei- tender Füllstoff	Bestry Perfor- mance Materials	Shanghai, China
Beschleu- niger 1	Calciumtriflat	Katalysator	Sigma Aldrich	St. Louis, MO, US
Beschleu- niger 2	DBU	Katalysator	Sigma Aldrich	St. Louis, MO, US
Dispergier- mittel 1	SOLPLUS D510	Dispergiermittel	Lubrizol	Wickliffe, OH, US
Dispergier- mittel 2	BYK-W9012	Dispergiermittel	BYK Chemie	Wesel, Deutschland

[0099] Die zweiteiligen Polyamid/Epoxy-Halbstrukturklebstoffe mit hoher thermischer Leitfähigkeit wurden mit den in Tabelle 1 aufgeführten Substanzen formuliert. Der Polyamidbestandteil (Teil A) umfasste ein oder mehrere Polyamide als Vernetzungsmittel, einen Zähmacher, einen thermisch leitenden Füllstoff, ein Dispergiermittel und gegebenenfalls ein Kettenverlängerungsmittel. Der Epoxybestandteil (Teil B) umfasste ein aromatisches Epoxy und thermisch leitende Füllstoffe. Bei einigen Beispielen enthielt Teil B auch ein Dispergiermittel. Detaillierte Formulierungen für die Beispiele 1 - 8 und 12 - 19 und Vergleichsbeispiele CE9, CE10 und CE11 sind in den Tabellen 2 und 3 aufgeführt.

[0100] Ein Speed Mixer (SPEEDMIXER DAC 150.1 FVZ-K, FlackTek, Inc., Landrum, SC, US) wurde zum gründlichen Mischen der thermisch leitenden Füllstoffe mit Harzen für jeden Teil einzeln unter Verwendung einer Geschwindigkeit von 3000 Upm für 3 min bei Raumtemperatur verwendet. Wenn ein Dispergiermittel verwendet wurde, wurde Vormischen des Dispergiermittels mit dem thermisch leitenden Füllstoff (2000 Upm für 2 min) vor Zugabe der anderen Bestandteile durchgeführt.

[0101] Teil A und Teil B wurden basierend auf den stöchiometrischen Verhältnissen der funktionelle Gruppen gemischt: Aminwasserstoff (N-H)-Gruppen für Teil A und Oxirangruppen für Teil B. Entweder Handmischen oder Speedmischen wurde für diesen Zweck verwendet. Die Gewichtsverhältnisse von Teil A und Teil B für Beispiel 1 sind in den Tabellen 2 und 3 aufgeführt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der Beispiele

	Bsp. 1	Bsp. 2	Bsp. 3	Bsp. 4	Bsp. 5	Bsp. 6	Bsp. 7	Bsp. 8	Bsp. 18	Bsp. 19
	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %	Gew.- %
Teil A										
Polyamid 1	90	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polyamid 2	---	---	---	---	---	---	---		20,3	20,8
Polyamid 3	10	---	16	15,9	15,8	20	---	19,7	---	---
Polyamid 4	---	24	---	---	--	---	---	---	---	---
Füllstoff 1	--	---	---	---	78,7	80	---	78,7	--	---
Füllstoff 2	---	70	80	79,7	---	---	---	---	54,1	48,7
Füllstoff 4	---	--	---	---	---	--	---	---	23,2	20,9
Amin 1	---	--	---	---	---	---	---	---	0,5	--
Amin 2	---	---	---	---	---	--	---	---	---	6,9
Mittel z. Zäh- machen	---	6	4	4,0	3,9	--	---	---	---	---
Beschleuniger 1	---					---	---	---	0,4	1,4
Dispergier- mittel 1	---	---	---	0,4	1,6	---	--	1,6	1,6	1,4
Teil B										
Epoxy 1	100	30	20	19,9	19,7	---	20	19,7	19,9	8,3
Epoxy 2	---	---	--	---	---	---	---	---	---	3,5
Füllstoff 1	---	---	---	---	78,7	---	80	78,7	---	---
Füllstoff 2	---	70	80	79,7	---	---	--	---	55,0	60,5
Füllstoff 3	---	---	---	---	---	---	---	---	23,6	25,9
Dispersant 1	---	---	---	0,4	1,6	---	---	1,6	1,6	17
Teil A: Teil B (Gew./Gew.)	2,17	1,2	0,65	0,65	0,65	---	---	0,55	1,97	0,84
ges. Füllstoff Vol. %	0	37,8	51,0	50,6	61,2	---	--	61,2	51,2	51,4

Tabelle 3: Zusammensetzung der Beispiele und Vergleichsbeispiele unter Verwendung von Kombinationen von Polyamidharzen

	CE9	CE10	CE 11	Bsp. 12	Bsp. 13	Bsp. 14	Bsp. 15	Bsp. 16	Bsp. 17
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
Teil A									
Polyamid 1	---	---	---	--	---	---	---	17,7	---
Polyamid 2	---	--	---	19,7	18,7	17,7	15,8	---	18,2
Polyamid 3	17,7	15,8	17,7	---	1,0	2,0	3,9	2,0	2,0
Füllstoff 1	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,0
Mittel z. Zäh- machen 2	---	---	2,0	--	---	---	---	---	--
Mittel z. Zäh- machen	2,0	3,9	---	---	---	---	---	---	---
Beschleuniger 2	---	---	---	---	--	---	---	---	0,16
Dispergiermittel 1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Teil B									
Epoxy 1	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	18,7
Füllstoff 1	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	78,7	79,7
Füllstoff 2	---	---	---	---	--	---	---	---	---
Dispergiermittel 1	---	---	---	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Dispergiermittel 2	1,6	1,6	1,6	---	---	---	---	---	---
Teil A : Teil B (Gew./Gew.)	0,54	0,54	0,61	4	3,1	2,5	1,8	2,17	2,0
ges. Vol-% Füll- stoff	61,2	61,2	61,2	61,2	61,2	61,2	61,2	61,2	61,3

