

Chamäleon schützt Akku

Sichere Lithium-Ionen-Batterien durch Polyphenylenether

Lithium-Ionen-Batterien sind einer der entscheidenden Bausteine der Elektromobilität. Um die Reichweite von E-Fahrzeugen zu erhöhen, wird an der Verbesserung ihrer Leistung geforscht. Aber auch an einem besseren Schutz der sensiblen Akkus arbeiten viele Unternehmen. Helfen können bei beidem technische Kunststoffe wie Polyphenylenether (PPE). Gerade als Schaum spielt das Material seine Stärken aus.

Die Lithium-Ionen-Batterie gehört zu den wesentlichen Schrittmachern der mobilen modernen Gesellschaft. Mit der Verbreitung tragbarer Elektronikgeräte wie dem Sony Walkman ab den 70er-Jahren stieg der Bedarf an leichten und kompakten wiederaufladbaren Batterien. Sie sollten die zu dieser Zeit gängigen und nicht-wiederaufladbaren Primärzellen ablösen. Dr. Akira Yoshino (siehe **Interview auf Seite 40**), Wissenschaftler beim japanischen Technologieunternehmen Asahi Kasei, Tokio/Japan, gelang schließlich 1983 der Durchbruch: Die Lithium-Ionen-Batterie war geboren (**Kasten**). 2019 wurde er für seine Erfindung mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Das unterstreicht den Stellenwert, den diese Akkus mittlerweile besitzen. Sie haben sich nicht nur als Standard in mobilen Geräten wie Smartphones, Tablets und Laptops etabliert, sondern sind auch fester Bestandteil von Elektrofahrzeugen und damit eine der Schlüsselkomponenten für die Elektromobilität.

Obwohl die Lithium-Ionen-Batterie als reife Technologie gilt, gibt es für ihre Nutzung in der Elektromobilität noch viele Verbesserungsmöglichkeiten. Yoshino sieht beispielsweise Potenzial bei den einzelnen Komponenten wie Anode, Kathode und vor allem dem Elektrolyten. Gerade der Elektrolyt beeinflusst maßgeblich die Lebensdauer, den Alterungsprozess und das Crashverhalten der Batterie.

Asahi Kasei forscht gegenwärtig an einem neuen Elektrolyten für Lithium-Ionen-Batterien (**Titelbild**). Durch die Zugabe von Acetonitril anstelle von Carbonat besitzt er eine besonders hohe ionische Leitfähigkeit. Mithilfe weiterer Additive



Die Entwicklung bei Lithium-Ionen-Batterien ist noch keineswegs abgeschlossen. Asahi Kasei forscht etwa an einer Verbesserung des Elektrolyten, um die Batterien stabiler und breiter einsetzbar zu machen

(© Asahi Kasei)

wird die typische Zersetzung von Acetonitril unterbunden – und damit eine verbesserte Stabilität erreicht. Dieser weiterentwickelte Elektrolyt ist auch Gegenstand eines Forschungsprojekts von Asahi Kasei mit Professor Martin Winter vom Batterieforschungszentrum MEET (Münster Electrochemical Energy Technology) der Universität Münster. Die Zusammenarbeit zeigt bereits erste Früchte: Der neue Elektrolyt besitzt im Vergleich zu herkömmlichen eine dreifach höhere Ionenleitfähigkeit. Außerdem ist diese bei -30 °C genauso hoch wie bei üblichen Elektrolyten bei Raumtemperatur. Das ermöglicht die Nutzung von Lithium-Ionen-

Batterien in extrem kalten Umgebungen. Bei Raumtemperatur kann die Batterie in sechs Minuten zu 80 % geladen werden. Beide Eigenschaften öffnen neue Türen bei den Anwendungsmöglichkeiten von Lithium-Ionen-Batterien in E-Fahrzeugen.

