

Dünnere Bipolarplatten für Brennstoffzellen

Modifizierte leitfähige Compounds ermöglichen die Herstellung von Bipolarfolien vom Coil

Bipolarplatten sind eine der zentralen Komponenten in Brennstoffzellen und Redox-Flow-Batterien. Sie bestehen aus mit elektrisch leitfähigen Stoffen hochgefüllten Kunststoffcompounds. Um Platz, Kosten und Gewicht zu sparen, steigt der Wunsch nach dünneren Varianten, ohne dass deren Robustheit und Langlebigkeit darunter leiden darf. Erreichen lässt sich das mit modifizierten Polymeren. Mit einer neuen Technologie können solche Bipolarfolien wie Coils verarbeitet werden.

Nachhaltige Energiequellen sind für die zukünftige Stromversorgung von großer Bedeutung. Da Strom aus Wind- und Sonnenenergie wetterbedingten Schwankungen unterliegt, muss die erzeugte Energie mittel- und langfristig zwischengespeichert werden. Prädestiniert für diese Aufgabe ist die sogenannte Redox-Flow-Batterie. Sie wird in der Regel als Variante in

40 Fuß großen Containern umgesetzt und kann als elektrochemischer Wandler große Energiemengen speichern und wieder abgeben. Eine andere Möglichkeit stellen Brennstoffzellen dar, die Brennstoffe wie Wasserstoff in elektrische Energie umwandeln. Diese Technologie wird bei mobilen und portablen Anwendungen immer beliebter und kommt bereits in verschiede-

nen Bereichen zum Einsatz. Dazu zählen Lkw, Pkw, Züge, Schiffe, die Hausenergieversorgung als Kraftwärmekopplung und in unabhängigen Stromversorgungsanlagen z.B. für Datacenter.

Damit sich diese Techniken auch am Markt durchsetzen, ist die Weiterentwicklung von Bipolarplatten als zentrales funktionelles Element von Brennstoffzellen und Redox-Flow-Batterien notwendig. Bipolarplatten sind eine Schlüsselkomponente für Brennstoffzellen und Redox-Flow-Batterien. Konventionelle kohlenstoffhaltige Bipolarplatten bestehen zu meist aus thermoplastischen oder duroplastischen Kunststoffen als Matrixmaterial mit einem hohen Gehalt an leitfähigen Füllstoffen wie Graphit, Ruße oder Carbonnanotubes. Obwohl aus Kunststoff bestehend, müssen Bipolarplatten sehr gut elektrisch und thermisch leitfähig sein. Zur Erzielung einer entsprechend hohen Leitfähigkeit muss der Kunststoff mit bis zu 80 bis 90 Gew.-% leitfähigem Material gefüllt werden. Damit das Compound danach nicht spröde und möglichst gut verarbeitbar ist, kommt dem bindenden Polymer eine entscheidende Rolle zu, obwohl es nur 10 bis 20 Gew.-% des Compounds ausmacht. Für einen langlebigen und ökonomischen Einsatz der Bipolarplatten werden eine hohe elektrische Leitfähigkeit, Beständigkeit gegen Abbau und mechanische Stabilität im Lastfall vorausgesetzt.

Herausforderung: dünn aber langlebig

Polypropylen (PP) und generell Polyolefine werden häufig als Polymere für die Platten verwendet. Für besondere Materialan-