Synthese von flüssigem Polyamid (Polyamid 1 und Polyamid 2)

[0102] Eine Liste der bei der Synthese der Polyamide 1 und 2 verwendeten Reagenzien ist in Tabelle 4 bereitgestellt, und die Syntheseformulierung und Bedingungen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 4. Zur Synthese der flüssigen Polyamide verwendeten Substanzen

	Material	Beschreibung	Beschreibung	Ort
Disäure	Pripol 1013	Dimersäure, langkettige Disäure (Äquiv.- Gew. 287,7)	Croda	Delaware, US
Diamin 1	Ethylendiamin	ReagentPlus® se®, ≥ 99 %	Alfa Aesar	Haverhill, MA, US

	Material	Beschreibung	Beschreibung	Ort
Diamin 2	Piperazin	ReagentP-luse®, 99 %	Sigma Aldrich	St. Louis, MO, US
Katalysator	Phosphorsäure	85 %ige Phosphorsäure	J. T. Baker	Center Valley, PA, US

Tabelle 5. Formulierung zur Synthese der Polyamide 1 und 2

	Synthesetemp.	Disäure	Diamin		Katalysator
		Pripol 1013	Ethylendiamin	Pipearin	85% Phosphorsäure
Polyamid 1	225 °C	100 mol%	5 mol%	95 mol%	300 ppm
Polyamid 2	225° C	100 mol%	5 mol%	95 mol%	300 ppm

[0103] Die Synthese der flüssigen Polyamide wurde in einem 1 l-Reaktor durchgeführt. Isopropanol (IPA) wurde zum Reinigen des Kessels vor Einbringen der Ausgangssubstanz, gefolgt von Trocknen der Kammer mit Wärme unter Vakuum, verwendet. Die Zieltemperatur der Charge wurde auf 150°C eingestellt. Nachdem die Chargentemperatur 150°C erreicht hatte, wurde der Einstellpunkt der Chargentemperatur auf 177 - 182°C erhöht, um zu ermöglichen, dass Dampf den Kopf erreicht. Wenn der Dampf den Kopf erreicht hatte, wurde die Kopftemperatur allmählich auf 100°C erhöht. Etwa 80 - 90 % der theoretischen Menge an Wasser wurden aus der Destillation gesammelt. Nachdem die Kopftemperatur abgenommen hatte und nach weiteren 5 Minuten wurde die Zieltemperatur der Charge auf 225°C eingestellt. Die Kopftemperatur nahm allmählich zu und nahm dann wieder ab. Nach 5 Minuten wurde volles Vakuum (1 - 2 Torr) an die Kammer angelegt. Das Torque nahm allmählich zu und pendelte sich ein. Wenn sich das Torque eingependelt hatte, wurde die Kammer auf Atmosphärendruck entlüftet. Etwa 10 Pfund Harz ließ man in eine mit einer Trennschicht bedeckten Aluminiumpfanne ablaufen.

[0104] Das Polyamid 1 wurde unter Verwendung eines Diamins und einer Disäure mit einem Molverhältnis von 2,5 zu 1 synthetisiert. Das ergab ein Äquivalentmolekulargewicht von 637,0 g/Äquiv., wobei die Kette ein endständiges Amin aufwies. Das Polyamid 2 wurde unter Verwendung eines Diamins und einer Disäure mit einem Molverhältnis von 1,8 zu 1 synthetisiert. Das ergab ein Äquivalentmolekulargewicht von 756,9 g/Äquiv., wobei die Kette ein endständiges Amin aufwies. Die Aminendgruppen von sowohl dem Polyamid 1 als auch Polyamid 2 umfassten 95 mol-% sekundäres Amin und 5 mol-% primäres Amin. Tabelle 6. Eigenschaften der Polyamide 1 und 2

Tabelle 6. Eigenschaften der Polyamide 1 und 2

	Diamid: Disäure Molverhältnis	Äquivalent Mn (g/Äquiv.)	Viskosität bei 25°C und 100 rad/s (Poise)
Polyamid 1	2,5	637	1666
Polyamid 2	1,8	756,9	4237

Testverfahren

Rheologie der Teile A und B

[0105] Die Viskosität wurde unter Verwendung einer Geometrie mit paralleler Platte bei 1 % Beanspruchung auf einem ARES Rheometer (TA Instruments, Wood Dale, IL, US), ausgestattet mit einem Umluftofen-Zubehör bei Winkelfrequenzen im Bereich von 10 - 500 rad/s bei 25°C oder für einen Temperaturdurchlauf von 25°C bis 65°C, wobei Messungen alle 10°C durchgeführt wurden, gemessen.

Überlappende Scherhaftung (OLS)

[0106] Zwei 0,5 inch (1,27 cm) breite x 4 inch (10 cm) lange x 0,125 inch (0,32 cm) dicke Aluminiumabschnitte wurden unter Verwendung von Methylethylketon (MEK) gereinigt und sonst unbehandelt gelassen. An einer Spitze eines Abschnitts wurde ein 0,5 inch mal 0,5 inch (1,27 cm x 1,27 cm) Quadrat mit der gemischten Po-

lyamid/Epoxy Paste bedeckt und dann mit einem anderen Abschnitt in der entgegengesetzten Spitzenrichtung laminiert, wobei etwa 10 - 30 mil (0,25 - 0,76 mm) Paste zwischen den Aluminiumabschnitten erhalten wurden. Die laminierten Aluminiumabschnitte wurden dann bei einer der folgenden Einstellbedingungen gehärtet: Raumtemperatur für 24 Stunden, Raumtemperatur für 15 Stunden und 100°C für 1 Stunde, um vollständiges Härten zu erreichen. Die Probe wurde dann bei Raumtemperatur 30 min vor dem Überlappungsschertest konditioniert.

