

ULTRASCHNELLE MONTAGETECHNIK

Mit Klebstoff punkten

Neu auf dem Markt ist ein Fügeverfahren, das die Vorteile des Klebens mit denen mechanischer Montagetechniken kombiniert. Diese Methode beruht auf einem Klebstoff, der sich durch seine beliebig lange offene Zeit auszeichnet, aber mit hoher Geschwindigkeit gehärtet werden kann.

ANTON BRANDMAIR, ANDREAS DOBMANN,
SEBASTIAN MEYER, DR. WILLI SCHWOTZER,
PATRICK STEINER

Die Klebtechnik bietet im Vergleich zu herkömmlichen Fügeverfahren bekanntlich wichtige Vorteile und erschließt sich deshalb laufend neue Einsatzgebiete. So wird das Kleben zum Beispiel bevorzugt eingesetzt, weil es praktisch ausschließlich an der Materialoberfläche stattfindet. Dieses Verbindungsverfahren kann als minimal invasiv bezeichnet werden: Die Kräfte, die zwischen den Konstruktionselementen auftreten, werden großflächig an den Materialgrenzen abgetragen. Die Materialien selber werden dabei weder mechanisch verletzt noch über Gebühr thermisch belastet, wie dies beim Schweißen der Fall ist. Die Vorteile liegen auf der Hand: So treten beispielsweise im Vergleich zu punktförmigen Verbindungen deutlich weniger Spannungsspitzen auf. Auch benötigten Klebverbindungen keine Hinterfüterung, so dass sehr dünne Substrate problemlos verbunden werden können. Außerdem kann unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Materialien durch eine geeignete Wahl des Fugematerials und der Fugenstärke Rechnung getragen werden.

Zu kurze offene Zeit

Trotz dieser vielen Vorteile existiert bei reaktiven Klebstoffen ein Dilemma,

und zwar in der Zeit-Domäne. So besteht das Problem, dass die sogenannte offene Zeit und die Abbindezeit aus Gründen der chemischen Reaktionskinetik aneinander gekoppelt sind. Dabei kann man als Faustregel davon ausgehen, dass die Aushärtung etwa drei Mal so viel Zeit in Anspruch nimmt wie die offene Zeit. Obwohl dieses Verhältnis durch geschickte Katalyse noch ein wenig auf die eine oder andere Seite korrigierbar ist, bleibt das grundsätzliche Dilemma bestehen, dass schnelle Reaktionen kurze offene Zeiten nach sich ziehen. Bei Montageprozessen, wo Einzelteile zuerst positioniert werden sollen, bevor sie dann quasi auf Knopfdruck endgültig fixiert werden, sind eine „unendlich lange“ offene Zeit, aber eine beliebig kurze Abbindezeit gefragt. In Ermangelung entsprechender Klebstoffsysteme beschreitet man bisher oft einen Mittelweg, der darin besteht, mit mehr oder weniger langsamen Systemen zu arbeiten und die daraus resultierenden langen Reaktionszeiten dadurch zu kompensieren, dass die Aushärtung in Serien- oder Stapelpressen ausgeführt wird. Diese Vorgehensweise ist allerdings mit dem Nachteil verbunden, dass zur Aufrechterhaltung der Produktivität die Losgrößen zunehmen, je langsamer der Klebstoff eingestellt werden muss. Die zwingende Folge sind größere Lagerbestände, längere Durchlaufzeiten und/oder sinkende Flexibilität in der Produktion.

Nicht invasiv und dennoch auf Knopfdruck

Aus dem beschriebenen Dilemma ergibt sich eine reizvolle technische Problemstellung – und zwar die Entwicklung eines Montageverfahrens, das die Vorteile des Klebens mit denen der mechanischen Verbindungstechnologien kombiniert. Anwendungstechnisch bedeutet dies, eine beliebig lange offene Zeit zur Verfügung zu haben, anschließend aber mit hoher Geschwindigkeit die Klebfuge zu härten. Dabei sollen die zu verbindenden Oberflächen unverletzt bleiben und das Fugematerial resistent gegen Umwelteinflüsse und Dauerlast sein.

