

Kunststoff-Technik

Lernziele,
Fragen & Antworten

Einleitung

Verschiedene Einsatzbereiche nennen
Daten der Geschichte aufzählen
Begriff Kunststoff definieren

Polymere Werkstoffe können neben Kunststoffen auch andere Erscheinungsformen haben. Nennen Sie drei weitere.

Lacke, Textilien/Textilfasern, Schutzstoffe für Leder

Erforderliche Grundlagen: Einführung in die Polymerchemie

Herkunft der Monomere
wichtigste Polymerisationsreaktionen
Molmasse, Molmassenverteilung
Unterschied: Hauptvalenz-, Nebenvalenzbindungen
Anordnung der Makromoleküle in amorphen/teilkristallinen Polymeren erklären

Ausgangsstoff für die chemische Synthese von Makromolekülen sind niedermolekulare Verbindungen (Monomere). Je nach Art der ablaufenden chemischen Reaktionen unterteilt man in drei Klassen von Polymerisationsreaktionen. Nennen Sie diese.

Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition

Gibt es einen Unterschied in der Bindungsstärke von Hauptvalenzbindungen und Nebenvalenzbindungen? Begründen Sie.

Ja, Hauptvalenzbindungen sind chemische Bindungen und können nur durch chemische Reaktionen getrennt werden (Bindungsenergie 40-80 kJ/mol). Nebenvalenzbindungen dagegen können leicht durch Wärme oder Lösungsmittel reduziert oder aufgehoben werden.

Vernetzte Polymere gelten als unlöslich, sie werden höchstens chemisch angegriffen. Die meisten unvernetzten Polymere lassen sich dagegen in geeigneten Lösemitteln lösen. Erläutern Sie die Unterschiede und behelfen Sie sich dabei einer Skizze!

Die Nebenvalenzbindungen der unvernetzten Polymere werden durch Lösungsmittel abgeschwächt. Die ineinander verschlungenen/verhakten Ketten können dann gegeneinander verschoben werden.

Ordnen Sie die drei Hauptgruppen an Polymeren aufsteigend in Bezug auf den Inter-molekularen Vernetzungsgrad (kovalente Vernetzungsdichte).

Thermoplaste, Elastomere, Duromere

Was versteht man unter Konstitution und Konfiguration? Behelfen Sie sich einer Skizze.

Unter Konstitution versteht das chemische Aufbauprinzip eines Moleküls, also die Aneinanderreihung der Monomere, die Art der Endgruppen und die Häufigkeit und Länge der Verzweigungen.

Die Konfiguration beschreibt die räumliche Anordnung der Atome bei gleicher Konstitution, die Taktizität kann sich unterscheiden.

Warum haben die Ketten von amorphen Polymeren nur eine Nahordnung und keine Fernordnung?

?

Werkstoffmodelle

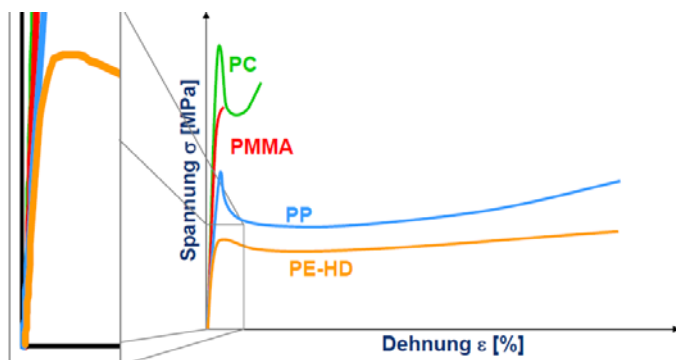
grundlegende Definitionen der Kraftübertragung

Zustandsdiagramme verschiedener Kunststoffe

mechanische Ersatzmodelle

Welcher Werkstoff ist am... festesten?/steifsten?/am zähsten?/am sprödesten?

Höchste Festigkeit: PC; Steifigkeit: PC; Zähigkeit: PP; Sprödigkeit: PMMA



Beschreiben Sie mit einem Diagramm, wie sich die Zugfestigkeit bei Duromeren qualitativ in den charakteristischen Übergangsbereichen mit steigender Temperatur verändert. Benennen Sie die Übergangstemperaturen qualitativ.

Skizze siehe Folie 19

Glasübergangstemperatur / Zersetzungstemperatur

Erklären Sie das viskose Verhalten von Kunststoffen! Behelfen Sie sich dabei eines Ersatzmodells.

Das aneinander Abgleiten von Polymerketten führt zu viskosem Verhalten ohne Rückstellung (mechan. Ersatzmodell: Dämpfer). Die Valenzwinkelstreckung führt zu einem viskoelastischem Verhalten mit teilweiser Rückstellung (Modell: Feder-Dämpfer-Kombination, in Reihe (Maxwell) oder parallel und Reihe (Burger))

Werkstofftechnik: Verhalten in der Schmelze

Fließverhalten von Kunststoffschmelze abgrenzen zu Wasser

Einflüsse auf Fließverhalten

Unterschied Scher- und Dehnviskosität

mechanische Ersatzmodelle für viskoelastisches Verhalten

wichtigste Messverfahren zur Bestimmung von Fließkurven

Welcher Belastung unterliegen Kunststoffschmelzen in der Regel?

Schub

Was unterscheidet das Fließverhalten der Kunststoffe von dem des Wassers?

i.d.R. Zähflüssiger, ab gewisser Schergeschwindigkeit abnehmende Viskosität: strukturviskos

Wodurch werden dem Reptationsmodell nach die Bewegungen von Polymerketten beschränkt?

Verschlaufung der Ketten

Welche zwei hauptsächlichen Einflüsse lösen die Molekülverschlaufungen?

Temperatur (Brown'sche Molekularbewegung), Scherbewegungen

Wie lässt sich Strukturviskosität mathematisch beschreiben?

