



KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

das Bauteil lagerfähig ist, ein Verfahren zur Verarbeitung eines derartigen Bauteils, wobei beim Aushärten eines zweiten Mittels, beispielsweise ein Verbindungsmittel oder ein Beschichtungsmittel, Moleküle des zweiten Mittels untereinander und mit funktionellen Gruppen des Bauteils in einer Diffusionszone ein homogenes Netzwerk bilden, eine Bauteileinheit sowie ein beschichtetes Bauteil.

Verfahren zum Verarbeiten eines Bauteils, Bauteil, Bauteileinheit und beschichtetes Bauteil

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verarbeiten eines Bauteils, beispielsweise zum Verbinden eines Bauteils mit einem Fügepartner oder zum Versetzen mit einer Beschichtung, ein Bauteil, eine Bauteileinheit und ein beschichtetes Bauteil.

In modernen Luft- und Raumfahrzeugen werden verstärkt Bauteile bestehend aus einer Matrix, insbesondere einer Duromermatrix, und einer Vielzahl von in der Matrix eingebetteten Fasern, wie Kohlenstofffasern, eingesetzt. Die einzelnen Bauteile lassen sich grundsätzlich miteinander verkleben. Allerdings sind beispielsweise im Bereich einer Primärstruktur eines Flugzeugs Klebeverbindungen nach der AC20-107B der Federal Aviation Administration nicht zertifiziert. Gründe hierfür sind eine Anfälligkeit von Klebeverbindungen bezüglich schwankenden Prozessparameters und insbesondere einer möglichen Kontamination von Klebeflächen. Klebeverbindungen beruhen vorrangig auf dem physikalischen Effekt der Adhäsion, die sehr empfindlich gegenüber Oberflächenungenauigkeiten ist. Zum Einhalten der Erfordernisse der AC20-107B sind die einzelnen Bauteile untereinander oder an Metallflächen zusätzlich zur Klebung mittels schadensausbreitungsverhindernden Einrichtungen wie herkömmlichen Befestigungsmitteln in Form von Nieten zu fügen.

Zur Oberflächenbehandlung von Klebeflächen sind aus dem Metallbau beispielsweise Ätzverfahren bekannt, deren Wirksamkeit über individuelle Badzusammensetzungsparameter überwacht werden können. Klebeflächen von duromerbasierten Bauteilen werden herkömmlicherweise angeraut. Dies erfolgt beispielsweise mittels einem Schleifprozess oder einer Laserbehandlung. Als alternative

Behandlungsmethode ist eine Plasmabehandlung oder eine Koronabehandlung der Klebeflächen bekannt.

Aus dem europäischen Patent mit der Nummer EP0734411B1 ist ein Verfahren zum Abbau von polycyanurathaltigen Materialien, insbesondere von Polycyanuraten, Polycyanurat-Prepolymeren und polycyanurathaltigen Kunststoffen bekannt. Polycyanurate können durch Polycyclotrimerisierung aus di- oder polyfunktionellen Cyanaten gebildet werden. Dabei wird das polycyanurathaltige Material in fein verteilter Form bereitgestellt. Dies kann zum einen dadurch geschehen, dass das Material in einem geeigneten Lösungsmittel aufgenommen wird, beispielsweise in einem cyclischen Ether, wie THF, einem chlorierten Kohlenwasserstoff, wie Methylenchlorid oder einem stickstoffhaltigen Lösungsmittel, beispielsweise Pyrrolidon oder NMP. Als Lösungsmittel kann auch die für die Aminolyse eingesetzte NH_2 -Gruppen enthaltende Verbindung verwandt werden, beispielsweise Ammoniak oder primäres Amin, gegebenenfalls in kondensiertem Zustand unter Druck oder aufgeschmolzen. Durch Verwendung geeigneter Diamine oder Aminoalkohole erhält man mit dem Verfahren di- und/oder polyfunktionelle Amine und/oder Alkohole, die als Ausgangsstoffe für die Herstellung von Polyurethanen, Melaminharzen, Epoxidharzen, Polyestern, Polycarbonaten, etc. eingesetzt werden können. Anfallende di- bzw. polyfunktionelle Phenole können wieder in die entsprechenden di- bzw. polyfunktionellen Cyanate umgewandelt werden, welche als Ausgangsstoffe für neue polycyanurathaltige Materialien eingesetzt werden können, so dass von einem echten stofflichen Recycling gesprochen werden kann.

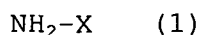
Aufgabe der Erfindung ist es, ein Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix zu schaffen, das zur Herstellung einer hochfesten Verbindung, beispielsweise einer hochfesten Verbindung mit einem Fügepartner oder einer Beschichtung, vorbereitet ist. Des Weiteren ist es Aufgabe der Erfindung, ein zuverlässiges Verfahren zur Verarbeitung eines Bauteils, insbesondere zum Verbinden eines Bauteils mit einem Fügepartner oder zum Versehen mit einer Beschichtung, eine

hochbelastbare Bauteileinheit und ein beschichtetes Bauteil mit einer verbessert anhaftenden Beschichtung zu schaffen.

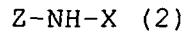
Es hat sich nun überraschend und für den Fachmann nicht vorhersehbar herausgestellt, dass ein Verfahren zum Verarbeiten eines Bauteils (1) aus Faserverbundwerkstoff mit einer Duromer-Matrix aus Polycyanuraten, beispielsweise zum Verbinden eines Bauteils (1) mit einem Fügepartner (2) oder zum Versehen mit einer Beschichtung (42), umfassend die Schritte

- a) Behandeln einer Oberfläche oder eines Oberflächenbereichs mit einem ersten Mittel (16), gewählt unter Verbindungen mit wenigstens einer reaktiven NH_2 - oder NH -Gruppe;
- b) Behandeln der Oberfläche oder des Oberflächenbereichs mit einem zweiten Mittel (30), gewählt unter Cyanaten, Epoxidharzen, Isocyanaten und Acrylaten, den Nachteilen des Standes der Technik abhilft.

Dabei ist es bevorzugt, wenn das erste Mittel mit einem dritten Mittel vermischt ist, welches unter Lösungsmitteln gewählt unter Aceton, Butanon, Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, 2-Methyl-1-Propanol, 2-Methyl-2-Propanol, 1-Butanol, 2-Butanol, THF, DMSO, Dioxan, CHCl_3 , CH_2Cl_2 , NMP, MPA und Wasser, besonders bevorzugt ein Lösungsmittel mit einem Dipolmoment von wenigstens 5×10^{-30} Cm gewählt wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das dritte Mittel unter Ketonen und Alkoholen gewählt wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das dritte Mittel unter Aceton, Methylethylketon und Alkoholen mit ein bis vier Kohlenstoffatomen gewählt wird, im Fall von Alkoholen sind einwertige Alkohole ganz besonders bevorzugt. Bei all dem ist es weiter beonders stark bevorzugt, wenn das dritte Mittel unter Aceton, Methylethylketon und Isopropanol gewählt wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das erste Mittel unter Ammoniak, einem substituierten Hydrazin, einem Amin der Formel (1)



und/oder einem Amin der Formel (2)



gewählt wird, worin

X ausgewählt ist unter -H, -OH, -NH₂, -NHR¹ und R²-Y-, wobei R¹ ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit insbesondere 1 bis 20 C-Atomen ist, der substituiert sein kann, R₂ ein zweiwertiger aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist und Y für einen beliebigen zweiwertigen Rest steht, bevorzugt -H, -OH, -NH₂ oder -NHR¹;

Z ist ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen, der substituiert sein kann, bevorzugt ist Z eine Gruppe R³-A, worin R³ ein zweiwertiger aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist und A für einen beliebigen zweiwertigen Rest steht, bevorzugt für -OH, -NH₂ oder -NHR¹. Unter den substituierten Hydrazinen sind ganz besonders bevorzugte Hydrazine das Benzyl-, Phenyl- oder Methylhydrazin. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das erste Mittel unter Ethylendiamin, 2-Aminoethanol, 3-Aminopropanol, N-Methylethanolamin und Diethanolamin, bevorzugt unter Ethylendiamin, 2-Aminoethanol, 3-Aminopropanol und N-Methylethanolamin gewählt wird und besonders bevorzugt Ethylendiamin verwendet wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das zweite Mittel ein Beschichtungsmittel, bevorzugt eine Grundierung, Lackierung oder ein Gelcoat oder ein Verbindungsmittel, bevorzugt ein Klebstoff oder ein Dichtstoff darstellt, mit dem ein Fügepartner (2) mit dem Bauteil (1) verbunden wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn der Schritt a), das Behandeln einer Oberfläche oder eines Oberflächenbereichs mit einem ersten Mittel (16) oder einer Mischung aus erstem Mittel mit einem dritten Mittel in einem Temperaturbereich von wenigstens 45°C bis zum Siedepunkt oder Siedebereich des ersten Mittels (16) oder der Mischung aus erstem Mittel mit einem dritten Mittel durchgeführt wird, wobei die Siedepunkte auf den bei der Behandlung herrschenden Druck bezogen sind. Bei höher siedenden Mitteln, etwa Ethanol,

Metylethylketon oder noch höher siedenden Mitteln ist ein Temperaturbereich von 30°C unter deren Siedepunkt bis zum Siedepunkt besonders bevorzugt. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn das erste Mittel (16) durch die Oberfläche (8) in einen oberflächenangrenzenden Volumenbereich (10) des Matrixnetzwerks (12) eindringt und auf die Oberfläche (8) und in dem Volumenbereich (10) wirkt, wobei durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkbereich eine Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerkes (12) des Bauteils (1) erfolgt, wobei funktionelle Gruppen (26) des Matrixnetzwerks (12) gebildet werden und das Matrixnetzwerk (12) im Einwirkbereich (22) nach der Oberflächenbehandlung mehr funktionelle Gruppen (26) aufweist als vor der Oberflächenbehandlung, und dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt b) durch die Oberfläche (8) reaktive, mobile Moleküle des vernetzenden zweiten Mittels (30) in den Einwirkbereich (22) eindringen, wobei durch das Eindringen der Moleküle des vernetzenden zweiten Mittels (30) in den Einwirkbereich (22) eine sich von der Oberfläche (8) in den Einwirkbereich (22) hineinerstreckende Diffusionszone (38) gebildet wird, und beim Aushärten des zweiten Mittels (30) die Moleküle des zweiten Mittels (30) untereinander und mit den funktionellen Gruppen (26) in der Diffusionszone (38) ein homogenes Netzwerk (33) bilden. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn zumindest eine Eindringtiefe (s) des ersten Mittels (16) in den Volumenbereich (10) und/oder ein Gradient bezüglich der Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerkes (12) im Einwirkbereich (22) über eine Zusammensetzung des dritten Mittels, eine Menge des dritten Mittels, eine Einwirkzeit (t1) und/oder eine Bearbeitungstemperatur (T1) eingestellt wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn eine überschüssige Menge des ersten Mittels (16) und/oder dritten Mittels aus dem Einwirkbereich (22) herausgewaschen und/oder durch Trocknen entfernt wird. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn entweder die zumindest eine Oberfläche (8) vor der Oberflächenbehandlung gegenüber übrigen Oberflächen des Bauteils (1) zumindest partiell abgedichtet wird oder übrige Oberflächen zur zumindest einen Oberfläche (8) zumindest partiell maskiert werden. Bei all dem ist es weiter bevorzugt, wenn entweder

das Bauteil (1) ausgehärtet ist und der Fügepartner (2) ein ausgehärtetes zweites Bauteil ist, dessen Fügefläche (11) auch der Oberflächenbehandlung unterzogen wird, oder der Fügepartner (2) ein vorausgehärtetes zweites Bauteil ist, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels (30) von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners (2) gebildet wird, oder der Fügepartner (2) ein unausgehärtetes zweites Bauteil ist, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels (30) von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners (2) gebildet wird, oder der Fügepartner (2) ein Metallteil ist, oder vor dem Beschichten oder beim Beschichten zumindest ein Funktionskörper (44) und/oder eine Funktionsschicht auf dem Bauteil (1) im Bereich der Oberfläche (8) positioniert wird, der in die Beschichtung (42) eingebettet wird. Die Erfindung umfasst auch ein Bauteil erhältlich nach einem erfindungsgemäßen Verfahren wie oben beschrieben, sowie eine Bauteileinheit (3), hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren wie oben beschrieben aus einem Bauteil (1) und einem Fügepartner (2) sowie ein beschichtetes Bauteil (1), hergestellt nach einem erfindungsgemäßen Verfahren wie oben beschrieben. Die Erfindung umfasst weiterhin auch ein lagerfähiges Bauteil erhältlich nach einem erfindungsgemäßen Verfahren wie oben beschrieben, wobei Schritt b) 1 bis 1000 Stunden nach Schritt a) durchgeführt wird und besonders bevorzugt ein solches lagerfähiges Bauteil, dessen Duromer-Matrixnetzwerk (12) aus Polycyanuraten durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich (22) durch ein erstes Mittel (16), das unter Verbindungen mit einer reaktiven NH_2 - oder NH -Gruppen ausgewählt ist, aufgeweitet und funktionalisiert ist, wobei das Matrixnetzwerk (12) innerhalb des Einwirkungsbereichs (22) mehr funktionelle Gruppen (26) aufweist als außerhalb des Einwirkungsbereichs (22).