Lösungsstrategien

Die oben geschilderte Problemstellung kann grundsätzlich auf verschiedene Weisen gelöst werden – durch den Einsatz lichthärtender Systeme, durch elektronenstrahlhärtende Systeme (EB electron beam) oder durch den Einsatz latent reaktiver Systeme:

- Lichthärtende Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass ein latent reaktiver Klebstoff verwendet wird, dessen Vernetzungsreaktion nach erfolgter Positionierung durch eine andere Energieform ausgelöst wird. Aus offensichtlichen Gründen muss die Klebfuge so auslegbar sein, dass Licht an das Fugematerial herankommen kann. Dies ist allerdings nur bei transparenten Substraten und bei gewissen Fugengeometrien (z.B. im Dentalbereich) möglich.

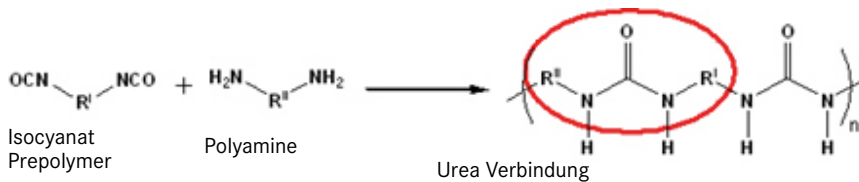


Bild 1: Polyurea entsteht aus der Reaktion zwischen einem Isocyanat und einem Amin

- Elektronenstrahlhärtende Systeme (EB electron beam) folgen dem gleichen Wirkungsprinzip. Zwar durchdringt der EB auch optisch undurchlässige Schichten, ist aber von der Anwendungstechnik her sehr aufwändig und bedingt spezielle Anlagen.
- Es sind ferner latent reaktive Systeme bekannt, die durch einen Wärmestoß aktiviert werden. Der Wärmestoß kann durch klassische Heizelemente, aber auch durch Hochfrequenz- oder Mikrowellenanregung erfolgen.

Erst fügen, dann kleben

Allen drei Systemen ist gemeinsam, dass das Applizieren des Klebstoffes erfolgt, bevor gefügt und ausgehärtet wird. Bei der Wahl des umgekehrten Weges als strategische Option wird das Bauteil trocken gefügt. Sobald alle Komponenten sorgfältig positioniert sind, wird hochreaktives Klebmaterial durch vorgefertigte Nuten und Kanäle injiziert und härtet dort in Sekunden schnelle aus. Dieses Montageverfahren weist große Ähnlichkeit mit Schraub- oder Nietverbindungen auf, hat aber im Vergleich zu diesen wesentliche Vorteile:

- Das verbindende Element wird flüssig an den Montageort gefördert.
- Die Materialoberflächen bleiben unverletzt.
- Es können sowohl punkt- und linienförmige als auch flächige Verbindungen gefertigt werden.
- Mittels Hinterschneidungen sind sowohl form- als auch stoffschlüssige Verbindungen möglich.

- Die Substrate kommen erst dann mit Klebstoff in Berührung, wenn sie ihre definitive Position eingenommen haben. Bei Produktionsunterbrechung gibt es somit keine verschmutzten Teile.
- Die Füge-teile können durch die nicht limitierende offene Zeit äußerst präzise positioniert werden.

