



# REAKTIVE MULTISCHICHTSYSTEME FÜR APPLIKATIONEN IN DER FÜGETECHNIK

## DIE AUFGABE

Die in den vergangenen Jahren am Fraunhofer IWS Dresden entwickelten reaktiven Multischichtsysteme (RMS) auf Ni/Al-Basis haben es ermöglicht, fügezoninterne Wärmequellen für Anwendungen im Temperaturbereich von Thermoplasten bis hin zu zinnbasierten Weichlotverbindungen herzustellen. So konnten RMS bereits erfolgreich in der Mikrosystemtechnik, beim Fügen von Materialien mit extrem unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten sowie für thermoplastische Werkstoffe eingesetzt werden.

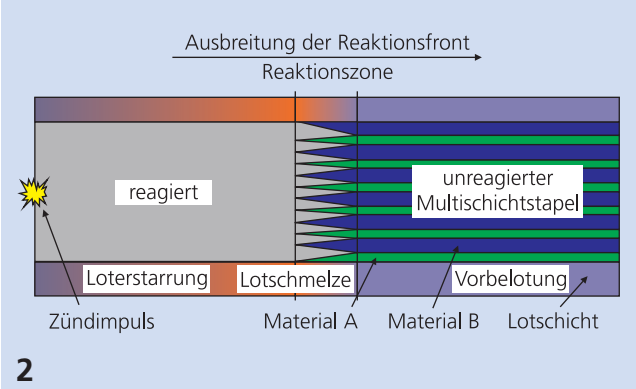
Um den Anwendungsbereich der reaktiven Füge-technologie zu erweitern und neue Anwendungsfälle zu ermöglichen, sind die RMS weiterzuentwickeln. Im Fokus der aktuellen Entwicklungen stehen insbesondere die Anwendung höherschmelzender Lote, als auch die Nutzbarmachung der reaktiven Füge-technologie für Verbindungen von thermoplastischen Verbundwerkstoffen.

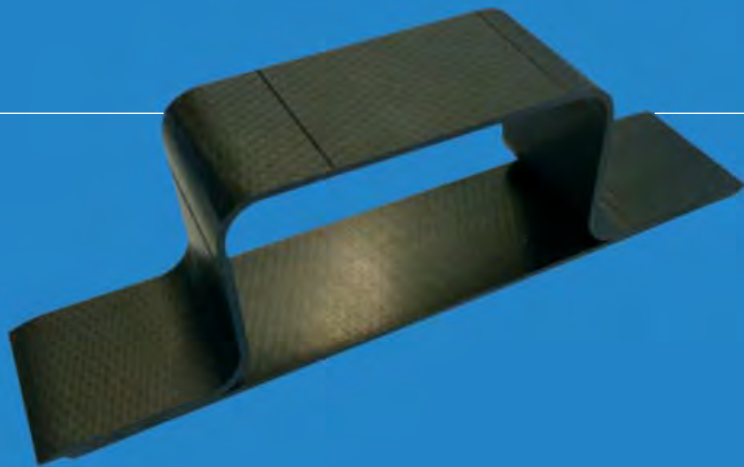
## UNSERE LÖSUNG

Wird eine lagenweise aufgebaute RMS in eine Fügezone eingebracht, um als interne Wärmequelle zum Aufschmelzen von Grundmaterialien oder Loten zu dienen, so ergeben sich zahlreiche Vorteile. Durch Ausnutzung der lokal und zeitlich eng begrenzten Wärmeabgabe, während dessen die Bauteile bei Raumtemperatur verbleiben und nur die Fügezone erwärmt wird, können RMS auf den speziellen Anwendungsfall angepasst werden. So lässt sich das lagenweise aufgebaute Design derart zu variieren, dass sich die während der Reaktion freigesetzte Wärmemenge steuern lässt (Abb. 2). Um zu höheren Reaktionstemperaturen und somit in den Hartlotbereich vorzudringen, ist die während der RMS-Reaktion freigesetzte Wärmemenge zu steigern. Dies ist durch Verwendung eines RMS-Stapels mit einer größeren Gesamtdicke realisierbar. Ist eine Erhöhung der Gesamtdicke aus konstruktiven oder auch technologischen Gründen nicht möglich, so besteht die Möglichkeit, höherenergetische Materialsysteme wie Zr/Si zu nutzen.

Im Bereich der Thermoplaste und thermoplastischen Verbundwerkstoffe können RMS für die Herstellung von stoffschlüssigen Verbindungen genutzt werden. Um eine Beschädigung der thermoplastischen Matrix zu verhindern, werden hierbei tendenziell niedrigerenergetische Systeme auf Basis von Ni/Al eingesetzt.

