



SYSTEMATISCHE SCHADENSANALYSE AN KUNSTSTOFFPRODUKTEN

Aus Fehlern lernen

Margot Görgens-Timmers, Rainer Dahmann
und Christian Hopmann, Aachen

Mit dem zunehmenden Einsatz von Kunststoffen und den Anforderungen an diesen Werkstoff wächst auch die Gefahr von Fehlern oder Schäden an Kunststoffprodukten. Eine systematische Schadensanalyse ermittelt die Schadensursache und hilft, den Schadenshergang zu verstehen. So können die zugrunde liegenden Fehlereinflüsse vermieden und die Produkte verbessert werden.

Die Aufklärung von Schadensursachen an Kunststoffbauteilen gleicht einer kriminalistischen Tatermittlung. Hier wird zunächst der Tatort gründlich untersucht, das Umfeld des Tatorts beleuchtet und aus diesen Anhaltspunkten ein mögliches Szenario entwickelt. Man wird einen Plan aufstellen, wie welche These verfolgt wird, und die ent-

sprechenden „Verdächtigen“ verhören. Damit ist in Kürze auch das Vorgehen bei der systematischen Schadensanalyse dokumentiert. Diese lässt sich durch acht Stadien beschreiben.

Dokumentation des Schadensbilds

Hier wird das schadhafte Bauteil in erster Linie visuell untersucht. Dies betrifft nicht

nur den schadhafte Bereich, sondern auch andere Auffälligkeiten und Gebrauchsspuren. Hierbei kann es sich um konstruktive, werkstoff- oder fertigungstechnische Besonderheiten handeln, wie z. B. die Lage der Anschnittposition oder die Lage einer Bindenaht. Eventuell gibt es auch Spuren, die vom Gebrauch herrühren. Möglicherweise stehen diese Beob-

achtungen in engem Zusammenhang mit dem Schaden, was in dieser Phase jedoch noch nicht bewertet werden kann. Wesentlicher Aspekt hierbei ist die fotografische Dokumentation sowohl des Schadensbilds als auch des Objekts als Ganzes, da durch nachfolgende Untersuchungen dieser Zustand zerstört wird.

Betrachtung des Schadensumfelds

Die Betrachtung des Schadensumfelds ist eine Art Bestandsaufnahme. Sie stützt sich auf Aussagen zur Produkthistorie. Dies können Informationen zum Einsatz des Bauteils oder zur Häufigkeit des Schadens sein. Weitere wichtige Fragen, die sich vor der Entwicklung von Schadenshypothesen stellen, betreffen den Produktlebenszyklus, beispielsweise ob es sich um ein Serienprodukt handelt und ob dieses Produkt jemals erfolgreich eingesetzt wurde. Möglicherweise liegen seit Auftritt des Schadens auch Änderungen des Werkstoffs, der Verarbeitung oder der Konstruktion vor.

Entwicklung von Schadenshypothesen

Mit den bis zu diesem Zeitpunkt gesammelten Informationen werden mögliche Szenarien zur Schadensursache aufgestellt. Diese stützen sich auf die bisher gewonnenen Erkenntnisse. Zudem fließen werkstoffspezifische Versagensmechanismen und durch das Verarbeitungsverfahren eingebrachte Schwachpunkte ein.

Die Schadensursachen können in allen Lebenszyklusphasen eines Bauteils verwurzelt sein. Das beginnt bei den Anforderungen, denen ein Kunststoff gerecht werden soll, und endet in der Produktnutzungsphase, in der verschiedenartige



Bild 1. Lebenszyklus von Kunststoffbauteilen

Beanspruchungen durch Umgebungseinflüsse stattfinden. Im Rahmen der Schadensanalyse ist zu beobachten, dass ein Versagen während der Nutzung sowohl auf eine Überbeanspruchung hindeuten als auch ein Indikator für Fehler in früheren Phasen sein kann.

Die Hypothesenentwicklung basiert deshalb auf dem gesamten Lebenszyklus eines Produkts mit dem Ziel, einzelne Positionen auszuschließen (Bild 1). Darüber hinaus helfen Erfahrungen aus der

Schadensanalyse bei der Bewertung von Wahrscheinlichkeiten und reduzieren den Nachweis Aufwand der Hypothesen.

