



(10) **DE 10 2009 001 145 A1 2010.09.09**

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 001 145.5**

(22) Anmeldetag: **25.02.2009**

(43) Offenlegungstag: **09.09.2010**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B29C 71/00 (2006.01)**  
**B29C 71/04 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden  
e.V., 01069 Dresden, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Rauschenbach, 01187 Dresden**

(72) Erfinder:  
**Gedan-Smolka, Michaela, 01990 Großkmehlen,  
DE; Gohs, Uwe, 01129 Dresden, DE; Müller Anett,  
09117 Chemnitz, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 602 10 935 T2**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Aushärtung und Oberflächenfunktionalisierung von Formteilen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Chemie und betrifft ein Verfahren zur Aushärtung und Oberflächenmodifizierung von Formteilen, die beispielsweise in der Autoindustrie, im Fahrzeugbau, in der Elektroindustrie zum Einsatz kommen können.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens, welches insbesondere in kurzer Zeit und mit hoher Reproduzierbarkeit durchgeführt werden kann und zu einer Verbesserung der Oberflächenqualität der zu lackierenden Formteile führt.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem Materialien, enthaltend mindestens ein ungesättigtes radikalisch oder kationisch härtendes Reaktivharzsystem, zu einem Formteil verarbeitet und während oder nach dem Formgebungsprozess mit oder ohne Beschichtung bis zur Formstabilität vernetzt werden und während der Vernetzung und/oder nachfolgend, vor und/oder nach einer Beschichtung das Formteil einer Bearbeitung mittels energiereicher Strahlung oder energiereicher Teilchen bis zur im Wesentlichen vollständigen Aushärtung mindestens des Oberflächenbereiches des Formteiles ausgesetzt werden.

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Chemie und der Verfahrenstechnik und betrifft ein Verfahren zur Aushärtung und Oberflächenmodifizierung von Formteilen aus polymerisierbaren Harzen mit gegebenenfalls polymerisierbaren Monomeren, Füll- und Verstärkungsstoffen (Fasern), Pigmenten sowie Additiven, beispielsweise von „sheet molding compound“ (SMC) oder „bulk molding compound“ (BMC), die dann als Formteile beispielsweise in der Autoindustrie, im Fahrzeugbau, in der Elektroindustrie zum Einsatz kommen können.

**[0002]** Die zunehmende gewerbliche Anwendung von Duromer-Formteilen, beispielsweise von Faser-Polymermatrix-Formteilen, wie beispielsweise SMC- und BMC-Bauteilen, in den verschiedensten technischen Bereichen, wie Fahrzeugindustrie, Schienenfahrzeugbau, Elektroindustrie und Gerätebau, erfordert Herstellungsverfahren, mit dem die Bauteile in guter Qualität und in möglichst kurzer Zeit hergestellt werden können. In den meisten Fällen ist im Anschluss eine Beschichtung der Bauteile notwendig, was weitere Anforderungen an die Materialien und Herstellungsverfahren stellt.

**[0003]** Zur Herstellung von Bauteilen aus SMC und BMC-Materialien werden beispielsweise vernetzbare Harze, Oligomere, Reaktivverdünner, Fasern und Additive eingesetzt, die innerhalb kontinuierlicher Prozesse vernetzen müssen. Dies kann beispielsweise bei SMC-Bauteilen während der Formgebung des Bauteiles mittels Pressen unter höheren Temperaturen erfolgen. Dabei hängt die Oberflächenqualität, die für eine nachträgliche Beschichtung mittels einer Lackierung von Bedeutung ist, vom Materialsystem, dem Herstellungsverfahren, den Herstellungsparametern und der Rauheit und Welligkeit der Werkzeugoberfläche ab. Da die für eine nachfolgende Lackierung erforderliche Oberflächenqualität oft nicht in ausreichender Qualität im Herstellungsprozess gesichert werden kann und weiterhin auch Reste der internen und/oder externen Presshilfsmittel, wie beispielsweise Trennmittel, noch vorhanden sind, werden weitere Prozessschritte, wie beispielsweise Entgraten, Padden, Powerwash oder Beflämmen, angeschlossen, um die für die Lackierung notwendige benetzbare Oberfläche zu erhalten, die dann auch eine gute Haftung der Beschichtung ermöglicht.