Neben der Leistungssteigerung der Batterien spielt außerdem deren Sicherheit bei elektrischen Automobilen eine immer größere Rolle. Deren Stellenwert ist nicht zuletzt aufgrund einiger Brände bei solchen Fahrzeugen in jüngster Zeit deutlich gestiegen. Eine Möglichkeit stellt eine ebenfalls von Yoshino entwickelte auf Polyethylen (PE) basierende,

mikroporöse Membran dar. Dieser sogenannte Separator dient zur Trennung von Anode und Kathode, ist aber durchlässig für Ionen. Bei zu hohen Temperaturen schmilzt die Membran, wird undurchlässig für Ionen und schaltet auf diese Weise die Batterie ab. Sie verhindert dadurch ein thermisches Durchgehen (Thermal Runaway) der Batterie. Asahi Kasei bietet mit den im Nassverfahren hergestellten Hipore-Separatoren und den im Trockenverfahren hergestellten Celgard-Separatoren zwei Varianten dieser Membran an.

In Elektrofahrzeugen werden unter anderem hochporöse dreilagige Celgard-Separatoren aus der Trilayer-Familie eingesetzt. Die PE-Innenschicht schmilzt bei zu hohen Temperaturen und verhindert

PS/PPE	PA/PPE	PP/PPE
<ul style="list-style-type: none"> - sehr breiter Wärmebeständigkeitsbereich (80 - 220 °C) - hohe Dimensionsstabilität - geringe Wasseraufnahme - geringe Dichte 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr hohe Wärmebeständigkeit - geringe Wasseraufnahme im Vergleich zu PA - hohe Schlagzähigkeit - Beständigkeit gegenüber Öl und Chemikalien 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr gute Dimensionsstabilität - hohe Beständigkeit gegenüber Säuren und Laugen - sehr gute Verarbeitbarkeit

Tabelle. Durch die Kombination von PPE mit anderen Polymeren können die Eigenschaften des Kunststoffs gezielt eingestellt werden

(Quelle: Asahi Kasei)

ein thermisches Durchgehen. Die Außenschichten aus Polypropylen (PP) bieten Beständigkeit gegen Oxidation und schmelzen erst bei höheren Temperaturen. Diese Kombination aus Materialien mit verschiedenen Schmelzeigenschaften

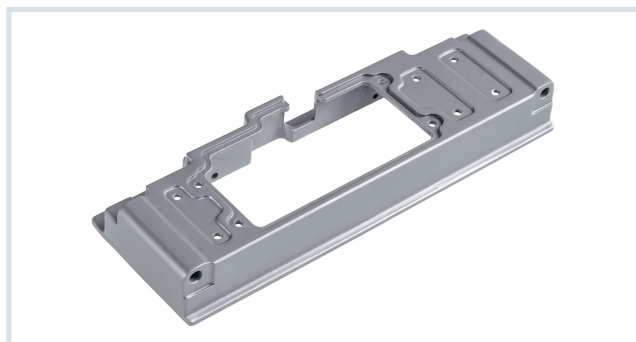


Bild 1. PP+PPE-Blends eignen sich aufgrund ihrer guten chemischen Beständigkeit besonders für Batteriegehäuse

(© Asahi Kasei)

ten erhöht die Sicherheit und Lebensdauer der Batterie.

PPE gut geeignet, schwierig zu handeln

Aber auch andere Kunst- und Schaumstoffe können zur Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien beitragen und außerdem deren Leistung erhöhen. In Batterieanwendungen öffnet insbesondere Polyphenylenether (PPE) neue Möglichkeiten. Seit seiner Entdeckung durch Allan S. Hay im Jahr 1965 hat sich PPE vor allem als technischer Kunststoff mit hoher Hitzebeständigkeit und sehr guten elektrischen Eigenschaften etabliert. Allerdings ist die Verarbeitung des Materials äußerst schwierig, und die Schlagzähigkeit sowie Temperaturbeständigkeit verschlechterten sich mit der Zeit. Deshalb zeigte sich schnell, dass die Verwendung von PPE überwiegend in reiner Form auf Dauer keinen Sinn ergibt.

Aus diesem Grund wird PPE traditionell in Kombination mit anderen Kunststoffen, als Blend, eingesetzt. Das dabei entstehende modifizierte PPE oder mPPE verbindet die Vorteile des Materials mit einer guten Verarbeitbarkeit sowie zusätzlichen Eigenschaften. Durch die Mischung mit verschiedenen Kunststoffen

wie PP, Polystyrol (PS), Polyamid (PA), Polyphenylsulfid (PPS) und anderen Polymeren und durch den Einsatz von Füllstoffen wie Glasfaser lassen sich die Eigenschaften gezielt und umfangreich variieren (**Tabelle**). Asahi Kasei vertreibt mPPE unter dem Markennamen Xyron. Aufgrund der zahlreichen Variationsmöglichkeiten bei der Herstellung von mPPE entwickelt das Unternehmen häufig speziell auf das Einsatzgebiet des Kunden zugeschnittene Kombinationen.

