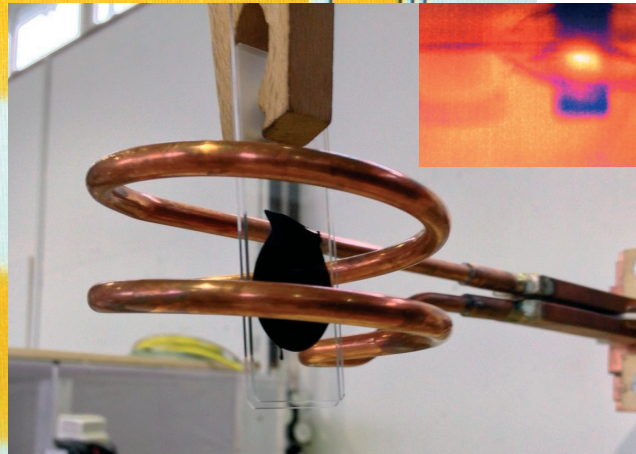


Sekundenschnell

Härten und Vergießen mit elektromagnetischer Induktionsanregung und Mikrowellen



»1 Erwärmung einer induktiv ausgerüsteten Klebschicht zwischen zwei Glasplatten; kleines Bild: thermografische Aufnahme

KLEBTECHNIK/BE- UND VERARBEITUNG – Beim Kleben in der industriellen Fertigung ist die Aushärtezeit ein limitierender Faktor. Unter erhöhter Temperatur härten Klebstoffsysteme relativ schnell, dabei erwärmt sich jedoch stets der gesamte Verbund, was temperaturempfindliche Komponenten unnötig belastet. Das Kleben mittels elektromagnetischer Induktionsheizung oder Mikrowellenenergie ermöglicht dagegen schnelle Prozesse und eine Aushärtung auch schwer zugänglicher oder dicker Klebspalte.

In der Herstellung von Massengütern ist das Kleben als Verbindungstechnik etabliert. Stetig steigende Produktionsmengen bei gleichzeitiger Forderung nach sinkenden Stückkosten bedingen schnelle Fügeverfahren, die an industrielle Taktraten angepasst sind. Die Klebstoffhärtung als chemischer Prozess benötigt in jedem Fall eine ausreichende Zeit für die Vernetzung. Durch erhöhte Temperaturen lässt sich die Reaktion beschleunigen, jedoch nur bis zu einem gewissen Grad. Um weiter Zeit zu sparen, bleibt nur die Möglichkeit, die Energie direkt in der Klebefuge zu erzeugen, anstatt sie durch Wärmeleitung oder Konvektion von außen zuzuführen.

Lösungen für eine schnelle Klebstoffhärtung

Welche Möglichkeiten bietet die Physik, um Wärmeenergie ohne Transportverluste in ein Material einzubringen? Die Bandbreite der elektromagnetischen Strahlung umfasst eine ganze Anzahl an Wellenlängenbereichen, die dafür in Frage kommen: vom langwelligen Radiofrequenzbereich über Mikrowellen bis hin zum optischen Spektrum.

Elektromagnetische Wechselfelder im kHz-Bereich werden durch Induktionsgeneratoren erzeugt und im Klebeverbund über Wirbelstrom- und Magnetverluste in Wärme umgewandelt. Im Fall leitfähiger, metallischer Werkstücke erwärmen sich dabei die Fügepartner induktiv sehr schnell und da-

mit indirekt auch die Klebverbindung [1]. Bei nichtleitenden Substraten, z.B. Keramik, Glas, Kunststoffen oder Verbundmaterialien, werden die Klebstoffe mit geeigneten Zusatzstoffen modifiziert [2]. Dies bewirkt eine direkte Erwärmung der Klebschicht »1, die zu einer schnellen Aushärtung führt.

Bei der Mikrowellenhärtung wird die Energie durch Wechselfelder im GHz-Bereich in das Material eingetragen und durch Schwingungen der Klebstoffmoleküle in Wärme umgewandelt [3]. Da auch hier – im Vergleich mit einer konventionellen Beheizung – die Zeit für die Wärmezufuhr aus der Umgebung entfällt, lassen sich die Klebstoffe im Bereich weniger Minuten oder sogar Sekunden aushärten.