Voraussetzung für den Erfolg einer solchen Strategie ist die Verfügbarkeit geeigneter, d.h. sehr schneller duromerer Klebstoffe und eine darauf zugeschnittene Misch- und Applikationstechnologie. Polyurea-Verbindungen, seit Jahrzehnten bewährt im Bereich robuster Beschichtungen, bergen das Potential zur Formulierung derartiger Klebstoffe. Die Additionsreaktion von Aminen an Isocyanatgruppen, die zur Ausbildung von Harnstoff (Urea) führt, verläuft um mehrere Größenordnungen schneller als die strukturanaloge Reaktion zwischen Alkoholen und Isocyanat, mittels derer Urethane gebildet werden. Durch eine geeignete Wahl der Komponenten können Polyurea-Systeme entwickelt werden, die innerhalb weniger Sekunden über 80 Prozent ihrer Festigkeit erreichen. Bei den Klebeigenschaften muss der Anwender dabei keine Einbußen im Vergleich zu den bewährten Polyurethanen hinnehmen, so dass man hiermit dem Traum eines „strukturellen Sekundenklebstoffes“ schon sehr nahekommt. Der Begriff „Polyurea“ bezieht sich auf eine Technologie und ist nicht beschränkt auf Beschichtungs- oder Klebstoffsysteme. In der chemischen Terminologie entstehen die Polyureas aus der Reakti-

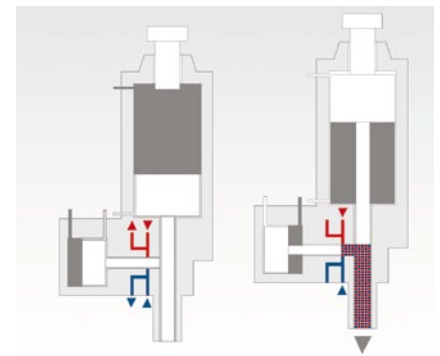


Bild 2: Hochdruck-Injektionsvermischung (Quelle: Isotherm AG)

on zwischen einem Isocyanat und einem Amin (Bild 1).

Mit Hochdruck mischen

Um mit sehr schnell aushärtenden Zweikomponentensystemen bei einem Stop-and-Go-Dauerbetrieb eine hohe Mischgüte zu erreichen, bedarf es einer sehr anspruchsvollen Verfahrenstechnik. Es ist leicht einzusehen, dass es nach dem Mischpunkt keine Totvolumina geben darf, weil sich dort unweigerlich ausgehärtetes Material ablagern würde. Die sogenannte Hochdruck-Injektionsvermischung erfüllt diese Bedingung. In derartigen Anlagen werden die beiden Komponenten unter hohem Druck (größer als 100 bar) in die Mischkammer eingespritzt, wo sie sich vermischen. Die Reinigung dieser Kammer, die lediglich einen Durchmesser von Millimetern aufweist, erfolgt rein mechanisch, indem ein nadelförmiger Stempel einerseits das gemischte Material ausstößt und dabei gleichzeitig die Einspritzdüsen verschließt. Das Prinzip ist schematisch in Bild 2 dargestellt.

Systemgrenzen

Können Reaktivklebstoffe auch zu schnell sein? Diese Frage kann aufgrund der heute vorliegenden Daten eindeutig bejaht werden. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Vom Zeitpunkt des Mischens an beginnen sich die Fließeigenschaften zu verändern. Die Viskosi-

tät der Klebmasse schießt in die Höhe, wodurch die Benetzung der Oberflächen erschwert und die Adhäsion kompromittiert wird. Es hat sich gezeigt, dass bei den bisher untersuchten, auf praktische Anwendungen getrimmten Systemen die Grenze bei Formulierungen dann erreicht wird, wenn deren Halbwertszeit die 2-Sekunden-Marke unterschreitet. Eine weitere Beschleunigung der Reaktion wäre zwar möglich, führt aber in den Festigkeitsprüfungen stets zu Adhäsionsbruch.

