

### **Modyfikator tworzyw konstrukcyjnych i sposób jego wytwarzania**

Przedmiotem wynalazku jest modyfikator tworzyw konstrukcyjnych i sposób jego wytwarzania.

Tworzywa konstrukcyjne, na przykład poli(tereftalan etylenu) - PET i poliamid – PA, charakteryzują bardzo dobrą wytrzymałością i sztywnością, jednak niska udarność ogranicza w dużym stopniu wykorzystanie tych polimerów w technice. Poprawę udarności tworzyw konstrukcyjnych uzyskuje się przez wprowadzenie do osnowy polimeru modyfikatora, najczęściej w postaci kauczuku lub termoplastycznego elastomeru, lub sporządza się mieszaniny tworzyw konstrukcyjnych z poliolefinami. Modyfikatory udarności stanowią ważną grupę związków pomocniczych w technologii i przetwórstwie tworzyw polimerowych. Warunkiem uzyskania oczekiwanej poprawy udarności jest homogeniczne zdyspergowanie modyfikatora w osnowie polimerowej oraz jego kompatybilność z osnową polimerową. Zdyspergowana faza modyfikatora absorbuje lub rozprasza energię uderzenia, hamując propagację pęknięć. Modyfikatory udarności powodują jednak zwiększenie sztywności materiału polimerowego i zmniejszenie wytrzymałości przy rozciąganiu. Większość stosowanych modyfikatorów jest niemieszalna termodynamicznie z osnową polimerową. Zachodzi więc konieczność stosowania dodatkowych substancji zwiększających adhezję międzyfazową i zmniejszających napięcie na granicy faz.

Jeżeli na granicy faz utworzą się wiązania chemiczne lub faza pośrednia, stabilizujące dyspersję na poziomie mikrofazowym, to układ taki charakteryzuje się korzystniejszymi właściwościami mechanicznymi. Można to osiągnąć przez stabilizację struktury fazowej, zwykle dzięki wprowadzeniu dodatkowego składnika tzw. kompatybilizatora wiążącego odrębne fazy. Takie możliwości daje wytłaczanie reaktywne, które jako metoda modyfikacji właściwości tworzyw pozwala otrzymywać materiały polimerowe o zaprojektowanych właściwościach i strukturze.

Znane modyfikatory udarności i kompatybilizatory stosowane do polimerów konstrukcyjnych i ich mieszanin z poliolefinami, są funkcjonalizowanymi poliolefinami, zwłaszcza polietylen i polipropylen oraz elastomerami jak: kauczuk etylenowo-propylenowy, kauczuki etylen-propylen-dien (EPDM) oraz kopolimery etylen- $\alpha$  olefina i blokowe kopolimery styren-butadien-styren (SBS) otrzymane w procesie wolnorodnikowego szczepienia monomerami zawierającymi grupy funkcyjne takimi jak: bezwodnik maleinowy, maleinian dietylowy, maleinian monocetylowy, winylosilan, estry akrylowe itp. Niektóre z nich stosowane są jako modyfikatory udarności poliamidu (PA) 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.

Zgodnie z polskim zgłoszeniem patentowym P-388130 modyfikatory udarności tworzyw konstrukcyjnych, takich jak PET, poliamid oraz mieszanin tworzyw odpadowych, wytwarza się przez szczepienie kopolimeru  $\alpha$ etylenu i -olefiny metakrylanem glicydylu wobec inicjatora wolnorodnikowego, w procesie reaktywnego wytłaczania.

Stwierdzono, że modyfikatory tworzyw konstrukcyjnych według wynalazku, zawierające polietylen lub kopolimer etylenu z -olefiną szczepiony monomerami zawierającymi reaktywne grupy funkcyjne, jak: bezwodnik maleinowy lub metakrylan glicydylu lub estry akrylowe, oraz zawierające zdyspergowany nanonapełniacz sferyczny w postaci nanokrzemionki, również funkcjonalizowanej, o jednakowych wymiarach cząstek - charakteryzują się dużą kompatybilnością z polimerami konstrukcyjnymi i wpływają na poprawę ich właściwości mechanicznych, w szczególności udarności oraz właściwości fizycznych takich jak odporność cieplna i barierowość dla gazów i pary wodnej.

Modyfikator tworzyw konstrukcyjnych według wynalazku, zawiera 90–99,5 części wagowych polietylenu lub kopolimeru etylenu z  $\alpha$ -olefiną, szczepionego bezwodnikiem maleinowym lub metakrylanem glicydylu lub estrem akrylowym, oraz 0,5–10 części wagowych nanonapełniacza w postaci sferycznej nanokrzemionki, także

funkcjonalizowanej, o wąskim rozrzucie wymiarów nanocząstek, korzystnie w zakresie 20–200 nm.

Modyfikator według wynalazku korzystnie zawiera polietylen małej gęstości, liniowy polietylen małej gęstości lub polietylen dużej gęstości, szczepiony bezwodnikiem maleinowym w ilości 1–3 części wagowych bezwodnika maleinowego na 100 części wagowych polietylenu.

Jako kopolimer etylenu z  $\alpha$ -olefiną modyfikator według wynalazku korzystnie zawiera termoplastyczny kopolimer etylenu z n-oktenem szczepiony bezwodnikiem maleinowym w ilości 1–3 części wagowych bezwodnika maleinowego na 100 części wagowych kopolimeru.

Jako sferyczną nanokrzemionkę modyfikator według wynalazku korzystnie zawiera nanokrzemionkę otrzymaną metodą zol-żel, o wymiarach nanocząstek od 20 do 200 nm.

Jako sferyczną nanokrzemionkę modyfikator według wynalazku korzystnie zawiera nanokrzemionkę funkcjonalizowaną grupami aminowymi lub epoksydowymi.

Przedmiotem wynalazku jest również sposób wytwarzania modyfikatora tworzyw konstrukcyjnych.

Sposób wytwarzania modyfikatora tworzyw konstrukcyjnych według wynalazku wytwarza się dwuetapowo, przy czym w pierwszym etapie polietylen lub kopolimer etylenu z  $\alpha$ -olefiną miesza się z bezwodnikiem maleinowym lub metakrylanem glicydyłu lub estrem akrylowym, a po dodaniu inicjatora reakcji szczepienia przeprowadza mieszaninę w stan uplastyczniony i poddaje procesowi wytłaczania reaktywnego, po czym otrzymany granulaty w drugim etapie miesza się z nanonapełniaczem krzemionkowym, w ilości 90–99,5 części wagowych granulatu polietylenu lub kopolimeru etylenu z  $\alpha$ -olefiną, szczepionego bezwodnikiem maleinowym lub metakrylanem glicydyłu lub estrem akrylowym, oraz 0,5–10 części wagowych nanonapełniacza krzemionkowego, przeprowadzając mieszaninę w stan uplastyczniony i poddaje procesowi wytłaczania, a następnie, po przejściu przez kąpiel wodną, granuluje.

Korzystnie uplastycznioną mieszaninę polietylenu lub kopolimeru etylenu z  $\alpha$ -olefiną, oraz bezwodnika maleinowego lub metakrylanu glicydyłu lub estru akrylowego, po dodaniu inicjatora szczepienia, wytłacza się w temperaturze 120–250°C i przy szybkości obrotowej ślimaka 80–120 min<sup>-1</sup>.

Korzystnie uplastycznioną mieszaninę szczepionego polimeru z nanonapełniaczem krzemionkowym wytłacza się w temperaturze 120–250°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 200–500 min<sup>-1</sup>.

Modyfikatory otrzymane sposobem według wynalazku wykazują wyjątkowe działanie dzięki specyficznej strukturze i zaprogramowanej charakterystyce chemicznej. Zawierają mianowicie dwa składniki, tj. polimer z reaktywnymi grupami funkcyjnymi i nieorganiczny nanonapełniacz, z których każdy pełni inną rolę, chociaż w pewnych obszarach działają addytywnie. Pierwszy z wymienionych zwiększa udarność polimeru bazowego, natomiast drugi wpływa na poprawę właściwości barierowych i odporności cieplnej oraz modułu sprężystości.

Modyfikatory otrzymane sposobem według wynalazku mają zastosowanie do wytwarzania kompozytów PET, PA, a także innych polimerów konstrukcyjnych, jak również recyklatów o zwiększonej udarności, o polepszonych właściwościach barierowych i odporności cieplnej wymaganych dla specjalnych zastosowań. Polimer zachowuje przy tym dużą wytrzymałość na rozciąganie i zginanie.

Wynalazek zilustrowano w przykładach.

#### **Przykład I**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag. termoplastycznego elastomeru etylen/n-okten, o zawartości 38% n-oktenu i MFR = 4,3 g/10min, 0,2 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 2 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wytłaczarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wytłaczania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wytłaczarki temperaturę 120–160°C, temperaturę głowicy wytłaczarskiej 172°C i szybkość obrotową ślimaka 80 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kąpiel wodną produkt granulowano i suszono w temperaturze 45°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 98 cz. wag. otrzymanego granulatu zmieszano z 2 cz. wag. nanokrzemionki o wymiarach cząstek 80 nm, otrzymanej sposobem według opisu patentowego PL 198188, i dozowano do leja zasypowego wytłaczarki dwuślimakowej współbieżnej. Proces wytłaczania prowadzono w temperaturze 145–170°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 300 min<sup>-1</sup>.

## Przykład II

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag. termoplastycznego elastomeru etylen/n-okten, o zawartości 38% n-oktenu i MFR = 4,3 g/10min, 0,2 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 2 cz. wag. metakrylanu glicydylu, a następnie dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wylączania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wylączarki temperaturę 120–160°C, temperaturę głowicy wylączarskiej 172°C i szybkość obrotową ślimaka 80 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kąpiel wodną produkt granulowano i suszono w temperaturze 45°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 94 cz. wag otrzymanego granulatu zmieszano z 6 cz. wag. nanokrzemionki o wymiarach cząstek 60 nm, zawierającej reaktywne grupy epoksydowe, otrzymanej sposobem według opisu patentowego PL 198188, i dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej. Proces wylączania prowadzono w temperaturze 145–170°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 250 min<sup>-1</sup>.

Tabela 1. Właściwości modyfikatorów według przykładów I i II

Właściwości	Jednostka	Przykład	
		I	II
Napężenie przy zerwaniu	MPa	4	5
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	195	290
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	5	6
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	190	280
MFR: 190°C; dysza II; 2,16kg	g/10min	2,0	2,6

## Przykład III

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag polietylenu liniowego małej gęstości o masowym wskaźniku szybkości płynięcia MFR = 1,7 g/10 min, 0,08 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 1,5 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wylączania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wylączarki temperaturę 195–235°C, temperaturę głowicy wylączarskiej 245°C, szybkość obrotową ślimaka 100 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania

próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał granulowano i suszono w temperaturze 85°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 96 cz. wag otrzymanego granulatu zmieszano z 4 cz. wag. nanokrzemionki o wymiarach cząstek 30 nm, zawierającej reaktywne grupy epoksydowe, otrzymanej sposobem według opisu patentowego PL 198188, i dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej. Proces wylączania prowadzono w temperaturze 190–245°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 400 min<sup>-1</sup>.

#### **Przykład IV**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag polietylenu dużej gęstości o masowym wskaźniku szybkości płynięcia MFR = 17,4 g/10 min, 0,15 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 2,5 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wylączania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wylączarki temperaturę 165–195°C, temperaturę głowicy wylączarskiej 200°C, szybkość obrotową ślimaka 120 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał granulowano i suszono w temperaturze 85°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 95 cz. wag. otrzymanego granulatu zmieszano z 5 cz. wag sferycznej nanokrzemionki o wymiarach cząstek 55 nm, funkcjonalizowanej grupami aminowymi, sposobem według opisu patentowego PL 198188, i dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej. Proces wylączania prowadzono w temperaturze 200–245°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 400 min<sup>-1</sup>.

#### **Przykład V**

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag polietylenu dużej gęstości o masowym wskaźniku szybkości płynięcia MFR = 17,4 g/10 min, 0,15 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 2,5 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wylączania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wylączarki temperaturę 165–195°C, temperaturę głowicy wylączarskiej 200°C, szybkość obrotową ślimaka 100 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kąpiel wodną materiał granulowano i suszono w

temperaturze 85°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 90 cz. wag. otrzymanego granulatu zmieszano z 10 cz. wag nanokrzemionki, zawierającej reaktywne grupy epoksydowe, o wymiarach cząstek 45 nm i dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej. Proces wylączania prowadzono w temperaturze 200–245°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 400 min<sup>-1</sup>.

**Tabela 2.** Właściwości modyfikatorów według przykładów III –V

Właściwości	Jednostka	Przykład		
		III	IV	V
Napężenie przy zerwaniu	MPa	18	21	23
Wydłużenie wzg. Przy zerwaniu	%	335	20	23
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	18	25	25
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	330	8	7
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	580	1325	1390
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	330	930	1000
Wytrzymałość na zginanie	MPa	10	22	23
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	69	4	4
MFR: 190°C; dysza II; 2,16kg	g/10min	0,2	0,1	0,2

#### Przykład VI

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag polietylenu małej gęstości o masowym wskaźniku szybkości płynięcia MFR = 2,1 g/10 min, 0,12 cz. wag. inicjatora nadtlenku dikumylu i 2,0 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej współbieżnej.

Proces wylączania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymując we wszystkich strefach grzejnych wylączarki temperaturę 165–195°C, temperaturę głowicy wylączarskiej 200°C, szybkość obrotową ślimaka 100 min<sup>-1</sup>, usuwając za pomocą odgazowania próżniowego produkty lotne. Po przejściu przez kapiel wodną materiał granulowano i suszono w temperaturze 85°C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 95 cz. wag. otrzymanego granulatu zmieszano z 5 cz. wag nanokrzemionki o wymiarach cząstek 50 nm i dozowano do leja zasypowego wylączarki dwuślimakowej. Proces wylączania prowadzono w temperaturze 200–245°C, przy szybkości obrotowej ślimaka 400 min<sup>-1</sup>.

#### Przykład VII

W mieszalniku z mieszadłem wstęgowym, w temperaturze pokojowej, zmieszano 100 cz. wag polietylenu małej gęstości o masowym wskaźniku szybkości płynięcia MFR = 2,1

g/10 min, 0,12 cz. wag. inicjatora nadtlenu dikumylu i 2,0 cz. wag. bezwodnika maleinowego, a następnie dozowano do leja zasypowego wylaczarki dwuslimakowej wspolbieznej.

Proces wylaczania prowadzono w atmosferze azotu, utrzymujac we wszystkich strefach grzejnych wylaczarki temperature 165–195 °C, temperature glowicy wylaczarskiej 200 °C, szybkość obrotową ślimaka 120 min<sup>-1</sup>, usuwajac za pomoca odgazowania prózniowego produkty lotne. Po przejściu przez kapiel wodną materiał granulowano i suszono w temperaturze 85 °C w czasie 2 godzin. W drugim etapie mieszaninę 90 cz. wag. otrzymanego granulatu zmieszano z 10 cz. wag nanokrzemionki o wymiarach sferycznych cząstek 120 nm i dozowano do leja zasypowego wylaczarki dwuslimakowej. Proces wylaczania prowadzono w temperaturze 200–245 °C, przy szybkości obrotowej ślimaka 500 min<sup>-1</sup>.

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

**Tabela 3.** Właściwości modyfikatorów według przykładów VI i VII

Właściwości	Jednostka	Przykład	
		VI	VII
Napężenie przy zerwaniu	MPa	11	11
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	80	86
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	12	13
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	75	81
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	245	260
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	190	180
Wytrzymałość na zginanie	MPa	7	7,5
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	46	62
MFR: 190 °C; dysza II; 2,16kg	g/10min	1,8	1,7

Stwierdzono, że kompozyty PET, PA również w mieszaninie z polietylenem, a także kompozyty ich recyklatów, zawierające modyfikator według wynalazku charakteryzują się równomiernym rozproszeniem modyfikatora i nanonapełniacza w osnowie polimerowej. Ponadto wykazują wyższą udarność i jednocześnie większą elastyczność w porównaniu do wyjściowych polimerów. Wzrost udarności i innych właściwości mechanicznych kompozytów tworzyw konstrukcyjnych jest związany z rodzajem i zawartością zastosowanego modyfikatora.

Kompozyty PET zawierające modyfikatory otrzymane sposobem według wynalazku, zgodnie z przykładami I – V, przedstawiono kolejno w tabelach 4 – 7.

**Tabela 4.** Właściwości kompozytu PET z udziałem modyfikatora według przykładu I

Właściwości	Jednostka	Modyfikator I, % mas.		
		PET	10	15
Naprężenie przy zerwaniu	MPa	24	23	29
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	5	50	335
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	56	40	33
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	5	4	4
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2280	2045	1555
Wytrzymałość na zginanie	MPa	78	57	43
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2540	1807	1445
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	6	10	40

**Tabela 5.** Właściwości kompozytu recyklatu PET (płatki) z udziałem modyfikatora według przykładu II

Właściwości	Jednostka	Modyfikator II, % mas			
		0	10	15	20
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	2	19	29	11
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	45	52	52	45
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2728	2540	2585	2370
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2420	2290	2258	2116
Wytrzymałość na zginanie	MPa	76	76	73	65
Udarność z karbem Charpy'ego, kJ/m <sup>2</sup>	MPa	4	6	8	8

**Tabela 6.** Właściwości kompozytu recyklatu PET/PELLD (90/10) z udziałem modyfikatora według przykładów III–V

Właściwości	Jednostka	Modyfikator, % mas.				
		PET Płatki	III	III	IV	V
		0	5	10	10	20
Naprężenie przy zerwaniu	MPa	45	10	15	25	54
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	2	140	210	9	5
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	45	38	35	55	50
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	2	4	4	4	5
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2728	1935	1826	2675	2500
Wytrzymałość na zginanie	MPa	76	57	53	80	68
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2420	1805	1664	2470	220
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	4	7	7	5	

**Tabela 7.** Właściwości kompozytu recyklatu PET (płatki) z udziałem modyfikatora według przykładu I

Właściwości	Jednostka	Modyfikator I, % mas.		
		0	5	10
Napężenie przy zerwaniu	MPa	45	40	50
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	2,4	285	414
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	45	44	50
Wydłużenie przy max obciążeniu	%	2,4	4	413
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	2728	2215	1930
Wytrzymałość na zginanie	MPa	76	64	57
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	2420	2030	1830
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	4	7	12

Właściwości kompozytów poliamidu 6 (PA) zawierających modyfikatory otrzymane według przykładów VI oraz VII, przedstawiono w tabelach 8 i 9.

**Tabela 8.** Właściwości kompozytu PA z udziałem modyfikatora według przykładu VI

Właściwości	Jednostka	Modyfikator VI, % mas.		
		0	15	25
Napężenie przy zerwaniu	MPa	42	40	40
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	180	105	100
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	60	42	41
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	1780	1540	1525
Wytrzymałość na zginanie	MPa	54	45	37
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	1630	1265	1240
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	10	12	14

**Tabela 9.** Właściwości kompozytu PA z udziałem modyfikatora wg przykładu VII

Właściwości	Jednostka	Modyfikator VII, % mas.		
		0	15	25
Napężenie przy zerwaniu	MPa	42	40	41
Wydłużenie wzg. przy zerwaniu	%	180	75	50
Wytrzymałość na rozciąganie	MPa	60	44	43
Moduł sprężystości przy rozciąganiu	MPa	1780	2170	2030
Wytrzymałość na zginanie	MPa	54	65	52
Moduł sprężystości przy zginaniu	MPa	1630	2070	1620
Udarność z karbem Charpy'ego	kJ/m <sup>2</sup>	10	12	14