Ein erfindungsgemäßes Bauteil weist ein duromerbasiertes Matrixnetzwerk auf, das durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich eines ersten Mittels aufgeweitet und funktionalisiert ist, wobei das Matrixnetzwerk innerhalb des

Einwirkungsbereichs mehr funktionelle Gruppen aufweist als außerhalb des Einwirkungsbereichs. Erfindungsgemäß ist das Bauteil lagerfähig.

„Lagerfähig“ im Sinne der Erfindung bedeutet zumindest zeitlich begrenzt stabil. Die Lagerdauer kann dabei durch entsprechende Umgebungsfaktoren wie Lagerungstemperatur beeinflusst werden. Bevorzugterweise ist das Bauteil langzeitstabil, kann beispielsweise über ein Jahr und länger gelagert werden. Mit anderen Worten, chemische und physikalische Parameter bleiben bevorzugt über einen langen Zeitraum bis hin zu Jahren stabil.

Die Lagerfähigkeit wird durch ein Beenden der Aufweitung und Funktionalisierung im Einwirkungsbereich mittels des ersten Mittels eingestellt. Das Bauteil ist also nur abschnittsweise aufgeweitet und nicht vollständig. Das erste Mittel ist bevorzugterweise ein Reagenz. Die Beendigung der Aufweitung und Funktionalisierung kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass das erste Mittel vollständig aufgebraucht ist. Alternativ kann die Beendigung durch ein Auswaschen bzw. Ausspülen und dergleichen des ersten Mittels erfolgen. Weiterhin ist es vorstellbar, das erste Mittel mittels eines in den Einwirkungsbereich eingebrachten Bindemittels zu binden.

Unter einem „Bauteil“ und im Folgenden auch unter einem „Fügepartner“ im Sinne der Erfindung wird ein Bauteil über seine gesamte Verarbeitungs- bzw. Prozesskette verstanden. Somit wird als ein Bauteil sowohl ein bearbeitungsfähiges Eingangsmaterial, beispielsweise ein unausgehärtetes Halbzeug wie ein Prepreg, als auch ein Endprodukt an sich verstanden. Das Bauteil kann mit oder ohne Verstärkungsfasern ausgeführt sein. Im letzteren Fall kann das Bauteil beispielsweise als duromerbasiertes Reinharz vorliegen.

Unter „Beschichten“ wird sowohl das Aufbringen eines formlosen Stoffes auf das Bauteils wie bei einer Lackierung, als auch das Aufbringen einer bereits bestehenden Materialschicht auf das Bauteil bzw. das Verbinden des Bauteils mit der Materialschicht verstanden.

Beispielsweise kann die Beschichtung in einer Werkzeugform eingelegt sein und dann das Bauteil auf der Beschichtung aufgebaut werden.

Bei einem Ausführungsbeispiel sind Moleküle eines zweiten Mittels in den Einwirkungsbereich eingedrungen, wobei durch das Eindringen eine Diffusionszone gebildet ist. Eine von der Oberfläche gemessene Tiefe kann gleich oder kleiner einer Tiefe des Einwirkungsbereichs sein. Die Tiefe der Diffusionszone kann jedoch nicht tiefer als die Tiefe des Einwirkungsbereichs sein, da nur im aufgeweiteten Matrixnetzwerk ein Eindiffundieren des zweiten Mittels erfolgt ist. Das zweite Mittel ist beispielsweise ein Verbindungsmittel und ermöglicht eine hochfeste Verbindung mit einem Fügepartner. Wenn das zweite Mittel ein Beschichtungsmittel ist, so ermöglicht es eine optimale Anbindung an dem Bauteil. Bevorzugterweise ist das Bauteil mit der Diffusionszone ebenfalls lagerfähig, wobei zur Lagerung eventuell andere Umgebungsparameter eingestellt werden müssen als beim Lagern des Bauteils im zumindest abschnittsweise aufgeweiteten und funktionalisierten Zustand.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Verarbeiten eines erfindungsgemäßen Bauteils mit einer duromerbasierten Matrix, beispielsweise zum Verbinden eines erfindungsgemäßen Bauteils mit einem Fügepartner oder zum Versetzen mit einer Beschichtung, wird zumindest eine Oberfläche des Bauteils einer Oberflächenbehandlung unterzogen, wobei die zumindest eine Oberfläche mit einem ersten Mittel oberflächenbehandelt wird. Das erste Mittel dringt durch die Oberfläche in einen oberflächenangrenzenden Volumenbereich des Matrixnetzwerks ein und wirkt auf die Oberfläche und in dem Volumenbereich. Durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich bzw. Prozessbereich des ersten Mittels wird eine Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerks des Bauteils erreicht. Hierbei werden funktionelle Gruppen des Matrixnetzwerks gebildet, wobei das Matrixnetzwerk im Einwirkungsbereich nach der Oberflächenbehandlung mehr funktionelle Gruppen als vor der Oberflächenbehandlung aufweist. In einem nachfolgenden Schritt dringen durch die Oberfläche reaktive, mobile Moleküle eines

vernetzenden zweiten Mittels in den Einwirkungsbereich ein, wobei durch das Eindringen der Moleküle des zweiten Mittels in den Einwirkungsbereich eine sich von der Oberfläche in den Volumenbereich hineinerstreckende Diffusionszone gebildet wird. Das zweite Mittel wird ausgehärtet, wobei beim Aushärten die Moleküle des zweiten Mittels untereinander und mit den funktionellen Gruppen in der Diffusionszone ein homogenes Netzwerk bilden.

„Homogenes Netzwerk“ bedeutet vorrangig, dass in einer definierten und gut charakterisierbaren Härtungschemie ähnlich stabile chemische Verknüpfungen wie die des nicht vorbehandelten Matrixnetzwerkes und des Verbindungsmittels bzw. Beschichtungsmittels gebildet werden. Das homogene Netzwerk weist eine Netzwerk-Topologie auf, die zumindest ähnlich der Topologie des ursprünglichen Matrixnetzwerkes des Bauteils ist und zumindest auch ähnlich der Netzwerktopologie, die durch das zweite Mittel nach Aushärten gebildet wird. Das homogene Netzwerk weist ähnlich stabile mehrfunktionelle kovalente chemische Verbindungen mit ähnlicher chemischer Struktur wie das ursprüngliche Matrixnetzwerk auf. Sämtliche relevanten bzw. nahezu sämtliche Parameter zeigen einen allmählichen bzw. schrittweisen Verlauf, so dass Parametersprünge ausgeschlossen sind. Ein sprunghafter Übergang bzw. steiler Gradient in der Diffusionszone liegt nicht vor. Sprunghafte Änderungen der Materialeigenschaften werden verhindert. Mit anderen Worten „homogen“ bedeutet, dass das Netzwerk im Wesentlichen eine einheitliche, durchgängige Matrix mit gleicher chemischer und netzwerktopologischer Struktur ohne Sprünge in Struktur und Eigenschaften aufweist.

Der Schritt des Eindringens von Molekülen des zweiten Mittels in das abschnittsweise aufgeweitete und funktionalisierte Matrixnetzwerk des Bauteils kann sich der Aufweitung und Funktionalisierung unmittelbar anschließen. Aufgrund der Lagerfähigkeit des Bauteils mit seinem abschnittsweise aufgeweiteten und funktionalisierten Matrixnetzwerk kann die Behandlung des Bauteils mit dem zweiten Mittel jedoch auch zeitversetzt erfolgen. Das Eindringen der Moleküle des zweiten Mittels kann durch ein Überschreiten der Glasübergangstemperatur des Einwirkungsbereiches begünstigt werden.

Erfindungsgemäß wird das Matrixnetzwerk in der zumindest einen Oberfläche und im oberflächenangrenzenden Volumenbereich bis zu einer Eindringtiefe des ersten Mittels aufgeweitet, und gleichzeitig der Grad der Funktionalisierung erhöht. Es werden funktionelle Gruppen gebildet, die die Bildung einer gegen adhesionsverhindernde und festigkeitsreduzierende Kontaminationen unempfindlichen und somit hochbelastbaren Verbindung mit dem zweiten Mittel ermöglichen, da chemische und physikalische Effekte chemische kovalente Verbindungen und gegenseitige Netzwerkdurchdringung zwischen den beteiligten Partnern schaffen. Die somit erzielbare erfindungsgemäße Verbindung bzw. Anbindung basiert nicht nur auf dem rein physikalischen Effekt der Adhäsion. Es entsteht in einer Diffusionszone ein homogenes Netzwerk, das aus dem ursprünglichen Matrixnetzwerk und dem Netzwerk des Verbindungsmittels besteht, wobei durch eine Funktionalisierung des alten Matrixnetzwerks, d.h. insbesondere durch eine Aufweitung und die Bildung der funktionellen Gruppen, diese Netzwerke kovalent miteinander verbunden sind. Eine mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gebildete Verbindung bzw. Anbindung ist derart unempfindlich gegen adhesionsverhindernde und festigkeitsreduzierende Kontaminationen, dass sie beispielsweise ein Fügen von duromerbasierten primären Bauteilen im Flugzeugbau ohne die Verwendung von mechanischen Befestigungsmitteln wie Niete ermöglicht. Zudem sind Langzeiteigenschaften der Verbindung, beispielsweise im Bulk, prüfbar und somit vorhersagbar.

Die Moleküle des Verbindungsmittels bilden unter chemischer Reaktion untereinander und mit der Matrix des Bauteils ein exakt definiertes Netzwerk. Die Netzwerkaufweitung und die Bildung der funktionellen Gruppen sind dabei nicht nur in der Oberfläche selbst, sondern auch in einem oberflächennahen Volumenbereich vorzufinden, so dass die Moleküle des zweiten Mittels wie Monomere und Oligomere leicht in die Tiefe diffundieren können, wodurch die Stabilität der Verbindung erhöht wird. Das Eindringen des ersten Mittels und das Fügen des Bauteils mit dem Fügepartner oder das Beschichten des Bauteils kann durch Temperaturbeaufschlagung und/oder Druckbeaufschlagung beim Zusammenbringen bzw. Aufbringen der Beschichtung beschleunigt

werden. Optimalerweise erstreckt sich die Diffusionszone über den gesamten Einwirkbereich, so dass nach Aushärtung keine freien funktionellen Gruppen existieren.

Neben einer Aufweitung und Funktionalisierung kann durch das erste Mittel gleichzeitig ein chemischer Abtrag der Oberfläche erfolgen. Dies ist zum Beispiel bei Reparaturen vorteilhaft, da Faserlagen lokal vom Matrixnetzwerk befreit werden können und/oder lokale, chemisch anhaftende Verunreinigungen entfernt werden können, ohne dass hierzu ein separater Bearbeitungsschritt notwendig ist.

Der Verbindungsprozess ist nach Bildung der funktionellen Gruppen durch das erste Mittel aus fertigungstechnischer Sicht einem herkömmlichen Klebprozess ähnlich. Aus physikalischer und chemischer Sicht ist der Verbindungsmechanismus jedoch komplett unterschiedlich zu einem herkömmlichen Klebprozess. Denn die Verbindung des zweiten Mittels mit dem Bauteil basiert vorrangig auf chemischer Bindung in der Diffusionszone und der gegenseitigen Durchdringung des aufgeweiteten Matrixnetzwerkes und des durch das zweite Mittel neugebildeten Netzwerks.

„Vorausgehärtet“ bedeutet im Sinne der Erfindung, dass das Bauteil für eine bestimmte Zeit über seine Glasübergangstemperatur erwärmt wurde und somit bereits eine teilweise Vernetzung, beispielsweise bis zu 50%, stattgefunden hat, aber noch ausreichend reaktive Gruppen vorhanden sind. „Ausgehärtet“ bedeutet im Sinne der Erfindung „vollständig ausgehärtet“. Das heißt, das Bauteil wurde derart lange erhitzt, dass eine vollständige bzw. 100%-Vernetzung stattgefunden hat. Reaktive Gruppen liegen nicht mehr vor.

„Unausgehärtet“ bedeutet, dass keine Vernetzung vorliegt.

Beispielhaft ist ein Prepreg genannt. „Mobil“ bedeutet, flüssig, gasförmig oder viskos oder ein Feststoff gelöst im flüssigen Lösungsmittel.