Schematische Darstellung der Ausbreitung der Wärme- und Reaktionsfront in einer RMS





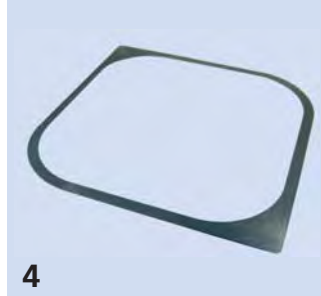
3

## ERGEBNISSE

Bisher wurde die reaktive Füge-technologie vorrangig für Anwendungen im Weichlotbereich genutzt. Das Aufschmelzen von Hartloten mit Schmelztemperaturen von bis zu 720 °C geht einher mit einer Erhöhung der Wärmemenge, welche bei der Reaktion einer RMS freigesetzt wird. Dafür werden im Fraunhofer IWS Dresden nun Ni/Al-RMS mit Dicken von bis zu 120 µm hergestellt. Ein anderer Weg hin zu höheren Wärmemengen wurde mit der neuartigen und weltweit erstmaligen Herstellung von hochenergetischen RMS auf Zr/Si-Basis beschritten. Zr/Si-RMS können bis zu zweimal mehr Wärmeenergie als Ni/Al-RMS bereitstellen und eignen sich daher besonders für Applikationen im Hartlotbereich.

Die mit einem silberbasierten Hartlot und/oder der eutektischen Aluminiumlegierung AlSi10 vorbeloteten RMS kamen beim Fügen von Kupfer-, Aluminium- und Stahlwerkstoffen zum Einsatz (Abb. 1). Bereits erste Fügeversuche unter Nutzung der neuentwickelten RMS verliefen äußerst erfolgreich. Die erreichbaren Festigkeiten der Fügeverbindungen liegen im Bereich von 20 - 40 MPa. Hervorzuheben ist, dass bei der Anwendung der reaktiven Füge-technologie das AlSi10-Lot entgegen konventionellem Löten ohne Flussmittel, Vakuumöfen und Schutzgas angewandt werden kann. Zudem können durch eine anschließende Laserbearbeitung der vorbeloteten

*laserstrukturierter RMS-Preform-Rahmen für den Gehäusebau*



4

RMS anwendungsbereite RMS-Zuschnitte hergestellt werden (Abb. 4). Diese Zuschnitte ermöglichen die Fügung in einem definierten lokalen Bereich, da sie gleichzeitig sowohl als Wärmequelle als auch als Lot für den Fügeprozess dienen.

Eine Weiterentwicklung der reaktiven Füge-technologie konnte auch im Bereich der faserverstärkten Thermoplaste erreicht werden. Das zum Fügen dieser Materialien häufig eingesetzte Kleben ist mit einer Vorbehandlung der Bauteile, langen Aushärtzeiten sowie der Alterung des Klebstoffes verbunden. Im Fraunhofer IWS wurde daher als Alternative zum Kleben die reaktive Füge-technologie angewandt. Sie erfordert nahezu keine Oberflächenvorbehandlung vor dem Fügen. Dass die Fügung von Polymeren innerhalb kürzester Zeit abgeschlossen ist und eine langzeitstabile Verbindung hergestellt werden kann, sind weitere Vorteile des reaktiven Fügens.

Bei exemplarischen Scherzugtests anhand von unverstärktem Polyamid konnten Festigkeiten erreicht werden, bei welchen das Versagen innerhalb des Grundmaterials und nicht innerhalb der Fügezone auftritt. Auch konnte die thermoplastische Matrix von CFK und GFK Bauteilen genutzt werden, um stoffschlüssige Verbindungen untereinander (Abb. 3) als auch mit unverstärkten Thermoplasten herzustellen. In ersten Versuchen konnte ebenso die Machbarkeit von Hybridverbindungen zwischen Thermoplasten und Aluminium bzw. Stahlwerkstoffen gezeigt werden.

Teile der Ergebnisse wurden im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes Reaktives Fügen in der Mikrosystemtechnik (REMTEC, IGF: 17.370 B) erarbeitet.

- 1 *Reaktiv gefügte Materialkombinationen*
- 3 *Reaktiv gefügtes Hutprofil aus kohlefaserverstärktem Polyetherimid*

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Georg Dietrich  
Telefon: +49 351 83391-3287  
georg.dietrich@iws.fraunhofer.de

