

Qualifizierung von Kleb- und Dichtstoffen zur Fertigung von Bipolarplatten

Die Energiewende wird neben erneuerbaren Energien und der Steigerung der Energieeffizienz mit Wasserstoff eine weitere Säule erhalten. Dafür hat die Bundesregierung eine Wasserstoffstrategie beschlossen. Die Förderung der Brennstoffzellentechnologie bietet auch ein erhebliches Potenzial für den Einsatz von Kleb- und Dichtstoffen.

Heinrich Kordy, Paul Bußkamp, Sascha Voss

Um den Energieträger Wasserstoff marktfähig und Deutschland zum weltweit führenden Ausrüster für moderne Wasserstofftechnologien zu machen, sollen insgesamt neun Milliarden Euro an Bundesmitteln zur Verfügung gestellt werden. Somit wird zukünftig eine weitere ökologische Schlüsseltechnologie zur Verfügung stehen. Die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung skizziert einen Handlungsrahmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Infrastruktur über die Wasserstoffgenerierung bis zur Wandlung von Wasserstoff und Sauerstoff innerhalb der Brennstoffzelle zu elektrischem Strom [1].

Die Förderung der Brennstoffzellentechnologie bietet nicht nur ökologische Vorteile, sondern eröffnet auch ein großes Potenzial für den Einsatz von Kleb- und Dichtstoffen bei der Fertigung des sogenannten Stack-Verbundes. Unter Stack (englisch Stapel) versteht man das Stapeln der einzelnen Brennstoffzellen zu einem Verbund, der sich aus mehreren hundert Einheiten zusammensetzt. Die einzelne Brennstoffzelle besteht aus je-

weils zwei Bipolarplatten mit der Membran-Elektroden-Einheit (MEA), die mit einem Katalysator beschichtet ist. Bei der exothermen chemischen Reaktion werden die an Kathode und Anode entstehenden Ladungen abgeführt. Innerhalb der Bipolarplatten befindet sich ein Kühlmedium (Glykol-Wassergemisch) zur Abführung der Reaktionswärme. Aufgrund der erforderlichen Dichtfunktionen gegen Medien (Kühlmedium Wasser/Glykol) und Gase (Wasserstoff und Sauerstoff) bieten sich zwei klebtechnische Anwendungen an:

1. das Fügen der MEA mit der Bipolarplatte,
2. Kleben und Dichten der kühlseitigen Bipolarplatten.

Als Werkstoffe für die Bipolarplatten gibt es prinzipiell zwei Ansätze, die industriell verfolgt werden: und zwar 1) die Verwendung rein metallischer und 2) graphitischer Bipolarplatten mit Polymermatrix:

- Metallische Bipolarplatten lassen sich unter anderem durch Hydroform- oder Prägeprozess selbst in dünnsten Materialstärken (Metallfolien) bei sehr ge-

ringen Taktzeiten herstellen. Zwecks Erhöhung des Korrosionsschutzes und Verringerung des Kontaktwiderstandes werden die Oberflächen mit funktionalen Beschichtungen versehen.

- Bei polymerbasierten Bipolarplatten wird durch die Zugabe von Graphit die elektrische Leitfähigkeit erreicht. Als Matrixsysteme können sowohl Thermoplaste als auch Elastomere eingesetzt werden. Polymerbasierte Bipolarplatten bieten Vorteile hinsichtlich einer erhöhten Korrosionsfestigkeit.

Kleben von Brennstoffzellen-Stacks

Das Kleben zum Aufbau von Brennstoffzellen-Stacks bzw. das Fügen von Bipolarhalbplatten ist nicht neu und wurde bereits in mehreren Vorhaben untersucht [2] [3]. Auf dem Markt bieten einige Klebstoffhersteller speziell angepasste Produkte für die Anwendung im Kontext von Brennstoffzellen an, wobei die Kleb- und Dichtstoffe als Alternative zu Festkörperdichtungen eingesetzt werden. Die Klebstoffe bieten den Vor-