Die modifizierten Polymere ermöglichen die Verarbeitung der Folien wie bei Coils

© Eisenhuth



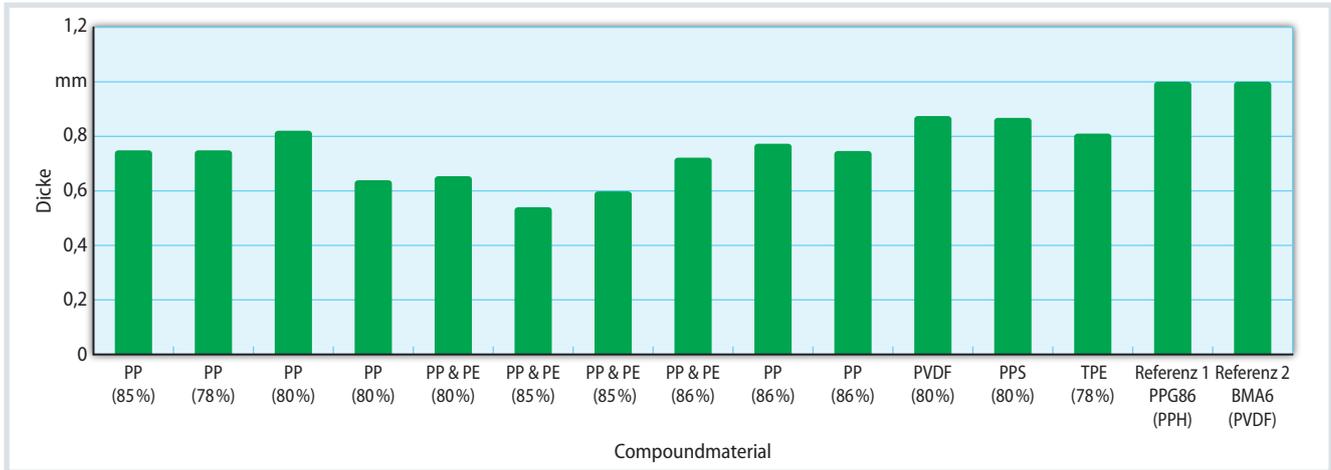


Bild 2. Foliendicke der verarbeiteten Compounds und Vergleich zu Referenzmaterialien (Füllgrade in Klammern): Die Dicke der Platten bewegt sich zwischen ca. 0,5 und 1 mm Quelle: Eisenhuth; Grafik: © Hanser

forderungen kommen aber auch andere Werkstoffe wie Polyphenylensulfid (PPS), Polyvinylidenfluorid (PVDF) und Phenolharze in Betracht. Die Langlebigkeit hochgefüllter graphitischer Bipolarplatten auf der Basis von PP, Polyethylen (PE), PVDF und PPS sowie eine wirtschaftliche Produktion sind zwar bereits gegeben, aber die Anwender wünschen sich zusehends dünnere und damit gewichtsoptimierte Komponenten. Dadurch können Bauraum, Gewicht und Materialkosten eingespart werden. Eine geringe Dicke und gleich-

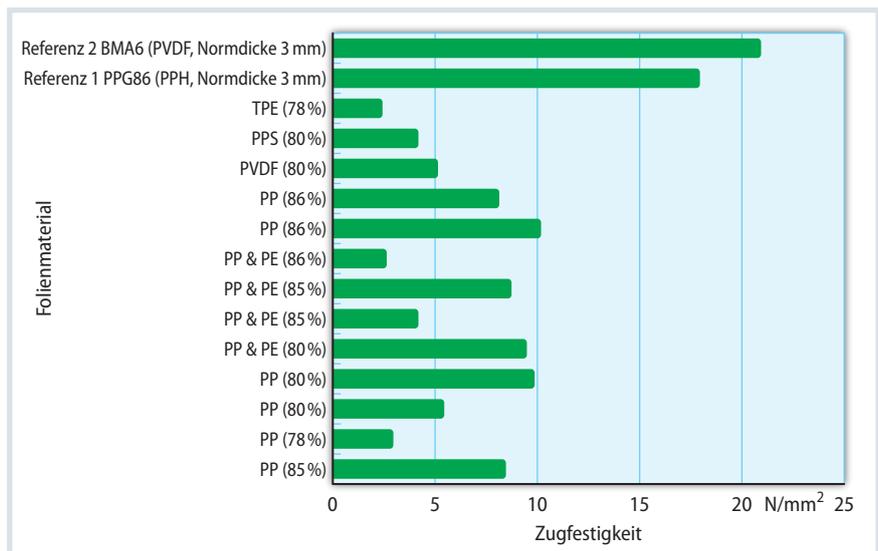


Bild 3. Die Zugfestigkeit der untersuchten Folien (Füllgrade in Klammern) ist geringer als die der Referenzmaterialien. Diese sind mit 3 mm aber auch deutlich dicker Quelle: Eisenhuth; Grafik: © Hanser



Bild 1. Durch die Modifizierung der hochgefüllten Kunststoffe sind deutlich dünnere Bipolarplattenfolien möglich, als das bisher der Fall war © Eisenhuth

zeitig hohe Langlebigkeit stellen bei den hohen, der Leitfähigkeit geschuldeten Füllgraden zwei sehr widersprüchliche Anforderungen dar und machen das Unterfangen umso herausfordernder.

