

adhäsion

KLEBEN+
DICHTEN

Das Fachmagazin für industrielle Kleb- und Dichttechnik

Anwendungen

Klebstoffe geben Gas:
Kleben im Automobilbau

Kleb- und Dichtstoffe

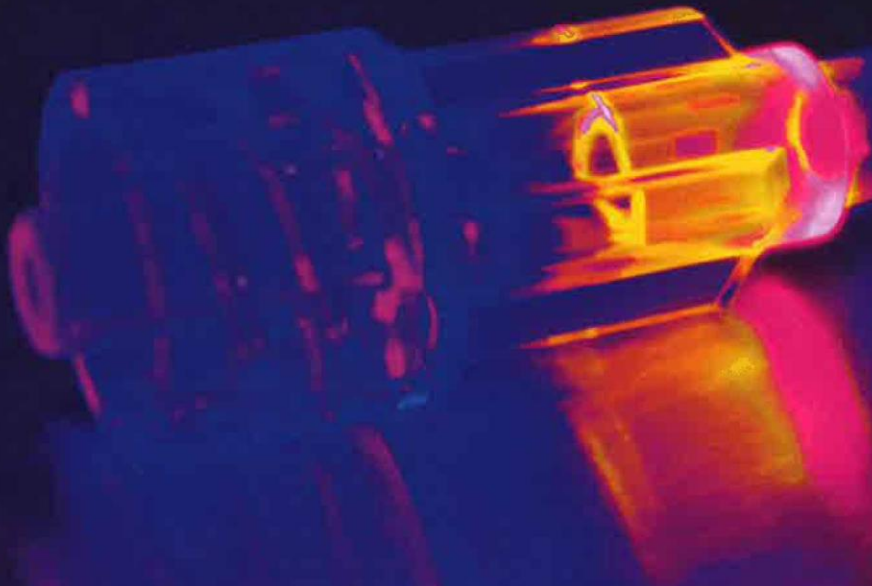
Dämpfung harter Stöße –
Schockzustand für Klebebänder

Marktübersicht

Hersteller und Anbieter von
Klebstoffen für das Baugewerbe

Geklebte Medizinprodukte

Elektronenstrahlen verbessern Haftfestigkeit von UV-Klebstoffen



Elektronenstrahlen verbessern Haftfestigkeit von UV-Klebstoffen

Hochmoderne Klebstoffe sind oft eine smarte Lösung für die Verbindung von Medizintechnikprodukten. Zertifizierte Spezialklebstoffe sind biokompatibel, bieten dauerhafte und verlässliche Verbindungen und sind grundsätzlich beständig gegenüber den üblichen Sterilisationsmethoden. Speziell mit der Elektronenstrahlsterilisation lassen sich die Haftwerte durch zusätzliche Polymerisation sogar noch verbessern.

Melanie Kresák

Im Medizintechnikbereich stellt das Fügen von Einzelteilen und Komponenten oft eine große Herausforderung dar. Speziell bei Einwegprodukten werden häufig Kunststoffe gefügt (Bild 1 und 2), für die die Verbindungsmöglichkeiten begrenzt sind. Zudem ist eine präzise und verlässliche Verbindung gefordert, bei gleichzeitig hoher Taktzahl für die Massenproduktion. Hochmoderne Klebstoffsysteme sind

hier meist die beste und kostengünstigste Lösung. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Spezialklebstoffe bereits auf ihre biologische Verträglichkeit sowie auf ihre Beständigkeit gegenüber verschiedenen Sterilisationsmethoden getestet sind. Dampfsterilisation, Ethylenoxid-Begasung und Gamma-Bestrahlung werden in der Medizintechnik bereits als etablierte Sterilisationsmethoden eingesetzt. Weniger