teil, dass Sie direkt auf die Bipolarplatte aufgebracht werden und nicht mehr verrutschen können. Zum Dichten werden u. a. sogenannte „cure in place gaskets“ verwendet, die nach Auftrag auf die Bipolarplatte zum Beispiel mittels UV-Licht innerhalb weniger Sekunden aushärten. Nach der Aushärtung wird in nicht klebrige Systeme und dauerklebrige Systeme unterschieden. Während die nicht klebrigen Systeme (z. B. heißhärtende Polyolefine) eher Eigenschaften einer Dichtung aufweisen, ermöglichen die dauerklebrigen Systeme eine Verklebung im klassischen Sinne. Eine weitere relevante Gruppe bilden die Haftklebstoffe, die als Klebeband oder Transferfilm angeboten werden. Die vorgestanzten Klebebänder bieten prozesstechnisch Vorteile, da die Zeit zum Klebstoffauftrag und Aushärten im Fügeprozess entfällt. Somit lassen sich die von der Industrie geforderten niedrigen Taktzeiten erreichen, die für die Etablierung der Brennstoffzellen im Massenmarkt nötig sind.

Qualifizierungsmaßnahmen

Um die Eignung der Kleb- und Dichtstoffe für den Einsatz in einer Brennstoffzelle sicherzustellen, bedarf es geeigneter und standardisierter Qualifizierungsmaßnahmen. Aus den spezifischen Anforderungen der Fertigung, des Designs sowie der Endanwendung ergeben sich die entsprechenden Randbedingungen für den Einsatz der Klebung. Da sich sowohl die Anforderungen als auch das Design der Brennstoffzellen aufgrund der schnellen Innovationsgeschwindigkeit stark ändern bzw. geändert haben, müssen auch die Tests zur künstlichen Alterung der Kleb- und Dichtstoffe angepasst und hinsichtlich der Anforderungen verifiziert werden.

Der aktuelle Bedarf an weiterführenden Qualifizierungen führt insbesondere zu folgenden Fragestellungen hinsichtlich der Prüfverfahren:

- Kompressionsbeständigkeit der Klebstoffe unter thermisch medialer Belastung (bei Komprimierung des Stacks durch Spannsystem) z. B. „compression set“ nach DIN 53517, DIN ISO 815 oder ASTM D 395,
- Dichtheit der Klebung/Dichtung gegenüber Prozessgasen und Kühlmitteln bei unterschiedlichen thermisch/medial und mechanisch überlagerten Belastungsszenarien,

- Langzeitbeständigkeit der Klebstoffe hinsichtlich der Auswaschbeständigkeit (aus dem Klebstoff hinausmigrierende Stoffe dürfen die Funktion der MEA-Einheit nicht beeinträchtigen, da es ansonsten zur sogenannte Katalysatorvergiftung kommt).

Zum Nachweis der Eignung der Kleb- und Dichtstoffe für den Einsatz als Fügeverfahren zur Herstellung von Brennstoffzellen wird ein breiter Erfahrungsschatz benötigt. Vor diesem Hintergrund ist es essenziell, dass sich Industrie- und Forschungseinrichtungen intensiv der anwendungsbezogenen Auswahl und Zusammenstellung von Prüfscenarien widmen.

Demonstrator für das Kleben und Abdichten von Bipolarplatten

Am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) wurde neben den laufen-

den Industrieprojekten zum Thema Kleben und Dichten von Brennstoffzellen ein internes Forschungsprojekt initiiert, um Bipolarplatten klebgerecht zu designen, geeignete Klebstoffe auszuwählen und Qualifizierungsmaßnahmen zur Freiprüfung zu entwickeln. Hierbei wurden Bipolarplatten in einem chemischen Ätzverfahren hergestellt und ein Demonstrator zur Erarbeitung und Validierung klebtechnischer Prozesse (Oberflächenvorbehandlung/Klebstoffauftrag/Fügeprozess und Aushärtung) entwickelt (*Bild 1, Bild 2* und *Bild 3*). Das hierbei generierte Wissen soll dazu dienen, auf Brennstoffzellen fokussierte Dienstleistungen für die Industrie anbieten zu können.

