

Beim Einfärben von Hochleistungskunststoffen kommt es sehr stark auf das verwendete Farbmittel an.

## Einfärben von Hochleistungskunststoffen

# Farbe für die Spitze der Polymerpyramide

Hochleistungskunststoffe sind Standard- und technischen Kunststoffen in vielen Bereichen überlegen. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften werden sie bereits in verschiedenen Industriezweigen eingesetzt und die Anzahl der Anwendungen wächst. Das Einfärben dieser Polymere ist jedoch häufig mit Schwierigkeiten verbunden.

ochleistungskunststoffe werden zumeist verwendet, wenn die Anforderungen an die Temperatur- und chemische Beständigkeit von Bauteilen sehr hoch oder diese hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Die Werkstoffgruppe zeichnet sich außerdem durch eine deutlich höhere Dauergebrauchstemperatur von in der Regel über 150 °C aus. Hochleistungskunststoffe bilden mit Verarbeitungstemperaturen von bis zu 420 °C die Spitze der Thermoplastpyramide (**Bild 1**).

Es existieren sowohl teilkristalline als auch amorphe Hochleistungskunststoffe. Zu den teilkristallinen zählen unter anderem Polyetheretherketon (PEEK) und Polyphenylensulfid (PPS), zu den amorphen beispielsweise Polyetherimid (PEI), Polysulfon (PSU) und weitere Polysulfone wie Polyethersulfon (PES) und Polyphenylensulfon (PPSU). Verwendet werden die Materialien in vielen verschiedenen Branchen, insbesondere im Automobilbereich, der Medizintechnik, der Luftund Raumfahrtindustrie sowie im Anlagenbau.

In der Automobilindustrie kommen im Zuge der Mobilitätswende immer häufiger rein elektrische Antriebe zum Einsatz. Damit die beispielsweise beim Ladevorgang benötigten hohen elektrischen Leistungen transportiert werden können, nutzen Elektrofahrzeuge 400oder 800-V-Bordnetze. Sogenannte High-Power-Charger liefern häufig Ströme von bis zu 500 A. Bei 400 V ist theoretisch eine maximale Ladeleistung von 200 kW möglich. Bei einem Kabel mit einem Querschnitt von 50 mm² beträgt der Verlust in Form von Wärme ca. 85 W pro Meter Leitung. Die hohen Temperaturbelastungen an Kabeln und Steckverbindern erfordern deshalb geeignete Materialien.

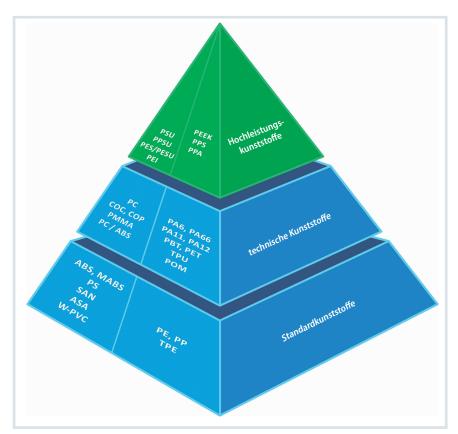
## Hochleistungskunststoffe ermöglichen Mehrwegprodukte

In der Medizintechnik können durch die gute thermische und chemische Beständigkeit von Hochleistungskunststoffen Mehrwegprodukte hergestellt werden, die sich im Autoklaven per Wasserdampf mit einer Temperatur von 134 °C sterilisieren lassen. Die Materialien tragen damit zur Reduzierung der Abfallmengen bei und erhöhen auf diese Weise die Nachhaltigkeit von Produkten.

In der Luft- und Raumfahrtindustrie sind Hochleistungspolymere insbesondere wegen ihrer hohen mechanischen Belastbarkeit sehr gefragt. In Chemieanlagen spielen sie wegen ihrer hohen Beständigkeit gegenüber aggressiven Chemikalien eine wichtige Rolle.