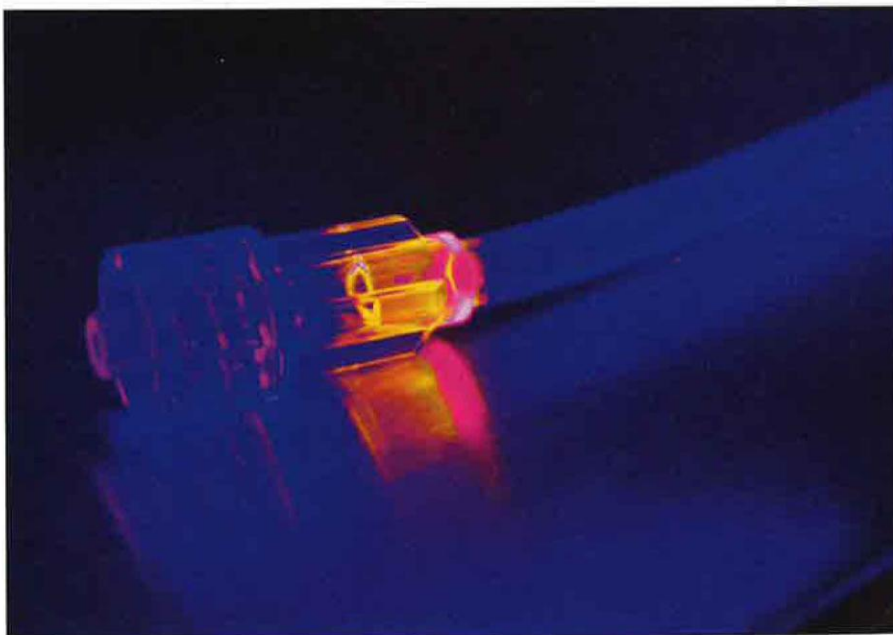
gebräuchlich, aber höchst effektiv, ist die Sterilisation mit Elektronenstrahlen.

Elektronenstrahlsterilisation

Die Produkte werden unter Normalbedingungen für nur wenige Sekunden in ihrer keimdichten Verpackung bestrahlt. Dadurch können auch komplizierte Geometrien der zu sterilisierenden Bauteile ohne den Einsatz von Chemikalien rückstandslos behandelt werden. Während des Sterilisationsprozesses kommt es zu einer nur geringen Wärmeentwicklung, wodurch auch hitzeempfindliche oder sogar tiefgefrorene Produkte sterilisiert werden können /1/.

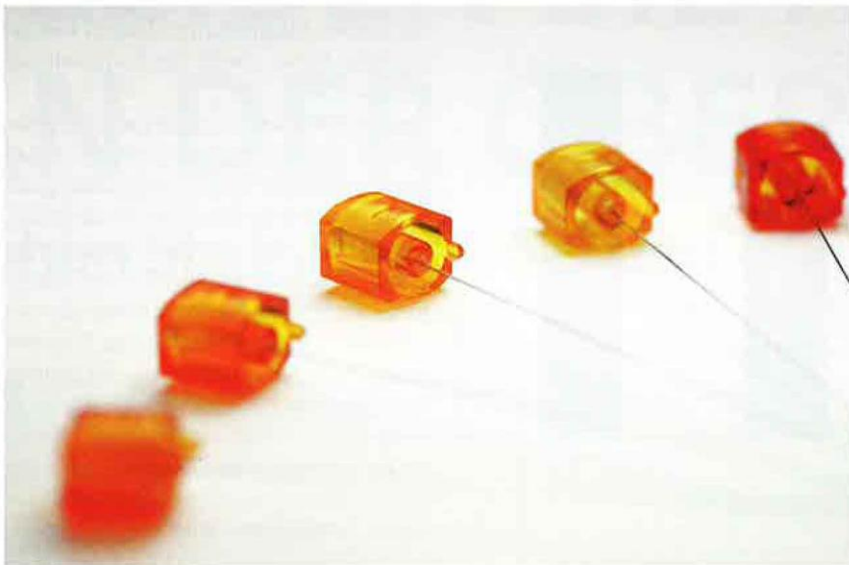
Die aus einer Glühkathode emittierten Elektronen werden in einem elektrischen Feld, entweder auf gekrümmten Bahnen oder linear, mit Hilfe von elektrischen Wechselfeldern beschleunigt und treten als Elektronenstrahl aus dem Beschleuniger aus. Anschließend werden sie in einem magnetischen Wechselfeld abgelenkt, um aufgefächert auf die Produkte zu treffen. Aufgrund der ionisierenden Wirkung der beschleunigten Elektronen werden – durch Verdrängung von Elektronen aus Molekülen und Atomen – freie Radikale erzeugt /1/.

