

Polymere Nanotechnologie Nanotechnology of polymers

Nanokomposite

Neue Polymermaterialien

Nanokomposite stellen eine neue Materialklasse im Kunststoffsektor dar, und sie werden Materialinnovationen in Zukunft entscheidend beeinflussen. Neue Eigenschaften und Funktionalitäten dieser Materialien werden dabei vor allem aus der Nanoskaligkeit der bzw. einer der Materialkomponenten generiert. Der hohe Oberflächenanteil von zur Wechselwirkung fähigen funktionellen Gruppen oder Atomen im Vergleich zum Volumen der Partikel oder Fasern bedingt, dass bei nanometrischen Materialien signifikante Effekte bereits bei geringen Konzentrationen beobachtet werden. Der erwartete breite Einstieg wird durch die Vielzahl der geeigneten Matrixpolymeren unterstützt. Nanokompositentwicklungen sind für die Mehrzahl technischer Kunststoffe bereits eingeleitet.

Im Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP werden vor allem Nanokomposite auf Basis von Heterokettenpolymeren wie Polyestern, Polyamiden und Polyimiden, mit Schichtsilikaten und Schichthydroxiden untersucht. Diese Polymere unterstützen infolge ihrer chemischen Struktur mit polaren Kettenverknüpfungen die Exfoliation der interkalierten Nanofüllstoffe. Teilaromatische Polyester wie PET, PPT und PBT sowie Polycaprolactam (PA 6) und ein thermoplastisch verarbeitbares Polyetherimid (ULTEM 1000) sind unter verschiedenartigen, applikationsrelevanten Aspekten als Matrixkunststoffe in diese Nanokompositentwicklungen des IAP integriert. Für die Polyester sind vor allem Verbesserungen der Barriereigenschaften gegenüber CO₂ bzw. O₂ (PET) sowie Erhöhung von Zug- und Biegefestigkeit sowie Wärmeformbeständigkeit (PBT, PPT) vorrangige Entwicklungsziele. Für Polyamide und Polyimide werden durch Additivierung mit Nanopartikeln ebenfalls Optimierungen mechanischer und thermischer Materialeigenschaften angestrebt.

Herstellung

Für die Herstellung polymerbasierter Nanokomposite finden im IAP sowohl nichtreaktive Compoundierprozesse (Ex-situ-Verfahren), als auch Verfahren mit Integration von Polymermatrix- bzw. Nanopartikelbildung (In-situ-Verfahren) Anwendung. Für die Schmelzeinterkalation stehen leistungsfähige Zweisechneckenextruder zur Verfügung, die durch Optimierung der Prozessparameter (Verweilzeit, Temperaturregime, Inertgasatmosphäre, Vakuum) sowie des Schneckendesigns ideal an die einzelnen Materialsysteme angepasst werden können.

Für In-situ-Prozesse steht die Abstimmung zwischen der Reaktivität von Katalysatoren bzw. Aktivatoren sowie den strukturellen Besonderheiten nanoskaliger Füllstoffe im Mittelpunkt. Einen Schwerpunkt aller FuE-Aktivitäten bilden Arbeiten zur Modifizierung der Schichtsilikate und Schichthydroxide, um deren Interkalation und Exfoliation zu erleichtern. Für technische Kunststoffe mit ihren hohen Schmelztemperaturen als Matrices werden vor allem thermisch stabilere organische Modifizierungskomponenten für die Herstellung geeigneter Organo-Clay's benötigt.

Analytik

Charakterisierung modifizierter Füllstoffe

- Ionenaustausch
- Schichtabstand
- Feuchtigkeitsgehalt
- Thermische Stabilität (Einfluss der anorganischen Komponente)

Untersuchung der Compounds

- Einfluss der Prozessparameter auf das Eigenschaftsprofil
- Effektiver Füllstoffgehalt (anorganische Komponente)
- Thermisches Verhalten und Stabilität (DSC, TGA)
- Rheologische Untersuchungen der Kompositenschmelzen
- Detektion der Partikelverteilung in der Polymermatrix
- Kristallinitätsgrade
- Mechanische Eigenschaften (Festigkeiten, Moduln, Dehnung, Zähigkeiten)
- Wärmeformbeständigkeit
- Struktur-Eigenschafts-Beziehungen
- Optimierung zur thermoplastischen Verarbeitung

Nanocomposites

New polymer materials

Nanocomposites are a new material class in the plastics sector, which will have a crucial influence on material innovations in the future. With these materials new properties and functionalities are generated mainly by nanoscaling the (or one of the) material component(s). The high surface content of functional groups or atoms capable of interaction in comparison with the volume of the particles or fibers means that significant effects are observed with nanometric materials, even at low concentrations. The expected wide market penetration of these materials will be assisted by the many suitable matrix polymers. Nanocomposite developments have already been introduced for the majority of engineering plastics.

At the IAP, we are particularly studying nanocomposites based on heterochain polymers, such as polyesters, polyamides and polyimides, combined with layered silicates and layered hydroxides. These polymers assist the exfoliation of intercalated nanofillers because of their particular chemical structure with polar chain links. Partially aromatic polyesters, such as PET, PPT and PBT, as well as polycaprolactam (PA 6) and a melt-processable polyetherimide (ULTEM 1000) are being integrated as matrix plastics into these nanocomposite developments by the IAP to achieve various application-relevant improvements. For polyesters, the main development goals are to improve barrier properties against CO₂ and O₂ (PET) and increase tensile and flexural strength and heat resistance (PBT, PPT). For polyamides and polyimides, the aim is also to optimize mechanical and thermal material properties by adding nanoparticles.

Preparation

To produce polymer-based nanocomposites, the IAP uses both non-reactive compounding processes (ex situ process) and processes that integrate polymer matrix or nanoparticle formation (in situ process). The conditions for melt intercalation by using twin-screw extruders are adaptable to different material combinations by optimization of residence time, temperature, inert gas, vacuum and screw-design.

In the case of in situ preparation of nanocomposites supported by RIM-processes the interactions between sensitive co-reactants and fillers can be tuned.

A focal point of all R&D activities is the modification of layered silicates and layered hydroxides to facilitate their intercalation and exfoliation. To use engineering plastics with their high melting temperatures as matrices, more thermally stable organic modifying components are required for the production of suitable organoclays.

Analytics

Characterization of modified layered fillers

- Ion exchange
- Distance of the layers
- Degree of wetness
- Thermal stability (influence of the inorganic filler)

Characterization of the compounds

- Effective content of inorganic filler in the composites
- Thermal properties (DSC, TGA)
- Rheological investigation
- Detection of particle distribution in the matrix (TEM)
- Degree of crystallinity, structure of the crystals (X-ray)
- Stress-strain-investigation
- Thermostability
- Deflagrability

Polymersynthesen

- Polykondensation in Lösung und Schmelze (linearkettig und Netzwerkpolymere)
- Synthese von Polymeren durch Polyaddition
- Synthese statistischer und nichtstatischer Heterokettencopolymere
- Polymersynthesen und Polymermodifizierungen durch Reaktivextrusionsprozesse

Compoundierung

- Faserverstärkte und gefüllte Kompositmaterialien
- Nanokomposite durch Ex-situ- und In-situ-Verfahren
- Biokomposite

Thermoplastische Verformung

- Extrusion
- Spritzguss
- Thermopressen
- Folienextrusion

Polymer Synthesis

- Polycondensation (linear-chain polymers and network polymers)
- Synthesis of polymers by polyaddition
- Synthesis of random and nonrandom heterochain copolymers
- Synthesis and modification of polymers by reactive extrusion processes
- Optimization of technical polymer synthesis processes (melt condensation, mass polymerization)
- Basic design of methods for the production of heterochain polymers

Compounding

- Fiber reinforced and filled composite materials
- Nanocomposites by ex situ and in situ processes
- Biocomposites

Thermoplastic processing

- Extrusion
- Injection molding
- Thermo molding
- Film extrusion

Ihr Ansprechpartner

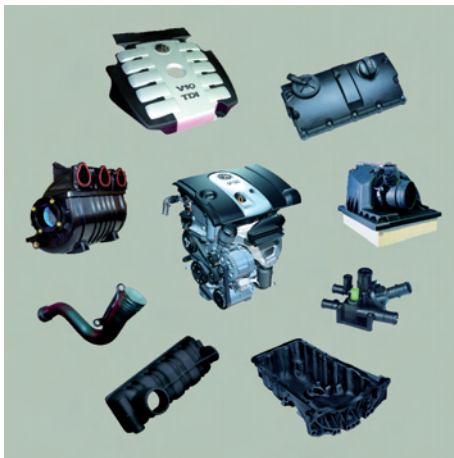
Fraunhofer-Institut
für Angewandte Polymerforschung IAP
Geiselbergstraße 69
Wissenschaftspark Golm
14476 Potsdam

Telefon: +49 (0) 3 31 / 5 68-10
Fax: +49 (0) 3 31 / 5 68-30 00
E-mail: info@iap.fraunhofer.de
Internet: www.iap.fraunhofer.de



Dr. Gunnar Engelmann

Telefon: +49 (0) 3 31 / 5 68-12 10
Fax: +49 (0) 3 31 / 5 68-30 00
gunnar.engelmann@iap.fraunhofer.de



Bildverzeichnis

Seite 1
Exfolierte Schichtsilikate in einer Polymermatrix.

Seite 4
Mögliche Anwendung von Gusspolyamid 6
im Automobilssektor.
© rapid product manufacturing GmbH

Image catalog

Page 1
Exfolated layer-structured silicates
in a polymer matrix.

Page 4
Possible application of cast polyamide 6
in automobile industry.
© rapid product manufacturing GmbH