[0107] OLS Tests wurden auf einer Instron Universal Testvorrichtung Modell 1122 (Instron Corporation, Norwood, MA, US) gemäß den Verfahren von ASTM D1002-01, „Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal)“ durchgeführt. Die Traversengeschwindigkeit betrug 0,05 inch/min.

Zugeigenschaften

[0108] Für Zugtests wurden Proben in Form von taillierten Streifen durch Pressen der gemischten Paste in eine Siliconkautschukform in Form taillierter Streifen, die dann mit einer Trennfolie an beiden Seiten laminiert wurde, hergestellt. Die Form taillierter Streifen ergibt eine Probe mit einer Länge von etwa 0,6 inch im geraden Mittelbereich, einer Breite von etwa 0,2 inch im engsten Bereich und einer Dicke von etwa 0,06 - 0,1 inch. Proben wurden dann 24 Stunden bei Raumtemperatur, 15 Stunden bei Raumtemperatur oder 1 Stunde bei 100°C gehärtet, um vor dem Zugtest vollständig gehärtet zu sein.

[0109] Zugtests wurden auf einer Instron Universal Testvorrichtung Modell 1122 (Instron Corporation, Norwood, MA, US) gemäß ASTM D638-03, „Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics“ durchgeführt. Die Traversengeschwindigkeit betrug 0,05 inch/min.

Thermische Leitfähigkeit

[0110] Für Messungen der thermischen Leitfähigkeit wurden scheibenförmige Proben durch Pressen der gemischten Paste in eine scheibenförmige Siliconkautschukform, die dann mit einer Trennfolie an beiden Seiten laminiert wurde, hergestellt. Die Scheibenform ergibt Proben mit einem Durchmesser von 12,6 mm und einer Dicke von 2,2 mm. Die Probe wurde dann 24 Stunden bei Raumtemperatur, 15 Stunden bei Raumtemperatur oder 1 Stunde bei 100°C gehärtet, um vollständiges Härten zu erhalten.

[0111] Die spezifische Wärmekapazität c_p wurde unter Verwendung eines Q2000 Differentialscanningkalorimeters (TA Instruments, Eden Prairie, MN, US) mit Saphir als Verfahrensstandard gemessen.

[0112] Die Probendichte wurde unter Verwendung eines geometrischen Verfahrens bestimmt. Das Gewicht (m) einer scheibenförmigen Probe wurde unter Verwendung einer Standard-Laborwaage gemessen, der Durchmesser (d) der Scheibe wurde unter Verwendung von Schieblehren gemessen, und die Dicke (h) der Scheibe wurde unter Verwendung eines Mitatoyo Mikrometers gemessen. Die Dichte, ρ , wurde mit $\rho = m/(\pi \cdot h \cdot (d/2)^2)$ berechnet.

[0113] Das thermische Diffusionsvermögen $\alpha(T)$ wurde unter Verwendung einer LFA 467 HYPERFLASH Lichtblitzvorrichtung (Netzsch Instruments, Burlington, MA, US) gemäß ASTM E1461-13, „Standard Test Method for Thermal Diffusivity by the Flash Method“ gemessen.

[0114] Die thermische Leitfähigkeit, k, wurde aus den Messungen des thermischen Diffusionsvermögens, der Wärmekapazität und der Dichte gemäß der Formel:

$$k = \alpha \cdot c_p \cdot \rho$$

berechnet, wobei k die thermische Leitfähigkeit in W/(m K) ist, α das thermische Diffusionsvermögen in mm^2/s ist, c_p die spezifische Wärmekapazität in J/K-g ist und ρ die Dichte in g/cm^3 ist.

ERGEBNISSE

Rheologie der Teile A und B

[0115] Die Viskositätswerte der einzelnen Polyamidbestandteile (Teil A) und Epoxybestandteile (Teil B) sind in Tabelle 7 als Funktion der Winkelfrequenz und Temperatur aufgeführt.

[0116] Ein Vergleich von Beispiel 6-Teil A und Beispiel 8-Teil A zeigt, dass 2 Gew.-% Dispergiermittel zu Füllstoff die Viskosität der Polyamid-enthaltenden Teile, insbesondere bei geringerem Scherverhältnis, sehr effizient verringert. Die Systeme mit Füllstoff verhielten sich wie Newtonsche Flüssigkeiten und zeigten keine Scherverdünnung. Der gleiche Effekt wurde auch für Epoxy-enthaltende Teile (Beispiel 7-Teil B und Beispiel 8-Teil B) erhalten, die verringerte Viskosität und Newtonsches Verhalten bei Zugabe von Dispergiermittel zeigten. Höhere Temperaturen ergaben geringere Viskositätswerte für alle Formulierungen mit oder ohne Dispergiermittel.