### Möglichkeiten und Grenzen beim Veredeln von Kunststoffen

Hochleistungskunststoffe weisen jedoch auch einige Nachteile auf. Sie sind teuer und bereiten beim Einfärben häufig Schwierigkeiten. Für das Einfärben und Funktionalisieren von Kunststoffen haben sich Farb- und Additivkonzentrate, sogenannte Masterbatches, in den letzten 60 Jahren einen festen Stellenwert in der Kunststoffverarbeitung erobert (Bild 2). Kleinere Losgrößen sowie die Flexibilisierung der Fertigung



**Bild 1.** Thermoplastische Kunststoffe lassen sich sehr gut in der sogenannten Polymerpyramide darstellen. Die breite Basis bilden Standpolymere, die häufig für Verpackungen verwendet werden. Die mittlere Ebene besteht aus technischen Kunststoffen wie zum Beispiel Polyamiden (PA) oder Polycarbonat (PC). Die Spitze bilden Hochleistungskunststoffe mit Verarbeitungstemperaturen von bis zu 420 °C. © Treffert

und der Rückzug der Polymerhersteller aus individualisierten Lösungen für den Verarbeiter haben diese Entwicklung zusätzlich verstärkt. Für Standardthermoplaste stehen vielfältige Trägersysteme, Additive und Farbmittel zur Verfügung, die eine individuelle Anpassung des Produkts an die Kundenanforderungen ermöglichen. Die Produktempfehlungen der Rohstofflieferanten für Additive und Farbmittel sind in diesem Bereich sehr umfangreich und ergänzen die langjährigen Erfahrungen der Masterbatch-Hersteller.

Bei den technischen Kunststoffen sieht die Situation jedoch bereits anders aus. Jede Materialtype kann aufgrund der bereits enthaltenen Verarbeitungsstabilisatoren sowie der Reaktivität des Polymers in der Schmelze einen negativen Einfluss auf Farbmittel und Additive haben. Bei diesen Materialien sind die Expertise des Masterbatch-Herstellers und die vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Kunde und Lieferant der Schlüssel zum Erfolg. Bei

Hochleistungskunststoffen verstärkt sich das noch einmal. Wenn der gewünschte Farbton über ein Beige, Grau oder Braun hinausgehen soll, bedarf es genauer Kenntnisse über die Eignung der Farbmittel im jeweiligen Polymer (Bild 3). Ein erstes Indiz für die Eignung ist die vom Lieferanten des Farbmittels angegebene Temperaturbeständigkeit. In der Regel liegen jedoch lediglich Informationen für Standard- und technische Kunststoffe vor.

#### Umfangreiche Prüfungen notwendig

Daher müssen Masterbatch-Hersteller umfangreiche Analysen durchführen. Bei einer Prüfung nach DIN EN 12877-2 Verfahren A wird etwa auf einer Spritzgießmaschine das zu prüfende Farbmittel mit dem entsprechenden Kunststoff bei einer Verweilzeit von fünf Minuten verarbeitet (**Bild 4**). Die Temperatur wird dabei schrittweise um 10 °C erhöht, bis die Endtemperatur erreicht ist oder sich das Farbmittel zersetzt hat. Die Tempera-

turstabilität lässt sich anhand der Änderung der Farbe mithilfe eines Fotospektrometers ermitteln.

Mindestens genauso wichtig wie die Temperaturbeständigkeit ist der chemische Aufbau der Farbmittel oder Additive sowie die Beständigkeit gegenüber chemischen Reaktionen in der Schmelze. Bei organischen Pigmenten entstehen beim Abbau oft bräunliche Verfärbungen durch die Zerstörung des Chromophors oder die Fluoreszenz bei Lösungsvorgängen. Die Temperatur, bei der das Additiv oder Farbmittel in den gasförmigen Zustand übergeht, spielt überwiegend bei löslichen Farbstoffen eine Rolle. Bezeichnet wird das auch als Sublimationsneigung einer Substanz.

Je nach Anwendung sind außerdem weitere Anforderungen bei der Auswahl von Farbmitteln und Additiven zu beachten. Das sind zum Beispiel:

- die Licht- und Wetterechtheit
- die chemische Beständigkeit gegenüber Säuren, Basen und Lösungsmitteln

**>>** 

 die Eignung für zulassungsrelevante Anwendungen etwa für

Info

#### Text

**Dr. Sibylle Glaser** ist Entwicklungsleiterin bei der Treffert GmbH & Co. KG. **Volker Becke** leitet die Coloristik bei Treffert.

**Sascha Klamp** ist Innovationsmanager bei Treffert.

#### Im Profil

Die Treffert GmbH & Co. KG mit Stammsitz in Bingen und einem Standort im französischen Ste-Marie-aux-Chênes entwickelt kundenspezifische Masterbatches und Compounds. Das Unternehmen produziert auftragsbezogene Chargen von kleinen Mustermengen bis zu mehreren Tonnen. Dabei können Kunststoffe neben der Farbe mit Eigenschaften wie Lichtdiffusion, optischen Filtern, Licht- und Hitzeschutz sowie Lasermarkierbarkeit und -schweißbarkeit ausgestattet werden. Das Ergebnis sind hochwertige Produkte mit hoher Verarbeitungssicherheit, die alle Kriterien des geprüften Qualitätsmanagements erfüllen. Jeder Entwicklungs- und Fertigungsschritt untersteht dabei einer dauerhaften internen Qualitätskontrolle. https://treffert.eu

Trinkwasser, den Lebensmittelkontakt oder die Medizintechnik

 die im Kunststoff enthaltenen Füllund Verstärkungsstoffe, um negative Wechselwirkungen mit den Farbmitteln zu vermeiden

## Farbmittel mit bis zu 420 ℃ Temperaturstabilität

Zu den häufig in Kunststoffen verwendeten Farbmitteln zählen anorganische und organische Pigmente sowie organische Farbstoffe. Die meisten anorganischen Pigmente verfügen über eine exzellente Temperaturstabilität und hohe Licht- und Wetterechtheit. Daher eigenen sich viele dieser Pigmente zum Einfärben von Hochleistungskunststoffen. Titandioxid (TiO<sub>2</sub>, Pigment White 6) ist etwa das am häufigsten verwendete weiße Pigment. Es vereint eine hohe Farb- und Deckkraft. Das schwarze Pendant zu TiO<sub>2</sub> ist Ruß (Pigment Black 7). Es ist das am häufigsten verwendete schwarze Pigment, da es sehr temperaturstabil und farbstark ist. Zusätzlich dazu ist es im Vergleich zu anderen schwarzen Farbmitteln sehr günstig.

Eisenoxidpigmente sind eine Gruppe von Pigmenten, die ebenfalls sehr temperaturstabil sind und eine gute Witterungsbeständigkeit aufweisen. Sie sind verfügbar in den Farben rot, gelb, braun und schwarz. Es existieren aber noch viele weitere anorganische Pigmente,

beispielsweise Chromoxid, Kobaltblau und Nickel-Titan-Gelb, die zum Einfärben von Hochleistungskunststoffen verwendet werden können. Es gibt allerdings auch nicht geeignete. Einige wenige anorganische Pigmente, zum Beispiel Cersulfide (CI PO78, CI PR 265), sind aufgrund ihrer Temperaturstabilität nur bedingt einsetzbar.

## Temperaturstabilität bei organischen Farbmitteln genau beachten

Organische Pigmente decken eine breite Palette an Farben ab. Die Bandbreite in Bezug auf die Temperaturbeständigkeit ist bei ihnen sehr groß. Daher ist bei dieser Gruppe an Farbmitteln die Verarbeitungstemperatur des Hochleistungskunststoffs ein wichtiger Faktor, der über die Einsetzbarkeit entscheidet. Einige der Pigmente sind bis 300 °C temperaturstabil, andere hingegen bis 400 °C. Für das Einfärben von PEEK sind nur noch wenige organische Pigmente in den Farben blau und grün einsetzbar. Für Hochleistungskunststoffe mit Verarbeitungstemperaturen < 380 °C ist die Farbvielfalt deutlich größer. Im Rot- und Violett-Bereich existieren etwa aus der Gruppe der Perylene Farbmittel mit ausreichender Temperaturstabilität.

In der Gruppe der löslichen organischen Farbstoffe gibt es viele, die eine sehr hohe Temperaturstabilität aufweisen. Mit diesen Farbstoffen können auch



**Bild 3.** Die Auswahl des Farbmittels für Hochleistungskunststoffe ist eine diffizile Angelegenheit, die viel Erfahrung benötigt. Besonders wenn das Produkt in einer auffälligen und knalligen Farbe erstrahlen soll. © Treffert

bei PEEK kräftige und auffällige Farbtöne, zum Beispiel ähnlich dem sehr komplexen Tieforange RAL 2011, erreicht werden.

#### Wenn's um mehr als Farbe geht

Abgesehen vom Einfärben spielt auch die Funktionalisierung von Hochleistungskunststoffen eine zunehmend wichtigere Rolle. Dazu zählt unter anderem die Laserbearbeitung. Ein inzwischen weit verbreitetes Verfahren zum Fügen von Kunststoffen stellt das Laserdurchstrahlschweißen dar. Dabei werden ein lasertransparenter und ein laserabsorbierender Fügepartner mithilfe eines Lasers miteinander verbunden. Das Verfahren bedingt eine unterschiedliche Materialzusammensetzung der Fügepartner. Während die eine Materialkombination transparent für das Laserlicht ist, muss die andere mittels eines NIR-Absorbers für die Wellenlänge des Lasers absorbierend eingestellt sein. Die Herausforderungen dafür sind vergleichbar zur reinen Einfärbung. Zu berücksichtigen sind ebenfalls die Temperaturbeständigkeiten und chemische Verträglichkeit der Farbmittel sowie der NIR-Absorber im Kunststoff. Zusätzlich müssen die optischen Eigenschaften Transmission, Absorption und Streuung der Ausgangsmaterialien sowie der Zusatzstoffe bekannt sein, um ein optimales Ergebnis zu erhalten.

Abgesehen vom Fügen von Kunststoffteilen spielt auch das Markieren mit



Bild 2. Masterbatches werden wie Compounds extrudiert. Treffert nutzt dafür in der Fertigung die gleichläufigen Doppelschneckenextruder mit Stranggranulierung ZSK26 von Coperion. © Treffert

Lasern eine immer größere Rolle bei Hochleistungskunststoffen. Diese Kennzeichnung von Bauteilen, die abriebfest, chemikalien- und temperaturstabil, flexibel, kontaktfrei und sauber ist, wird zur eindeutigen Identifikation von Bauteilen in der Medizintechnik sowie als Plagiatsschutz immer häufiger eingesetzt. Auch bei der Lasermarkierung muss die Funktion an die Kombination von Material und Laserwellenlänge angepasst werden. Farbmittel und Füllstoffe können eine Auswirkung auf die Markierqualität haben. Um ein Optimum zu erreichen, müssen somit die Markieradditive auf diese abgestimmt werden. Die Markierqualität lässt sich visuell, also als subjektive Beurteilung, und auch objektiv unter Beachtung der ISO/IEC 29158 (Qualitätsrichtlinie für die Direktmarkierung von Teilen, DPM) bewerten.

Auch eine Kombination von Laserdurchstrahlschweißen und Lasermarkieren ist möglich. Dafür ist jedoch eine weitere Anpassung der Masterbatchbeziehungsweise Compound-Rezeptur notwendig. Die Farbe und der eingesetzte Kunststoff haben einen großen Einfluss auf die Prozessparameter, insbeson-



Bild 4. Für die Prüfung der Temperaturbeständigkeit der Farbmittel werden Musterplatten gemäß DIN EN 12877-2 Verfahren Ahergestellt. Bei Treffert kommt dafür eine Spritzgießmaschine Victory 200/50 tech von Engel zum Einsatz.

dere die Markierqualität (Lasermarkieren) und die Vorschubgeschwindigkeit (Laserschweißen).

#### Fazit

Die Veredelung von Hochleistungskunststoffen erfordert sowohl bei der Verarbeitung als auch bei der Auswahl von Farbmitteln und Additiven viel Erfahrung. Notwendig sind unter anderem Kenntnisse über mögliche Wechselwirkungen mit weiteren Zusatzstoffen und über die Beständigkeiten der Farbmittel unter Temperatureinfluss und gegenüber Chemikalien. Nur mit diesen Kenntnissen lassen sich Kunden in Bezug auf Möglichkeiten und Grenzen zielsicher beraten und somit optimale Produkte erreichen.