**[0004]** Derzeit zeigen alle industriellen Formgebungs- und Beschichtungsprozesse für SMC-Bauteile mit Flüssig-, Wasser- oder Pulverlacken mit anschließendem Einbrennprozess bis zur Vernetzung der Polymere (Lackschicht) deutliche Probleme, die zu schwankenden Qualitäten und einer nicht ausreichenden Prozessstabilität führen. Diese werden unter anderem verursacht durch Restmonomere, Oligomere oder Reaktivverdünner, die durch die Temperaturbeanspruchung an die Oberfläche migrieren und auch an die Atmosphäre abgegeben werden (Fogging). Auch im nachgeschalteten Lackierprozess können diese aus dem SMC-Material austreten und damit Lackschichtfehler (z. B. Poren, Krater, Kracks, Delaminationen) verursachen (R. Liebold, Farbe+Lack, 108, 7 (2002) S. 4).

**[0005]** Um die SMC-Formteile gegen die Auswirkungen der Ausgasungen im Lackierprozess möglichst gut zu schützen, werden insbesondere für sogenannte Class A-Bauteile vor dem Lackierprozess in einem zusätzlichen Prozessschritt Versiegelungsmittel, wie Primer oder Sealer (K. Joesel, Radtech Report November/December 2001, 23 ff.), aufgetragen, und diese dann weitgehend ohne oder mit moderater thermischer Beanspruchung getrocknet. Eine andere Variante stellt die Aufbringung der Versiegelungsschicht über In-mold-coating (IMC) direkt im thermischen Pressprozess dar. Nachteil dieser Verfahrensvariante ist eine Limitierung auf geometrisch einfach strukturierte Bauteile (H. G. Kia: Sheet Molding Compounds-Science and Technology, Hanser Verlag München 1993, S. 163 ff.). Diese zusätzlichen Prozessschritte sind aufwändig, teuer und verlängern den Herstellungsprozess.

**[0006]** Weiterhin sind Verfahren zur Polymermodifizierung mit energiereichen Elektronen bekannt, wie beispielsweise die Vernetzung von Polymeren (z. B. Thermoplaste, Elastomere), die Härtung von Reaktivharzsystemen zur Herstellung von Faser-Polymermatrix-Formteilen und die Funktionalisierung von PTFE. Diese Anwendungen beruhen auf einem räumlich und zeitlich präzisen Energieeintrag mittels energiereicher Elektronen zur Erzeugung angeregter Atome oder Moleküle sowie Ionen, die bevorzugt Radikale bilden und komplexe chemische Reaktionen induzieren. Im Ergebnis entsteht ein Polymer mit veränderten chemischen, elektrischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften (A. Charlesby, Proc. Roy. Soc. A, 1952, vol. 215, pp. 187–214).

**[0007]** Die Härtung reaktiver Harzsysteme mittels energiereicher Elektronen zur Herstellung von Faser-Polymermatrix-Kompositen wurde bisher vorwiegend für Einsatzzwecke im Militärwesen oder in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Vorteile der Härtung mit energiereichen Elektronen sind die Möglichkeit der Fertigung großer Bauteile ohne den Einsatz eines Autoklaven, eine erhöhte Energieeffizienz von bis zu 70% (gegenüber

dem thermischen Pressprozess), ausgedehnte Handlingzeiten, geringe Schrumpfung, geringe Gasemission, geringe Restspannungen, geringe Wasserabsorption, höhere Glasübergangstemperaturen, kürzere Härtingszeiten und die Möglichkeit der kompletten Einbindung der verwendeten Materialien in das Netzwerk (Abaris, EB Curing Technology, Las Vegas, 1994; Norris, R., EB Curing of Composites Workshop, 1996).

**[0008]** In Kombination mit dem Härten mittels energiereicher Elektronen werden die Fertigungsverfahren Wickeln, Pultration, Prepreg mit Vakuumsack oder vacuum assisted resin transfer molding (VARTM) oder resin transfer molding (RTM) eingesetzt. Große Elektronenbeschleuniger und hohe Investitionskosten beschränken den Einsatz der Härtung reaktiver Harzsysteme mittels energiereicher Elektronen auf die o. g. Hightech-Bereiche. Auf dem Weltmarkt verfügbare kompakte und leistungsfähige Elektronenbeschleuniger ermöglichen inzwischen einen kompakten Anlagenaufbau inklusive Abschirmung und die Integration in die Fertigungslinie in den verschiedensten technischen Bereichen, wie zum Beispiel Fahrzeugindustrie, Schienenfahrzeugbau, Elektroindustrie und Gerätebau.