Tabelle 7. Viskosität des Polyamidbestandteils (Teil A) und Epoxybestandteils (Teil B)

Beispiel	Rheometer Temperatur (°C)	Viskosität bei 10,0 rad/s (Poise)	Viskosität bei 50, 1 rad/s (Poise)	Viskosität bei 100, 0 rad/s (Poise)	Viskosität bei 251, 2 rad/s (Poise)	Viskosität bei 501, rad/s (Poise)
6-Teil A	25	12253	3048	2530	2179	2099
6-Teil A	45	13127	3666	2387	1509	1246
6-Teil A	65	45358	7918	4282	2294	1723
8-Teil A	25	1550	1331	1292	1264	1275
8-Teil A	45	386	303	287	274	273
8-Teil A	65	136	100	92	86	85
7-Teil B	25	46008	13518	7716	5762	5848
7-Teil B	45	2247	619	534	474	459
7-Teil B	65	1545	261	193	151	138
8-Teil B	25	4832	4365	4251	4133	4152
8-Teil B	45	530	425	400	379	377
8-Teil B	65	127	95	87	81	79

Physikalische Eigenschaften: Thermische Leitfähigkeit, Überlappungsscherfestigkeit, Zugfestigkeit und Dehnung

[0117] Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der OLS Tests für die Beispiele 2 und 3. Teil A in Beispiel 2 enthielt Versamid 115 (Polyamid 4), und seine Viskosität betrug etwa 4000 Poise bei 25°C, während Teil A in Beispiel 3 Versamid 150 (Polyamid 3) enthielt und seine Viskosität nur 30 Poise bei 25°C betrug. Die OLS auf Aluminiumabschnitten für Beispiel 3 war viel höher als Beispiel 2, 10,2 N/mm² gegenüber 1,9 N/mm². Es wird angenommen, dass geringere Viskosität bessere Oberflächenbenetzung bereitstellen kann, wobei höhere Haftung aufgebaut wird; und die Härtungsgeschwindigkeit erhöhen kann, wobei so die Überlappungsscherfestigkeit erhöht wird.

Tabelle 8. Überlappungsscherfestigkeit der Beispiele 2 und 3

Beispiel	Polyamid	Viskosität von Polyamid bei 25°C (Poise)	Härtungsbedingung	OLS auf Al nach 24 Std. bei Raumtemperatur (N/mm ²)
2	VERSAMID 115	4000	RT 24 Std.	1,9
2	VERSAMID 150	30	RT 24 Std.	10,2

[0118] Die thermische Leitfähigkeit und OLS Haftung der Beispiele 4 und 5 sind in Tabelle 9 bereitgestellt. Beispiel 5 zeigte einen höheren thermischen Leitfähigkeitswert als Beispiel 4. Ohne Festlegen auf eine Theorie kann das auf die geringere Dichte von ATH (Füllstoff 1) verglichen zu TM1250 (Füllstoff 2) zurückgeführt werden; bei einem äquivalenten Prozentsatz bildet Füllstoff 1 einen höheren Volumenprozentsatz der Zusammensetzung als Füllstoff 2. Zusätzlich ist die Teilchengröße von Füllstoff 1 größer als von Füllstoff 2; daher ist die Bildung des Durchflusses bei Formulierungen, die Füllstoff 1 enthalten, viel leichter, verglichen mit Formulierungen, die Füllstoff 2 enthalten. Die OLS auf Aluminiumabschnitten von Beispiel 5 mit Füllstoff 1 ist auch höher als bei Beispiel 4 mit Füllstoff 2.

Tabelle 9. Thermische Leitfähigkeit und OLS Haftung an Aluminiumsubstraten

Beispiel	Volu- men-% Füllstoff	Härtungs- bedin- gung	Thormisches Diffusions- vermögen (mm ² /s)	Dichte (g/cm ³)	Wärme- kapazität J/(C.g)	Thermische Leitfähigkeit (W/(m*K) (geschätzt)	OLS (Al) (N/mm ²)
4	50,6	RT 24 Std.	0,66	2,39	0,91	1,44	8,0
5	61,2	RT 24 Std.	0,72	1,73	1,22	1,52	13,3

[0119] Tabelle 10 vergleicht die physikalischen Eigenschaften von Zusammensetzungen, die unter Verwendung der im Handel erhältlichen Polyamide (Polyamid 3 und Polyamid 4) hergestellt wurden, mit synthetisierten flüssigen Polyamiden, die tertiäre Amide im Gerüst (Polyamid 1 und Polyamid 2) beinhalten. Die Beispiele CE9, CE10 und CE11, die unter Verwendung des Polyamids 3 hergestellt wurden, zeigten geringe Dehnung. Jedoch zeigt ein Vergleich der Vergleichsbeispiele CE9 und CE10, dass die Scherhaftung auf Aluminiumsubstraten nach Erhöhen der Menge des Mittels zum Zähmachen in der Formulierung signifikant verringert ist.

[0120] Die Polyamide 1 und 2, die tertiäres Amid im Gerüst enthalten, können die Zähigkeit wirksam verbessern, während gute Haftung an Aluminium aufrechterhalten wird. Der Grund ist, dass, wenn tertiäres Amid als Hauptbestandteil im Gerüst enthalten ist, Kettenbiegsamkeit und gleichzeitig gute Haftung an Metalloberflächen bereitgestellt wird. Wie in Tabelle 10 gezeigt, stellt, anders als bei anderen Mitteln zum Zähmachen, das flüssige Polyamid tertiäre Amidbindungen bereit, die Haftung an Metalloberflächen bereitstellen.

