

Klebstoffverbindungen bei Bedarf lösen

Strukturelle und duroplastische Verklebungen stehen für Langlebigkeit und Belastbarkeit. Doch das Interesse daran, diese dauerhaften Verbindungen „auf Knopfdruck“ wieder lösen zu können, wächst seit Jahren. Ein neues Primer-System ermöglicht nun durch einen thermischen Impuls Debonding on Demand.

Dr. Christoph Schnöll

Debonding on Demand ist ein Verfahren, das künftig Strukturklebstoffe wieder lösbar macht (debonding) – auf Abruf (on demand), innerhalb kurzer Zeit und ohne die Langlebigkeit und Stärke der Klebeverbindungen zu beeinflussen. Reparaturen, beispielsweise das Öffnen eines strukturell verklebten Batteriekastens, um einzelne, defekte Zellen zu tauschen, lassen sich so einfach durchführen. Auch für sortenreines Recycling von Werkstoffen ist es notwendig, Verbindungen zu lösen. Die Folge: Die gesamte Kreislaufwirtschaft wird mit Debonding on Demand nachhaltiger. Und spätestens seit Beschluss des neuen EU-Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft Anfang 2020 und der neuen EU-Batterieverordnung von 2023 ist Debonding on Demand einer der wichtigsten Trends in der Klebstoff-Branche.

Die Industrie im Zugzwang

Im März 2020 verabschiedete die EU-Kommission einen Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft, um deren Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Dieser Plan ist ein wichtiger Baustein des Europäischen Green Deals für ein nachhaltiges Wachstum der EU hin zu einer Kreislaufwirtschaft. Ebenso ist er ein wichtiger Schritt zum Erreichen des EU-Ziels der Klimaneutralität bis 2050. Es geht darum, die Nachhaltigkeit von Produkten entlang ihres gesamten Lebenszyklus sicherzustellen und weniger Abfall zu produzieren.

Zusätzlich wurde im Juli 2023 eine neue EU-Batterieverordnung (2023/1542) verabschiedet. Diese führt wesentliche Änderungen und Anforderungen ein, um die Nachhaltigkeit und Sicherheit von Batterien und batteriebetriebenen Produkten zu verbessern. Bei-

spielsweise müssen LMT Batterien (light means of transport), EV Batterien (electric vehicle) und Industriebatterien mit einer Kapazität von mehr als 2 kWh ab Februar 2027 elektronisch mit einem Batteriepass registriert werden, der mit einem QR-Code und einer CE-Kennzeichnung versehen ist. Bis 2030 soll außerdem im Bereich Automotive eine gewisse Recycelbarkeit gewährleistet sein. Die Industrie muss sich demzufolge umstellen und anpassen, damit die Kombination aus Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit gelingt.

Von der Dentalmedizin inspiriert

Prinzipiell ist Debonding on Demand in der Forschung nichts Neues. Unter anderem beschäftigt sich die Dentalmedizin schon seit Jahren mit diesem Thema, wenn es beispielsweise darum geht, am Zahn festgeklebte Brackets einfach zu lösen. Die Anforderungen der Dentalmedizin und der Industrie unterscheiden sich zwar, die Lösungen und Erkenntnisse aus der Forschung sind allerdings übertragbar. Um diese umzusetzen, gibt es verschiedene Ansätze.

Eine Herangehensweise ist, den Klebstoff selbst so zu modifizieren, dass er auf einen externen Stimulus, also einen reaktionsauslösenden Reiz reagiert. Ein solcher Stimulus könnte zum Beispiel Licht einer bestimmten Wellenlänge, eine Chemikalie oder eine bestimmte Temperatur sein, die das Debonding ermöglicht. Dafür müssten neue funktionelle Gruppen entwickelt und in das Polymernetzwerk des Klebstoffs eingebaut werden. Diese reagieren dann auf einen derartigen Stimulus und verändern die Eigenschaften des Werkstoffes, sodass dieser seine mechanische Festigkeit

verliert. Eine solche Entwicklung ist jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden und sehr kosten- und zeitintensiv, da viele verschiedene Debonding-on-Demand-Klebstoffe für die diversen Anwendungen entwickelt werden müssten. Besonders dicht vernetzte Klebstoffe wie beispielsweise Epoxidharze lassen außerdem aufgrund ihres festen und verzweigten Netzwerks nur schwer zu, dass ihre Struktur nachhaltig verändert wird. Zudem geht ein Einbau derartiger Bausteine oft zulasten der Gesamtpformance des Klebstoffes. Einen Primer zu verwenden, ist ein Lösungsansatz, der diese Limitierungen umgeht.

Primer ermöglicht Debonding on Demand

Primer verbessern in der industriellen Verklebung häufig die Haftung, wie beispielsweise beim Verkleben von Windschutzscheiben. Nun soll der Primer jedoch das Lösen von verklebten Materialien ermöglichen. Die Bodo Möller Chemie Gruppe vertreibt den ersten kommerziell erhältlichen Debonding-on-Demand-fähigen Primer, der von einem französischen Unternehmen mit jahrelanger Erfahrung in diesem Bereich entwickelt und patentiert wurde.