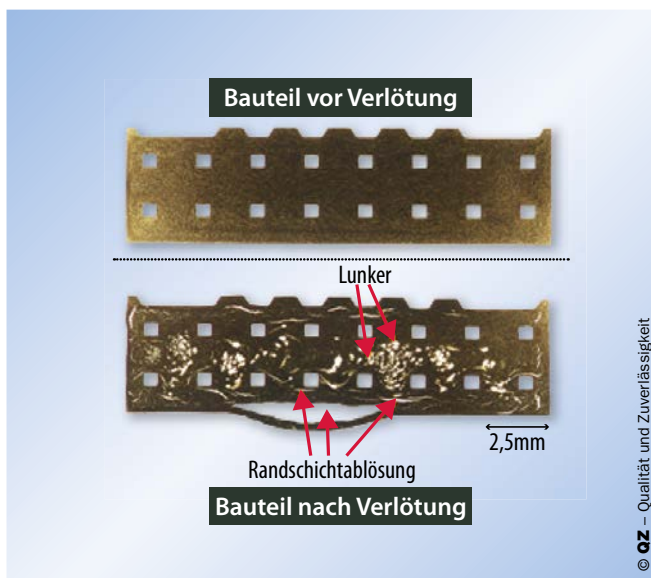
Definition einer Vorgehensweise

Anhand der Schadenshypothesen müssen sinnvolle Vorgehensweisen erarbeitet werden. Die Fragen müssen in der Analytik umgesetzt werden. Eine Machbarkeitsstudie wird durchgeführt, die auch Menge und Art des Probenmaterials berücksichtigt. Hierbei sind auch Referenzproben richtig zu definieren.

Anwendung der instrumentellen Analyse

Die instrumentelle Analytik ist ein wichtiger Bestandteil der systematischen Schadensanalyse. Sie ist als Werkzeug zu sehen, mit dessen Hilfe Indizien zur Ursachenfindung von Schäden ermittelt werden können. Wichtig ist, dass die richtigen Fragestellungen formuliert werden, auf die die Ergebnisse der instrumentellen Analysen Antworten geben können, die zielführend sind. Ein Probenentnahmeplan entsprechend den vorgesehenen Untersuchungen wird erstellt. Handelt es sich zumindest teilweise um zerstörende Analysen, so muss dies bei der Reihenfolge der Analysen berücksichtigt werden. Im Probenentnahmeplan werden auch eindeutige Probenbezeichnungen festgelegt. »

Bild 2. Elektronikstecker mit Randschichtablösung nach Verlötung



Literatur

Richtlinienreihe VDI 3822:2011-11: Schadensanalyse-Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse, Beuth Verlag, Berlin

Autoren

Margot Görgens-Timmers, geb. 1954, ist Qualitätsmanagementbeauftragte im Zentrum für Kunststoffanalyse und -prüfung (KAP) am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) an der RWTH Aachen.

Dr. rer. nat. Rainer Dahlmann, geb. 1964, ist Leiter des KAP am IKV.

Prof. Dr.-Ing. Christian Hopmann, geb. 1968, ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststoffverarbeitung an der RWTH Aachen und Leiter des IKV.

Kontakt

Rainer Dahlmann
T 0241 8025928
dahlmann@ikv.rwth-aachen.de

QZ-Archiv

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/889420

Auswertung der Ergebnisse und Interpretation

Nach Vorlage der Ergebnisse werden diese ausgewertet und ganzheitlich betrachtet. Die Ergebnisse werden mit den aufgestellten Thesen gespiegelt und bewertet. Eventuell ergeben sich auch neue Sichtweisen, die zur Entwicklung weiterer Schadensthesen führen. Es kann sich auch ein Bedarf an weiteren Analysen oder auch Nachstellversuchen ergeben.

Schadensursachen

Die Szenarien werden überprüft und mit der Interpretation der Ergebnisse mögliche Schadensmechanismen nachvollzogen. Gegebenenfalls wird man primäre und sekundäre Fehlereinflüsse definieren. Hierbei wird nochmals deutlich, wie wichtig Erfahrung und Fachwissen sind, um Zusammenhänge zu bewerten.

Entwicklung von Abhilfemaßnahmen/Prävention

Letztendlich werden aufgrund der Schadensursachen und des Schadenshergangs Maßnahmen zur Behebung des Schadens definiert. Die Schadensursache wird in den Lebenszyklus eingeordnet. Daraus

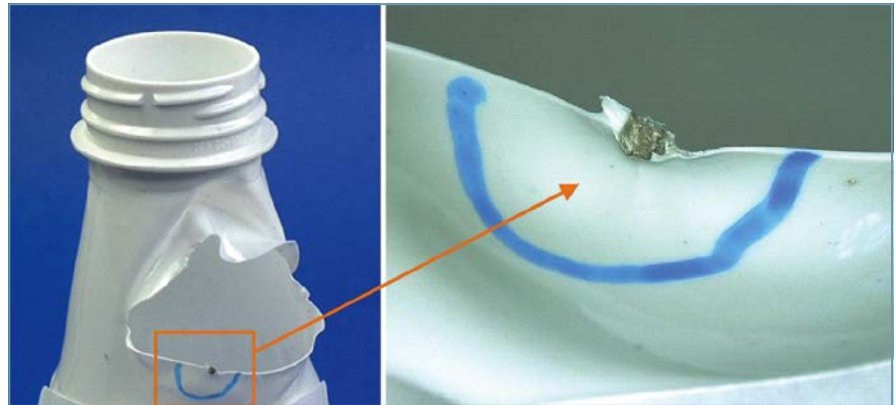


Bild 3. Einschuss in PET-Flasche verursacht Riss

kann abgeleitet werden, ob z. B. die Verarbeitung optimiert werden muss oder der Fehler in der Werkstoffauswahl liegt oder möglicherweise bereits die Konstruktion fehlerhaft ist. Dies geschieht zum einen zur Beseitigung des aktuellen Fehlers und zum anderen als Präventivmaßnahme, um zukünftige Fehler ähnlicher Art bzw. artverwandter Produkte zu vermeiden.

Beispiele für Schadensanalysen

Blasenbildungen an Steckern

Bei einem Unternehmen werden Platinen zum Einsatz in Elektronikgeräten produziert. Die dazu notwendigen Elektronikstecker werden im Spritzgießprozess aus Polyamid 66 mit 30 Prozent Glasfasern hergestellt und von einem externen Lieferanten bezogen.

Aktuell treten beim Einlöten der Stecker auf Platinen deutliche Blasenbildungen auf der Steckeroberfläche auf. Die Metallstifte in den Steckern erscheinen nicht

mehr fest verbunden. Die Fehlerquote beträgt circa 10 Prozent. Es liegen Stecker vor, die nach dem Verlöten Blasenbildungen aufzeigen, sowie als Referenz Stecker, die noch nicht verlötet wurden. Eine erste augenscheinliche Untersuchung der Stecker zeigt, dass die Oberflächen beider Steckermuster Unebenheiten aufweisen. Glasfasern bilden sich ab. Dies deutet auf eine ungenügende Formfüllung beim Spritzgießprozess hin.

Unter Betrachtung des Schadensumfelds wurden zwei Thesen entwickelt und verfolgt:

- Die Blasenbildung bei der Verlötung entsteht durch thermische Überlastung des Materials.
- Die Bauteilqualität ist nicht optimal und führt zu Schäden bei Belastung.

Beide Steckermuster werden vergleichend untersucht. Zum Nachweis, ob sich die Blasenbildung durch die thermische Belastung beim Einlöten der Stecker ergeben hat, werden Untersuchungen mit der DSC-

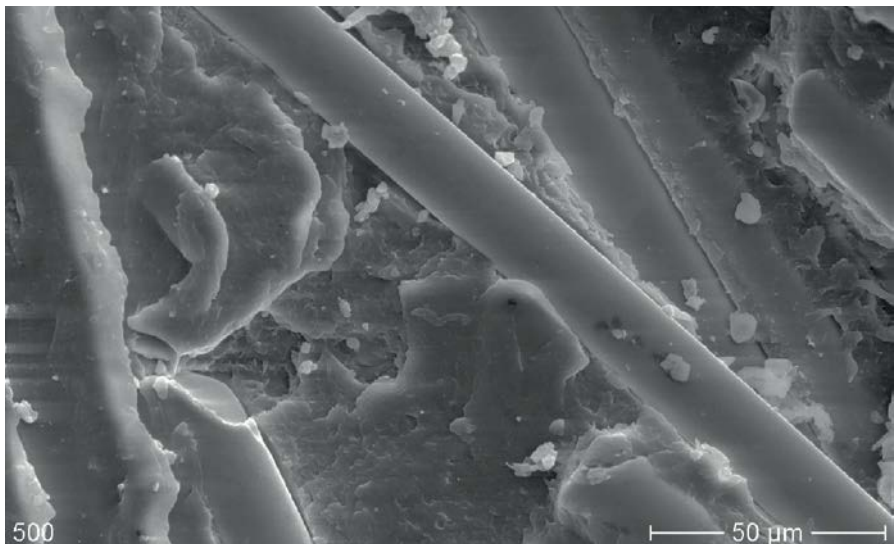


Bild 4. Bruch aufgrund schlechter Faser-Matrix-Haftung

© 2014 Carl Hanser Verlag, München www.qz-online.de Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