Dienstleistungen des Fraunhofer IFAM

Das Fraunhofer IFAM bietet Industriepartnern – jeweils basierend auf einer gemeinsam erstellten Anforderungsliste – Unter-

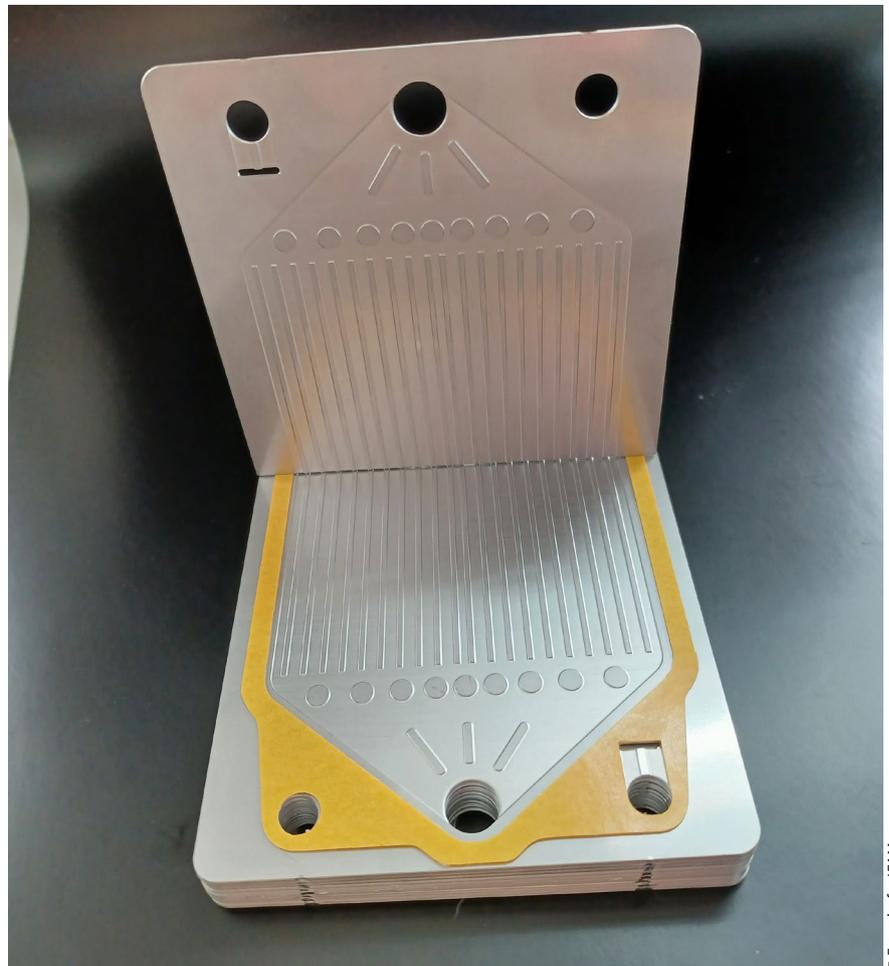
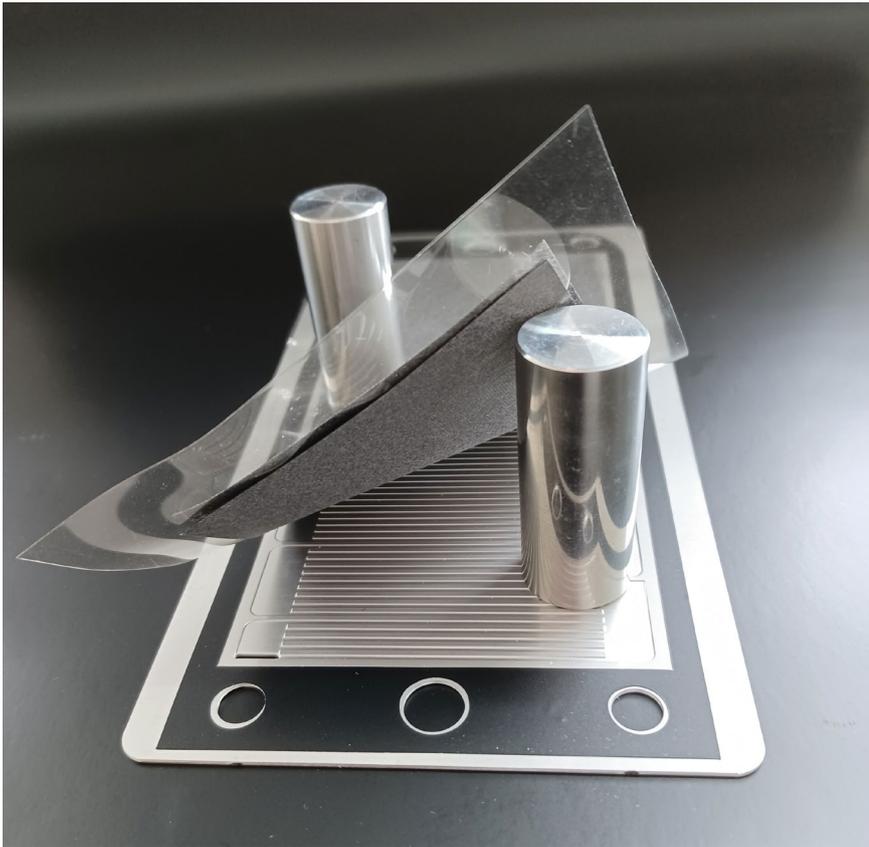


Bild 1 > Als Stanzteil applizierbare PSA-Acrylatdichtung im Bereich der Kühlseite



© Fraunhofer IFAM

Bild 2 > Filmklebstoff (schwarz) mit thermisch aktivierbarem Reaktivanteil zur Abdichtung der MEA-Einheit zum umlaufenden Polyolefin-Frame

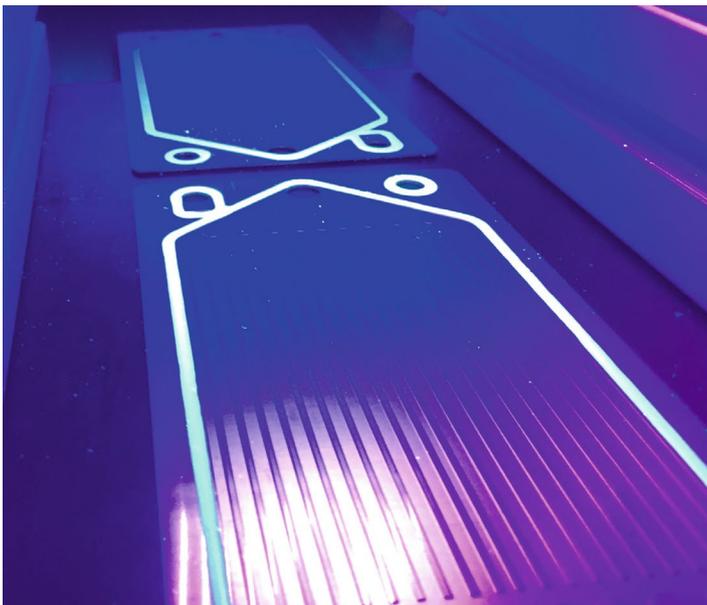
stützung bei der Auswahl und Qualifizierung von Kleb- und Dichtstoffen an. Die Dienstleistung umfasst weiterhin die Unterstützung bei dem klebgerechten De-

sign, der Auslegung der Klebung, der Festlegung einer Oberflächenfunktionalisierung sowie der prozesstechnischen Umsetzung.