Voraussetzung für alle diese Verfahren sind Klebstoffe, die eine schnelle Aufheizung und Aushärtung tolerieren, z.B. Epoxidharz- oder Polyurethansysteme. Gleichzeitig müssen sie die gewünschten Verarbeitungseigenschaften sowie die für die jeweilige Anwendung spezifizierten Funktionalitäten aufweisen, wie mechanische Festigkeit, thermische Leitfähigkeit und vieles mehr.

Praxisbeispiele für Induktionshärtung

Zu den klassischen Anwendungen der Induktionshärtung zählt die Verklebung von Bauteilen in der Automobilfertigung zum Erreichen einer Handlingsfestigkeit innerhalb weniger Sekunden, bevor der Klebstoff dann während der Tauchlackierung vollständig aushärtet [1]. Eine weitere, bereits bewährte Anwendung ist die Verklebung von Ferritmagneten mit metallischen Substraten, z.B. für Elektromotoren. Gleichermaßen lassen sich Elektronikkomponenten wie Platinen auf metallische Trägerbauteile induktiv kleben, ebenso Befestigungselemente aus Metall auf konstruktive Untergründe »2. Die Verklebung nichtmetallischer Teile mithilfe von partikelmodifizierten Klebstoffen ist besonders für Volumen-

wendungen, z.B. den Verguss von Sensoren in Gehäusen, oder für die Fertigung von Endlosprodukten wie Profilen oder Lichtleiterkabeln interessant.

Praxisbeispiele für Mikrowellenhärtung

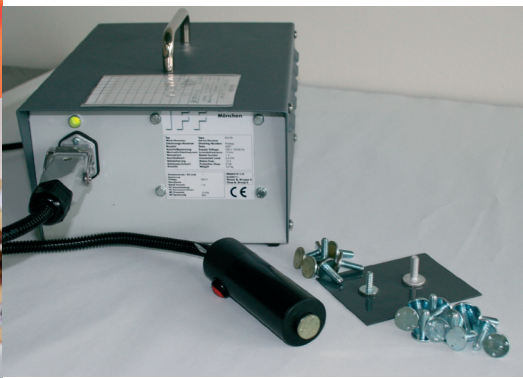
Mikrowellen zur Klebstoffaushärtung bieten sich besonders bei gemischtmetallischen und nichtmetallischen Substraten an. Das Verfahren ist noch nicht industriell eingeführt. »3 zeigt das Kleben von keramischen Platinen auf einen Kühlkörper. Durch eine geeignete Frequenzführung lassen sich dabei Aufladungen und Beschädigungen der elektronischen Bauteile vermeiden.

Besonders geeignet sind Mikrowellen für die Erwärmung eines Kleb- bzw. Dichtstoffes zwischen zwei polymeren Substraten, z.B. einer Streuscheibe auf einem Lampenkörper »4. Die Mikrowellen durchdringen beide Fügepartner verlustfrei und werden ausschließlich vom Klebstoff absorbiert. Der Mikrowellenstrahler erwärmt den Klebstoff in ca. 20 s lokal auf die vorgegebene Aushärtetemperatur. Wenige lokale Punkte reichen aus, um eine Handhabungsfestigkeit zu erzielen. Der Klebstoff härtet dann bei Raumtemperatur vollständig aus. Lampenkörper und Streuscheibe bleiben kalt und werden thermisch nicht beansprucht.

