

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG
(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
8. August 2013 (08.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/113676 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B29C 65/36 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/051631

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Januar 2013 (29.01.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 201 426.8
1. Februar 2012 (01.02.2012) DE

(71) Anmelder: **LEIBNIZ-INSTITUT FÜR
POLYMERFORSCHUNG DRESDEN E.V.** [DE/DE];
Hohe Str. 6, 01069 Dresden (DE).

(72) Erfinder: **ZIMMERER, Cordelia**; Tauscherstr. 18, 01277
Dresden (DE). **STEINER, Gerald**; Clara-Zetkin-Str. 80,
08340 Schwarzenberg (DE). **HEINRICH, Gert**;
Podbielskistr. 5, 30163 Hannover (DE).

(74) Anwalt: **RAUSCHENBACH, Marion**; Rauschenbach
Patentanwälte, Bienertstr. 15, 01187 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: METHOD FOR BONDING PLASTICS AND METHOD FOR RELEASING A BOND IN THE PLASTIC COMPOSITE
AND A PLASTIC COMPOSITE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON KUNSTSTOFFEN UND VERFAHREN ZUM LÖSEN EINER
VERBINDUNG IM KUNSTSTOFFVERBUND UND KUNSTSTOFFVERBUND

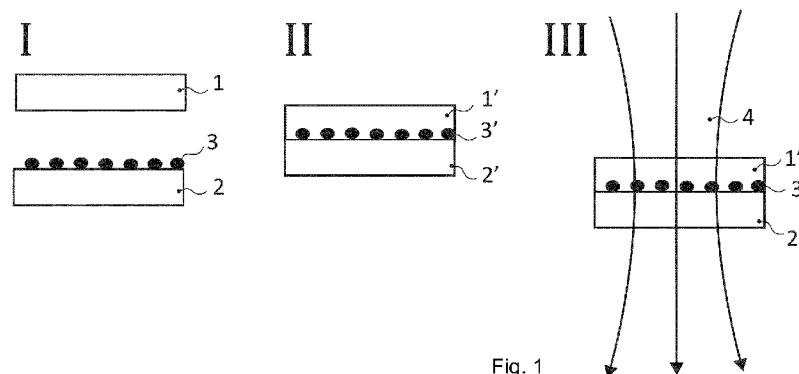


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to the field of chemistry and concerns a method suitable for example for use in the automotive industry or in aircraft construction. The object of the present invention is to provide a method by which a bonding of the regions of the plastics that are in direct contact is accomplished. The object is achieved by a method for bonding plastics in which materials which contain at least one electrically conductive material and only partially cover the plastics are applied to at least one of the plastics to be bonded, then the plastics are brought into contact with one another, at least in the region with the materials, and after that at least this region is exposed at least once to an alternating electromagnetic field.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Chemie und betrifft ein Verfahren, wie es beispielsweise in der Automobilindustrie oder im Flugzeugbau eingesetzt werden kann. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens, mit dem ein Verbinden der im direkten Kontakt befindlichen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/113676 A2

Bereiche der Kunststoffe erreicht wird. Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen, bei dem auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht werden, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken, nachfolgend die Kunststoffe mindestens in dem Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht werden und danach mindestens dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird.

Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen und Verfahren zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund und Kunststoffverbund

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Chemie und betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen, wie es beispielsweise in vielfältigen industriellen Anwendungen, wie in der Automotivindustrie, dem Flugzeugbau aber auch bei der Erzeugung von Haushalts- und Gebrauchsgegenständen, in der Verpackungsindustrie, zur Verbesserung der Gebrauchseigenschaften der Halbzeuge oder Bauteile, eingesetzt werden kann. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund, wie es beispielsweise für die Sicherheitstechnik oder bei Recyclingprozessen benötigt wird.

Für das Verbinden von Kunststoffoberflächen sind verschiedene Technologien bekannt. Dabei ist insbesondere das Verschweißen von Kunststoffen von großer Bedeutung.