Die Sterilisation mit Elektronenstrahlen ist eine sichere und effiziente Methode, mit der jegliche Arten von Bakterien und Vi-



© Panacol-Elosol

Bild 1 > Schlauchverklebung mit einem orange fluoreszierenden UV-Acrylat (Vitalit 7311 FO)



© Panacol-Elosol

Bild 2 > Nadelverklebung für die Spinalanästhesie mit einem UV-Acrylat (Vitalit UV 4050)

ren sowie Plasmide, Sporen und DNA-Fragmente biologisch unwirksam gemacht werden. Aufgrund der energiereichen Elektronenstrahlen werden in der DNA zahlreiche Strangbrüche induziert, die unter anderem durch Modifikation der Desoxyribose oder durch Veränderung und Zerstörung der DNA-Basen hervorgerufen werden /2/.

Die Elektronenstrahlen werden außerdem zum Vernetzen verschiedener Polymere verwendet, um Eigenschaften, wie Widerstandsfähigkeit gegen Schmelzen, Zugfestigkeit und Scherfestigkeit, zu verbessern. Dabei werden mittels hoher Dosisraten willkürlich freie Radikale generiert, weshalb die Elektronenbestrahlung im Allgemeinen nicht für Polymerisationsverfahren verwendet, sondern stattdessen überwiegend für Vernetzungsverfahren eingesetzt wird /3/.

Genau aus diesem Grund ist die Kombination aus UV-Aushärtung der Klebstoffe und anschließender Nachhärtung während der Elektronenstrahlsterilisation empfehlenswert. Bei der Aushärtung mit UV-Strahlung werden hochmolekulare Kettenlängen der Polymere erreicht, die zu einer sehr guten Haftung auf den Substraten führen. Mit Hilfe der Elektronenstrahlen werden dann zusätzlich noch sekundäre kurzkettenige Vernetzungen erzeugt, die zu einer sehr guten Kohäsion führen. Die Kombination aus sehr guter Haftung und Kohäsion führt zu ei-

ner herausragenden Verbundfestigkeit des Klebstoffes.

Untersuchungen der Firma Panacol-Elosol haben gezeigt, dass die bewährten Medizinklebstoffe der Vitalit-Reihe sehr gute Ergebnisse nach der Bestrahlung mit Elektronen liefern.

Testergebnisse

Für eine Testreihe wurden Kunststoffsubstrate (PC-PC) mit UV-Klebstoffen von Panacol verklebt, die häufig bei der Fertigung von medizintechnischen Produkten verwendet werden. Die entsprechenden Proben zur Bestimmung der Zugschersfestigkeit und der Glasübergangstemperatur sind in Zusammenarbeit mit dem Elektronenstrahl-Dienstleister Herotron E-Beam Service GmbH hergestellt worden. Die Behandlung erfolgte durch einen 10MeV IBA Rhodotron TT200. Im Rahmen der Untersuchungen wurde die Dosis der Bestrahlung variiert, sodass eine Beobachtung der Zugschersfestigkeit der Enthalpie und des Glasübergangspunktes auch in Abhängigkeit der Bestrahlungsdosis ermöglicht werden konnte. Zur Charakterisierung der Wirksamkeit der Elektronenbestrahlung wurden Zugscherversuche, angelehnt an DIN EN 1465, mit einem Probenumfang von drei herangezogen.

Im Vergleich zu den frisch geklebten und nicht sterilisierten Proben ist nach der

Elektronenbestrahlung eine deutliche Erhöhung der Zugschersfestigkeit und der Glasübergangstemperatur zu erkennen. Auch werden Unterschiede zwischen den getesteten Dosen deutlich. Aus diesem Grund muss für jede Anwendung eine genaue Spezifizierung der verwendeten Dosis vorgenommen werden.

Bild 3 zeigt die Zugschersfestigkeiten des getesteten UV-Acrylates in Abhängigkeit zur Bestrahlungsdosis. Daraus lässt sich ablesen, dass die Zugschersfestigkeit mit Erhöhung der Bestrahlungsdosis deutlich ansteigt. Den größten Anstieg zeigen die Ergebnisse nach der Bestrahlung mit 50 kGy. Hier erreichen die bestrahlten Proben die höchste Zugschersfestigkeit. Die mit einer geringen Dosis bestrahlten Proben führten erwartungsgemäß zu einer geringeren Festigkeit.