Die Kombination mit PS ist der verbreitetste Blend (PS+PPE). Er besitzt eine sehr gute Dimensionsstabilität, gerin-

Der Autor

Sebastian Schmidt ist Public Communication Representative bei Asahi Kasei Europe; sebastian.schmidt@asahi-kasei.eu

Im Profil

Asahi Kasei hat sich auf die Polymerisation von PPE spezialisiert und ist weltweit der zweitgrößte Hersteller auf diesem Gebiet. Bereits seit 1979 produziert das Unternehmen den Kunststoff, ursprünglich in Chiba/Japan, mittlerweile in einer Anlage in Singapur. Die Modifikation von PPE zu mPPE erfolgt an verschiedenen Standorten, zum Beispiel in Thailand und den USA. Pro Jahr produziert Asahi Kasei etwa 62000 t mPPE. Seit 2016 ist das Unternehmen auch von Deutschland aus tätig – als Asahi Kasei Europe GmbH mit Sitz in Düsseldorf.

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-03

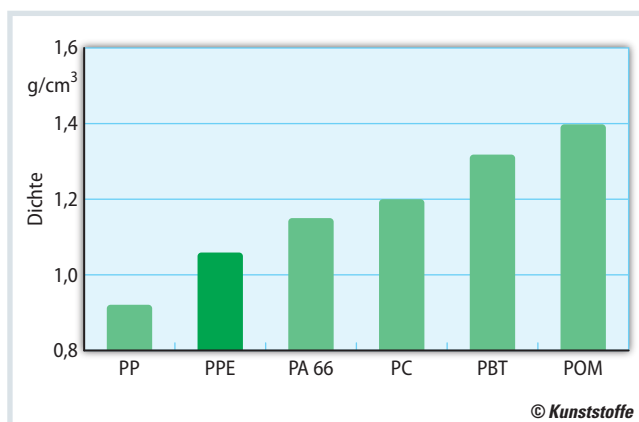


Bild 2. Die Dichte von PPE ist geringer als die von anderen technischen Kunststoffen

(Quelle: Asahi Kasei)

Bild 3. Kunststoffe kommen in Lithium-Ionen-Batterien als Gehäuse- und Dämmmaterial zum Einsatz. Als mikroporöse Membranen in der Zelle verhindern sie ein thermisches Durchgehen des Akkus (© Asahi Kasei)



ge Viskosität und hohe Resistenz gegen Säuren und Laugen. Wird er zusätzlich mit Glasfasern verstärkt, eignet er sich sehr gut als Metallsatz im Leichtbau.

PPE als Blend mit PA, PS und PP

PPE alleine besitzt bereits eine sehr gute Wärmebeständigkeit, in Verbindung mit PA steigt diese aber noch einmal deutlich an. Das PPE sorgt für eine geringere Wasseraufnahme des PA und reduziert dessen Ausdehnung bei höheren Temperaturen. Auf der anderen Seite erhöht das PA die chemische Beständigkeit gegenüber Ölen und Treibstoffen und die Fließfähigkeit des PPE. PPE+PA-Blends eignen sich sehr gut für den Automobilbereich.

Auch die Verbindung aus PPE und PP besitzt eine sehr gute Wärme- und Ölbeständigkeit. Besonders häufig werden solche Blends allerdings verwendet, wenn eine hohe chemische Beständigkeit benötigt wird. Sie kommen bereits in Strukturbauteilen von Lithium-Ionen-Batterien, etwa als Abstandhalter zwischen den Zellen, Abdeckung oder Modulgehäuse zum Einsatz **Bild 1**. Für solche Batterien eignen sie sich sehr gut aufgrund ihres geringen Gewichts, der guten Flamm-schutzeigenschaften (erfüllen UL94-V0), der Dimensionsstabilität und ihrer sehr guten mechanischen Eigenschaften.

Das mPPE Xyron eignet sich aber generell für Bauteile im Automobil. Durch die geringe Dichte des PPE – der niedrigs-

ten unter den technischen Kunststoffen (**Bild 2**) – kommt mPPE für viele Leichtbaukomponenten wie Relaisblöcke, Haubenverkleidungen und Halterungen infrage. Wie erwähnt, wird es häufig bei Batteriebauteilen von Elektrofahrzeugen verwendet (**Bild 3**). Das Material trägt bei diesen zu einem kompakten und gewichtssparenden Batteriedesign bei und führt zu mehr Effizienz und Sicherheit.

PPE-Schaum senkt Kosten

Aufgrund seines hohen Sauerstoffindex kann mPPE durch Zugabe von Flamm-schutzmitteln problemlos die V-0-Klassifizierung der Norm UL94 erreichen, ohne dass seine ursprünglichen Eigenschaften beeinträchtigt werden. Zusätzlich zur Schwerentflammbarkeit ist die Formänderung in feuchten Umgebungen und bei hohen Temperaturen gering, da PPE den niedrigsten linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten (**Bild 4**) sowie die niedrigste Feuchtigkeitsaufnahme (**Bild 5**) aller technischen Kunststoffe aufweist. Diese Eigenschaften ermöglichen die präzise Ausrichtung der Zellen in den Akkumulatoren und erhöhen so die Effizienz.

Durch Schäumen lassen sich die Eigenschaften von mPPE noch weiter verbessern. Asahi Kasei hat dafür den Partikelschaum SunForce entwickelt, der die Vorzüge von mPPE und Schaumperlen vereint. Er ist das erste Material seiner Art, das die Brandschutzklasse UL94 V-0 erfüllt. Das Material ähnelt expandiertem PP (EPP) und kann mit den gleichen Anlagen verarbeitet werden. Gleichzeitig besitzt es eine höhere Formstabilität und niedrigere Dichte. Die geringe Größe der Schaumperlen ermöglicht eine hohe Formbarkeit und damit kürzere Montagezeiten und niedrigere Produktionskosten.

Lithium-Ionen-Batterien benötigen eine konstante Temperatur für eine optimale Leistung. Wasserkondensation durch Kühlung kann zu Problemen in der Elektronik führen. Um die optimale Temperatur des Batteriesystems aufrechtzuerhalten, werden Wärmedämmstoffe verbaut und die Klimaanlage genutzt. SunForce kann für eine konstante Temperatur sorgen, indem es das Batteriegehäuse von innen und außen isoliert. Im Inneren des Batteriegehäuses bewirkt es eine verbesserte Wärmedämmung und hält gleichzeitig die Zellen, Kabel und Lüfter innerhalb der Batterie an Ort und Stelle.

Lithium-Ionen-Batterie



Dr. Akira Yoshino (© Asahi Kasei)

Lithium wurde schon frühzeitig als leistungsfähiges Anodenmaterial für Batterien identifiziert. Die leichte Entflammbarkeit sowie die Anfälligkeit für Kurzschlüsse mit der Kathode stellten die Wissenschaft jedoch vor große Herausforderungen und verhinderten lange Zeit die praktische Anwendung von Lithium. 1979 entdeckte dann der Amerikaner Dr. John B. Goodenough, dass sich Lithium-Cobalt-Oxid (LiCoO₂) als Elektrodenmaterial eignet.

Auf dieser Arbeit baute der Japaner Dr. Akira Yoshino kurze Zeit später auf. Er begann 1981 mit der Erforschung von Polyacetylen, das er als potenzielles Anodenmaterial anstelle von Lithium in Betracht zog, benötigte allerdings noch ein passendes Kathodenmaterial. Als solches stellte sich LiCoO₂ heraus. Nach erfolgreichen Tests mit dieser Kombination konnte er 1983 die praktische Anwendung einer wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterie beweisen. 1985 meldete Yoshino ein Patent dafür mit einer LiCoO₂-Kathode und einer kohlenstoffbasierten Anode an. Dieser Aufbau stellt die Geburt der modernen Lithium-Ionen-Batterie dar und wird bis heute verwendet. Das Patent wurde 1995 nach zehn Jahren gewährt. Für seine Erfindung erhielt Yoshino zusammen mit Goodenough und dem Briten Michael Stanley Whittingham 2019 den Nobelpreis für Chemie verliehen.

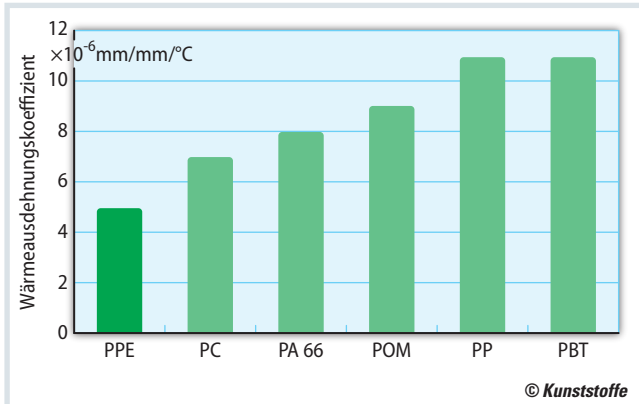


Bild 4. Im Vergleich zu anderen technischen Kunststoffen verfügt PPE über einen sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Er ist beispielsweise weniger als halb so hoch wie der von PBT (Quelle: Asahi Kasei)

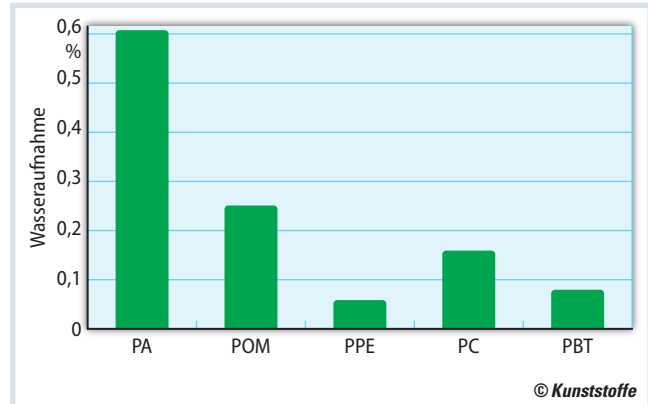


Bild 5. Da die Wasseraufnahme von PPE sehr gering ist, eignet es sich sehr gut als Blendpartner für PA. Dadurch sinkt die Wasseraufnahme des Blend gegenüber reinem PA deutlich (Quelle: Asahi Kasei)

Die hohe Formstabilität des Werkstoffs ist ein Schlüsselfaktor für die einwandfreie Funktion des Formteils. Zugute kommt dem SunForce-Schaum dabei der im Vergleich zu anderen Polymeren niedrige lineare Ausdehnungskoeffizient des mPPE. Außerdem sind die Temperatureinflüsse im Herstellungsprozess relativ

gering, was eine sehr präzise und genaue Produktgestaltung mit komplexen Strukturen ermöglicht. Aufgrund der geringen Größe der Schaumperlen ist das Formen dünner Wände bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer hohen mechanischen Festigkeit und Steifigkeit möglich. Durch diese Eigenschaften lassen sich

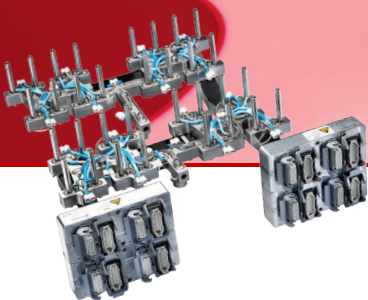
ebenfalls Funktionen umsetzen, die mit anderen Schaumstoffen nicht realisierbar sind. Das Produkt eignet sich für Anwendungen in Batteriegehäusen von Fahrzeugen, leichten Stoßdämpfern, Sandwich-Verbundkernen mit Kohlefaserverstärkung sowie für Wärmedämmwendungen. ■

LET'S TALK ABOUT PARTS

MASSHALTIGKEIT

OBERFLÄCHENQUALITÄT

REPRODUZIERBARKEIT



Beratung, Service und Heißkanaltechnologie
für Ihre prozessoptimalen Bauteilqualitäten.
Sprechen Sie mit uns.

synventive.com

Synventive
molding solutions
A business of BARNES GROUP INC