



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 296 947 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 08 L 77/00
C 08 L 51/06

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD C 08 L / 343 208 0	(22)	02.08.90	(44)	19.12.91
(71)	siehe (73)				
(72)	Gerecke, Jochen, Dr. Dipl.-Chem., DE; Gruber, Klaus, Dipl.-Chem., DE; Schütz, Ulrich, Dr. Dipl.-Phys., DE; Thiele, Klaus, Dr. Dipl.-Chem., DE; Wulff, Dirk, Dr. Dipl.-Chem., DE; Hofmann, Tatjana, Dipl.-Chem., SU; Häußler, Lutz, Dr. Dipl.-Chem., DE; Brose, Petra, Dipl.-Chem., DE				
(73)	BUNA AG, O - 4212 Schkopau, DE				
(54)	Schlagzähe Polyamid-Formmassen				

(55) Polyamid-Formmassen; Polycapronamid (Poly- ϵ -caprolactam); Poly(hexamethylenadipamid); polyolefinischer Schlagzähmodifikator; ppropfcarboxyliertes Ethylen-Vinylacetat-Copolymeres; Trockenphasenpfpung; Carboxylgruppen-Masseanteil; Gel-Masseanteil; (Kerb-)Schlagbiegefestigkeit; mechanisch-physikalisches Kennwertniveau; Wärmeformbeständigkeit; thermoplastischer Konstruktionswerkstoff

(57) Schlagzähe Polyamid-Formmassen werden durch Zusatz von 3 bis 40 Masseanteilen eines mittels Aufpfropfen von α , β -ethylenisch ungesättigten Mono- oder Dicarbonsäuren bzw. ihren Anhydriden, weiteren carboxylgruppenfreien Comonomeren, auf Ethylen-Vinylacetat-Copolymere mit einem Masseanteil an Vinylacetateinheiten zwischen 5 und 25% (EVAC-5/25) und einem Schmelzindex MFI (190°C, 21,0 N) zwischen 0,1 und 20 g/10 min bei Temperaturen zwischen 40 und 100°C unter Ausschluß wäßriger und organischer Dispergier-, Lösungs- bzw. Verdünnungsmittel hergestellten carboxylierten (Co-)Pfpfproduktes, welches einen Carboxylgruppen-Masseanteil zwischen 0,3 und 8,0%, vorzugsweise zwischen 1 und 3%, sowie einen Gel-Masseanteil zwischen 20 und 90%, vorzugsweise zwischen 35 und 75% besitzt, zu 60 bis 95 Masseanteilen eines teilkristallinen Polyamids, vorzugsweise PA 6 oder PA 6.6 oder PA 6.6/6 bzw. PA 6/PA 6.6-Gemische, erhalten.

Patentanspruch:

1. Schlagzähe Polyamid-Formmassen auf Basis von Mischungen aus 60 bis 97 Massenteilen eines teilkristallinen Polyamids, vorzugsweise PA6 oder PA6.6 bzw. PA 6.6/6 oder PA 6/PA 6.6-Gemische, mit einer relativen Lösungsviskosität zwischen 1,5 und 3,5 und 3 bis 40 Massenteilen eines durch Pfropfung von α,β -ethylenisch ungesättigten Mono- oder Dicarbonsäuren bzw. ihren Anhydriden, einschließlich ihrer Mischungen untereinander sowie mit weiteren carboxylgruppenfreien Comonomeren, bei Temperaturen zwischen 40 und 100°C – unter Ausschluß wäßriger oder organischer Dispergier-, Lösungs- bzw. Verdünnungsmittel – auf Ethylen-Vinylacetat-Copolymere mit einem Massenanteil an Vinylacetateinheiten zwischen 5 und 25% (EVAC – 5/25) und einem Schmelzindex MFI (190°C, 21,0N) zwischen 0,1 und 20g/10 min erhaltenen carboxylierten (Co-)Pfropfproduktes, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein (co-)pfropfcarboxyliertes EVAC – 5/25 mit einem Carboxylgruppen-Massenanteil zwischen 0,3 und 8% sowie einem Gel-Massenanteil zwischen 20 und 90% der Formmasse zugesetzt ist.
2. Schlagzähe Polyamid-Formmassen nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein (co-)pfropfcarboxyliertes EVAC – 5/25 mit einem Carboxylgruppen-Massenanteil zwischen 1,0 und 3,0% sowie einem Gel-Massenanteil zwischen 35 und 75% der Formmasse zugesetzt ist.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft schlagzähe Polyamid (PA)-Formmassen auf der Grundlage von Mischungen aus 60 bis 97 Massenteilen eines teilkristallinen Polyamids, vorzugsweise Polycapronamid (PA6) oder Poly(hexamethylen-adipamid) (PA6.6) bzw. ihren Mischpolykondensaten PA6.6/6 oder PA6/PA6.6-Gemischen, mit einer relativen Lösungsviskosität η_{rel} zwischen 1,5 und 3,5 (nach TGL 20055/01) und 3 bis 40 Massenteilen eines carboxylgruppenhaltigen Ethylen-Vinylacetat-Copolymerisates der massenmäßigen Zusammensetzung 5 bis 25% Vinylacetateinheiten (VAC)/95 bis 75% Ethyleneinheiten als Schlagzähmodifikator, die auf Grund ihrer verbesserten mechanisch-physikalischen und thermischen sowie Verarbeitungseigenschaften für eine Vielzahl von Anwendungen als technische Kunststoffmasse eingesetzt werden können.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Polyamide (PA) haben als technische Konstruktionswerkstoffe breite Anwendung gefunden (G. Blinne u. E. Priebe, *Kunststoffe* 77 [1987] 10, S. 988–993).

Mengenmäßig nehmen dabei die teilkristallinen PA6 und PA6.6 eine Spitzenstellung ein. Auf Grund ihrer hohen Sprödigkeit im trockenen (spritzfrischen) Zustand werden sie einer gezielten Wasserbehandlung, der sogenannten Konditionierung, unterworfen oder – zwecks Begrenzung der mit zunehmender Wasseraufnahme verbundenen drastischen Abnahme der Festigkeit, Steifigkeit sowie der Dimensionsstabilität der gespritzten Formteile – günstigerweise mittels Zusatz geeigneter Elastomere (hoch-)schlagzäh ausgerüstet (B. Brassat u. W. Nielinger, *Kunststoffe* 71 [1981] 3, S. 172–177; P. Lohe u. J. Arndt, *Kunststoffe* 78 [1988] 1, S. 49–52; G. Blinne, H. G. Dorst u. C. Plachetta, *Kunststoffe* 78 [1988] 7, S. 612–616).

Außer einer gegenüber den Polyamiden wesentlich niedrigeren Glasübergangstemperatur T_g müssen die elastomeren Modifikatoren innerhalb des Polymerverbundes gut haften.

Auf Grund ihres zähelastischen Verhaltens und einer niedrigen Glasübergangstemperatur sind besonders (poly-)olefinische Elastomere als witterungsbeständige (doppelbindungsfreie) Modifizierungsmittel, denen entweder mittels direkt ein- bzw. aufpolymerisierter (gepfropfter) polarer (hydroxyl-, carboxyl-, dicarbonsäureanhydrid-, carboxylat- oder estergruppenhaltiger) Comonomereinheiten in der Haupt- bzw. Seitenkette (Pfropfreiser) oder durch zusätzlich hinzugefügte Komponenten mit polaren Comonomereinheiten, wie z. B. α -Olefin-(Di-)Carboxylsäure(anhydrid)-Copolymere, eine ausreichende bzw. erhöhte Haftfestigkeit gegenüber der PA-Matrix vermittelt wird, geeignet.