[0121] Beispiel 12, das nur unter Verwendung von Polyamid 2 im Aminbestandteil hergestellt wurde, zeigte eine Reißdehnung von mehr als 100 %, wies aber eine relativ geringe Zugfestigkeit auf. Die Beispiele 13 - 15 beinhalten eine Kombination von Polyamid 3 und Polyamid 2. Alle diese Beispiele zeigten gute Haftung an Aluminiumsubstraten (OLS Tests), gute Zugfestigkeit und ausgezeichnete Reißdehnung. Die Füllstoffbeladung bei den Beispielen 12 - 15 betrug etwa 80 Gew.-% (61,2 Vol.-%), was eine thermische Leitfähigkeit von etwa 1,5 W/(m*K) bereitstellte. Das Polyamid 2 scheint gute Reißdehnung bereitzustellen, was auf die geringe Wasserstoffbindungsdichte und Vernetzungsdichte zurückzuführen sein kann, während Polyamid 3 gute Kohäsion für Zugfestigkeit und Haftung durch hohe Wasserstoffbindungsdichte bereitstellt. Die Beispiele 13 - 15 enthalten Polyamid 3 in Mengen von 5 Gew.-%, 10 Gew.-% bzw. 20 Gew.-% des gesamten Polyamids. Mit Zunahme des Polyamids 3 nahm die OLS auf den Aluminiumabschnitten von 5,2 N/mm² (Beispiel 12) auf 14,5 N/mm² (Beispiel 15) zu, und die Zugfestigkeit nahm von 1,8 N/mm² (Beispiel 12) auf 9,0 N/mm² (Beispiel 12) zu, während die Reißdehnung von 101,7 % (Beispiel 12) auf 14 % (Beispiel 15) abnahm.

Tabelle 10. OLS und Ergebnisse des Zugtests für Formulierungen mit unterschiedlichen Mitteln zum Zähmachen und Kombination von Polyamid 2 und Polyamid 3

Bsp.	Mittel zum Zäh- machen	VERSAMI: Mittel z. Zäh- machen (Gew.:Gew.)	Polyamid 3: Polyamid 2 Verhält- nis (Gew.: Gew.)	Härtungs- bedingung	OLS (Al) (N/mm ²)	Zugfes- tigkeit (N/mm ²)	Reißdeh- nung (%)
CE9	PRIPOL 2033	90:10	100:0	RT 15 Std. + 60°C 1 Std.	10,4	8,5	2,8
CE1 0	PRIPOL 2033	80:20	100:0	RT 15 Std. + 60°C 1 Std.	8,5	5,7	5,5

Bsp.	Mittel zum Zähmachen	VERSAMI: Mittel z. Zähmachen (Gew.:Gew.)	Polyamid 3: Polyamid 2 Verhältnis (Gew.:Gew.)	Härtungsbedingung	OLS (Al) (N/mm ²)	Zugfestigkeit (N/mm ²)	Reißdehnung (%)
CE1 1	EM505-G20	90:10	100:0	RT 15 Std. + 60°C 1 Std.	11,7	15,8	1,1
12	---	---	0:100	1 Std. bei 100°C	5,2	1,8	101,7
13	---	---	5:95	1 Std. bei 100°C	8,7	2,2	62,1
14	---	---	10:90	1 Std. bei 100°C	9,7	4,3	33,0
15	--	---	20:80	1 Std. bei 100°C	14,5	9,0	14,0

[0122] Tabelle 11 fasste die Ergebnisse der Überlappungscherungstests und des Zugtests für Formulierungen mit unterschiedlichen Polyamiden mit tertiären Amidgerüsten mit und ohne Füllstoff zusammen. Die Viskosität des Polyamids mit tertiärem Amid im Gerüst scheint die Haftvermögen und Zugeigenschaften der Zusammensetzung zu beeinflussen. Tabelle 16 schloss das Polyamid 1 ein, das geringere Viskosität als Polyamid 2 (Tabelle 6) aufweist, das in Beispiel 14 enthalten war. Die OLS auf Aluminiumsubstraten nimmt von 4,3 N/mm² (Beispiel 14) auf 7,3 N/mm² (Beispiel 16) zu, während die Dehnung von 33 % (Beispiel 14) auf 24,8 % (Beispiel 16) abnimmt.

[0123] Die Ergebnisse für Beispiel 1 zeigen, dass eine Zusammensetzung ohne Füllstoffe eine OLS auf Aluminium von 16,9 N/mm², Zugfestigkeit von 10,4 N/mm² und Reißdehnung von 400 % ergibt.

Tabelle 11. OLS und Zugtestergebnisse für Formulierungen mit Polyamid 1 und Polyamid 2 mit und ohne Füllstoff

Bsp.	Polyamid Art und Verhältnis	Füllstoff Volumen-%	Härtungsbedingung	OLS (Al) (N/mm ²)	Zugfestigkeit (N/mm ²)	Reißdehnung (%)
14	Polyamid 2/ Polyamid 3 (90:10 Gew.:Gew.)	61,2	1 Std. bei 100°C	9,7	4,3	33,0
16	Polyamid 1/ Polyamid 3 (90:10 Gew.:Gew.)	61,2	1 Std. bei 100°C	12,8	7,3	24,8
1	Polyamid 1/ Polyamid 3 (90:10 Gew.:)	0	1 Std. bei 100°C	16,9	10,4	400,0

[0124] Tabelle 12 fasst die Härtungskinetiken der Formulierungen mit und ohne multifunktionellem Amin (Amin 1, DYTEK A) und mit entweder Beschleuniger 1 oder Beschleuniger 2 oder Katalysator zusammen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Beispiel 18 eine höhere Härtungsgeschwindigkeit als Beispiel 17 aufweist.

Tabelle 12. OLS Testergebnisse für Formulierungen mit und ohne Amin 1 und mit unterschiedlichen Katalysatoren mit verschiedenen Härtungszeiten bei Raumtemperatur

Bsp.	Amin	Katalysator	OLS (Al) (N/mm ²)			
			RT 8 Std.	RT 24 Std.	RT 48 Std.	RT 96 Std.
17	N/A	DBU	0,04	1,8	3,9	10,8
18	Amin 1	Calciumtriflat	2,5	5,6	8,9	10

[0125] Zusätzlich können reaktive Verdünnungsmittel zu den Teilen A und B gegeben werden, um die Viskosität zu verringern. Amin 1, ein difunktionelles Amin, war in Teil A von Beispiel 19 enthalten. Tabelle 13 zeigt, dass die Viskosität von Teil A von Beispiel 18 2206200 cps beträgt, während die Viskosität von Teil A von Beispiel 19 340900 cps beträgt. Teil B von Beispiel 19, das Epoxy 2 enthält, weist ebenfalls eine verringerte Viskosität verglichen mit Teil B von Beispiel 18 auf.