Optimierung der Fertigungsprozesse

Dem Kostendruck, der heutzutage auf den Produktionsbetrieben lastet, kann nur durch eine konsequente Optimierung der Fertigungsprozesse Paroli geboten werden. Wichtige Stellschrauben sind dabei die Geschwindigkeit, die Prozesssicherheit, Losgrößen und Multifunktionalität. Polyurea-Klebstoffe können dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Sie eignen sich für den Einsatz in schnellen, automatisierten Prozessen und zeichnen sich zudem durch ein breites Anwendungsspektrum aus. Durch geschickte Kombination von form- und stoffschlüssigen Verbindungsarten gelingt die Herstellung von Fügeteilen, die weder mit rein mechanischen noch mit reinen Klebverbindungen möglich wären.

Beispiel 1: In-situ gefertigte Dübel

Polyurea-Klebstoffe verfügen, ähnlich wie Polyurethane, nicht nur über ein ausgezeichnetes Haftprofil (Adhäsion)

gegenüber einer Vielzahl von Substraten. Auch ihre kohäsiven Eigenschaften (Zugfestigkeiten) können auf Werte bis zu 30 MPa hochgetrimmt werden. Somit können dauerhafte Dübel-Verbindungen für eine Vielzahl von Materialien hergestellt werden, indem entsprechende Aussparungen in den Fügeflächen vorgesehen und während des Fügevorgangs ausgegossen werden, wie auf dem Bild 3 schematisch dargestellt ist. Derartige Klebdübel-Verbindungen können durch Hinterschneidungen zusätzlich formschlüssig verankert werden.

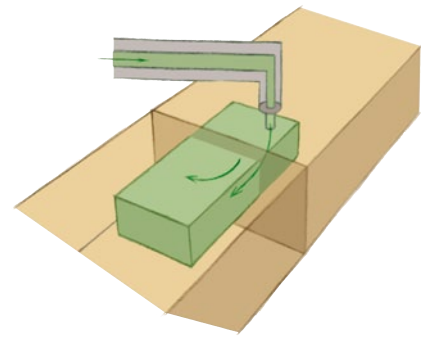


Bild 3: In situ gefertigte Dübel

stoff, was der Prozesssicherheit weiter zuträglich ist.

Beispiel 2: In-situ gefertigte Montageclips

Montageclips erfreuen sich zunehmender Beliebtheit, weil dadurch eine reversible mechanische Befestigung von Elementen ermöglicht wird. Ihre Verankerung am Bauteil geschieht traditionell entweder kraftschlüssig (mechanisch mittels Schrauben oder Nieten) oder stoffschlüssig (Aufkleben). Für Klebprozesse bieten sich Polyurea-Klebstoffe geradezu an, weil die Klebfugen bereits innerhalb von Sekunden die volle Belastbarkeit aufweisen. Der Prozess kann sogar noch weiter rationalisiert werden, indem der Clip selbst in-situ durch Anspritzen von Polyurea an das Bauteil in einem Arbeitsschritt gefertigt und verankert wird. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Clips im Sekundentakt mittels Roboter zu positionieren und fertigzustellen. Außerdem entfällt die Grenzfläche zwischen Clip und Kleb-

Zusammenfassung

Polyurea-Klebstoffe erschließen als Alternative zu herkömmlichen mechanischen Befestigungselementen neue Wege in der Montagetechnik. Die zu montierenden Komponenten werden dabei trocken gefügt und anschließend mit dem hochreaktiven Klebstoffgemisch verbunden. Dank Einsatz des Hochdruck-Injektionsverfahrens können zum Beispiel Montagehilfen (Clips) mittels Montageroboter direkt an die Bauteile gespritzt werden, wo sie im Sekundentakt zu robusten duroplastischen Teilen ausreagieren. ■

