

Kabelloses Laden könnte die Reichweite von E-Autos und somit die Akzeptanz der Elektromobilität erhöhen. © Adobe Stock; Lee

Flammgeschütztes Polyamid für induktive Ladesysteme

Ohne Kabel dank passender Compounds

Elektrofahrzeuge können nicht nur an Ladestationen, sondern auch kabellos geladen werden. Dabei findet der Energieaustausch zwischen einer im Boden positionierten Induktions- und einer im E-Auto montierten Empfänger-spule statt. Damit das System zuverlässig funktioniert, müssen die Spulen vor Beschädigungen geschützt werden. Dafür eignen sich besonders glasfaserverstärkte und flammgeschützte Polyamide 66, wie das Beispiel eines serienreifen kabellosen Ladesystems zeigt.

Da die Elektromobilität immer breitere Akzeptanz findet, werden an vielen Stellen neue Ladestationen gebaut. Kabellose induktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge sind dabei eine Alternative zum herkömmlichen Laden per Kabel. Sie können dazu beitragen, Bedenken der Kunden wegen geringer Reichweiten von Elektrofahrzeugen zu zerstreuen. Zum Laden wird das Fahrzeug einfach über so genannten Charging Pads im Boden

geparkt. Taxis zum Beispiel lassen sich auf diese Weise aufladen, während die Fahrer auf Gäste warten. Werden die Systeme in breitem Umfang installiert, ermöglichen sie auch ein kabelloses Laden während der Fahrt. Die Technologie ist vor allem in Europa und China auf dem Vormarsch. Weltweit wird verschiedenen Marktforschungsinstituten zufolge für die nächsten fünf Jahre ein durchschnittliches Wachstum von über 30 % erwartet.

Kabelloses Laden basiert auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion. Fließt elektrischer Strom durch eine Spule (Primärspule), entsteht ein Magnetfeld. Dieses wiederum induziert in einer in der Nähe befindlichen zweiten Spule (Sekundärspule) einen elektrischen Strom. Auf diese Weise lässt sich elektrische Energie kontaktlos von einem Gerät auf ein anderes übertragen (**Bild 1**). Der Luftspalt zwischen beiden Spulen darf

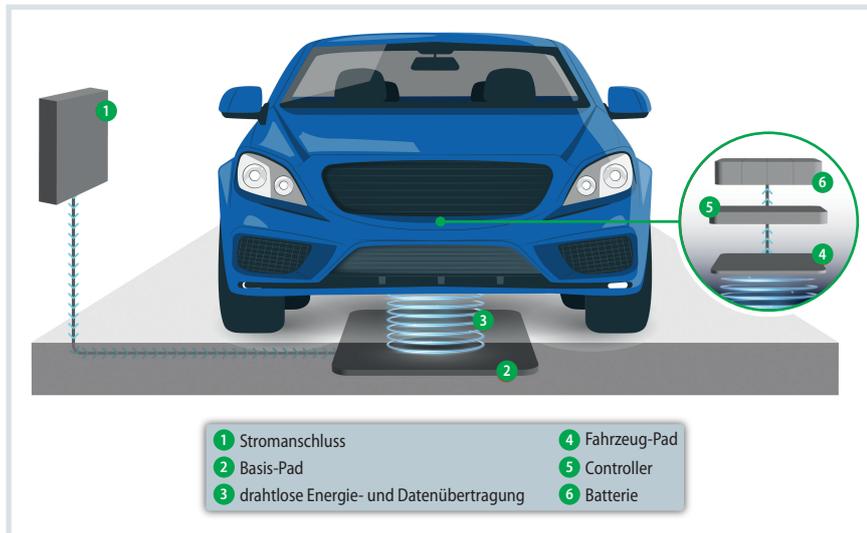


Bild 1. Funktionsprinzip von kabellosen Ladesystemen für Elektrofahrzeuge: Mit dem System lässt sich unter anderem knapper Platz etwa in Innenstädten einsparen. Quelle: RadiciGroup; Grafik: © Hanser

allerdings ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Dieser Artikel konzentriert sich auf rein statische Systeme. Bei diesen wird das Fahrzeug im Stand geladen, beispielsweise auf einem Parkplatz oder in einer Garage, wo das Ladesystem installiert ist. Die Primärspule befindet sich im Boden, während die Empfängerspule an der Fahrzeugunterseite angebracht ist. Für einen effizienten Ladevorgang müssen beide exakt zueinander positioniert sein. Die Leistungs- und Sicherheitsanforderungen für solche Systeme sind in der US-amerikanischen Norm SAE J2954 (aktualisiert 2020) und der chinesischen Norm GB/T 38775 ausführlich beschrieben.

Alternativen zu Metall

Bei der Entwicklung von Sende- und Empfängermodulen erwog der Hersteller

Shanghai Wanji Electronic Technology den Einsatz technischer Kunststoffe für einige Bauteile. Sie bieten gegenüber Metallen einige signifikante Vorteile:

- die Möglichkeit zur Herstellung komplex geformter Bauteile
- ein geringeres Gewicht und leichteres Handling der Bauteile während der Montage
- eine hohe Produktivität bei geringerem Umwelteinfluss, aufgrund des niedrigeren Energieverbrauchs bei der Verarbeitung

Um die Anforderungen hinsichtlich Steifigkeit und mechanischer Festigkeit zu erfüllen, wurde die Konstruktion unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften des gewählten Werkstoffs optimiert (Aufbau der Module in **Bild 2**). Im Fokus stehen im Folgenden die beiden Abdeckungen der Primär- sowie der Sekundärspule.

Für das Sendemodul erfordern die technischen Spezifikationen das Bestehen anspruchsvoller mechanischer Tests, gute Chemikalienbeständigkeit, flammhemmende Eigenschaften sowie leichte Verarbeitbarkeit im Spritzgießen mit sehr geringer Verzugsneigung. Die technischen Anforderungen sind im Detail:

- Überfahrtstest: Die Untersuchung simuliert, wie ein Fahrzeug mit »

Info

Text

Erico Spini ist Global Marketing Manager in der Geschäftseinheit High Performance Polymers der RadiciGroup; erico.spini@radicigroup.com

David Qi ist Business Development Manager für Südostasien in der Geschäftseinheit High Performance Polymers der RadiciGroup; david.qi@radicigroup.com

Im Profil

Shanghai Wanji Electronic Technology produziert als weltweit tätiger Tier-1-Zulieferer Produkte und Lösungen für die Automobilindustrie. Darunter sind unter anderem kabellose Ladesystemen für Elektrofahrzeuge. Mit der induktiven Ladetechnologie des Unternehmens lassen sich Elektrofahrzeuge kabellos aufladen.

Service

Weitere Informationen:

www.radicigroup.com

Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com



Bild 2. Komponenten des Sendemoduls (links) und des Empfängermoduls (rechts) des induktiven Ladesystems: Die Abdeckungen müssen die Elektronik vor Beschädigung schützen und flammhemmende Eigenschaften besitzen. © RadiciGroup

Tabelle 1. Mechanische Eigenschaften des PA 66 Radiflam A RV300HF
Quelle: RadiciGroup

Zugmodul [MPa]		Bruchspannung [MPa]		Bruchdehnung [%]	
23 °C (trocken)	23 °C (konditioniert)	23 °C (trocken)	23 °C (konditioniert)	23 °C (trocken)	23 °C (konditioniert)
10200	8800	160	120	2,8	3
Biegemodul [MPa]		Biegefestigkeit [MPa]		Charpy-Kerbschlagzähigkeit [KJ/m ²]	
23 °C (trocken)	23 °C (konditioniert)	23 °C (trocken)	23 °C (konditioniert)	-40 °C	23 °C (trocken) 23 °C (konditioniert)
10000	6500	240	160	6	10 12

Tabelle 2. Thermische Eigenschaften des PA66 Radiflam A RV300HF
Quelle: RadiciGroup

Eigenschaft	Wert
Wärmeausdehnungskoeffizient	0,2-0,7 · 10 ⁻⁴ /K
Wärmeleitfähigkeit	0,25 W/m · K
Spezifische Wärmekapazität	1700 J/kg · K

Dielektrizitätskonstante (IEC 60250)				Verlustfaktor (IEC 60250)			
bei 23 °C, 100 Hz		bei 23 °C, 1 MHz		bei 23 °C, 100 Hz		bei 23 °C, 1 MHz	
trocken	konditioniert	trocken	konditioniert	trocken	konditioniert	trocken	konditioniert
4	7,3	3,4	3,9	0,02	0,11	0,018	0,056

Tabelle 3. Elektrische Eigenschaften des PA66 Radiflam A RV300HF
Quelle: RadiciGroup

den Reifen über das Charging Pad rollt.

- Kegelfallversuch: nach IEC61439-5:2014 mit einem Kegengewicht von 5 kg, bei einer Fallhöhe von 0,4 m und einer Aufprallenergie von 20 J
- Chemikalienbeständigkeit: Einfluss eines sporadischen Kontakts mit organischen Lösungsmitteln wie Ölen auf die Produkteigenschaften und die Werkstoffintegrität
- Hydrolysebeständigkeit: Der Werkstoff des Charging Pads muss einer zweitägigen Tage Wasserlagerung widerstehen.
- Flammwidrigkeit: Brandschutzklasse UL94 V-0 in Abhängigkeit von der Wanddicke des Bauteils
- niedriger Wärmeausdehnungskoeffizient (CLTE, Coefficient of Linear Thermal Expansion)
- Zuverlässige Funktion der induktiven Übertragung
- UV-Beständigkeit
- Betriebstemperaturen: Unter normalen Bedingungen liegen die Betriebstemperaturen zwischen -40 und 55 °C. In einigen Fällen, wenn etwa Sender und Empfänger nicht korrekt zueinander positioniert sind, kann die Temperatur auf 105 °C steigen. Unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Sicherheitspuffers wurde für die strukturellen Berechnungen eine Maximaltemperatur von 125 °C angenommen.

Das Empfangsmodul musste zusätzlich dazu die folgenden Anforderungen erfüllen:

- hohe Beständigkeit gegen Schlagbelastungen, etwa durch Kontakt mit

Gegenständen, typischerweise Steinen, während der Fahrt

- erwarteter Einsatztemperaturbereich zwischen -40 und 150 °C
- leichte Verarbeitbarkeit und sehr geringe Verzugsneigung

Fließfähigkeit des Materials entscheidend

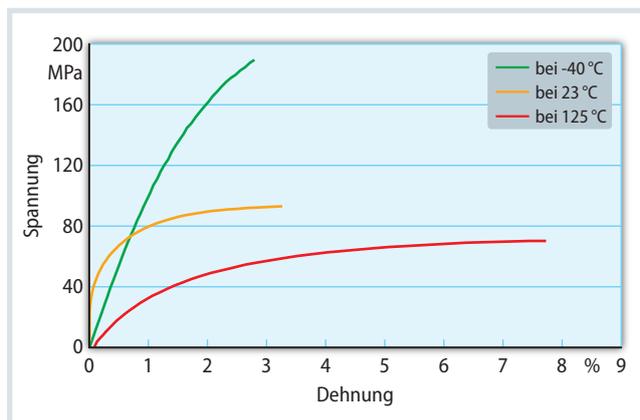
Auf Basis der genannten Werkstoffanforderungen wurden verschiedene Alternativen analysiert, darunter teilkristalline sowie amorphe Polymere. Die Wahl fiel schließlich auf teilkristalline, polyamidbasierte Compounds. Sie bieten eine höhere mechanische Festigkeit und bessere Langzeiteigenschaften, zum Beispiel eine höhere Kriechbeständigkeit, als andere betrachtete Werkstoffe. Außerdem verfügen sie über eine bessere Fließfähigkeit, was angesichts der Bauteilgröße eine sehr wichtige Eigenschaft ist, und eine sehr hohe Chemikalien- sowie gute UV-Beständigkeit.

Zwei Produkte auf Basis von Polyamid 66 (PA66) wurden erfolgreich getestet. Das erste ist nach UL94 bei 0,8 mm, das zweite bei 1,6 mm in die Klasse V-0 eingestuft. Außerdem werden derzeit Tests mit einem glasfaserverstärkten, flammgeschützten PA6 durchgeführt, das frei von Halogenen und rotem Phosphor ist und ebenfalls für diese Anwendungen in Frage kommen könnte.

Bei einem der PA66 handelt es sich um Radiflam A RV300HF von Radici-Group High Performance Polymers. Es ist mit 30 Gew.-% Glasfasern verstärkt und flammgeschützt. Der Werkstoff, der bereits in verschiedenen anderen elektrotechnischen Anwendungen zum Einsatz kommt, ist ein guter Kompromiss zwischen den zahlreichen technischen Anforderungen, und verfügt über gute mechanische Eigenschaften (**Bild 3, Tabelle 1-3**). Das Material erreicht darüber hinaus auch bei 0,75 mm die

Bild 3. Spannungs-Dehnungs-Diagramm des PA66 Radiflam A RV300HF bei verschiedenen Temperaturen: Das Material erreicht die notwendigen Werte für den Einsatz in den Lademodulen.

Quelle: RadiciGroup; Grafik: © Hanser



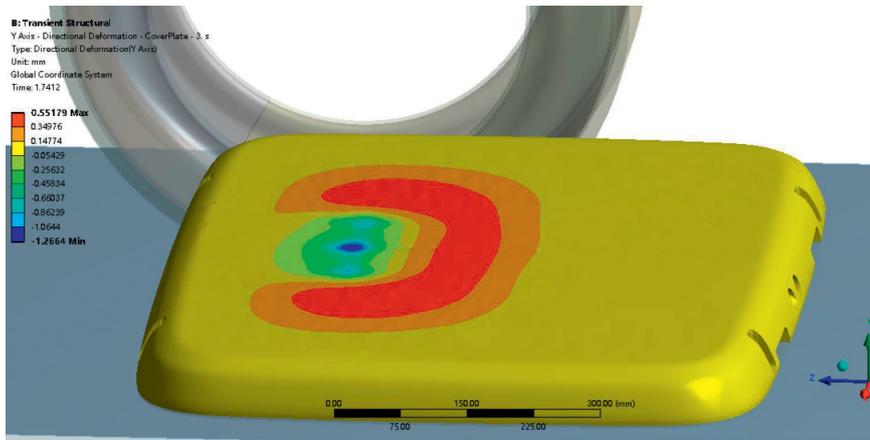


Bild 4. Verformung des Charging Pads in y-Richtung während des Überfahrtests: Um die erforderliche Leistung zu erreichen, wurden das Angussystem und die Spritzgießparameter optimiert.

© RadiciGroup

Brandschutzklasse V-0 (RTI elec: 140 °C, RTI impact: 115 °C, RTI str: 130 °C). Daher eignet sich der Werkstoff auch für den Einsatz bei hohen Temperaturen.

Unterstützung bei Simulation und Bauteilauslegung

Radici unterstützte Shanghai Wanji Electronic Technology auch bei der Bauteilauslegung für das Sende- und Empfangsmodul. Angesichts der Größe der Abdeckung des Sendemoduls wurden Füllsimulationen mit verschiedenen Anspritzpunkten durchgeführt,

um deren optimale Position zu bestimmen. Eine korrekte und gleichmäßige Füllung des Werkzeugs und die optimale Auslegung von Anguss und Angusskanal sind Voraussetzung, um die gewünschten mechanischen Eigenschaften zu erreichen und den Verzug des Bauteils zu minimieren. Ein weiterer wichtiger Test war die Simulation der Überfahrt eines Fahrzeugs über das Sendemodul. **Bild 4** zeigt die Verformung des Moduls in y-Richtung nach Optimierung der Bauteilauslegung, der Wahl des geeigneten Angussystems und der Optimierung der Spritzgießparameter.

Für das Empfangsmodul lag der Fokus auf der Unversehrtheit des Bauteils nach dem Aufprall eines 22 g schweren Steins bei einer Geschwindigkeit von 140 km/h. Um eine zuverlässige Simulation zu ermöglichen, stellte Radici ausführliche Werkstoffdaten zur Verfügung, darunter Angaben zu den Eigenschaften unter Schlagbeanspruchung bei Hochgeschwindigkeit. Nachdem die Geometrie des virtuellen Modells mehrmals modifiziert wurde, konnte der Test erfolgreich bestanden werden.

Fazit

Die Bauteile aus Radiflam A RV300HF haben alle geforderten Tests bestanden und werden mittlerweile in großen Stückzahlen gefertigt (**Bild 5**). Zur optimalen Auslegung der Komponenten war eine umfangreiche multifunktionale Analyse erforderlich. Bei dieser mussten die zahlreichen, teils im Widerspruch stehenden technischen Spezifikationen berücksichtigt werden. Ausschlaggebend für das positive Ergebnis war ebenfalls die Bereitstellung der ausführlichen Werkstoffdaten. Die Daten ermöglichten den umfangreichen Einsatz moderner Berechnungsprogramme und die Optimierung der Geometrie bereits auf der Ebene des virtuellen Modells. ■



Bild 5. Sende- und Empfangsmodul befinden sich mittlerweile in der Serienfertigung. © Shanghai Wanji Electronic Technology

Kunststoffe

News

Nichts mehr verpassen!

Mit unserem kostenlosen Info-Dienst:
www.kunststoffe.de/newsletter