Prinzipiell muss beim Verschweißen von Kunststoffgrenzschichten thermische Energie in die Grenzschicht zwischen den beiden Kunststoffen eingebracht werden. Eigenschaften wie die Zugänglichkeit und die Geometrie der Grenzflächen sind Schlüsselkriterien zum Einsatz des jeweiligen Verfahrens. Bei den bekannten Technologie des Verschweißen von Kunststoffen können nur Thermoplaste zum Einsatz kommen, da es durch die direkte Erwärmung der thermoplastischen Kunststoffe (Infrarotschweißen, Schweißen über Heizelement oder -wendel) zu rheologischen Veränderungen (Schmelzebildung) mindestens eines der beiden Kunststoffe kommt und nur dadurch das Verschweißen realisiert werden kann. Nach dem Abkühlen und Erstarren der aufgeschmolzenen Bereiche bildet sich eine neue Werkstoffstruktur aus und führt zu einer in der Regel dauerhaften Haftung zwischen beiden Kunststoffen. Der Energieeintrag in die zu fügende Grenzschicht (Fügenreihe) ist der Schlüsselschritt für eine feste Verbindung zwischen den Kunststoffen. In der Praxis wird meist ein erheblicher Anteil des Kunststoffes zusätzlich zur Füge-naht mit plastifiziert oder hinsichtlich der gewünschten Eigenschaften negativ beeinflusst.

Je nach Anwendungsgebiet werden verschiedene Schweißverfahren eingesetzt, wie z.B. Laserschweißen, Heizelementschweißen, Vibrationsschweißen oder Ultraschallschweißen.

Beim Laserschweißen (DE 10 2008 038 014 A1; DE 11 2007 002 109 T5) wird mindestens einer der Kunststoffkomponenten ein leitfähiger Zuschlagsstoff, wie z. B. Ruß zugegeben. Die Absorption der Lichtenergie durch die Rußpartikel führt zur Erwärmung des umgebenden Kunststoffes. Diese Kunststoffkomponente schmilzt partiell auf und wird mit der zweiten Kunststoffkomponente verschweißt.

Das Vibrationsschweißen nutzt generell eine Feststoffreibung und hohen Druck, um eine Schmelzzone zwischen den Kunststoffen zu erzeugen (EP 1 346 817 A1; EP 1 772 253 B1; DE 10 211 875 A1; DE 60 207 248 T2). Die Vibration kann sowohl linear als auch orbital ausgeführt werden.

Beim Rotationsschweißen erfolgt durch die Relativbewegung der Fügeteile zueinander der notwendige Wärmeeintrag. Mindestens eines der beiden Fügeteile muss Ro-

tationssymmetrie aufweisen, und es muss ein hoher Pressdruck zwischen den Kunststoffen aufgewendet werden (EP 110 914 A1; WO 002009018804 A2).

Ein weiteres Verfahren in der Gruppe der Reibschweißverfahren nutzt die molekulare Reibung durch hochfrequente mechanische Schwingung aus. Es wird als Ultraschallschweißen bezeichnet. Es werden dabei Schwingungen unter Druck auf die Kunststoffe, vorteilhaft Folien oder kleinere Fügeflächen, übertragen (AT 333 979 E; DE 69 528 314 T2).

Ebenfalls bekannt ist ein weiteres Verfahren zum Fügen von Kunststoffen, das Warmgasschweißen. Hierbei wird ein heißes Gas, meist Luft, verwendet, um die Plastifizierung des Kunststoffes zu erreichen (AU 3 094 371 A; AU 2 882 189 A; EP 521 755 A1; CH 702 860 A1).

Weiterhin bekannt ist aus der DE 28 51 612 A1 Kunststoffschweißen und –verflüssigen mit Hilfe des elektrischen Stromes. Dabei werden zum Kunststoffschweißen und –verflüssigen mit Hilfe des elektrischen Stromes als direkter Stromfluss im Kunststoff und in Erzeugung eines örtlich erhöhten elektrischen Feldes in den Kunststoff elektrisch leitende Werkstoffe zur Ermöglichung eines fließenden elektrischen Stromes eingebracht oder aufgetragen und es werden durch örtlich bestimmt eingebrachte Metallspäne zur örtlichen Konzentration der elektrischen Feldlinien örtlich bestimmte dielektrische Verluste und damit eine Erwärmung herbeigeführt.