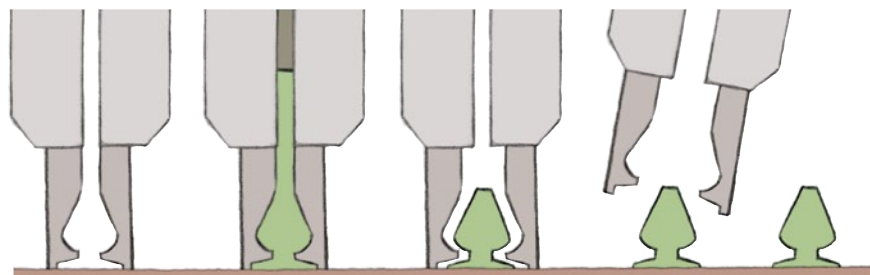


Bild 4: In-situ gefertigte Montageclips

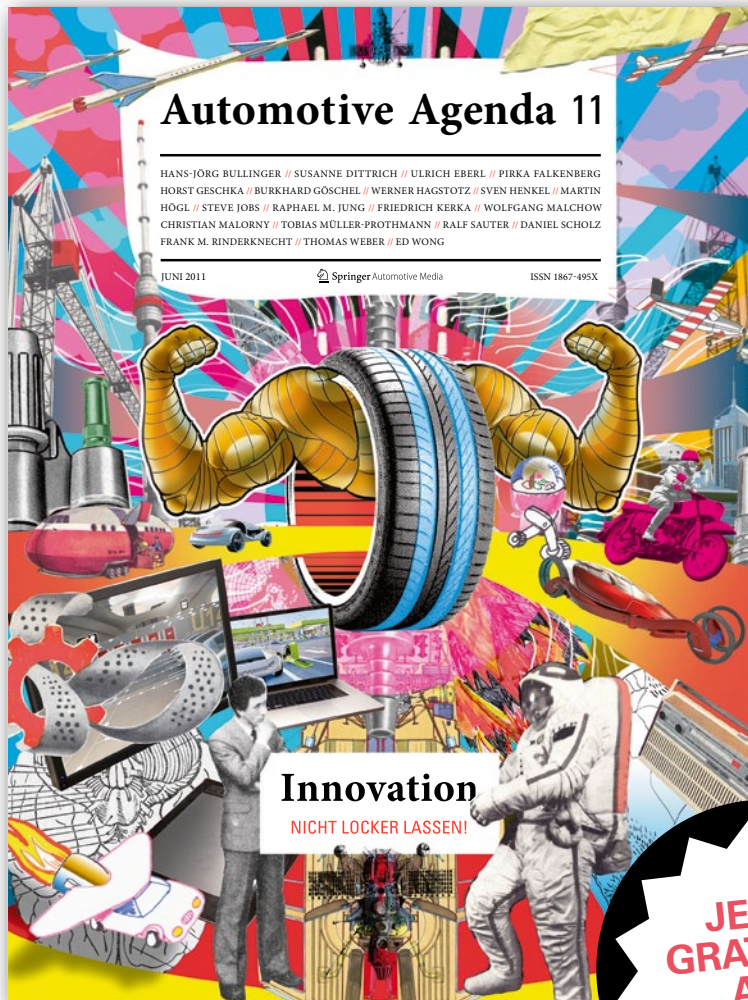
Die Autoren

Alle Autoren sind Mitarbeiter der nolax AG: Dipl.-Ing. (FH) Anton Brandmair ist in der Anwendungstechnik tätig. Dipl.-Ing. Andreas Dobmann leitet den Bereich Start-ups (New Business Development). Dipl.-Ing. (FH) Sebastian Meyer ist verantwortlich für die Anwendungstechnik. Dr. Willi Schwotzer ist verantwortlich für Know-how und Technologien (CTO) und Dipl.- Ing. (FH) Patrick Steiner leitet das Start-up Unternehmen „Lignofast“.

Weitere Informationen: Patrick Steiner, Phone +41 41 469 93 63, patrick.steiner@nolax.com, nolax AG, CH-6203 Sempach Station

100% Inspiration

90 Seiten Innovation



Automotive Agenda – Wie fährt die Zukunft?

Jetzt Vorzugsausgabe online bestellen: www.Automotive-Agenda.de oder per Fax an: 0611.7878 440