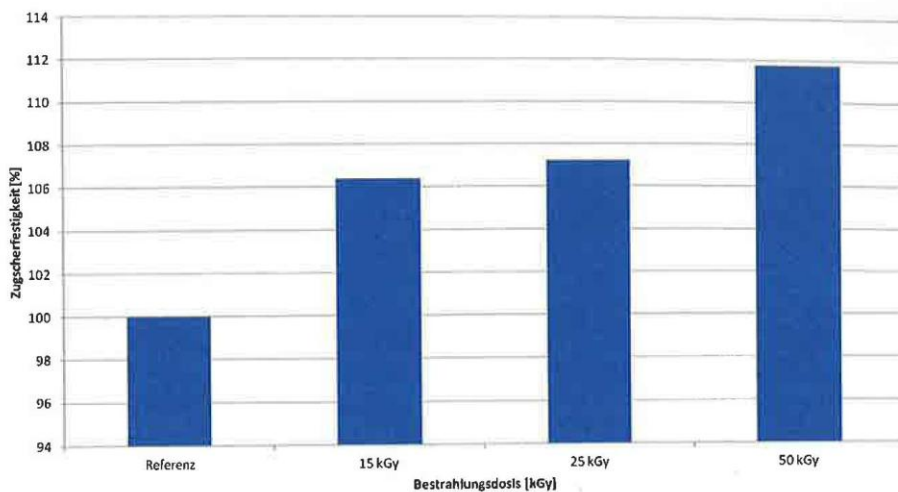
In Bild 4 ist die Glasübergangstemperatur eines UV-Acrylates in Abhängigkeit zur Bestrahlungsdosis dargestellt. Die Glasübergangstemperatur wurde mittels dynamischer Differenzkalorimetrie, angelehnt an ISO 11357-2, bestimmt. Auch hier ist ein kontinuierlicher Anstieg der Erweichungstemperatur mit gleichzeitiger Erhöhung der Bestrahlungsdosis zu erkennen.

Mittels dynamischer Differenzkalorimetrie kann nicht nur die Glasübergangstemperatur, sondern auch die Restenthalpie im ausgehärteten Klebstoff bestimmt werden. Die Restenthalpie ist ein weiteres Maß für den Polymerisationsgrad des ausgehärteten Klebstoffes. Je geringer die Restenthalpie ist, desto höher ist der Polymerisationsgrad und somit auch die Festigkeit. Auch hier wurden Proben mit unterschiedlicher Bestrahlungsdosis untersucht. In Bild 5 ist ein deutlicher Abfall der Restenthalpie mit steigender Bestrahlungsdosis zu erkennen.

Zusammenfassung und Fazit

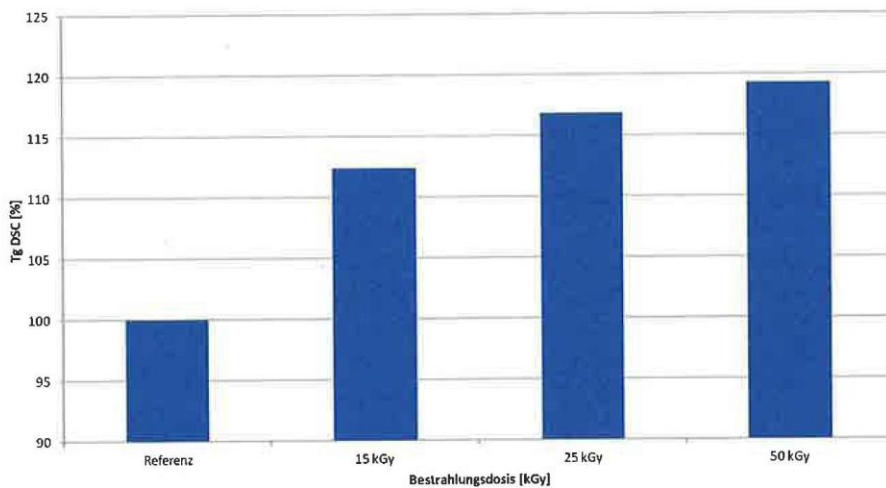
Elektronenbestrahlung als Sterilisationsmethode kann sich auf zweierlei Weise auf die Eigenschaften der Klebschicht auswirken: Es kann einerseits zur Kettenaufspaltung der Polymere kommen, die zu einer geringeren Zugschersfestigkeit und Dehnung führen. Andererseits haben Versuche aber auch gezeigt, dass bei der richtigen Wahl der Dosis die Kohäsion einiger medizinischer UV-Klebstoffe der Vitalit-Reihe verbessert werden kann.