**[0009]** Mit den bekannten Verfahren sind jedoch die Probleme schwankender Qualität und nicht ausreichender Prozessstabilität des Herstellungsprozesses nicht vollständig oder nur unter Einsatz aufwändiger und teurer zusätzlicher Prozessschritte zu beheben, da diese mit dem zur Zeit genutzten Herstellungsverfahren verbunden sind.

**[0010]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens zur Aushärtung und Oberflächenfunktionalisierung von Formteilen, welches insbesondere in kurzer Zeit und mit hoher Reproduzierbarkeit durchgeführt werden kann und zu einer Verbesserung der Oberflächenqualität der zu lackierenden Formteile führt.

**[0011]** Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0012]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Aushärtung und Oberflächenfunktionalisierung von Formteilen werden Materialien, die mindestens ein ungesättigtes radikalisch oder kationisch härtendes Reaktivharzsystem und weitere Stoffe enthalten, zu einem Formteil verarbeitet und während oder nach dem Formgebungsprozess mit oder ohne Beschichtung bis zur Formstabilität vernetzt und während der Vernetzung und/oder nachfolgend, vor und/oder nach einer Beschichtung wird das Formteil einer Bearbeitung mittels energiereicher Strahlung oder energiereicher Teilchen bis zur im Wesentlichen vollständigen Aushärtung mindestens des Oberflächenbereiches des Formteiles und zur Herstellung einer im Wesentlichen vollständig beschichtbaren Formteiloberfläche ausgesetzt.

**[0013]** Vorteilhafterweise werden Formteile hergestellt und einer Bearbeitung mit energiereicher Strahlung oder energiereichen Teilchen ausgesetzt, die aus einem Faser-Polymermatrix-Material bestehen, wobei noch vorteilhafterweise die Faser-Polymermatrix-Materialien aus ungesättigten Polyesterharzen oder Acrylharzen (Acrylaten, Methacrylaten) oder Epoxyharzen mit einem kationischen Initiator bestehen.

**[0014]** Weiterhin vorteilhafterweise wird ein ungesättigtes Reaktivharzsystem eingesetzt, welches weitere Stoffe enthält, wobei noch vorteilhafterweise als weitere Stoffe Additive und/oder Füllstoffe und/oder Verstärkungselemente und/oder weitere Polymere und/oder Reaktivverdünner eingesetzt werden.

**[0015]** Ebenfalls vorteilhafterweise werden Formteile eingesetzt, die aus SMC und/oder BMC sind.

**[0016]** Und auch vorteilhafterweise werden die Formteile mittels Heißpressens geformt.

**[0017]** Von Vorteil ist es auch, wenn die Vernetzung thermisch initiiert wird, wobei noch vorteilhafterweise die Vernetzung bis zur Formteilstabilität ausgeführt wird.

**[0018]** Weiterhin von Vorteil ist es, wenn die Bearbeitung mittels energiereicher Strahlung oder energiereicher Teilchen in einer reaktiven Gasumgebung und/oder an Luft durchgeführt wird.

**[0019]** Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn die Bearbeitung mittels energiereicher Elektronen oder Gamma- oder Infrarot- oder Mikrowellenstrahlung oder Induktionseintrag in Kombination mit einer Plasmabehandlung durchgeführt wird.

**[0020]** Und auch von Vorteil ist es, wenn die Bearbeitung ausschließlich mit energiereichen Elektronen in ei-

ner reaktiven Gasumgebung und/oder an Luft durchgeführt wird.

**[0021]** Vorteilhaft ist es auch, wenn die Bearbeitung mit Dosen im Bereich von 10 kGy bis 250 kGy durchgeführt wird.

**[0022]** Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die Dosisapplikation in mindestens zwei Schritten mit gleicher Dosis pro Behandlungsschritt durchgeführt wird.

**[0023]** Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn die Dosisapplikation in mindestens zwei Schritten mit unterschiedlicher Dosis pro Behandlungsschritt durchgeführt wird.

**[0024]** Und auch vorteilhaft ist es, wenn die Bearbeitung bei Temperaturen von 5°C bis zu Temperaturen bei denen die thermische Formteilstabilität der Materialien gewährleistet ist, durchgeführt wird.

**[0025]** Und ebenfalls von Vorteil ist es, wenn die Bearbeitung an beschichteten Faser-Polymermatrix-Formteilen durchgeführt wird, wobei noch vorteilhafterweise als Beschichtung eine Lackierung durchgeführt wird.