Der große Vorteil dieser Methode: Der Klebstoff selbst muss nicht umformuliert werden und behält somit seine intrinsischen Eigenschaften. Der Debonding-Primer ist mit einer Vielzahl an herkömmlich eingesetzten Klebstoffen kombinierbar und bietet damit eine Lösung für eine breite Palette an Anwendungen. Bei der Entwicklung des Primers achteten die Forscher darauf, keinerlei gesundheitsbedenkliche Stoffe zu verwenden, wie SVHC (Substances of Very High Concern) oder CMR (cancerogen, mutagen, reprotoxic) – sprich, die krebserregend, erbgutverändernd oder fruchtbarkeitsgefährdend sind. Vor dem Auftragen des Strukturklebstoffs ist nur eine dünne Schichtdicke von weniger als 20 µm Primer erforderlich (Bild 1), die der Anwender auf die Flächen appliziert. Anschließend trocknet der Primer für einige Minuten, bevor die Verklebung in gewohnter Weise durchgeführt werden kann. Um diese dann auf Knopfdruck lösen zu können, muss beispielsweise über einen Ofen, Induktion oder Strahlung die zugeführte Debonding-Temperatur einige Minuten direkt an der verklebten Stelle wirken. Das setzt den Prozess in Gang. Durch das Einbringen dieses externen Temperaturstimulus kommt es zu einer thermisch induzierten Gasbildung.



Bild 1 Einfache Applikation: Vor der Verklebung mit Strukturklebstoffen wird eine dünne Schicht von weniger als 20 µm Primer aufgetragen.
© Bodo Möller Chemie GmbH

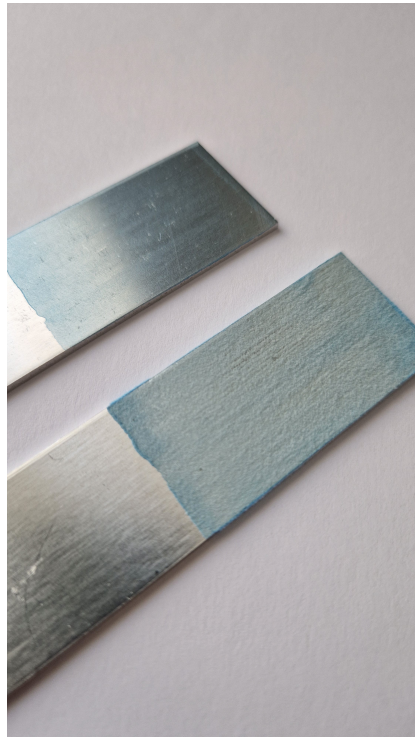


Bild 2 Durch einen externen Temperaturstimulus kommt es zu einer thermisch induzierten Gasbildung. Die Primer-Schicht verliert ihre Kohäsion und Adhäsion. Die Verklebung lässt sich leicht lösen.
© Bodo Möller Chemie GmbH



Bild 3 Für mehr Nachhaltigkeit: Strukturklebstoffe mit dauerhaft hohen Hafteigenschaften lassen sich mit den Debonding-Primern für Reparatur und Recycling lösen.
© Bodo Möller Chemie GmbH

Die Primer-Schicht wird optisch sichtbar zu einer porösen, feinschaumigen Struktur und verliert sowohl Kohäsion als auch Adhäsion (Bild 2). Jetzt lässt sich die Verklebung leicht lösen. Aktuell sind drei Primer mit Debonding-Temperaturen bei 130, 150 und 170 °C erhältlich. Wer einen Primer verwendet, sollte auf ein Sicherheitsfenster von jeweils circa 50 °C zwischen der maximalen Einsatztemperatur der Verklebung und der Debonding-Temperatur achten. So kann beispielsweise ein 130-°C-Primer nur bis zu einer Einsatztemperatur von 80 °C verwendet werden.

Labortests bestätigen Leistungsfähigkeit

Zurzeit führt die Bodo Möller Chemie in den haus-eigenen Laboren diverse Tests und Analysen durch, um das Primer-System detailliert zu evaluieren. Der Fokus liegt hierbei zum einen darauf, den Primer mit diversen Klebstoffen und Substraten zu kombinieren. Zum anderen geht es um Beständigkeits- und Alterungstests, um die Langlebigkeit des Systems zu bestätigen. Erste Resultate von bereits durchgeführten Zugscher-versuchen belegen die Vorteile des Debonding-on-Demand-fähigen Primers: Die Kombination von Primer und 2K-Epoxidharzklebstoff auf Aluminiumsubstrat erreichte vor der Temperaturbehandlung Zugscherfestigkeiten von über 15 MPa, nach erfolgtem Debonding konnten die Proben teilweise nicht einmal mehr vermessen werden. Die Verklebung löste sich bereits bei vorsichtiger Handhabung der Probenplättchen (Bild 3). Parallel zu diesen Tests laufen bereits Evaluierungen des Systems bei vielen namenhaften internationalen Kunden der Bodo Möller Chemie Gruppe. Die Anwendungen reichen hier von der Feinmechanik über General Industry bis hin zur Automotive-Branche.

Ganz gleich, ob Batterie, Automotive oder andere Anwendungsbereiche – duroplastische Werkstoffe sollen und werden auch weiterhin garantieren, dass Klebeverbindungen extrem haltbar und langlebig sind. Debonding on Demand mit dem neuen Primer-System ermöglicht dies allerdings auf eine nachhaltige Art und Weise. Für die Industrie lassen sich durch den Prozess nicht nur Reparaturen und das Handling vereinfachen, auch die verwendeten Werkstoffe können sortenreiner recycelt und die Kreislaufwirtschaft verbessert werden. Zwar hat insbesondere die EU dazu verschiedene Auflagen und Direktiven verabschiedet, doch perspektivisch gesehen ist das Verfahren im Hinblick auf die Ressourcenschonung ein Trendthema von globalem Interesse. Die von der Bodo Möller Chemie angebotene Primer-Methode ist ein vielversprechender und fortschrittlicher Lösungsansatz, der zu einer nachhaltigeren Zukunft von Klebstoffverbindungen beiträgt. Das System wird der Herausforderung gerecht, ein zuverlässiges Debonding bei gleichzeitig nahezu identischer Wirksamkeit der strukturellen Klebstoffverbindungen zu erzielen. Das bestätigen Labortests der Bodo Möller Chemie Gruppe. ●