

### **Sposób wytwarzania modyfikatorów udarności do tworzyw konstrukcyjnych**

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania modyfikatorów udarności dla tworzyw konstrukcyjnych.

Tworzywa konstrukcyjne takie jak m.in. poli(tereftalan etylenu) (PET) i poliamid-6 (PA) charakteryzują się bardzo dobrą wytrzymałością i sztywnością jednak niska udarność ogranicza w dużym stopniu ich wykorzystanie w technice. Modyfikatory udarności stanowią ważną grupę związków pomocniczych w technologii i przetwórstwie tworzyw polimerowych. Poprawę udarności PET i PA uzyskuje się przez wprowadzenie do osnowy polimeru modyfikatorów w postaci kauczuków lub termoplastycznych elastomerów lub też sporządza się mieszaniny tworzyw konstrukcyjnych z poliolefinami. Modyfikatory udarności wpływają na wzrost udarności polimerów w niskich temperaturach dzięki niskiej temperaturze zeszklenia, powodują jednak niekorzystne zmniejszenie sztywności materiału polimerowego. Warunkiem uzyskania oczekiwanej poprawy udarności jest homogeniczne zdyspergowanie modyfikatora w osnowie polimerowej oraz jego kompatybilność z osnową polimerową. Zdyspergowana faza elastomeru absorbuje lub rozprasza energię uderzenia, hamując propagację pęknięć.

Ze względu na często występującą niemieszalność termodynamiczną modyfikatorów i polimerów oraz różnice w polarności polimerów zachodzi konieczność stosowania promotorów polepszenia adhezji międzyfazowej i zmniejszenia napięcia na granicy faz.

Jeżeli na granicy faz utworzą się wiązania chemiczne lub fizyczne, stabilizujące dyspersję na poziomie mikrofazowym, bądź też faza pośrednia, to wówczas układ taki

powinien charakteryzować się zespołem dobrych cech mechanicznych. Można to osiągnąć na drodze stabilizacji struktury fazowej, zwykle dzięki wprowadzeniu dodatkowego składnika tzw. kompatybilizatora wiążącego odrębne fazy. Takie możliwości daje wytłaczanie reaktywne, które jako metoda modyfikacji właściwości tworzyw pozwala otrzymać materiały polimerowe o zaprojektowanych właściwościach i strukturze. Dotyczy to również mieszanin polimerów odpadowych, które nie stanowią jednolitego materiału, lecz są mieszaniną kilku gatunków polimerów polarnych i niepolarnych o zróżnicowanych właściwościach np. PET czy PA z poliolefinami, co stanowi podstawowy problem recyklingu. Utylizacja zużytych wyrobów z tworzyw polimerowych na drodze recyklingu materiałowego jest kosztowna i utrudniona ze względu na ich różnorodność.

Znane są modyfikatory udarności i kompatybilizatory dla polimerów konstrukcyjnych i ich mieszanin z poliolefinami. Są to funkcjonalizowane poliolefiny wśród których preferowane są polietylen, polipropylen oraz elastomery takie jak: kauczuk etylenowo-propylenowy i kauczuki etylen-propylen-dien, (EPDM), oraz blokowe kopolimery styren-butadien-styren (SBS) otrzymane w procesie wolnorodnikowego szczepienia monomerów zawierających grupy funkcyjne jak: bezwodnik maleinowy, maleinian dietylowy, maleinian monocetylowy, vinylosilan, estry akrylowe itp. Niektóre z nich stosowane są jako modyfikatory udarności poliamidu i poliestrów (PET).

W opisie patentowym US 2004127642 podano sposób wytwarzania modyfikatora dla tworzyw konstrukcyjnych jak poliamid, poliwęglan, poli(tereftalan etylenu). Modyfikator jest produktem szczepienia monomerów winylowych i nienasyconych nitrylowych na elastomerze etylen/ $\alpha$ -olefina. Proces wytwarzania modyfikatorów prowadzi się metodą polimeryzacji w roztworze.

Według opisu patentowego US 5244971 modyfikator otrzymano w reakcji funkcjonalizowanego nukleofilowymi grupami, np.  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-NHR$ , karboksylowymi, tio-grupami, termoplastycznego polimeru olefinowego z kopolimerem styren/ bezwodnik maleinowy (SMA). Proces prowadzi się w dwóch etapach. Pierwszy etap obejmuje syntezę kopolimeru SMA, zaś w etapie drugim otrzymany produkt jest mieszany w stanie uplastycznionym z polimerem olefinowym np. PP, PE EPR, kopolimer etylen/ $\alpha$ -olefina, zawierającym przynajmniej jedną grupę reaktywną.

Zgodnie z opisem patentowym US 5369182, modyfikatory udarności dla poliamidu są mieszaniną termoplastycznego polimeru olefinowego lub elastomeru olefinowego np. etylen/propylen/dien lub etylen/propylen (EPDM, EPR) i kopolimeru halogenowanej

izomonoolefiny C4-C7 z alkilostyrenem. Proces wytwarzania modyfikatora prowadzi się w stanie stopionym w mieszalnikach typu Banbury.

W opisie patentowym US 5202380 przedstawiono sposób wytwarzania szczepionego kopolimeru monomerów akrylowych, głównie estrów metakrylowych, na polimerach olefinowych. Szczepiony kopolimer jest efektywnym kompatybilizatorem dla poliolefin zawierających modyfikatory udarności typu core-shell.

Sposób według wynalazku wytwarzania modyfikatorów do tworzyw konstrukcyjnych, polega na tym, że w procesie reaktywnego wytlaczania, kopolimer etylenu i  $\alpha$ -olefiny szczepi się, korzystnie przy użyciu inicjatora nadtlennkowego, metakrylanem glicydylu wziętym w ilości 3-7% wagowych w stosunku do kopolimeru, w obecności styrenu, przy stosunku molowym styrenu do metakrylanu glicydylu od 1:1 do 1:3.

Korzystnie jest jako inicjator w procesie szczepienia stosować nadtlenuk dikumylu, w ilości 0,1 -0,25 % wagowych w stosunku do kopolimeru etylenu i  $\alpha$ -olefiny.

Jako kopolimery etylenu i  $\alpha$  - olefiny korzystnie stosuje się kopolimery wytworzone z zastosowaniem katalizatorów metalocenowych.

Jako kopolimer etylenu i  $\alpha$  - olefiny korzystnie stosuje się kopolimer etylen/n-okten o zawartości n-oktenu 42%.

Jako kopolimer etylenu i  $\alpha$  - olefiny korzystnie stosuje się kopolimer etylen/n-okten o zawartości n-oktenu 38%.

Jako kopolimer etylenu i  $\alpha$  - olefiny korzystnie stosuje się także kopolimer etylen/n-okten o zawartości 5% n-oktenu.

Modyfikatory udarności dla tworzyw konstrukcyjnych wytworzone sposobem według wynalazku polegającym na funkcjonalizacji poliolefin, w szczególności kopolimerów etylen/ $\alpha$ -olefina, zwłaszcza metalocenowych, w procesie wolnorodnikowego szczepienia metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, metodą reaktywnego wytlaczania są produktami o właściwościach modyfikująco-kompatybilizujących.

Termoplastyczne poliolefiny i elastomery olefinowe, z udziałem  $\alpha$ -olefiny syntezowane na katalizatorach metalocenowych charakteryzują się wąskim rozrzutem mas cząsteczkowych oraz dobrymi właściwościami przetwórczymi, można je szczepić, sieciować i przetwarzać stosując tradycyjne urządzenia przemysłu tworzyw sztucznych i kauczuków i pod tym względem konkurują z tradycyjnymi poliolefinami i kopolimerami etylenowo-propylenowymi.

Korzystnym aspektem sposobu otrzymywania modyfikatorów udarności według wynalazku jest prosty technologicznie proces nie wymagający dodatkowych operacji i

urządzeń technicznych. Proces wytwarzania modyfikatorów prowadzi się w sposób ciągły w wylączarce dwuślimakowej z możliwością ustalenia temperatur dla poszczególnych stref wylączarki i szybkości obrotów ślimaków a finalny produkt jest konfekcjonowany na granulaty.

Modyfikatory udarności otrzymane sposobem według wynalazku mają szerokie zastosowanie, przede wszystkim należy wymienić modyfikację konwencjonalnych tworzyw konstrukcyjnych w kierunku zwiększenia udarności wymaganej dla specjalnych kierunków zastosowań. Ponadto ułatwiają one utylizację odpadów, także mieszaniny tworzyw odpadowych, bez konieczności ich rozdzielania i segregacji, co stanowi korzystną ekonomicznie metodę recyklingu materiałowego tworzyw termoplastycznych.

Sposób według wynalazku zilustrowano w przykładach.

#### **Przykład I.**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz.wag elastomeru etylen-n-okten, o zawartości 38 % n-oktenu (Engage 8200), 0,15 cz.wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 3 cz.wag metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 1:1 a następnie zadozowano do lejka zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej o profilu mieszająco-ścinającym, wyposażonej w ślimaki z możliwością bezstopniowej regulacji obrotów.

Proces wylączania prowadzono utrzymując we wszystkich strefach grzejnych temperaturę 140-155<sup>0</sup>C, a temperaturę głowicy wylączarki 165<sup>0</sup>C, przy szybkości obrotowej ślimaka 100/min<sup>-1</sup> i ciśnieniu 1-1,5 MPa w atmosferze azotu i usuwając za pomocą odgazowania próżniowego nie przereagowane monomery. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał zgranulowano i suszono w temperaturze 85<sup>0</sup>C w czasie 4 godzin.

#### **Przykład II.**

Do otrzymania modyfikatora w sposób opisany w przykładzie 1, zastosowano 100 cz.wag elastomeru etylen-n-okten, o zawartości 38 % n-oktenu (Engage 8200), 0,17 części wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 6 cz.wag metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 1:2.

#### **Przykład III.**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym w temperaturze pokojowej zmieszano 100 cz.wag elastomeru etylen-n-okten, o zawartości 42% n-oktenu (Engage 8180), 0,15 cz.wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 3 cz.wag metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 1:1, a następnie zadozowano do lejka zasypowego

wyłaczkarki dwuślimakowej współbieżnej o profilu mieszająco-ścinającym, wyposażonej w ślimaki z możliwością bezstopniowej regulacji obrotów.

Proces wytłaczania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych temperaturę 180-190<sup>0</sup>C a głowicy wyłaczkarki 210<sup>0</sup>C, przy szybkości obrotowej ślimaka 100/ min<sup>-1</sup> i ciśnieniu 2,5-2,7 MPa i usuwając za pomocą odgazowania próżniowego nie przereagowane monomery. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał zgranulowano i suszono w temperaturze 85<sup>0</sup>C w czasie 4 godzin.

#### **Przykład IV**

Do otrzymania modyfikatora w sposób opisany w przykładzie III zastosowano 100 cz.wag elastomeru etylen-n-okten, o zawartości 42% n-oktenu (Engage 8180), 0,17 cz.wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 6 cz.wag metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 1:2.

#### **Przykład V.**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym w temperaturze pokojowej zmieszano 100 cz.wag polietylenu liniowego małej gęstości, 0,15 cz.wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 3 cz.wag metakrylanu glicydylu w mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 1:1, a następnie zadozowano do leja zasypowego wyłaczkarki dwuślimakowej współbieżnej o profilu mieszająco-ścinającym, wyposażonej w ślimaki z możliwością bezstopniowej regulacji obrotów.

Proces wytłaczania prowadzono w atmosferze azotu, w temperaturze 160 - 180<sup>0</sup>C, utrzymując stałą temperaturę głowicy wyłaczkarki 185<sup>0</sup>C, przy szybkości obrotowej ślimaka 100/ min<sup>-1</sup> i ciśnieniu 1,5-2,0 MPa i usuwając za pomocą odgazowania próżniowego nie przereagowane monomery. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał zgranulowano i suszono w temperaturze 45<sup>0</sup>C w czasie 4 godzin.

#### **Przykład VI.**

Do otrzymania modyfikatora w sposób opisany w przykładzie V zastosowano 100 cz.wag polietylenu liniowego małej gęstości, 0,17 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 6 cz.wag. metakrylanu glicydylu mieszaninie ze styrenem, przy czym stosunek molowy monomerów wynosił 2:1.

Właściwości modyfikatorów otrzymanych według powyższych przykładów, w porównaniu do właściwości wyjściowych polimerów przedstawiono w tabelach 1-3.

Kształtki do badań przygotowano metodą formowania wtryskowego.

Tabela 1. Właściwości modyfikatorów według przykładów I i II.

Właściwości	Jednostka	Przykład		
		porównawczy	I	II
GMA, (Stosunek molowy styren/metakrylan glicydyłu)	%, ([S]/[GMA])	0	3 (1:1)	6 (1:2)
Napężenie przy zerwaniu	MPa	4	4	4
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	463	337	451
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	4	5	4
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	464	328	450
MFR : 190 <sup>0</sup> C, II dysza, 0,32 kg	g/10min	4,3	2,8	3,2

Tabela 2. Właściwości modyfikatorów według przykładów III i IV.

Właściwości	Jednostka	Przykład		
		porównawczy	III	IV
GMA, (Stosunek molowy styren/metakrylan glicydyłu)	%, ([S]/[GMA])	0	3 (1:1)	6 (1:2)
Napężenie przy zerwaniu	MPa	4	4	3
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	424	337	302
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	4	5	4
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	418	328	296
MFR : 190 <sup>0</sup> C, II dysza , 2,16 kg	g/10min	1,47	0,12	0,13

Tabela 3. Właściwości modyfikatorów według przykładów V i VI.

Właściwości	Jednostka	Przykład		
		Porównawczy	V	VI
GMA, (Stosunek molowy styren/metakrylan glicydyłu)	%, ([S]/[GMA])	0	3(1:1)	6 (1:2)
Napężenie przy zerwaniu	MPa	11	14	12
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	436	409	369
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	12	15	12
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	431	405	360
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	170	153	113
MFR : 190 <sup>0</sup> C, II dysza, 2,16kg	g/10min	2,1	0,8	0,9

Stwierdzono, że konstrukcyjne tworzywa polimerowe i ich mieszaniny z poliolefinami, zawierające 5-25 % wagowych modyfikatora otrzymanego sposobem według wynalazku charakteryzują się równomiernym rozproszeniem modyfikatora w osnowie polimerowej, kilkakrotnie wyższą udarnością w porównaniu do polimerów nie zawierających modyfikatora, a jednocześnie większym modułem sprężystości przy rozciąganiu i zginaniu. Wprowadzenie 10% modyfikatora do polimeru konstrukcyjnego lub ich mieszaniny z poliolefinami skutkuje co najmniej dwukrotnym wzrostem udarności. Tworzywa zawierające

15% modyfikatora charakteryzują się jednocześnie dużą udarnością, wytrzymałością mechaniczną i sztywnością. Wzrost udarności i innych parametrów wytrzymałościowych jest związany z rodzajem i zawartością zastosowanego modyfikatora

Właściwości modyfikowanych polimerów konstrukcyjnych poliamidu-6 (PA) i poli(tereftalanu etylenu) (PET) oraz ich mieszanin z poliolefinami, zawierających modyfikatory otrzymane sposobem według wynalazku przedstawiono w tabelach 4-8.

W tabelach 4 i 5 zestawiono właściwości poliamidu PA zawierającego 5, 10 i 15 % modyfikatorów udarności otrzymanych według przykładów III i V.

Tabela 4. Właściwości poliamidu z udziałem modyfikatora według przykładu III.

Właściwości	Jednostka	Modyfikator, % wag			
		0	10	15	20
Napężenie przy zerwaniu	MPa	53	41	41	40
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	206	36	24	30
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	61	57	56	50
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	203	5,0	5,2	4,9
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	1800	2465	2344	2012
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	1635	2089	1993	1753
Wytrzymałość na zginanie	MPa	54	76	70	61
Strzałka ugięcia	Mm	10	10	10	10
Moduł Younga	MPa	1690	2096	2037	1757
Udarność z karbem	KJ/m <sup>2</sup>	12	22	25	55
MFR (II dysza; 230 <sup>0</sup> C; 0,32 kg)	g/10min	2,8	7,1	5,7	4,2

Tabela 5. Właściwości poliamidu z udziałem modyfikatora według przykładu V

Właściwości	Jednostka	Modyfikator, % wag			
		0	10	15	20
Wydłużenie na granicy plastyczności	%	4,2	4,6	4,9	4,7
Granica plastyczności	MPa	58	62	57	52
Napężenie przy zerwaniu	MPa	53	41	45	53
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	206	21	40	60
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	61	62	57	46
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	203	4,6	4,9	4,8
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	1800	2691	2368	2214
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	1635	2382	2125	1973
Wytrzymałość na zginanie	MPa	54	90	76	69
Moduł Younga	MPa	1690	2408	2136	1960
Udarność z karbem	KJ/m <sup>2</sup>	12	15	24	38
MFR (II dysza; 230 <sup>0</sup> C; 0,32 kg)	g/10min	2,8	7,4	4,1	2,3

Poliamid z udziałem modyfikatorów na osnowie termoplastu i elastomeru etylenowo/ $\alpha$  olefinowego charakteryzuje się w porównaniu do czystego poliamidu od 2,5 do 4-krotnie większą udarnością, a jednocześnie znacznie większym modułem sprężystości przy zginaniu i rozciąganiu, większą wytrzymałością na zginanie, zbliżoną wytrzymałością na rozciąganie. Sprawdzone również wpływ modyfikatorów według wynalazku na właściwości poli(tereftalanu etyleny) – PET. Mieszanki PET z modyfikatorami poddano procesowi wytłaczania w wytłaczarce dwuślimakowej. Podczas wytłaczania utrzymywano stałą temperaturę głowicy wytłaczarskiej 260<sup>0</sup>C oraz stref grzejnych układu uplastyczniającego wytłaczarki 240-250<sup>0</sup>C, przy stałej szybkości obrotowej ślimaka 100 obr/min<sup>-1</sup>. Po przejściu przez kapiel wodną materiał granulowano. PET z udziałem modyfikatorów otrzymanych sposobem według wynalazku, w szczególności na osnowie elastomerów etylenowo/olefinowych, wykazuje 2-3 krotnie wyższą udarność w porównaniu do czystego PET, a jednocześnie wzrost wytrzymałości i wydłużenia przy rozciąganiu.

W tabeli 6 przedstawiono porównawczą ocenę właściwości PET z udziałem 15% wag. modyfikatora otrzymanego wg przykładu I – IV. W tabelach 7 i 8 podano kolejno właściwości PET z udziałem modyfikatora III (tabela 7) i modyfikatora V (tabela 8) w ilości 10, 15 i 20 % wag.

Tabela 6. Właściwości mieszanek PET/modyfikatory I – IV.

Właściwości	Jednostka	Modyfikator I-IV, 15% wag				
		0	I	II	III	IV
Wydłużenie na granicy plastyczności	%	5	4	4	4	4
Granica plastyczności	MPa	56	41	41	41	38
Napężenie przy zerwaniu	MPa	24	15	15	16	16
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	5	63	69	122	103
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	32	41	41,3	41,1	38,2
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	5	4	4	4	4
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2279	1895	1858	1825	1762
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2527	1988	1995	1872	1868
Wytrzymałość na zginanie	MPa	79	58	60	55	54
Moduł Younga	MPa	2541	1972	2336	1823	1508
Udarność z karbem	kJ/m <sup>2</sup>	6	13,4	13,0	13,1	14,8
MFR : 270 <sup>0</sup> C, II dysza, 1,2 kg	g/10min	11,2	10,9	8,2	13,5	6,8

Tabela 7. Właściwości mieszanek PET/modyfikator III.

Właściwości	Jednostka	Modyfikator III, %wag			
		0	10	15	20
Wydłużenie na granicy plastyczności	%	5	4	4	4
Granica plastyczności	MPa	56	44	41	35
Naprężenie przy zerwaniu	MPa	24	23	22	23
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	5	126	122	124
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	32	44	41	35
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	5	4	3,9	3,8
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2279	2044	1825	1637
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2527	2007	1872	1705
Wytrzymałość na zginanie	MPa	79	60	55	49
Strzałka ugięcia	Mm	9	8,5	8,6	8,9
Moduł Younga	MPa	2541	2020	1823	1744
Udarność z karbem	kJ/m <sup>2</sup>	6	12	13	18
MFR : 270 <sup>0</sup> C, II dysza, 1,2 kg	g/10min	11,2	18,3	13,5	8,2

Tabela 8. Właściwości mieszanek PET/modyfikator V

Właściwości	Jednostka	Modyfikator V, % wag			
		0	10	15	20
Wydłużenie na granicy plastyczności	%	5	9	4	4
Granica plastyczności	MPa	56	23	43	41
Naprężenie przy zerwaniu	MPa	24	4	1,2	0,5
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	5	123	291	159
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	32	23	43	40
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	5	9	4	4
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2279	1969	1945	1851
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2527	1964	1997	1838
Wytrzymałość na zginanie	MPa	79	60	61	56
Strzałka ugięcia	Mm	9	8,9	9,3	9,6
Moduł Younga	MPa	2541	1971	2048	1846
Udarność z karbem	KJ/m <sup>2</sup>	6	9	9	10
MFR : 270 <sup>0</sup> C, II dysza, 1,2 kg	g/10min	11,2	9,8	7,0	3,6

Stwierdzono, że dodatek 5-20 %wag modyfikatorów, otrzymanych sposobem według wynalazku, do recyklatu zmieszanych polimerów, w szczególności poliolefin i poliamidu, pozwala uzyskać tworzywo charakteryzujące się bardzo dobrymi cechami wytrzymałościowymi przy rozciąganiu i zginaniu przy równoczesnym wzroście udarności. W tabelach 9-11 przedstawiono właściwości recyklatu będącego mieszaniną poliolefin: polietylenu o dużej i małej gęstości, kopolimeru EVA i 20% poliamidu z udziałem modyfikatorów I, III i V.

Tabela 9. Właściwości mieszanek recyklat /modyfikator

Właściwości	Jednostka	Modyfikator I, % wag			
		0	10	15	20
Napężenie przy zerwaniu	MPa	8	19	15	12
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	37	300	323	359
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	17	17	16	13
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	12	298	316	347
Moduł sprężystości przy rozciąganiu,	MPa	686	538	492	366
Moduł sprężystości przy zginaniu,	MPa	595	474	403	308
Wytrzymałość na zginanie	MPa	18	14	12	9
Moduł Younga	MPa	686	563	452	385
Udarność z karbem	KJ/m <sup>2</sup>	14	37	45	67
MFR : 230 <sup>0</sup> C /2,16 kg	g/10min	4,9	3,9	3,8	3,6

Tabela 10. Właściwości mieszanek recyklat/modyfikator III.

Właściwości	Jednostka	Modyfikator III, % wag			
		0	10	15	20
Napężenie przy zerwaniu	MPa	8	18	17	16
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	37	325	324	359
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	17	18	17	16
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	12,3	320	318	354
Moduł sprężystości przy rozciąganiu,	MPa	686	525	418	339
Moduł sprężystości przy zginaniu,	MPa	595	442	388	289
Wytrzymałość na zginanie	MPa	18	13	12	9
Moduł Younga	MPa	686	508	452	349
Udarność z karbem	KJ/m <sup>2</sup>	14	58	70	47
MFR : 230 <sup>0</sup> C /2,16 kg	g/10min	4,9	2,8	2,3	1,7

Tabela 11. Właściwości mieszanek recyklat/modyfikator V

Właściwości	Jednostka	Modyfikator V, % wag			
		0	10	15	20
Napężenie przy zerwaniu	MPa	8	17	16	16
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	37	310	348	357
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	18	17	17	17
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	12	17	340	353
Moduł sprężystości przy rozciąganiu,	MPa	686	562	524	460
Moduł sprężystości przy zginaniu,	MPa	595	455	378	302
Wytrzymałość na zginanie	MPa	18	14	12	9
Moduł Younga	MPa	686	526	501	365
Udarność z karbem	kJ/m <sup>2</sup>	14	34	66	55
MFR: 230 <sup>0</sup> C /2,16 kg	g/10min	4,9	3,2	2,7	2,3

\* MFR – masowy wskaźnik szybkości płynięcia PN-EN ISO 1133:2002

- właściwości przy zerwaniu PN-EN ISO 527
- właściwości przy zginaniu PN-EN ISO 178
- udarność PN-EN ISO 179.

PEŁNOMOCCNIK INSTYTUTU  
Chemii Przemysłowej  
RZECZNIK PATENTOWY  
*Anna Królikowska*  
mgr Anna Królikowska