Dabei wird statt des einfachen Kunststoffschweißdrahtes beim Heißluftschweißen ein Schweißdraht in die gesamte Schweißnaht gelegt, welcher durch Einbringen elektrisch leitender Werkstoffe, wie z.B. Metallspäne oder –pulver, elektrisch leitend geworden ist. Eine an den Schweißdraht angelegte elektrische Spannung erzeugt einen elektrischen Strom in dem leitend gemachten Kunststoff, der beispielsweise durch Aufgalvanisieren von Metallen auf die Kunststoffoberfläche erzeugt worden ist. Das örtliche Einbringen von Metallspänen in einen Kunststoffschweißdraht oder in die Schweißnaht bewirkt beim Dielektrischen Schweißen eine Konzentration der elektrischen Feldlinien auf die Lage der Metallspäne und somit örtlich konzentrierte Verluste und damit eine gezielte Erwärmung.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass einerseits ein direkter Stromfluss erforderlich ist und eine äußerst präzise Regelung des Stromflusses realisiert werden muss, um eine ausreichende Erwärmung zu erhalten, da die Kunststoffoberflächen in der Schweißnaht keinen direkten Kontakt zueinander haben und eine thermische Schädigung der Kunststoffe weitgehend vermieden werden muss.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens zum Verbinden von Kunststoffen, mit dem ein teilweiser direkter Kontakt der zu verbindenden Kunststoffe realisiert und gleichzeitig ein Verbinden dieser Bereiche der Kunststoffe erreicht wird, sowie in der Angabe eines Verfahrens zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund, welches auf einfache Art und Weise realisiert werden kann, und weiterhin in der Angabe eines Kunststoffverbundes, der eine dauerhafte stabile Verbindung der Kunststoffoberflächen realisiert.

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

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen werden auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken, nachfolgend werden die Kunststoffe mindestens in dem Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht und danach wird mindestens dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt.

Vorteilhafterweise werden als Kunststoffe thermoplastische Kunststoffe, noch vorteilhafterweise Polycarbonate oder Polyester, eingesetzt.

Weiterhin vorteilhafterweise werden Materialien in strukturierter Form, noch vorteilhafterweise in Form geschlossener Leiterschleifen, in regelmäßiger oder unregelmäßiger Form oder mäanderförmig, weiterhin vorteilhafterweise mit Abmessungen von 100 µm bis 10 mm, eingesetzt.

Ebenfalls vorteilhafterweise werden als Materialien kugelförmige, ellipsoide, stäbchenförmige oder sternförmige Partikel, noch vorteilhafterweise mit mittleren Durchmessern von 5 – 500 nm, eingesetzt.

Und auch vorteilhafterweise werden Materialien eingesetzt, die Bestandteile einer Folie sind.

Vorteilhaft ist es auch, wenn Materialien eingesetzt werden, die aus einem metallischen Material, vorteilhafterweise aus Gold oder Silber bestehen.

Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn Materialien aufgebracht werden, die maximal 50 % eines Kunststoffes bedecken.

Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn die in Kontakt befindlichen Kunststoffe einem kurzzeitigen und starken elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt werden.

Und auch vorteilhaft ist es, wenn die im Kontakt befindlichen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt werden, welches Feldstärken in einem Puls oder in mehreren kurz hintereinander folgenden Pulsen oder in einer anderen zeitlich veränderlichen Form aufweist.

Von Vorteil ist es auch, wenn die im Kontakt befindlichen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld von mindestens 30 T, noch vorteilhafterweise innerhalb von 1 μ s bis 10 ms, ausgesetzt werden.

Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn die in Kontakt befindlichen Oberflächen einem elektromagnetischen Wechselfeld mit höherer Feldstärke innerhalb kürzerer Zeit oder mit geringerer Feldstärke innerhalb gleicher Zeit in mehreren Pulsen ausgesetzt werden.

Weiterhin bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund werden zum Verbinden von Kunststoffen auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken, nachfol-

gend werden die Kunststoffe mindestens in dem Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht und danach wird mindestens dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt, und zum Lösen dieser Verbindung wird dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt, wobei der Bereich einem elektromagnetischen Wechselfeld entweder mit einer höheren Feldstärke als für die Verbindung oder bei gleicher Feldstärke und gleicher Zeit aber höherer Anzahl von Pulsen als für die Verbindung eingesetzt worden ist, ausgesetzt wird.

Der erfindungsgemäße Kunststoffverbund besteht aus mindestens zwei Kunststoffen, die mindestens stoffschlüssig und im Bereich ihrer Verbindung höchstens teilweise miteinander verbunden sind, wobei im Bereich ihrer Verbindung Materialien vorhanden sind, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten.

Vorteilhafterweise ist die stoffschlüssige Verbindung über eine chemische Reaktion erfolgt.