**[0026]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es erstmals möglich, in relativ kurzer Zeit und mit geringem Aufwand ein Formteil zu erhalten, welches weitgehend ausgehärtet ist, um ein Austreten niedermolekularer Bestandteile, wie Restmonomere, Oligomere oder Reaktivverdünner bei nachfolgender Temperaturbeanspruchung während des Lackierprozesses aus dem SMC- und BMC-Material zu verhindern, und dessen Oberflächeneigenschaften für die Weiterverarbeitung ausreichend bis gut oder sehr gut sind. Als ausgehärtet wird dabei verstanden, dass über DSC-Messungen keine Restreaktivität mehr im Bauteil detektiert wird. Insbesondere betrifft dies beschichtete Formteile, die vor oder während oder nach der Beschichtung erfindungsgemäß ausgehärtet werden können. Diese beschichteten und erfindungsgemäß bearbeiteten Formteile zeigen gute bis ausgezeichnete Oberflächenqualitäten.

**[0027]** Insbesondere für lackierte SMC- und BMC-Formteile ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll unter SMC dabei ein verarbeitungsfähiges, flächiges Halbzeug aus vernetzungsfähigen meist ungesättigten Polyesterharzen, Glasfasern und notwendigen Zuschlagstoffen verstanden werden, welches in erwärmten Pressen zu Formteilen verarbeitet wird. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung soll unter BMC eine spritzgieß- oder spritzpressfähige Formmasse mit geschnittenen Glasfasern verstanden werden. Dabei sind die Faserlängen von BMC kleiner als von SMC [Liebold, R.: mo 55 (2001) S. 41].

**[0028]** SMC- und BMC-Formteile sind Faser-Polymermatrix-Formteile, die aus einem reaktivem Prepreg (Harzmatte, SMC – sheet molding compound) über thermisches Pressen bei erhöhter Temperatur oder Bulkmaterial (BMC – bulk molding compound) über Spritzguss oder thermisches Pressen hergestellt werden und bis zur Formstabilität vernetzt werden. Die Bauteile werden nach bekannten Verfahren hergestellt, geformt und vernetzt.

**[0029]** Durch die Erfinder der vorliegenden Lösung konnte festgestellt werden, dass diese Formteile nach dem Stand der Technik innerhalb der industriellen Prozessschritte und -zeiten während des thermischen Pressens offensichtlich nicht in ausreichendem Maße und nicht reproduzierbar vernetzen und anschließend kein ausgehärtetes Formteil vorliegt. Die vollständige Aushärtung erfolgt dann meist erst bei einer weiteren Temperaturbehandlung, die im Zuge des Einbrennens der Lackschichten realisiert wird. Dabei kommt es zu den bekannten Ausgasungen und den nachteiligen Auswirkungen auf die Lackschicht.

**[0030]** Um diese nachteiligen Prozesse zu vermeiden, wurde erfindungsgemäß vorgeschlagen, eine Aushärtung und eine Oberflächenfunktionalisierung durchzuführen. Die Aushärtung findet dabei erfindungsgemäß in einem gewünschten Volumen des Formteiles statt. Dabei wird das gewünschte Volumen eines Formteiles im Wesentlichen vollständig ausgehärtet. Jedoch kann das gewünschte Volumen formteilbezogen auch nicht das gesamte Formteil betreffen, sondern beispielsweise kann nur eine Seite des Formteiles ausgehärtet werden oder nur ein Oberflächenbereich des Formteiles.

**[0031]** Erfindungsgemäß werden die Formteile für die Aushärtung mit energiereicher Strahlung oder energiereichen Teilchen beaufschlagt, die dann angeregte Atome oder Moleküle sowie Ionen erzeugen, die bevorzugt Radikale bilden und komplexe chemische Reaktionen im Formteil und/oder in dem gewünschten Volumen des Formteiles induzieren.

**[0032]** Durch die erfindungsgemäße Lösung wird in den Prozessablauf zwar ein zusätzlicher Prozessschritt eingeführt, der jedoch innerhalb kurzer Zeit (z. B. der Taktzeit des Herstellungsprozesses) die Formteile soweit aushärtet, dass im Wesentlichen keine Oberflächenfehler durch Ausgasungen und/oder Nachvernetzung bei den nachfolgenden Beschichtungsprozessen mehr auftreten.