Das erste Mittel kann zumindest eine Teilmenge eines dritten Mittels sein, das zumindest ein Zusatzmittel aufweist, welches eine zum

ersten Mittel andersartige chemische Eigenschaft aufweist. Beispielsweise kann das Zusatzmittel ein Reinigungsmittel sein und eine chemische Reinigung der Oberfläche des Bauteils bewirken, so dass ein separater Reinigungsschritt der zumindest einen Oberfläche entfallen kann. Wenn das erste Mittel eine Teilmenge eines dritten Mittels ist, wird selbstredend das dritte Mittel zur Oberflächenbehandlung aufgetragen bzw. die Oberfläche des Bauteils dadurch einer Oberflächenbehandlung unterzogen, dass sie mit dem dritten Mittel behandelt wird.

Bevorzugterweise kann zumindest eine Eindringtiefe des ersten Mittels in den Volumenbereich und/oder ein Gradient in dem Einwirkbereich über eine Zusammensetzung des dritten Mittels, eine Menge des dritten Mittels, eine Einwirkzeit und/oder eine Bearbeitungstemperatur eingestellt werden. Durch die Parameter kann das Verfahren genau definiert werden, insbesondere im Hinblick auf chemische und physikalisch-chemische Parameter, wie die chemische Zusammensetzung des dritten Mittels, insbesondere des ersten Mittels (Bestandteile und Konzentration), Temperatur und Zeit bzw. Dauer der Oberflächenbehandlung. Dies ermöglicht eine wirksame und genaue Qualitätskontrolle der Verbindung. Abweichend von physikalischen Methoden, wie einer mechanischen Zerstörungsprüfung und zerstörungsfreien Prüfungen, erlaubt die chemische Natur der Mittel eine Qualitätskontrolle nur aufgrund von chemischen und physikalisch-chemischen Parametern der Oberflächenbehandlung. Diese sind im Fertigungsprozess sehr leicht zu überwachen und gegebenenfalls in Echtzeit zu korrigieren.

Um das Aufweiten des Matrixnetzwerks und die Bildung der funktionellen Gruppen exakt bestimmen zu können, kann eine überschüssige Menge des ersten Mittels und/oder des dritten Mittels aus dem Einwirkbereich herausgewaschen und/oder durch Trocknen entfernt werden.

Ein Freihalten von Oberflächen, die nicht oberflächenbehandelt werden sollen und somit nicht mit dem ersten Mittel und/oder dritten

Mittel versehen werden sollen, lässt sich dadurch erreichen, dass die zumindest eine Oberfläche vor der Oberflächenbehandlung gegenüber den frei zu bleibenden bzw. übrigen Oberflächen abgedichtet wird. Alternativ können die frei zu bleibenden Oberflächen maskiert werden. Beispielhafte Verfahren zum Versehen der zumindest einen Oberfläche mit dem ersten Mittel und/oder dritten Mittel sind Tauchbäder, Sprühaufträge, Streichaufträge, Bedampfungen, Pasten- und Filmauftrag und dergleichen. Beim Tauchbad ist es zum Beispiel verfahrenstechnisch günstig, wenn die nicht zu vorbehandelnden Oberflächen maskiert werden. Beim Sprühauftrag hingegen kann die Besprühung beispielsweise unter einer zur Außenumgebung abgedichteten Glocke erfolgen. Der Sprühauftrag bietet beispielsweise den Vorteil, dass das Bearbeitungsmittel während der Behandlung hinsichtlich seiner Zusammensetzung und Menge eingestellt werden kann. Alternativ kann das erste Mittel und/oder dritte Mittel durch ein Trägermaterial aufgebracht werden. Durch das Trägermaterial ist die zumindest eine Oberfläche quasi auch gegenüber den frei zu bleibenden Oberflächen abgedichtet, denn ein Zugang zur zumindest einen Oberfläche ist durch das Trägermaterial versperrt. Das Trägermaterial kann auf der zumindest einen Oberfläche angeordnet werden und bildet gleichzeitig einen verlässlichen Schutz gegen Beschädigungen und/oder Verschmutzungen. Es ist beispielsweise eine Trägerfolie, die an seiner dem Bauteil zugewandten Klebeseite mit dem ersten Mittel und/oder dritten Mittel versehen ist. Das Bauteil kann mit dem anhaftenden Trägermaterial gelagert werden und so im Falle einer Verwendung bereits zumindest einen entsprechend aktivierten Volumenbereich aufweisen. Die Oberflächenbehandlung wird also beispielsweise durch die folgenden Methoden durchgeführt:

- Tauchbad,
- Aufbringen des ersten Mittels und/oder dritten Mittels mittels eines Beschichtungsverfahrens, insbesondere im Sprühauftrag oder im Streichauftrag.
- Aufbringen mittels eines Beschichtungsverfahrens, insbesondere mittels Bedampfens, und/oder

- Aufbringen mittels eines Trägermaterials.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist das Bauteil ausgehärtet und der Fügepartner ist ein ausgehärtetes zweites Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix, dessen Fügefläche der Oberflächenbehandlung unterzogen wird. Bevorzugterweise haben das Bauteil und der Fügepartner ein Matrixmaterial mit einer gleichen Härtungschemie. Hierdurch erfolgt nicht nur eine erfindungsgemäße Vernetzung des zweiten Mittels mit dem Bauteil, sondern auch mit dem Fügepartner, so dass sich das homogene Netzwerk über die Verbindungsebene des Bauteils und des Fügepartners in das jeweils andere Bauteile erstreckt.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Fügepartner ein vorausgehärtetes zweites Bauteil, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners gebildet wird. Dadurch, dass das Matrixmaterial des Fügepartners zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels stellt, kann die Menge des bereitzustellenden und separat zuzuführenden zweiten Mittels reduziert werden. Je nach dem Aushärtegrad des Fügepartners kann seine zumindest eine Fügefläche der Oberflächenbehandlung unterzogen werden.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Fügepartner ein unausgehärtetes zweites Bauteil, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners gebildet wird. Hierdurch kann eventuell vollständig auf die Zuführung eines separaten zweiten Mittels verzichtet werden. Ein Beispiel für ein unausgehärtetes Bauteil ist ein Halbzeug wie ein Prepreg. Selbstverständlich kann ein Prepreg auch ein bereits vorvernetztes Halbzeug sein.

Bei einem Ausführungsbeispiel ist der Fügepartner ein Metallteil, dessen zur zumindest einen Oberfläche korrespondierenden Fügefläche bevorzugterweise oberflächenvorbehandelt wird, beispielsweise in Form eines Ätzverfahrens. Durch das Ätzverfahren wird der

Fügepartner im Bereich seiner zumindest einen Fügefläche derart vorbereitet, dass eine optimale Verbindung des zweiten Mittels mit dem Fügepartner erfolgt und somit eine hochfeste Verbindung zwischen dem Bauteil und dem Fügepartner erzielt wird.

Beispielhaft sind folgende Zustands- und/oder Werkstoffkombinationen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens genannt:

- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem anderen ausgehärteten Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem unausgehärteten Bauteil mit einer Harzmatrix ohne oder unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem Metallteil unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem Faser-Metall-Laminatverbund unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem Faserbundbauteil mit thermoplastischer Matrix unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein ausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit einem vorausgehärteten Bauteil mit einer Harzmatrix ohne oder unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.
- Ein vorausgehärtetes Bauteil mit einer duromerbasierten Matrix wird mit zumindest einem vorausgehärteten Bauteil mit einer Matrix ohne oder unter Zuhilfenahme eines zweiten Mittels gefügt.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Oberflächenbehandlung mit dem ersten Mittel so vorgenommen, dass sich der Einwirkungsbereich nicht nur über einen oberflächennahen Volumenbereich, sondern bis zu Millimetern bzw.

mehrere Faserlagen tief in das Bauteil hinein erstreckt. Damit kann mit dem erfindungsgemäßen Oberflächenbehandlungsverfahren auch eine makroskopische Erweichung größerer Bereiche eines Bauteils mit Duromer-Matrix erreicht werden, und bei dem nachfolgenden erfindungsgemäßen Schritt des Verbindens kann diese makroskopische Erweichung für einen Ausgleich von Toleranzen oder Spalten genutzt werden. Dieser tiefere Einwirkbereich bis hin zu Millimetern kann beispielsweise durch längere Zeiten und/oder höhere Temperaturen bei der Oberflächenbehandlung sowie durch eine größere Konzentration des ersten Mittels erreicht werden

Beim Versehen des Bauteils mit einer Beschichtung kann es vorteilhaft sein, einen Funktionskörper in die Beschichtung zu integrieren. Wenn der Funktionskörper beispielsweise ein Dehnungsmessstreifen ist, können Längenänderungen, Spannungen und dergl. des Bauteils erfasst werden. Ist der Funktionskörper beispielsweise ein Blitzschutzgitter, kann dieser verlässlich an dem Bauteil befestigt werden.

Dabei sehen Ausführungsbeispiele vor, den zumindest einen Funktionskörper vor dem Beschichten oder beim Beschichten auf dem Bauteil im Bereich der Oberfläche zu positionieren, so dass der zumindest eine Funktionskörper in die Beschichtung eingebettet wird und somit von dieser von außen bedeckt werden kann, wodurch der zumindest eine Funktionskörper vor versehentlichen Berührungen und somit zumindest begrenzt vor Beschädigungen geschützt ist. Selbstverständlich kann die Beschichtung selbst als Funktionskörper in Form einer Funktionsschicht ausgeführt sein. Beispielsweise kann die Beschichtung speziell eingefärbt sein, als Antikorrosions- oder Antihafschicht wirken, und/oder mit Partikeln zur Erzeugung einer elektrischen oder optischen Leitfähigkeit versehen sein.

Bevorzugterweise wird als zweites Mittel ein Mittel verwendet, das eine gleiche Härtungschemie wie ein Matrixmaterial des Bauteils und/oder Fügepartners bzw. der Beschichtung hat. Hierdurch kann eine optimale Vernetzung erzielt werden. Wenn beispielsweise die Matrix

des Bauteils cyanurathaltig ist, hat das zweite Mittel bevorzugterweise eine cyanathaltige Zusammensetzung.

Beispielhafte Stoffe für das erste Mittel sind eine Aminogruppe enthaltende chemische Verbindungen.

Eine erfindungsgemäße Bauteileinheit mit einem Bauteil und mit einem Fügepartner ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gefügt. Durch die erfolgte Funktionalisierung der Matrix des Bauteils im Bereich seiner zumindest einen Oberfläche und dem hierdurch entstehenden homogenen Netzwerk mit dem zweiten Mittel, ist die Bauteileinheit im Verbindungsbereich unempfindlich gegen adhesionsverhindernde und festigkeitsreduzierende Kontaminationen.

Ein erfindungsgemäß beschichtetes Bauteil ist nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beschichtet. Eine derartig aufgebraachte Beschichtung zeichnet sich durch eine sehr hohe Anbindung an dem Bauteil aus.

Beispiel

Die Herstellung der reparaturgeeigneten Faserverbundkunststoffe erfolgte im Handimprägnierverfahren mit anschließender Verpressung. Hierfür kam eine in MEK gelöste Mischung bestehend aus 81 Ma-% Lonza Primaset™ BA 230 S (ohne MEK), 9 Ma-% Bisphenol A und 10 Ma-% DOW Fortegra™ 100 zum Einsatz. Die Lösung wurde mit MEK verdünnt, bis die mit einem nach DIN EN ISO 2431 Becher bestimmte Auslaufzeit etwa 55 s entsprach. Es wurde ein luftfahrtgeeignetes Glasfasergewebe der Firma P-D INTERGLAS (Erbach, Deutschland) verwendet. Die Tränkung der Fasern erfolgte durch Übergießen einzelner Gewebelagen mit dem in MEK gelösten Imprägnierharz. Zum Entfernen des überschüssigen Harzes wurde jede Gewebelage in gleicher Weise viermal an einer Stativstange abgestreift. Folgend wurden immer je acht Einzellagen gleichzeitig im Ofen für 3 Minuten bei 160 °C getrocknet. Die acht vorvernetzten Prepregs wurden auf einem Silikonpapier übereinander abgelegt und zwischen zwei Pressblechen

in einer Handhebelpresse der Firma Rucks (Glauchau, Deutschland) verpresst. Die Pressdauer war 45 min, der Pressdruck wurde auf 2,5 bar eingestellt und die Härtungstemperatur betrug 170 °C. Anschließend konnten die fertigen Lamine mit einem Harzgehalt von etwa 40 Ma-% bis 45 Ma-% entnommen werden.

Zur Behandlung der Harzmatrix in einem definierten Bereich wurde *n*-Butylamin verwendet. Die Behandlung wurde unter Zuhilfenahme von zwei rechteckigen Aluminiumformen (ca. 190 x 50 x 20 mm³) durchgeführt, die Mittig je eine rechteckige, ca. 135 x 30 x 15 mm³ große Vertiefung aufwiesen.

Zwischen die beiden Aluminiumteile wurde ein Laminat verschraubt. Das Laminat hatte hierdurch die Funktion eines Deckels. Auf Ober- und Unterseite des Laminates war somit je eine Aluminiumkammer. Zur Abdichtung der Grenzflächen zwischen Aluminium und Laminat kam ein 2-Komponentensilikon zum Einsatz.

In einem zweiten Schritt wurden je 40-60 ml *n*-Butylamin in die beiden Kammern eingefüllt und die Einfüllöffnungen fest verschlossen. Die Form wurde mittels Heizplatte auf eine Temperatur von etwa 70 °C aufgeheizt und das Harz durch das Behandlungsreagenz im Bereich der Kammern behandelt. Nach erfolgter Behandlung der Harzmatrix wurde die Form geöffnet, das überschüssige Behandlungsreagenz verworfen, das freigelegte Gewebe mehrmals mit Ethanol gewaschen und das Laminat für 2 h bei 70 °C im Vakuumtrockenschrank getrocknet.

Nach erfolgter Behandlung der Harzmatrix wurde das behandelte Gewebe erneut infiltriert bzw. beschichtet. Hierzu wurde die zuvor behandelte Fläche zunächst mit Harz übergossen und ein Fügepartner aus dem gleichen, aber unbehandelten Material positioniert. Dabei kamen zwei unterschiedliche Harzsysteme zum Einsatz:

- In MEK gelöst: 81 Ma-% Primaset™ BA 230 S + 9 Ma-% Bisphenol A + 10 Ma-% DOW Fortegra™ F100
- Lösemittelfrei: 72,9 Ma-% Primaset™ L10 + 8,1 Ma-% PT15 + 9% BisA + 10 Ma-% DOW Fortegra™ F100

Durch zusätzliches Verteilen und Einmassieren mit einem Holzspatel konnten alle Fasern durchgängig benetzt werden. Anschließend wurde das reinfiltrierte Laminat samt Fügepartner für 3 min bei 100 °C im

Ofen getrocknet. Abschließend wurde das reinfiltrierte Laminat samt Fügepartner für 45 min bei 10 bar und 170 °C verpresst. Die mit dem lösemittelfreien Harz (72,9 Ma-% Primaset™ L10 + 8,1 Ma-% PT15 + 9% BisA + 10 Ma-% DOW Fortegra™ F100) erhaltenen Fügestellen wiesen im Biege- und Zugversuch unerwartet gute Eigenschaften auf.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand stark vereinfachter schematischer Darstellungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Bauteileinheit, die ein Bauteil und einen Fügepartner aufweist, die nach einem erfindungsgemäßen Verfahren miteinander gefügt wurden,
- Figuren 2 bis 8 ein Wirkprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens, beispielhaft erläutert an einem Matrixabschnitt des Bauteils aus Figur 1,
- Figuren 9 bis 14 Schritte eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figuren 15 bis 19 Schritte eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens, und
- Figur 20 ein erfindungsgemäßes beschichtetes Bauteil, in dessen Beschichtung ein Funktionskörper eingebettet ist.

In Figur 1 ist ein aus einem Bauteil 1 und einem Fügepartner 2 mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander verbundenes bzw. eine Bauteileinheit 3 in Vorderansicht gezeigt. Die Bauteileinheit 3 ist beispielsweise ein Schalenelement eines Flugzeugrumpfes, wobei das Bauteil 1 beispielsweise ein Hautfeld und der Fügepartner beispielsweise ein Versteifungselement wie eine Längsversteifung zur Stabilisierung des Hautfeldes andeutet. Wölbungen des Hautfeldes sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt.

Das Bauteil 1 hat eine duromerbasierte Matrix, beispielsweise eine cyanurathaltige Matrix, in der bevorzugterweise vereinzelt

angedeutete Verstärkungsfasern 4 wie Kohlenstofffasern, Glasfasern, Aramidfasern, Naturfasern und dergleichen eingebettet sind.

Der Fügepartner 2 ist bei diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls ein Bauteil mit einer duromerhaltigen Matrix. Bevorzugterweise weist die Matrix des Fügepartners 2 die gleiche Werkstoffzusammensetzung wie die Matrix des Bauteils 1 auf. Demgemäß weist der Fügepartner 2 hier eine cyanurathaltige Matrix auf, in der vereinzelt angedeutete Verstärkungsfasern 6 eingebettet sind.

In den folgenden Figuren 2 bis 8 wird ein erfindungsgemäßes Wirkprinzip zum Bilden der in Figur 1 gezeigten Bauteileinheit 3 anhand des Bauteils 1 erläutert. Das Bauteil 1 befindet sich zum vereinfachten Verständnis des Wirkprinzips im ausgehärteten Zustand, das heißt, das Bauteil 1 wurde vollständig ausgehärtet. Reaktive Gruppen liegen nicht mehr vor.

Figur 2 zeigt einen Schnitt durch das Bauteil 1 im Bereich einer Oberfläche 8. Die Oberfläche 8 begrenzt oberflächlich einen Volumenbereich 10 des Bauteils 1 und dient zur Anordnung des in den Figuren 2 bis 8 nicht gezeigten Fügepartners 2 mit einer korrespondierenden Fügefläche 11 (siehe Figur 1). Die Oberfläche 8 zählt zum Volumenbereich 10 und ist somit vom Begriff „Volumenbereich“ umfasst. Wie in der Schnittansicht zu erkennen, wird das Bauteil 1 und somit auch der Volumenbereich 10 von einem Matrixnetzwerk 12 durchsetzt, das von multifunktionellen Verknüpfungen 14 gebildet ist. In diesem konkreten Ausführungsbeispiel wird das Matrixnetzwerk 12 von trifunktionellen Vernetzungsstellen gebildet.

In Figur 3 erfolgt die Oberflächenbehandlung der Oberfläche 8 mit einem mobilen Mittel, in dem ein erstes Mittel 16 enthalten ist. Im Folgenden wird das erste Mittel als Reagenz und das das Reagenz enthaltende Mittel als Bearbeitungsmittel bzw. dritte Mittel bezeichnet. Das Reagenz 16 bildet eine Teilmenge des Bearbeitungsmittels. Eine weitere Teilmenge des Bearbeitungsmittels

kann beispielsweise ein Reinigungsmittel zur chemischen Reinigung der Oberfläche 8 sein. Das Auftragen des Bearbeitungsmittels und somit des Reagenz 16 erfolgt beispielsweise im Rahmen eines Tauchbades 18, bei dem nicht mit dem Reagenz 16 zu versehene sonstige bzw. übrige Oberflächen des Bauteils 1 maskiert sind, um eine Behandlung auf die Oberfläche 8 zu begrenzen (siehe Figuren 1, 10 und 11 bzw. 1, 15 und 16). Das Reagenz 16 ist hier in Form von difunktionellen Molekülen bildlich dargestellt. Sonstige Teilmengen des Bearbeitungsmittels wie das beispielhafte Reinigungsmittel sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt. Alternativ kann das Reagenz 16 auch andersartige Moleküle, auch in Kombination mit difunktionellen Molekülen, wie höherfunktionelle oder teilweise monofunktionelle Moleküle aufweisen. Zu Beginn der Oberflächenbehandlung, also zur Zeit $t_1 = 0$, hat das Reagenz 16 noch nicht auf die Oberfläche 8 gewirkt und ist somit noch nicht in den Volumenbereich 10 des Bauteils 1 eingedrungen.

In Figur 4 ist gezeigt, wie das Reagenz 16 nach einer Zeit $t_1 > 0$ in das Matrixnetzwerk 12 eindringt. Die Moleküle des Reagenz 16 diffundieren in das Matrixnetzwerk 12 ein und weiten dabei das Matrixnetzwerk 12 bis zu ihrer Eindringtiefe s auf. Hierbei trennen sie zumindest einige der Verknüpfungen 14 auf und setzen sich an dieser Stelle in Netzwerkknotenpunkte 24 hinein. Das Matrixnetzwerk 12 wird somit im Einwirkungsbereich 22 des Reagenz 16 einschließlich in der Oberfläche 8 funktionalisiert, wobei an den Netzwerkknotenpunkten 24, deren Verknüpfungen 14 aufgebrochen sind, funktionelle Gruppen 26 gebildet werden. Es erfolgt also eine Substitutionsreaktion. Die physikalische Diffusion und die chemische Reaktion (Auftrennen zumindest einiger der Verknüpfungen 14 und Festsetzen an den Netzwerkknotenpunkten 24) laufen gleichzeitig ab, so dass das Matrixnetzwerk 12 bereichsweise schon funktionalisiert ist, wohingegen es noch einige unreaktierte Moleküle 28 des Reagenz 16 im Einwirkungsbereich 22 gibt. Gleichzeitig wird die Verbindungsfläche 8 durch das beispielhafte Reinigungsmittel in dem Bearbeitungsmittel chemisch gereinigt bzw. makroskopisch in ihrer Tiefe abgetragen.

Figur 5 zeigt den Zustand, nach durchgeführter Oberflächenbehandlung. Das Bauteil 1 mit dem abschnittsweise aufgeweiteten und funktionalisierten Matrixnetzwerk 12 ist in diesem Zustand lagerfähig, so dass sich ein nachfolgender Bearbeitungsschritt nicht unmittelbar anschließen muss. Das Bauteil 1 ist zumindest über einen gewissen Zeitraum und bevorzugterweise über einen längeren Zeitraum, beispielsweise über einen Zeitraum länger als ein Jahr, chemisch stabil. In dem Matrixnetzwerk 12 befinden sich keine unreaktierten Moleküle 24 des Reagenz 16. Sämtliche Moleküle des Reagenz 16 haben mit dem Matrixnetzwerk 12 bis zur Eindringtiefe s des Reagenz 16 bzw. im Einwirkungsbereich 22 reagiert und funktionelle Gruppen 26 gebildet oder wurden beispielsweise mittels einer Waschung aus dem Matrixnetzwerk 12 entfernt. Es ist jedoch grundsätzlich für das Wirkprinzip unschädlich, wenn nicht alle unreaktierten Moleküle 28 aus dem Matrixnetzwerk 12 entfernt sind.

Die Eindringtiefe s des Reagenz 16 bzw. dessen Moleküle, gemessen senkrecht von der Oberfläche 8 in das Bauteil 1 hinein, und somit die Tiefe, bis zu der das Bauteil 1 im Volumenbereich 10 funktionalisiert ist, sowie ein Gradient dieses funktionalisierten Bereichs bezüglich Funktionalisierung und Netzwerkaufweitung hängt im Wesentlichen von einer jeweiligen Bearbeitungsmittelzusammensetzung, einer Bearbeitungsmittelmenge und somit einer Reagenzzusammensetzung (Bestandteile und Konzentration) und einer Reagenzmenge, der Einwirkzeit t_1 und einer Bearbeitungstemperatur T_1 ab.

In Figur 6 ist ein Auftrag eines zweiten Mittels 30 auf die Oberfläche 8 zum Verbinden des Bauteils 1 mit dem Fügepartner 2 zum Zeitpunkt $t_2 = 0$ gezeigt. Im Folgenden wird zu den Figuren 3 bis 19 das zweite Mittel 30 als Verbindungsmittel bezeichnet. Dieser sich der Aufweitung und der Funktionalisierung anschließende Bearbeitungsschritt kann, wie zu Figur 5 beschrieben, aufgrund der Lagerfähigkeit des Bauteils 1 zeitlich versetzt erfolgen. Er kann sich jedoch auch unmittelbar der Aufweitung und Funktionalisierung

anschließen. Das Verbindungsmittel 30 ist noch nicht in das aufgeweitete Matrixnetzwerk 12 bzw. in den Einwirkbereich 22 eingedrungen. Das Verbindungsmittel 30 ist quasi ein Klebstoff und weist in diesem Ausführungsbeispiel difunktionelle Moleküle auf, kann jedoch, auch in Kombination mit difunktionellen Molekülen, höherfunktionelle oder teilweise monofunktionelle Moleküle aufweisen.

Figur 7 zeigt ein Eindringen der Moleküle des Verbindungsmittels 30 bzw. eine physikalische Diffusion der Moleküle in den Einwirkbereich 22 zur Zeit $t_2 > 0$. Eine Aushärtung des Verbindungsmittels 30 erfolgt im Wesentlichen erst nach dem Eindiffundieren. Dabei wird es bevorzugt, wenn das Verbindungsmittel 30 vollständig in den Einwirkbereich 22 eindringt bzw. in diesen hineindiffundiert.

In Figur 8 ist der Endzustand nach der Aushärtung gezeigt. Bei der Aushärtung bzw. Härtereaktion reagieren die Moleküle des Verbindungsmittels 30 sowohl miteinander und bilden somit chemische Verbindungen 31, als auch mit den funktionellen Gruppen 26 des Matrixnetzwerks 6 und bilden mit diesen ebenfalls chemische kovalente Verbindungen 32. Es entsteht ein homogenes Netzwerk 33 das aus dem ursprünglichen Matrixnetzwerk 12 und dem Netzwerk 34 des Verbindungsmittels 30 besteht, wobei durch eine Funktionalisierung und Aufweitung des alten Matrixnetzwerks 12 diese beiden Netzwerke 12, 34 kovalent zum gemeinsamen homogenen Netzwerk 33 miteinander verbunden sind. Die Bildung des homogenen Netzwerks 33 erfolgt dabei nicht nur oberflächlich nahe der Oberfläche 8, sondern kann bis zur Eindringtiefe s erfolgen.

Bei vollständigem Eindringen des Verbindungsmittels in den Einwirkbereich 22 entstehen drei Zonen: Eine obere Verbindungsmittelzone 36, eine mittlere Diffusions- bzw. Interdiffusionszone 38 und eine untere ursprüngliche Zone 40. In der Verbindungsmittelzone 36 haben sich die Moleküle des Verbindungsmittels 30 untereinander zum Netzwerk 34 verbunden. In der Diffusionszone 38, die sich von der Oberfläche 8 einschließlich

dieser bis zur Eindringtiefe s erstreckt und somit vor dem Eindringen der Verbindungsmoleküle den Einwirkungsbereich 22 darstellte (siehe Figuren 4 bis 7), erfolgte mittels des Reagenz 16 eine Funktionalisierung und Aufweitung des Matrixnetzwerks 12 und hierdurch die Bildung des homogenen Netzwerks 33, das sowohl die kovalenten Verbindungen 32 mit dem Verbindungsmittelnetzwerk 34 als auch die Verbindungen 31 der Verbindungsmoleküle untereinander aufweist. In der ursprünglichen Zone 40, die sich von der Diffusionszone 38 ins Bauteil 1 hineinerstreckt, besteht weiterhin das Matrixnetzwerk 12 im nicht funktionalisierten Zustand und somit im nicht aufgeweiteten Ursprungszustand wie vor der Oberflächenbehandlung.

Das homogene Netzwerk 33 stellt zudem aufgrund seiner Verknüpfungen des Matrixnetzwerks 12 mit dem Verbindungsmittelnetzwerk 34 eine homogene Verbindung zwischen dem ausschließlichen Verbindungsmittelnetzwerk 34 in der Verbindungszone 36 und dem ausschließlichen Matrixnetzwerk 12 in der ursprünglichen Zone 40 her. Das Matrixnetzwerk 12 und das Verbindungsmittelnetzwerk 34 und somit auch das homogene Netzwerk weisen gleiche bzw. sehr ähnlich stabile mehrfunktionelle kovalente chemische Verbindungen mit ähnlicher chemischer Struktur auf, so dass als Ergebnis eine Verbindung geschaffen ist, in der sprunghafte Änderungen der Materialeigenschaften verhindert werden.

In der Diffusionszone 38 reagiert das Verbindungsmittel 30 zum einen mit sich selbst, bildet also das eigene Verbindungsmittelnetzwerk 31, und es reagiert zum anderen kovalent mit den funktionellen Gruppen 26 des funktionalisierten und aufgeweiteten Matrixnetzwerks 12. Damit entsteht sowohl eine netzwerktopologische Durchdringung beider Netzwerke 12, 34 (also des neugeschaffenen Netzwerks 34 des Verbindungsmittels 30 und des funktionalisierten und aufgeweiteten Matrixnetzwerks 12), als auch eine chemische, d.h. kovalente Verbindung 32 beider Netzwerke 12, 34 zum homogenen Netzwerk 33. Somit ist also eine physikalische und eine chemische Durchdringung geschaffen worden.

In den Figuren 9 bis 14 wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Erzielen einer in den Figuren 2 bis 8 beschriebenen Verbindung bzw. zur Schaffung der in Figur 1 gezeigten Bauteileinheit 3 schrittweise erläutert.

Wie in Figur 9 skizziert und vorerläutert, hat das Bauteil 1 bei diesem Ausführungsbeispiel eine ausgehärtete Kunststoffmatrix, insbesondere eine cyanuratbasierte Harzmatrix. In der Kunststoffmatrix sind Verstärkungsfasern 4, beispielsweise Kohlenstofffasern eingebettet. Der Fügepartner 2 ist ebenfalls hier ein Bauteil mit einer ausgehärteten Kunststoffmatrix, insbesondere einer cyanurathaltigen Harzmatrix, in der Verstärkungsfasern 6 eingebettet sind.

Nach dem Bereitstellen des Bauteils 1 und des Fügepartners 2 wird die zumindest eine Oberfläche 8 des Bauteils 1 und die zumindest eine Fügefläche 11 des Fügepartners 2 einer Oberflächenbehandlung unterzogen, um die Oberfläche 8 und die Fügefläche 11 mit dem Bearbeitungsmittel und somit mit dem Reagenz 16 und dem hier beispielhaften Reinigungsmittel zu versehen. Gemäß den Figuren 10 und 11 ist diese in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel eine Tauchbadbehandlung. Das Bauteile 1 und der Fügepartner 2 werden in ein Tauchbad 18 für eine vorbestimmte Einwirkzeit t_1 eingetaucht. Das Tauchbad 18 enthält das Bearbeitungsmittel mit dem auf eine bestimmte Temperatur T_1 und Zusammensetzung eingestellte Reagenz 16, wobei zur Vermeidung eines Einwirkens des Reagenz 16 auf frei zu bleibenden Oberflächen diese in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel maskiert sind (siehe Figur 9).

Nach dem Ablauf der Einwirkzeit t_1 werden das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 dem Tauchbad 18 entnommen und, wenn notwendig, getrocknet bzw. von überschüssigen Bearbeitungsmittel und somit vom überschüssigen Reagenz 16 befreit. Zudem wird die Maskierung von den Oberflächen entfernt. Das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 sind nun in ihren von der Oberfläche 8 bzw. der Fügefläche 11 oberflächig

begrenzten Einwirkungsbereich 22 einschließlich der Oberfläche 8 funktionalisiert. Ihre Matrixnetzwerke 12 sind, wie in den Figuren 3 bis 5 beschrieben, bis zur Eindringtiefe s aufgeweitet und mit funktionellen Gruppen 26 versehen.

Wie in Figur 12 gezeigt, wird nach der Oberflächenbehandlung das Verbindungsmittel 30 auf die Oberfläche 8 und/oder die Fügefläche 11 aufgetragen. Wie vorerwähnt zu den Figuren 5 und 6 kann das Auftragen des Verbindungsmittels 30 unmittelbar in Anschluss an die Aufweitung und Funktionalisierung erfolgen, aufgrund der Lagerfähigkeit des oberflächenbehandelten Bauteils 1 kann die Behandlung mit dem Verbindungsmittel 30 jedoch auch zeitversetzt erfolgen. Das Verbindungsmittel 30 weist wie vorbeschrieben bevorzugterweise die gleiche Materialzusammensetzung wie das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 auf und ist somit in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel bevorzugterweise ebenfalls cyanathaltig.

Nach dem Auftragen des Verbindungsmittels 30 wird, wie in Figur 13 angedeutet, der Fügepartner 2 mit seiner Fügefläche 11 zum Bauteil 1 positioniert. Zwischen dem Bauteil 1 und dem Fügepartner 2 ist das Verbindungsmittel 30 angeordnet, dass einen Kontakt zwischen der Oberfläche 8 und der Fügefläche 11 herstellt.

Abschließend werden gemäß Figur 14 das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 unter Temperaturbeaufschlagung für eine bestimmte Zeit zusammengepresst (T_2 , t_2 , p). Das Verbindungsmittel 30 diffundiert in das jeweils aufgeweitete Matrixnetzwerk 12 des Bauteils 1 und des Fügepartners 2 hinein und härtet unter Bildung des homogenen Netzwerks 33 in der Diffusionszone 38 (siehe Figur 8) aus. Das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 sind nun unempfindlich gegen adhesionsverhindernde und festigkeitsreduzierende Kontaminationen miteinander zur Bauteileinheit 3 verbunden.

In den Figuren 15 bis 18 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Im Unterschied zum

Ausführungsbeispiel nach den Figuren 9 bis 14 wird der Fügepartner 2 hier von einem unausgehärteten mit einem Kunststoffharz vorimpregnierten Faserhalbzeug (Prepreg) gebildet, das entsprechende Verstärkungsfasern 6 aufweist. Wie in den Figuren 15 bis 17 skizziert, entfällt daher die Oberflächenbehandlung einer Fügefläche 11 des Fügepartners 2. Lediglich eine Oberfläche 8 des ausgehärteten Bauteils 1 wird der Oberflächenbehandlung, hier ebenfalls in Form eines Tauchbades 18, zum Versetzen der Oberfläche 8 mit dem Reagenz 16 unterzogen.

Wie in Figur 18 gezeigt, wird der Fügepartner 2 nach der Oberflächenvorbehandlung der Oberfläche 8 des Bauteils 1 mit seiner Fügefläche 11 direkt auf der Oberfläche 8 positioniert. Wie vorerwähnt zu den Figuren 5 und 6 kann das Zusammenbringen mit dem Fügepartner 2 unmittelbar in Anschluss an die Aufweitung und Funktionalisierung erfolgen, aufgrund der Lagerfähigkeit des oberflächenbehandelten Bauteils 1 kann die Behandlung mit dem Verbindungsmittel 30 jedoch auch zeitversetzt erfolgen. Das Verbindungsmittel 30 wird vom unausgehärteten Matrixmaterial des Fügepartners 2 gebildet und somit vom Matrixmaterial des Fügepartners 2 bereitgestellt. Der Auftrag eines separaten Verbindungsmittels 30 wie bei dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel nach den Figuren 9 bis 13 entfällt hier. Allerdings kann bei Bedarf auch noch ein separates Verbindungsmittel 30 zumindest teilweise zugeführt werden, so dass das Verbindungsmittel 30 teilweise von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners 2 gebildet wird.

Abschließend werden gemäß Figur 19 das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 unter Temperaturbeaufschlagung für eine bestimmte Zeit zusammengepresst (T_2 , t_2 , p). Das Matrixmaterial des Fügepartners 2 diffundiert zum Teil in das aufgeweitete Matrixnetzwerk 12 des Bauteils 1 bzw. Einwirkungsbereich 22 des Reagenz 16 hinein und härtet unter Bildung des homogenen Netzwerks 33 in der Diffusionszone 38 (siehe Figur 8) aus. Gleichzeitig härtet der Fügepartner 2 an sich aus. Das Bauteil 1 und der Fügepartner 2 sind nun unempfindlich

gegen adhesionsverhindernde und festigkeitsreduzierende Kontaminationen und somit hochbelastbar miteinander zur Bauteileinheit 3 verbunden.

In Figur 20 ist ein Bauteil 1 gezeigt, das zumindest an einer Oberfläche 8 mit einer Beschichtung 42 versehen ist, in der ein Funktionskörper 44 eingebettet ist.

Das Bauteil 1 hat eine duromerbasierte Matrix, beispielsweise eine cyanurathaltige Matrix, in der bevorzugterweise vereinzelt angedeutete Verstärkungsfasern 4 wie Kohlenstofffasern, Glasfasern, Aramidfasern, Naturfasern und dergleichen eingebettet sind.

Der Funktionskörper 44 ist hier beispielsweise ein Dehnungsmessstreifen zum Erfassen von Längenänderungen des Bauteils 1. Er ist direkt auf der Oberfläche 8 des Bauteils 1 angeordnet und in die Beschichtung 42 integriert bzw. von dieser umschlossen. Sonstige Funktionskörper 44 sind beispielsweise Signal- und/oder Stromführungen, Antennen. Ebenso können Funktionsschichten wie Blitzschutzmittel in die Beschichtung 42 integriert sein.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Versehen des Bauteils 1 mit einer Beschichtung 42 wird die Oberfläche 8 des Bauteils 1 einer in den Figuren 1 bis 19 beschriebenen Oberflächenbehandlung unterzogen. Die Oberfläche 8 wird mit einem Mittel bzw. Bearbeitungsmittel oberflächenbehandelt, das zumindest ein erstes Mittel bzw. Reagenz 16 enthält, welches durch die Oberfläche 8 in einen oberflächenangrenzenden Volumenbereich 10 des Matrixnetzwerks 12 eindringt und auf die Oberfläche 8 und in dem Volumenbereich 10 wirkt. Dabei erfolgt durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich eine Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerks 12. Es werden funktionelle Gruppen 26 des Matrixnetzwerks 12 gebildet werden, so dass das Matrixnetzwerk 12 im Einwirkungsbereich 22 nach der Oberflächenbehandlung mehr funktionelle Gruppen 26 aufweist als vor der Oberflächenbehandlung. Beim nachfolgenden Auftragen der Beschichtung 42 dringen reaktive, mobile

Moleküle eines zweiten Mittels in den Einwirkungsbereich ein, das hier ein Beschichtungsmittel ist. Das Auftragen des Beschichtungsmittels 30 kann unmittelbar in Anschluss an die Aufweitung und Funktionalisierung erfolgen, aufgrund der Lagerfähigkeit des oberflächenbehandelten Bauteils 1 kann das Auftragen des Beschichtungsmittels 30 jedoch auch zeitversetzt erfolgen. Durch das Eindringen der Beschichtungsmittelmoleküle in den Einwirkungsbereich 22 wird eine sich von der Oberfläche 8 in den Volumenbereich 10 hineinerstreckende Diffusionszone 38 gebildet. Dabei bilden die Beschichtungsmittelmoleküle untereinander und mit den funktionellen Gruppen 26 in der Diffusionszone 38 beim Aushärten des Verbindungsmittels 30 bzw. der Beschichtung ein homogenes Netzwerk 33. Vor oder bei dem Beschichten wird der Funktionskörper 44 auf der Oberfläche 8 positioniert und hierdurch in die Beschichtung 42 eingebettet.

Offenbart sind ein Bauteil mit einem Duromer-Matrixnetzwerk, das durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich eines ersten Mittels, beispielsweise ein Reagenz, aufgeweitet und funktionalisiert ist, wobei das Matrixnetzwerk innerhalb des Einwirkungsbereichs mehr funktionelle Gruppen aufweist als außerhalb des Einwirkungsbereichs, und wobei das Bauteil lagerfähig ist, ein Verfahren zur Verarbeitung eines derartigen Bauteils, wobei beim Aushärten eines zweiten Mittels, beispielsweise ein Verbindungsmittel oder ein Beschichtungsmittel, Moleküle des zweiten Mittels untereinander und mit funktionellen Gruppen des Bauteils in einer Diffusionszone ein homogenes Netzwerk bilden, eine Bauteileinheit sowie ein beschichtetes Bauteil.

Bezugszeichenliste

- 1 Bauteil
- 2 Fügepartner / zweites Bauteil
- 3 Bauteileinheit
- 4 Verstärkungsfaser
- 6 Verstärkungsfaser
- 8 Oberfläche
- 10 Volumenbereich
- 11 Fügefläche
- 12 Matrixnetzwerk
- 14 Verknüpfung
- 16 erstes Mittel / Reagenz
- 18 Tauchbad
- 22 Einwirkbereich
- 24 Netzwerkknotenpunkt
- 26 funktionelle Gruppe
- 28 unreaktierte Moleküle
- 30 zweites Mittel / Verbindungsmittel
- 31 Verbindungen der Moleküle des zweiten Mittels untereinander
- 32 Verbindungen der Moleküle des zweiten Mittels mit den
funktionellen Gruppen
- 33 homogenes Netzwerk
- 34 Netzwerk des zweiten Mittels
- 36 Verbindungsmittelzone
- 38 Diffusionszone
- 40 ursprüngliche Zone
- 42 Beschichtung
- 44 Funktionskörper

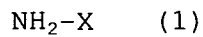
- s Eindringtiefe
- t1 Einwirkzeit Oberflächenbehandlung
- t2 Dauer der Druck- und Temperaturbeaufschlagung zum Aushärten
- T1 Temperatur Oberflächenbehandlung
- T2 Temperatur zum Aushärten

p Druck zum Aushärten

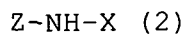
Patentansprüche

1. Verfahren zum Verarbeiten eines Bauteils (1) aus Faserverbundwerkstoff mit einer Duromer-Matrix aus Polycyanuraten, beispielsweise zum Verbinden eines Bauteils (1) mit einem Fügepartner (2) oder zum Versetzen mit einer Beschichtung (42), umfassend die Schritte
 - a) Behandeln einer Oberfläche oder eines Oberflächenbereichs mit einem ersten Mittel (16), gewählt unter Verbindungen mit wenigstens einer reaktiven NH_2 - oder NH -Gruppe;
 - b) Behandeln der Oberfläche oder des Oberflächenbereichs mit einem zweiten Mittel (30), gewählt unter Cyanaten, Epoxidharzen, Isocyanaten und Acrylaten.
2. Verfahren nach Patentanspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das erste Mittel mit einem dritten Mittel vermischt ist, welches unter Lösungsmitteln gewählt unter Aceton, Butanon, Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, 2-Methyl-1-Propanol, 2-Methyl-2-Propanol, 1-Butanol, 2-Butanol, THF, DMSO, Dioxan, CHCl_3 , CH_2Cl_2 , NMP, MPA und Wasser, bevorzugt ein Lösungsmittel mit einem Dipolmoment von wenigstens 5×10^{-30} Cm gewählt wird.
3. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Mittel unter Ketonen und Alkoholen gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Mittel unter Aceton, Methylethylketon und Alkoholen mit ein bis vier Kohlenstoffatomen gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das dritte Mittel unter Aceton, Methylethylketon und Isopropanol gewählt wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das erste Mittel unter Ammoniak, einem substituierten Hydrazin, einem Amin der Formel (1)



und/oder einem Amin der Formel (2)



gewählt wird, worin

X ausgewählt ist unter -H, -OH, -NH₂, -NHR¹ und R²-Y-, wobei R¹ ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit insbesondere 1 bis 20 C-Atomen ist, der substituiert sein kann, R² ein zweiwertiger aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist und Y für einen beliebigen zweiwertigen Rest steht, bevorzugt -H, -OH, -NH₂ oder -NHR¹;

Z ist ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen, der substituiert sein kann, bevorzugt ist Z eine Gruppe R³-A, worin R³ ein zweiwertiger aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen ist und A für einen beliebigen zweiwertigen Rest steht, bevorzugt für -OH, -NH₂ oder -NHR¹.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das erste Mittel unter Ethylendiamin, 2-Aminoethanol, 3-Aminopropanol, N-Methylethanolamin und Diethanolamin, bevorzugt unter Ethylendiamin, 2-Aminoethanol, 3-Aminopropanol und N-Methylethanolamin gewählt wird und besonders bevorzugt Ethylendiamin verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Mittel ein Beschichtungsmittel oder ein Verbindungsmittel darstellt, mit dem ein Fügepartner (2)

mit dem Bauteil (1) verbunden wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt a), das Behandeln einer Oberfläche oder eines Oberflächenbereichs mit einem ersten Mittel (16) oder einer Mischung aus erstem Mittel mit einem dritten Mittel in einem Temperaturbereich von wenigstens 45°C bis zum Siedepunkt oder Siedebereich des ersten Mittels (16) oder der Mischung aus erstem Mittel mit einem dritten Mittel durchgeführt wird, wobei die Siedepunkte auf den bei der Behandlung herrschenden Druck bezogen sind.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass das erste Mittel (16) durch die Oberfläche (8) in einen oberflächenangrenzenden Volumenbereich (10) des Matrixnetzwerks (12) eindringt und auf die Oberfläche (8) und in dem Volumenbereich (10) wirkt, wobei durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkbereich eine Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerks (12) des Bauteils (1) erfolgt, wobei funktionelle Gruppen (26) des Matrixnetzwerks (12) gebildet werden und das Matrixnetzwerk (12) im Einwirkbereich (22) nach der Oberflächenbehandlung mehr funktionelle Gruppen (26) aufweist als vor der Oberflächenbehandlung, und dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt b) durch die Oberfläche (8) reaktive, mobile Moleküle des vernetzenden zweiten Mittels (30) in den Einwirkbereich (22) eindringen, wobei durch das Eindringen der Moleküle des vernetzenden zweiten Mittels (30) in den Einwirkbereich (22) eine sich von der Oberfläche (8) in den Einwirkbereich (22) hineinerstreckende Diffusionszone (38) gebildet wird, und beim Aushärten des zweiten Mittels (30) die Moleküle des zweiten Mittels (30) untereinander und mit den funktionellen Gruppen (26) in der Diffusionszone (38) ein homogenes Netzwerk (33) bilden.
11. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Eindringtiefe (s) des ersten

Mittels (16) in den Volumenbereich (10) und/oder ein Gradient bezüglich der Aufweitung und Funktionalisierung des Matrixnetzwerkes (12) im Einwirkbereich (22) über eine Zusammensetzung des dritten Mittels, eine Menge des dritten Mittels, eine Einwirkzeit (t1) und/oder eine Bearbeitungstemperatur (T1) eingestellt wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass eine überschüssige Menge des ersten Mittels (16) und/oder dritten Mittels aus dem Einwirkbereich (22) herausgewaschen und/oder durch Trocknen entfernt wird.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Patentansprüche dadurch gekennzeichnet, dass entweder die zumindest eine Oberfläche (8) vor der Oberflächenbehandlung gegenüber übrigen Oberflächen des Bauteils (1) zumindest partiell abgedichtet wird oder übrige Oberflächen zur zumindest einen Oberfläche (8) zumindest partiell maskiert werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 wobei das Bauteil (1) ausgehärtet ist und der Fügepartner (2) ein ausgehärtetes zweites Bauteil ist, dessen Fügefläche (11) auch der Oberflächenbehandlung unterzogen wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 wobei der Fügepartner (2) ein vorausgehärtetes zweites Bauteil ist, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels (30) von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners (2) gebildet wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 wobei der Fügepartner (2) ein unausgehärtetes zweites Bauteil ist, wobei zumindest eine Teilmenge des zweiten Mittels (30) von unausgehärteten Bestandteilen des Matrixmaterials des Fügepartners (2) gebildet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 wobei der Fügepartner (2) ein Metallteil ist.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 wobei vor dem Beschichten oder beim Beschichten zumindest ein Funktionskörper (44) und/oder eine Funktionsschicht auf dem Bauteil (1) im Bereich der Oberfläche (8) positioniert wird, der in die Beschichtung (42) eingebettet wird.
19. Bauteil erhältlich nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18.
20. Lagerfähiges Bauteil erhältlich als Zwischenprodukt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass Schritt b) 1 bis 1000 Stunden nach Schritt a) durchgeführt wird.
21. Bauteil nach Anspruch 19 dadurch gekennzeichnet, dass sein Duromer-Matrixnetzwerk (12) aus Polycyanuraten durch eine chemische Substitutionsreaktion im Einwirkungsbereich (22) durch ein erstes Mittel (16), das unter Verbindungen mit einer reaktiven NH_2 - oder NH -Gruppen ausgewählt ist, aufgeweitet und funktionalisiert ist, wobei das Matrixnetzwerk (12) innerhalb des Einwirkungsbereichs (22) mehr funktionelle Gruppen (26) aufweist als außerhalb des Einwirkungsbereichs (22).
22. Bauteileinheit (3), hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 aus einem Bauteil (1) und einem Fügepartner (2).
23. Beschichtetes Bauteil (1), hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 oder 18.

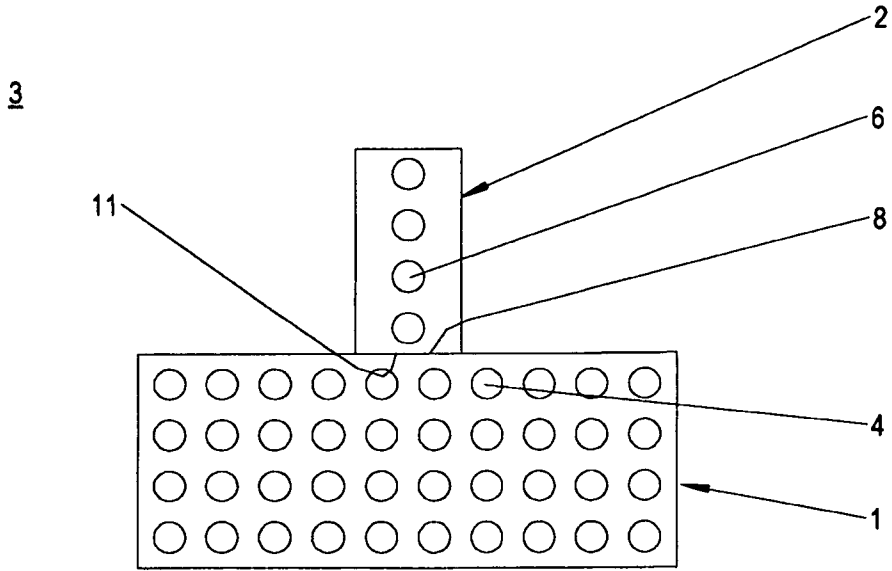


Fig. 1

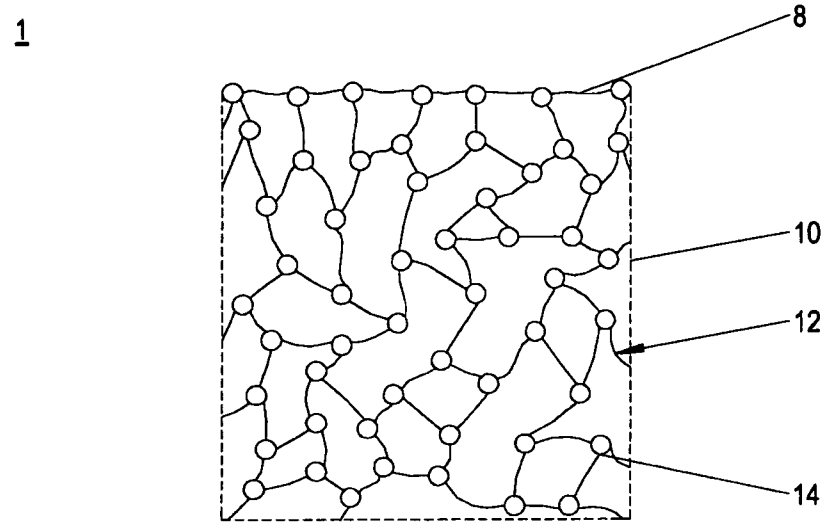


Fig. 2

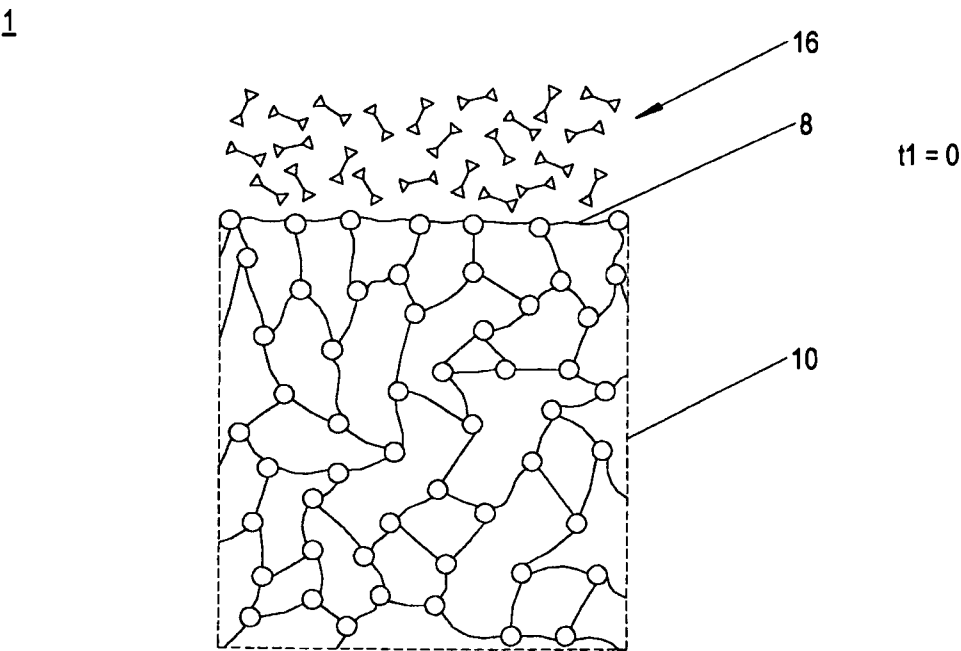


Fig. 3

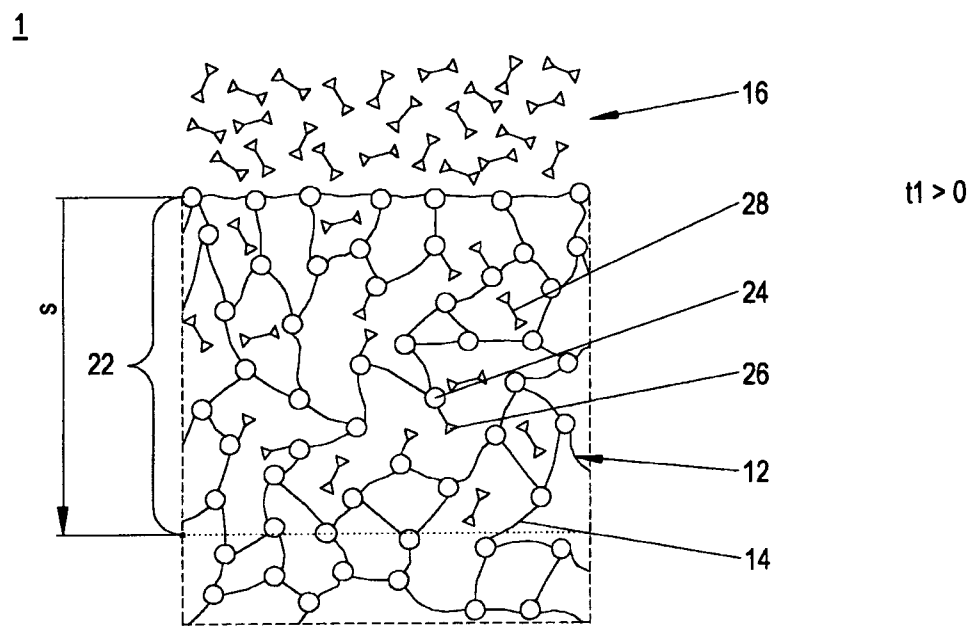


Fig. 4

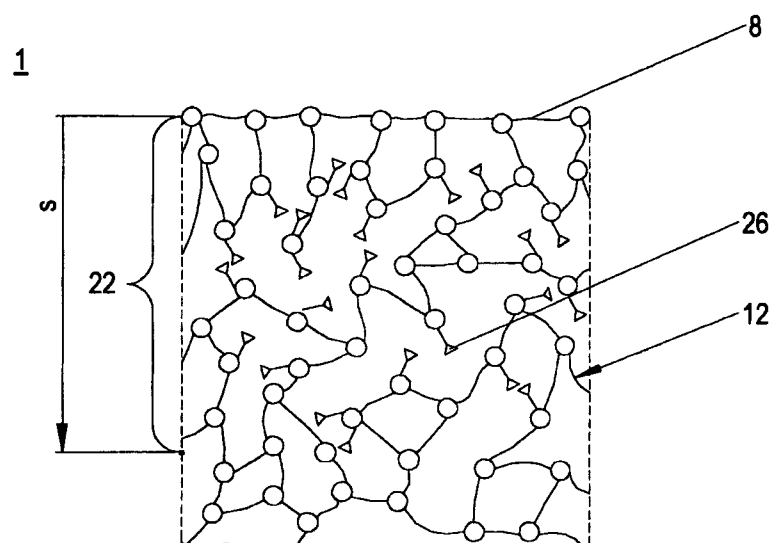


Fig. 5

1

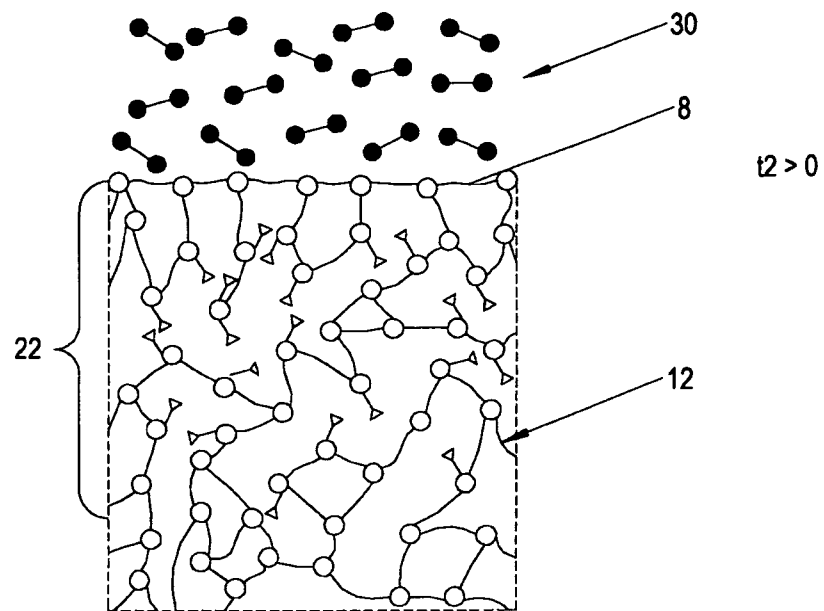


Fig. 6

1

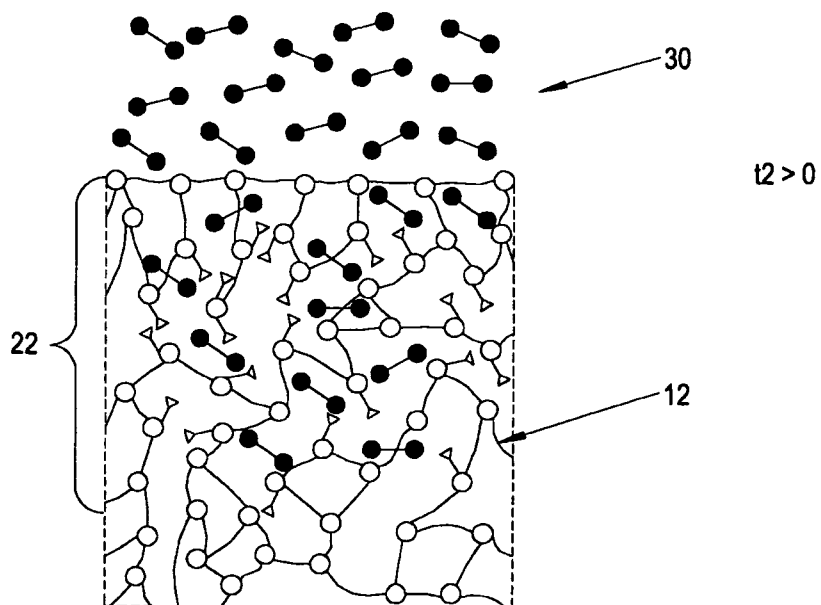


Fig. 7

1

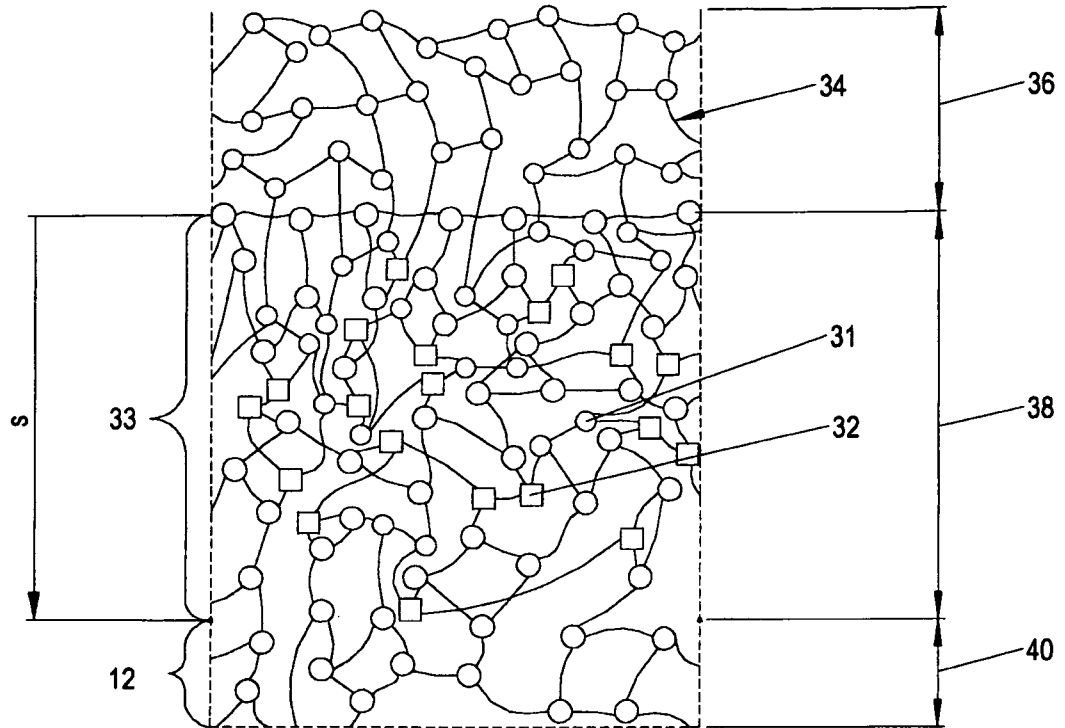


Fig. 8

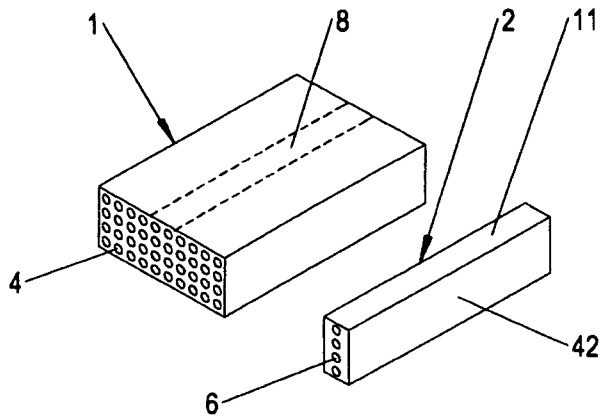


Fig. 9

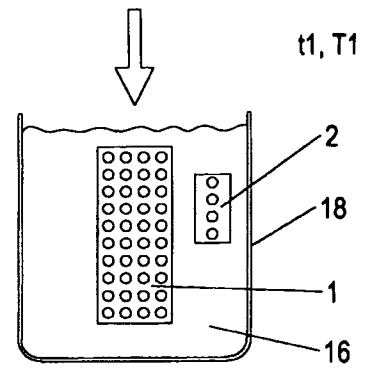


Fig. 10

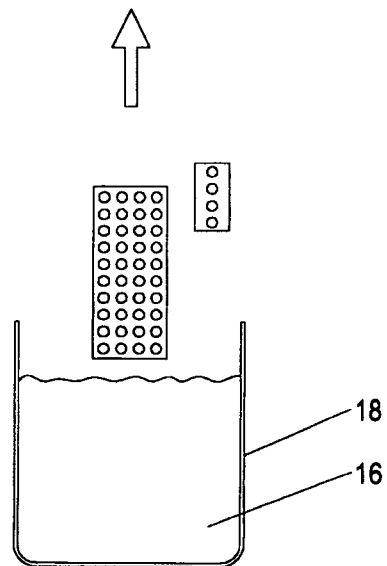


Fig. 11

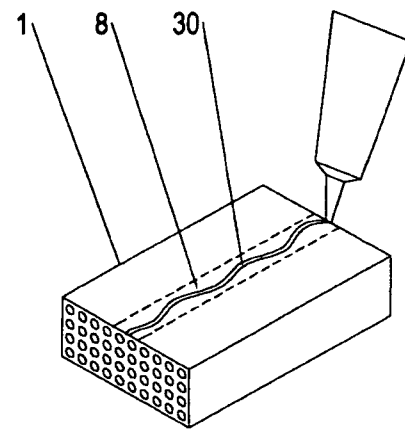


Fig. 12

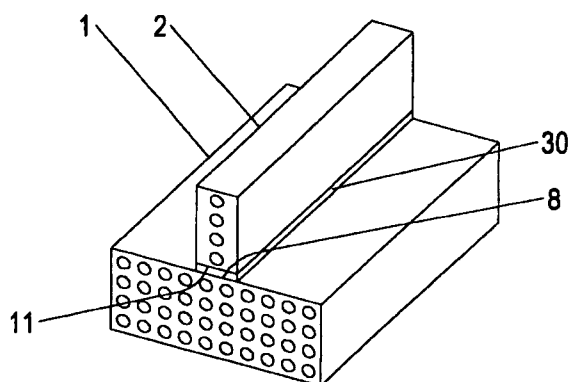


Fig. 13

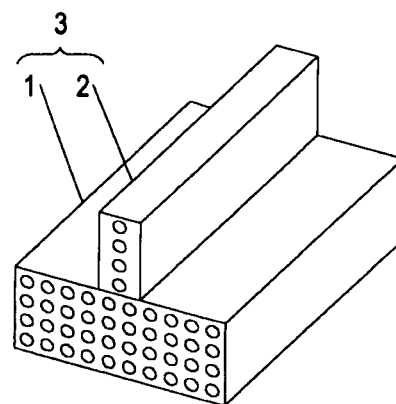


Fig. 14

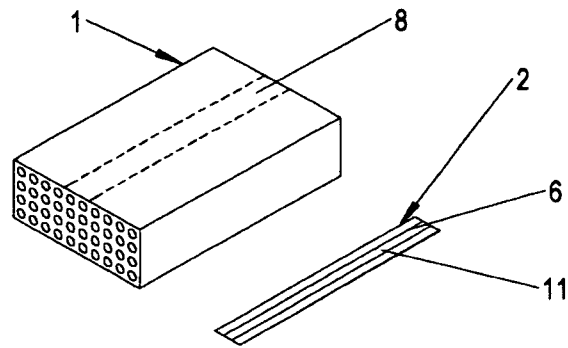


Fig. 15

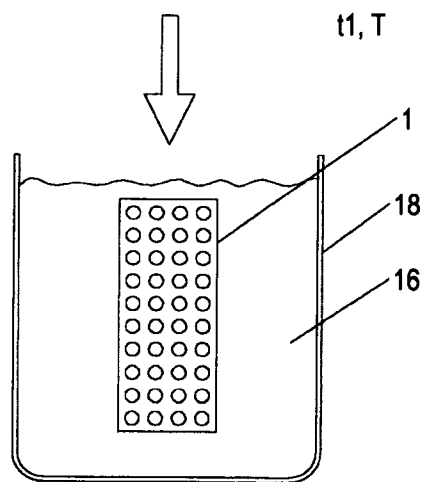


Fig. 16

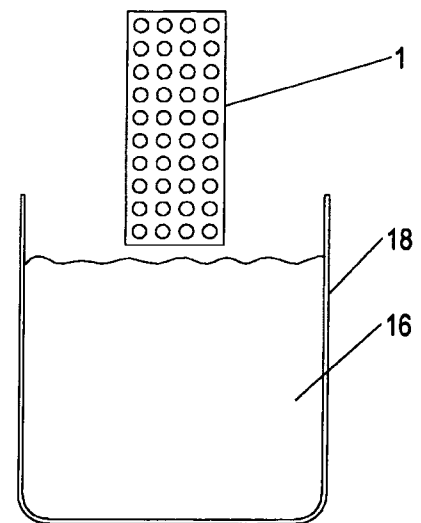


Fig. 17

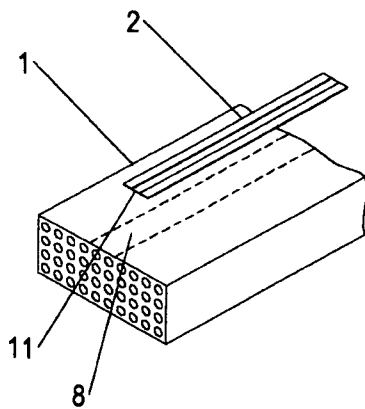


Fig. 18

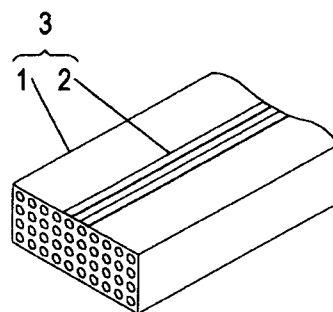


Fig. 19

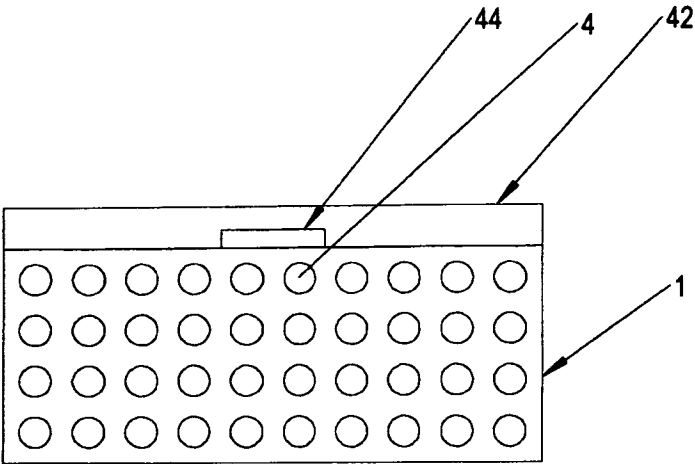


Fig. 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/000545

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C08J5/24 C08J7/04 B29C71/02 C08J7/16 C09J5/02
C09J5/06

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C08J B32B C09J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 687 551 A1 (HUNTSMAN INT LLC [US]) 22 January 2014 (2014-01-22)	19-23
A	paragraphs [0017], [0031]; claim 12 paragraphs [0024] - [0025], [0040] - [0042], [0047] - [0048] paragraphs [0046], [0065] paragraphs [0065], [0072] paragraphs [0084], [0089], [0098], [0099]; claims 10-12	1-18
A	----- DE 10 2011 006163 A1 (EVONIK DEGUSSA GMBH [DE]) 27 September 2012 (2012-09-27) claims 1,8,9 paragraph [0135] ----- -/-	1-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2016

Date of mailing of the international search report

08/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Alevizopoulou, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/000545

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 071 939 A (FUKAMI TAKAO [JP] ET AL) 10 December 1991 (1991-12-10) claims 1-18 column 3, lines 44-54 column 4, lines 5-30 column 4, lines 48-55 -----	1-23
A	BASIT YAMEEN ET AL: "Polycyanurate Thermoset Networks with High Thermal, Mechanical, and Hydrolytic Stability Based on Liquid Multifunctional Cyanate Ester Monomers with Bisphenol A and AF Units", MACROMOLECULAR CHEMISTRY AND PHYSICS., vol. 209, no. 16, 21 August 2008 (2008-08-21), pages 1673-1685, XP055297911, DE ISSN: 1022-1352, DOI: 10.1002/macp.200800155 the whole document -----	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/000545

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2687551	A1	22-01-2014	CA 2878797 A1 23-01-2014
		CN 104640892 A	20-05-2015
		EP 2687551 A1	22-01-2014
		EP 2875059 A1	27-05-2015
		JP 2015528039 A	24-09-2015
		KR 20150036063 A	07-04-2015
		TW 201404792 A	01-02-2014
		US 2015158967 A1	11-06-2015
		WO 2014012728 A1	23-01-2014
DE 102011006163	A1	27-09-2012	AU 2012234522 A1 10-10-2013
		CA 2830456 A1	04-10-2012
		CN 103459452 A	18-12-2013
		DE 102011006163 A1	27-09-2012
		EP 2688934 A1	29-01-2014
		JP 5955376 B2	20-07-2016
		JP 2014510813 A	01-05-2014
		KR 20140024333 A	28-02-2014
		RU 2013147458 A	27-04-2015
		TW 201300446 A	01-01-2013
		US 2014087613 A1	27-03-2014
		WO 2012130672 A1	04-10-2012
		ZA 201307861 B	30-07-2014
US 5071939	A	10-12-1991	CA 1284863 C 18-06-1991
		JP H0464604 B2	15-10-1992
		JP S63309510 A	16-12-1988
		US 5071939 A	10-12-1991

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C08J5/24	C08J7/04
	C09J5/06	
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C08J B32B C09J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 687 551 A1 (HUNTSMAN INT LLC [US]) 22. Januar 2014 (2014-01-22)	19-23
A	Absätze [0017], [0031]; Anspruch 12 Absätze [0024] - [0025], [0040] - [0042], [0047] - [0048] Absätze [0046], [0065] Absätze [0065], [0072] Absätze [0084], [0089], [0098], [0099]; Ansprüche 10-12	1-18
A	DE 10 2011 006163 A1 (EVONIK DEGUSSA GMBH [DE]) 27. September 2012 (2012-09-27) Ansprüche 1,8,9 Absatz [0135]	1-23
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. August 2016		08/09/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Alevizopoulou, M

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 071 939 A (FUKAMI TAKAO [JP] ET AL) 10. Dezember 1991 (1991-12-10) Ansprüche 1-18 Spalte 3, Zeilen 44-54 Spalte 4, Zeilen 5-30 Spalte 4, Zeilen 48-55 -----	1-23
A	BASIT YAMEEN ET AL: "Polycyanurate Thermoset Networks with High Thermal, Mechanical, and Hydrolytic Stability Based on Liquid Multifunctional Cyanate Ester Monomers with Bisphenol A and AF Units", MACROMOLECULAR CHEMISTRY AND PHYSICS., Bd. 209, Nr. 16, 21. August 2008 (2008-08-21), Seiten 1673-1685, XP055297911, DE ISSN: 1022-1352, DOI: 10.1002/macp.200800155 das ganze Dokument -----	1-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/000545

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2687551	A1	22-01-2014	CA 2878797 A1 23-01-2014
			CN 104640892 A 20-05-2015
			EP 2687551 A1 22-01-2014
			EP 2875059 A1 27-05-2015
			JP 2015528039 A 24-09-2015
			KR 20150036063 A 07-04-2015
			TW 201404792 A 01-02-2014
			US 2015158967 A1 11-06-2015
			WO 2014012728 A1 23-01-2014
DE 102011006163	A1	27-09-2012	AU 2012234522 A1 10-10-2013
			CA 2830456 A1 04-10-2012
			CN 103459452 A 18-12-2013
			DE 102011006163 A1 27-09-2012
			EP 2688934 A1 29-01-2014
			JP 5955376 B2 20-07-2016
			JP 2014510813 A 01-05-2014
			KR 20140024333 A 28-02-2014
			RU 2013147458 A 27-04-2015
			TW 201300446 A 01-01-2013
			US 2014087613 A1 27-03-2014
			WO 2012130672 A1 04-10-2012
			ZA 201307861 B 30-07-2014
US 5071939	A	10-12-1991	CA 1284863 C 18-06-1991
			JP H0464604 B2 15-10-1992
			JP S63309510 A 16-12-1988
			US 5071939 A 10-12-1991