Tabelle 13. OLS, Zug-, TC und Viskositätsergebnisse bei Formulierungen mit und ohne reaktiven Verdünnungsmitteln in beiden Teilen.

Bsp.	Füllstoff Vol.-%	OLS (N/mm ²)	Zugfestigkeit (N/mm ²)	Reißdehnung (%)	TC (W/mK)	Viskosität Teil A bei 100 rad/s, RT (cps)	Viskosität Teil B bei 100 rad/s, RT (cps)
18	51,2	10	5,5	66	1,1	2 206 200	140 000
19	51,4	5,2	4,1	33	1,2	340 900	14 000

[0126] Verschiedene Abwandlungen und Änderungen gegenüber dieser Offenbarung sind für den Fachmann ohne Abweichen vom Bereich und Sinn dieser Offenbarung zu erkennen. Es sollte klar sein, dass diese Offenbarung nicht gedacht ist, um in unangemessener Weise durch die veranschaulichenden Ausführungsformen und Beispiele, die hier dargestellt sind, eingeschränkt zu werden, und dass solche Beispiele und Ausführungsformen nur als Beispiel gezeigt werden, wobei der Bereich der Offenbarung nur durch die Patentansprüche, die wie folgt dargelegt werden, beschränkt sein soll. Alle in dieser Offenbarung zitierten Dokumente sind hier in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme eingeschlossen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2705223 [0002]
- US 6008313 [0002]
- US 3595887 [0041]
- US 3377303 [0050]
- US 2705222 [0050]
- US 3496250 [0061]
- US 2007/0027233 [0063]
- US 2013/0037213 [0064]
- US 3639928 [0069]

Patentansprüche

1. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:
eine Polyamidzusammensetzung, umfassend ein Polyamid, wobei das Polyamid ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und eine endständige Amingruppe aufweist; und
eine Epoxyzusammensetzung, umfassend ein Epoxyharz.
2. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 1, wobei tertiäre Amide in dem Polyamid in einer Menge von mindestens 50 mol-%, bezogen auf den gesamten im Polyamidgerüst vorhandenen Amidgehalt, vorhanden sind.
3. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 2, die weiter umfasst einen anorganischen Füllstoff, der in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das gesamte Volumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist.
4. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 3, wobei die Polyamidzusammensetzung weiter ein zweites Polyamid umfasst, wobei das zweite Polyamid ein multifunktionelles Polyamidoamin umfasst.
5. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:
eine Polyamidzusammensetzung, umfassend
einen ersten Polyamidbestandteil, umfassend das Reaktionsprodukt von
(i) einer Disäure; und
(ii) einem Diamin, wobei das Diamin ein sekundäres Diamin oder ein sekundäres/primäres Hybriddiamin umfasst;
wobei der erste Polyamidbestandteil ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und eine endständige Amingruppe aufweist; und
einen zweiten Polyamidbestandteil; und
eine Epoxyzusammensetzung, umfassend ein Epoxyharz.
6. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei das Molverhältnis von Diamin zu Disäure in dem ersten Polyamidbestandteil zwischen 1,2 und 3 liegt.
7. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei
das Diamin die Formel $R1-NH-R2-NH-R1$ aufweist;
der Rest $R2$ ein Alkyl, verzweigtes Alkyl, Cycloalkyl, substituiertes oder unsubstituiertes Aryl, Heteroalkyl oder Heterocycloalkyl ist; und
(i) jeder Rest $R1$ unabhängig ein lineares oder verzweigtes Alkyl, Cycloalkyl, Aryl, Heteroalkyl, Heteroaryl oder Wasserstoffatom ist, mit der Maßgabe, dass Reste $R1$ nicht beide Wasserstoffatome sind, oder
(ii) die Reste $R1$ Alkyl oder verzweigtes Alkyl sind und eine heterocyclische Verbindung bilden.
8. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 7, wobei das Diamin Piperazin umfasst.
9. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei der zweite Polyamidbestandteil ein multifunktionelles Polyamidoamin umfasst.
10. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei der erste Polyamidbestandteil in der Polyamidzusammensetzung in einer Menge von mindestens 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Polyamids in der Polyamidzusammensetzung, vorhanden ist.
11. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei die Disäure mindestens 80 mol-% langkettige Disäure, bezogen auf die gesamten Mole der Disäure, umfasst.
12. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei die Disäure eine Dicarbondimersäure umfasst.
13. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, die weiter einen anorganischen Füllstoff umfasst, der in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das Gesamtvolumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist.

14. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, wobei ein Epoxyharz in der Epoxyzusammensetzung in einer Menge von mindestens 15 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Epoxyzusammensetzung, vorhanden ist.

15. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 14, wobei Polyamide in der Polyamidzusammensetzung in einer Menge von mindestens 15 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Polyamidzusammensetzung, vorhanden sind.

16. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 15, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten (i) eine Reißdehnung von mehr als 5,5 % und (ii) eine Überlappungsscherfestigkeit auf unbehandeltem Aluminium von 6 - 20 N/mm² bereitstellt.

17. Eine härtbare Zusammensetzung, umfassend:
ein Polyamid;
ein Epoxyharz; und
einen anorganischen Füllstoff, der in der härtbaren Zusammensetzung in einer Menge von mindestens 20 Volumen-%, bezogen auf das Gesamtvolumen der härtbaren Zusammensetzung, vorhanden ist;
wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten (i) eine Reißdehnung von mehr als 5,5 % und (ii) eine Überlappungsscherfestigkeit von 5 - 20 N/mm² bereitstellt.

18. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 17, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Zugfestigkeit von 0,5 bis 16 N/mm² bereitstellt.

19. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 17, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Reißdehnung von mehr als 6 % bereitstellt.

20. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 19, wobei die härtbare Zusammensetzung nach Härten eine Reißdehnung von mehr als 7 % bereitstellt.

21. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 20, wobei das Polyamid ein tertiäres Amid im Gerüst davon umfasst und ein endständiges Amin aufweist.

22. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 21, wobei der anorganische Füllstoff ATH umfasst.

23. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 21, die weiter ein Dispergiermittel umfasst, das eine bindende Gruppe und ein Segment zum Verträglichmachen umfasst.

24. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 5, die weiter ein multifunktionelles Amin umfasst, das 2 - 20 Kohlenstoffatome umfasst.

25. Die härtbare Zusammensetzung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die weiter einen Katalysator umfasst.

26. Die härtbare Zusammensetzung nach Anspruch 25, wobei der Katalysator eine Lewissäure umfasst.

27. Ein Gegenstand, umfassend eine gehärtete Zusammensetzung, wobei die gehärtete Zusammensetzung das Reaktionsprodukt der härtbaren Zusammensetzung nach Anspruch 5 ist.

28. Der Gegenstand nach Anspruch 27, wobei die gehärtete Zusammensetzung eine Dicke zwischen 5 Mikron und 10000 Mikron aufweist.

29. Der Gegenstand nach Anspruch 28, der weiter ein Substrat mit einer Oberfläche umfasst, wobei die gehärtete Zusammensetzung auf der Oberfläche des Substrats abgeschieden ist.

30. Der Gegenstand nach Anspruch 29, wobei das Substrat ein Metallträger ist.

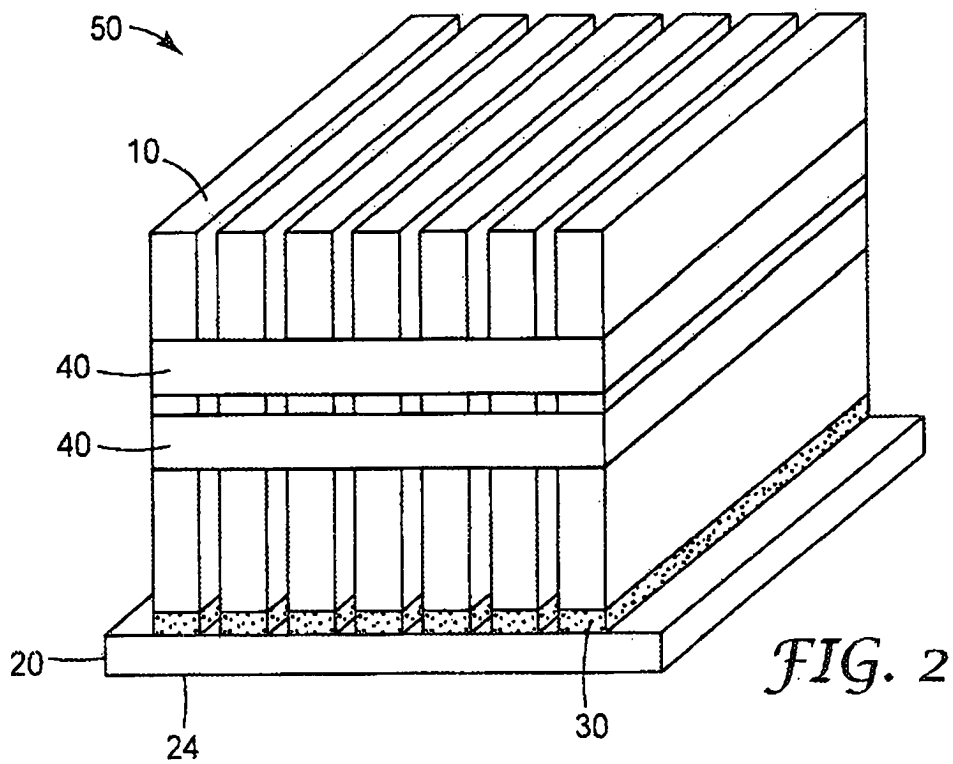
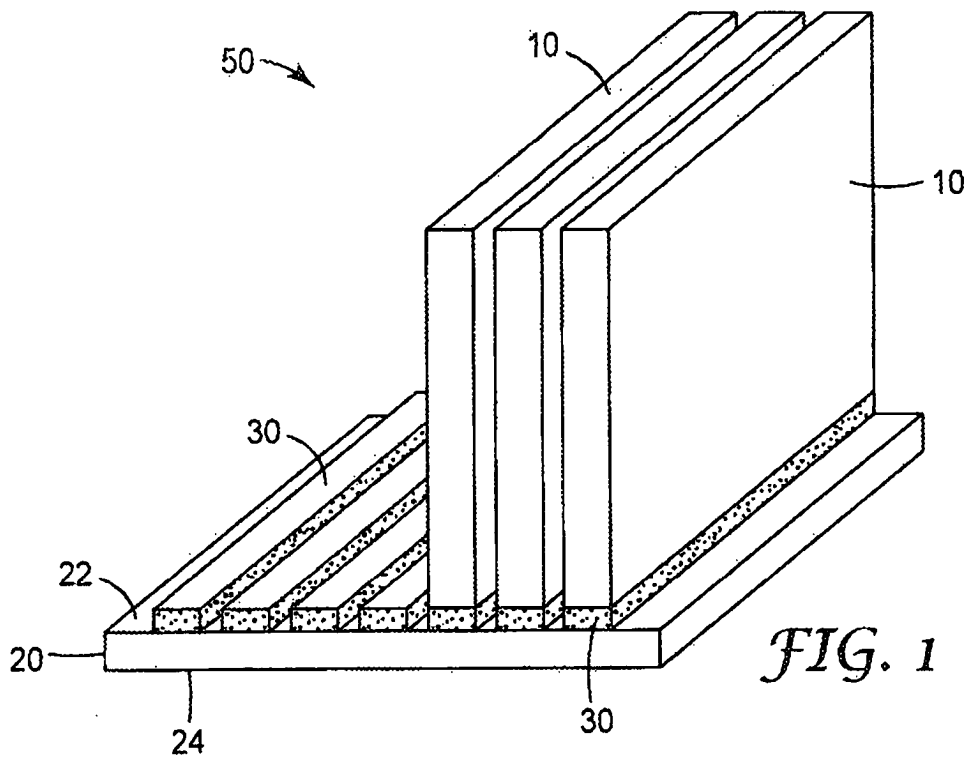
31. Ein Gegenstand, umfassend ein erstes Substrat, ein zweites Substrat und eine gehärtete Zusammensetzung, die dazwischen angeordnet ist und das erste Substrat an das zweite Substrat haftet, wobei die gehärtete Zusammensetzung das Reaktionsprodukt der härtbaren Zusammensetzung nach Anspruch 5 ist.