Die Eignung der Klebstoffe im Kontakt mit Kühlflüssigkeit und Wasserstoff/Kondenswasser kann durch entsprechende künstliche Alterung analysiert werden. Für die Dichtigkeitsprüfung unter Druck bei hohen und tiefen Temperaturen sowie die Ermittlung des Druckverformungsrestes stehen speziell entwickelte Testvorrichtungen zur Verfügung. Auch für die Verarbeitung und den Zugschnitt von Haftklebstoffen sowie zur Verarbeitung von flüssigen Klebstoffen sind sowohl die entsprechenden Anlagen als auch die Dosier- und Handhabungstechnik vorhanden.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Fraunhofer IFAM hat sich im Rahmen eines internen Forschungsprojekts zum Kleben und Dichten von Brennstoffzellen mit den entsprechenden klebstoffspezifischen Anforderungen beschäftigt. Dabei wurde ein klebgerechtes Design für Bipolarplatten entworfen, mittels chemischen Ätzens hergestellt und ein Musterdemonstrator für das Kleben und Abdichten von Bipolarplatten entwickelt. Erste Prüfzenarien zur Qualifizierung von Klebstoffen für die Anwendung in einer Brennstoffzelle wurden aufgebaut. Zur Auswahl der Kleb- und Dichtstoffe bietet das Fraunhofer IFAM ein breites Dienstleistungsspektrum an – von der Oberflächenanalytik, der Materialanalytik über die klassische Mate-



© Fraunhofer IFAM



Bild 3 > Durch UV-Strahlung initiierte Aushärtung einer einseitig applizierten "Cure-in-Place"-Dichtung auf der Kühlseite einer Bipolarplatte

rialauswahl und -qualifizierung bis zur Prozessentwicklung mit Bezug auf die Brennstoffzellentechnik. //

Literaturverzeichnis

- [1] Nationale Wasserstoffstrategie: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Juni 2020
- [2] K. Dilger, E. Stammen, S. Brokamp: Vereinfachte Montage von Brennstoffzellen. *adhäsion KLEBEN & DICHTEN* 58 (2014) [7-8]
- [3] S. Brokamp, M. Reckers, E. Stammen, F. Starck: Low Cost BiP: Klebfügen metallischer Bipolarplatten für PEM-Brennstoffzellen unter den besonderen Anforderungen des Automotive-Betriebs. Förderkennzeichen BMWi 03ET6029A-F, Verbund-Nummer 01150013, Volkswagen AG (2018)

Die Autoren

Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Heinrich Kordy

(heinrich.kordy@ifam.fraunhofer.de)

ist Leiter der Arbeitsgruppe „Klebtechnische Prozesse“ und stellvertretender Leiter der Abteilung „Klebtechnische Fertigung“ am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)

Paul Bußkamp

(paul.busskamp@ifam.fraunhofer.de) und

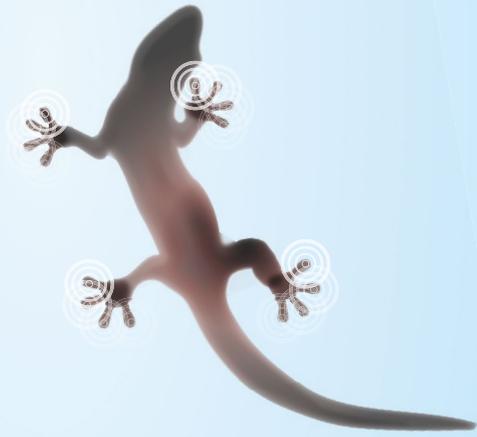
Sascha Voss, M.Sc.

(sascha.voss@ifam.fraunhofer.de)

sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Klebtechnische Prozesse“ am Fraunhofer IFAM.

Aufstiegsstoff

Wirkt schon in kleiner Dosis.



Wer nach oben will braucht **adhäsion**, die einzige deutsche Fachzeitschrift für industrielle Kleb- und Dichttechnik: Wertvolles Insiderwissen, praxisrelevante Informationen und neueste Trends und Technologien.

Ihre Abovorteile:

- ✓ 10 Ausgaben im Jahr
- ✓ Jede Ausgabe inkl. E-Magazin – NEU!
- ✓ „Handbuch Klebtechnik“ kostenlos für Abonnenten
- ✓ Freier Zugriff auf das Online-Archiv mit Fachbeiträgen seit 2003
- ✓ Keinerlei Risiko, jederzeit kündbar

Jetzt 2 Ausgaben kostenlos testen:

www.meinfachwissen.de/adhaesion



Jetzt
kostenlos
testen.

adhäsion KLEBEN+DICHTEN