(S. Cartasegna u. W. Heider, *Gummi Fasern Kunststoffe* 41 [1988] Heft 3, S. 110–119; ebenda Heft 5, S. 224–226).

Bekannt als elastifizierender Modifikator ist die Verwendung von EVAC mit Massenanteilen an copolymerisierten Vinylacetat (VAC)-Einheiten zwischen 5 und etwa 60% sowie T_g -Werten unterhalb 0°C und mit unterschiedlichem Schmelzindex (Vernetzungsgrad) (L. D. Orazio und Mitarb., *J. Mater. Sci.* 21 [1986], S. 983; ebenda 22 [1987], S. 429; E. P. 228 229; DD 834 63, DD 248 368).

Auch in seiner hydrolysierten Form (EVAL) – für den vorgesehenen Einsatz als reaktive elastifizierende Komponente gegenüber dem Matrixmaterial mit einem im allgemeinen hohen Verseifungsgrad „eingestellt“ (DE 3624577, DE 3637446, FR 2586027, JA 62.13449) – wird EVAC in PA-Formmassen verwendet.

Als zusätzliche Komponente in zumeist geringerer Konzentration gegenüber anwesenden elastifizierenden EVAC, die im wesentlichen der Verbesserung der Kompatibilität bzw. der Haftfestigkeit zwischen harter und weicher Polymerphase dient, können α -Olefin-Dicarboxylsäureanhydrid-Copolymere (DD 228 286, 228 287, 228 288, 228 289, 228 290; DD 206 784, DD 244 141, DD 161 134, 161 135, 161 136, DD 248 368) bzw. auch α -Olefin-Maleinsäureanhydridhalbester-Copolymere (DD 228 289) mit in die Schmelzmischung eingearbeitet werden. Hinsichtlich chemischer bzw. physikalischer Konstitution der Elastifizierkomponente EVAC kann diese in verseifter (DD 109 884, DD 120 657, DD 228 288) oder auch – durch Behandlung mit Natriumalkoholat – in vernetzter Form (DD 228 286, DD 248 368) vorliegen.

Weiterhin können als Mischungs- und Verarbeitungshilfsmittel oxidierte Polyolefin(wachse) (DD 228 288, DD 120 657, DD 234 684) hinzugefügt werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die EVAC-Modifizierung zwar eine Schlagzähigkeitsverbesserung bringt, aber die Kerbschlagbiegefestigkeit – sowohl für den Wert bei Raumtemperatur als auch für Werte bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes – nur bedingt höheren Einsatzanforderungen entspricht, welche auch durch Zusatz von Ethylen (oder Propylen)/Maleinsäure- (oder Itaconsäureanhydrid)-Copolymere nicht im ausreichenden Maße erreicht werden (DD 161136, DD 248368). Bekannt ist auch die Verbesserung der (Kerb-)Schlagbiegefestigkeiten in einem breiteren Temperaturbereich auf der Grundlage des alleinigen Zusatzes von Olefin (Ethylen- und/oder Propylen)/ α,β -ethylenisch ungesättigte(s) (Di-)Carbonsäure(anhydrid)-Co- bzw. Terpolymere in PA-Formmassen (DE 2245957, DE 3444096; DE 3604308, DE 3604376; US 4172859; US 4346194, US 4478978; EP 234819; FR 2580656; GB 998439; JA 5991148, JA 6215258).

Analog werden in teilkristallinen PA-Formmassen auch „carboxylierte“ EVAl- bzw. EVAC-Produkte, wie EVAl-Methacrylsäure- und EVAl-Glycidylmethacrylat-Terpolymere (US 4595730), ein EVAC-Acrylsäure-Terpolymer (L. D. Orazio, J. Mat. Sci. 22 [1987], S. 429) sowie Terpolymerisate auf Basis von Ethylen-Acrylat-Maleinsäureanhydrid bzw. Methacrylsäure (DE 3711730, WO 88/03543, WO 86/06397, US 4174358) eingesetzt.

Auch Schmelzmischungen aus Styren-Acrylsäure (Maleinsäureanhydrid)-Copolymerisaten (St/AS [MSA]-CP), EVAC-AS (MSA)-Terpolymeren und PA6 bzw. PA6.6 sind bekannt (DE 3604348, DE 3604376).

Eine Reihe von Co- und Terpolymerisaten kann für verschiedene Verwendungszwecke durch Metallionen neutralisiert werden (US 3845163, US 4172859, US 4412040, US 4478978). Die mittels Co- bzw. Terpolymerisation einer Mischung aus einem Olefin(gemisch), Carboxylmonomer und gegebenenfalls einer weiteren dritten bzw. vierten ethylenisch ungesättigten Verbindung (Methacrylat, Acrylat, VAC und andere Vinylmonomere) direkt in einer Polymerisationsstufe erhaltenen Polymerprodukte sind als Schlagzähmodifikatoren – ohne weiteren Zusatz einer haftverbessernden Komponente – einsetzbar. Im Unterschied dazu können durch eine zusätzliche Propfpolymerisationsstufe von ungesättigten Carbonsäuren bzw. von Anhydriden α,β -ungesättigte Dicarbonsäuren, wie MSA, auf ein olefinisches Rückgratpolymer PA-Schlagzähmodifikatoren mit gleicher bzw. ähnlicher Bruttozusammensetzung aber – auf Grund einer gezielten Seitenketten-Carboxylgruppenausrüstung – mit einem höheren Haftfestigkeitsvermögen erhalten werden (E. P. 266221, US 4602058; DE 2420942, JA 6296551, JA 62138228, JA 62243646; E. P. 82704, DE 3545033).

Als Rückgrat-Polyolefine finden vor allem isotaktische Polypropylene (E. P. 235876, WO 88/02387, WO 88/06174; JA 6259652, JA 6259653) und Ethylen- α -Olefin(vorzugsweise Propylen)-Co- bzw. Terpolymere, insbesondere EPM und EPDM, Verwendung (E. P. 235876, E. P. 266221; JA 62177065, JA 62179546, JA 6243456).

Auch die Kombination aus den beiden Produktklassen, carboxylgruppenhaltigen Olefincopolymeren und carboxylierten polyolefinischen Pfropfcopolymeren, ist bekannt (JA 6211761, JA 6279260).

Generell erfolgt das Aufbringen der Carboxylgruppen bzw. Säureanhydridgruppen auf das olefinische Rückgratpolymer durch Schmelzpfropfung in einem Knet- oder Extruder, ohne speziell auf die Verwendung von EVAC als Pfropfgrundlage (Rückgrat) bzw. von schmelzgepfropften(carboxylierten) EVAC-Produkten als Schlagzähkomponente für PA zu verweisen (E. P. 286734, E. P. 235876, E. P. 82704, E. P. 266221; WO 88/06174, JA 6384/64).

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist die Herstellung von mittels carboxylierter EVAC-Produkte ausgerüsteten Formmassen mit verbessertem Schlagzähverhalten auf Basis teilkristalliner Polyamide als Matrixpolymere.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, schlagzähe Polyamid-Formmassen auf der Grundlage von Mischungen aus 60 bis 97 Massenteilen eines teilkristallinen Polyamids, vorzugsweise PA6, PA6.6, PA6.6/6 oder PA6/PA6.6-Gemische, mit einer relativen Lösungsviskosität η_{rel} zwischen 1,5 und 3,5 und 3 bis 40 Massenteilen eines durch Pfropfung von α,β -ethylenisch ungesättigten Mono- oder Dicarbonsäuren bzw. ihren Anhydriden, einschließlich ihrer Mischungen untereinander sowie mit carboxylgruppenfreien Comonomeren, bei Temperaturen zwischen 40 und 100°C – unter Ausschluß wäßriger oder organischer Dispergier-, Lösungs- bzw. Verdünnungsmittel – auf Ethylen-Vinylacetat-Copolymere mit einem Massenanteil an Vinylacetateinheiten zwischen 5 und 25% (EVAC – 5/25) und einem Schmelzindex MFI (190°C, 21,2N) zwischen 0,1 und 20 g/10 min erhaltenen carboxylierten (Co-)Pfropfproduktes zu entwickeln, die auf Grund ihres verbesserten Eigenschaftsniveaus als technischer Thermoplastwerkstoff für ein breites Verarbeitungs- und Anwendungsgebiet eingesetzt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein (co-)pfropfcarboxyliertes EVAC – 5/25 mit einem Carboxylgruppen-Massenanteil zwischen 0,3 und 8% sowie einem Gel-Massenanteil zwischen 20 und 90% der Formmasse zugesetzt ist.

Bevorzugt wird als gut „haftender“ Schlagzähmodifikator (co-)pfropfcarboxyliertes EVAC – 5/25 mit einem Carboxylgruppen-Massenanteil zwischen 1,0 und 3,0% sowie einem Gel-Massenanteil zwischen 35 und 75% der Formmasse zugesetzt.

Die durch Schmelzmischung beider Formmassenhauptbestandteile unter definierten Temperatur- und Scherbedingungen (Schmelzknet- oder DS-Extruder) verarbeitungsfähigen erhaltenen Granulate können besonders mittels umfassender Nutzung der Spritzgußtechnologie – in Abhängigkeit vor allem vom mengenmäßigen Anteil sowie der Art

(Carboxylgruppenkonzentration und gepfropfte Monomergesamtmassen) des Modifikators von erhöht schlagzäh bis hochschlagzäh für einen breiteren Temperaturbereich – dem jeweiligen Anwendungsgebiet angepaßt werden.

Die als Schlagzähmodifikatoren fungierenden (Co-)Pfropfpolymere werden durch radikalische Pfropfung oder Copfropfung von AS, MSA, gegebenenfalls unter Zusatz eines weiteren Vinylmonomeren ohne Carboxyl- bzw.

Dicarboxylsäure(anhydrid)gruppe, wie Styren (St) und dessen Derivate/Homologe, ferner (Meth-)Acrylate bzw.

(Meth-) Acrylnitril (AN), auf EVAC – 5/25 (mittlerer Teilchendurchmesser zwischen 0,05 bis 0,5 mm) in trockener Phase, d. h.

unter Ausschluß flüssiger Lösungs-, Dispergier- und Verdünnungsmittel, einschließlich der Polymerschmelze selbst, erhalten.

Als bevorzugte radikalische organische Initiatoren werden bekannte Diacylperoxide und Dialkylperoxidcarbonate mit 10-Stunden-Halbwertszeiten (10h-HWT, gemessen in 0,1 m Benzollösung) zwischen 40 und 75°C sowie in einer auf die vorgelegte Gesamtmonomermasse bezogenen Konzentration von vorzugsweise 10 bis 40% eingesetzt.

Als äußerst wirksame Schlagzähmodifikatoren haben sich erwiesen:

- und P [EVAC – 5/25 – g – AS]
 und P [EVAC – 5/25 – g – MSA],
 P [EVAC – 5/25 – g – (As-co-MSA)],
 P [EVAC – 5/25 – g – (AS-co St)]
 und P [EVAC – 5/25 – g – (AS/MSA/St)].

Die Modifikatoren mit obengenannten (erfindungsgemäßen) Carboxylgruppenkonzentrationen innerhalb des „einzustellenden“ Kennwertes weisen Werte für den sog. Gel-Massenanteil (m_{Gel}), der als prozentualer Lösungsrückstand unter definierten Bedingungen (2 g Produkteinwaage in 100 ml Xylen nach 12stündiger Behandlung unter Rückfluß) zu verstehen ist, zwischen 30 und 80% sowie Schmelzindices MFI (190°C, 212 N Auflagegewicht; TGL 25 244) innerhalb des Bereichs von praktisch „nicht meßbar“ (n. m.) bis ca. 30 g/10 min auf.

Der auf die gesamte Ppropfproduktmasse bezogene Carboxylgruppen-Massenanteil ($[-\text{COOH}]$) wird durch eine alkalische Titration unter Verwendung entsprechender normaler Lösungen (KOH, HCl – Zurücktitration) – gepropftes Maleinsäureanhydrid (MSA) liegt unter diesen Bedingungen in hydrolysierte Form vor – ermittelt.

Ausführungsbeispiele

In einem Doppelschneckenextruder wird mittels Temperaturprogramm $T_1/\dots/T_6 = 220/220/210/210/210/220^\circ\text{C}$ und einer Schneckendrehzahl von 150 U/min eine Formmasse (Granulat) auf der Basis von Zusammensetzungen aus 60–95 MT PA 6 (relative Viskosität $\eta_{\text{rel}} = 2,3$, MFI [240°C u. 49 N Auflagegewicht] = 45,5 g/10 min) oder

PA 6.6 ($\eta_{\text{rel}} = 2,8$, MFI = 32,6 g/10 min) mit den in Tab. 2 (Ild. Nr. Vgl. 01 u. 02) mechanisch-physikalischen und thermischen Kennwerten sowie

15–40 MT carboxyliertes EVAC – 15 bzw. EVAC – 18 (mit den in Tab. 1 angegebenen Produktparametern) hergestellt, die anschließend auf einer Spritzgießmaschine des Typs Kuasy 150/50 (Werkzeug: beheizte Verschlußdüse, Temperaturprofil: 220/230/240/240°C, Werkzeugtemperatur: 80°C, Spritzdruck: 44 MPa) zu ISO-Prüfkörpern in den Abmessungen 80 mm × 10 mm × 4 mm verarbeitet werden.

Zur Gegenüberstellung mit den eingesetzten erfindungsgemäßen in Tab. 1 aufgeführten Modifikatoren (Ild. Nr. 1 bis 6) werden nachfolgende bekannte bzw. Vergleichsmodifikatoren verwendet:

- unmodifiziertes EVAC – 18
 (VAC-Gehalt: 18,2%, $\overline{M}_n/\overline{M}_w$: 29 200/177 000, MFI [190°C, 21,2 N]: 1,87 g/10 min, Dichte: 0,937 g/cm³)
 (Vgl. Nr. 7)
- unmodifiziertes EVA – 15
 (VAC-Gehalt: 15,3%, $\overline{M}_n/\overline{M}_w$: 13 000/141 000, MFI [190°C, 21,2 N]: 3,6 g/10 min, Dichte: 0,934 g/cm³)
 (Vgl. Nr. 8)
- unmodifiziertes EVAC – 35
 (VAC-Gehalt: 35%, MFI [190°C, 21,2 N]: 2,8 g/10 min, Dichte: 0,949 g/cm³)
 (Vgl. Nr. 9)
- unter Verwendung von 0,3% MSA bzw. 2,5% MSA oder 0,5% AS/0,5 Styren (St) als Propfmonomere, Di-tert.-butylperoxid als Initiator sowie EVAC – 35 (35% VAC), als Rückgratpolymer in der Schmelze (zwischen 165 und 200°C im DS-Extruder) hergestellte Schmelz-(Co-)Propfprodukte (Vgl. Nr. 10 bis 12)

Tabelle 1

Verwendete carboxylierte EVA-Modifikatoren, einschließlich Vergleichsmodifikatoren unter Verwendung verschiedener EVA-Rückgratpolymerer (Hochdruckpolymerisations- EVAC – 15 -EVAC – 18, -EVAC – 35) sowie Dilauroylperoxid (DLPO) als Initiator für die Pulverphasenpfpung (Ild. Nr. 1–6)

Lfd.	100 MT EVAC	Modifikator-Herstellung				Modifikator-Kennwerte			
		Ppropfmonomer-Vorlage (MT)			Init.	T_{opt}	$[-\text{COOH}]$	m_{Gel}	MFI (190°C, 212 N)
		AS	MSA	St/AN	(MT)	(°C)	(%)	(%)	(g/10 min)
1.	EVAC – 15	3,3	1,7	–	1,0	70	2,81	55,3	10,2
2.	EVAC – 15	5,0	2,5	–	1,0	70	4,31	71,3	n. m.
3.1.	EVAC – 18	2,5	–	–	1,0	70	1,87	65,2	n. m.
3.2.	EVAC – 18	2,5	–	–	0,5	70	1,21	38,2	3,6
4.	EVAC – 18	–	2,5	–	1,0	70	1,64	52,0	0,6
5.	EVAC – 18	5,0	–	5,0 St.	1,0	70	2,52	66,5	5,4
6.	EVAC – 18	1,7	–	3,3 AN	1,0	70	1,06	30,2	7,8
Vgl. 7	EVAC – 18	–	–	–	–	–	–	0,2	22,5
Vgl. 8	EVAC – 15	–	–	–	–	–	–	0,3	25,3
Vgl. 9	EVAC – 35	–	–	–	–	–	–	0,0	2,8
Vgl. 10	EVAC – 35	–	2,5	–	0,2	165	2,50	0,0	8,8
Vgl. 11	EVAC – 35	–	0,3	–	0,02	200	0,22	0,0	12,8
Vgl. 12	EVAC – 35	0,5	–	0,5 St	0,05	190	0,19	0,1	6,7

Die Prüfkörper werden hinsichtlich

- Schlagbiege- und Kerbschlagbiegefestigkeit a_n und a_k bei +23 und –20°C (TGL 14 068/ a_n , 23°C: sämtliche Prüfkörper – 100% ohne Bruch)
- Zugfestigkeit σ_s
(50 mm/min; TGL 14 070)
- Grenzbiegefestigkeit und Biegeelastizitätsmodul σ_b 1,5 und E_b (TGL 14 067)
- Wärmeformbeständigkeit nach Vicat
WFB (TGL 17 274; Methode B)
- Kugeldruckhärte (30 sec. Eindringdauer) HK_{30^*} (TGL 20 924)

ausgeprüft.

Anhand der in Tabelle 2 angegebenen Prüfkennwerte – und hierbei vor allem durch Gegenüberstellung mit den (bekannten) Vergleichsformmassen – geht hervor, daß für die erfindungsgemäßen Formmassen die Kerbschlagbiegefestigkeiten (vor allem a_k (–20°C)-Werte) überdurchschnittlich erhöht werden bei einem weitaus geringeren E_b -Abfall sowie bei Sicherung der hohen Vicat-Wärmeformbeständigkeit.

Diese Aussagen beziehen sich vor allem auf die PA6-Formmassen mit „styren“ – oder auch „acrylnitril“-freien carboxylierten EVAC 15/18 – Modifikatoren.

Tabelle 2

Kennwerte der schlagzähmodifizierten PA6- und PA6.6-Formmassen

(Verarbeitung: Durchsatz im DSE: 5,0 kg/h, Schneckendrehzahl: 150 U/min, außer lfd. Nr. 6.2. und 6.3.: 200 U/min)

Lfd. Nr.	Anteil Modifikator auf 100 MT PA-Form- masse ¹⁾ (MT) (Kennz.: lfd. Nr. Tab. 1)	Kennwerte							
		a_n (–20°C) ²⁾ (kJ/m ²)	a_k (kJ/m ²) (–20°C)	(+23°C)	σ_s (MPa)	$\sigma_{b1,5}$ (MPa)	E_b (MPa)	HK_{30^*} (MPa)	WFB (°C)
Vgl. 0.1.	– (reines PA 6)	100 % o. B.	2,6	5,5	83	77	2 197	124	174
Vgl. 0.2.	– (reines PA 6.6)	100 % o. B.	2,3	4,7	85	79	2 290	132	185
Vgl. 1.1.	10 EVAC–15 (Vgl. 8)	90 %/55	3,4	7,4	60	59	1 567	100	182
Vgl. 1.2.	30 EVAC–15 (Vgl. 8)	100 % o. B.	3,3	12,6	42	42	1 132	70	132
Vgl. 1.3.	20 EVAC–18 (Vgl. 7)*	90 %/72	4,6	11,5	48	51	1 365	80	166
Vgl. 1.4.	30 EVAC–18 (Vgl. 7)	100 % o. B.	3,0	11,1	43	41	1 118	65	130
Vgl. 1.5.	20 EVAC–15 (Vgl. 7)	80 %/68	2,7	9,5	49	47	1 285	76	161
Vgl. 2.	20 Propfpr. (Vgl. 11)	100 % o. B.	3,2	11,6	52	49	1 320	78	166
Vgl. 3.1.	30 Propfpr. (Vgl. 12)*	80 %/65	2,8	10,3	46	50	1 185	73	141
Vgl. 3.2.	20 Propfpr. (Vgl. 10)	90 %/70	3,0	8,9	51	50	1 360	80	168
5.1.	10 Propfpr. (3.1.)	100 % o. B.	11,5	29,5	65	71	1 882	110	182
5.2.	20 Propfpr. (3.1.)	100 % o. B.	19,3	48,9	52	54	1 568	92	180
5.3.	30 Propfpr. (3.1.)	100 % o. B.	25,6	64,1	43	45	1 327	79	153
5.4.	20 Propfpr. (3.2.)	100 % o. B.	8,9	26,6	49	50	1 515	88	172
6.1.	5 Propfpr. (2)	80 %/74	4,4	8,8	71	70	1 957	116	198
6.2.	10 Propfpr. (2)	100 % o. B.	6,7	17,0	65	69	1 858	109	178
6.3.	20 Propfpr. (2)	100 % o. B.	7,0	16,3	52	50	1 421	92	183
6.4.	30 Propfpr. (2)	100 % o. B.	7,4	22,6	42	42	1 163	72	145
7.1.	10 Propfpr. (5)	40 %/36	3,5	8,9	69	69	1 895	107	159
7.2.	20 Propfpr. (5)	80 %/65	3,0	29,8	59	60	1 704	92	128
7.3.	20 Propfpr. (5)	60 %/49	3,9	41,5	51	51	1 435	69	130
8.1.	20 Propfpr. (4)	100 % o. B.	15,2	36,2	54	58	1 645	92	176
8.2.	30 Propfpr. (4)	100 % o. B.	16,5	38,5	47	51	1 420	80	155
9.1.	20 Propfpr. (1)	80 %/62	4,6	13,6	50	49	1 410	87	173
9.2.	10 Propfpr. (1)*	15 %/32	2,5	6,8	53	51	1 620	91	180
9.3.	30 Propfpr. (1)*	40 %/43	3,5	17,5	46	39	1 355	85	162
10.1.	20 Propfpr. (6)	40 %/43	2,6	13,1	39	34	1 155	72	136
10.2.	20 Propfpr. (6)*	30 %/35	2,4	11,5	40	37	1 220	78	140

1 Durch Kennzeichnung* wird angezeigt, daß als Matrixpolymer PA 6.6 eingesetzt worden ist (ansonsten immer PA 6 eingesetzt).

2 %-Angabe gibt den Anteil nicht gebochener Prüfstäbe an: ohne Bruch (o. B.), für den Anteil der gebrochenen Prüfstäbe ist zusätzlich zur %-Angabe der entsprechende Zahlenwert angegeben.