32. Ein Batteriemodul, umfassend mehrere Batteriezellen, die mittels einer ersten Schicht einer härtbaren Zusammensetzung nach Anspruch 5 an eine erste Grundplatte gebunden sind.

33. Ein Verfahren zur Herstellung eines Batteriemoduls, umfassend: Auftragen einer ersten Schicht einer härtbaren Zusammensetzung nach Anspruch 5 auf eine erste Oberfläche einer ersten Grundplatte, Anbringen von mehreren Batteriezellen an der ersten Schicht, um die Batteriezellen mit der ersten Grundplatte zu verbinden, und Härten der härtbaren Zusammensetzung.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



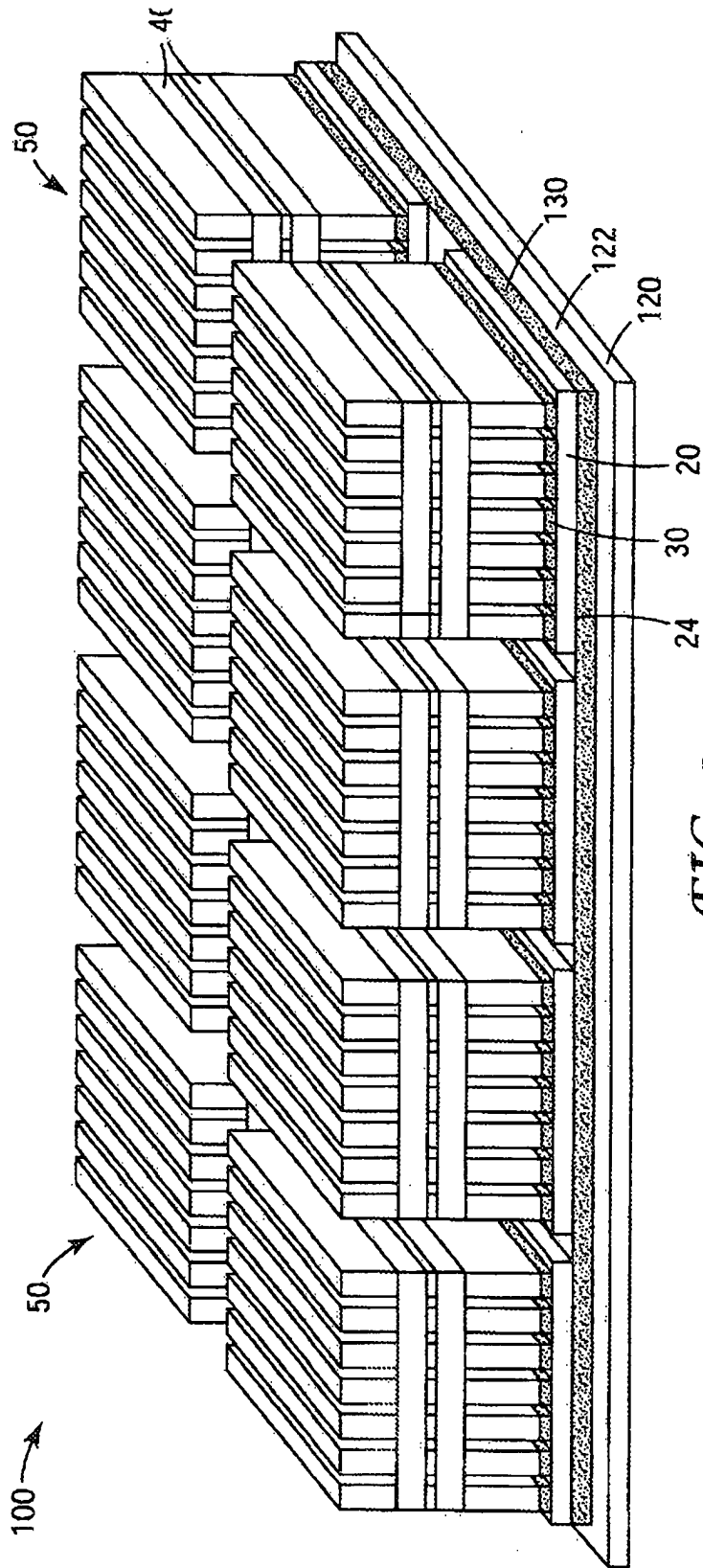


FIG. 3