Polymere und ausgehärtete Klebstoffe weisen eine charakteristische Glasübergangstemperatur auf, bei der sie ihre me-



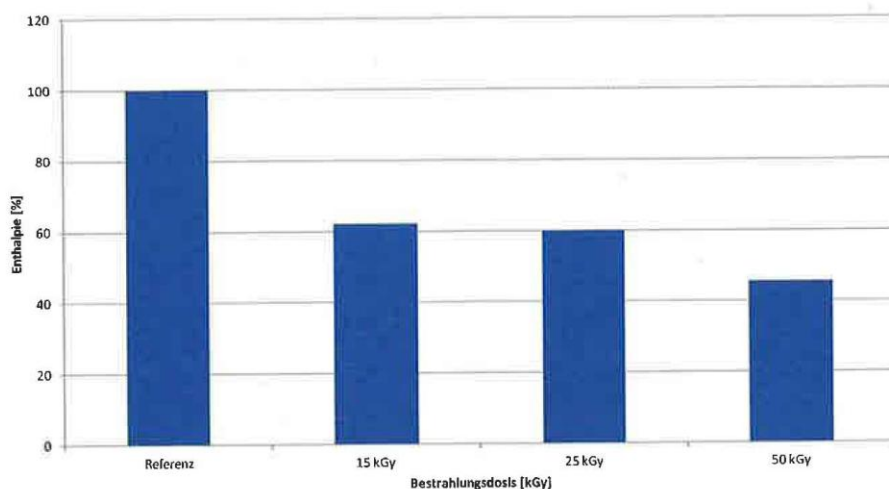
© Panacol-Elosol

Bild 3 > Zugscherfestigkeit eines UV-Klebstoffes der Vitralit-Reihe von Panacol-Elosol in Abhängigkeit der Bestrahlungsdosis



© Panacol-Elosol

Bild 4 > Glasübergangstemperatur eines UV-Klebstoffes der Vitralit-Reihe von Panacol-Elosol in Abhängigkeit der Bestrahlungsdosis



© Panacol-Elosol

Bild 5 > Restenthalpie in Abhängigkeit der Bestrahlungsdosis eines UV-Klebstoffes der Vitralit-Reihe

mechanischen Eigenschaften ändern und erweichen. Dabei nimmt die Festigkeit des Polymers ab.

Die Erhöhung der Glasübergangstemperatur und der Zugfestigkeit sowie der Abfall der Restenthalpie ist auf eine Erhöhung des Polymerisationsgrades dieser Produkte zurückzuführen. Der Glasübergang findet abhängig vom Grad der chemischen Vernetzung, der Verknüpfung von Molekülketten und dem Grad der Flexibilität der Polymerketten statt /4/. Materialien mit hohem Glasübergangspunkt werden bevorzugt in Anwendungen eingesetzt, die hohe mechanische Stabilität im gegebenen Temperaturbereich oder eine sehr gute Festigkeit bei hohen Temperaturen erfordern /4/.

Durch die Elektronenbestrahlung kommt es mit zunehmender Dosis zu einer höheren Vernetzung der Polymerstruktur des Klebstoffes, da mit steigendem Energieeintrag mehr freie Radikale gebildet und so bessere Quervernetzungen entstehen können. Dieser Effekt wird allerdings erst ab einem bestimmten Energiebetrag beobachtet. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nach erfolgreicher Elektronenstrahlsterilisation geklebter Medizinprodukte, insbesondere dann mit einer verbesserten Klebeignung gerechnet werden kann, wenn die richtige Bestrahlungsdosis gewählt wird. Für jede spezifische Anwendung empfiehlt es sich daher, schon bei der Klebstoffauswahl die spätere Sterilisationsmethode mit in Betracht zu ziehen. //

Literaturhinweise

- / 1 / Herotron-Flyer Compamed 2016
- / 2 / P. Virsik-Köpp: Biologische Strahlenwirkungen. Manuskript Universitätsmedizin Göttingen, Zentrum Radiologie
- / 3 / Patent: Polymerisation mit gepulstem Elektronenstrahl. 3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US
- / 4 / Kummer Semiconductor Technology: Aushärtung von Epoxidharzen und Glasübergangstemperatur (Tg), www.jpkkummer.com

Die Autorin

Melanie Kresák

(melanie.kresak@panacol.de) ist bei der Panacol-Elosol GmbH als Technische Redakteurin im Bereich Anwendungstechnik tätig.