



Polymertechnik

Thermoplaste, thermoplastische Elastomere, Duromere und Elastomere

Teil 2 Eigenschaften und Anwendung der Polymere

Thun, Oktober 2019

KPwB Krebs Polymerwerkstoff-Beratung
Talackerstrasse 55 A
CH-3604 Thun
ckrebs48@bluewin.ch
www.kpwb-krebs.ch

Vorwort

Polymerwerkstoffe sind Werkstoffe, welche in der Technik, aber auch in unserem täglichen Gebrauch immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Dieses Buch soll dem Nichtfachmann die Eigenschaften und Anwendung der Polymerwerkstoffe näherbringen. Die Ausführungen in diesem Buch sind bewusst einfach gehalten, damit jeder in der Technik beruflich Tätige die für ihn nötigen Eigenschaften und Anwendungen der Thermoplaste, thermoplastischen Elastomere, Duromere, Elastomere und Bio-Polymere aus der vorliegenden Broschüre erarbeiten kann. Die Broschüre ist kein Fachbuch für den Spezialisten, sondern ein Lehrbuch für den Anfänger.

Ich bin überzeugt, dem Konstrukteur, aber auch dem Einkäufer ein lehrreiches Buch über ein wichtiges Werkstoffgebiet geschaffen zu haben.

Thun, Juni 2019

Der Verfasser:

Christian Krebs

Einführung

Die Bezeichnung «Polymerwerkstoff» ist heute noch nicht sehr geläufig. Diese Werkstoffe werden im Allgemeinen als Kunststoffe oder Gummi bezeichnet. Im Nachfolgenden werden diese Begriffe nur noch in Ausnahmefällen verwendet. Es werden die korrekten Bezeichnungen verwendet wie:

- Thermoplaste
- Thermoplastische Elastomere
- Duromere
- Elastomere
- Bio-Polymere

Der Polymerwerkstoff ein heute weitverbreiteter, jedoch im Grunde noch recht junger Werkstoff, wird im Allgemeinen zwei Eigenschaften nachgesagt: preisgünstig und leicht. In diesen beiden Begriffen sind eigentlich auch die wichtigsten Unterscheidungen zu den herkömmlichen Werkstoffen (Metalle usw.) beschrieben.

Leicht Die Dichte der meisten Polymerwerkstoffe ist zwischen 0.9 und 1.4 g/cm^3 , also ca. 7-mal leichter als Stahl.

Preisgünstig Durch die geringe Dichte der Polymerwerkstoffe kann mit einer bestimmten Masse mehr Volumen hergestellt werden als bei Metallen. Ebenfalls ist beispielsweise die Schmelztemperatur viel geringer, was jedoch auch eine stärkere Temperaturabhängigkeit dieser Werkstoffe bedeutet

Es werden in diesem Buch die Eigenschaften und die Anwendungen der wichtigsten Polymerwerkstoffen beschrieben.

Die Vorteile aber auch die Nachteile der aufgeführten Polymerwerkstoffe werden dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	3
Einführung.....	4
Einteilung der Polymerwerkstoffe	8
Eigenschaften der wichtigsten Thermoplaste	9
Polymerisate.....	9
Polyolefine.....	9
Polyethylen PE.....	9
Polypropylen PP.....	12
Polybuten (auch Polybutylen genannt) PB.....	14
Polymethyl-Penten PMP.....	15
Styrol-Polymerisate	16
Polystyrol PS.....	17
Styrol-Butadien (schlagzäh modifiziertes PS) SB	19
Styrol-Acryl-Nitril-Copolymere SAN	20
SAN mit Acryl-Ester-Elastomeren ASA.....	21
Acryl-Nitril-Butadien-Styrol ABS	22
Halogenhaltige Vinyl-Polymere	24
Polyvinylchlorid PVC	24
Polyvinylfluorid PVF	28
Polyvinylidenfluorid PVDF	28
Polytetrafluor-Ethylen PTFE	29
Weitere Fluor-Polymere.....	30
Tetrafluor-Ethylen-Hexafluor-Propylen-Copolymerisat FEP	31
Perfluoralkoxy-Copolymerisat PFA.....	31
Ethylen-Tetrafluor-Ethylen-Copolymerisat ETFE	31
Polychlor-Trifluor-Ethylen PCTFE.....	32
Ethylen-Chlor-Trifluor-Ethylen-Copolymerisat ECTFE	32
Acrylpolymere	33
Polymethylmethacrylat PMMA.....	33
Polyacryl-Nitril PAN	35
Polyacetale.....	36
Polyoximethylen POM	36
Lineare Polykondensate	38
Polyamide PA	38
Lineare Polyester	42
Polyethylen-Terephthalat / Polybutylen-Terephthalat PET / PBT	42
Polycarbonat PC	44
Polyetherimid PEI.....	46

Polysulfone + Polyether-Sulfone PSU + PES	47
Polyphenylsulfid PPS	49
Polyphenylenoxid modifiziert PPE / PPO.....	50
Polyether-Ketone.....	51
Polyether-Ether-Keton PEEK.....	51
Lineare Polyaddukte	53
Lineare Polyurethane	53
Thermoplastische Polyurethane PUR.....	53
Modifizierte Naturstoffe	54
Cellulose-Ester CA / CP / CAB	54
Eigenschaften der wichtigsten thermoplastischen Elastomere.....	56
Einteilung der thermoplastischen Elastomere	56
Thermoplastisches Polyurethan-Elastomer TPU	58
Thermoplastisches Styrol-Elastomer TPS	60
Thermoplastisches Oleofin-Elastomer TPO.....	63
Thermoplastisches Kautschukvulkanisat TPV	64
Thermoplastisches Polyamid-Elastomer TPA.....	67
Thermoplastisches Copolyester-Elastomer TPC	69
Eigenschaften der wichtigsten Duromere	71
Vernetzte Polykondensate	71
Phenol-Formaldehydharze PF	71
Aminoplaste	73
Harnstoff-Formaldehydharze UF	73
Melamin-Formaldehydharze MF.....	75
Ungesättigte Polyester UP	76
Vernetzte Polyaddukte.....	78
Epoxidharze EP.....	78
Eigenschaften der wichtigsten Elastomere	81
Einteilung der Elastomertypen	81
Eigenschaften allgemein.....	82
Eigenschaften der wichtigsten Elastomere.....	83
Naturkautschuk NR	83
Styrol-Butadien-Kautschuk SBR.....	84
Butyl-Kautschuk IIR.....	85
Ethylen-Propylen-Dien- und Ethylen-Propylen-Kautschuk EPDM + EPM	86
Hydrierter Acryl-Nitril-Butadien-Kautschuk HNBR.....	90
Chloropren-Kautschuk CR.....	91
Chlor-Sulfonyl-Polyethylen-Kautschuk CSM.....	92
Ethylen-Vinyl-Acetat-Kautschuk EAM.....	93
Fluor-Kautschuk FKM.....	94

Perfluor-Kautschuk FFKM	96
Silikon-Kautschuk SI	97
Polyurethan-Kautschuk AU / EU.....	100
Epichlorhydrin-Kautschuk ECO/CO	101
Phosphor-Nitril-Fluor-Kautschuk PNF.....	102
Übrige Elastomere.....	103
Eigenschaften der wichtigsten Bio-Polymere	105
Übersicht der verschiedenen Bio-Polymere.....	105
Petrochemische Rohstoffe	105
Polyvinylalkohol (PVAL)	106
Polyvinylbutyral (PVB).....	108
Polycaprolacton (PCL).....	109
Biobasierte Polymere	109
Polylactide (PLA).....	109
Bio-Co- und Terpolyester	111
(Bio-)Polyurethane (BIO-PUR)	111
(Bio-)Polyamide (BIO-PA)	112
Polymere aus modifizierten nachwachsenden Rohstoffen.....	112
Stärkepolymere	113
Cellulose Polymere	116
Lignin	116
Pflanzenölbasierte Bio-Polymere.....	116
Chitin, Chitosan.....	117
Casein-Kunststoffe (CS oder CSF).....	118
Gelatine.....	118
Blends	119
Handelsübliche Bio-Polymere	120
Biograde B-M	120
MATER-BI.....	121
Ingeo™ Bio-Polymer 3001D	122
Bio-Flex® F 6513	122
BIOPLAST® 105	123
Literaturangaben (Quellen).....	124
Grundlagen	124
Eigenschaften, Werkstofftabellen usw.	124
Verarbeitung von Polymerwerkstoffen	124
Prüfung von Polymerwerkstoffen.....	125
Bio-Polymere.....	125