

Hochleistungs-Thermoplaste für Sensoren und Aktoren im Motorraum

Hohe Zuverlässigkeit durch schonendes Kapseln

Dipl.-Ing. Laurent Zielezinski,
DuPont Deutschland GmbH, Bad Homburg

Kurzfassung

Im Kfz-Motorraum eingesetzte Sensoren und Aktoren sind heute immer höheren Temperaturen, aggressiveren Medien und erhöhten thermomechanischen Belastungen ausgesetzt. Dabei übersteigen die Anforderungen in ihrer Kombination zunehmend die Möglichkeiten, die die bislang zum Schutz und zur Fixierung dieser Bauelemente eingesetzten Kunststoffe bieten. Der Wechsel zu Werkstofftypen höherer Leistungsklassen kann in diesen Fällen kosteneffiziente Lösungen bieten. Speziell die Hochleistungspolyamide und optimierte thermoplastische Polyester verfügen über die geforderten Leistungsreserven. Anhand ausgewählter Praxisbeispiele werden innovative Lösungen aufgezeigt, und zukunftsweisende Aspekte werden diskutiert.

Abstract

Sensors and actuators in the motor compartment are subject to further increasing temperatures, more aggressive fluids and higher thermo-mechanical loads. In their combination these challenging conditions increasingly exceed the capabilities of traditional polymers used to encapsulate and -mount such components. Shifting to high performance engineering polymers can guide to cost efficient solutions. Namely high performance polyamides and taylor-made thermoplastic polyesters often provide the required reserves. This is shown by selected under-the-hood applications.

Vortrag anlässlich der
internationalen Jahrestagung
Spritzgießen 2007
14./15. Februar 2007, Baden-Baden
VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik

© VDI-K, Düsseldorf



The miracles of science™

Wachsender Markt und steigende Anforderungen

Haupteinsatzbereiche für Sensoren und Aktoren im Kfz sind das Motormanagement (zur Emissionsminderung), Sicherheit und Schutz (ESP, Fußgängerschutz usw.) sowie Komfort (Fahrerassistenzsysteme). Dabei sorgen die Gegebenheiten im Motorraum für steigende Anforderungen an die Eigenschaften und die Verarbeitbarkeit der verwendeten Kunststoffe (Bild 1). Reduzierter Einbauraum, höhere Motorleistung und Motorkapselung zur Geräuschkämpfung, dichter am Messort positionierte Sensoren zur Erhöhung der Genauigkeit bei der Signalerfassung – solche Faktoren führen insgesamt zu erhöhtem Temperatur- und Feuchteinfluss, was die Zahl der geeigneten Kunststoffe stark einschränkt. Tatsächlich wird die Performance eines Bauteils sowohl durch die Werkstoffauswahl als auch durch dessen Gestaltung, die Verarbeitungsparameter und den Werkzeugaufbau beeinflusst. Wie komplex die einzelnen Themen sind, zeigt exemplarisch die Kapselung einer Magnetspule (Bild 2).

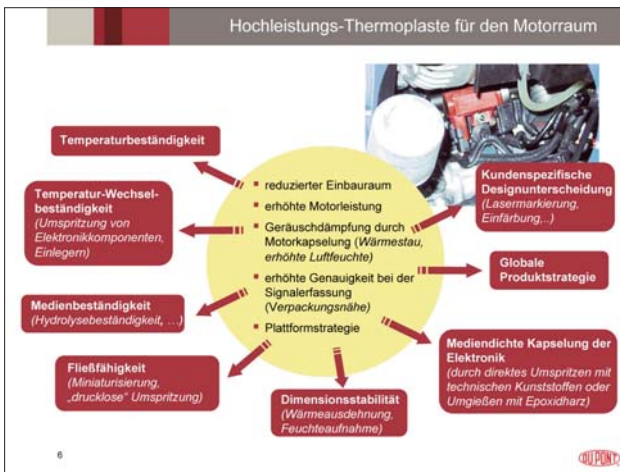


Bild 1. Steigende Anforderungen an die Werkstoffe und ihre Verarbeitung

Die Viskosität der Schmelze und die Kristallisationsgeschwindigkeit bestimmen die Fließigenschaften des Werkstoffs und ermöglichen – bei richtiger Werkstoffwahl – ein ‚druckarmes‘ Umströmen des Einlegers. Die Breite des Verarbeitungsfensters beeinflusst stark die Prozessstabilität. Eine hohe Temperaturwechsel- und Wärmealterungsbeständigkeit sowie eine geringe thermische Ausdehnung entscheiden über die Langzeit-Zuverlässigkeit des Fertigbauteils. Die Kompatibilität mit anderen Werkstoffen (Verbundhaftung bei der Umspritzung) entscheidet über die Dichtigkeit der Kapselung. Die ‚Wire-Friendliness‘ weist auf eine Optimierung des Werkstoffes hinsichtlich seiner Verarbeitbarkeit (drucklose Umspritzung) und Reinheit (langzeitige Verträglichkeit im Kontakt mit metallischen Einlegern) hin – und dies sind nur einige der zu berücksichtigenden Faktoren.



Bild 2. Vielfältige Faktoren entscheiden über den Erfolg eines Konzeptes

Breites Potenzial bei Polyamiden und thermoplastischen Polyestern

Anwendungen unter der Motorhaube sind traditionell ein Feld für die teilkristallinen technischen Thermoplaste, konkret der Polyamide vom Typ PA66 und der thermoplastischen Polyester, die DuPont unter den Handelsnamen Zytel® und Minlon® bzw. Crastin® (Polybutylenterephthalat, PBT) vertreibt. Zunehmendes Interesse finden heute noch leistungsfähigere Hochleistungskunststoffe wie teilaromatische Polyamide (z. B. Zytel® HTN) sowie Rynite® (Polyethylenterephthalat, PET) und Thermx® Polycyclohexylen-Dimethylterephthalat, PCT).

Teilaromatische Polyamide widerstehen Hitze, Chemikalien und Feuchtigkeit

Die Hauptvorteile der teilaromatischen Polyamide gegenüber den klassischen PA 66-Typen liegen in ihrer höheren Beständigkeit gegen Feuchtigkeit, hohe Temperaturen und die für den Motorraum typischen Medien wie Kraft- und Schmierstoffe. Der thermo-oxidative Abbau ist bei den teilaromatischen Polyamiden wesentlich geringer, und sie bieten eine insgesamt verbesserte Dimensionsstabilität (Bild 3).

Bestimmend für die spezifischen Eigenschaften sind die bei der Polymerisation verwendeten aromatischen Monomere, wie Isophthalsäure oder Terephthalsäure, sowie die Wahl des aliphatischen Bestandteils bei der Copolymerisation, z. B. PA 66. Zusätzlich lassen sich die Eigenschaftsparameter noch durch die Verwendung von Blends mit weiteren Polymeren beeinflussen. Je größer bei solchen Werkstoffen der aromatische Anteil, z. B. an PA 6T, im Verhältnis zum aliphatischen PA 66 ist, umso höher ist die resultierende Glasübergangstemperatur

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

Teilaromatische Polyamide ...

... eignen sich auf Grund ihrer Eigenschaftskombination für erhöhte Anforderungen unter der Motorhaube

- geringer Einfluss der Feuchtigkeit
- sehr gute Hochtemperatureigenschaften (Schmelzpunkt bis zu 310 °C)
- verbesserte chemische Beständigkeit (Motor-, Getriebeöle, Kraftstoffe, Glycole, Wasser/Wasserdampf)
- Dimensionsstabilität

11

Bild 3. Vorteilhafte Eigenschaften der teilaromatischen Polyamide

und desto geringer ist die unerwünschte Wasseraufnahme. Im Produktportfolio von DuPont erreicht der Typ Zytel® HTN 51 in beiden Punkten Spitzenwerte (Bild 4).

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

Teilaromatische Polyamide von DuPont

Höheres T_g

ZYTEL® HTN 51 (PA 6T/XT)
 ZYTEL® HTN 54 (PA 6T/XT+6T/66-I)
 ZYTEL® HTN 52 (PA6T/66)
 ZYTEL® HTN 53 (PA66+6I/6T)

PA	66
PA	6
PA	46

Höhere Feuchtigkeitsaufnahme

135 °C
 117 °C
 90 °C
 80 °C

12

Bild 4. Teilaromatische Polyamide im Vergleich

Beste Voraussetzungen für eine schonende Verarbeitung über die breite Beständigkeit hinaus stellen Sensoren und Aktoren besondere Anforderungen an das Verarbeitungsverhalten beim Kapseln. Kritische Faktoren sind

- die Schwindung des Kunststoffes und die daraus evtl. resultierenden Eigenspannungen,
- die Fließfähigkeit, die den erforderlichen Druck beim Umspritzen bestimmt,
- die Dimensionsstabilität, die über die thermomechanische Belastung des elektronischen Bauteils bei Temperaturänderungen entscheidet,
- die Qualität der Bindenähte
- die Verbundhaftung auf sich selbst und auf anderen Thermoplasten, die zum Kapseln des gleichen Bauteils verwendet werden,
- die Temperaturwechselbeständigkeit, die von der Bindenahtfestigkeit mitbestimmt wird.

Die Zytel® HTN-Typen von DuPont weisen in allen Punkten sehr gute Werte auf, unterscheiden sich jedoch untereinander hinsichtlich ihrer spezifischen Auslegung für bestimmte Anwendungsschwerpunkte.

In Bild 5 sind die Schwindungswerte eines typischen PA-66-Typs (Zytel® 70G35HSL, 35 Gew.-% GF, temperaturstabilisiert, geschmiert) denen zweier vergleichbarer Hochleistungspolyamide mit gleichem Glasfaseranteil gegenübergestellt (Zytel® HTN 53G35HSLR und 54G35HSLR). Übereinstimmend zeigt sich – sowohl spritzfrisch als auch getempert und unabhängig von den gewählten Spritzparametern – die deutliche Überlegenheit der HTN-Typen. Dabei liegen die Unterschiede zum geprüften PA 66 bei 30 %. Entsprechend schonend verläuft das Abkühlen, nachdem die Bauelemente von Sensoren und Aktoren mit diesen teilaromatischen Polyamiden umspritzt wurden.

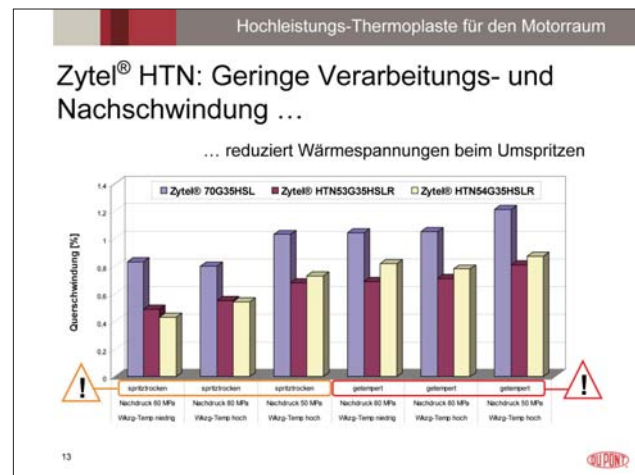


Bild 5. Vergleich der Schwindung von glasfaserverstärktem und entsprechendem teilaromatischem PA 66

Diese Vorteile bei der Schwindung kann der Verarbeiter ohne Kompromisse bezüglich des Formfüllvermögens der Zytel® HTN-Typen nutzen. Bild 6 vergleicht dazu die Resultate von Messungen der Fließfähigkeit mit der Fließspirale. Dabei werden die Ergebnisse für die geringere Wanddicke von 1 mm stärker von der Kristallisationsgeschwindigkeit des Materials bestimmt, während die Daten für 2 mm Wanddicke eher eine Aussage über die Schmelzeviskosität des Materials zulassen. Sowohl die Typen Zytel® HTN53G35HSLR als auch HTN51G35HSL erreichen die bekannt guten Werte des mit nur 30 Gew.-% Glasfasern verstärkten Vergleichsmaterials, des PA-66-Typs Zytel® 70G30HSR2. Die entsprechenden HTN54- und HTN52-Typen übertreffen das Vergleichsmaterial in allen Fällen um rund 20 %. Dadurch lassen sich die Einspritzdrücke bei der Verarbeitung dieser teilaromatischen Polyamide reduzieren und somit unzulässige Beinträchtigungen der Bauelemente vermeiden.

Die Wärmeausdehnung (und generell die Dimensionsstabilität) sind entscheidend für die mechanische Belastung der gekapselten Elektronik bei wechselnden Umgebungstemperaturen. Diese sind charakteristisch für den Motorraum und können von -40 °C beim Kaltstart im Winter bis zu über 150 °C in der Nähe des laufenden Motors reichen. Auf Grund ihrer deutlich höheren Glasübergangstemperatur weisen auch hier die teilaromatischen Polyamide – analog zur Schwindung beim Abkühlen aus der Schmelze – Vorteile im oberen Temperaturbereich auf. Wie in Bild 7 dargestellt, ist die Wärmeausdehnung von Zytel® HTN54G35HSLR bei 160 °C nur etwa halb so groß wie die des PA-66-Vergleichstyps.

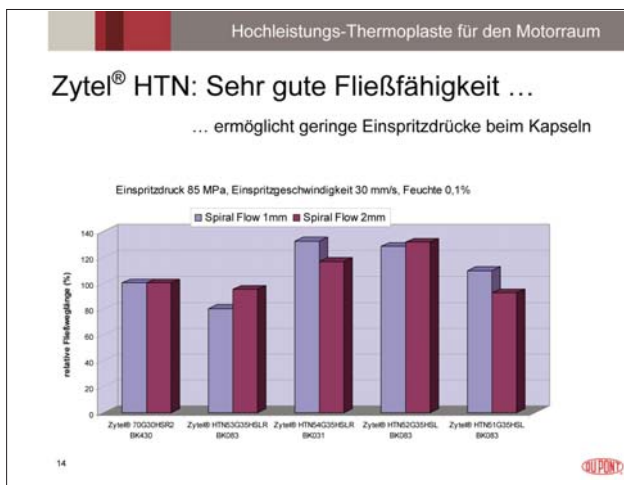


Bild 6. Vergleich der Fließeigenschaften von herkömmlichem und teilaromatischem Polyamid

Die Temperatur-Wechselbeständigkeit einer Kapselung wird maßgeblich von der Belastbarkeit der Bindenaht (Zusammenfluss geteilter Schmelzeströme) und der Verbundhaftung (beim Umspritzen) bestimmt. Die Qualitäten der Bindenähte bzw. der Verbundhaftung entscheiden über die Dichtigkeit der gesamten Ummantelung und damit die Zuverlässigkeit der gekapselten Elektronik.

Zur Prüfung der Verbundhaftung hat DuPont zwei Arten spezieller Probestäbe hergestellt, die in zwei aufeinander folgenden Zyklen gespritzt wurden. Zum einen wurde die Nahtstelle dabei praxisnah mit s. g. Anschmelzrippen ausgeführt, im anderen Fall in Form der ebenfalls häufig vorkommenden Überlappungen (Bild 8). Bei den Stoßverbindungen zeigte sich im Zugversuch bei zwei der Proben (Zytel® 70G33 und HTN51G35HSL) ein Adhäsivbruch auf hohem Kraftniveau. Die HTN-Typen 53G50HSLR und 54G35HSLR zeigten sogar das angestrebte kohäsive Bruchverhalten, bei dem das Material außerhalb der Nahtstelle versagt, was ein Zeichen für eine sehr gute Haftung beim An- und Überspritzen ist. Bei den überlappenden, auf Scherung beanspruchten

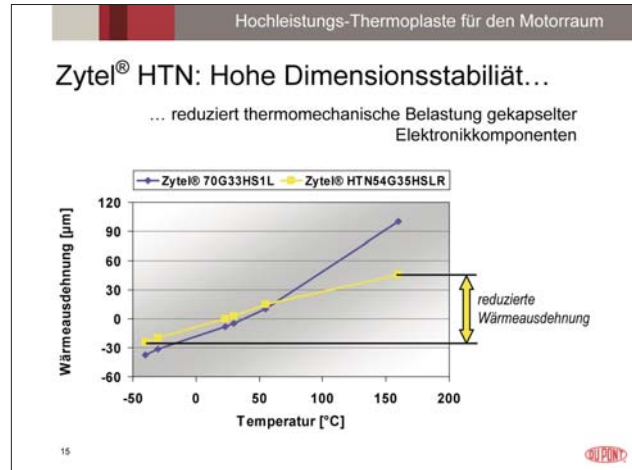


Bild 7. Vergleich der Wärmeausdehnung von herkömmlichem und teilaromatischem Polyamid

Grenzflächen zeigten alle drei geprüften teilaromatischen Polyamide ein deutlich besseres Ergebnis, bei dem bis zu sechs mal so hohe Zugkräfte ertragen wurden wie bei PA66.

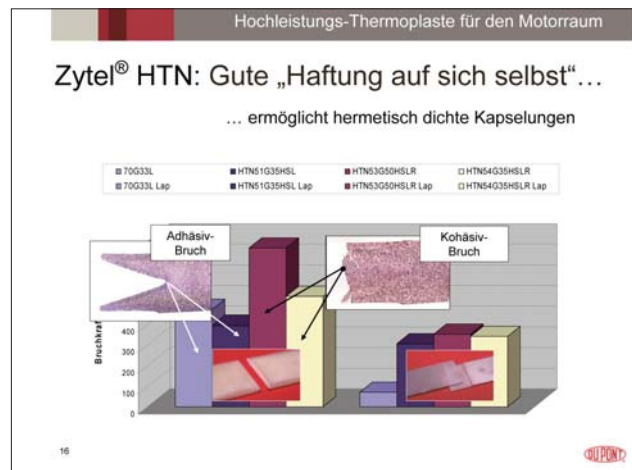


Bild 8. Vergleich der „Haftung auf sich selbst“ im Stumpf- und Überlappstoß

Zur Beurteilung der aus dem Zusammenfluss zweier Schmelzeströme resultierenden Bindenähte wurden die Zugstäbe in einem Zyklus von zwei Seiten angespritzt und dann im Zugversuch geprüft. Die in Bild 9 zusammengestellten Ergebnisse zeigen, dass die geprüften teilaromatischen Polyamide zwar nicht die bekannte gute Bindenahtfestigkeit der PA-66-Typen erreicht, dass aber die Einbußen bei der Zugfestigkeit und Reißdehnung speziell bei den hoch gefüllten Zytel-HTN53er- und HTN54er-Typen gering sind.

Teilaromatische Polyamide in der Praxis bewährt

Das ausgezeichnete Eigenschaftsprofil der teilaromatischen Polyamide bestätigt sich bei der Herstellung einer Vielzahl praxisbewährter Anwendungen (Bild 10).

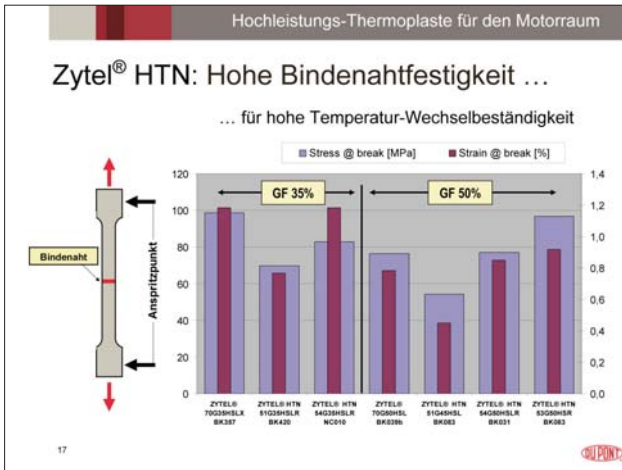


Bild 9. Vergleich der Bindenahtfestigkeiten in Abhängigkeit von Glasfasergehalt und PA-Typ

Siemens VDO (A) verwendet ein Zytel® HTN der 54er Serie zum Kapseln von Motordrehzahlsensoren. Das teilaromatische Polyamid bietet trotz 35 Gew.-% Glasfaserverstärkung eine gutes Formfüllvermögen und ermöglicht dadurch ein schonendes Vorgehen, es sorgt für hohe Temperaturwechselfestigkeit, geringe Kriechneigung sowie geringe Wärmeausdehnung zur Sicherung einer mediendichten Umspritzung, und es erlaubt den Einsatz eines kostengünstigen wassertemperierten Werkzeugs.

Valeo (B) setzt ein Zytel® HTN der 54er Serie für ein Elektromagnetventil im Bereich der Abgasrückführung ein. Hier war eine erhöhte Glasfaserstärkung möglich, weil ein robusteres Metallteil umspritzt wird, aber auch erforderlich, um die Wärmeausdehnung und damit das Auftreten thermomechanischer Spannungen so gering wie möglich zu halten und um die erforderliche Steifigkeit auch bei den hohen Abgastemperaturen zu sichern. Woco (C) fertigt die Gehäuse und Komponenten eines Ventilblocks aus einem Zytel® HTN der 53er Serie und sichert damit trotz der hohen Umgebungstemperaturen eine geringe Werkstoffschwindung, hohe Dimensionsstabilität und Verzugsarmut, den Erhalt der mechanischen Eigenschaften und die Dichtigkeit der Kapselung.

PA 612 für ‚Soft Fill‘-Anforderungen

Der Polyamidtyp Zytel® 612 ist ein Spezialist, wenn es darum geht, elektronische Komponenten beim Kapseln nur minimal zu belasten und ein Standardwerkstoff für das Umspritzen empfindlicher Sensoren. Seine spezifischen Vorteile liegen in der äußerst geringen Wasseraufnahme, die mit nur 0,16 % (GF33, 24 h Einwirkung) deutlich unter der von PA 66 (0,7 %) und ebenso unter der teilaromatischer Polyamide liegt. Sie sorgt für eine besonders hohe Dimensionsstabilität und einen sehr



Bild 10. Anwendungen von Zytel® HTN im Motorraum

guten Erhalt der mechanischen Eigenschaften. Dazu kommt die sehr hohe Beständigkeit gegen Chemikalien wie das in Asien als Streusalz eingesetzte CaCl₂ oder die aggressiven Blow-by-Gase.

Entscheidend ist neben der hohen Dimensionsstabilität auch das außerordentlich gute Formfüllverhalten. Der Schmelzpunkt liegt mit 217 °C zwar deutlich unter der von PA 66 (262 °C), aber das sehr breite Verarbeitungsfenster erlaubt das Aufheizen der Schmelze bis auf rund 80 °C über dem Schmelzpunkt. Dadurch ergibt sich eine sehr geringe Viskosität. Außerdem ist die Kristallisationsgeschwindigkeit sehr niedrig (langsames Einfrieren der Fließfront), so dass auch mit glasfaserverstärkten Typen von PA 612 sehr lange Fließwege in sehr engen Kavitäten erreicht werden können (Bild 11). Dies bedeutet, dass sich einerseits hochfeste Teile mit extrem geringen Wanddicken herstellen lassen, wenn Platzbedarf eine kritische Größe ist, oder dass sich besonders zuverlässige Kapselungen mit geringem Einspritzdruck und damit sehr schonend für die Elektronik realisieren lassen („Soft Fill“).

Die Verarbeitbarkeit bei Temperaturen hoch über dem Schmelzpunkt unterstützt außerdem auch die Ausbildung hoch belastbarer Nahtstellen (hohe Haftung auf sich selbst), wenn Kapselungen beispielsweise auf zuvor hergestellte und entsprechend vorbereitete Kappen usw. aufgespritzt werden. Ein wichtiges Prüfkriterium für die Qualität der erreichten Verbindung ist das Verhalten bei der Dichtigkeitsprüfung im Wasserbad (Bild 12).

Ein aktuelles Anwendungsbeispiel für Zytel® PA612 ist der in Bild 13 gezeigte Raddrehzahlsensor. Auswahlkriterien waren die Dichtigkeit nach dem Umspritzen, die Fließfähigkeit der Schmelze, die Medienbeständigkeit, die Dimensionsstabilität, die geringe Feuchteaufnahme und die Temperaturwechselfestigkeit.

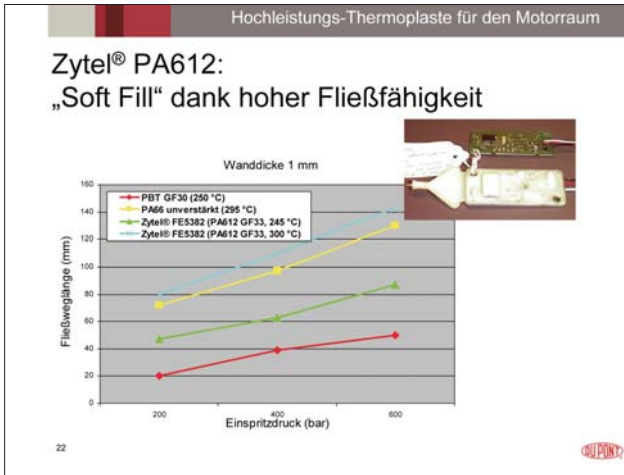


Bild 11. Fließfähigkeiten unterschiedlicher technischer Kunststoffe in Abhängigkeit von Schmelzetemperatur und Einspritzdruck

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

Zytel® PA612: Anwendung

PA612 für:

- Verbunddichtheit beim Umspritzen
- sehr hohe Fließfähigkeit
- hohe Medienbeständigkeit (Hydrolyse, CaCl₂)
- hohe Dimensionsstabilität
- geringere Feuchtaufnahme (Eigenschaftserhalt, Schutz)
- Temperaturwechselfestigkeit

24

Bild 13. Anwendung von Zytel® PA 612 im Radkastenbereich

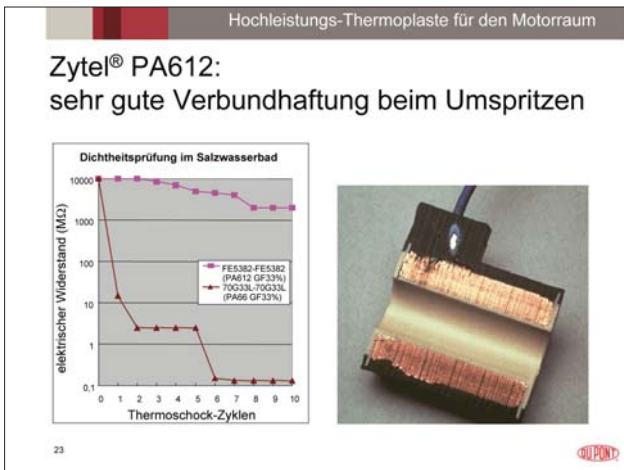


Bild 12. Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfung an gekapselten Bauelementen

„Wire Friendly“ optimierte Typen in allen Zytel® Familien

Als ‚Wire Friendly‘ werden diejenigen PA-Typen bezeichnet, die während der Verarbeitung und des Einsatzes nur minimale Einwirkungen auf die Elektro- und Elektronikkomponenten ausüben, also ‚soft fill‘ mit weiteren Eigenschaften verbinden. Solche Typen verursachen dank ihres guten Fließverhaltens beim Umspritzen nur geringe mechanische Kräfte auf den Einleger. Auch langfristig führen sie nicht zu chemischen Veränderungen des Metalls (Korrosion), und sie können – je nach ausgewähltem Basiswerkstoff – so dimensionsstabil sein, dass sie auch in aggressiven chemischen Umgebungen ihre Geometrie innerhalb enger Toleranzen behalten. Dadurch lassen sich innere Spannungen im Kunststoff vermeiden, die die Elektronik beschädigen könnten. DuPont bietet in allen Zytel® PA-Familien entsprechend optimierte Typen an (Bild 14).

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

Zytel® „Wire Friendly“ ...

... für korrosionsfreien Kontakt zwischen Kunststoffen und Metalleinlegern und eine druckärmere Umspritzung

Die richtige Werkstoffauswahl ...

„STANDARD“	Zytel® FE5555 BK275	PA 66, 35 Gew.-% GF, org. HS
„SOFT FILL“	Zytel® FE5382 BK276	PA 612, 33 Gew.-% GF, org. HS
„HIGH TEMPERATURE“	Zytel® HTN FE250035 BK420	PPA, 35 Gew.-% GF, org. HS

25

Bild 14. ‚Wire Friendly‘ optimierte PA-Typen von DuPont

Hydrolysestabilisiertes PBT widersteht der Feuchtigkeit

Wo Feuchteinflüsse gravierend und extreme Anforderungen an die Dimensionsstabilität entscheidend sind – beispielsweise bei der Kapselung von Sensoren und Aktoren, die in der Enge des Motorraumes untergebracht werden – kann hydrolysestabilisiertes, glasfaserverstärktes Polybutylenterephthalat (PBT) eine Lösung bieten. Crastin® PBT HR von DuPont ist ein solches Material, das diese Anforderungen erfüllt und extreme Hydrolysebeständigkeit (verglichen mit Standard-PBT) mit zugleich hoher Fließfähigkeit kombiniert (Bild 15, 16). Bei DuPont intern durchgeführte Versuche an speziellen Prüfkörpern ergaben zudem eine drei mal so hohe Temperaturwechselfestigkeit (Anzahl der Thermozyklen bis zum Nachweis erster Risse) für das hydrolysestabilisierte Crastin® im Vergleich zum entsprechenden Standardtyp (Bild 17). Bild 18 zeigt als Beispiel für eine typische Anwendung ein Gehäuseteil für einen Sensor, der im Bereich der Frontscheinwerfer eingesetzt wird.

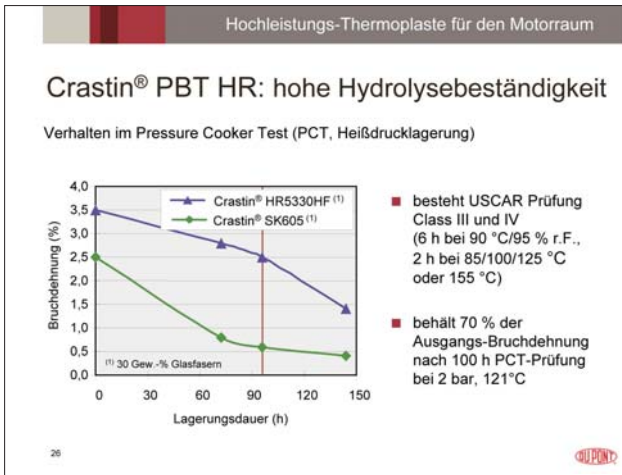


Bild 15. Hydrolysebeständigkeit unterschiedlicher Crastin® PBT-Typen

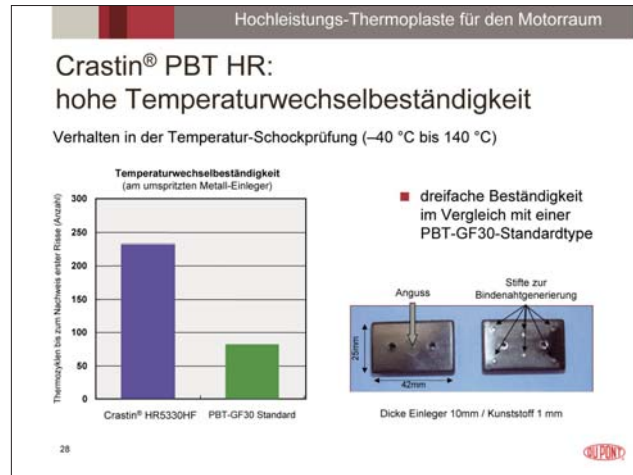


Bild 17. Temperaturwechselbeständigkeit unterschiedlicher PBT-Typen

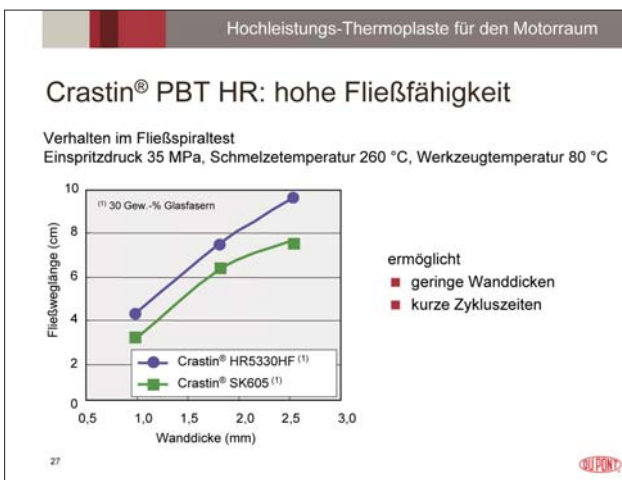


Bild 16. Fließfähigkeit unterschiedlicher Crastin® PBT-Typen



Bild 18. Anwendung eines Crastin® HR-Typs im Motorraum

Für das Laserschweißen geeignet

Moderne Fügetechniken können Fertigungskosten nachhaltig senken. Derzeit erobert sich das Laser-Durchstrahlschweißen zunehmenden Raum bei der Herstellung von Elektro- und Elektronik-Komponenten für den Motorraum. Es ist ein kostengünstiges, weil hoch automatisierbares Montageverfahren mit kurzen Zykluszeiten, und zudem bietet es die Möglichkeit, hermetisch dichte Verbindungen herzustellen, die auf einen sehr eng begrenzten, exakt definierten Raum beschränkt sind, wobei die Umgebung (d. h. die zu kapselnde Elektronik) weder thermisch noch mechanisch wie bei herkömmlichen Schweißverfahren belastet wird. Die resultierenden Schweißnähte sind „sauber“, d. h. ohne Wulst oder Austrieb, und die Qualität der Nähte lässt sich sehr leicht (in-line) durch Überwachung des Schweißvorgangs prüfen. Die Hochleistungsthermoplaste Zytel® HTN, Zytel® PA612 und Crastin® PBT von DuPont eignen sich generell sehr für das Laserschweißen, wobei die tat-

sächlich erzielbare mechanische Festigkeit von der Werkstoffpaarung abhängt (Bild 19).

Eine millionenfach bewährte Praxisanwendung des Laser-Durchstrahlschweißens ist der elektropneumatische Druckwandler von Pierburg, bei dem der Deckel aus lasertransparentem Zytel® PA66 und der Spulenkörper aus einer Laser absorbierenden Type des gleichen Materials hergestellt ist (Bild 20). Zur anwendungsspezifischen Unterscheidung sind beide Einzelteile in unterschiedlichen Kombinationen eingefärbt.

Partnerschaft steigert Kompetenz

Die Wechselwirkungen zwischen der Funktion hoch sensibler elektronischer Bauteile wie Sensoren und Aktoren, der Art der Kapselung und der dafür verwendeten Werkstoffe sind äußerst komplex. Die Entscheidung für den Einsatz eines bestimmten Thermoplasten überfordert deshalb in der Regel sowohl den Hersteller als auch den

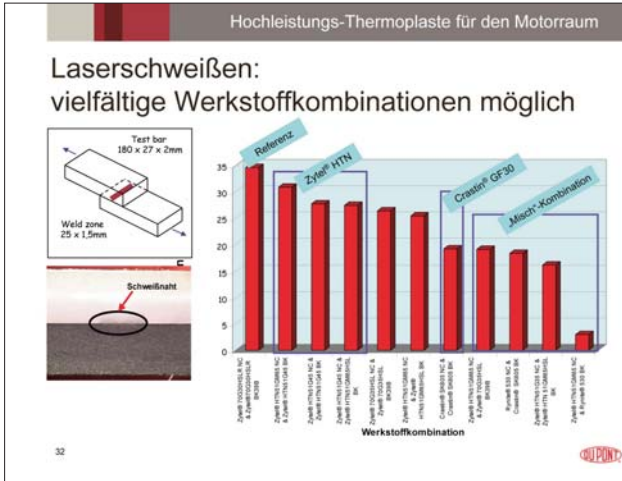


Bild 19. Werkstoffauswahl für das Laser-Durchstrahl-schweißen

Rohstoffherzeuger allein. Erst die partnerschaftliche Zusammenarbeit dieser beiden und die Einbeziehung des Verarbeiters ergibt die notwendige Kompetenz für erfolgreiche Neu- und Weiterentwicklungen.

DuPont bringt in solche Kooperationen seine breite Erfahrung im Einsatz von Hochleistungskunststoffen in der Automobil- und der E+E-Industrie sowie die umfangreichen technologischen Ressourcen eines wissenschaftsbasierten Unternehmens ein. Dazu gehören die Fertigung und Prüfung spezieller Probekörper für die 2K-Technik und das Umspritzen (Bild 21), die Entwicklung und Validierung spezifischer Werkstoffpaarungen für das Laserschweißen in enger Zusammenarbeit mit einem erfahrenen Anlagenbauer sowie der Zugriff auf Rechnerkapazitäten und aktuelle Software für die Bauteilauslegung und Belastungssimulation mit Hilfe von CA-Technologien. Je früher eine solche interdisziplinäre Zusammenarbeit beginnt, desto kürzer kann der Weg von der Idee zur Kommerzialisierung sein.

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

Laserschweißen: Anwendung

Deckel:
Zytel® PA66 LT 70G35HSL

Spulenkörper:
Zytel® PA66 LA 70G35HSL

kosteneffizient und zuverlässig

Werkstoffe (Zytel® LA, LT) und Prozess aufeinander abgestimmt

konstant hohe Qualität, automatisiert und kurze Zykluszeiten

Elektropneumatischer Druckwandler (EPW)
(mit freundlicher Genehmigung von Pierburg GmbH)

33

Bild 20. Anwendungsbeispiel für das Laser-Durchstrahl-schweißen

Hochleistungs-Thermoplaste für den Motorraum

DuPont – Ihr Entwicklungspartner

2K-Zugstab:
„Hart-Hart“- und „Hart-Weich“-Kombination

2K-Peeling-Werkzeug:
„Hart-Weich“-Kombination

2K-Gehäusedeckel:
„Hart-Weich“-Kombination, z.B. zur Überprüfung und Validierung von Dichtungskonzepten
Langzeit-Dichtheitsprüfung


Umspritzen:
Stumpfstoß, Überlappstoß
„Hart-Hart“- und „Hart-Weich“-Kombination

Temperaturwechselprüfung
-40 bis +150 °C (Motorraum)

35

Bild 21. Spezial-Prüfverfahren für Werkstoffe zum Kap-seln von Sensoren und Aktoren

Das DuPont Oval, DuPont™, The miracles of science™ und Produktnamen mit der Kennzeichnung ® sind markenrechtlich geschützt für DuPont oder eine ihrer Konzerngesellschaften.



The data listed here fall within the normal range of properties, but they should not be used to establish specification limits nor used alone as the basis of design. The DuPont Company assumes no obligations or liability for any advice furnished or for any results obtained with respect to this information. All such advice is given and accepted at the buyer's risk. The disclosure of information herein is not a license to operate under, or a recommendation to infringe, any patent of DuPont or others. Since DuPont cannot anticipate all variations in actual end-use conditions, DuPont makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information.

CAUTION: Do not use in medical applications involving implantation in the human body. For other medical applications, see "DuPont Medical Caution Statement," H-50102.

Copyright © 2006 E.I. du Pont de Nemours and Company. The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™, Tyvek®, Corian®, Teflon®, Kevlar®, Zenite®, Zytel®, Thermx®, Rynite®, Crastin®, Delrin®, Hytrel®, DuPont™ ETPV and Minlon® are registered trademarks or trademarks of DuPont or its affiliates. All rights reserved.