Potenzansatz: $\eta = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$

Carreau-Ansatz: $\eta = A / (1 + B\dot{\gamma})^C$ [$\dot{\gamma}$: Schergeschwindigkeit, in VL mit Punkt drüber]

Welche Vor- und Nachteile haben die jeweiligen mathematischen Ansätze?

Potenzansatz: einfach, aber newton'scher Bereich nicht modelliert.

Carreau: aufwendiger, aber dafür gesamter Schergeschwindigkeitsbereich

Welche Einflussparameter erhöhen die Viskosität? Welche verringern sie?

Druck, Füllstoffanteil und Molekulargewicht erhöhen, Temperatur und Weichmacher verringern die Viskosität

Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Nullviskosität und der Molmasse?

$\eta_0 \sim M_w$ bis M_c , danach $\eta_0 \sim M_w^{3,5}$

Welchen Vorteil bietet das Prinzip der Temperaturverschiebung?

Man erhält eine Kurvenschar, so dass man mit dem Temperaturverschiebungsfaktor und einem neuen Datenpunkt die Viskositätskurven für beliebige Temperaturen erstellen kann

Was versteht man unter der repräsentativen Stelle?

Schnittpunkt von newtonschem und strukturviskosem Strömungsprofil im Strömungsquerschnitt

Was ist der Vorteil der repräsentativen Stelle?

Es können die einfacheren Formeln für newtonsche Flüssigkeiten genommen werden.

Welche Ersatzmodelle beschreiben einen rein elastischen Festkörper, eine rein viskose Flüssigkeit und eine Polymerschmelze?

Elastisch: Feder

rein viskos: Dämpfer

Polymerschmelze: Kombination

Welche Folgen haben die elastischen Eigenschaften der Schmelze für die Kunststoffverarbeitung?

Es kommt zur Strangaufweitung.

Wie lassen sich eingefrorene Moleküllorientierungen sichtbar machen?

Mit Hilfe von Polfiltern.

Was bedeutet MFI und wozu dient dieser Wert?

Der Melt-Flow-Index ist eine rheologische Kenngröße, die beschreibt wie viel Masse oder Volumen in einer bestimmten Zeit durch eine Kapillare läuft. Man kann mit Hilfe des MFI (MVI) Wareneingangskontrollen und Produktionskontrollen durchführen.

Durch welche Messverfahren lässt sich die Viskositätskurve von Polymerschmelzen bestimmen? Nennen Sie vier drei Verfahren.

Hochdruck-Kapillarrheometer, Platte-Platte- und Kegel-Platte-Viskosimeter

In welchen Schergeschwindigkeitsbereichen findet die Verarbeitung beim Extrudieren statt?

10-1000 1/s

Was sind die wichtigsten Versuchsarten am Rotationsrheometer?

Spannungs- und Schwindungsversuch.

Bei Spannungsversuch wird die Probe mit definierter Winkelgeschwindigkeit geschert und Drehmoment gemessen.

Schwindungsversuch gibt Auskunft über das viskoelastische Verhalten des Kunststoffes.

Verhalten als Festkörper

*relevante Prüfverfahren für Kunststoffeigenschaften mit Messgrößen
physikalische Eigenschaften von Kunststoffen mit Bezug zur Praxis
Werte für Wärme- und Stoffaustausch und deren experimentelle Bestimmung*

Erklären Sie anschaulich, warum eine geringere Verformungsgeschwindigkeit und/oder eine erhöhte Einsatztemperatur die Dehnfähigkeit von Kunststoffen erhöht.
Die Molekülketten haben mehr Zeit bzw eine höhere Beweglichkeit, um aneinander abzugleiten und sind dadurch nachgiebiger.

Erklären Sie, warum die Zugfestigkeit, welche mit dem Standardzugversuch bestimmt wurde, für die Auslegung von Crash-Bauteilen nicht geeignet ist.
Im Standardzugversuch wird quasistatisch(?) beansprucht wohingegen der Crash sehr schnell abläuft. Die Zugfestigkeit ist abhängig von der Geschwindigkeit der Belastung. Bei hohen Geschwindigkeiten ist die Steifigkeit höher und die Dehnbarkeit geringer.

Sie sollen ein Bauteil auslegen, das in der späteren Anwendung sowohl schwingend als auch, in Ausnahmefällen, schlagartig belastet wird. Mit welchen Prüfverfahren ermitteln Sie geeignete Kennwerte für die Werkstoffauswahl?
Dynamischer Belastungsversuch
Schlagbiegeversuch, Schlagzugversuch

Warum sind Kunststoffe ohne Zusatzstoffe keine elektrischen Leiter?
Es sind keine freien Elektronen verfügbar.

Welche optischen Anforderungen werden an einen Kunststoff gestellt, der als CD oder DVD verwendet werden soll?
Homogene optische Eigenschaften: gute Lichtdurchlässigkeit und homogene Brechung

Wie können Orientierungen im Kunststoff sichtbar gemacht werden?
Doppelbrechung mit 2 Polarisationsfiltern (linear polarisiertes Licht)

Warum bekommen Sie im Auto hinter der Glasscheibe keinen Sonnenbrand?
UV-Licht wird in Beschichtung absorbiert.

Sie stoßen auf einer Party mit Freunden (auf die bestandene Prüfung) an. Von welchem mechanischen Kennwert ist die Tonhöhe des klingenden Weinglases abhängig?

E-Modul (geringeres E-Modul → tieferer Klang)

Welcher mechanische Kennwert ist für die Geschwindigkeit des Abklingens verantwortlich?