Mit der vorliegenden Erfindung wird erstmals ein Verfahren angegeben, bei dem ein teilweiser direkter Kontakt der zu verbindenden Kunststoffe realisiert und gleichzeitig ein Verbinden dieser Bereiche der Kunststoffe erreicht wird. Ebenso wird mit der vorliegenden Erfindung erstmals ein Verfahren zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund angegeben, mit welchem das Lösen der Verbindung auf einfache und rückstandsfreie Art und Weise realisiert werden kann. Weiterhin ist durch die erfindungsgemäße Lösung erstmals ein Kunststoffverbund bekannt, bei dem eine dauerhafte stabile Verbindung der Kunststoffoberflächen realisiert ist.

Erreicht wird dies, indem auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht werden, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken. Nachfolgend werden die Kunststoffe mindestens im Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht und mindestens dieser Bereich ein- oder mehrmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt.

Als Kunststoffe kommen erfindungsgemäß solche zur Anwendung, die weder elektrisch noch thermisch leitfähig sind. Vorteilhafterweise eignen sich thermoplastische Kunststoffe und Kunststoffe, die zusätzlich auch funktionelle Kopplungsgruppen enthalten für die erfindungsgemäße Lösung. Vorteilhafterweise können Polycarbonate oder Polyester eingesetzt werden.

Als Materialien kommen solche zum Einsatz, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten. Dies kann vorteilhafterweise ein metallisches Material sein.

Diese Materialien können in unstrukturierter oder strukturierter Form vorhanden sein und/oder aufgebracht werden.

Materialien in unstrukturierter Form können beispielsweise Partikel sein, die kugelförmig, ellipsoid, stäbchenförmig oder sternförmig sind und vorteilhafterweise mittlere Durchmesser von 5 – 500 nm aufweisen. Derartige unstrukturierte Partikel können dann in strukturierter Form auf die Kunststoffe aufgebracht werden.

Weiterhin können aber auch Materialien in strukturierter Form auf die Kunststoffe aufgebracht werden, beispielsweise in Form von geschlossenen Leiterschleifen, in regelmäßiger oder unregelmäßiger Form oder mäanderförmig, weiterhin vorteilhafterweise mit Abmessungen von 100 µm bis 10 mm. Der mittlere Durchmesser der Materialien könnte vorteilhafterweise im Bereich der Rauheit der zu verschweißenden Kunststoffe liegen.

Die Materialien können auch Bestandteil einer Folie sein, die auf einen Kunststoff aufgebracht wird. Damit können Verteilung und Anordnung oder Orientierung der Strukturen der Materialien auf den Kunststoffen besser gesteuert werden.

Die Materialien bedecken die Kunststoffe in jedem Fall nur teilweise, damit die dazwischen liegenden Bereiche der Kunststoffe miteinander verbunden werden können. Die Bedeckung beträgt vorteilhafterweise maximal 50 % der jeweiligen Kunststoffe.

Nachfolgend werden die Kunststoffe mindestens dort in Kontakt gebracht, wo sich die Materialien befinden, und danach wird mindestens dieser Bereich mindestens einmalig, aber auch mehrmalig, einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt.

Vorteilhafterweise wird dieser Bereich einem kurzzeitigen (1 – 10 μ s) und starken (60 – 100 T) elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt.

Es ist erfindungsgemäß auch möglich, wenn die gesamten zu verbindenden Kunststoffe dem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt werden.

Die Feldstärke des elektromagnetischen Wechselfeldes kann dabei in einem Puls oder in mehreren kurz hintereinander folgenden Pulsen oder in einer anderen zeitlich veränderlichen Form aufgebracht werden.

Vorteilhafterweise werden die im Kontakt befindlichen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt, bei dem die Änderung der magnetischen Feldstärke vorteilhafterweise zwischen 1T/ms und 40T/ms beträgt.

Erfindungsgemäß ist es weiterhin vorteilhaft, wenn die in Kontakt befindlichen Kunststoffe der Änderung des elektromagnetischen Feldes mit höherer Feldstärke innerhalb längerer Zeit oder der Änderung des elektromagnetischen Feldes mit niedrigerer Feldstärke innerhalb kürzerer Zeit ausgesetzt werden. Weiterhin ist es auch vorteilhaft, die in Kontakt befindlichen Kunststoffe einer längeren Zeit einem periodisch veränderlichen elektromagnetischen Feld mit niedrigerer Änderung der Feldstärke auszusetzen.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zum Lösen einer Verbindung von Kunststoffen. Dabei ist von ausschlaggebender Bedeutung, dass die Verbindung gemäß dem oben genannten Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen realisiert worden ist. Eine solche Verbindung kann dann durch das erfindungsgemäße Verfahren zum Lösen einer Verbindung von Kunststoffen gelöst werden.