Durch Modifikation der in Bipolarplatten eingesetzten Kunststoffe wie PP, PE, PVDF und PPS können die mechanischen Eigenschaften zumindest in gewissen Umfängen dem Lastenheft angepasst und die Compounds z.B. durch eine verbesserte Schlagzähigkeit flexibler, geschmeidiger oder duktiler eingestellt werden. Das ist für die Herstellung der dünnen Platten essenziell. Die Eisenhuth GmbH & Co. KG konnte durch den Einsatz spezieller Schlagzähmodifizierungen in einem kontinuierlichen Verfahren dünne, hochgefüllte und sehr gut leitfähige Bipolarfolien vom Coil herstellen (Bild 1). Bei der Verarbeitung kamen polyolefinische Blockcopolymeren zum Einsatz, die zusätzlich mit EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Monomer-Kautschuk) und mit variierendem Graphitanteil hergestellt wurden.

Ausgangspunkt war zunächst die Herstellung hochgefüllter Compounds. Die Compoundierung erfolgte auf Doppelschneckenextrudern der Firmen Collin, Leistritz und Battenfeld. Auf diesen Anlagen wurden verschiedene modifizierte PP-, PE-, PVDF- und PPS-Compounds mit einem Kohlenstoffanteil von ungefähr 80 Gew.-% gefertigt und für den formgebenden Prozess vorkonditioniert. Der nächste entscheidende Schritt bestand darin, sie auf einer entsprechenden Endlosfertigungsanlage zu dünnen Platten bzw. Folien zu verarbeiten.

Die durchschnittliche Dicke der Folien lag deutlich unter 1 mm und mehrheitlich zwischen 0,5 und 0,8 mm (Bild 2). In der Produktion lässt sich die Foliendicke jedoch gemäß dem Lastenheft »

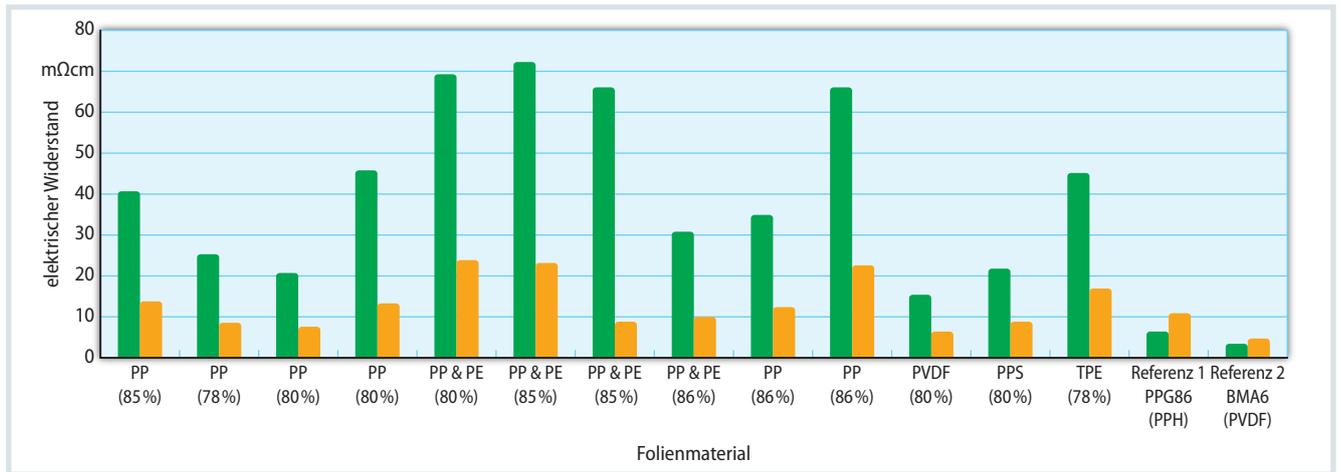
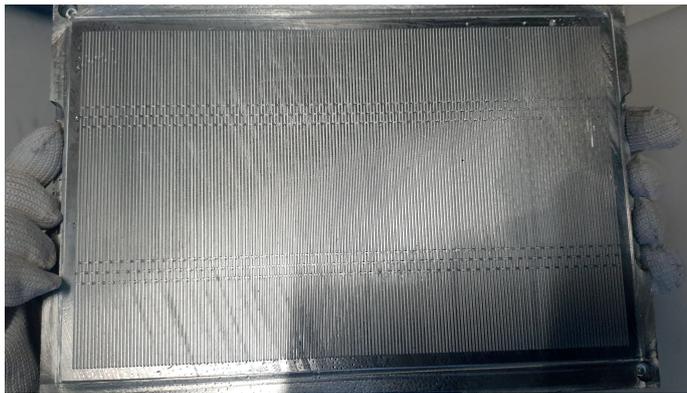