Verlustfaktor $\tan \delta$

Werkstofftechnik - Beeinflussung der Werkstoffeigenschaften durch Zusatzstoffe

*wichtigste Faser- und Matrixtypen benennen und beschreiben
aus mechanischen Eigenschaften von Faser und Kunststoff Eigenschaften des Verbunds berechnen*

*Defekte in Faserkunststoffverbunden beschreiben
verschiedene andere Zusatzstoffe und Funktion*

Zählen Sie verschiedene Fasertypen auf! Erläutern Sie die Vor- und Nachteile von Glasfasern.

Glasfasern, Kohlenstofffasern, Naturfasern (Hanf, Flachs)

Vorteil Glasfasern: geringer Preis,; Nachteil: eher geringes E-Modul

Zählen Sie verschiedene Matrixsysteme auf! Erläutern Sie die Vor- und Nachteile von Duromeren als Matrix.

Matrixsysteme: Epoxidharze, Phenolharze

Duromere als Matrix ungünstig, da schlecht recyclebar, lange Zykluszeiten, nicht verschweißbar. Vorteil: kostengünstig, gute Faserdurchtränkung (vor Vernetzung niedrigviskos)

Was ist Anisotropie?

Abhängigkeit einer Eigenschaft von der Richtung

Was bedeutet die Anisotropie von FKV für den Konstrukteur?

Die Belastbarkeit ist abhängig von der Faserrichtung → Laminataufbau

Berechnen Sie das Flächengewicht eines Laminates mit Aufbau $[0, 30, -30, 90]_S$.
Gegeben: ρ , t , ϕ , und Formeln.

Siehe Skript Folie 28

Benennen Sie typische Fehler in Faserkunststoffverbunden!

Faserbruch, Delamination, Zwischenfaserbruch (Schäden)

Porosität, Fremdeinschluss, Ondulation, Harznest, Fehlorientierung (Fertigungsfehler)

Erklären Sie den Begriff Zerstörungsfreie Prüfung! Nennen Sie mindestens zwei Beispiele für Verfahren in der CFK-Technologie.

Thermographie, Shearographie

Aufbereitung

Aufgabe eines Doppelschneckenextruders definieren

Aufbau des DSE

Zusatzaggregate für die Aufbereitung

Nennen Sie drei Verfahrenszonen eines Compounders.

Einzugszone, Plastifizierzone, Schmelzförderzone, Distributive Mischzone, ...

Nennen Sie drei verschiedene Schneckenelemente.

Förderelement, Knetelement, Mischelement

Nennen Sie die wichtigsten Kenngrößen für einen Doppelschneckenextruder.

Spezifische Energie, mittlere Verweilzeit, Schneckenkonfiguration, Temperaturprofil

Wofür werden Extruder mit Doppelschnecke eingesetzt?

Aufbereitung von Kunststoffen

Bitte nennen Sie mindestens zwei Zusatzaggregate, die eine Aufbereitungsanlage vervollständigen.

Filter, Granulierung (Unterwasser)

Prozess/Struktur/Eigenschaften: Beeinflussung durch den Verarbeitungsprozess

Einfluss von Eigenspannungen

Einfluss von Orientierungen

Einfluss von Kristallbildung

Einfluss von Schaumstrukturen auf die Bauteileigenschaften

Wodurch entstehen bei der Bauteilherstellung Orientierungen?

Scherkräfte während der Verarbeitung, Makromoleküle sind orientiert

In welcher Anwendung sind Orientierungen gewünscht?

Schrumpffolien

Wie können unerwünschte Orientierungen reduziert werden?

Temperatur und Zeit

Welche Kunststoffe können kristallisieren? Erklären Sie.

Thermoplaste mit geeigneter Primärstruktur können kristallisieren. Dabei können isotaktische Polymere besser als ataktische kristallisieren und große Seitenketten stören (sterische Hinderung)

Welche Eigenschaften können wie durch Kristallisation beeinflusst werden?

Chemische Beständigkeit wird erhöht, optische Transparenz verschlechtert, Festigkeit und Steifigkeit erhöht, fein-sphärolitisch besser dehnfähige als grob.

Werkstofftechnik: Veränderungen der Eigenschaften mit der Zeit: Einblick in die Alterung von Kunststoffen

Definition „Alterung von Kunststoffen“

Oberbegriff Alterung unterteilen

Untersuchungsmethoden zur Überprüfung des Alterungsfortschritts

In welche Bereiche wird die Alterung nach DIN 50035 unterteilt?

Alterungsursachen

-vorgänge

-erscheinungen

Zählen Sie verschiedene Alterungsursachen auf und unterscheiden Sie zwischen inneren und äußeren Ursachen.

Innere Ursachen:

- Unvollständige Polymerisation
- Entmischung
- Eigenspannungen

Äußere Ursachen:

- Mechanische Belastung
- Medieneinfluss
- Thermische Energie
- Biologischer Einfluss
- Energiereiche Strahlung

Welche Kunststoffe können von Bakterien verstoffwechselt werden?

Eigentlich keine, außer biologisch abbaubare Kunststoffe. Eventuell Additive (Stärke)

Wodurch wird die Spannungsrisssbildung ausgelöst?

Medien & Spannung

Welche Arten der Oxidation gibt es und wodurch lassen sich diese unterscheiden?

Autooxidation

- Reaktion mit Sauerstoff tritt, begünstigt durch katalytisch aktive Verunreinigungen "von selbst" ein (ohne Licht)

Photooxidation

- In Gegenwart von Sauerstoff und Licht werden Makromoleküle oxidiert.
- Die entstehenden Reaktionsprodukte sind u.a. Alkylradikale, Alkoxyradikale und Hydroperoxide. Diese reagieren weiter zu

Thermooxidation	Carbonylverbindungen, wobei ein Molmassenabbau eintritt. Anfällig sind dabei u.a. Kunststoffe mit freien Doppelbindungen, z.B. SBR, NBR usw. - Kombinierte Einwirkung von Wärme und Sauerstoff - Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Polymers - Reaktionsbeschleunigung durch Temperaturerhöhung - Thermischer Abbau kann durch Verunreinigungen oder Zusatzstoffe begünstigt werden - Widerstandsfähigkeit kann durch Zusatz geeigneter Stabilisatoren verbessert werden
-----------------	---

Wie kann sich die Alterung auf die technischen Eigenschaften eines Bauteils auswirken? Nennen Sie drei mögliche Eigenschaftsänderungen.