**[0033]** Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, dass sowohl bei zu beschichtenden aber auch bei unbeschichteten Formteilen das Ausgasen von niedermolekularen Substanzen, wie beispielsweise Reaktivverdünnerresten, nahezu vollständig bis vollständig verhindert wird, so dass eben Oberflächenfehler und Fogging nicht mehr auftreten. Unter Fogging wird dabei die Emission von leicht flüchtigen Substanzen, wie beispielsweise Reaktivverdünnerresten, im Gebrauchszustand von unbeschichteten oder partiell beschichteten SMC-Presteilen verstanden.

**[0034]** Dabei ist es erfindungsgemäß vorteilhaft, wenn die Bearbeitung in mehreren Schritten und/oder mit wechselndem Energieeintrag pro Schritt (z. B. Dosis, d. h. absorbierte Energie pro Masseneinheit) realisiert wird. Trotzdem können auch diese Bearbeitungszeiten in die üblichen Zykluszeiten des industriellen Herstellungsprozesses/der Produktionslinien eingepasst werden. Die Energieeinträge werden dabei in Abhängigkeit von der stofflichen Zusammensetzung des Formteiles, seinen Abmessungen und in Abhängigkeit von den Pressbedingungen gewählt.

**[0035]** Es ist auch möglich, die Aushärtung der Formteile nur in den Oberflächenbereichen der Formteile durchzuführen. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn große Formteildicken vorliegen. Dabei ist der gehärtete Bereich so dick zu realisieren, dass für die nachfolgenden Prozessschritte keine nachteiligen Auswirkungen auftreten. Insbesondere verhindert dieser ausgehärtete Oberflächenbereich, dass möglicherweise noch im Formteil befindliche Materialien, die entweder noch nicht ausgehärtet und/oder flüchtig sind, das Formteil verlassen können, aber trotzdem im Wesentlichen keine negativen Auswirkungen auf die zu lackierende Oberfläche des Formteiles haben.

**[0036]** Durch die erfindungsgemäße Lösung ist eine kosteneffiziente Lösung gefunden worden, bei der auf zusätzliche Nacharbeiten verzichtet werden kann, was durch die gesamtheitliche Betrachtung zur Ermittlung der Ursachen ermöglicht worden ist.

**[0037]** Der besondere Vorteil der vorliegenden Lösung besteht nicht nur in der Aushärtung der Formteile oder von Volumen- oder Oberflächenbereichen der Formteile sondern auch darin, dass mit dem Energieeintrag durch energiereiche Strahlung oder energiereiche Teilchen auch funktionelle Gruppen an der Oberfläche und/oder im oberflächennahen Bereich der Formteile erzeugt werden, die zu einer besseren Haftung der Beschichtung und einer Erhöhung der Hydrophilie der Oberfläche führen. Auf diese Weise wird letztlich auch eine Verbesserung der Oberflächenqualität der Formteiloberfläche und damit auch der lackierten/beschichteten Formteile erhalten.

**[0038]** Nachfolgend wird die Erfindung an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

#### Beispiel 1

**[0039]** Ein Automobilformteil wird aus einem Prepreg einer Low Profile-Rezeptur

#### SMC-Paste:

Ungesättigtes Polyesterharz (60 Gew.-% in Styrol)	60 Gew.-Teile
Low-Profile Additiv (40 Gew.-% in Styrol)	40 Gew.-Teile
Calciumcarbonat	10 Gew.-Teile
t-Butylperoxybenzoat	1,5 Gew.-Teile
Zinkstearat	4 Gew.-Teile
Magnesiumoxyd	1 Gew.-Teil

#### SMC-Prepreg:

SMC-Paste	75 Gew.-%
Glasfasern (geschnitten, Länge: 1 inch)	25 Gew.-%

unter folgenden Bedingungen über thermisches Pressen hergestellt:

Temperatur/Matrize: 140°C; Temperatur/Patrize: 139°C, Schließzeit: 12 s,  
 Presszeit: 180 s; Pressdruck: 14 MPa.