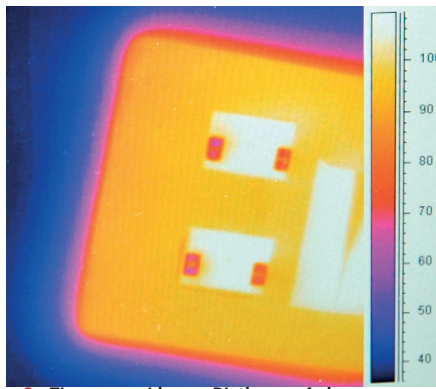
Mit geeigneten Anlagenkonzepten ist die Mikrowellentechnik auch für weitere Anwendungen, z.B. zur Trocknung von Beschichtungen, geeignet sowie zur schnellen, kosten- und energieeffizienten Härtung großflächiger Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen, wie das EU-geförderte Projekt MAC-RTM (Microwave-Assisted Curing-Resin Transfer Moulding) [4] gezeigt hat.

Fazit

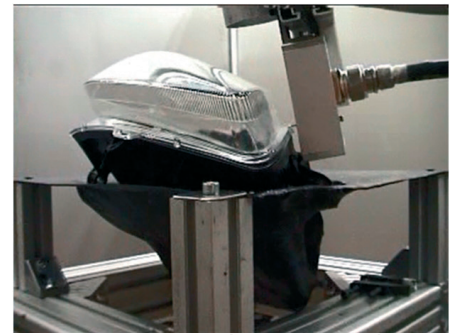
Induktions- und Mikrowellenhärtung sind komplementäre Techniken, die für eine Vielzahl von Verbindungsaufgaben geeignet sind. Abhängig von den Fügepartnern muss das Verfahren individuell in Bezug auf Sub-



»2 Manuelles Schnellkleben von Befestigungselementen mittels IFF-Induktionstechnik



»3 Thermographie von Platinen auf einem Kühlkörper während der Mikrowelleninduzierten Verklebung



»4 Anlage zur beschleunigten Aushärtung eines Klebstoffes zwischen Streuscheibe und Lampenkörper

stratgeometrie, Frequenz, Leistung und Temperaturführung optimiert werden. Die Auswahl der richtigen Klebstoffe ist ebenfalls entscheidend – sowohl für die Einhaltung der geforderten Taktfrequenz als auch für die gewünschten Endeigenschaften der Klebverbindung. Ist der Prozess einmal etabliert, leistet er durch schnelle und reproduzierbare Verbindungen einen wichtigen Beitrag zu einem zukunftsweisenden Fertigungskonzept.

Literatur

[1] O. Hahn, H. C. Schmale, T. Düpmeier, F.-J. Heise: Was bewirkt die induktive Schnellhärtung? *Lightweight Design* 1 (3), 2008, 47-50

[2] A. Maurer, C. Lammel: Schnelles Fügen auch nichtmetallischer Werkstoffe, *adhäsion KLEBEN & DICHTEN* 57 (11), 2013, 24-27

[3] R. Emmerich: Mikrowellentechnologie in der Polymerverarbeitung. In: P. Eyerer, T. Hirth, P. Elsner: *Polymer Engineering*. Springer, 2008, 415 ff.

[4] www.macrtm.eu



FAKTEN FÜR KONSTRUKTEURE

- Klebstoffhärtung im Zeitraum von min bis s
- Bewährt bei metallischen Fügepartnern
- Bei nichtmetallischen Substraten: induktiv ausgerüstete Klebstoffe für Schichtdicken > 1 mm und Volumenverguss
- Im Durchlaufverfahren ideal für lange Bauteile oder Endlosfertigung, z.B. von Profilen



FAKTEN FÜR EINKÄUFER

- Induktionshärtung mit kommerziell erhältlichen Generatoren und Induktoren
- Mikrowellenhärtung mit verschiedenen Prozesstechniken von Batch- und Durchlauföfen bis hin zu Richtantennen
- Geeignete Klebstoffe und Anpassungen sind verfügbar



FAKTEN FÜR QUALITÄTSMANAGER

- Verguss oder Verklebung auch empfindlicher nichtmetallischer Komponenten (Kunststoffe, Leiterplatten u.a.), die selbst nicht erwärmt werden

Polytec PT GmbH | www.polytec-pt.de *

IFF GmbH | www.iff-gmbh.de **

Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT | www.ict.fraunhofer.de ***

Von Dr. Arno Maurer*, Professor Dr.-Ing. Christian Lammel**, Dr. Rudolf Emmerich***