- Gewicht
- Festigkeit, Bruchdehnung
- elektrische Eigenschaften
- (- Permeabilität)
- (- Werte des Wärme- und Stoffübergangs)

Kurzdarstellung wichtiger Kunststoffe

was man wissen sollte:

Werkstoffpyramide, Namen und Abkürzungen, Strukturformel, Gefüge

Verarbeitungstechnik: Einführung in die Extrusion

Extruderbauarten und Fördercharakteristik

Extruder in Zonen einteilen

Verfahren zur Extrusion von Rohren, Profilen, Platten, Folien, Schäumen erklären

Mit welcher Art von Einzugszone (Glattrohr oder Nutbuchse) erhält man bei gleicher Geometrie und gleicher Drehzahl einen höheren Durchsatz? Warum?

Nutbuchse, wegen Zwangsförderung (genuteter Zylinder verbessert Reibwert)

Was passiert, wenn die Einzugszone bei einem Extruder mit genuteter Einzugszone überhitzt?

Granulat in der Rinne schmilzt -> Nute voll -> Nute wirkt nicht mehr

Wie heißen die drei Funktionszonen einer konventionellen Drei-Zonen-Schnecke und welche Aufgabe haben sie?

- Einzugszone
- Umwandlungs- oder Kompressionszone
- Ausstoßzone

Womit kann bei einem konventionellen Glattrohrextruder die Schmelzehomogenität verbessert werden?

Mischteile

Wie verändert sich der Durchsatz bei einem Nutbuchsenextruder wenn der Werkzeugdruck erhöht wird?

Der Massedurchsatz ist konstant!

Was ist das wesentliche Konstruktionsmerkmal eines HELIBAR-Hochleistungsextruders?

Wendelförmige Nut

Warum reicht beim HELIBAR-Hochleistungsextrusionssystem normalerweise eine passive Luftkühlung in der Einzugszone?

Im Einzugsbereich auch wendelförmige Nuten. Diese sind so angeordnet, dass der Druckaufbau auf die Länge verteilt werden kann. -> Erste Zone nicht so stark belastet

Die Schmelzetemperatur ist beim HELIBAR-Hochleistungsextrusionssystem meist niedriger als bei vergleichbaren Nutbuchsenextrudern. Warum ist das so?

Granulatkörner, die in Schmelzekanal kommen, kühlen die Schmelze.

Wie beeinflussen Bindenähte, die bei der Rohrextrusion entstehen, das Bauteilverhalten und wie kann dem maschinentechnisch entgegengewirkt werden?

Bindenähte sind eine mechanische (und optische) Schwachstelle.

Maschinentechnisch entgegengewirkt werden kann mit Doppelstegdornhalter.

Welche Nachteile bezüglich Ihrer mechanischen Eigenschaften haben Vollprofile?

Problem: Kühlung (außen schon fest, innen noch Schmelze)

-> Innen kühlt es sich noch ab, während außen schon fest

-> zieht sich innen zusammen

-> Eigenspannung führt bei niedriger Steifigkeit zu Verzug

Wann nutzt man zur Folienherstellung eher eine Breitschlitzdüse und wann eher ein Blasfolienverfahren?

Abhängig von Anwendung

Blasfolienverfahren: dünnere Folien

Flachfolie -> Längsrichtung

Blasfolie -> biaxiale Verstreckung

Was ist die sog. Frostlinie?

Übergang von thermoplastischen zu thermoelastischen Bereich

Welches Verfahren eignet sich, um Bobby Cars aus Kunststoff herzustellen?

Extrusionsblasformen

Warum kann durch Anwendung eines Co-Extrusionsverfahrens Geld gespart werden?

Bsp.: Dünne Funktionsschicht & dicke, billige Außenschicht

-> Preis kann gesenkt werden

Verarbeitungstechnik: Spritzgießen

Verfahrensschritte des Spritzgießverfahrens (Zyklusaublauf !!)

Aufgaben der Maschinenkomponenten

Anforderungen an die Werkzeuge

Sonderverfahren aufzeigen und erläutern

Was sind die wesentlichen Merkmale des Spritzgießverfahrens (Stichwort: Rentabilität)?

- Kostenintensives Werkzeug

- hohe Kräfte (Drücke)

-> Wenn anderer Prozess nicht möglich (oder für Großserie)

Aus welchen Hauptkomponenten besteht eine Spritzgießmaschine?

Maschinenbett, Schließereinheit, Steuerung und Antrieb, wechselbares

Spritzgießwerkzeug, bewegliche Maschinenaufspannplatte, äußere Abstützplatte, Einspritzeinheit

Welche Phasen durchläuft ein Spritzgießzyklus?

Werkzeug schließen, Aggregat vor, Einspritzen, Nachdrücken, Aggregat zurück, Plastifizieren, Restkühlzeit, Werkzeug öffnen & Auswerfen

Welche Aufgaben hat das Plastifizier- und Einspritzaggregat einer Spritzgießmaschine?

- Fördern, aufschmelzen und homogenisieren des Kunststoffes (Rotation)

- Speichern der Kunststoffschmelze

- Einspritzen der Kunststoffschmelze in das Werkzeug (axiale Bewegung)

- Nachdrücken zur Schwindungskompensation des Formteils (axiale Bewegung)

Welcher wesentliche Unterschied des Schneckenkonzeptes besteht zur Einschneckenextrusion?

- axiale Förderbewegung

- Rückstromsperrung

Warum wird das Plastifizieraggregat vor bzw. nach dem Plastifizieren von der Angussbuchse abgehoben?

- energetische Betrachtung

- kein Einfrieren der Düsenspitze
- Werkzeugschonung

Welche Bauformen von Verschlussdüsen gibt es?

(Nadel)verschlussdüse und offene Einspritzdüse

Welche Aufgaben besitzt eine Spritzgießmaschinen-Schließereinheit?

- Aufnahme des geteilten Werkzeugs und dessen Zuhaltung gegen den Fülldruck und Nachdruck der eingespritzten Formmasse
- Öffnungs- und Schließbewegung des Werkzeugs zur Entfernung des Spritzgussteils

Welche Funktionskomplexe gibt es bei Spritzgießwerkzeugen?

- Schmelze verteilen (Angusssystem)
- Formgeben (Formnest)
- Kühlen/Heizen
- Befestigung an Maschinenaufspannplatten und Kraftaufnahme
- Entformen (Entformungssystem)

Welchen Einfluss hat das Angusssystem auf die Bauteileigenschaften?

Verzugsverhalten, Bindenähte -> Versagen

Wozu wird eine Werkzeugtemperierung benötigt?

Wärmeabfuhr

Welchen Kompromiss geht man bei der Temperierung von Spritzgießwerkzeugen ein?

Kompromiss zwischen Bauteilqualität und Investition (Werkzeugqualität)

Welche Phase bestimmt maßgebend die Oberflächenqualität eines Formteiles?

Einspritzphase

Wofür wird die sogenannte Nachdruckphase in einem Spritzgießprozess benötigt?

Für den Ausgleich der Schwindung

Wie lange kann der Nachdruck wirken?

Bis der Anguss eingefroren ist (sog. "Siegel punkt")

Was versteht man unter den Begriffen "Verarbeitungsschwindung", "Nachschwindung" und "Gesamtschwindung"?

Verarbeitungsschwindung:	In Fertigung
Nachschwindung:	Nach bestimmter Zeit
Gesamtschwindung:	Absolute Schwindung (nach mehreren Wochen/Monaten)

!! wichtige Frage

Ordnen Sie die folgenden Punkte einem oder mehreren Sonderverfahren zu:

- | | |
|--|----------------------------------|
| - spannungsarme Bauteile, | Spritzprägen |
| - hohe Oberflächenqualität, | variotherme Werkzeugtemperierung |
| - minimaler Verzug, | variotherme Werkzeugtemperierung |
| - hohe Maßhaltigkeit, | Spritzprägen |
| - Hohlräume, | Fluidinjektionstechnik |
| - Verbundbauteile und Bauteile mit Gelenken, | Montage-Spritzgießen |
| - Leichtbauteile, | Thermoplastschaum-Spritzgießen |
| - geringere Anzahl an Verfahrensschritten. | Direktverarbeitungsverfahren |

Erläutern Sie den Prozessverlauf beim Spritzstreckblasen.

Herstellung von Preforms

Aufblasen des Preforms direkt nach dem Spritzgießen (Ein-Stufen-Prozess) oder nach erneuter Erwärmung (Zwei-Stufen-Prozess)

Welche Unterschiede gibt es zwischen dem Extrusionsblasformen und Streckblasformen?

Spritzstreckblasformen hat höhere Druckfestigkeit, formt exakter Konturen in Gewinde- und Hohlkörperbereich ab, ist meist dünnwandiger, aber teurer als Extrusionsblasformen

Verarbeitungstechnik: Verarbeitung von vernetzenden Kunststoffen

Besonderheit von vernetzenden Kunststoffen

Verarbeitungsverfahren mit Besonderheiten

Anwendungsgebiete der Verarbeitungsverfahren

Nennen Sie fünf Besonderheiten von vernetzenden Kunststoffen.

- gutes elektrisches Isolationsvermögen
- hohe Festigkeit, Steifigkeit und Oberflächenhärte bei Duromeren
- außerordentliche Dehnfähigkeit bei Elastomeren
- hohe Dimensionsstabilität, kleiner thermischer Ausdehnungskoeffizient
- hohe Temperatureinsatzgrenzen (für Kunststoffe)
- hohe Medienbeständigkeit, keine Spannungsrißkorrosion
- günstiges Brandverhalten ohne Flammschutzmittel
- Sicherheitsreserven bei Temperaturspritzen

Erklären Sie die Hauptunterschiede beim Spritzgießen von Thermoplasten und von vernetzenden Kunststoffen.

Schnecke gekühlt, Werkzeug beheizt, Dauer, mehr Abfall, anderes

Ausgangsmaterial, heiße Schneckenspitze, längere Berührung von Schneckenspitze mit Werkzeug unproblematisch

Skizzieren Sie den Spritzgießzyklus für vernetzende Formmassen.

Was ist der Unterschied zwischen einem Tauchkantenwerkzeug und einem Überlaufwerkzeug?

Auf welche Weise können die Eigenschaften von Polyurethanen beeinflusst werden?

- Grundkomponenten
- Hilfs- und Zusatzstoffe
- Art des Schäumprozesses
- (- Temperatur)

Wann werden offene bzw. geschlossene Werkzeuge beim RIM-Prozess eingesetzt?

Verarbeitungstechnik: Einführung in die Technologie der Faserkunststoffverbunde

*verschiedene Halbzeuge unterscheiden, Weiterverarbeitung beschreiben
Anwendungsfall und geeignetes FKV-Herstellungsverfahren zuordnen*

Welchen Nachteil haben die relativ einfachen Verfahren Handlaminieren und Faserspritzen?

- keine großen Stückzahlen
- Prozessstabilität

Nennen Sie je zwei Vorteile von SMC und GMT.

Vorteile von SMC:

- + Höhere Steifigkeit
- + Temperaturbeständigkeit

Vorteile von GMT:

- + etwas leichtere Bauteile
- + geringere Materialkosten

Welche Bedeutung hat die In-situ Polymerisation in der Pultrusion von endlosfaserverstärkten Thermoplasten?

Es ist wichtig vorher Monomer zu haben, um Fasern zu durchtränken (-> Düninflüssigkeit)

Geben Sie je einen Vorteil von duromeren und thermoplastischen Prepregs an.

Thermoplastische Prepres
+ Lagerung unproblematisch

Duromere Prepregs
+ bessere mechanische Eigenschaften im Bauteil

Beschreiben Sie zwei unterschiedliche Harzinjektionsverfahren!

Resin-Transfer-Molding (RTM)	- Halbzeug einlegen und vorkomprimieren (Komprimierung des Halbzeugs erfolgt vor der Imprägnierung) - Harzinjektion - Werkzeug aufheizen/Aushärtung (Aushärtung des Duromers ("Harz") im Werkzeug) - Bauteil entnehmen und Werkzeug abkühlen
Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)	- Fließhilfe sorgt für Harzfluss in horizontaler Richtung - Anschließend harzfluss in Dickenrichtung - Geeignet für wenige große Bauteile, bei denen sich Werkzeuge nicht lohnen (z.B. Tragflächen)

Benennen Sie zwei Vor- und Nachteile in der Herstellung dreidimensionaler Strukturen!

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| + höherer Faseranteil | - Geometrie eingeschränkt |
| + ideale Faserorientierung im Bauteil | - sehr lange Prozesszeit |

Verarbeitungstechnik: Einführung in die Weiterverarbeitung

Verfahrensschritte des Thermoformens erklären

Thermoformen gegenüber anderen Formgebungsverfahren abgrenzen

Verfahren der mechanischen Bearbeitung benennen

Anwendung der mechanischen Bearbeitung an Beispielen aufzeigen

verschiedene Fügeverfahren abgrenzen

Verfahrensschritte der Fügeverfahren erklären

Gründe für die Oberflächenbehandlung aufzeigen

Verfahren der Oberflächenbehandlung erläutern

Überlegen Sie sich jeweils zwei Vor- und Nachteile, die eine Erwärmung des Halbzeugs mittels Kontaktheizung bzw. Strahlungsheizung mit sich bringen könnte.

Kontaktheizung: kein Durchhängen, sehr effizient; Oberflächengüte beeinträchtigt, lange Erwärmzeiten bei hohen Dicken

Strahlungsheizung: durchwärmt besser (IR geht in die Tiefe), kürzere Aufwärmzeit; viel Wärmeverlust, schlechter steuerbar

Worin liegt der Unterschied, ob beim Thermoformen mittels Vakuum oder mittels Druckluft ausgeformt wird?

Mittels Druckluft können höhere Kräfte aufgebracht werden. Beim Ausformen mittels Vakuum schließt die Folie besser ab.

Welchen Vorteil, welchen Nachteil hat die Inline-Produktion?

+ Energetischer Vorteil

- Eingreifen in den Prozess ist schwieriger (bei Problem muss bspw. Extruder gestoppt werden)

Mit welchem Verfahren wurde der linke, mit welchem der rechte Becher hergestellt?
Begründen Sie Ihre Antwort kurz.

rechter Becher: Spritzgießen

linker Becher: Thermoformen

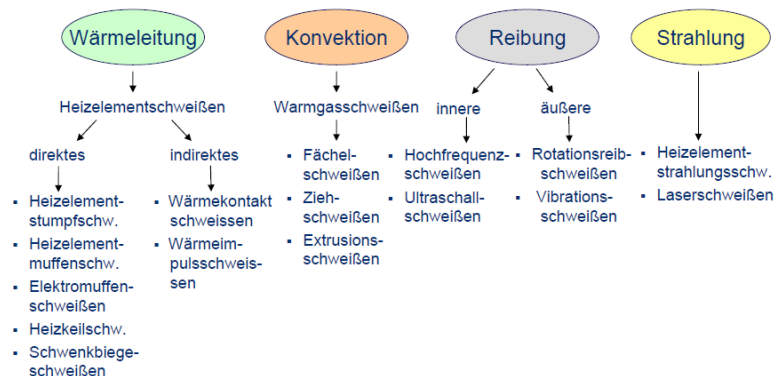


Begründung: Rand des rechten Bechers über Thermoformen nicht möglich

Bei welchen Anwendungen kann eine mechanische Bearbeitung von Kunststoffteilen notwendig sein?

- Zuschneiden von Halbzeugen (z.B. für das Thermoformverfahren)
- Nachbearbeitung von Formteilen (z.B. Entgraten, Bohren)
- Herstellung massiver Bauteile (z.B. Modellbau, Zahnräder)
- Herstellung von Probekörpern für die Schadensanalyse

Nach welchen Wärmeübertragungsarten lassen sich Schweißverfahren für Kunststoffbauteile einteilen? Geben Sie jeweils ein Beispielfahrer an.



Ultraschallschweißen und Vibrationsschweißen zählen zu den Reibschweißverfahren. Erläutern Sie den Unterschied bei der Wärmeerzeugung in der Schweißnaht.

Ultraschallschweißen: Durch innere Dämpfung wird der eindringende Schall in Wärme umgewandelt ➡ innere Reibung (auf molekularer Ebene)

Vibrationsschweißen: Erwärmung durch Reibbewegung ➡ äußere Reibung

Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen mechanischer und spezifischer Adhäsion.

mechanische Adhäsion: Verklammerung

spezifische Adhäsion: Haftung durch Ausbildung zwischenmolekularer Kräfte

Erläutern Sie den Begriff "Kaltschweißen".

Kunststoffpolymere werden mithilfe eines flüssigen Schweißmittels an der benetzten Grenzfläche angelöst → ...eine Art des Klebens

"Kunststoffteile zeichnen sich häufig durch eine hohe Funktionsintegration aus."
Begründen Sie diese Aussage am Beispiel von Schnapphaken.

- einfache, rasche und kostengünstige Montage
- Gestalt variier- und anpassbar
- können direkt in das Bauteil integriert werden

Geben Sie drei Verfahren an, die zur Beschichtung von Kunststoffbauteilen eingesetzt werden.

- Bedampfen
- Galvanisieren
- Lackieren
- Bedrucken
- Kaschieren
- Beflocken

Nennen Sie Eigenschaften einer Kunststoffoberfläche, die Sie durch eine nachträgliche Oberflächenbehandlung gezielt verändern können.

Verbesserung hinsichtlich...

- Kratzfestigkeit
- Barrierewirkung
- Benetzbarkeit
- Haptik
- Leitfähigkeit
- Reibung
- Ästhetik

Einführung in das Konstruieren mit Kunststoffen

wichtigste Werkstoffmerkmale von Kunststoffen zu denen anderer Werkstoffe abgrenzen

Beispiele für die Gestaltungsfreiheit bei Kunststoffbauteilen nennen

Ursachen für Verzug, Einfallstellen und Lunkern erkennen und vermeiden

verarbeitungstechnische Besonderheiten der Kunststoffe erklären

konventionelle sowie kunststoffgerechte Auslegungskriterien anwenden

Welche Werkstoffeigenschaft macht Kunststoffe attraktiv für Anwendungen im Leichtbau?

- sehr geringe Dichte (0,8 bis 2,2 g/cm³)
- erlaubt Produkte mit geringen Massendichten (Gewichtskraft, Trägheitskraft)

In welchen Anwendungen können Kunststoffe als Dämm- oder Isolationswerkstoffe eingesetzt werden? Welche jeweiligen Eigenschaften sind hierfür maßgeblich?

- geringe Wärmeleitfähigkeit erlaubt Wärmeisolation
- niedrige elektrische Leitfähigkeit erlaubt elektrische Isolation
- hohe innere Dämpfung erlaubt Dämpfung von Schall und Vibrationen

Andere Wort: Elektrische- und thermische Schalldämmung

Welchen Einfluss hat die Temperaturbeständigkeit von Kunststoffen auf die Wirtschaftlichkeit der Kunststoffverarbeitung?

Hohe Temperaturbeständigkeit heißt geringer Energieeinsatz bei der Produktion.
Geringe Temperaturbeständigkeit heißt Umformung und Urformung bei geringer Energieeinsatz und geringe Schmelztemperatur.

Nennen Sie drei verschiedene für Kunststoffbauteile typische Funktions- oder Konstruktionselemente!

Schnapphaken, Filmscharnier, Schraubdom

Wie wird das Anbringen von Funktionselementen aus Kunststoff an ein metallisches Trägerbauteil bezeichnet?

Outserttechnik

Welche Art von Verbindungstechnik ist typisch für Kunststoffe und kommt ohne zusätzliche Verbindungselemente aus?

Schnapphaken

Wofür werden Rippen in Kunststoffbauteilen eingesetzt?

Erhöhung der Steifigkeit

Erhöhung der Trägheitsmoment

Auf welcher Grundlage beruht die Versteifungsfunktion von Rippen?

Das Flächenträgheitsmoment erhöht sich mit steigendem Abstand des Schwerpunktes zur Drehachse (Steiner-Anteil)

Sind Rippen in einem Kunststoffbauteil ein teures Gestaltungselement? Begründen Sie!

Nein. Rippen können direkt im Urformprozess geformt werden. Es wird Material gespart (geringere Wandstärken bei gleicher Steifigkeit) und die Kühlzeiten sind geringer.

Welche anderen Versteifungsmaßnahmen neben Rippen kennen Sie?

Wölbungen, geschlossene Hohlprofile, abgestufte Zonen

Wodurch kommt es zu Bauteilverzug?

Ungleichmäßiges Abkühlen führt zu unterschiedlich starker Schwindung und dies zu Verzug.

Welche verschiedenen Ursachen für eine lokal unterschiedliche Abkühlung kennen Sie?

Geometrische Ursache: Bei Eckenverzug kühlt Außenecke schneller (hat zweiseitigen Kontakt zum Werkzeug)

inhomogene Kühlung: Schlecht verteilte Kühlbohrungen oder große Waddickenunterschiede

Welche Art von Bauteilbelastung tritt auf, wenn Verzug durch z.B. eine geringe Ausstoßtemperatur unterbunden wird?

Eigenspannungen bleiben (=Vorbelastung des Bauteils)

Weshalb sind Massenanhäufungen bei Spritzgießbauteilen unerwünscht?

Schlechter Wärmeabtransport, es kann zu Einfallstellen und Lunkerbildung kommen

Was muss auf der Rückseite von Rippen beachtet werden?

Möglicherweise entstehen Einfallstellen auf der Rückseite des Rippenfuß

Wie kann man diese Erscheinung reduzieren?

Rippendicke < Wanddicke, Kaschieren durch Ziernuten/Struktur

Welche konstruktiven Maßnahmen kann man ergreifen, um Schraubdomen werkstoffgerecht mit dem Bauteil zu verbinden?

Schraubdomen können über Stege mit dem Bauteil verbunden werden
(Massenanhäufung vermeiden!)

Aus welchem Grund sollten Fließwege bei Spritzgießbauteilen kurz gehalten werden?

Lange Fließwege benötigen hoher Druck.

Welchen Einfluss hat die Wanddicke auf die Kühlzeit eines Bauteils?

Die Wanddicke nimmt quadratisch mit der Kühlzeit zu.

Wie wirken sich Hinterschneidungen am Bauteil auf die Produktionskosten aus?

Mit Schieber arbeiten(aber teuer) oder mit Zwangentformung.

Wie lassen sich Entformungskräfte gering halten?

Formschrägen erleichtern den Teileauswurf und verringern den Werkzeugverschleiß.
Die Entformungskräfte sind somit reduziert.

Welche drei Herangehensweisen für eine rechnerische Auslegung kennen Sie?

Biegebalken, empirische Methode, analytische Methode, FEM

Auf welche mechanischen Größen kann die Auslegung sich beziehen?

Spannung, Dehnung

Welche ist kunststoffgerechter - die spannungs- oder die dehnungsbezogene Auslegung?

Die Dehnungsbezogene Auslegung

Was sind die allgemeinen Richtlinien für die Gestaltung von Spritzgießprodukten?

- Werkstoffgerechte Konstruktion:
 - Gleiche Wanddicke vorsehen
 - Massenanhäufungen vermeiden (Abkühlen und Schwindung gleichmäßig, Vermeidung von Lunkern und Verzug)
 - Kraftaufnahme so gestalten, dass Spannungsspitzen vermieden werden

Rippen spritzgießrecht gestalten (Einfallstellen auf Rückseite vermeiden)
Großflächige ebene Fläche vermeiden um Verwerfungen zu reduzieren
Gewinde/Formteile spritzgießgerecht gestalten um Nachbearbeitung zu vermeiden.

- Fertigungsgerechte Konstruktion:
Wanddicke gering wie möglich, um eine geringe Zykluszeit zu realisieren
Ecken und Kanten mit Radien versehen
Ausreichende Konizitäten vorsehen für gute Entformung
Hinterschneidungen vermeiden für möglichst einfaches Werkzeugkonzept
Positionierung des Angusses beachten, um wenige Bindenähte, geeignete Orientierung und gleichmäßige Fließwege zu erreichen.
- Beanspruchungsgerechte Konstruktion:
Gleiche Lasteinleitung vorsehen, Kerbspannungseffekte durch scharfe Kante vermeiden
Hohe Flächenträgheitsmoments über Rippen
Auslegung bevorzugt mit analytischen und empirischen Methoden
Bevorzugt Dehnungsbezogene Auslegung
Zulässige Belastung hoch als auftretender Belastung.

Kunststoffe und Umwelt

*Mengenanteile von Kunststoffen in Abfallströmen einschätzen
beurteilen, wie schädlich Kunststoffe für den Menschen sein können
Begriffe bioabbaubare und biobasierte Kunststoffe unterscheiden
beschreiben, wo und wie Kunststoffe zur Ressourceneinsparung beitragen*

Wieviel Prozent Kunststoff im deutschen Haushaltsabfall wird verwertet?
99%

Was versteht man unter Primärenergieträgern und Sekundärenergieträgern?
Primär: Erdöl, Erdgas, Kohle
Sekundär: Kunststoffe (allg Stoffe, die erst nach einem „anderen Leben“ verwertet werden)

Was können Sie gegen die Umweltverschmutzung tun?
Nicht selbst Kunststoffhaushaltsabfälle entsorgen (Bsp.: Brennen)

Abfälle abtrennen und in entsprechende Müllabfall entleeren

Welche Substanzen sind in der Lage aus einem Kunststoff zu migrieren? Welche können nicht migrieren und warum nicht?

Aufgrund Ihrer Gewichtsmassen werden Polymere nicht in der Lage zu migrieren ($>1000 \text{ g/mol}$). Monomere dagegen migrieren leichter

Alles $<1000 \text{ g/mol}$ kann migrieren (Monomere, Alterungsprodukte, Weichmacher)
Polymere ($>1000 \text{ g/mol}$) migrieren nicht.

Welchem Stofftransportprozess liegt die Migration zu Grunde?

Diffusion

Welche Parameter beeinflussen die Migration von Stoffen aus einem Kunststoff?

Temperatur, Zeit, Diffusionskoeffizient, Löslichkeit

In welche zwei großen Gruppen kann man die Biokunststoffe unterteilen?

Biobasiert und bioabbaubar

Was bedeutet biobasierter Kunststoff, welchen gesellschaftlichen Nutzen bietet dieser?

Hergestellt aus nachwachsenden Rohstoffen → Unabhängigkeit von Öl

Was bedeutet bioabbaubarer Kunststoff, welchen gesellschaftlichen Nutzen bietet dieser?

Alternativer Entsorgungsweg

Sind Biopolymere direkt nach der Synthese als Werkstoff nutzbar?

Nein, sie müssen wie alle Kunststoffe erst aufbereitet werden.

Sind Biokunststoffe = Biopolymere? Begründe!

Nein, meist werden Polymerblends hergestellt. Biokunststoffe = (BP + Zusatzstoffe)

Nennen Sie vier Beispiele für Anwendungen von Biokunststoffen. Welche "Bio"-Eigenschaft wird jeweils genutzt?

Ackerfolien und kompostierbare Netze – bioabbaubar

Lebensmittelverpackungen und Kosmetikanwendungen- biobasiert

Welche Primärenergieträger werden durch Dämmstoffe aus Kunststoff meist eingespart?

Heizöl, Erdgas

Erläutern Sie den Unterschied zwischen Carbon-Footprint und LCA eines Produktes.
Benennen Sie einen wesentlichen Vorteil des Carbon-Footprints.

Carbon-Footprint: 1 Zahl

LCA: mehrdimensional, mehrere Einflussfaktoren → Bericht

Nennen Sie Beispiele aus der regenerativen Energieerzeugung, bei denen
Polymere/Kunststoffe unersetzbar sind.

Windkraftanlagen, Brennstoffzelle mit Polymermembran