

Einfluss klebstoffspezifischer Eigenspannungs- und Schädigungszustände auf das Festigkeits- und Beständigkeitsverhalten von Metallklebverbindungen

Zusammenfassung

Einschränkungen und Unsicherheiten in der Anwendung der Klebtechnik ergeben sich aus der Tatsache, dass die Festigkeit von Klebverbindungen im Laufe der Zeit unter Einwirkung mechanischer und klimatisch-korrosiver Beanspruchung, sowie inneren Spannungen, die während der Härtung bzw. bei Temperatur- oder Temperaturwechselbelastung in der Klebfuge induziert werden, abnehmen kann. Von zentraler Bedeutung ist dabei das Vernetzungsverhalten in der Klebfuge. Diese Vorgänge sind bisher noch nicht zusammenhängend untersucht worden.

Ziel dieser Arbeit war es daher, die Zusammenhänge zwischen dem klebstoffspezifischen Eigenspannungs- und Schädigungszustand sowie deren Einfluss auf das Festigkeits- und Beständigkeitsverhalten von Metallklebverbindungen zu untersuchen.

Zunächst wurden die Auswirkungen von Unterschieden in den Kontraktions- und Schwindungsmöglichkeiten während der Vernetzung und Abkühlung von heißhärtenden Klebstoffen und Klebschichten auf die mechanischen Eigenschaften untersucht. Die Resultate zeigen, dass sich die Eigenschaften und Werkstoffwerte beim Härten schwindungsbehinderter und damit spannungsbehafteter Klebschichten deutlich von denen unterscheiden, die an Klebstoffsubstanzproben ermittelt wurden, die durch allseitige Schwindungsmöglichkeit als weitgehend frei von inneren Spannungen angesehen werden können.

Ausgehend von der aus diesen Untersuchungen abgeleiteten Folgerung, dass dünne Klebschichten im Vergleich zu Substanzkörpern während der Härtung eine anisotrope Strukturierung erfahren, wurde das Härtungsverhalten der Klebstoffe untersucht. Dazu wurden im Rahmen der Arbeit zwei Messvorrichtungen entwickelt, mit denen zum einen das Expansions- und Kontraktionsverhalten während des Härtungsvorganges und zum anderen die sich korrespondierend aufbauenden Spannungen in Klebschichtdickenrichtung kontinuierlich erfasst werden können.

In Verbindung mit anderen Untersuchungsmethoden tragen die Messvorrichtungen dazu bei, die klebstoffspezifischen Mechanismen während der Vernetzung und des Abkühlens, sowie deren Auswirkungen auf Klebschichtstruktur und -eigenschaften besser zu verstehen. So zeigt sich, dass die thermische Kontraktion dünner vernetzter Klebschichten in Dickenrichtung z.T. deutlich über den Werten liegt, die aus dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Klebstoffsubstanz zu erwarten sind, was letztlich, wie sich nachfolgend zeigte, auf die anisotrope Struktur der Klebschichten zurück zu führen ist.

Um den Spannungszustand in gehärteten Klebschichten im Hinblick auf Spannungsverteilung und -relaxation beurteilen zu können, wurde das Zerlegeprinzip auf die Anwendung an Klebverbindungen adaptiert und erprobt. Die Resultate zeigen, dass diese Methode bei dickeren Klebschichten prinzipiell geeignet ist, örtliche Unterschiede im Spannungszustand zu identifizieren und das Relaxationsverhalten von Klebstoffen vergleichend zu beurteilen.

Durch Untersuchungen zur Struktur von Klebschichten sowie deren Dichte und Feuchteaufnahme im Vergleich zur Klebstoffsubstanzprobe wird dargestellt, dass als Folge der vernetzungs- und abkühlbedingten Schwindung und ihrer räumlichen Behinderung eine lamellenartige Klebschichtstruktur entsteht, die in Fügeteilnähe weitmaschiger und hin zu den mittleren Klebschichtebenen dichter und verzweigter ausgeprägt ist.

Zur Beurteilung der Auswirkungen des inneren Spannungszustandes, auch in Kombination mit weiteren Schädigungsmechanismen wie Feuchte und Temperaturwechsel, wurde das Festigkeits- und Beständigkeitsverhalten an einschneidend überlappten Zugscherproben untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Schwindungsbehinderung beim Härten und die dabei aufbauenden inneren Spannungen deutlich in Verbindungen mit dickeren Klebschichten und insbesondere dann festigkeitsmindernd auswirken, wenn die Klebverbindung schwingend beansprucht wurde. Dies gilt sowohl für Klebverbindungen im ungealterten Zustand wie auch nach Alterung. Unter quasistatischer Beanspruchung war der Einfluss der inneren Spannungen im Anfangszustand ebenfalls erkennbar, nach dreimonatigem Klima-Korrosionstest bzw. zwölfmonatiger verschärfter Freibewitterung war bei den untersuchten Klebverbindungen allerdings kein Einfluss des inneren Spannungszustandes mehr messbar.