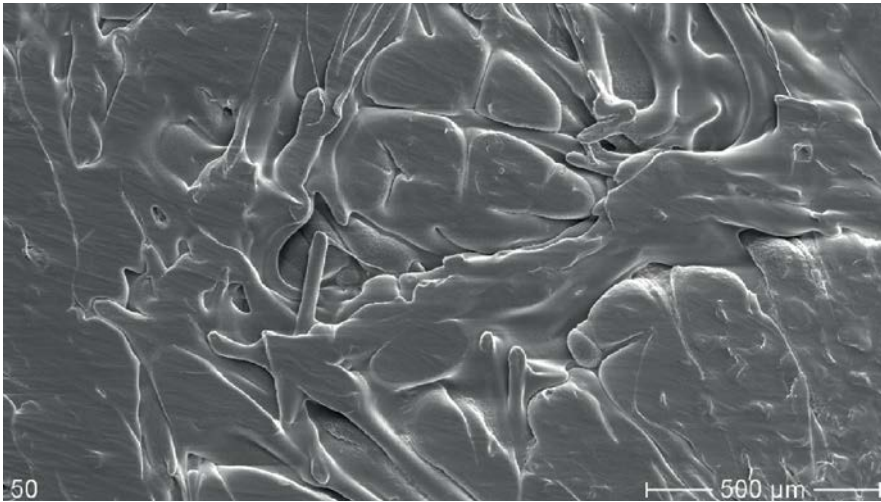


Bild 5. Kalte Zusammenflussstellen an der Bauteiloberfläche

Analyse (Differential Scanning Calorimetry) durchgeführt. Die thermischen Untersuchungen ergaben für die beiden Steckermodelle keine signifikanten Unterschiede.

Die Bauteilqualität wird mithilfe lichtmikroskopischer Untersuchungen an Dünnschliffen beurteilt. Bei den Bauteilen ohne Blasenbildung konnten stark ausgeprägte Randschichten festgestellt werden. Die Stecker mit Blasenbildung zeigen eine sehr schlechte Morphologie. Neben zahlreichen Anhäufungen von Lunkern ziehen sich Materialablösungen in Fließrichtung durch das gesamte Bauteil. Die Blasenbildung an der Oberfläche lässt sich anhand der vorliegenden Bilder auf eine Materialablösung im Randschichtbereich zurückführen (Bild 2).

Beide Steckermodelle zeigen Hinweise auf eine ungenügende Formfüllung. Die Schadensursache ist schon im Bauteil vor der Blasenbildung angelegt. Die vorhandenen Schichten können zu Eigenspannungen im Bauteil führen, die bei hohen Temperaturen (beim Löten) aufgrund der zunehmenden Beweglichkeit der Molekülketten relaxieren können. Dadurch kann es zu Ablösungen zwischen den Schichten und zur Ausbildung der beobachteten Blasen kommen.

Die beobachteten Unebenheiten der Oberflächen weisen auf eine ungenügende Formfüllung hin. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Herstellungsprozess hinsichtlich der Temperaturführung einer Optimierung bedarf. Sowohl die ungenügende Formfüllung als auch die Schichtenbildung im Bauteil sind im Allgemeinen auf eine zu niedrige Schmelze- bzw. Werkzeugwandtemperatur zurück-

zuführen. Die Erhöhung der Werkzeugwandtemperatur kann in Kombination mit der Erhöhung des Nachdrucks auch bezüglich der Vermeidung von Lunkern helfen.

Aufplatzen einer PET-Flasche während des Streckblasverfahrens

Bei der Untersuchung einer PET-Flasche konnten Fremdkörpereinschlüsse im Rissbereich detektiert werden. Mithilfe der Energiedispersiven Röntgenanalyse wurde bei der Materialidentifikation Titan ermittelt. Vermutlich handelt es sich bei dem Einschluss, der letztlich den Riss verursacht hat, um ein Agglomerat des Farbpigments Titandioxid (Bild 3).

Bruch eines Bauteils aus Polyamid 66 mit 30 Prozent Glasfaser unter Belastung

Die authentische Bruchfläche zeigte bei der Untersuchung mithilfe des Rasterelektronenmikroskops, dass die freiliegenden Glasfasern an der Oberfläche keine Kunststoffreste aufwiesen. Der Bruch erfolgte offensichtlich aufgrund schlechter Faser-Matrix-Haftung (Bild 4).

Glanzunterschiede bei Bauteilen aus Polyamid 66

Die Untersuchung der Oberflächengüte eines Bauteils wurde mithilfe des Rasterelektronenmikroskops durchgeführt. Es zeigten sich kalte Zusammenflussstellen der Schmelze an der Bauteiloberfläche. Dadurch wird das einfallende Licht unterschiedlich reflektiert, und der Oberflächenglanz erscheint unterschiedlich. Abhilfe könnte hier durch Anpassung von Verarbeitungstemperaturen geschaffen werden (Bild 5). □