Dies wird erfindungsgemäß realisiert, indem mindestens der Bereich der verbundenen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird, welches entweder mit einer höheren Feldstärke als für das Herstellen der Verbindung oder bei gleicher Feldstärke einer kürzeren Zeit als für das Herstellen der Verbindung eingesetzt worden ist, aufweist.

Dadurch wird die bestehende Verbindung aufgebrochen.

Von besonderem Vorteil ist, dass die so gelöste Verbindung durch erneutes Aufbringen von Materialien und Anlegen eines elektromagnetischen Feldes wieder hergestellt werden kann.

Der entstandene erfindungsgemäße Kunststoffverbund besteht aus mindestens zwei Kunststoffen, die mindestens stoffschlüssig und im Bereich ihrer Verbindung höchstens teilweise miteinander verbunden sind. Im Bereich der Verbindung weist der Verbund Materialien auf, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten.

Vorteilhafterweise ist die stoffschlüssige Verbindung über eine chemische Reaktion der Kunststoffe miteinander erfolgt.

Normalerweise lassen sich zwei oder mehrere Polymere nicht miteinander verbinden. Eine chemische Reaktion und die damit mögliche Ausbildung von kovalenten Bindungen ist erst durch das Vorhandensein von funktionellen Kopplungsgruppen und nach Erreichen der Aktivierungsenergie möglich. Üblicherweise lässt sich die Aktivierungsenergie nur durch Zuführung von Wärme erreichen. Da Polymere grundsätzlich schlechte Wärmeleiter sind, muss eine erhebliche Energie aufgebracht werden, um die erforderliche Temperatur an der zumeist verborgenen Polymer-Polymer-Grenzschicht zu erreichen. Das führt sehr häufig zu einer thermischen Zerstörung des Polymermaterials, so dass die thermisch induzierte Reaktion zwischen Polymeren auf diesem Wege nicht möglich ist.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird gezielt thermische Energie nur im Bereich der Kunststoff-Kunststoff-Grenzschicht eingebracht, ohne dass es dabei zu einer Zerstörung oder thermischen Belastung des Kunststoffs kommt.

Dabei erfolgt erfindungsgemäß die Einkopplung der erforderlichen Aktivierungsenergie über ein elektromagnetisches Wechselfeld, durch das in das Material, das mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthält, Plasmonenschwingungen und/oder Wirbelströme induziert werden, keinesfalls durch direktes Anlegen eines elektrischen Stromes an das Material, das mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthält. Das Material wird vor dem Zusammenfügen der mindestens zwei Kunststoffe auf mindestens einen Kunststoff aufgebracht und befindet sich damit nach dem Zusammenfügen der Kunststoffe in der Kunststoff-Kunststoff-Grenzschicht. Die einmalig induzierte Plasmonenschwingung oder Wirbelströme führen infolge des elektrischen

Widerstands zu einer lokal begrenzten kurzzeitigen Erwärmung. Wird die Aktivierungsenergie der Kunststoffe erreicht, so kommt es zu chemischen Reaktionen und der Ausbildung kovalenter Bindungen zwischen den Kunststoffen.

Es treten keine thermischen Veränderungen des restlichen Kunststoffmaterials auf. Sofern keine kovalenten Kopplungen durch chemische Bindungen entstehen, erfolgt die Verbindung der Kunststoffoberflächen erfindungsgemäß durch physikalische Wechselwirkungen.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung kann der Energieeintrag nur in der Kunststoffgrenzschicht realisiert werden und eine energetische, insbesondere thermische Belastung des Kunststoffvolumens, wird nicht realisiert.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung bestehen darin:

- geringer thermisch bedingter Verzug,
- gezielter Energieeintrag in die Kunststoff-Kunststoff-Grenzschicht,
- kurze Einwirkungszeit des elektromagnetischen Wechselfeldes,
- quasi Simultanschweißen,
- Kunststoffdicke bei inneren Grenzschichten wirkt nicht limitierend, da das elektromagnetische Wechselfeld nicht mit den Kunststoffen wechselwirkt,
- Umgebungsatmosphäre kann frei gewählt werden,
- unkomplizierte Herstellung und Ablauf der Reaktion,
- sehr großer Arbeitsabstand möglich,
- Verfahren in einer großen Breite variierbar und auf die jeweiligen Kunststoffe einstellbar durch Einstellungen des Magnetfeldes, wie Stärke, Pulslänge, Puls-Repetitionsrate und Auslegung des Materials, wie Material, Größe, Form,
- keine weiteren chemischen Zusatzstoffe oder Katalysatoren erforderlich,
- keine Einschränkung in der Geometrie des Verbindungsbereiches und der Grenzschicht, wie in Größe, Form,
- stabile, permanente Verbundhaftung - beruht nicht nur auf physikalischen Effekten, sondern eben auch durch Bildung kovalenter Bindungen in der Grenzschicht,
- chemische Reaktionen über Kunststoff-Kunststoff-Grenzschicht ohne Rückwirkung auf die Polymermaterialien,
- Herstellung neuer Polymerverbunde mit neuen Eigenschaften.

Gegenüber den bekannten Schweißverfahren für Kunststoffe zielt die erfindungsgemäße Lösung einerseits auf eine feste, permanente Verbundbildung ab. Das Verfahren kann sehr flexibel auf verschiedenste Kunststoffsysteme angewendet werden. Thermisches Schrumpfen der Polymerwerkstoffe tritt beim Abkühlen nicht ein. Da das erfindungsgemäße Verfahren quasi-simultan arbeitet, weist es sehr kurze Fügezeiten auf und besitzt auch eine freie Auswahl bei den Fügenahtgeometrien.

Gleichzeitig kann aber durch Variation der Einwirkung des elektromagnetischen Feldes erfindungsgemäß ein Verbinden und ein Lösen dieser Verbindung realisiert und gleichzeitig dieser Vorgang mehrmals hintereinander wiederholt werden.

Die vorliegende Erfindung wird an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Dabei zeigen

Fig. 1 die schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Verbundbildung im Querschnitt.

Schema 1 Reaktionsbeispiel zur chemischen Verbundbildung zwischen Polycarbonat und Polyvinylamin

Schema 2 Reaktionsbeispiel zum Lösen des chemisch-gekoppelten Verbundes zwischen Polycarbonat und Polyvinylamin

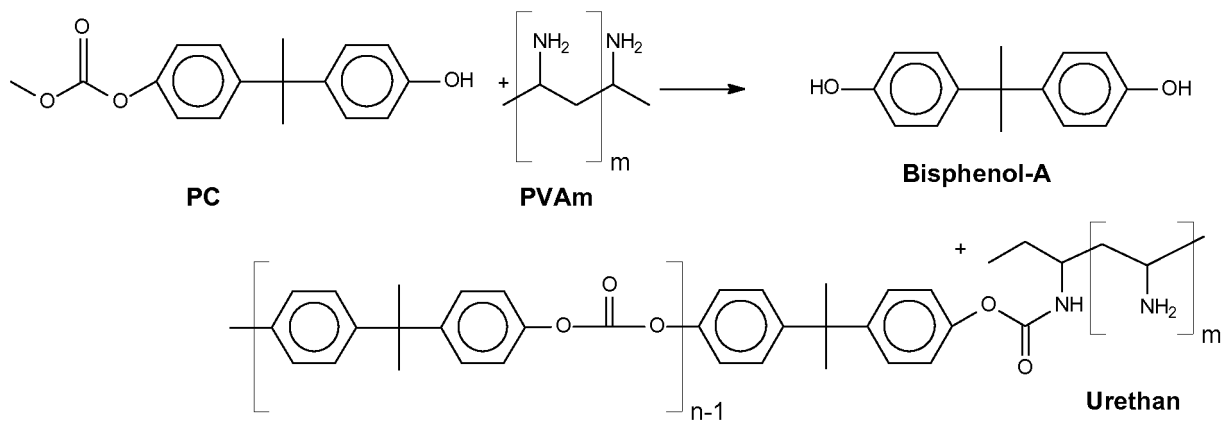
Beispiel 1

Ein Probekunststoffformkörper aus Bisphenol-A-basiertem Polycarbonat (PC) mit den Abmessungen 1 cm x 1 cm soll mit einem Kunststoffformkörper aus mit Amino-gruppen funktionalisiertem Polyvinylamin (PVAm) mit den Abmessungen 1 cm x 1cm verbunden werden. Die Glasübergangstemperatur des Polycarbonates (PC) beträgt ca. 145 °C und für das Polyvinylamin (PVAm) ca. 130 °C.

Auf den Kunststoffkörper aus PC wird ein Ring aus Gold mit den Abmessungen: Außendurchmesser 5 mm und Ringdicke 1 mm, Ringstärke 150 nm aufgebracht. Dadurch ist ein Bedeckungsgrad des Kunststoffs ca. 10 % realisiert.

Danach werden die zu verbindenden Kunststoffkörper aus PC und PVAm in dem Bereich, auf dem sich der Ring befindet, miteinander in Kontakt gebracht und die beiden Körper einem elektromagnetischen Puls von 60 T für 7 ms ausgesetzt.

Die nach Eintrag der Aktivierungsenergie ausgelöste Kopplungsreaktion erfolgt wie nachfolgend dargestellt:

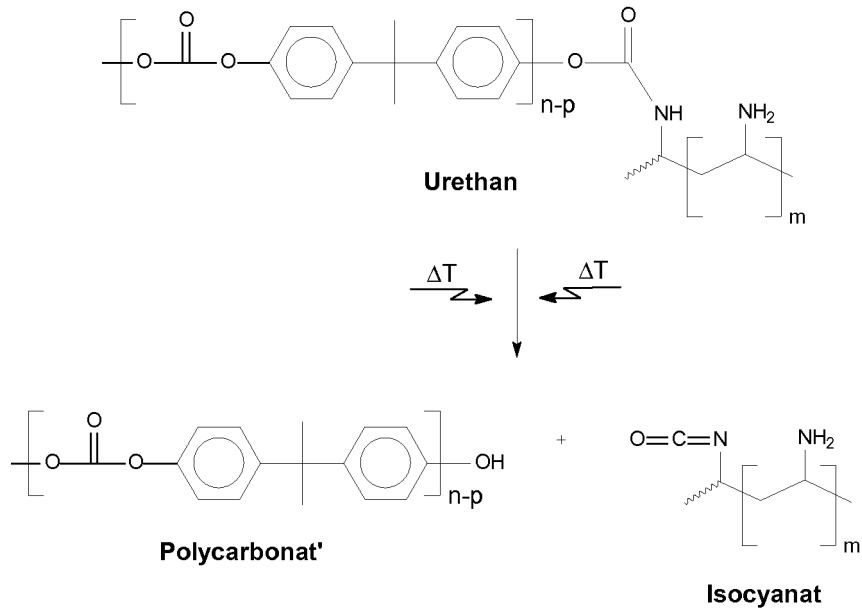


Schema 1

Der entstandene Verbund von PC und PVAm weist in der Grenzschicht den unveränderten Ring auf und in den Bereichen des direkten Kontaktes ist durch die chemische Reaktion eine kovalente Bindung der beiden Kunststoffe realisiert worden. Der Verbund ist haffest und dauerhaft.

Das Lösen dieses chemisch-gekoppelten Kunststoffverbundes erfolgt unter erneuter Einwirkung des elektromagnetischen Wechselfeldes zweimal mit jeweils 10 T/ms. Dabei kommt es zum Bruch von chemischen Bindungen innerhalb der Grenzschicht

des Kunststoffverbundes. Das Trennen beider Kunststoffformteile erfolgt unmittelbar während oder kurz nach dem Energieeintrag im erwärmten Zustand.



Schema 2

Bezugszeichenliste

- 1 Kunststoff 1
 - 2 Kunststoff 2
 - 1' mit Kunststoff 2 zusammengesetzt
 - 2' mit Kunststoff 1 zusammengesetzt
 - 3 Material auf der Oberfläche
 - 3' Material in der Grenzschicht
 - 4 elektromagnetisches Wechselfeld
-
- I Kunststoffe vor der Verbindung
 - II zusammengesetzte aber noch nicht verbundene Kunststoffe
 - III Einwirkung eines elektromagnetischen Wechselfeldes

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Kunststoffen, bei dem auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht werden, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken, nachfolgend die Kunststoffe mindestens in dem Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht werden und danach mindestens dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Kunststoffe thermoplastische Kunststoffe, vorteilhafterweise Polycarbonate oder Polyester, eingesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Materialien in strukturierter Form, vorteilhafterweise in Form geschlossener Leiterschleifen, in regelmäßiger oder unregelmäßiger Form oder mäanderförmig, weiterhin vorteilhafterweise mit Abmessungen von 100 μm bis 10 mm, eingesetzt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Materialien kugelförmige, elipsoide, stäbchenförmige oder sternförmige Partikel, vorteilhafterweise mit mittleren Durchmessern von 5 – 500 nm, eingesetzt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Materialien eingesetzt werden, die Bestandteile einer Folie sind.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Materialien eingesetzt werden, die aus einem metallischen Material, vorteilhafterweise aus Gold oder Silber bestehen.
7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem Materialien aufgebracht werden, die maximal 50 % eines Kunststoffs bedecken.
8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die in Kontakt befindlichen Kunststoffe einem kurzzeitigen und starken elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die im Kontakt befindlichen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt werden, welches Feldstärken in einem Puls oder in mehreren kurz hintereinander folgenden Pulsen oder in einer anderen zeitlich veränderlichen Form aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die im Kontakt befindlichen Kunststoffe einem elektromagnetischen Wechselfeld von mindestens 30 T, vorteilhafterweise innerhalb von 1 μ s bis 10 ms, ausgesetzt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die in Kontakt befindlichen Oberflächen einem elektromagnetischen Wechselfeld mit höherer Feldstärke innerhalb kürzerer Zeit oder mit geringerer Feldstärke innerhalb gleicher Zeit in mehreren Pulsen ausgesetzt werden.
12. Verfahren zum Lösen einer Verbindung im Kunststoffverbund, bei denen zum Verbinden von Kunststoffen auf mindestens eine der zu verbindenden Kunststoffe Materialien aufgebracht werden, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten und die Kunststoffe nur teilweise bedecken, nachfolgend die Kunststoffe mindestens in dem Bereich mit den Materialien miteinander in Kontakt gebracht werden und danach mindestens dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird, und zum Lösen dieser Verbindung dieser Bereich mindestens einmalig einem elektromagnetischen Wechselfeld ausgesetzt wird, wobei der Bereich einem elektromagnetischen Wechselfeld entweder mit einer höheren Feldstärke als für die Verbindung oder bei gleicher Feldstärke und gleicher Zeit aber höherer Anzahl von Pulsen als für die Verbindung eingesetzt worden ist, ausgesetzt wird.
13. Kunststoffverbund, bestehend aus mindestens zwei Kunststoffen, die mindestens stoffschlüssig und im Bereich ihrer Verbindung höchstens teilweise miteinander verbunden sind, wobei im Bereich ihrer Verbindung Materialien vorhanden sind, die mindestens ein elektrisch leitfähiges Material enthalten.

14. Kunststoffverbund nach Anspruch 13, bei dem die stoffschlüssige Verbindung über eine chemische Reaktion erfolgt ist.

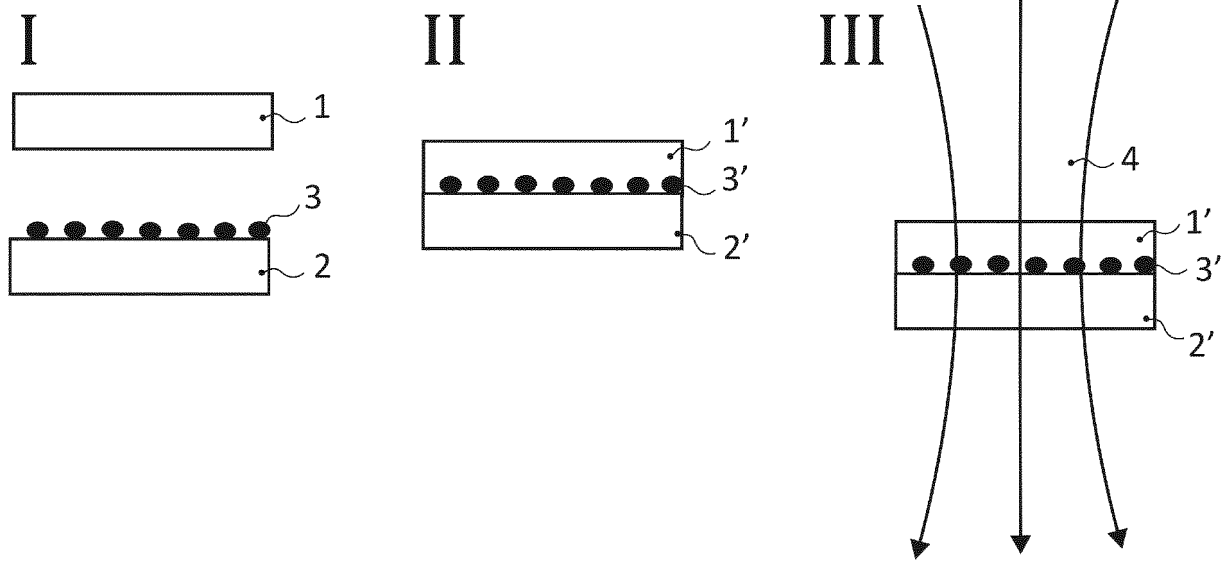


Fig. 1