**[0040]** Die über DSC ermittelte Restreaktivität im Formteil liegt bei – 8 J/g bezogen auf die Ausgangsreaktivität des Prepregs von – 40 J/g. Anschließend wird das Formteil mittels Elektronen mit einer Dosis von 140 kGy unter Luftatmosphäre bei einer Produktgeschwindigkeit von 0,3 m/Minute bestrahlt. Die Bestrahlung erfolgt im Prozessablauf zwischen dem Ausstoß des Formteiles aus der Presse und den nachfolgenden Bearbeitungsschritten. Danach ist im Formteil mittels DSC keine Restreaktivität mehr feststellbar und das Formteil ist damit vollständig ausgehärtet. Der Kontaktwinkel mit Wasser als Testflüssigkeit sinkt von 98° auf 78° in Folge der Einlagerung sauerstoffhaltiger Gruppen in die Oberfläche.

#### Beispiel 2

**[0041]** Ein Nutzfahrzeuganbauformteil wird aus einem Prepreg einer Low Profile-Rezeptur unter folgenden Bedingungen über thermisches Pressen hergestellt:

Temperatur/Matrize: 140°C; Temperatur/Patrize: 139°C, Schließzeit: 12 s,  
 Presszeit: 180 s; Pressdruck: 14 MPa

**[0042]** Die über DSC ermittelte Restreaktivität im Formteil liegt bei – 7 J/g bezogen auf die Ausgangsreaktivität des Prepregs von – 37 J/g. Anschließend wird das Formteil mittels Elektronen mit Einzeldosen von 7 × 20 kGy bei einer Produktgeschwindigkeit von 2,1 m/Minute unter Luftatmosphäre bestrahlt. Die Bestrahlung erfolgt im Prozessablauf zwischen dem Ausstoß des Formteiles aus der Presse und den nachfolgenden Bearbeitungsschritten. Danach ist im Formteil mittels DSC keine Restreaktivität mehr feststellbar und das Formteil ist vollständig ausgehärtet. Der Kontaktwinkel mit Wasser als Testflüssigkeit sinkt von 100° auf 32° in Folge der Einlagerung sauerstoffhaltiger Gruppen in die Oberfläche.

#### Beispiel 3

**[0043]** Ein Automobilanbauformteil wird aus einem Prepreg einer Low shrink-Rezeptur (s. o.)

Ungesättigtes Polyesterharz (70 Gew.-% in Styren)	16,4 Gew.-%
Polystyren (40 Gew.-% in Styren)	11 Gew.-%
Para-t-butylperoxybenzoat	0,3 Gew.-%
Zinkstearat	0,7 Gew.-%
Kalziumcarbonat	41,1 Gew.-%
Magnesiumoxyd	0,5 Gew.-%
Glasfaseroving (geschnitten, 1 inch Länge)	30 Gew.-%

unter folgenden Bedingungen über thermisches Pressen hergestellt:

Temperatur/Matrize: 140°C; Temperatur/Patrize: 139°C, Schließzeit: 12 s,  
 Presszeit: 180 s; Pressdruck: 14 MPa.

**[0044]** Die über DSC ermittelte Restreaktivität im Formteil liegt bei –2,2 J/g bezogen auf die Ausgangsreaktivität des Prepregs von –24 J/g.

**[0045]** Anschließend wird das Bauteil über Elektronenbestrahlung mit 70 kGy bei Produkttransportgeschwindigkeiten von 0,6 m/Minute und nachfolgend mit 7 × 10 kGy bei einer Produktgeschwindigkeit von 4,2 m/Minute unter Luftatmosphäre vollständig ausgehärtet. Danach ist im Bauteil mittels DSC keine Restreaktivität mehr feststellbar. Der Kontaktwinkel mit Wasser als Testflüssigkeit sinkt von 95° auf 72° in Folge der Einlagerung sauerstoffhaltiger Gruppen in die Oberfläche. Die Rauheiten befinden sich in einem vergleichbaren Bereich zum Zustand nach dem Pressprozess.

#### Beispiel 4

**[0046]** Ein Automobilanbauformteil wird aus einem SMC-Prepreg einer Automotive Class A-Rezeptur unter folgenden Bedingungen über thermisches Pressen hergestellt:

Temperatur/Matrize: 150°C; Temperatur/Patrize: 145°C, Schließzeit: 10 s,  
 Presszeit: 160 s; Pressdruck: 12 MPa.

**[0047]** Die über DSC ermittelte Restreaktivität im Formteil liegt dickenabhängig bei durchschnittlich 17% be-

zogen auf die Ausgangsreaktivität des Prepregs von  $-41$  J/g. Dabei wurde bei einer Bauteildicke zwischen  $\sim 2,2$ – $3,2$  mm eine Restreaktivität zwischen 14 und 20%, bei  $\sim 5,4$  mm von 13% und bei  $\sim 10,3$  mm von 10% der Ausgangsreaktivität des Prepregs ermittelt.

**[0048]** Anschließend wird das Formteil mittels Elektronen mit Einzeldosen von  $12 \times 10$  kGy bei einer Produktgeschwindigkeit von 4,2 m/Minute unter Luftatmosphäre bestrahlt. Die Bestrahlung erfolgt im Prozessablauf zwischen dem Ausstoß des Formteiles aus der Presse und dem nachfolgenden Bearbeitungsschritt. Danach ist im Formteil mittels DSC keine Restreaktivität mehr feststellbar und das Formteil ist vollständig ausgehärtet. Der Kontaktwinkel mit Wasser als Testflüssigkeit sinkt von  $95^\circ$  auf  $72^\circ$  in Folge der Einlagerung sauerstoffhaltiger Gruppen in die Oberfläche.

**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 Nicht-Patentliteratur**

- R. Liebold, Farbe+Lack, 108, 7 (2002) S. 4 [0004]
- K. Joesel, Radtech Report November/December 2001, 23 ff. [0005]
- H. G. Kia: Sheet Molding Compounds-Science and Technology, Hanser Verlag München 1993, S. 163 ff. [0005]
- A. Charlesby, Proc. Roy. Soc. A, 1952, vol. 215, pp. 187–214 [0006]
- Abaris, EB Curing Technology, Las Vegas, 1994; Norris, R., EB Curing of Composites Workshop, 1996 [0007]
- Liebold, R.: mo 55 (2001) S. 41 [0027]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Aushärtung und Oberflächenfunktionalisierung von Formteilen bei dem Materialien, enthaltend mindestens ein ungesättigtes radikalisch oder kationisch härtendes Reaktivharzsystem und weitere Stoffe, zu einem Formteil verarbeitet und während oder nach dem Formgebungsprozess mit oder ohne Beschichtung bis zur Formstabilität vernetzt werden und während der Vernetzung und/oder nachfolgend, vor und/oder nach einer Beschichtung das Formteil einer Bearbeitung mittels energiereicher Strahlung oder energiereicher Teilchen bis zur im Wesentlichen vollständigen Aushärtung mindestens des Oberflächenbereiches des Formteiles und zur Herstellung einer im Wesentlichen vollständig beschichtbaren Formteiloberfläche ausgesetzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Formteile hergestellt und einer Bearbeitung mit energiereicher Strahlung oder energiereichen Teilchen ausgesetzt werden, die aus einem Faser-Polymermatrix-Material bestehen.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Faser-Polymermatrix-Materialien eingesetzt werden, die aus ungesättigten Polyesterharzen oder Acrylharzen (Acrylaten, Methacrylaten) oder Epoxyharzen mit einem kationischen Initiator bestehen.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein ungesättigtes Reaktivharzsystem eingesetzt wird, welches weitere Stoffe enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem als weitere Stoffe Additive und/oder Füllstoffe und/oder Verstärkungselemente und/oder weitere Polymere und/oder Reaktivverdünner eingesetzt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formteile eingesetzt werden, die aus SMC und/oder BMC sind.
7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formteile mittels Heißpressens geformt werden.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Vernetzung thermisch initiiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Vernetzung bis zur Formteilstabilität ausgeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung mittels energiereicher Strahlung oder energiereicher Teilchen in einer reaktiven Gasumgebung und/oder an Luft durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung mittels energiereicher Elektronen oder Gamma- oder Infrarot- oder Mikrowellenstrahlung oder Induktionseintrag in Kombination mit einer Plasmabehandlung durchgeführt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung ausschließlich mit energiereichen Elektronen in einer reaktiven Gasumgebung und/oder an Luft durchgeführt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung mit Dosen im Bereich von 10 kGy bis 250 kGy durchgeführt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dosisapplikation in mindestens zwei Schritten mit gleicher Dosis pro Behandlungsschritt durchgeführt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Dosisapplikation in mindestens zwei Schritten mit unterschiedlicher Dosis pro Behandlungsschritt durchgeführt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung bei Temperaturen von 5°C bis zu Temperaturen bei denen die thermische Formteilstabilität der Materialien gewährleistet ist, durchgeführt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bearbeitung an beschichteten Faser-Polymermatrix-Formteilen durchgeführt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem als Beschichtung eine Lackierung durchgeführt wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen