

Technische Kunststoffe

Thermoplastische Kunststoffe

▪ Polyethylen (PE)

Polyethylen weist von allen Kunststoffen die einfachste Molekülstruktur auf; durch die Aneinanderreihung von CH₂-Segmenten.

Abhängig vom Herstellungsverfahren kann Polyethylen hoher (HD) und niedriger Dichte (LD) hergestellt werden. Beide unterscheiden sich in der Anzahl der Verzweigungen. Polyethylen stammt, wie auch Polypropylen, aus der Familie der Polyolefine. Somit sind die chemischen Eigenschaften der Werkstoffe nahezu vergleichbar.

Die heutigen im industriellen Bereich verwendeten Polyethylene entsprechen der Gruppe der **PE 80/100**. PE 80/100 in schwarz sind effektiv durch Russzugabe gegen UV-Strahlung geschützt und eignen sich daher, auch auf Grund ihrer hohen Schlagzähigkeit, selbst bei sehr niedrigen Temperaturen bis -50°C als **die idealen Werkstoffe für Rohrleitungen, Behälter, Apparate und Lüftungsanlagen im Aussenbereich**.

▪ Polypropylen (PP)

Im Gegensatz zum symmetrischen Molekülaufbau des PE befindet sich im monomeren Baustein des Polypropylens eine CH₃-Gruppe (Methylen-Seitengruppe). Diese kann im Zuge der Polymerisation räumlich verschieden angeordnet sein. Für die technischen Anwendungen ist das isotaktische PP als vorrangig anzusehen, da mit steigender Isotaktizität eine Zunahme von Kristallinitätsgrad, Schmelzpunkt, Zugfestigkeit, Steifigkeit und Härte erfolgt. Aus diesem Grund bestehen die meisten PP am Markt aus isotaktischem PP.

Im Vergleich zu Polyethylen sind die Eigenschaften von Polypropylen trotz ähnlicher Molekularstruktur unterschiedlich. In den einschlägigen Normen und Richtlinien wird grundsätzlich zwischen den PP-Typen -H (Typ 1), -B (Typ 2) und -R (Typ 3) unterschieden. Hierbei ist PP-H das Homopolymerisat (Polymerisat eines monomeren Thermoplasten) mit den PP-typischen Eigenschaften. Die Copolymerisate PP-Blockcopolymer und -Randomcopolymer (Polymerisat zweier unterschiedlicher Monomere, in der Regel Ethylen) weisen dagegen besonders bei niedrigen Temperaturen unter 5° C ein zäheres Verhalten auf. Sie besitzen jedoch eine geringere Steifigkeit insbesondere bei Temperaturen über 60° C.

PP-Homopolymer (PP-H) und PPs (schwerentflammbar nach DIN 4102 B1) sind leichte, universelle Thermoplaste und eignen sich für vielfältige Anwendungen.

PP-H und PPs verfügen über eine sehr hohe chemische Beständigkeit gegenüber den meisten Chemikalien (Salze, Säuren und Alkalien). Betriebstemperaturen bis 100°C sind möglich, kurzfristig auch darüber.

PP-H ist physiologisch unbedenklich (FDA) und eignet sich für den Kontakt mit Lebensmitteln in nahezu jedem Bereich.

▪ Polyvinylchlorid (PVC-U)

PVC-U ist ein amorphes Homopolymer mit wenig verzweigten Makromolekülketten mit der Molmasse M zwischen 40.000 und 150.000. Die seitlichen Chloratome stehen räumlich ungeordnet (ataktisch) an den Molekülketten. Die großen Chloratome verhindern eine Parallel-Lagerung der Hauptketten. Eine Kristallisation ist somit nicht möglich. Erhältlich ist ausser Hart-PVC (PVC-U = PVC unplasticized) auch Weich-PVC (PVC-P = PVC-plasticized) und nachchloriertem PVC (PVC-C = PVC post chlorinated). Von Weich-PVC wird dann gesprochen, wenn das Material mehr als 20 % Weichmacher enthält. Weich-PVC weist bei Umgebungstemperatur ein elastomerähnliches Verhalten auf und ist damit zäh und sehr flexibel. PVC-C weist gegenüber Standard PVC-U einen um ca. 10% erhöhten Chloranteil auf, wodurch der Temperatureinsatzbereich -30 - + 95°C erreicht werden kann.

Polyvinylchlorid ist einer der ältesten Kunststoffe und mit seinen guten mechanischen und chemischen Eigenschaften ein beliebter und langlebiger Werkstoff. Neben seinen intrinsisch selbstverlöschenden Eigenschaften wird er bei gewissen Dicken gemäss DIN 4102 als schwer entflammbarer Werkstoff (B1) eingestuft. PVC-U ist weichmacherfrei und sehr gut gegen oxidierende Medien sowie Säuren und Alkalien beständig. PVC-U lässt sich problemlos direkt auf der Baustelle verkleben und besitzt eine sehr hohe Steifigkeit bei Temperaturen bis 60°C. Polyvinylchlorid ist einer der ältesten Kunststoffe und mit seinen guten mechanischen und chemischen Eigenschaften ein beliebter und langlebiger Werkstoff. Neben seinen selbstverlöschenden Eigenschaften wird er gemäss DIN 4102 als **schwer entflammbarer Werkstoff (B1)** eingestuft. PVC-U ist weichmacherfrei und sehr gut gegen oxidierende Medien sowie Säuren und Alkalien beständig. PVC-U lässt sich **problemlos direkt auf der Baustelle verkleben und besitzt eine sehr hohe Steifigkeit** bei Temperaturen bis 60°C.

- **Polyvinylidenfluorid (PVDF)**

PVDF gehört zu der Gruppe der fluorhaltigen Thermoplasten, deren bekanntestes Mitglied das PTFE ist, das im allgemeinen Sprachgebrauch auch als „Teflon“ bezeichnet wird.

Fluorkunststoffe werden aufgrund ihrer hohen chemischen Widerstandsfähigkeit und thermischen Stabilität im Anlagenbau und als Druckrohrleitungen insbesondere in der chemischen Industrie eingesetzt. Ihre Eigenschaften sind vom jeweiligen Fluorgehalt abhängig. Je größer der Fluoranteil, desto höher werden z. B. die Dauergebrauchstemperatur, die Flammwidrigkeit und die chemische Widerstandsfähigkeit.

Polyvinylidenfluorid (PVDF) ist ein teilfluorierte Werkstoff und verfügt über eine **hervorragende chemische Beständigkeit im sauren pH-Bereich**. PVDF kann bei Temperaturen bis 140°C eingesetzt werden. Dieser Werkstoff wird oft im Verbund mit Duroplasten oder verklebt mit Stahl als Liner-Werkstoff eingesetzt. Die hohe Reinheit des Werkstoffes eröffnet Anwendungen im «High-Purity»-Bereich. PVDF ist als schwer entflammbar nach FM 4910 und als selbstverlöschend auf Grund seines Sauerstoffindex von ca. 78% eingestuft.

Durch seine **hohe Reinheit** und FDA Konformität eröffnet dieser Werkstoff auch im Bereich **Medizin-/Biotechnik** Einsatzmöglichkeiten.

- **Ethylen-Chlortrifluorethylen (E-CTFE)**

E-CTFE gehört, genau wie das erwähnte PVDF, zu den teilfluorierten Thermoplasten und ist unter dem Handelsnamen „Halar“ bekannt. Bei diesem Werkstoff handelt es sich um ein Copolymer aus Ethylen und Chlortrifluorethylen.

Dieser teilkristalline thermoplastische Kunststoff wird aufgrund seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften **überwiegend in der chemischen Industrie eingesetzt**, wo eine **hohe Korrosionsbeständigkeit** gefordert ist. Aufgrund des hohen Rohstoffpreises und der teilweise schwierigen Verarbeitung, werden Plattenmaterialien häufig nur bis zu einer Dicke von 5 mm angeboten. Anwendung findet dieser Werkstoff daher hauptsächlich in der Auskleidung von Stahlbehältern und in der Verbundkonstruktion in Kombination mit GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff). Die chemische Widerstandsfähigkeit von E-CTFE liegt in der Regel zwischen der von PVDF und PTFE („Teflon“). Entgegen dem PVDF weist das E-CTFE eine **gute chemische Widerstandsfähigkeit auch im alkalischen Bereich** oberhalb des pH-Werts von 10 auf.

Weiterhin zeichnet sich E-CTFE durch einen niedrigen Permeationskoeffizienten aus, der sich gerade im Verbundbau vorteilhaft auswirkt. Genauso wie PVDF ist das E-CTFE für den UV-A und UV-B-Bereich transparent, so dass kein chemischer Abbau durch Licht in diesem Frequenzbereich stattfindet.

Die Verarbeitung von E-CTFE ist etwas kritischer als beim PVDF, da die Schweißtemperatur ein schmaleres Fenster aufweist. Dies gilt auch für das Tiefziehen, da E-CTFE zwischen 165° C und 175° C eine reduzierte Bruchdehnung besitzt.

- **Tetrafluorethylen-Perfluoralkylvinylether (PFA) / -Hexafluorpropylen (FEP)**

Der bekannteste vollfluorierte Thermoplast ist das Teflon, das in vielen technischen Bereichen aufgrund seiner chemischen Resistenz und der hohen Temperatureinsatzgrenze bis etwa 250° C verwendet wird. Der Nachteil dieses Materials besteht darin, dass es unter Normalbedingungen nicht geschweißt werden kann.

Aus diesem Grund wurden Teflonabkömmlinge entwickelt, die hohe chemische Resistenz und Einsatztemperaturen mit einer guten Schweißignung vereinen. Das PFA/FEP besitzt genau diese Eigenschaften und kann sogar bis 260° C eingesetzt werden. Es ist zudem **gegenüber nahezu allen chemisch aggressiven Medien resistent**. Ein weiterer Vorteil dieser Werkstoffe ist ihre **hohe Reinheit**, so dass in Grenzfällen hoher Reinheitsanforderungen, z.B. in der Halbleitertechnologie, PFA/FEP als einzige Alternative zum Einsatz kommt. Die EU Richtlinie 2002/72/EC und die der Vereinigten Staaten von Amerika (FDA) für Kunststoffe und Produkte, welche mit Lebensmitteln in Kontakt kommen werden erfüllt.

Beide technische Kunststoffe, welche speziell geeignet sind für die Herstellung von Komponenten für die petrochemische, chemische, metallurgische, Lebensmittel-, Papier-, Textil-, Halbleiter-, pharmazeutische und Nuklearindustrie finden hier Einsatz.

Duroplaste - Glasfaserverstärkte Kunststoffe GFK

Epoxidharze (EP)

Epoxidharze werden aus Epoxiden mit funktionellen Gruppen und Verbindungen aufgebaut, die sich durch die katalytische Abgabe von Wasserstoff (aktiv) an die Epoxidgruppe mit dem Epoxid in einer Additionsreaktion verbinden:

Die Härtung eines Epoxidharzes erfolgt durch eine Polyadditionsreaktion. Als Härter werden Carbonsäureanhydride und Polyamine verwendet. Die Härter werden dabei in der Regel in das fertige Produkt eingebaut, so dass die Dosierung des Härters im äquimolaren Verhältnis bezüglich der reaktiven Gruppen von Harz und Härter vorgenommen wird.

Da Epoxidharze häufig hochviskos sind, werden zur besseren Verarbeitung reaktive Verdüner zugesetzt, die selbst Epoxidgruppen besitzen und somit an der Vernetzungsreaktion teilnehmen können. Somit werden die Eigenschaften eines Epoxidharzes ganz entscheidend von dem Härter und dem verwendeten Reaktivverdünner mitbestimmt.

Vinylesterharze (VE)

Vinylesterharze werden aus einem Epoxidharz und einer ungesättigten organischen Säure gebildet. Sie werden heute auch als Phenacrylatharze bezeichnet.

Die reaktiven Doppelbindungen befinden sich im Gegensatz zu den UP-Harzen nur an den Enden des Moleküls. Dadurch findet in der Regel eine schnelle und vollständige Reaktion mit den Copolymeren während der Härtung statt. Dies bewirkt weiterhin, dass ein chemischer Angriff durch Hydrolyse oder durch Spaltung von restlichen C=C-Doppelbindungen infolge von Oxidation oder Halogenierung von untergeordneter Bedeutung ist. Daher sind ausgehärtete Vinylesterharze widerstandsfähiger gegen einen chemischen Angriff als ungesättigte Polyesterharze oder auch Epoxidharze. Ein weiterer Vorteil liegt in den sekundären Hydroxylgruppen im Vinylesterharz begründet, die mit silikatischen Füllstoffen und Glas wechselwirken können und somit eine erhöhte mechanische Festigkeit im Verbund mit Glasfasern aufweisen. Vinylesterharze mit einer höheren Wärmeformbeständigkeit werden aus epoxierten Novolaken, Acrylsäure und/oder Methacrylsäure hergestellt [2].

Als Monomer für die Vernetzung wird in der Regel analog zu den ungesättigten Polyesterharzen Styrol verwendet, in dem das Phenacrylatharz gelöst ist. Es können aber auch andere Monomere mit einer Doppelbindung wie bei den UP-Harzen verwendet werden. Die Härtung der VE-Harze erfolgt analog der der UP-Harze durch Wärme, Peroxide oder Strahlung, die zur Bildung freier Radikale führt. Als Peroxid wird häufig Methylethylketonperoxid (MEKP) und als Beschleuniger Cobaltoctoat und Amine wie Dimethylanilin eingesetzt.

Duroplaste oder Glasfaserkunststoffe aus oben genannten Harzen können durch die Verwendung der verschiedenen Harz- und Glasfasertypen individuell auf die jeweilige Anwendung des Kunden eingestellt werden. Duroplaste werden oftmals im Bereich der **Prozessgasführung bei Müllverbrennungsanlagen oder anderer Entsorgungsprozesse**, wie auch der **chemischen Prozessindustrie** verwendet, bei denen Abgastemperaturen bis 130°C nicht unüblich sind. Durch die hohe chemische Beständig- und Steifigkeit des Duroplasten im Vergleich zu Thermoplasten erfüllt GFK die **höchsten Ansprüche in punkto Statik und Korrosionsbeständigkeit**.