Bild 4. Der elektrische Widerstand der untersuchten Compounds (Füllgrade in Klammern) ist höher als der der Referenzmaterialien. Das wird allerdings durch die geringere Dicke der Folien ausgeglichen. Quelle: Eisenhuth; Grafik: © Hanser

Bild 5. Gestanzte

Graphit-Compound-Folie: Für die Herstellung wird die Bipolarplatte im Stanz-Biege-Verfahren verarbeitet

© Eisenhuth



exakt einstellen, wodurch die gewünschte Dicke in Serie zehntelgenau gewährleistet werden kann. Die Zugfestigkeit der hergestellten Platten lag zwischen 4 und 11 N/mm² (**Bild 3**). Im Vergleich zur Referenz ist sie niedriger. Es darf aber nicht vergessen werden, dass die Messungen

nicht an einem Normstab vorgenommen wurden, sondern an der Folie selbst, die nur ca. 0,6 mm dick ist. Weitere Versuche zur Verbesserung der Zugfestigkeit werden gegenwärtig durchgeführt. Die Werte für den spezifischen Widerstand bei den verschiedenen Materialtypen sind höher als die der Referenz (**Bild 4**). Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass dünnere Platten die etwas schlechtere elektrische Leitfähigkeit kompensieren.

Die Folien eröffnen außerdem neue Verarbeitungsmöglichkeiten. Bislang sind geeignete formgebende Methoden zur Fertigung von Bipolarplatten das Heißpressverfahren und das Spritzgießen. Dabei wird in der Regel das vorkonditionierte Ausgangsmaterial in eine temperierte Press- oder Spritzgießform überführt. Im Falle duroplastisch gebundener Compounds muss eine chemische Aushärtungsreaktion in der Wärme stattfinden, bevor die Platte aus der Kavität entnommen werden kann. Bei thermoplastischen Matrizen muss hingegen das Compound erst aufgeschmolzen und zum Entformen

unterhalb die Schmelze- bzw. Glasübergangstemperatur des jeweiligen Kunststoffes gebracht werden. Beim Heißpressen oder Spritzgießen besteht die technisch anspruchsvolle Möglichkeit, die erforderlichen Strukturen direkt miteinzuprägen oder stattdessen unstrukturierte Platten-Rohlinge zu fertigen.

Mit der entwickelten Technologie können die Graphit-Folien wie Coils verarbeitet werden (**Titelbild**). Ähnlich wie beim Stanzen – vom Coil heruntergezogen – werden die Folien im Stanz-Biegeverfahren entsprechend verarbeitet. Als Ergebnis entsteht eine final geprägte Folie (**Bild 5**).

Coil-Verarbeitung ist möglich

Die neue Technologie ermöglicht einen weiteren wichtigen Schritt, leitfähige Compound-Folien automatisiert herzustellen und damit Skaleneffekte zu realisieren. Dadurch können die Gesamtkosten des Brennstoffzellen- oder Batterie-Systems signifikant reduziert werden. Die mechanischen Eigenschaften sind im Vergleich zu mit Graphit gefüllten, gepressten oder spritzgegossenen Bipolarplatten auf einem vergleichbaren Niveau. Auch die elektrische Leitfähigkeit liegt in einem Bereich, der für die Anwendung geeignet ist. Durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die derzeit insbesondere seitens der EU-Kommission vorgegeben werden, steigert sich sehr stark der Handlungsbedarf, die Mobilität emissionsfrei zu gestalten. Die vorgestellten Folien können einen wichtigen Beitrag für eine höhere Akzeptanz der Brennstoffzellentechnologie leisten. ■

Die Autoren

Dr. Thorsten Hickmann ist Geschäftsführer der Eisenhuth GmbH & Co. KG; t.hickmann@eisenhuth.de

Dr. Thorsten Derieth ist bei Eisenhuth Mitarbeiter im Vertrieb und der Anwendungstechnik im Geschäftsbereich „Brennstoffzellen und Batterien“; t.derith@eisenhuth.de

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv